چکیده :

همانطور که می دانیم مخازن تحت فشار در شاخه نفت و پتروشیمی و همچنین اغلب صنایع اصلی نظیر نیروگاه ها و... از کاربرد ویژه ای برخوردار است.از این رو توجه به طراحی وساخت آنها بسیار پر اهمیت است.

در این پروژه به بررسی رفتار یک مخزن تحت فشار استوانه از جنس فولاد با روش المان محدود توسط نرم افزار ANSYS می پردازیم.

بررسی نتایج بحرانی بودن ناحیه مجاورت فیلت که دیواره ستون عمودی مخزن به سر آن متصل می شود را نشان می دهد.

فصل اول : مقدمه

۱-۱-مقدمه.....۱

۱-۲-تعریف مخازن تحت فشار.....۱

۱-۳- روش های ساخت مخازن تحت فشار.....۳

۱-۴-مواد مورد استفاده در مخازن تحت فشار.....۵

۱-۵- انواع مخازن تحت فشار.....۷

۱ -۶- کاربرد مخازن تحت فشار.....۱۰

فصل دوم : روش اجزاء محدود

۲-۱-قدمه.....۱۲

۲-۲-آشنایی با روش اجزاء محدود.....۱۳

۲-۳-معرفی نرم افزار انسیس.....۱۶

فصل سوم : تعریف مساله و حل

۳-۱-مراحل تحلیل یک مخزن با انسیس.....۲۰

۳-۱-۱-انتخاب واحدها.....۲۱

۳-۱-۲-انتخاب المان.....۲۱

۳-۱-۳-تعریف خواص ماده..... ۲۲

۳ – ۱ – ۴ – مدل سازی..... ۲۳

۳-۱-۵-مش بندی..... ۲۵

۳-۱-۶-تعیین قیود..... ۲۶

۳-۱-۷-ارگذاری..... ۲۶

۳-۲-حل مساله..... ۲۷

فصل چهارم : نتایج و بحث ۲۹

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۳۹

فصل ششم : منابع..... ۴۰

پیوست.....

۴۱

فصل اول

۱ – ۱ – مقدمه :

همانطور که می دانیم مخازن تحت فشار از جمله تجهیزاتی هستند که در شاخه نفت و پتروشیمی و در اغلب صنایع اصلی نظیر نیروگاه و حمل و نقل از کاربرد ویژه و قابل توجهی برخوردار بوده و از اینرو توجه به مقوله طراحی و ساخت آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

۱ – ۲ – مخازن تحت فشارچیست :

مخزن تحت فشار طبق استاندارد ASME SEC VIII به مخازنی گفته می شود که فشار طراحی داخل آن بیش از ۱۵psi (و کمتر از۳۰۰۰psi) باشد .این مخازن فلزی معمولاً استوانه‌ای یا کروی برای نگه داری و یا انجام فرآیند های شیمیایی مایعات و یا گازها می باشند که توانایی مقاومت در برابر بارگذاری‌های مختلف (فشار داخلی، و یا فشار خارجی و خلا در داخل) را دارامی‌باشند.استاندارد اصلی برای طراحی این مخازن ASME SECTION VIII می باشد که توسط انجمن مهندسین مکانیک آمریکا تدوین شده و هر چهار سال یکبار مورد بازنگری قرار می گیرد. معیار تبعیت از این استاندارد بیشتر بودن فشار داخلی مخزن از۱۵psi می‌باشد.کاربرد عمده این مخازن در صنایع نفت و گاز می باشد.[۱]

شکل ۱ – ۱ : مخزن تحت فشار[۲]

مخازن تحت فشار برای اینکه کارکردی ایمن داشته باشند در فشار و دمای ویژه ای طراحی میشوند که اصطلاحا فشار طراحی و دمای طراحی گفته می شود. طراحی و ساخت اینگونه تجهیزات تحت فشار بدون اصول و استفاده از کدها و استانداردهای طراحی بسیار خطرناک و حادثه آفرین خواهد بود.

۱ – ۳ - روش ساخت مخازن تحت فشار

طبق استاندارد(Division1) ASMEVIII روش های ساخت مخازن تحت فشار به سه دسته زیر طبقه بندی میشوند،که به توضیح مختصری از برخی از آنها می پردازیم.

۱ جوشکاری[1]

۲ فورجینگ[2]

۳ لحیم کاری سخت[3]

۱ – ۳ – ۱ - روش جوشکاری در ساخت مخازن تحت فشار

در ساخت مخازن تحت فشار به روش جوشکاری از روش های متعددی متناسب با متریال فلز پایه ، نوع کاربری ، میزان حساسیت در ساخت مخزن و تجهیزات کارگاه می توان استفاده کرد. که از آن جمله می توان به روش جوشکاری الکترود دستی[4]، جوشکاری میگ[5]،جوشکاری زیر پودری[6]و جوشکاری تیگ[7]اشاره کرد.در این روش پس از رول کردن بدنه ی مخزن و ساختن کلاهک آن،آن ها را به هم جوش می دهند.

[1]Welding - Part UW
[2]Forging - Part UF
[3]Brazing - Part UB
[4]Shielded Metal Arc Welding
[5]Metal Inert Gas
[6]Submerge Arc Welding
[7]Tungsten InertGas

شکل ۱ – ۲ : روش جوشکاری در ساخت مخازن[۳]

۱ – ۳ – ۲ – روش فورجینگ در ساخت مخازن تحت فشار

ساخت مخازن تحت فشار به روش فورجینگ قابل اجرا برای مخازنی خواهد بود که در آن ها جوش های طولی وجود ندارد همچنین این روش قابل اجرا در فولادهای کم کربن ، فولادهای کم آلیاژ است.[۲]

۱ – ٤ – مواد مورد استفاده برای ساخت مخازن:

در تئوری هر ماده ای با تحمل تنش کششی بالا وخاصیت های کششی مناسب میتواند در ساخت مخازن به کار گرفته شود اما استاندارد های ساخت ASME BPVC SECTION IIلیستی از بهترین مواد و محدودیت دما و فشار آن ها را مشخص کرده است.

بسیاری از منابع تحت فشار از آهن تشکیل شده اند که ورق های آهنی به صورت رول در آمده و به عدسی ها و به همدیگر جوش داده میشوند. اما این جوش ممکن است بر بسیاری از خواص آ هن رول شده تاثیر منفی بگذارد مگر اینکه توجه هایی قبل از جوش کاری صورت بگیرد.

علاوه بر استحکام مکانیکی مناسب ،استاندارد های حال حاضر دنیا ، شرکت ها را موظف می کند تا از آهنی با مقاومت بالایی در مقابل ضربه استفاده شود و همچنین برای محیط ها و سیالاتی که موجب خوردگی کربن استیل می شوند لازم است که از موادی با قابلیت مقاومت در برابر خوردگی استفاده کرد.

برخی از منابع تحت فشار از کمپوزیت ها ساخته شده اند مانند فیبر های کربن با توجه به استحکام بالای فیبر کربن در برابر کشش، این نوع از مخازن تحت فشار میتوانند بسیار سبک باشند اما ساخت آن ها بسیار بسیار سخت می با شد.

منابع تحت فشار برای جلوگیری از خرابی می توانند با پلیمر ها یا سرامیک ها محافظت بشوند، علاوه بر این ، این پوشش خودش می تواند میزان زیادی از فشار را تحمل کند و یک پشتیبان خوب برای لایه ی اصلی می باشد.[٥،٤]

١ – ٥ – دسته بندی مخازن تحت فشار :

١ – ٥ – ١ – طبقه بندی بر اساس شکل

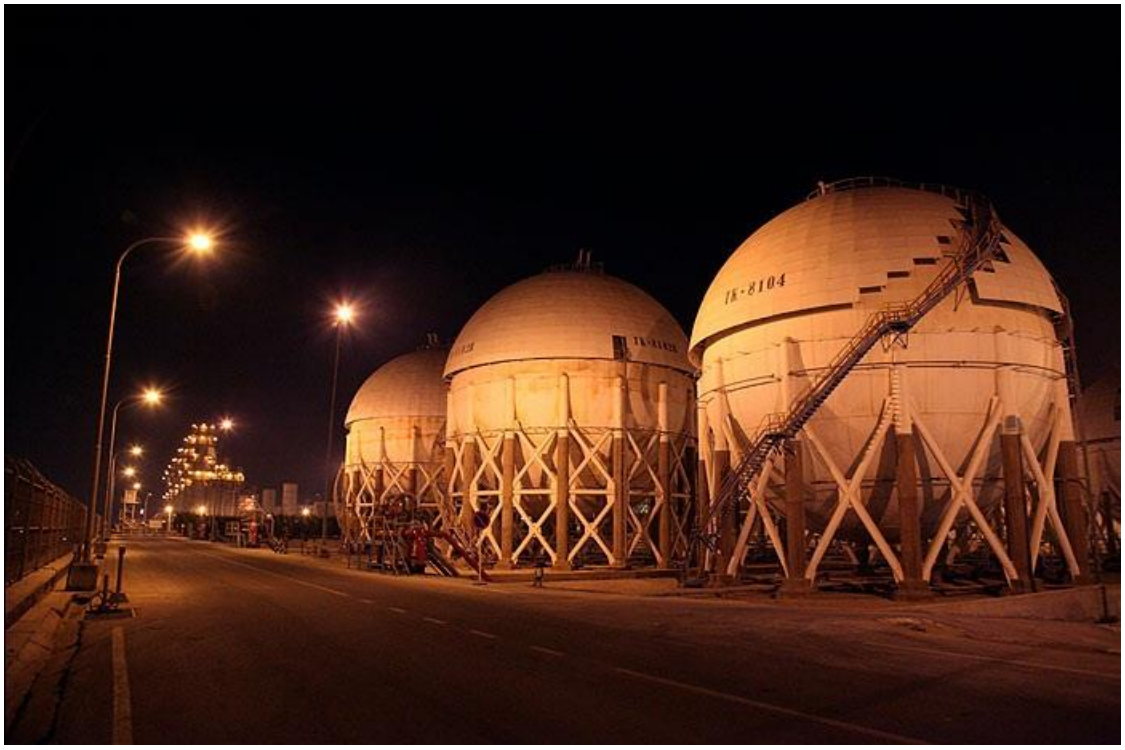
الف – مخازن استوانه ای

اغلب به صورت یک استوانه ای با دو سر عدسی ساخته می شوند.این نوع مخازن رایج ترین نوع مخازن هستند.مخازن استوانه ای بلند ممکن است عمودی یا افقی باشند.اصولا نیاز عملیاتی یک برج تعیین کننده نوع افقی یا عمودی بودن آن است.برای مثال برج ها که نیاز به ثقل جهت جداسازی فازها دارند به صورت عمودی نصب می شوند در حالیکه مبدلهای حرارتی هم می توانند به صورت افقی و هم عمودی نصب گردند.در مورد مبدلهای حرارتی این انتخاب عموما بوسیله روش انتقال گرما وسیر سیال صورت می گیرد.در مخازن ذخیره محل نصب عمدتا عامل انتخاب می باشد.

شکل ۱-۳ : نمونه یک مخزن تحت فشار افقی[۲]

ب - مخازن کروی

به علت استحکام ذاتی شکل کروی این مخازن اصولا برای فشارهای بالا بکار می روند.مخازن ذخیره بزرگ که تحت فشار متوسط قرار دارند معمولا شکل کروی یا شبه کروی دارند.



شکل ۱ – ٤ : مخازن کروی پتروشیمی[2]

۱ – ۵ – ۲ – طبقه بندی بر اساس فشار

الف – مخزن تحت فشار داخلی

در این نوع مخزن معمولا سیالی با فشار بالاتر از فشار اتمسفر وجود دارد.

ب – مخزن تحت فشار خارجی

مخازن تحت فشاری که با شرایط خلاء مرتبط هستند باید برای فشار خارجی طراحی شوند در غیر این صورت متلاشی خواهند شد.

۱ – ۵ – ۳- طبقه بندی بر اساس ضخامت جداره

الف - مخازن جدار نازک

یکی از متداولترین انواع مخازن است.در این مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر کمتر از ۱۰٪ است.

ب - مخازن جدار ضخیم

در این نوع مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر بیشتر از ۱۰٪ است.[٦]

۱ – ٦ – کاربردها

مخازن تحت فشار درانواع کاربردهای گوناگون هم در بخش صنعتی و هم در بخش خصوصی استفاده می شود.این مخازن برای ذخیره هوای فشرده ومخازن آب داغ خانگی کاربرد دارد.نمونه های دیگر از کاربرد آن می توان مخازن تحت فشاراستوانه غواصی،برج های تقطیر، اتوکلاو، درپالایشگاه های نفت و پتروشیمی، راکتورهای هسته ای، زیر دریایی وکشتی فضایی،مخازن

پنوماتیکی وهیدرولیکی تحت فشار، مخازن کیسه هوای خودرو ومخازن ذخیره سازی گازمایع، مانند آمونیاک،کلر،پروپان، بوتان وLPG نام برد.

شکل ۱ – ۵ : مخزن LPG در خودرو[۷]

فصل دوم

روش اجزاء محدود:

۲ – ۱ – مقدمه:

افزایش روز افزون نیازهای بشر و تلاش برای برآورده ساختن آنها، منجر به خلق مسائل تازه و پیچیده ای در همه زمینه های علمی و فنی شده که حوزه مهندسی مکانیک و سازه نیز از این امر مستثنی نبوده است. در اغلب موارد ، نیاز به طراحی و تحلیل قطعات با هندسه و اخیرا خواص پیچیده تحت بار گذاری های نامنظم است که بکار گیری روشهای کلاسیک موجود منجر به یافتن معادلات حاکم بسیار پیچیده با شرایط مرزی و اولیه متنوع است که عملا حل این معادلات از روش تحلیلی را غیر ممکن می سازد.

از همین روست که روشهای عددی متنوعی برای حل معادلات دیفرانسیل حاکم به سیستم ها ایجاد و امروزه به طرز وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند. بسته به نوع روش عددی مورد استفاده و نوع المان بندی، روشهای مختلفی نظیر حجم محدود ، اجزاء محدود ، تفاضل محدود و ...حاصل شده است.

هر کدام از روشهای فوق الذکر، در قالب نرم افزارهای متنوع به کاربران عرضه می شوند. روشی که در اغلب مسائل مکانیک جامدات مورد استفاده قرار می گیرد روش اجزاء محدود است که در قالب نرم افزارهایی چون Nastran، Abaqus، Ansysو ... قابل استفاده است.

۲ – ۲ – آشنایی با روش اجزاء محدود :

معمولا مهندسان و فیزیکدان ها یک پدیده فیزیکی را به وسیله دستگاهی از معادلات دیفرانسیل معمولی و یا جزئی که در محدوده خاصی صادق است و شرایط مرزی و آغازین مناسبی را تامین می کند توصیف می کنند. در واقع یک معادله دیفرانسیل با شرایط مرزی و اولیه مورد نیاز خود یک مدل ریاضی کامل از یک پدیده است. برای یافتن توزیع متغیر های مورد نظر که ارتباط آنها در فرم دیفرانسیلی توسط معادله حاکم بیان می گردد، می بایست معادله مذکور حل گردد تا بتوان مقادیر عددی هر کمیت مرتبط را در نقاط دلخواه بدست آورد. اما با توجه به اینکه تنها می توان اشکال بسیار ساده این معادلات آن هم در ناحیه های هندسی بسیار ساده را با روشهای تحلیلی حل نمود، در حل اغلب معادلات حاکم به روش تحلیلی با مشکل بزرگی مواجه هستیم.

برای مقابله با چنین مشکلاتی و نیز جهت استفاده از قدرتمند ترین وسیله موجود در قرن حاضر یعنی کامپیوتر، ضروری است که مساله مورد نظر در یک قالب کاملا جبری ریخته شود تا حل آنها تنها نیازمند عملیات جبری باشد. برای دستیابی به چنین هدفی می توان از انواع مختلف روشهای گسسته سازی یک مساله پیوسته تعریف شده به وسیله معادلات دیفرانسیل استفاده نمود. در این روشها تابع و یا توابع مجهول که می توان آنها را با مجموعه ای نا متناهی از اعداد نشان

داد، به وسیله تعداد متناهی از پارامتر های مجهول جایگزین می گردند که طبیعتا در حالت کلی نوعی تقریب را در بر دارد[۹]

روش اجزاء محدود یک دستورالعمل عددی جهت حل مسایل فیزیکی می باشد که توسط معادله دیفراانسیل توصیف می شوند.این روش دارای دو ویژگی است که آن را از سایر روشهای عددی متمایز می سازد:

۱-در این روش از یک فرمولبندی انتگرالی جهت ایجاد یک دستگاه معادلات جبری استفاده می شود.

۲-در این روش از توابع هموار به طور قطعه ای پیوسته جهت تقریب کمیات مجهول استفاده می شود.

روش اجزاء محدودرا می توان به پنج مرحله اصلی تقسیم کرد:

۱-تقسیم ناحیه مورد بحث به تعداد زیادی زیر ناحیه کوچک موسوم به المان، نقاط اتصال المانها به یکدیگر گره نامیده می شود .

۲-تعیین تقریب اولیه برای حل به صورت یک تابع با ضرایب ثابت مجهول که همواره یا خطی است و یا مرتبه دوم. پس از تعیین شدن مرتبه تقریب اولیه، معادله حاکم در هر گره نوشته می شود .

۳-استخراج دستگاه معادلات جبری، تابع وزنی برای هر گره مشخص شده و سپس انتگرال باقیمانده وزنی تشکیل می گردد. با انتگرال گیری، برای هر گره یک معادله جبری ایجاد می گردد که پس استخراج معادلات همه گره ها، دستگاه معادلات بوجود می آید.

٤- حل دستگاه معادلات ایجاد شده .

٥- محاسبه سایر کمیات از روی مقادیر گرهی .

۲ – ۳ - معرفی نرم افزار انسیس:

نرم افزار ANSYS از دسته نرم افزارهای تحلیلی است که از روش اجزای محدود برای مدلسازی و تحلیل در آن استفاده می شود.

برتری تحلیل مسائل متنوع از یک طرف و ارتقاء تجهیزات کامپیوتری از طرف دیگر باعث شده است که کاربرد روش اجزای محدود و در نتیجه نرم افزارهای بر پایه آن رواج یابد.

ابزارهای پیش بینی شده در ANSYS امکان تحلیل انواع مختلف سازه ها مانند قاب، مخزن، سد، پل ... و اجزای سازه ای مانند اتصالات فولادی، اعضای فولادی یا بتنی... را به روشهای مختلف فراهم ساخته است. از آن جمله می توان به تحلیل های استاتیکی، بارگذاری رفت و برگشتی، مودال و ... اشاره کرد. برای شبیه سازی شرایط مختلف تکیه گاهی گزینه های متعددی بصورت شتاب، جابجایی، نیرو و یا لنگر با الگوهای مختلف در دسترس هستند که بطور ثابت یا متغیر با زمان قابل استفاده اند. همچنین مدلهای رفتاری مختلفی از مصالح شکل پذیر و ترد مانند مدلهای دو و چند خطی فولاد و مدل شکست بتن در آن پیش بینی شده است که در حوزه رفتار غیر خطی بکار می روند.

وجود المانهای مختلف با قابلیتهای خاص از ویژگیهای ANSYS است. دسته های مختلف المانها مانند المانهای خطیLink،Beam وPipe بصورت دو و سه بعدی، المانهای پوسته ای (انواع Shellها، یک لایه، چند لایه، غشایی، خمشی)، المانهای حجمی (انواع Solidها) با رفتار خطی و غیر خطی، المانهای تماسی با فاصله اولیه و فاقد سختی کششی (Contact)، فنرهای غیر خطی (Combin)، کابل، المان کنترلی، المان صلب، جرم متمرکز و ... انعطاف پذیری ویژه ای برای مدلسازی حوزه وسیعی از سازه ها و اجزای سازه ای در این نرم افزار فراهم ساخته اند.[۱۰]

با وجود ویژگیهای فراوان نرم افزار ANSYS و نرم افزارهای مشابه در مدلسازی و تحلیل، همواره باید به خاطر سپرد که در بررسی تحلیلی یک مدل، دیدگاه مهندسی و ذکاوت کاربر در فرآیند ساخت، تحلیل و کنترل نتایج، مهمترین نقطه اتکاء برای تأیید صحت نتایج است و بکارگیری چنین نرم افزارهایی صرفاً به عنوان ابزاری برای ساده تر کردن و سرعت بخشیدن به فرآیند طراحی است.

به همین دلیل قبل از بکارگیری هر ویژگی یا گزینه تحلیلی، مناسب است که مطالعات کافی درباره نحوه کارکرد و تئوری های وابسته به روش تحلیلی، نوع المان و مشخصات مصالح صورت گیرد.

فصل سوم

تعریف مساله و حل آن :

۳ – ۱ – مراحل تحلیل یک مخزن تحت فشار جدار ضخیم استوانه ای از جنس فولاد به کمک نرم افزار ANSYS:

با استفاده از نرم افزارANSYS یک مخزن با فشار داخلیMPa ۳۵ و مدول الاستیک GPa۲۰۰ و ضریب پوواسن۰/۳ و استحکام تسلیم Mpa۳۳۰ و با ابعاد شکل ۳-۲را مورد بررسی قرار می دهیم.برای آزمایش درستی نتایج ، شرایط اولیه مخزن برای این تحلیل از کتاب ansys workbench tutorial نوشته Kent L. Lawrence گرفته شده که فصل مربوط به آن در پیوست انتهای این پروژه آورده شده است.

برای این تحلیل از نسخه ۱۲ نرم افزار انسیس استفاده می کنیم.

۳ – ۱ – ۱ - انتخاب واحدها:

برای این کار گزینه SI را از مسیر زیر انتخاب می کنیم تا محاسبات بر اساس واحد SI انجام شود.

Main Menu/ preferences/ preprocessor/Material props/Material library/select units

۳ – ۱ – ۲ - انتخاب نوع المان:

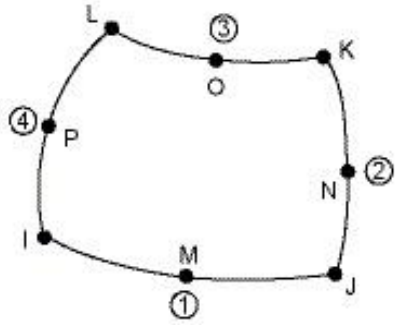
با توجه به این نکته که مخزن دارای شکلی متقارن است برای افزایش سرعت در انجام محاسبات المان را دو بعدی و رفتار آن را متقارن انتخاب می کنیم که در ادامه طریقه انجام این کار را توضیح می دهیم.[۱۰]

از مسیر زیر المان مورد نظر را انتخاب می کنیم:

Main Menu/preferences/preprocessor/Element Type/Add..

برای این تحلیل می توانیم از المان دو بعدی چهار گوشه ای با ٤ گره یا ٨ گره و یا همچنین المان مثلثی استفاده کنیم.

المان دو بعدی solid183 نیز در صورتی که Elemet behavior را Axisymmetric (متقارن) انتخاب کنیم برای این تحلیل مناسب است.این المان دارای دو درجه آزادی در هر گره در راستای XوY می باشد.ازاین المان صفحه ای می توان به عنوان تنش صفحه ای،کرنش صفحه ای و یا یک المان متقارن استفاده کرد.



شکل ۳-۱ : هندسه ی المان solid۱۸۳

با توجه به توضیحات ذکر شده المان SOLID183 برای این تحلیل مناسب است،باید توجه داشت که پس از انتخاب این المان از قسمت option گزینه Elemet behavior را روی axisymmetric قرار می دهیم.

۳ – ۱ – ۳ - تعریف خواص ماده(Material Properties):

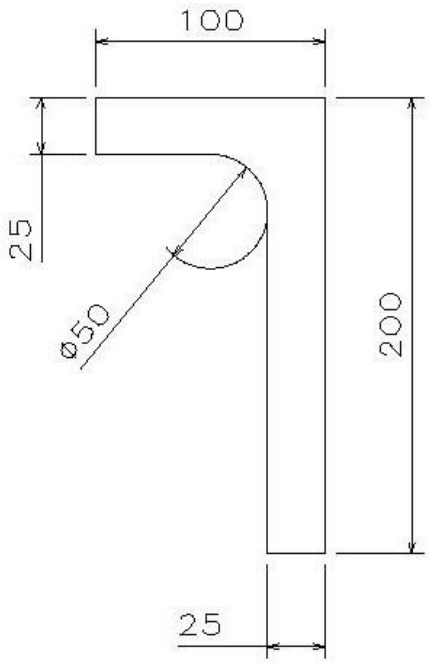
برای اینکار مسیر زیر را دنبل می کنیم:

MainMenu/preferences/preprocessor/Materialprops/MaterialModels/Structural/linear/elastic/Isotropic

و در این قسمت مقادیر مدول کشسانی و ضریب پواسون را وارد می کنیم.

۳ – ۱ – ٤ - مدل سازی(modeling):

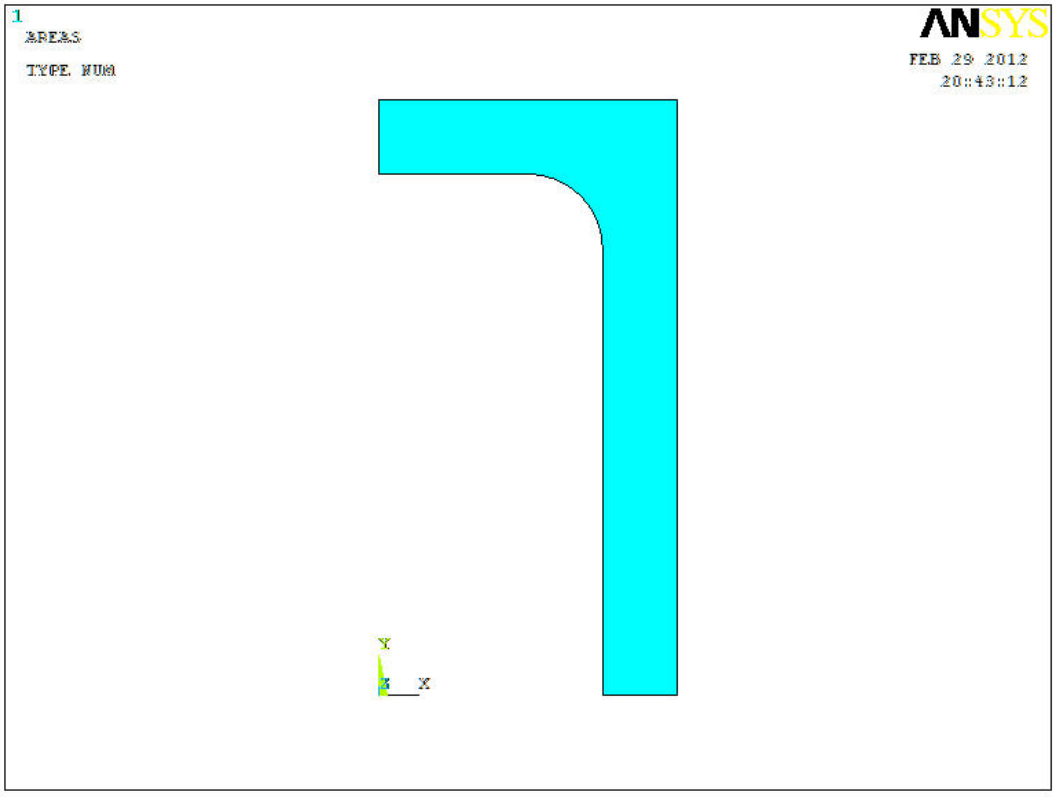
در این قسمت مخزن را مدل سازی می کنیم باید توجه داشت چون المان را دو بعدی و رفتار المان را متقارن در نظر گرفتیم مخزن را به صورت شکل ۳-۲ مدل سازی می کنیم وسپس آن را حول محور Y گسترش می دهیم این کار در افزایش سرعت محاسبات بسیار موثر است.



شکل۳-۲ : مدل اولیه مخزن جدار ضخیم

برای مدل سازی مسیر زیر را دنبای می کنیم و با توجه به دستورات موجود در Create مدل را رسم می کنیم.در ANSYS همیشه ابتدا نقاط وسپس خطوط و بعد از آنها صفحه و در آخر حجم را رسم می کنیم.(واحد ابعاد میلیمتر می باشد)

Main Menu/preferences/preprocessor/Modeling/Create



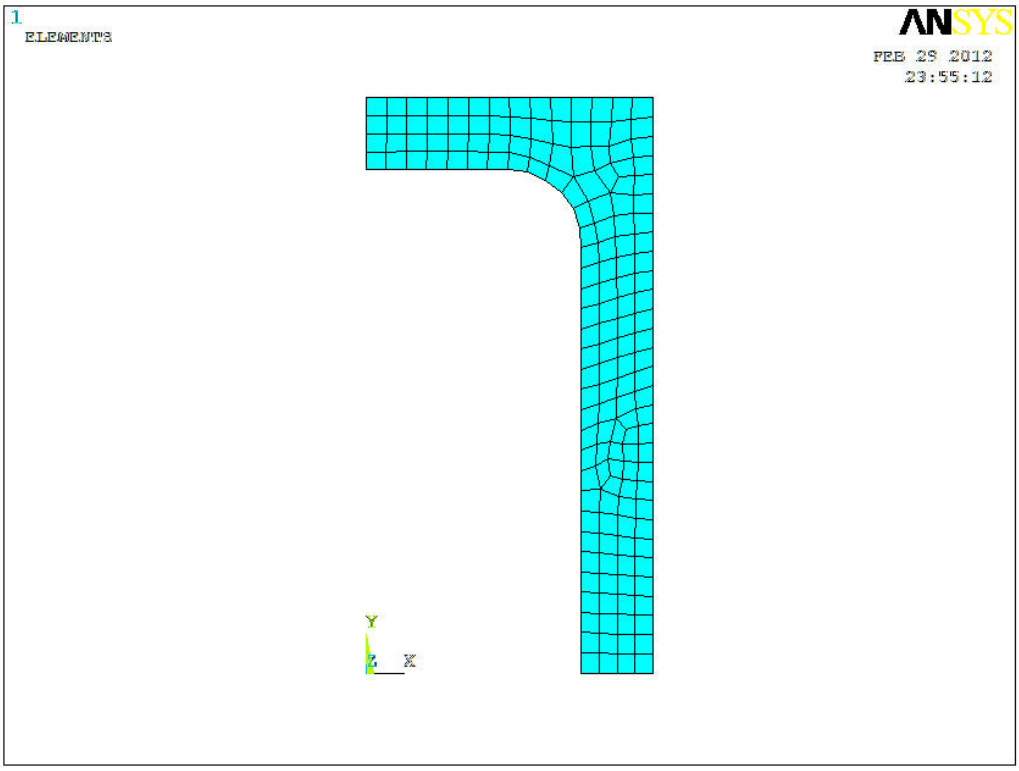
شکل۳-۳ : مدل اولیه مخزن در ANSYS

۳ – ۱ – ۵ – مش بندی(Meshing):

با اجرای دستور

Main Menu/preferences/preprocessor/Meshing/Mesh Tool

با انتخاب گزینهQuadوFree و فشار دادن Mesh و با انتخاب سطح،مش بندی انجام می شود.



شکل ۳-٤: مش بندی اولیه

۳ – ۱ -٦ – تعیین قیدها:

با توجه به تقارن هندسی شکل مخزن را مانند شکل از دو ناحیه مانند شکل ۳-۵ مقید می کنیم.

این کار را با استفاده از دستور زیر انجاممی دهیم:

MainMenu/preferences/Solution/DefineLoads/Apply/structural/

Displacement/On lines

و با انتخاب خطوط تقارن بالا و پایین گزینه DOFs to be constrained را برای خط بالا روی X وبرای خط پایین روی Y قرار می دهیم.

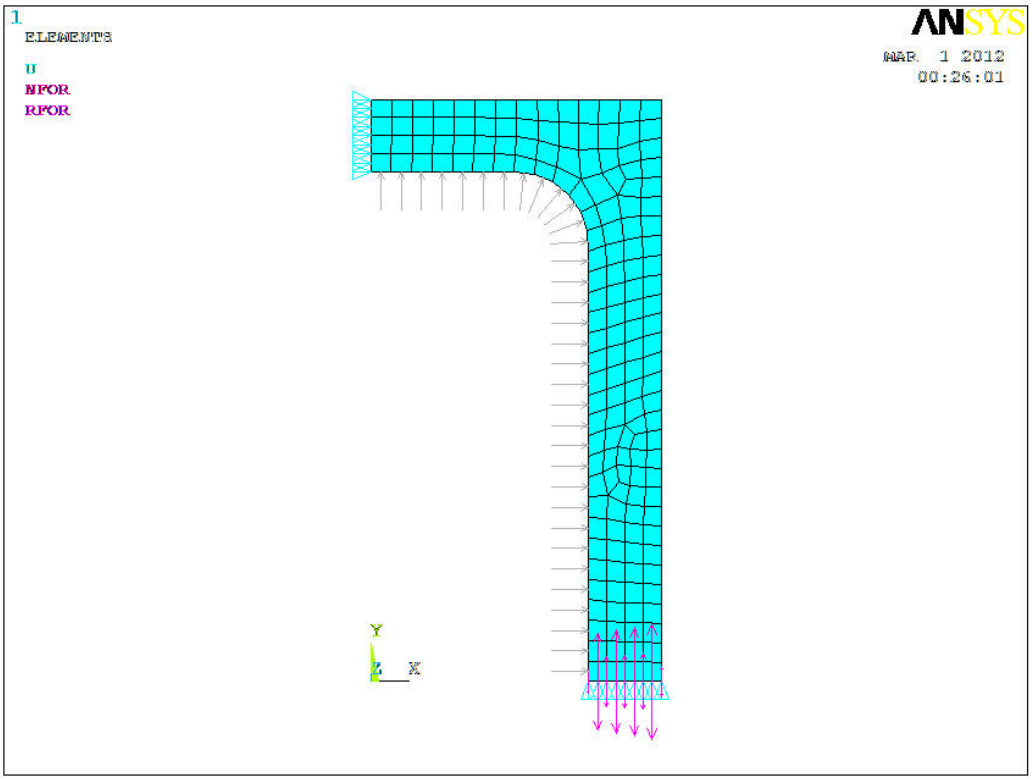
۳ – ۱ – ۷ – بارگذاری:

با اجرای دستور زیر

MainMenu/Preferences/Solution/DefineLoads/Apply/structural/

Pressure/On Lines

و انتخاب خط داخلی مخزن مقدار گزینه VALUE load PRES value را روی ۳۵۰۰۰۰۰۰ قرار می دهیم تا فشار داخلی مخزن برابر با ۳۵MPa گردد.



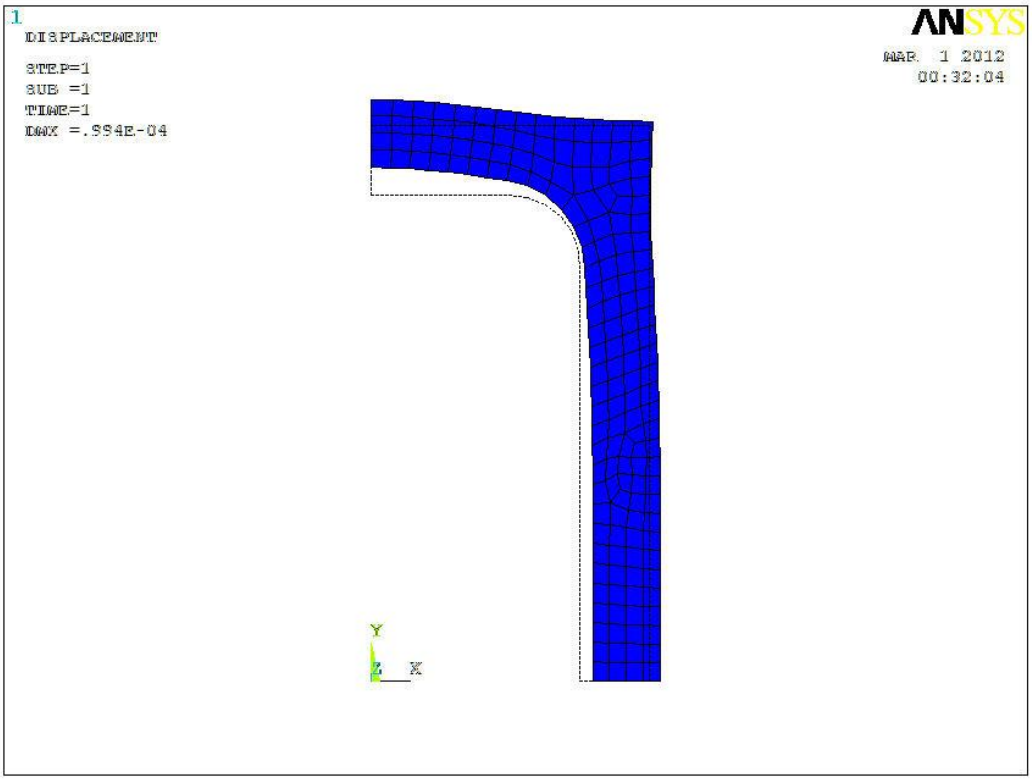
شکل ۳ – ۵ : اعمال قید و بارگذاری

۳ – ۲ – حل مساله:

Main/Solution/Solve/Current LS

با اجرای این دستور عمل محاسبات توسط نرم افزار المان محدود ANSYS صورت می گیرد و نتایج در خروجی ثبت می شود.

پس از انتخاب General Postproc نتایج حاصل از تحلیل را می توان از طریق List/Results و Plot/Results به صورت قابل مشاهده برای کاربر مثل کانتور،فیلم،جدول،فایل متنی بدست آورد.



شکل۳ – ٦ : کانتور تغییر شکل مخزن

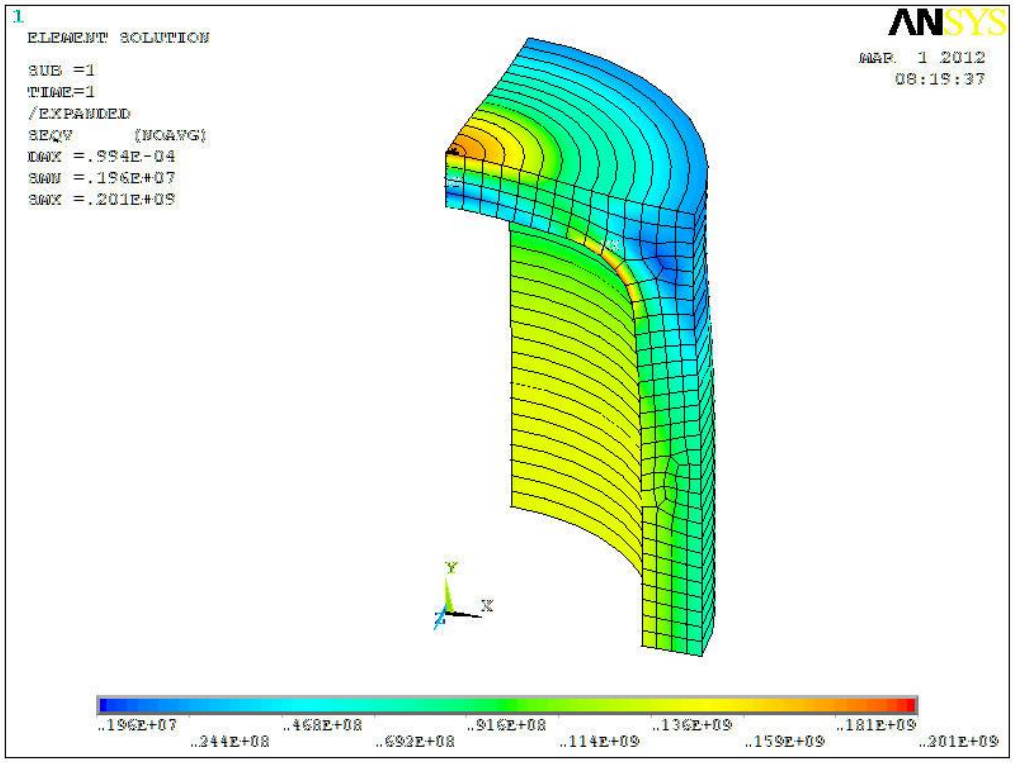
فصل چهارم :

نتایج و بحث :

برای بررسی نتایج حاصل از تحلیل این مخزن تحت فشار از مسیر زیر خروجی های مختلف را به صورت کانتور می گیریم:

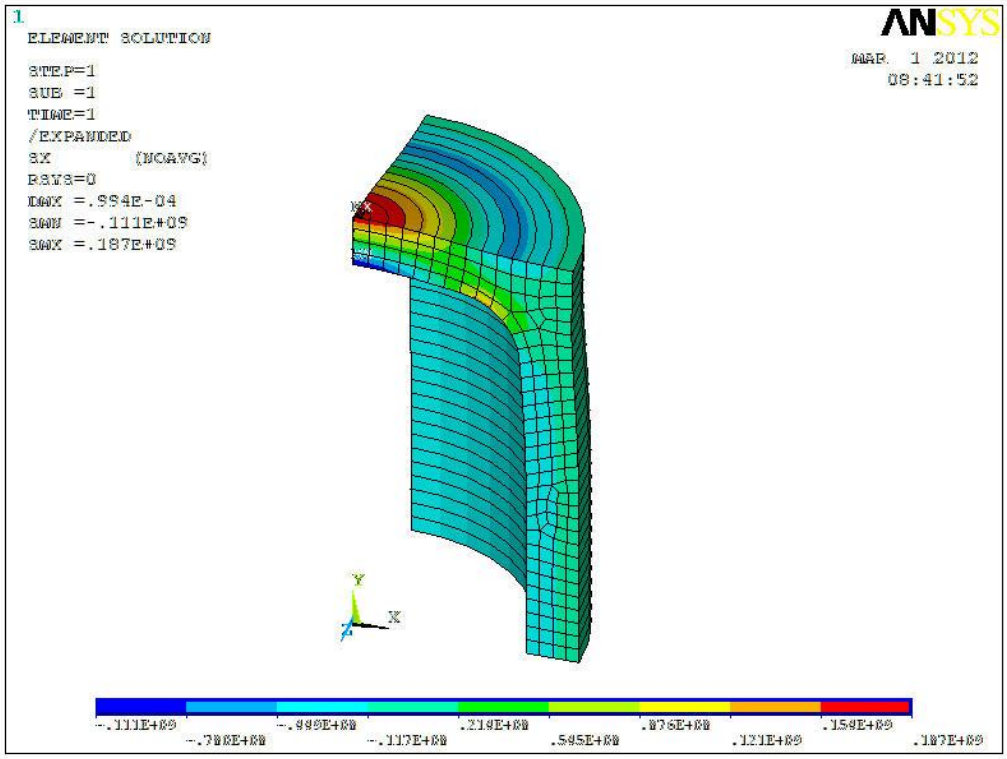
Plot/Results/Contour plot/ elem solution

نتایج حاصل از این تحلیل که در شکل های ٤ – ١ تا ٤ –٩نمایش داده شد .این نتایج برای ¼از نیمه بالایی مخزن مدل شده است.



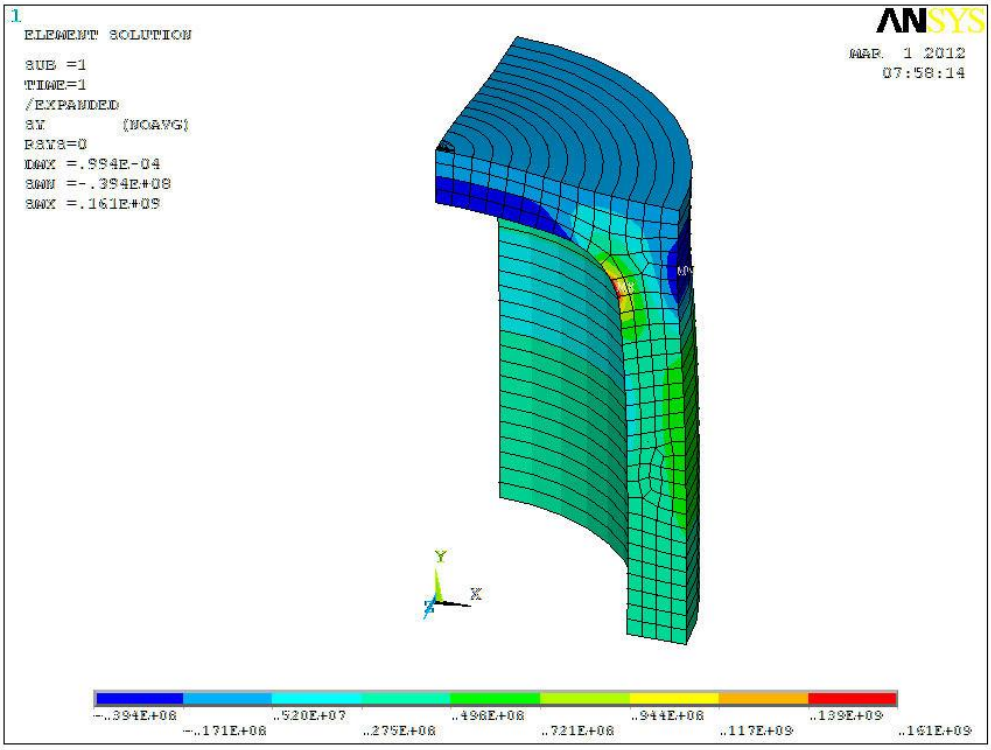
شکل ٤ – ١ : کانتور تنش فون مایسز

شکل ٤ –١ تنش فون مایسز را نشان می دهد که در ناحیه داخلی روی فیلر بحرانی است و برابر با ٢٠١ MPa است که با استحکام تسلیم متریال سازنده مخزن که ٣٣٠Mpa می باشد مقایسه می شود بنابراین ضزیب اطمینانی تقریبا برابر با ١/٦٥ دارا می باشد با توجه به این نکته که ضریب اطمینان به عوامل متعددی بستگی دارد و مقدار آن برای مخازن تحت فشار معمولا ٣/٥ یا ٤ است،پس ناحیه ای که در آن تنش ماکزیمم اتفاق می افتد بحرانی است و احتمال شکست در آن وجود دارد.برای محاسبه مقدار دقیق تر تنش در این ناحیه می توانیم مش بندی را در نزدیک نقطه بحرانی refine کنیم.



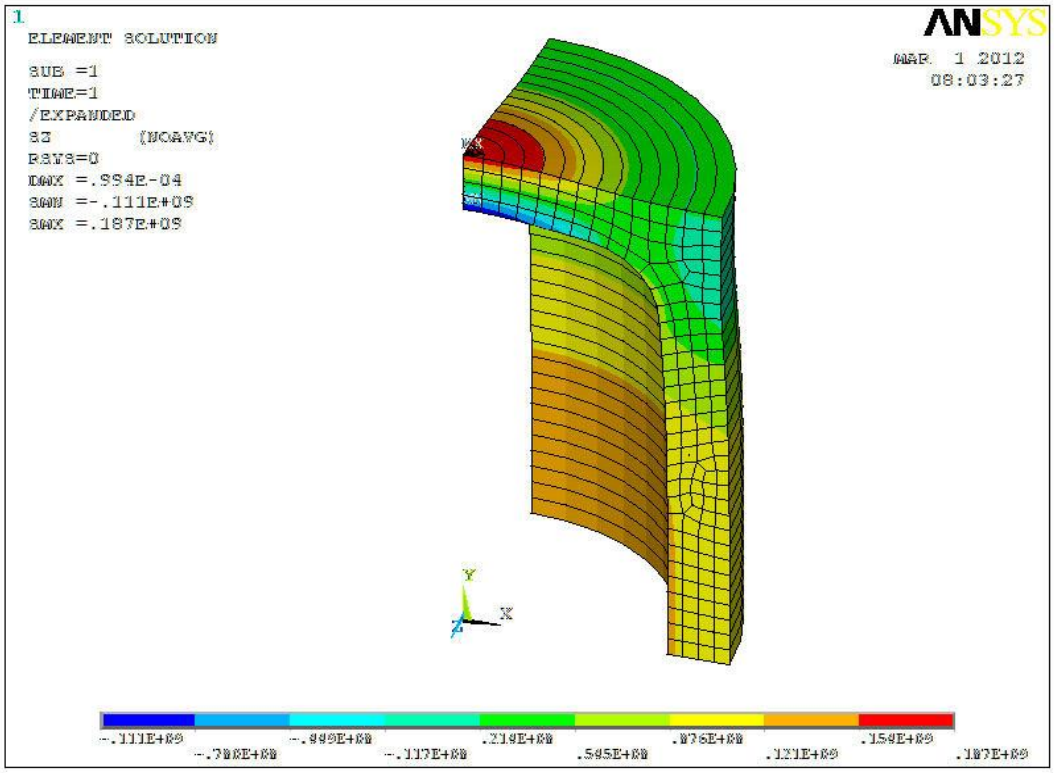
شکل ٤ –٢ : کانتور تنش عمودی در راستای محورX

در شکل ٤ – ٢ ماکزیمم تنش عمودیσx در قسمت بالای آن روی کلاهک مخزن مشخص شده و مانند شکل قبل ناحیه فیلر نیز تنش زیادی را تحمل می کند که برابر با ۱۸۷MPa می باشد.همچنین برای بقیه مناطق مخزن که بیشتر با رنگ سبز و آبی مشخص شده مشاهده می کنیم مقدار تنش تقریبا ثابت است.



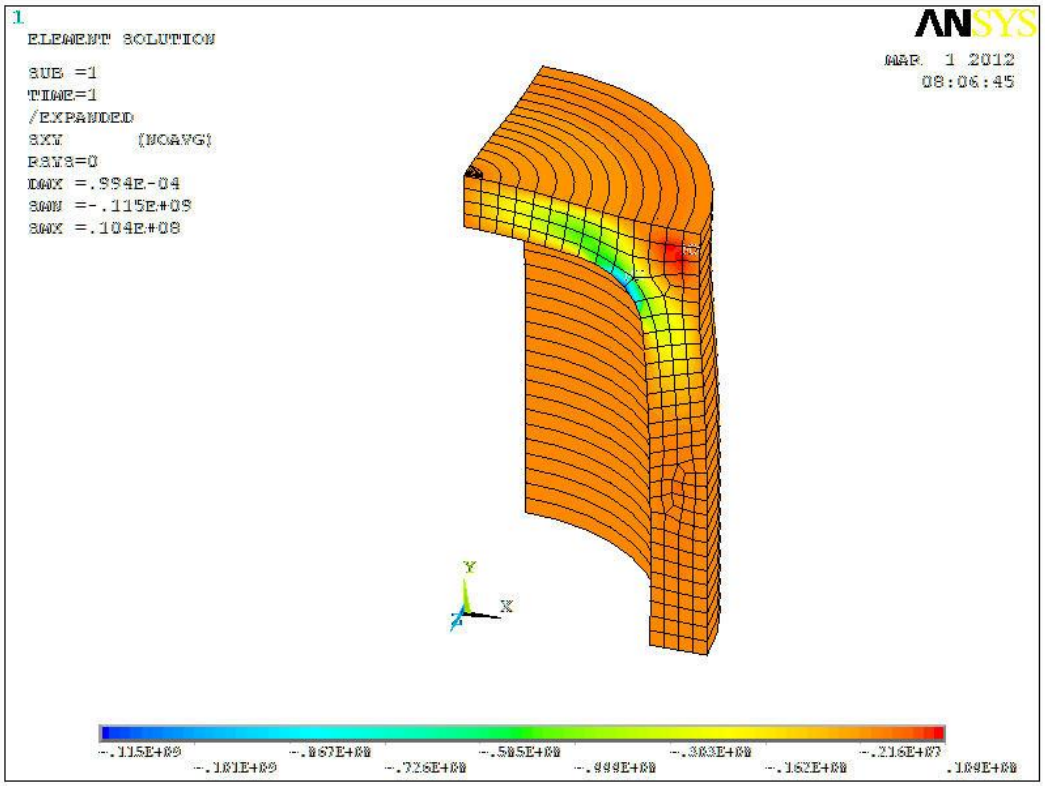
شکل ٤ – ٣ : کانتور تنش عمودی در راستای محور Y

در شکل ٤ – ٣ ماکزیمم تنش σ_y در قسمت داخلی مخزن روی فیلر رخ می دهد که برابر با ١٦١MPa است.مقدار این تنش روی کلاهک مخزن تقریبا ثابت و کم است،در قسمت استوانه ای نیز تغییرات کمی دارد.



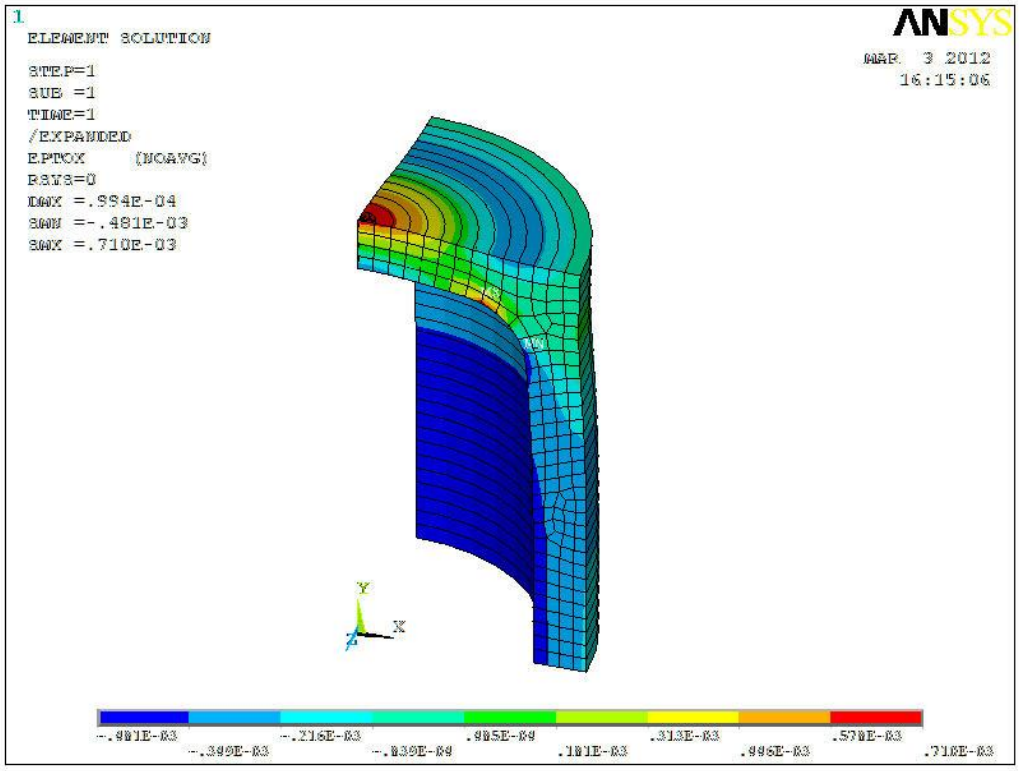
شکل ٤ – ٤ : کانتور تنش عمودی در راستای محور Z

در شکل ٤ – ٤ ماکزیمم تنشσz در قسمت بیرونی و بالای مخزن با رنگ قرمز مشخص شده که مقدار آن برابر ۱۸۷MPa است،دلیل تمرکز تنش در آن ناحیه می تواند وجود قید در راستای محور X باشد که در هنگام قید گذاری قرار دادیم،مقدار این تنش در قسمت استوانه ای آن از بالا با نزدیک شدن به مرکز مخزن افزایش می یابد.



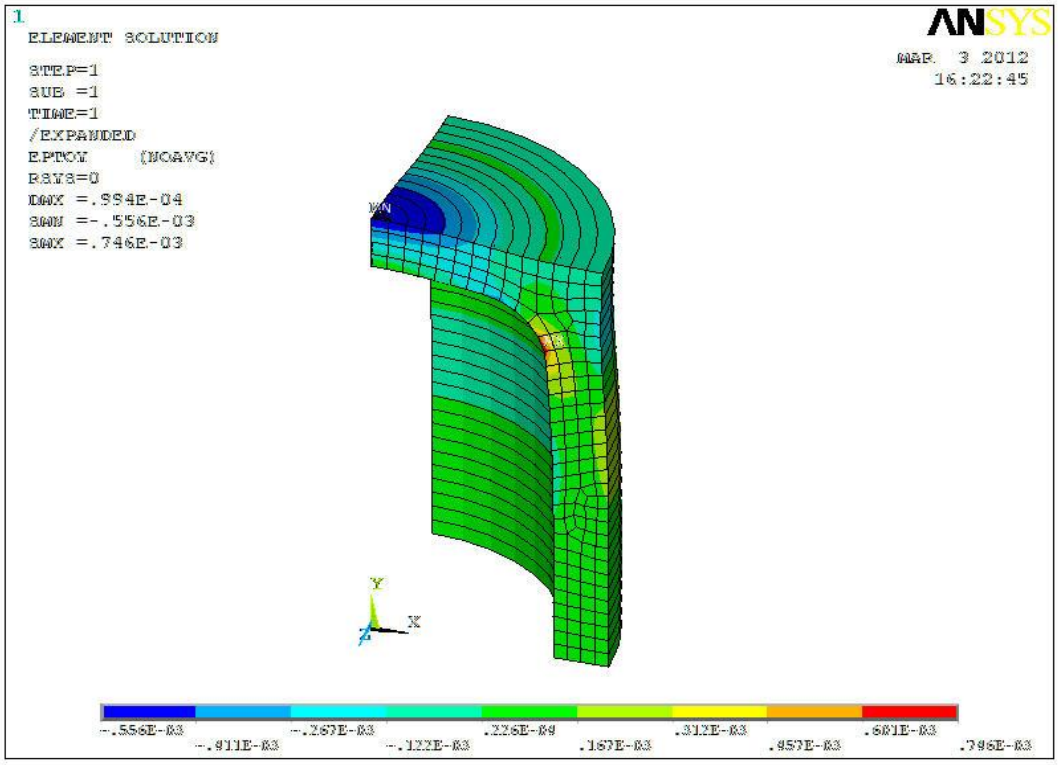
شکل ٤ –٥ : کانتور تنش برشی در صفحه ی XY

درشکل ٤ –٥ ماکزیمم تنش برشی τ_{xy} برابر با ١٠,٤ MPa و با رنگ قرمز مشخص شده است،مقدار این تنش در قسمت استوانه ای و قسمت بیرونی کلاهک آن زیاد و نزدیک به مقدار بحرانی است.



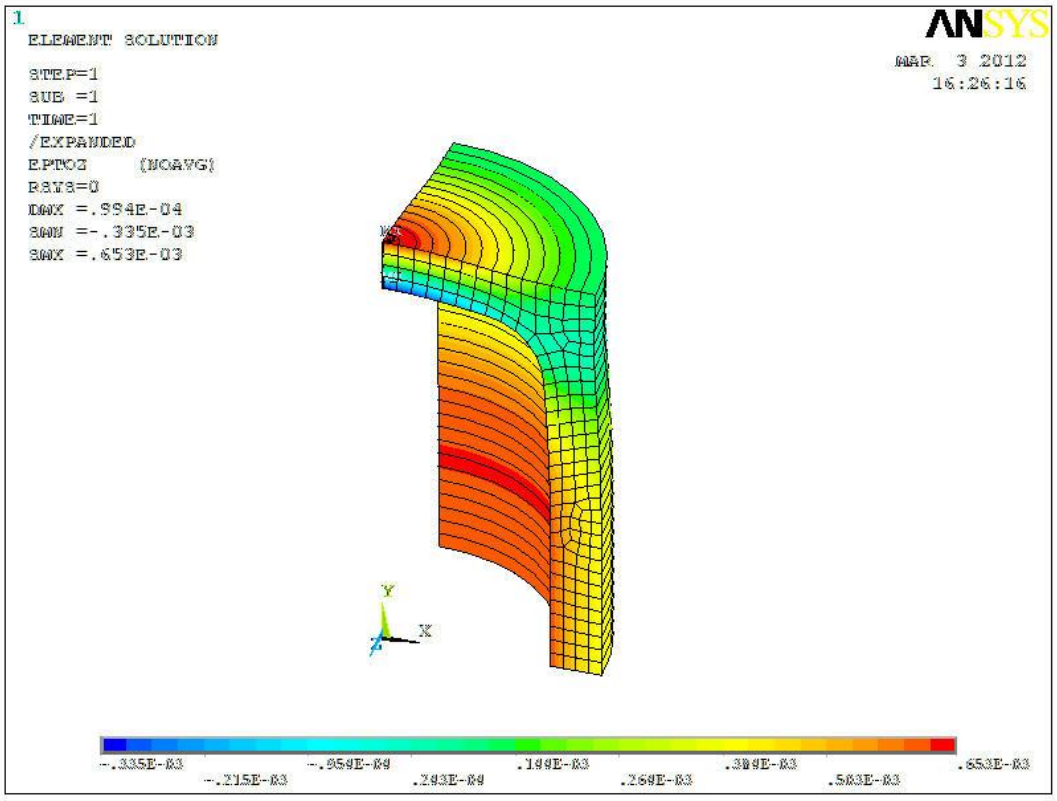
شکل ٤ – ٦ : کرنش مکانیکی در راستای x

شکل ٤ – ٦ ε_x را نشان می دهد بیشترین مقدار آن در شکل با رنگ قرمز مشخص شده که در ناحیه بالای کلاهک و روی فیلر حداکثر است،یعنی در این نواحی بیشترین تغییر ضخامت در راستای محور X را داریم.



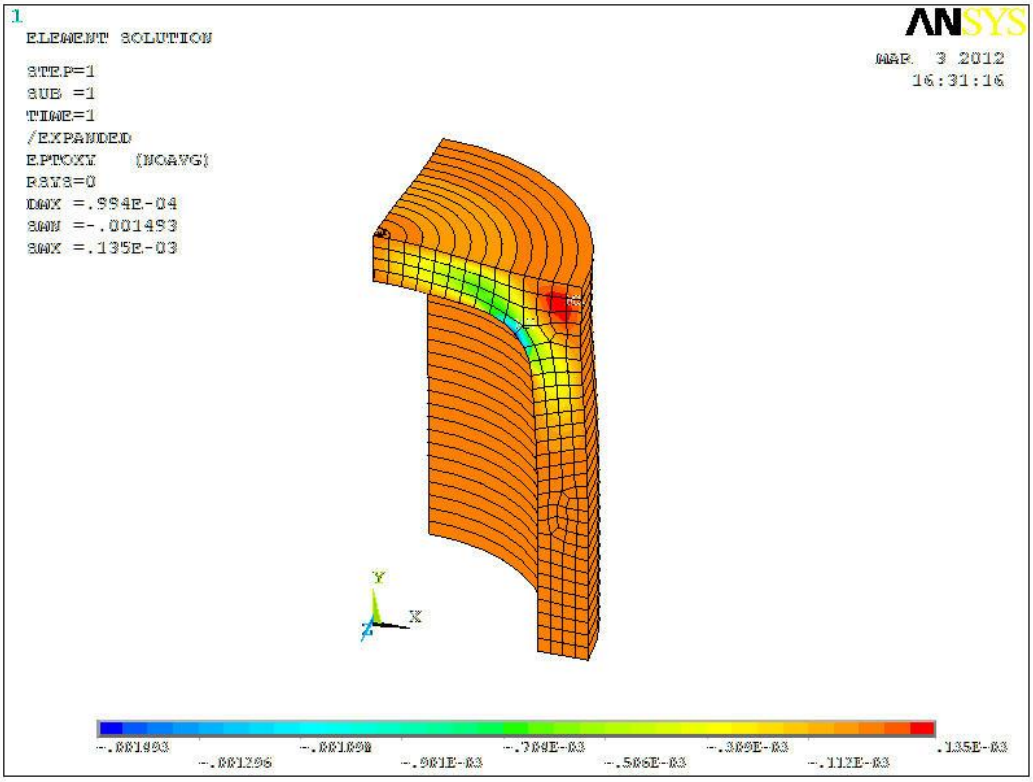
شکل ٤ – ٧ : کرنش مکانیکی در راستای Y

شکل ٤ – ٧ ε_y را نشان می دهد ومشاهده می شود روی کلاهک به دلیل وجود قیود کمترین مقدار را دارد و در ناحیه فیلر حداکثر کرنش در راستای Y را داریم .



شکل ٤ – ٨ : کرنش مکانیکی در راستای Z

شکل ٤ – ٨ ε_z رانشان می دهد مقدار این کرنش در اکثر نواحی مخزن زیاد است یعنی مخزن در راستای Z جابجایی زیادی دارد همچنین بیشترین جابجایی در قسمت بیرونی کلاهک مشخص شده است .



شکل ٤ – ٩ : کرنش برشی در صفحه XY

شکل ٤ – ٩ ε_{xy} را نشان می دهد و بر خلاف حالت های قبل مشاهده می شودمقدار کرنش برشی در صفحه xy در نواحی اطراف فیلر حداقل است.

فصل پنجم :

نتیجه گیری و پیشنهاد :

با بررسی نتایج بدست آمده از تحلیل این مخزن تحت فشار استوانه ای جدار ضخیم و مشاهده نقاط بحرانی می توان نتیجه گرفت نوع تحلیل ، قید گذاری ، مش بندی و نوع المان در سرعت و دقت محاسبات بسیار موثر است می توان به جای تحلیل متقارن واستفاده از المان های دو بعدی و چهار وجهی از نوع دیگری از تحلیل و المان های سه بعدی یا دو بعدی مثلثی استفاده کرد .

برای بیشتر شدن دقت و صرفه جویی در زمان می توان پس حصول از نتایج اولیه، مش بندی را در نقاط ماکزیمم کانتورهای بدست آمده Refine کنیم و مساله را دوباره حل کنیم تا جواب های دقیق تری بدست آوریم.

فصل ششم :

منابع :

١) E. F.Megyesy, Pressure Vessel Handbook, ١٢th edition, ٢٠٠١

٢)http://www.absunwater.com

٣) www.macawber.com

٤)Frietas, O., "Maintenance and Repair of Glass-Lined Equipment", Chemical Engineering, ١Jul ٢٠٠٧.

٥)NASA Tech Briefs, "Making a Metal-Lined Composite Overwrapped Pressure Vessel", ١ Mar ٢٠٠٥.

٦)http://www.iranpetrotech.com

٧) http://automotivepartsuppliers.com

٨)http://www.packmangroup.com

٩)Strang, Gilbert (July ١٩, ٢٠٠٥), Linear Algebra and Its Applications (٤th ed.), Brooks Cole

١٠)ANSYS ١٢, " Ansys help"

١١1)http://en.wikipedia.org