



بهینه سازی مخازن CNG خودرو در نرم افزار ABAQUS

حامد یوسفوند^۱، مهدی نجفی^{*۲}

چکیده: در پژوهش حاضر به تحلیل مخازن سی ان جی نوع ۱ و ۴ پرداخته شده است. مخزن نوع اول فلزی بوده که در آن به تحلیل تنش های محیطی، طولی، وان میسر و ترسکا در ضخامت های مختلف ۳،۵ و ۴،۵ و ۵،۵ و ۶،۵ و ۷،۵ و ۸،۵ میلیمتر پرداخته شده است، تا ضخامت بهینه برای دستیابی به حداقل وزن انتخاب شود. در مخازن نوع ۴ کامپوزیتی نیز از سه جنس الیاف شیشه اپوکسی، آرامید اپوکسی و کربن اپوکسی با درصد حجمی اپوکسی ۶۰ درصد استفاده شده است. مخزن دارای ۸ لایه با لایه چینی متقارن با زوایای ۰ و ۹۰ و ۴۵-۴۵ و ۴۵-۹۰ و ۹۰ درجه می باشد بطوری که لایه های ۳ تا ۶ دارای زاویه متغیر ۴۵ و ۵۴ و ۶۰ و ۶۵ و ۷۰ می باشند و تحلیل در سه ضخامت ۲۴ و ۱۹،۶ و ۱۵،۲ انجام شده است. همچنین تحلیل هر دو مخزن در حداکثر فشار پر شدن مخزن یعنی ۲۵۰ بار انجام شده است. هدف از تحلیل مخازن کامپوزیتی دستیابی به زاویه لایه چینی مناسب در جهت انتخاب جنس و ضخامت مناسب برای کاهش وزن و هزینه به نحوی که شاخص شکست یا (I_F) با توجه به معیار Tsai-Hill کمینه شود.

واژه های کلیدی: مخازن کامپوزیتی، تحلیل نرم افزاری، تحلیل تنش، مخازن تحت فشار، تحلیل گسیختگی

۱. مقدمه

مخازن تحت فشار از جمله تجهیزاتی هستند که در بخش نفت و پتروشیمی و در اغلب صنایع اصلی نظیر نیروگاه و حمل و نقل از کاربرد ویژه و قابل توجهی برخوردارند، بنابراین توجه به مقوله طراحی و ساخت آنها دارای اهمیت ویژه ای می باشد. این نوع مخزن مطابق استاندارد آمریکایی ASME SEC VIII مخازنی هستند. معمولاً این مخازن فلزی استوانه ای یا کروی جهت نگهداری و یا انجام فرآیندهای شیمیایی مایعات و یا گازها هستند که توانایی مقاومت در مقابل بارگذاری های مختلف (فشار داخلی، یا فشار خارجی و خلأ در داخل) را دارند. معیار پیروی از این استاندارد بیشتر بودن فشار داخلی مخزن از 15 psi می باشد. کاربرد عمده این مخازن در صنایع نفت و گاز بوده و برای اینکه کارکرد ایمنی داشته باشند، در فشار و دمای ویژه های طراحی می شوند که اصطلاحاً فشار طراحی و دمای طراحی نام دارند. طراحی و ساخت اینگونه تجهیزات تحت فشار بدون در نظر

۱. استاد مهندسی مکانیک خودرو، دانشکده انقلاب اسلامی تهران. Mr.youssefvand@yahoo.com
۲. دانشجوی مهندسی مکانیک خودرو، دانشکده انقلاب اسلامی تهران. mehdi.najafi1999@gmail.com



دسته چهارم: مهندسی مکانیک
مجمع آموزش عالی فنی و مهندسی استهران
Higher Education Complex Engineering Estahsan

چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک، عمران و فناوری های پیشرفته

The 4th National Conference

Mechanical - Civil and Advanced Technology Engineering

۱۸ و ۱۹ مهر ماه مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی استهران



گرفتن اصول و استفاده از کدها و استانداردهای طراحی، بسیار خطرناک و حادثه آفرین می تواند باشد. به طور کلی مخازن CNG مورد استفاده در خودرو را به چهار دسته بندی زیر تقسیم می شود:

الف) مخازن تمام فلزی: این مخازن با استفاده از روش های خاص شکل دهی، به صورت یکپارچه و بدون درز و جوش از فولاد کروم مولیبدن یا فولاد-کربن منگنز تولید می شوند. در مقایسه با انواع دیگر مخازن دارای وزن سنگین تر و قیمت کمتری هستند.

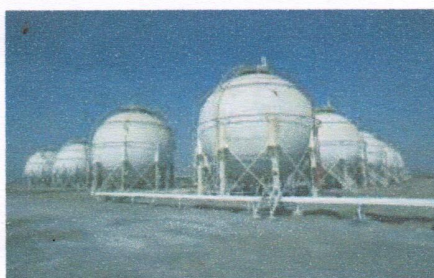
ب) مخازن کامپوزیت: این نوع مخزن دارای یک لایه آستری از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون درز هستند که قسمت استوانه ای این آستری، توسط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آنها که آغشته به رزین است (کامپوزیت) به صورت محیطی مسلح شده است. استفاده از این ساختار کامپوزیتی، سبب کاهش ضخامت قسمت استوانه ای می شود، در نتیجه وزن مخزن نسبت به نوع اول کمتر می شود.

ج) مخازن نوع سوم: این مخازن دارای یک لایه آستری عمدتاً از جنس آلومینیوم بدون درز بوده، که تمام این لایه داخلی مواد کامپوزیتی در جهت محیطی و محوری مسلح شده است. این ساختار کامپوزیتی که به مخزن داده می شود، این توانایی را ایجاد می کند که بتوان از ضخامت قسمت فلزی کاست و در نتیجه مخزن سبک تری را نسبت به مخازن نوع اول و دوم داشت. هم چنین قابلیت تحمل فشار نیز نسبت به انواع دوم افزایش پیدا می کند.

د) مخازن تمام کامپوزیت: این مخازن بسیار شبیه مخازن نوع سوم می باشند و تنها از لحاظ نوع و جنس آسترها دارای تفاوت هستند. آستر این نوع مخازن از جنس پلیمر بدون درز می باشد، که همه ی سطح آن، توسط مواد کامپوزیتی در راستای شعاعی و محوری تقویت شده است. این ساختار تمام کامپوزیت از سبک ترین انواع مخازن CNG می باشد. بطوریکه حتی با سیستم سوخت بنزینی قابل مقایسه می باشند.

برخی از مخازن تحت فشار از کامپوزیت ها تولید شده اند مانند فیبرهای کربن یا توجه به استحکام بالای فیبر کربن در برابر کشش، این نوع مخازن می توانند بسیار سبک باشند اما تولید آنها دشوار می باشد. مخازن تحت فشار برای جلوگیری از خراب شدن، می توانند با پلیمرها یا سرامیک ها محافظت شوند، همچنین، این پوشش خود نیز می تواند میزان بیشتر از فشار را تحمل نماید و نگهدارنده خوبی برای لایه ی اصلی باشد.

دسته بندی مخازن تحت فشار بر اساس شکل به صورت های الف-مخازن استوانه ای: اغلب به صورت یک استوانه ای با دو سر عدسی تولید می شوند. این نوع مخازن رایج ترین نوع مخازن می باشند شکل ۱ مخازن استوانه ای طویل ممکن است عمودی یا افقی باشند. اصولاً نیاز عملیاتی یک برج تعیین کننده نوع افقی یا عمودی بودن آن است. به طور مثال برج ها که نیاز به ثقل، برای جدا کردن فازها دارند به صورت عمودی نصب می شوند. در مخازن ذخیره محل نصب عمدتاً عامل انتخاب می باشد. مخازن کرومی به علت استحکام ذاتی، شکل کرومی این مخازن اصولاً برای فشارهای زیاد استفاده می شوند. مخازن ذخیره بزرگ که تحت فشار متوسط قرار دارند معمولاً شکل کرومی یا شبه کرومی دارند. شکل [1,2].

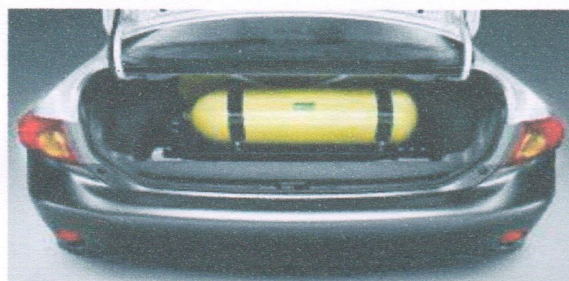


شکل ۲ مخازن کرومی پتروشیمی



شکل ۱ مخازن استوانه ای CNG

دسته بندی مخازن تحت فشار بر اساس ضخامت جداره به دو شکل مخازن جدار نازک (یکی از رایج ترین انواع مخازن می باشند. در این مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر کمتر از ۱۰٪ است) و مخازن جدار ضخیم (در این نوع مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر بیشتر از ۱۰٪ است) مخازن تحت فشار در انواع کاربردهای متنوع، هم در بخش صنعتی و هم در بخش خصوصی استفاده می شود. این مخازن برای نگهداری هوای فشرده و مخازن آب داغ خانگی استفاده می شوند. نمونه های دیگر از کاربرد آن می توان مخازن تحت فشار استوانه غواصی، برج های تقطیر، اتوکلاو، در پالایشگاه های نفت و پتروشیمی، راکتورهای هسته ای، زیردریایی و کشتی فضایی، مخازن پنوماتیکی و هیدرولیکی تحت فشار، مخازن کیسه هوای خودرو و مخازن ذخیره سازی گاز مایع، مانند آمونیاک، کلر، پروپان، بوتان و CNG نام برد. شکل [1,2].



شکل ۳ مخزن CNG در خودرو

راویارا پرداگ و همکاران سه نوع کامپوزیت از جنس اپوکسی گلاس، اپوکسی کربن و اپوکسی آرامید با لایه های مختلف لایه (۱۴، ۱۹ و ۲۵ لایه) و با زاویه ی فیبر ۸۵، ۷۵، ۶۵، ۵۵، ۴۵ درجه را از لحاظ بیشترین تنش و تغییر شکل با هم دیگر مقایسه کرده اند. [3]

شیلدپ و همکاران، مخزن تحت فشار چند لایه ایی طراحی شده برای فشار بالا را مورد بررسی قرار داده اند. آنها مخزن تحت فشار چند لایه که از یک ماده ی همگن و ایزوتروپیک که تحت فشار داخلی قرار دارد را مورد استفاده قرار دادند. آنها همچنین تاثیر لایه ها بر تنش های غشایی رامحاسبه کرده اند، این مطالعات نشان داده است که بکار بردن مخازن چند لایه ی کامپوزیتی، برای استفاده از مخازن تحت فشار بالا بسیار سودمند خواهد بود. [4]

در تحقیق لیو و همکاران در مورد مخازن کامپوزیتی چند لایه تحت فشار سه مخزن با ابعاد مختلف از لحاظ قطر و طول تحت فشار داخلی انتخاب کرده اند. آنها تنش غشایی، تنش محیطی و فشار بحرانی را برای هر سه مخزن کامپوزیتی تعیین و نتایج حاصل را با هم مقایسه نموده و از روش-های تحلیلی و المان محدود برای تعیین توزیع تنش ها استفاده کردند. از جمله نتایج حاصل در پژوهش آنها، با افزایش ضخامت لایه ها فشار بحرانی شکست کم می شود. با افزایش فشار داخلی درصد تنش شعاعی افزایش می یابد. [5]

۲- تعریف و مدلسازی مساله

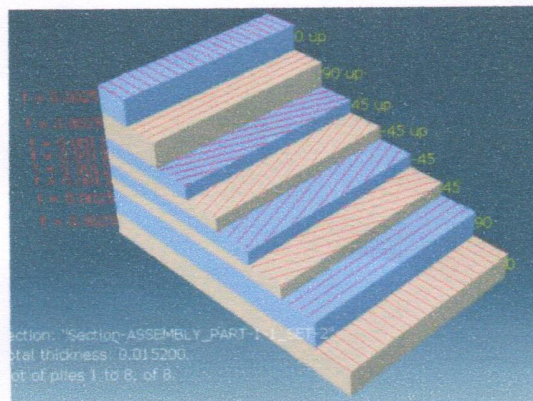
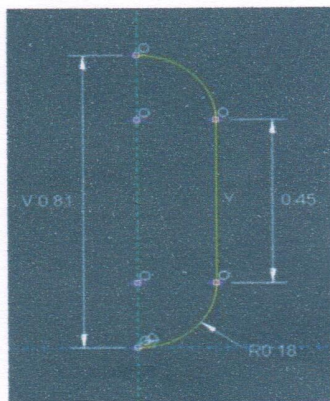
یکی از قطعات سازه های که در هوافضا استفاده فراوان دارد مخزن تحت فشار یا کپسول های گاز هستند. در صنایع خودرو نیز مورد استفاده قرار می گیرند رده های تیپ ۲ و تیپ ۳ در مخازن CNG خودرو دارای لایتر فلزی هستند و با کامپوزیت تقویت می شود اما مخازن تیپ ۴ تماماً از کامپوزیت ساخته می شود و به همین دلیل بسیار سبکتر از مخازن فلزی هستند.

تعیین زاویه الیاف در یک سازه کامپوزیت ای به تنش های وارده به آن سازه وابستگی مستقیم دارد افزایش زاویه (θ) تا یک حد معین سبب بهبود استحکام کامپوزیت در برابر تنش محیطی می شود افزایش بیش از حد آن سبب می شود که مخزن در برابر تنش های طولی دچار گسیختگی شود بنابراین باید زاویه بهینه ای برای پیچش الیاف بدست آوریم. [6,8]

در این پژوهش شعاع مخزن کامپوزیتی ۱۷۸،۵ میلیمتر، طول آن ۸۱۰ میلیمتر و ۶۰ لیتری می باشد. و تحت فشار داخلی ۲۵۰ بار (بیشینه فشار پر شدن قرار می گیرد، که در سه ضخامت ۲۴ و ۱۹،۶ و ۱۵،۲ میلیمتر تحلیل شده است. و از ۸ لایه تشکیل شده است. ۷ میلیمتر از ضخامت دیواره مخزن دارای الیاف در راستای محور طولی مخزن هستند. ۷ میلیمتر از ضخامت دیواره در راستای عرضی، ۵ میلیمتر از ضخامت دیواره دارای الیافی با زاویه (θ) نسبت به محور طولی هستند و ۵ میلیمتر از ضخامت دیواره نیز دارای الیافی با زاویه (θ) نسبت به محور طولی مخزن هستند که با کاهش ۰،۵ میلیمتری ضخامت در لایه طولی و عرضی، ۰،۶ میلیمتری در لایه های زاویه دار ضخامت به ۱۹،۶ و ۱۵،۲ میلیمتر کاهش می یابد. لایه گذاری به صورت متقارن بوده و آن را بصورت (۴۵/۴۵ و ۹۰/۰) نشان میدهند بطوری که لایه های میانی دارای پنج زاویه ی ۴۵-۵۴-۶۰-۶۵-۷۰ متغیر می باشند. شکل ۴ شماتیک قرار گیری لایه ها برای این حالت ۴۵ درجه نشان می دهد هدف از این تحقیق یافتن بهترین لایه چینی و بهترین نوع مخزن از نظر وزن، هزینه از پنج حالت فوق می باشد به طوری که شاخص شکست یا I_p برحسب معیار (Tsai-Hill) کمینه شود. در تحلیل مخزن فلزی نیز، جنس مخزن از فولاد با مدول یانگ ۲۰۰ گیگاپاسکال، ضریب پواسون ۰،۳، فشار ۲۵۰ بار، تنش تسلیم ۶۵۰ مگاپاسکال، چگالی ۷۸۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب و با هندسه مشابه می باشد، که در ۶ ضخامت ۳،۵-۴،۵-۵،۵-۶،۵-۷،۵-۸،۵ تحلیل صورت گرفته است. در تحقیق از نرم افزار اباکوس



ویرایش ۱۷-۶ استفاده شده است. خواص مکانیکی کامپوزیت های مورد استفاده در تحقیق مطابق جدول ۱ می باشد. مدل مخزن های فولادی و کامپوزیتی به همراه نحوه بارگذاری بر روی آنها مطابق شکل ۵ می باشد [9,10].



شکل ۴ شماتیک قرار گیری لایه ها شکل ۵ نحوه مدل سازی و بارگذاری مخزن فلزی و کامپوزیتی

جدول ۱ خواص چند کامپوزیت با زمینه اپوکسی ۶۰ درصد [7]

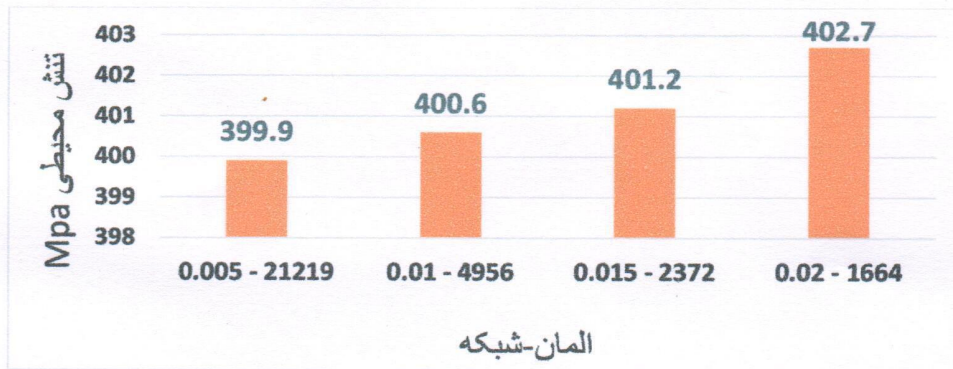
	E Glass-Epoxy	Kevkar49-Epoxy	Carbon-Epoxy
E_1 (Map)	45	76	145
E_2 (Map)	12	5.5	10
G_{12} (Map)	5.5	2.1	4.8
ν_{12}	0.19	0.34	0.25
X_c (Map)	1020	1380	1240
X_t (Map)	-620	-280	-1240
Y_c (Map)	40	30	41
Y_t (Map)	-140	-140	-170
S_{12} (Map)	60	60	80
ρ (Kg/m ³)	2070	1380	1550

۲-۱ راست آزمایی شبکه

یکی از مهمترین قسمت های نرم افزار آباکوس تعریف شبکه بر روی هندسه می باشد. در واقع مهمترین قسمت نرم افزار است قسمتی که مدل هندسی ساده یا پیچیده را برای نرم افزار تبدیل به یک مدل گره و شبکه می کند و مدل هندسی را تبدیل به مدل اجزاء محدود کرده که برای نرم افزار به منظور تحلیل در فرآیندهای پیش رو قابل فهم باشد. برای این منظور مطابق نمودار ۱ شبکه بندی انجام شده و تنش محیطی برای مخزن



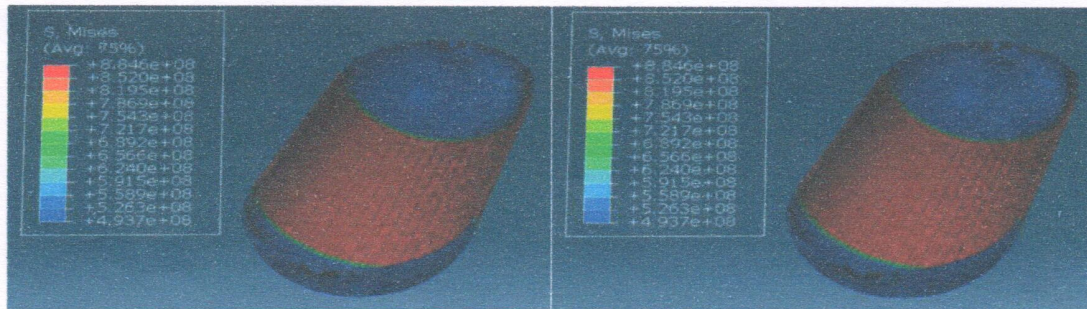
فولادی به ضخامت ۵.۵ میلیمتر بررسی شده است که مطابق نتایج حاصله در شبکه ۰.۰۰۵ اندازه تنش محیطی ثابت می ماند که و به این منظور شبکه به اندازه کافی کوچک شده است و نتایج حاصل دارای دقت کافی و لازم می باشد.



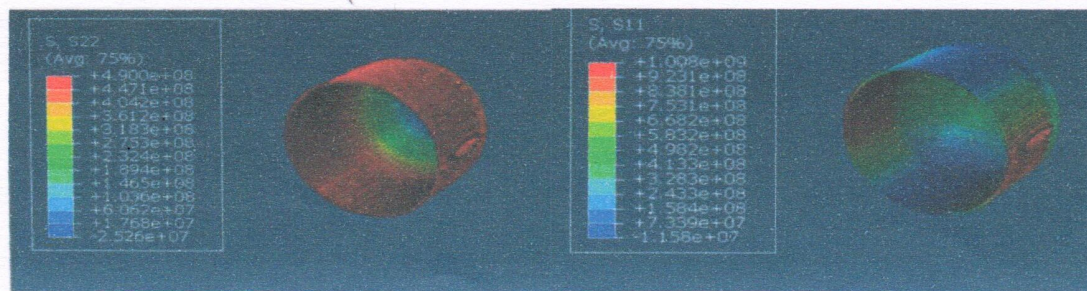
نمودار ۱ نمودار راست آزمایی شبکه مخزن فلزی در ضخامت ۵.۵ میلیمتر

۳- بحث و بررسی نتایج

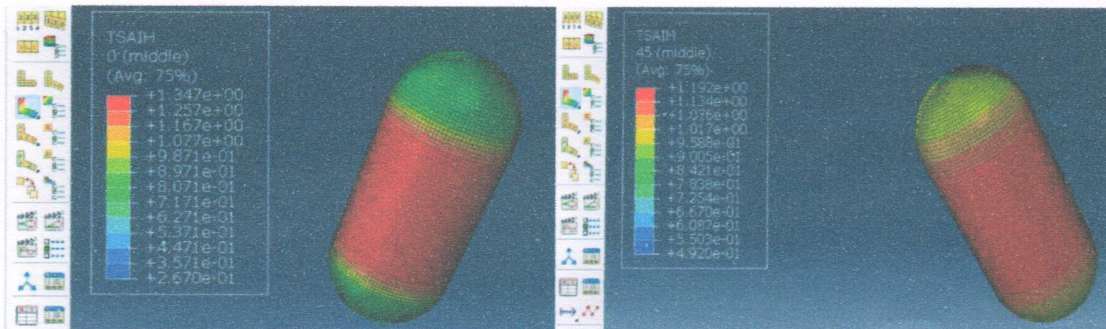
برای بررسی نتایج حاصل از تحلیل این مخزن، کانتورهای تنش ترسکا و تنش وان مایسز محیطی طولی برای مخزن فولادی به ضخامت ۴.۵ میلیمتر و کانتور شاخص گسیختگی لایه ۱،۳ آرامید اپوکسی در ضخامت ۱۵.۲ میلیمتر به عنوان نمونه در شکل ۶، ۷، ۸ و مشاهده می شود



شکل ۶ کانتور تنش ترسکا و وان میسز مخزن فولادی به ضخامت ۴.۵ میلیمتر



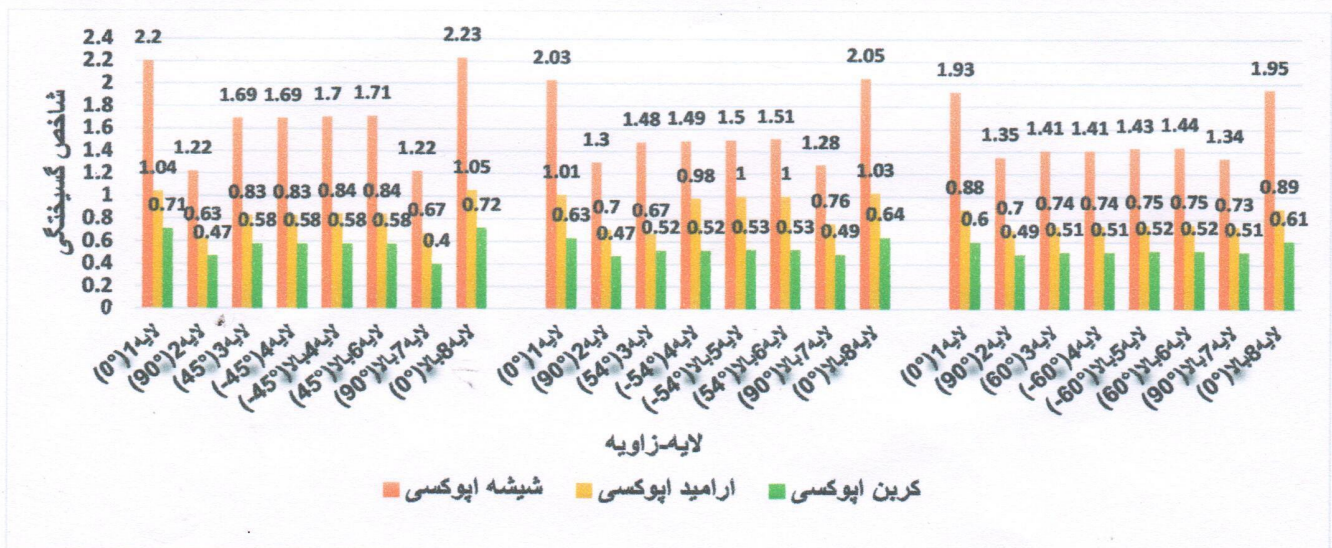
شکل ۷ کانتور تنش محیطی و محوری مخزن فولادی به ضخامت ۴.۵ میلیمتر



شکل ۸ کانتور شاخص گسیختگی لایه ۳، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰ میلیمتر

۳-۱ مشاهده و بررسی نتایج تحلیل مخزن کامپوزیتی ۶۰ لیتری

مشاهده و بررسی نتایج تحلیل مخزن کامپوزیتی در ضخامت ۲۴ میلیمتر



نمودار ۲ نمودار شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۴۵، ۵۴ و ۶۰ درجه در ضخامت ۲۴ میلیمتر



چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک، عمران و فناوری های پیشرفته

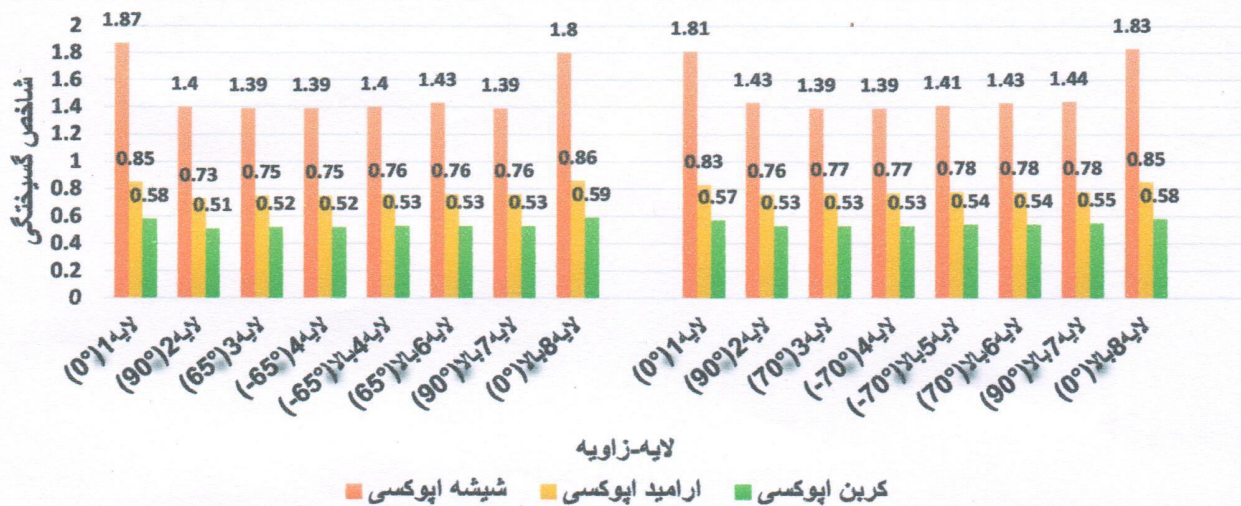
The 4th National Conference

Mechanical - Civil and Advanced Technology Engineering

۱۸ و ۱۹ مهر ماه مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفرااین



انستیتو ملی مهندسی اسفرااین
Higher Education Complex Engineering Isfahan



نمودار ۳ نمودار شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۶۵ و ۷۰ درجه در ضخامت ۲۴ میلیمتر

در ابتدا لازم به ذکر است که در تحلیل مخزن کامپوزیتی از شاخص گسیختگی استفاده شده است به طوری که با توجه به رابطه زیر اگر مقدار عدد بدست آمده کوچک تر از یک باشد مخزن دچار گسیختگی نخواهد شد.

$$I_f = \frac{\sigma_{11}^2}{X^2} - \frac{\sigma_{11}\sigma_{22}}{X^2} + \frac{\sigma_{22}^2}{Y^2} + \frac{\sigma_{12}^2}{S_{12}^2}; \begin{cases} \text{if } \sigma_{11} > 0 \text{ then } X = X_t & \text{if } \sigma_{11} < 0 \text{ then } X = X_c \\ \text{if } \sigma_{22} > 0 \text{ then } X = Y_t & \text{if } \sigma_{22} < 0 \text{ then } X = Y_c \end{cases}$$

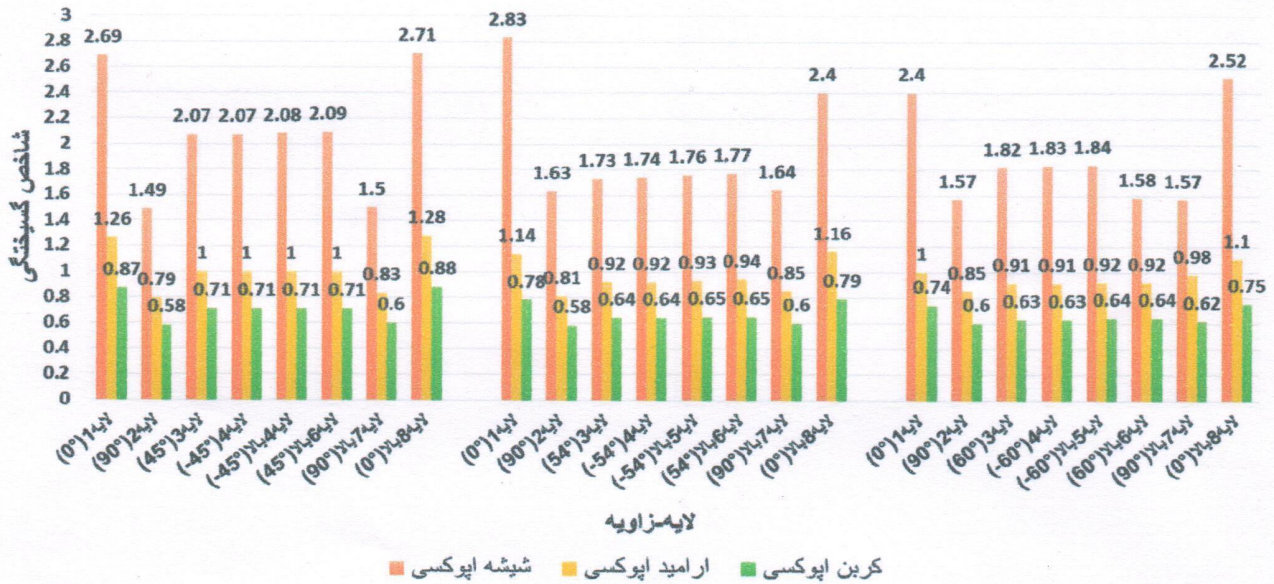
نمودارهای ۲ و ۳ نشان می دهند که با افزایش ضخامت میزان شاخص شکست در مخازن کامپوزیتی کم می شود هر کامپوزیتی با توجه به نوع مواد مورد استفاده برای ساخت آن خواص متفاوتی دارند و شاخص گسیختگی را به میزان خاصی کاهش می دهند نتایج حاصله از مقایسه مخازن با هم در زاویه لایه چینی مختلف بصورت جداگانه از نظر شاخص گسیختگی با یکدیگر مقایسه شده اند.

با توجه به نمودار ۲ مقادیر (I_f) الیاف شیشه در هر هشت لایه با زاویه ۴۵ درجه بیشتر از یک بود که بیشترین مقدار شاخص گسیختگی در لایه ۸ به میزان ۲.۲۳ می باشد. با مشاهده نمودار ۳ می توان دریافت استفاده از الیاف کربن موجب کاهش مقادیر (I_f) به طوری که حداکثر (I_f) در لایه ۸ به میزان ۰.۷۲ و کمترین آن در لایه ۲ به میزان ۰.۴۷ می باشد با تغییر زاویه الیاف از ۴۵ درجه به ۵۴ درجه نسبت به محور مخزن مقادیر (I_f) در الیاف شیشه از ۲.۰۳ به ۲.۰۳ در لایه ۱ کاهش می یابد. همچنین بیشترین و کمترین (I_f) برای مخزن آرامید به ترتیب متعلق به لایه های ۸ و ۳ است علاوه بر این، الیاف کربن دارای کمترین (I_f) در هر هشت لایه بوده و مقدار بیشتر آن ۰.۶۴ در لایه ۸ است. نمودارها بیان کننده این است که با افزایش زاویه الیاف از ۵۴ درجه ۶۵ و ۷۰ در نهایت به ۷۰ مقادیر شاخص همواره برای هر کامپوزیت با شیب تقریباً ثابتی کاهش می یابد. اما این تغییر تاثیر کمی بر الیاف شیشه داشته بطوری که (I_f) الیاف شیشه همواره در زاویه ۷۰ درجه در آستانه گسیختگی قرار دارد و در برابر فشار ۲۵۰ بار مقاوم نمی باشد. مقادیر (I_f) الیاف آرامید و کربن نیز در هر سه زوایای کمتر از یک بوده است.

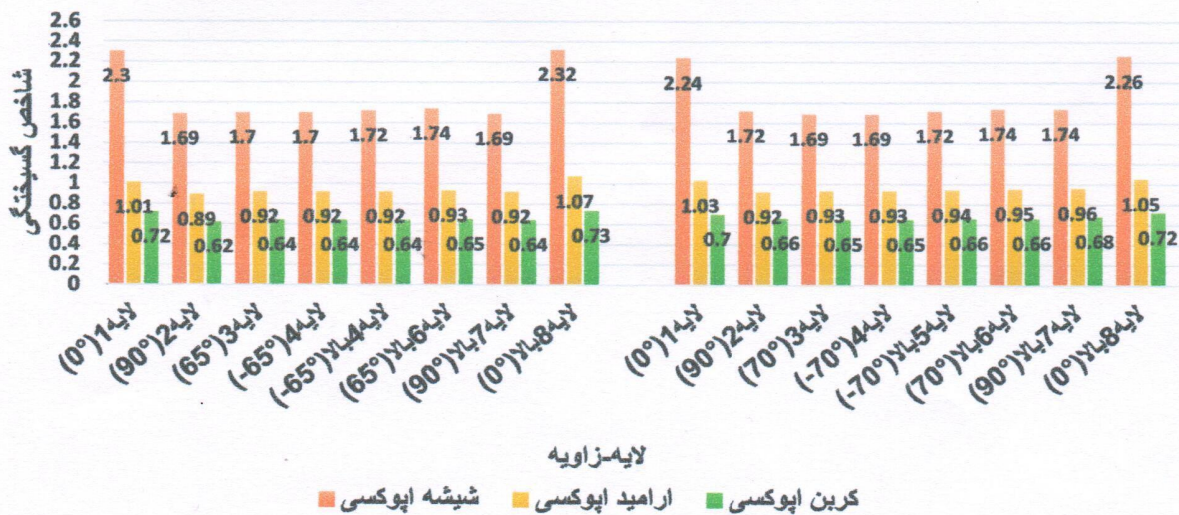
باتحلیل نتایج فوق می توان فهمید که در ضخامت ۲۴ میلیمتر الیاف شیشه در تمامی زاویه ها در آستانه شکست قرار دارد افزون بر این نتایج نشان داد زاویه لایه چینی ایمن آرامید در محدوده ۶۰ تا ۷۰ درجه بوده که با استفاده از کربن محدوده زاویه ایمن از ۴۵ درجه تا ۷۰ درجه می باشد



مشاهده و بررسی نتایج تحلیل مخزن کامپوزیتی در ضخامت ۱۹٫۶ میلیمتر



نمودار ۴ نمودار شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۴۵، ۵۴ و ۶۰ درجه در ضخامت ۱۹٫۶ میلیمتر



نمودار ۵ نمودار شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۶۵ و ۷۰ درجه در ضخامت ۱۹٫۶ میلیمتر

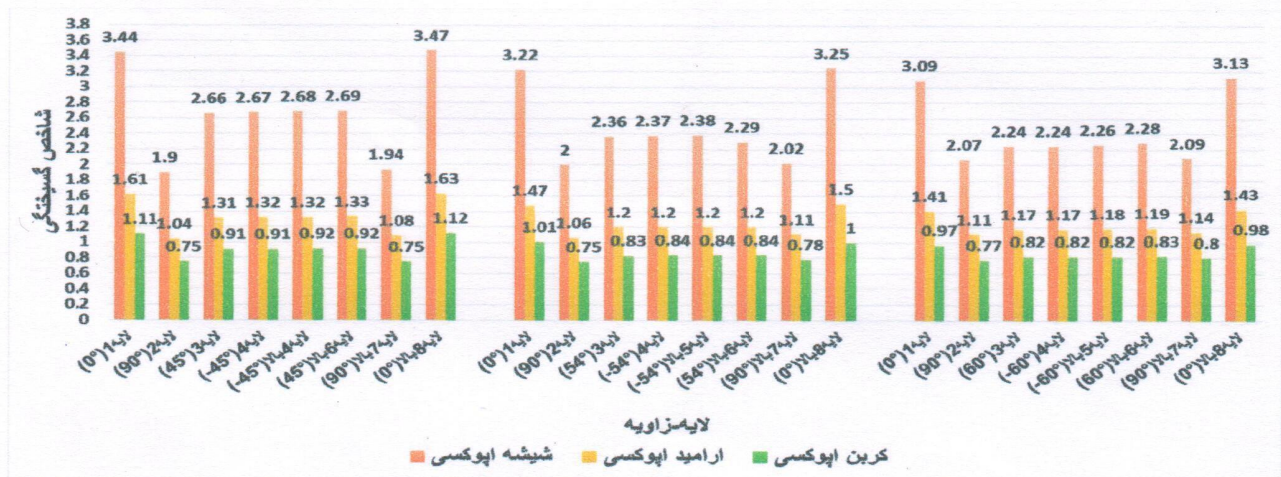
به منظور دست یابی به محدوده زاویه لایه چینی مناسب همراه با کاهش وزن مخزن، ضخامت از ۲۴ به ۱۹٫۶ کاهش داده شد. این کاهش ضخامت با توجه به روابط تنش مخازن تحت فشار سبب افزایش تنش های وارده بر دیواره های مخزن شده، اما در مقابل ضخامت، مزیتی به عنوان کاهش وزن وجود دارد به گونه ای که این کاهش وزن سبب کاهش هزینه نیز خواهد شد.



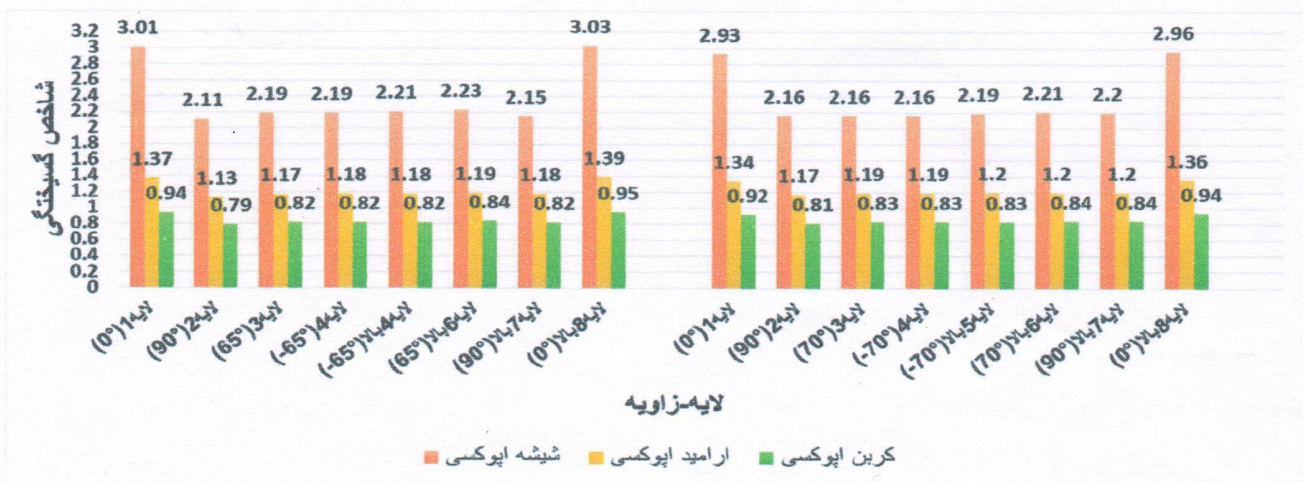
با مشاهده نمودار ۵ و ۴ می توان دریافت که کاهش ضخامت، میزان شاخص شکست را افزایش داده تا جای که شاخص شکست شیشه در زاویه ۴۵ درجه، در لایه ۸ به مقدار ۲،۷۱ رسیده است. که بیشتر از ۲،۵ برابر مقدار مجاز بوده و در مقابل ان I_F آرامید ۱،۲۶ در لایه ۱ می باشد. همچنین مقادیر I_F کربن اپوکسی نیز با کمی افزایش به ۰،۸۸ در لایه ۸ رسیده است. با افزایش زاویه ۴۵ درجه به ۵۴ و ۶۰ و ۷۰ با توجه به نمودار ۵ و ۴ می توان دریافت افزایش زاویه تاثیر چندانی بر شاخص شکست الیاف شیشه نداشته و همچنان هر ۸ لایه مقاومتی در فشار ۲۵۰ بار را ندارند. نتایج تحلیل آرامید نشان می دهد که مقادیر I_F در لایه های ۱ و ۸ بیشتر از یک رسیده که این نشان می دهد لایه های ۱ و ۸ مقاومتی در برابر فشار ۲۵۰ بار را ندارند و بیشترین مقدار شاخص کربن نیز همواره متعلق به لایه ۸ به میزان ۰،۸۸ می باشد که این مطلب گویای مقاوم بودن کربن اپوکسی در تمامی زوایاست.

با مقایسه نتایج بالا می توان به این نتیجه رسید که الیاف شیشه همواره در هر دو ضخامت مقاومتی نداشته و گسیخته خواهد شد و محدوده زاویه ایمن نیز برای لایه چینی الیاف آرامید با کاهش ضخامت از بین می رود به طوری که الیاف کربن همواره در تمام زاویه ها دارای درجه ایمنی بالاتری است.

مشاهده و بررسی نتایج تحلیل مخزن کامپوزیتی در ضخامت ۱۵،۲ میلیمتر



نمودار ۶ نمودار شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۴۵، ۶۰ و ۵۴ درجه در ضخامت ۱۵/۲ میلیمتر

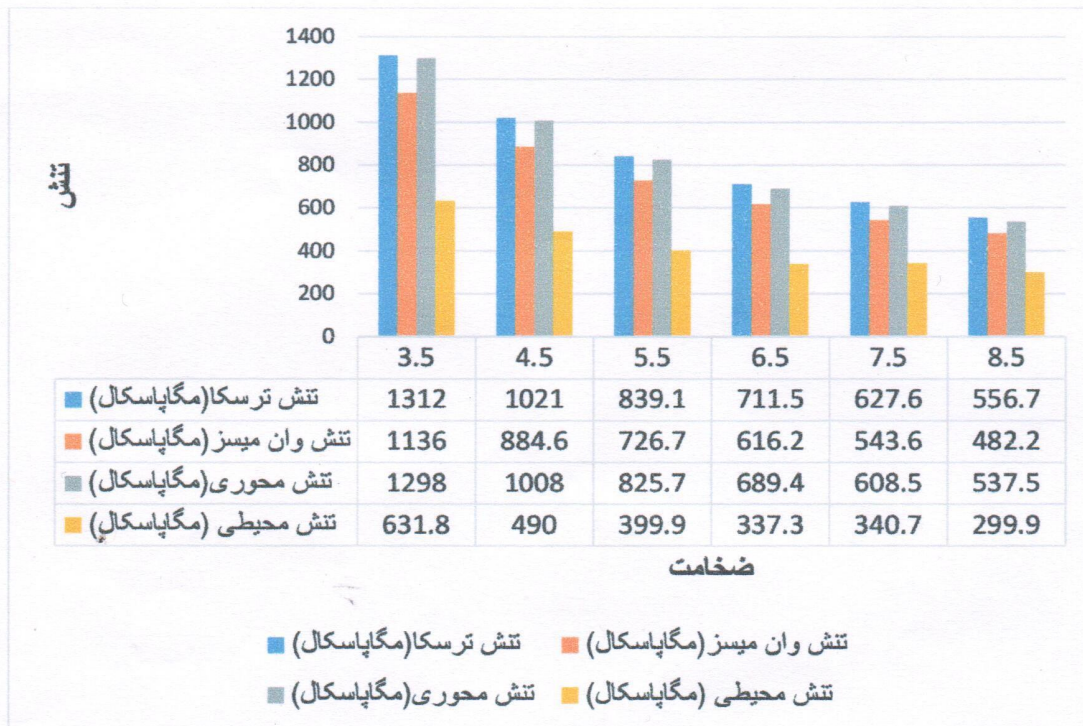




نمودار ۷ شاخص گسیختگی لایه های کامپوزیت تحت زاویه ۶۵ و ۷۰ درجه در ضخامت ۱۵/۲ میلیمتر

باتوجه به نمودار ۶ و ۷ با کاهش ضخامت به ۱۵.۲، I_F هر سه کامپوزیت افزایش یافته اند به طوری که نمودار ۵-۵ نشانگر این است که I_F شیشه در لایه ۱ تقریباً ۳.۵ برابر و آرامید ۱.۵ برابر است، این بدین معنی است الیاف آرامید و شیشه توانایی تحمل و مقاومت در مقابل فشار داخل مخزن را ندارند، به گونه ای که با تغییر زاویه الیاف از ۴۵ به ۵۴ و ۶۰ و ۶۵ و ۷۰ درجه تاثیر کمی در کاهش این مقادیر دارد و همچنین این مقادیر بیشتر از ۱ است. از طرفی مقدار شاخص شکست الیاف کربن در لایه ۸ به ۱.۱۲ رسیده که با تغییر این زوایا مقدار شاخص شکست لایه ۸ و ۱ بیشتر از حد مجاز بوده و در ادامه این زوایا می توان مشاهده کرد که I_F های هر هشت لایه به کمتر از یک کاهش یافته است و محدوده زاویه ایمن لایه چینی بین ۶۰ تا ۷۰ درجه می باشد و الیاف آرامید و شیشه تحت شکست و گسیختگی قرار دارد.

۲-۳ مشاهده و بررسی نتایج تحلیل مخزن فلزی ۶۰ لیتری



نمودار ۸ تنش وان میسز، ترسکا، محیطی، طولی در ضخامت های مختلف

در اثر فشار وارده سیال به سطح داخلی مخزن نیروهایی به سطح مخزن اعمال میشوند این نیروها باعث به وجود آمدن تنش در جداره مخزن می شود. به گونه ای که اگر تنش های وان میسز و ترسکا ایجاد شده کوچک تر از تنش تسلیم فلز باشد مخزن در آن ضخامت دارای ایمنی و مقاومت لازم خواهد بود

تنش های حاصله از تحلیل مخزن فولادی (تنش های محیطی، طولی، وان میسز، ترسکا) بر حسب ضخامت های مختلف جداره مخزن در نمودار ۸ نشان داده شده است. این نمودار نشان می دهد که با افزایش ضخامت میزان تنش کم می شود که در تئوری نیز بر اساس رابطه تنش، میزان تنش با ضخامت رابطه عکس دارد و با افزایش ضخامت مقدار تنش کم می شود و دلیل آن به این صورت است که با افزایش ضخامت سطح افزایش یافته و میزان فشار نیز ثابت می ماند که در این صورت تنش کم می شود. بنابراین با توجه به نمودار و تنش تسلیم فلز استفاده شده (۶۵۰ مگاپاسکال) تنها در ضخامت های ۷.۵ و ۸.۵ تنش وان میسز و ترسکا کمتر از تنش تسلیم فلز می باشد.



۴- نتیجه گیری

هدف از انجام تحقیق حاضر انتخاب بهترین مخزن با توجه به کامپوزیت های در نظر گرفته شده برای مصارف صنعتی می باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در بخش قبل می توان گفت که در ضخامت های کم، تنش در جداره مخازن فولادی بالا بوده و با افزایش ضخامت جداره، میزان تنش در مخازن فولادی کمتر می شود ولی چون با افزایش ضخامت به ۷.۵ و ۸.۵ میلیمتر، وزن مخزن به ترتیب به ۵۴.۲۳ و ۶۱.۳۱ کیلوگرم افزایش می یابد، بنابراین این روش، روشی کارآمد در طراحی و ساخت مخازن استوانه ای نخواهد بود و بنابراین می توان از کامپوزیت ها برای مسلح کردن فولاد استفاده کرد.

با بررسی نمودار های مختلف برای ضخامت ها و زوایای پیچش مختلف مشخص میشود: کربن اپوکسی در هر سه ضخامت و زوایای مختلف دارای ایمنی بالا بوده است. و سبب کاهش تنش در مخازن CNG می شود اما به دلیل استفاده از لایه با ضخامت بالا باعث تحمیل هزینه های اضافی در ساخت و افزایش وزن شده که باید تا حد امکان از افزایش وزن مخزن جلوگیری کرد. هزینه یکی از اصلی ترین فاکتور جهت تولید در صنعت بوده علاوه بر این وزن تاثیر بسزایی در مصرف سوخت و دیگر پارامتر ها دارد و به همین علت باید بهینه ترین ضخامت را در نظر گرفت.

بر اساس نتایج این تحقیق بهترین نوع کامپوزیت کربن اپوکسی با ضخامت ۱۵.۲ میلیمتر در محدوده زاویه ۶۰ - ۷۰ درجه است که دارای وزن ۲۲.۶۳ کیلوگرم می باشد، که بهترین عملکرد از نظر ایمنی و وزن را دارد. علاوه بر این در صورتی که هزینه مورد توجه نباشد می توان از کامپوزیت کربن اپوکسی با ضخامت ۱۹.۶ میلیمتر و وزن ۲۹.۶ کیلوگرم، ارامید اپوکسی در محدوده زاویه ۶۰ - ۷۰ درجه با ضخامت ۲۴ میلیمتر و وزن ۳۲.۵۶ کیلوگرم استفاده کرد؛ و اولویت آخر ما کربن اپوکسی با ضخامت ۲۴ میلیمتر و وزن ۳۷ کیلوگرم می باشد.

۵- منابع و ماخذ

- [1] مهدی خزاران. تکنولوژی سوخت رسانی گازی. ۱۳۹۴
- [2] مخازن CNG مخصوص نصب بر روی خودرو، بروشور سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۱.
- [3] Rao, yarrapragada K.S.S., R, Krishna Mohan., B, Vijay Kiran., "Composite Pressure Vessels", International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume: 01, pp. 23191163, 2012.
- [4] Shildip, D., Urade., D.V, Bhope., S.D, Khamankar." Stress Analysis of Multilayer Pressure Vessel", International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), Volume 2, Issue9, September 2014.
- [5] P.F, Liu., L.J, Xing., J. Y, Zheng., "Failure analysis of carbon fiber/epoxy composite cylindrical laminates using explicit finite element method, Composites: part B 56, pp. 54-61, 2014
- [6] امیدباوی، منوچهر صالحی، نوید باوی، مکانیک مواد مرکب. چاپ اول. ۱۳۸۹
- [7] MC Graw-Hill. Handbook of plastics and elastomers and composite. 2002
- [8] Timothy G. Godows shy, John wiley. Advance composite manufacturing. 1997
- [9] Abaqus analysis users manual. section 19.2.1. v 10.2017
- [10] Abaqus analysis users manual. section 19.2.3. v 10.2017