چکیده

هدف از انجام این پایان نامه طراحی از پایه یا طراحی متناسب با خواسته‌های اولیه از یک مخزن خاص می‌باشد. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی برروی مخازن کامپوزیتی صورت گرفته و مقالات بسیاری در این راستا منتشر شده است. اما این مقالات اکثرا بدون دید کلی طراحی سیستمی و صرفا با دیدگاه بهینه سازی با استفاده از الگوریتم های مختلف به موضوع طراحی پرداخته‌اند. بدین منظور در این تحقیق از روش طراحی اصل محور که به طراح اجازه طراحی با دیدگاه سیستمی و بدون نیاز به استفاده از الگوریتم های بهینه‌سازی را می‌دهد استفاده خواهد شد. این روش نشان داده است که با بکارگیری درست اصول حاکم بر آن محصول نهایی نه تنها بهینه خواهد بود بلکه با هر چه بیشتر نفوذ کردن پروسه طراحی در لایه‌های زیرینِ سلسله مراتب پارامترهای طراحی که ملزومات عملکردی محصول را ممکن می‌سازند و تبین هر چه بیشتر ارتباطات موجود بین این دو فضا محصول نهایی فاقد معضلات طراحی‌های موجود خواهد بود.
در این پایان‌نامه نشان داده شده است که با استفاده از طراحی اصل محور و شکست فضاهای ملزومات عملکردی- پارامترهای طراحی مسئله تنها تا سه سطح چگونه یک محصول موجود که با روش‌های معمول طراحی تولید شده تا ۱۵ درصد از ضخامت کاسته شده و راه حل‌های نوین جهت بهبود بکار برده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: مخزن تحت فشار، طراحی اصل محور، کامپوزیت، بهینه سازی، الگوریتم

فهرست مطالب

چکیده ..... **د**

فهرست جدول‌ها ..... **ز**

فهرست تصویرها ..... **ح**

مقدمه **۱**

تئوری‌ها **۳**

۲-۱ مقدمه ای بر طراحی اصل‌محور ۳

۲-۲ مواد مرکب ۵

۲-۲-۱ مخازن کامپوزیتی تحت فشار ٦

۲-۲-۲ انواع مخازن تحت فشار ۷

۲-۲-۳ انواع مخازن تحت فشار ۸

۲-۳ روابط حاکم بر مخازن کامپوزیتی ۹

۲-۳-۱ روابط تنش ها روی عدسی های مخزن ۹

۲-۳-۲ روابط تک لایه کامپوزیتی ۱۱

۲-۳-۳ پیچش ژئودوزیک ۱۲

۲-۳-٤ روابط تنش ها برروی سیلندر ۱۳

مرور منابع **۱٤**

۳-۱ تست تجربی ۱٤

۳-۲ مسیر پیچش ۱٥

۳-۳ تحلیل اجزا محدود ۱۷

۳-٤ بهینه سازی ۲۰

۳-٥ شکست ۲۱

۳-٦ تحلیل لاینر مخازن کامپوزیتی ۲٤

۳-۷ تاثیر ضخامت مخزن ۲٤

۸-۳ صورت مسئله ۲۵

طراحی مخزن کامپوزیتی با استفاده از روش طراحی اصل محور ۲۷

٤-۱ طراحی مخزن نوع ٤ به روش طراحی اصل محور ۲۷

٤-۲ محاسبات مربوط به طراحی مخزن ۳۲

مدلسازی و تحلیل نتایج ۳۵

۵-۱ صحت سنجی ۳۵

۵-۲ مدلسازی طراحی انجام شده و نتایج ٤۲

جمع بندی و نتیجه گیری ۵۳

منابع ۵۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱ خواص مواد بکار رفته..... ۲۶
جدول ٤-۱ لایه صفر ماتریس طراحی..... ۲۹
جدول ٤-۲ لایه اول ماتریس طراحی..... ۳۰
جدول ٤-۳ لایه سوم ماتریس طراحی..... ۳۲
جدول ٥-۱ خواص مواد بکار رفته در پژوهش آلکانتر[۲]..... ۳٦
جدول ٥-۲ پارامتر های تعیین شده در بخش قبل..... ٤۲
جدول ٥-۳ خواص مواد بکار رفته..... ٤۳
جدول ٦-۱ مقایسه نتایج پژوهش های آلکانتر و زو با این پژوهش..... ٥۳

فهرست تصویرها

شکل ۲-۱ دامنه های طراحی اصل محور _____ ٤

شکل ۲-۲ مخزن محصول شرکت Stealheadcomposit _____ ۸

شکل ۲-۳ هندسه عدسی ابتدایی و انتهایی مخزن _____ ۹

شکل ۲-٤ تعادل نیرو ها در یک المان پوسته روی عدسی _____ ۹

شکل ۲-۵ تعادل نیروها در راستای z در یک المان پوسته روی عدسی _____ ۱۰

شکل ۳-۱ تحمل فشار داخلی با افزایش ضخامت جداره($b/a = r_{ext}/r_{int}$) _____ ۲۵

شکل ۳-۲ شماتیک مخزن مورد بررسی _____ ۲٦

شکل ٤-۱ نمایی از مخزن کامپوزیتی _____ ۲۸

شکل ٤-۲ پروفیل مخزن با توجه به داده های اولیه _____ ۳۳

شکل ۵-۱ شماتیک پارامتر های مخزن مورد بررسی _____ ۳۵

شکل ۵-۲ فلنج و لاینر مدل شده _____ ۳۷

شکل ۵-۳ نمای کلی از مخزن مدل شده _____ ۳۷

شکل ۵-٤ نمای مش‌زده از قسمتی از مخزن _____ ۳۸

شکل ۵-۵ نمایی از بارهای وارده و شرایط مرزی مخزن _____ ۳۹

شکل ۵-٦ کانتور تنش در راستای فیبر در فشار ۷۰ مگاپاسکال _____ ٤۰

شکل ۵-۷ تنش وارده به فیبر در امتداد راستای فیبر تحت فشار ۷۰ مگاپاسکال _____ ٤۱

شکل ۵-۸ تنش وارده به لایه‌های مختلف در جهت طولی الیاف در پژوهش آلکانتر[۲] _____ ٤۱

شکل ۵-۹ مخزن مدل شده متشکل از فلنج، لاینر و بخش کامپوزیتی _____ ٤٤

شکل ۵-۱۰ تنش وارده در جهت الیاف طبق لایه‌چینی مذکور _____ ٤۵

شکل ۵-۱۱ تنش وارده در جهت الیاف طبق لایه‌چینی مذکور _____ ٤۵

شکل ۵-۱۲ تنش وارده در جهت الیاف طبق لایه‌چینی مذکور _____ ٤٦

شکل ۵-۱۳ طرح اولیه قسمت کامپوزیتی مخزن همراه وصله ها _____ ٤۷

شکل ۵-۱٤ نمای مخزن، همراه با لاینر و فلنج فلزی _____ ٤۷

شکل ۵-۱۵ تنش وارده در جهت الیاف به همراه وصله کامپوزیتی $\mathbf{30}\pm$ درجه _____ ٤۸

شکل ۵-۱٦ تنش وارده در جهت الیاف به همراه وصله کامپوزیتی $\mathbf{60}\pm$ درجه _____ ٤۸

شکل ۵-۱۷ تنش وارده در جهت الیاف به همراه وصله کامپوزیتی **45±** درجه _____ ٤٩
شکل ۵-۱۸ تنش وارده در جهت الیاف به همراه وصله کامپوزیتی **45±** درجه _____ ۵۰
شکل ۵-۱۹ کانتور تنش های وارده در جهت الیاف به مخزن طراحی شده تحت فشار ١٤٥ مگاپاسکال
_____ ۵۱
شکل ۵-۲۰ کانتور تنش های وارده در جهت الیاف به مخزن طراحی شده تحت فشار ۷۰ مگاپاسکال ۵۱

مقدمه

یکی از مواردی که به کمک آن می‌توان از مزایای مواد مرکب از جمله سختی و استحکام ویژه‌ی بالا استفاده نمود، طراحی مخازن تحت فشار است. استفاده از کامپوزیت‌ها، عملکرد مخزن را بهبود می بخشد و باعث صرفه جویی قابل توجهی در مواد به کار رفته می‌شود. علاوه بر این، مخازن کامپوزیتی مزیت قابل توجهی را به خصوص در ذخیره‌ی سیالات پرخطر در صنایع شیمیایی نسبت به مخازن فولادی از دیدگاه مقاومت در برابر خوردگی ارائه می دهد. به عنوان مثال یک مخزن گاز طبیعی فشرده از جنس کامپوزیت کربن/ اپوکسی، حدوداً ٦٠ درصد از مخزن آلومینیومی با ابعاد هندسی و شرایط کاری مشابه، سبک‌تر است.

هدف از انجام این پایان نامه طراحی یک مخزن متناسب با خواسته های اولیه می‌باشد بنحوی که بدون استفاده از الگوریتم های بهینه سازی و با دید طراحی سیستمی و کمک از طراحی اصل محور، مخزنی بهینه طراحی شود.از میان فعالیتهای زیادی که در زمینه طراحی مخازن تحت فشار کامپوزیتی صورت گرفته و نتایج خوبی هم ارائه داده کاریست که زو[1] و همکارانش [۱] برروی بهینه‌سازی ضخامت لایه‌های کامپوزیتی جداره مخزن و همچنین زاویه پیچش انجام داده‌اند. از مهمترین نتایجی که در این پژوهش بدان دست یافته شده موضوع زاویه پیچش بهینه است. با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی علیرغم یافته های بسیاری از محققان دیگر مبنی بر این که زاویه بهینه پیچش در مخزن ٥٤ درجه می باشد، این تحقیق نشان داده که هر چه زاویه پیچش کمتر باشد، وزن مخزن کمتر و مخزن بهینه خواهد بود. آلکانتر[2] [۲]، به بهینه سازی وزنی مخزن نوع ۳ با فشار عملیاتی ۷۰۰ بار پرداخت و در متدولوژی جدید خود توانست ۳ درصد وزن این نوع مخزن را که قبل از آن توسط زو مدل شده بود، بهبود بخشد و با تغییر پارامتر هایی چون ضخامت زاویه غیر ۹۰ درجه و زاویه ۹۰ درجه و ثابت ماندن بقیه پارامتر ها به وسیله الگوریتم ژنتیک این مخزن را بهینه کند.همچنین رامیرز[3] و همکارانش [۳]علاوه بر مدلسازی فشار ترکیدگی در مخازن تحت فشار کامپوزیتی نوع IV با فشار داخلی ۷۰ MPa در نرم افزار آباکوس با استفاده از افزونه (WCM)به روش تجربی نیز این فشار را بدست آوردند و به مقایسه نتایج تنشی و جابجایی

[1] Xu

[2] Alcantar

[3] Ramirez

حاصل از شبیه‌سازی و روش تجربی پرداختند. لذا در تحقیق حاضر سعی شده است تا با استفاده از داده‌های اولیه زو [۱]و نتایج این دو تحقیق کار بازطراحی مخزن با استفاده از روش طراحی اصل‌محور انجام و نتایج حاصل مورد مقایسه قرار گیرند.

به طور خلاصه در روش سیستماتیک طراحی اصل محور، طراح نیاز های مورد نظر مشتری را به زبان طراحی ترجمه (فضای ملزومات عملکردی) و سپس هر کدام از این نیاز ها را طوری به یک یا چند پارامتر طراحی (در فضای پارامترهای طراحی) مرتبط می‌کند که تنها یکی از این پارامترها مجهول باقی بماند . در پروسه طراحی نیاز هایی که باید براورده شوند (ملزومات عملکردی) را با ماتریس "FR"، پارامتر های طراحی را با ماتریس "DP" و رابطه بین این دو ماتریس (ماتریس طراحی) را با ماتریس "A" نشان می دهند:

$$\{FR\} = [A]\ \{DP\}$$

ماتریس طراحی که یک ماتریس مربعی می باشد، در صورتی که یک ماتریس بالا مثلثی، پایین مثلثی (دکوپل) یا قطری (ناکوپل) نباشد باعث بروز کوپلینگ در طرح شده و هر نوع طرحی که دارای کوپلینگ باشد از نظر این متد غیر قابل قبول است. بدین ترتیب هر ملزوم عملکردی، به یک پارامتر طراحی یا چند پارامتری که تنها یکی از آنها مجهول می باشد وابسته می شود.

در پژوهش حاضر با توجه به ماتریس طراحی و روابط حاکم در مخازن کامپوزیتی، پارامتر های طراحی محاسبه می شوند و در نهایت با توجه به نحوه مدلسازی رامیرز[۳]، مخزن مورد نظر مدلسازی شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد.آنچه در این پژوهش انجام شده، بررسی فلسفه طراحی این نوع مخازن و بهبود آن می باشد. همچنین از نتایج حاصل از این پژوهش می توان به اصلاح ۱۵ درصدی ضخامت کلی مخزن اشاره کرد.

تئوری‌ها

در این فصل به مقدمه ای در رابطه با مخازن کامپوزیتی، روش طراحی اصل محور و در ادامه به روابط حاکم بر مخازن کامپوزیتی پرداخته خواهد شد.

۲-۱ مقدمه ای بر طراحی اصل‌محور

طراحی اصل‌محور[۱] یکی از روش های طراحی مناسب در طراحی صنعتی است. این روش که برای نخستین بار توسط پروفسور سوئه[۲] در دانشگاه ام آی تی مطرح شد، در واقع یک چارچوب کلی محسوب می‌شود تا یک روش طراحی. با توجه به کلمه " چارچوب "مطرح شده این تئوری در تمام فعالیت‌های مربوط به یک طراحی میتواند اعمال شود.

به طور خلاصه در این روش طراح نیاز های مورد نظر خود را طوری می سازد که هر کدام از این نیاز ها به یک پارامتر طراحی یا چند پارامتری که تنها یکی از آنها مجهول می باشد وابسته باشد. در طراحی اصل محور چهار دامنه وجود دارد (شکل ۲-۱):

۱ . دامنه نیازهای مشتری: دامنه نیازهای مشتری با نیازهایی که مشتری در یک محصول، سیستم و یا ماده به دنبال حل آن است، مشخص می‌شود و آن را با CA_s نشان می‌دهند.

۲ . دامنه عملکردی: خواسته‌های مشتری با ترم‌هایی خاص با نام ملزومات عملکردی و قیدها بیان می‌شوند و آن را با FR_s[۳] نشان می‌دهند.

۳ . دامنه فیزیکی: شامل پارامترهای طراحی است و با DP_s[٤] مشخص می‌شود.

٤ . دامنه فرایندی: شامل متغیرهای فرایندی است که در واقع تولید محصول با آن صورت می‌گیرد و با PV_s بیان می‌شود.

---

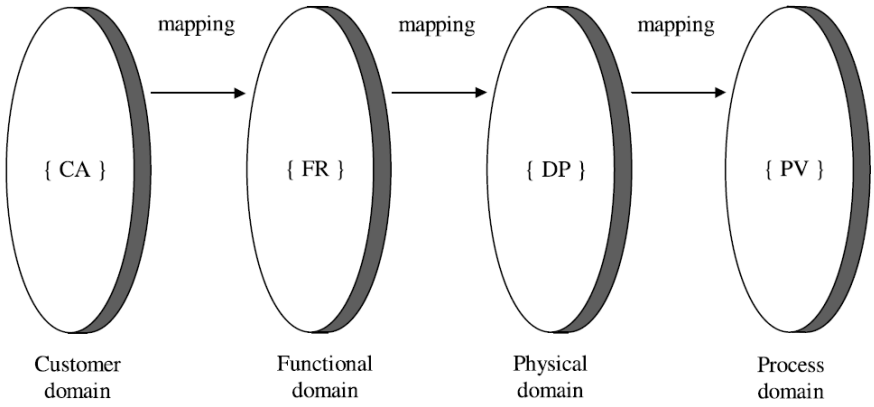
[۱] Axiomatic Design

[۲] Suh

[۳] Functional requirements

[٤] Design Parameters

روند طراحی شامل نگاشت بین‌دامنه‌ای به ترتیب از دامنه شماره یک تا دامنه شماره چهار می‌باشد. فرایند طراحی قابل تکرار است و اگر راه تازه ای به ذهن طراح رسید، میتواند به دامنه های قبلی برگردد و آن را اصلاح کند. ساختار کلی این دامنه ها در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۲-۱ دامنه های طراحی اصل محور

طراحی یک نگاشت است؛ و فرایند نگاشت بین دامنه ها را سوئه بصورت روابط ریاضی در آورده است. در معادله طراحی، FR ها و DPها به کمک بردارهای مشخصه تعریف می گردند و رابطه بین این دو، «ماتریس طراحی » است:

$$\{FR\} = [A]\ \{DP\}$$

به ماتریس [A] ماتریس طراحی گفته می شود که FR را به DP مربوط کرده و محصول طراحی را توصیف می کند. ماتریس طراحی زیر سه FR و سه DP را با یک ماتریس ۳×۳ مرتبط می کند.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

این تئوری از دو اصل کلی تشکیل می‌شود. اصل استقلال و اصل حداقل اطلاعات.

طبق اصل استقلال، ملزومات عملکردی کوچکترین مجموعه از نیازهای عملکردی مستقل هستند که باید ارضا گردند تا هدف طراحی بدست آید. اصل استقلال به این موضوع تکیه دارد که اگر تعداد عملکردهای مورد نیاز دو یا بیشتر باشد، طراحی باید به گونه‌ای صورت پذیرد که هر عملکرد مستقل از عملکردهای دیگر حاصل شود. بعبارتی دستیابی به یک عملکرد، عملکرد دیگر را تحت تاثیر قرار ندهد.

برای ارضاء اصل استقلال، ماتریس طراحی باید قطری یا مثلثی باشد. هنگامی که ماتریسی A قطری است، هر عملکرد بطور مستقل می تواند به کمک یک DP برآورده شود. چنین طرحی را طرح ناکویل یا ناهمگیر می گویند.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix}$$

هنگامی که ماتریس طراحی مثلثی است، استقلال عملکردها تنها در صورتی بدست می آید که پارامترهای طراحی با ترتیب مناسب تعیین گردند. چنین طرحی را طرح دی‌کوپل یا نیم همگیر گویند. هر نوع دیگر از ماتریس طراحی را ماتریس کامل گویند که منجر به طرح کوپل شده یا همگیر می گردد. بنابراین هرگاه الزام به رعایت چند عملکرد باشد، باید بدنبال طرحی گشت که ماتریس طراحی آن قطری یا حداقل مثلثی باشد.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

همچنین در رابطه با اصل حداقل اطلاعات بدین صورت بحث می شود که چگونه می توان بهترین طرح را از میان طرح های موجود انتخاب کرد. حتی برای یک ملزوم عملکردی یکسان، طرح های مختلفی را می توان ارایه نمود که منظور طراحی را برآورده ساخته و در عین حال اصل استقلال را نیز رعایت کنند اما تنها یکی از آنها از اصل حداقل اطلاعات پیروی می‌کند.

طراحی اصل محور در صورت اجرای درست نگاشتها و رعایت اصول یادشده می‌تواند نتایج بسیار شگفت‌انگیزی تولید نماید چراکه بسیاری از نیازهای عملکردی می توانند به طور سیستماتیک پاسخ داده شوند.

۲-۲ مواد مرکب

یک ماده‌ی مرکب بیانگر ترکیب حداقل دو ماده‌ی متفاوت در مقیاس ماکروسکوپی جهت حصول ماده‌ای جدید می‌باشد. مقیاس ماکروسکوپی بدین معنی است که هر کدام از مواد تشکیل دهنده‌ی کامپوزیت را پس از ترکیب می توان با چشم غیر مسلح مشاهده نمود. مواد مختلف می‌توانند در مقیاس میکروسکوپی نیز با یکدیگر ترکیب شوند. مثلا آلیاژهای فلزات که نتیجه‌ی این ترکیب می باشند، در مقیاس ماکروسکوپی هموژن بوده و بنابراین مواد اولیه را در ماده‌ی جدید نمی‌توان با چشم غیرمسلح دید.

امروزه کامپوزیت‌ها در انواع سازه‌های مهندسی شامل صنایع هوافضا، خودرو، قایق، وسایل ورزشی، پل و ساختمان در حجم وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد وسیع مواد مرکب در صنایع، متأثر از بزرگی نسبت مقاومت به وزن و سختی به وزن این مواد است. امکان افزایش این مشخصه‌ها با استفاده از به کارگیری تکنولوژی‌های روز و روش های ساخت متنوع، دامنه‌ی استفاده از این مواد را روزافزون کرده است.

۱-۲-۲ مخازن کامپوزیتی تحت فشار

یکی از مواردی که به کمک آن می‌توان از مزایای مواد کامپوزیت از جمله سختی و استحکام ویژه‌ی بالا استفاده نمود، طراحی مخازن تحت فشار است. استفاده از کامپوزیت‌ها، عملکرد مخزن را بهبود می‌بخشد و باعث صرفه جویی قابل توجهی در مواد به کار رفته می‌شود. علاوه بر این، مخازن کامپوزیتی مزیت قابل توجهی را به خصوص در ذخیره‌ی مایعات پرخطر در صنایع شیمیایی نسبت به مخازن فولادی ارائه می‌دهد. یک مخزن گاز طبیعی فشرده از جنس کامپوزیت کربن/ اپوکسی، حدوداً ٦٠ درصد از مخزن آلومینیومی با ابعاد هندسی و شرایط کاری مشابه، سبک‌تر است. همچنین برای خودروهای مسافربری، مخازن کامپوزیتی ذخیره‌ی سوخت، در شرایط غیرایمن مثل ترکیدن رفتار بسیار ایمن‌تری نسبت به مخزن فلزی از خود نشان می‌دهند. مخازن تحت فشار کامپوزیتی، عموما با استفاده از الیاف بلند و پیوسته به روش پیچش الیاف (Filament Winding) ساخته می‌شوند. این تکنولوژی در ابتدا برای به کارگیری در صنایع نظامی مورد استفاده قرار گرفت اما به زودی جای خود را در میان صنایع دیگر نیز باز نمود. برای مثال مخازن تحت فشار که تا پیش از این به صورت تمام فلزی ساخته می شدند، با پیشرفت این تکنولوژی و نیز مزایای اختصاصی کامپوزیت ها در مقابل فلزات، به صورت تمام کامپوزیتی به روش پیچش الیاف تولید شدند. این مخازن امروزه به طور گسترده در صنایع هوافضا برای مخزن سوخت فضاپیماها، در صنایع پتروشیمی به عنوان مخازن نگهداری و انتقال مواد شیمیایی، در حمل‌ونقل شهری به عنوان مخزن نگهداری سوخت خودروها و اتوبوس‌ها و یا به عنوان مخزن ذخیره‌ی گاز طبیعی فشرده (CNG) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همان طور که اشاره شد، یکی از پتانسیل‌های گسترده‌ی استفاده از مخازن تحت فشار کامپوزیتی، صنایع خودروسازی می‌باشد. از آنجایی که امروزه ضرورت کاهش آلودگی هوا از یک طرف و کمبود منابع سوخت های فسیلی از سوی دیگر، به طور جدی در جوامع مختلف مطرح می‌باشد، تلاش برای یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی در خودروها رو به افزایش می‌باشد. در ارتباط با این مسئله، مهندسان درصدد استفاده از گاز طبیعی فشرده شده و یا گاز هیدروژن به عنوان یک جایگزین مناسب

برای سوخت های فسیلی می‌باشند. البته ذخایر هیدروژن برای چنین استفاده هایی هنوز نیازمند اصلاح و بهبود می باشند، اما می توان گفت تمامی این منابع برای چنین بهره برداری هایی تا ۱۰ سال آینده در دسترس خواهند بود.

در سال‌های اخیر هیدروژن به عنوان یک منبع انرژی سازگار با محیط زیست با منابع زیاد، در صنایع حمل و نقل مورد توجه واقع شده و نحوه ذخیره آن تحت بررسی دقیق، قرار گرفته است. در واقع با سوختن هیدروژن، آب به عنوان محصول جانبی و مقدار بسیار کمی ترکیبات نیتروژنی تولید می‌گردد. وسایل نقلیه با سوخت هیدروژنی، ویژگی‌هایی از خود نشان می‌دهند که آنها را به عنوان نامزد اصلی برای جایگزینی با وسایل نقلی‌های با سوخت پایه نفتی امروزی، تبدیل می‌کند. از تکنولوژی‌های مختلفی برای ذخیره‌سازی سوخت هیدروژن استفاده می‌شود که گاز هیدروژن متراکم نسبت به سایر روش های ذخیره سازی در میزان انرژی مصرفی بهینه است. امروزه برای ذخیره‌سازی هیدروژن به منظور استفاده از آن به عنوان سلول‌های سوختی در وسایل نقلیه از مخازن تحت فشار استفاده می‌شود.

۲-۲-۲ انواع مخازن تحت فشار

مخازن تحت فشار از نظر جنس، به چهار نوع تقسیم می‌شوند:

۱) نوع I :تمام فلزی

۲) نوع II :لاینر فلزی تقویت شده با کامپوزیت در قسمت استوانه به صورت حلقوی

۳) نوع III :لاینر فلزی تقویت شده با کامپوزیت

٤) نوع IV :لاینر پلیمری تقویت شده با کامپوزیت

به منظور افزایش کارایی این مخازن برای استفاده بر روی وسایل نقلیه، از آنها در فشارهای بالا ۳۵ MPa و تا ۷۰ MPa استفاده می‌شود. کامپوزیت‌های الیاف کربن/اپوکسی بیش از پیش به منظور توسعه مخازن ذخیره‌سازی هیدروژن تحت فشار سبک در حوزه سلول سوخت هیدروژن خودرو، به دلیل مزایای زیادی چون نسبت استحکام به وزن بالا و خستگی خوب مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۳-۲-۲ انواع مخازن تحت فشار

نمونه‌ای از محصولات شرکت Stealheadcomposit که در این پایان‌نامه مورد توجه می‌باشد:

- مخزن نوع سوم (لاینر فلزی)
- تحمل فشار عملیاتی معادل ۳٤٥ بار
- فشار ترکیدگی ۱۰۰۰ بار
- قطر پورت ورودی مخزن به اندازه ۲ اینچ
- نشت گاز قبل از ترکیدگی
- لاینر آلمینیومی، غیرقابل نفوذ و با ساختار یکپارچه
- رشته های کامپوزیتی از جنس کربن
- دارای پایه نگه دارنده
- قابلیت انتقال گرمای مناسب به دلیل استفاده از لاینر آلمینیومی هنگام پرشدگی سریع
- مقاوم در برابر خوردگی (مانند استیل زنگ نمی زند)

شکل ۲-۲ نمونه مخزن ساخته شده شرکت Stealheadcomposit را نشان می‌دهد.

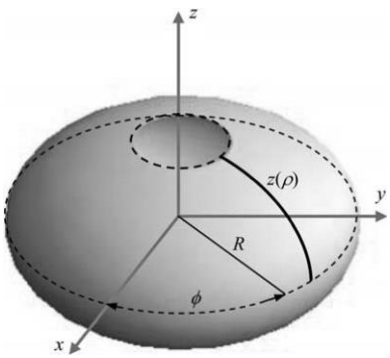
شکل ۲-۲ مخزن محصول شرکت Stealheadcomposit

۲-۳ روابط حاکم بر مخازن کامپوزیتی

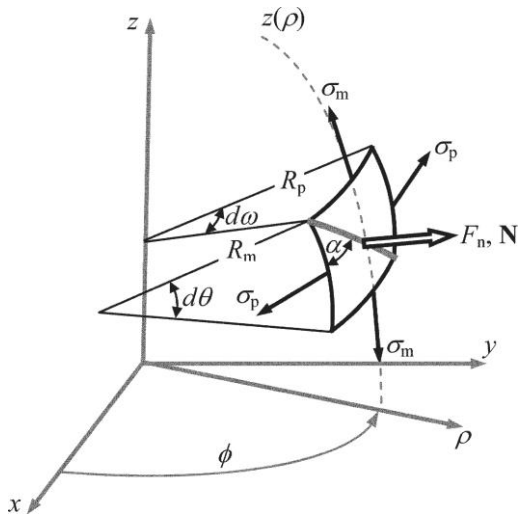
پروفیل کناری یک مخزن می‌تواند به شکل خط صاف یا یک منحنی باشد. همچنین سطح مقطع بهینه مخزن به دلیل فاصله مساوی تا محور تقارن مخزن، دایره می‌باشد. بدین ترتیب، یک مخزن می‌تواند از یک بخش سیلندری و یک بخش عدسی تشکیل شود. در ادامه به بررسی روابط هر یک از این بخش‌ها پرداخته خواهد شد.

۲-۳-۱ روابط تنش ها روی عدسی های مخزن

شکل ۲-۳ هندسه عدسی ابتدایی و انتهایی مخزن را نشان می دهد و شکل ۲-۴ تعادل نیروها در یک المان پوسته روی عدسی را نشان می دهد.



شکل ۲-۳ هندسه عدسی ابتدایی و انتهایی مخزن



شکل ۲-٤ تعادل نیرو ها در یک المان پوسته روی عدسی