https://autolibrary.ir

مبحث ۱۱

مخازن CNG

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

شناسنامه جزوه

عنوان بحث : مخازن CNG

تهیه و تدوین: مهندس اسماعیلی، مهندس سیدکاشی

برگزار کننده دوره : شرکت فرامه بین‌الملل، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور

ویرایش: اول، تیر ماه ۱۳۸۵

تعداد صفحات : ٦٥ صفحه

تیراژ : ۳۵ نسخه

نوبت چاپ : اول

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

فهرست مندرجات

۱- مقدمه ۶

۲- استانداردهای جهانی و ملی ۹

۲-۱ استاندارد ISO ۱۱

۲-۲ تعدادی از استانداردهای مخازن CNG ۱۲

۲-۲-۱ استاندارد ISO/FDIS/11439 (CNG4) ۱۲

۲-۲-۲ استانداردهای رایج در ایالات متحده ۱۳

۲-۳ استاندارد ملی ایران ۱۴

۳- تعیین مخزن با توجه به نوع خودرو ۱۵

۴- انواع مخازن CNG ۱۸

۴-۱ مخازن نوع اول CNG-I ۱۸

۴-۲ مخازن نوع دوم CNG-II ۱۹

۴-۳ مخازن نوع سوم CNG-III ۱۹

۴-۴ مخازن نوع چهارم CNG-IV ۲۰

۵- مقایسهٔ انواع مخازن ۲۱

۶- پارامترهای اساسی در انتخاب مخازن CNG ۲۳

۶-۱ نسبت وزن به حجم معادل آب (Kg/ Lit.) ۲۳

۶-۲ قیمت به حجم (قیمت ویژه مخزن)($/ Lit.) ۲۳

۶-۳ ضریب ریسک یا ضریب مقاومت مخزن ۲۳

۷- فناوری ساخت مخازن CNG ۲۴

۷-۱ تولید مخازن نوع اول ۲۴

۷-۱-۱ روش‌های تولید بدنه استوانه شکل فلزی ۲۵

۷-۱-۲ فرآیند حدیده‌کاری غلتکی (Flow Forming) ۳۱

۷-۱-۳ فرآیند شکل‌دادن برشی (Spinning) ۳۲

۷-۱-۴ فرآیند تولید سیلندر از پوکه فلزی ۳۳

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۷-۱-۵ مقایسه مزایای روش‌های تولید سیلندر ۳۶
۷-۱-۶ مقایسه معایب روش‌های تولید سیلندر ۴۰
۷-۲ تولید مخازن نوع دوم ۴۲
۷-۳ تولید مخازن نوع سوم ۴۳
۷-۴ تولید مخازن نوع چهارم ۴۵
۸- شرایط کاری مخازن ۴۷
۸-۱ عمر کاری ۴۷
۸-۲ حداکثر فشارها ۴۷
۸-۳ حداکثر تعداد چرخه پرکردن مخزن ۴۸
۸-۴ محدوده دما ۴۸
۸-۴-۱ دمای گاز ۴۸
۸-۴-۲ دمای مخزن ۴۸
۸-۵ ترکیب گاز ۴۹
۸-۵-۱ گاز خشک ۴۹
۸-۵-۲ گاز مرطوب ۴۹
۸-۶ سطوح خارجی ۵۰
۹- ترکیب فولاد ۵۱
۱۰- فن‌آوری‌های جدید در مخازن CNG ۵۲
۱۰-۱ سیستم ذخیره‌سازی ISS ۵۲
۱۰-۲ مخازن تطابق‌پذیر ۵۳
۱۱- آزمونهای کیفیت سنجی طراحی مخازن CNG ۵۵
۱۱-۱ آزمون ترکیدن هیدرواستاتیک ۵۶
۱۱-۲ آزمون چرخه فشار در دمای محیط ۵۷
۱۱-۳ آزمون قرارگیری در معرض آتش ۵۷
۱۱-۴ آزمون نفوذ گلوله ۵۸
۱۱-۵ آزمون عملکرد وسیله اطمینان تخلیه فشار ۵۸

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۶-۱۱ آزمون نشت پیش از شکست (LBB)..... ۵۹

۱۲- الزامات نشانه گذاری..... ۶۰

۱-۱۲ اطلاعاتی ضروری..... ۶۰

۲-۱۲ اطلاعات تکمیلی ۶۱

۱۳- آماده سازی برای تحویل..... ۶۲

۱۴- دستورالعمل سازنده مخزن در مورد جابجایی، استفاده و بازرسی مخزن ... ۶۲

۱-۱۴ توزیع نسخ دستورالعمل‌ها ۶۲

۲-۱۴ ارجاع به کدها، استانداردها و مقررات ۶۳

۳-۱۴ جابجایی مخزن ۶۳

۴-۱۴ نصب..... ۶۳

۵-۱۴ استفاده از مخزن..... ۶۴

۶-۱۴ بازرسی حین استفاده از مخزن ۶۴

۱۵- نحوه تخلیه مخازن CNG..... ۶۴

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۱- مقدمه

یکی از اساسی ترین اجزای مدار سوخت در خودروهای گاز سوز (CNG)، مخزن ذخیره سوخت گاز طبیعی متراکم است. این مخازن، محفظه‌هائی هستندکه گاز طبیعی را تحت فشار ۲۰۰ آتمسفر برای استفاده به عنوان سوخت، ذخیره میکنند. در خودروهای سواری معمولاً از مخازن فولادی استفاده می شود، این مخازن دارای ابعاد متنوعی می باشد که به نسبت ابعاد و بسته به نوع مصرف خودرو در انواع خودروها، مورد استفاده قرار می گیرد.

این مخازن باید در فرآیندی بدون استفاده از جوش و به صورت بدون درز ساخته شوند. مخزن طی عمر کاری خود بارها پر و خالی می شود و بنابراین بارها تحت تنش و خستگی ناشی از پر و خالی شدن قرار می گیرد. از سوئی، شرایط بحرانی که ممکن است مخزن ذخیره گاز نصب شده بر روی خودرو در طول عمر کاری خود با آنها مواجه شود، این الزام را ایجاب می نماید که مخازن در برابر بالا ترین سطح آزمون قرار گیرند. مخازن ذخیرهٔ گاز تحت فشار بالا، که در حال حاضر برای خودروهای گازسوز کاربرد دارند، نسبت به آنچه که ده سال پیش مورد استفاده واقع می‌شد، به‌طرز قابل‌توجهی تکامل یافته‌اند. در مخازن فعلی، نسبت وزن بر واحد حجم گاز ذخیره‌شده در مقایسه با مخازن اولیه، به بیش از نصف کاهش یافته و مخازن در اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت تولید شده‌اند. البته توسعه و پیشرفت در این راه با کاربرد استانداردهای جدیدISO[1] با سرعت بیشتر قابل پیش‌بینی و انتظار است. این در حالی است که دیگر روش‌های ذخیره‌سازی گاز در مراحل اولیهٔ توسعهٔ خود هستند.

به‌کارگیری گاز طبیعی فشرده به‌عنوان سوخت وسائط نقلیه در مقیاس وسیع در دو دههٔ ۵۰ و ۶۰ میلادی در ایتالیا و روسیه آغاز شد. مخازن اولیه، مخازن فولادی بودند که با مشخصات صنعتی- ملی گوناگون ساخته می‌شدند تا این‌که در اواخر سال ۱۹۷۰ میلادی با وضع مقررات جدید در ایتالیا، مخازن فولادی کم‌وزن به بازار عرضه شدند. در آمریکای شمالی نیز تبدیل سوخت وسائط نقلیه به گاز طبیعی در

[1] - International Organizations for Standardization

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

مقیاس وسیعی، از سال ۱۹۸۰ میلادی به‌بعد آغاز گردید. مخازن سبک‌وزن ساخته‌شده از آستر فلزی پیچیده‌شده با الیاف شیشه‌ای که برای کاربردهای فضایی توسعه یافته بودند، در سال ۱۹۷۷ میلادی به بازارهای صنعتی وارد شدند. در سال ۱۹۸۲ میلادی مخازنی که با آستر آلومینیومی با پیچش محیطی الیاف شیشه ساخته شده بودند در صنعت CNG مورد استفاده قرار گرفتند. سازندگان مخازن فولادی این روند را تا طرح‌های سبک‌وزن‌تر برای CNG با تولید کردن آسترهای فولادی پیچیده‌شده با الیاف شیشه‌ای که در سال ۱۹۸۵ میلادی آغاز شده بود، دنبال کردند. برای این‌که وزن مخزن را برای کاربردهای CNG کاهش دهند، سازندگان بسیاری، طرح‌های کامپوزیتی کاملاً پیچیده‌ای را توسعه دادند و آسترهای فلزی یا پلاستیکی را برای مخزن محتوی گاز به‌کار بردند. در اواخر دهه ۸۰ میلادی کاربردهای عملی مخازن CNG با آسترهای پلاستیکی تقویت شده در سوئد، روسیه و فرانسه شروع شد. به‌دنبال توسعهٔ استانداردهای مخازن گاز طبیعی در آمریکای شمالی، طرح‌هایی با آسترهای نسبتاً نازک آلومینیوم یا آسترهای پلاستیکی تقویت‌شدهٔ کاملاً پیچیده‌شده با پوشش الیاف شیشه و الیاف کربن بعد از سال ۱۹۹۲ میلادی به بازار معرفی شدند. شکل ۱-۱ نمونه‌هایی از این مخازن را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱: نمونه‌هایی از مخازن تولیدشده توسط سازندگان

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

در ایران مخازن تحت فشار در صنایع مختلف از جمله صنایع هسته‌ای، نظامی و ... از دیر باز ساخته می‌شده است ولی بیشتر مخازن مورد استفاده در این صنایع از نوع جوشی می‌باشد و تنها مخازن نگهدارنده اکسیژن، کپسول‌های آتش نشانی از نوع بدون درز می‌باشد که تاکنون از خارج تهیه می‌شده است البته فرایندهای مشابه ساخت و شکل دهی مخازن CNG در صنایع نظامی بمنظور ساخت پوسته خمپاره و ادوات نظامی وجود دارد ولی با توجه به پیچیده‌گی تجهیزات تست و استانداردهای بالای تأئید مخازن CNG و عدم نیاز این نوع مخازن در تیراژ بالا در کشور تا قبل از سال ۱۳۸۰ هیچ گونه فعالیتی در خصوص ساخت مخازن CNG در کشور وجود نداشته‌است. ولی طرح‌های تحقیقاتی زیادی در زمینه فرایندهای شکل دهی مشابه فرایند شکل دهی مخازن CNG وجود دارد.

در خصوص ساخت مخازنCNG بعلت مشابه بودن فشار کاری این مخازن با مخازن موشک‌ها، فعالیت‌های تحقیقاتی درزمینه ساخت مخازن تحت فشار از نوع کامپوزیتی در صنایع نظامی انجام شده است. ولی با توجه به هزینه اولیه بالای سرمایه گذاری در خصوص ساخت این نوع مخازن، استفاده از این طرحها در ساخت مخازن CNG نوع چهارم با توجه به افزایش یکباره تقاضای مخزن CNG از سال ۱۳۸۱ و نظریه اینکه این نوع مخازن نیاز به نگهداری‌های ویژه و تست‌های دوره ای خاص و کوتاه مدت دارد، در تیراژ بالا امکان پذیر نمی‌باشد.

در سال ۱۳۸۱ با توجه به نیاز فراوان بازار داخل به مخازن CNG و مناسب بودن مخازن نوع یک (فولادی) برای خودروهای عمومی کشور، تحقیقات وسیعی در خصوص ساخت این نوع مخازن در داخل کشور آغاز گردید. با توجه به سیاستهای کلان کشور در خصوص گاز سوز کردن خودروها، کلیه فعالیتهای طراحی و ساخت مخازن نوع یک CNG با محوریت سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور بعنوان متولی این امر، شروع گردید.

مرکز تحقیقات جهاد و شرکت ساتک بعنوان دو مرکز تولیدی اصلی با انعقاد قرارداد بصورت سرمایه گذاری مشترک داخلی و خارجی در خصوص انتقال تکنولوژی طراحی، ساخت و تست مخازن نوع اول شروع

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

به فعالیت نمودند و اولین مخازن تولیدی و تأئید خط تست مخازن در تیرماه ۸۴ انجام شد و پس از تأیید نمونه اولیه (Type Appeval) مخازن،کشور ایران در زمره سازندگان مخازن CNG قرار گرفت.

لازم به ذکر می‌باشد با توجه به اینکه ساخت مخزن دراین شرکت بروش لوله می‌باشد تأمین لوله‌های بدون درز فولاد کروم مولیبدن نقش تأیین کننده در به اثبات رسیدن ظرفیت اسمی کارخانه دارد. در حال حاضر لوله اولیه مورد نیاز برای ساخت مخازم CNG از تامین کنندگان خارجی تهیه می‌شود که امید است با تولید این نوع لوله‌ها در کارخانه‌های تولید فولاد آلیاژی کشور، این وابستگی نیز از میان برود. با توجه به اینکه این نوع مخازن را می‌توان علاوه بر تولید ا روش لوله، از بیلت و ورق نیز ساخت و نظر به اینکه صنایع مختلف کشورمان امکان ساخت با این روش را دارند، امید است بتوان با انجام برنامه ریزیهای لازم، مخازن قطر پایین را با این دو روش نیز تولید نمود.

۲- استانداردهای جهانی و ملی

گاز طبیعی فشرده که به‌عنوان سوخت در خودروها به‌کار می‌رود تا فشار bar ۲۰۰ فشرده می‌شود. وجود فشار بالا در سیستم سوخت‌رسانی این خودروها و تجهیزات مرتبط با آن‌ها نظیر تجهیزات سوخت‌گیری و کمپرسورها، این نیاز را ایجاد می‌کند که الزامات ایمنی بالایی در این تجهیزات رعایت شود. در ایران به موازات توسعه این صنعت توجه به تدوین استانداردها و مقررات و نیز کیفیت و ایمنی آغاز شده و تعداد قابل توجهی استاندارد مرتبط با CNG به وضعیت استاندارد ملی در آمده است. سازمان‌های بین‌المللی که در این زمینه فعالیت دارند ISO و CEN می‌باشند که هر کدام از کمیته‌های فنی مسئولیت تدوین یک مجموعه استاندارد مرتبط با یک موضوع را به‌عهده دارند. در سازمان بین‌المللی استاندارد ISO گروه TC8SC3 WG17 روی استانداردهای مخازن کار می‌کنند. در کمیته اروپایی استاندارد CEN، گروه TC326، روی مخازن ذخیره خودروهای NGV و گروه TC282 روی سیستم‌های کوچک ذخیره مخازن CNG کار می‌کنند. برخی از استانداردهای معروف در این زمینه عبارتند از:

۱- ISO 15501 سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده – الزامات ایمنی.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۲- ISO 15501 سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده – روش‌های آزمون.

۳- ISO 11439 مخازن گاز – مخازن گاز طبیعی فشرده و پرفشار برای ذخیره روی خودرو.

برخی از استانداردهای رایج بین‌المللی در جدول ۲-۱ خلاصه شده‌اند. همزمان با توسعه و گسترش استفاده از سوخت CNG در خودروها، کشورهای مختلف مجموعه‌ای از استانداردها را در این زمینه پذیرفته‌اند. در هر حال نیاز به یک استاندارد بین‌المللی در این زمینه حس می‌شد. در این زمینه استاندارد ISO موارد خاصی را برای سوخت CNG طی چندین سال تهیه کرده‌است. این استاندارد به طراحی و ساخت مخازن ذخیرهٔ گاز برای خودروهای مختلف کمک می‌کند. این استاندارد هم‌اکنون در حال توسعه و گسترش برای تبدیل به یک استاندارد کامل است. فعالیت‌های لازم جهت نیل به استاندارد توسعه‌یافته در این زمینه توسط ANGV در حال انجام است که هدف آن تدوین استانداردی خاص برای مخازن CNG است. در این زمینه یک گروه متخصص از طرف کمیتهٔ بین المللی ISO جهت فعالیت و بررسی‌های لازم تعیین شده‌است.

جدول ۲-۱: برخی از استانداردهای رایج بین‌المللی

کد استاندارد	دبیرخانه - سازمان حمایت کننده
ISO11439	ISO-IANGV (تصویب‌شده به‌عنوان استاندارد CEN)
ECER110	اتحادیه اروپا
ANSI/CSAN GV2	موسسهٔ استاندارد کانادا
CSAB5Pt2	کانادا
GE	آرژانتین
METI/KHK9	ژاپن
FMVSS304	مدیریت ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌ها وابسته به وزارت راه ایالات

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

	متحده

۲-۱ استاندارد ISO

هدف نهایی گروه TC8SC3 WG17 (مجموعه تدوین کننده استانداردهای مربوط به خودروهای گازسوز)، ارائهٔ گواهی با عنوان مخازن تحت فشار بالا روی خودرو، برای ذخیره گاز طبیعی به‌عنوان یک سوخت، می‌باشد. نیازمندی‌های استاندارد براساس عملکرد چندین ساله این کمیته در سراسر جهان است (به‌خصوص در ایتالیا، نیوزیلند، کانادا و ایالات متحده). استانداردها براساس فشار پایهٔ bar ۲۰۰ و دمای استاندارد $15^{\circ}C$ تدوین شده‌اند. این استانداردها اجازهٔ استفاده از سایر فشارها را مشروط بر طراحی و ساخت تجهیزات، براساس آن فشار می‌دهند. موارد و خواسته‌های منحصر به‌فرد استاندارد بیشتر در زمینهٔ ماده، جنس، روش‌های شکل‌دهی و ساخت سیستم‌های گازسوز می‌باشد. استاندارد، نیازهای خاص صنایع اتومبیل‌سازی را درنظر گرفته و همچنین نیازمندی‌های ذخیرهٔ یک گاز غیرهمگن در محل ثابتی در خودرو را با امکان شارژ مجدد به دفعات زیاد و محدودیت‌های مخازن گاز طبیعی درنظر می‌گیرد.

استانداردهای جدید به دنبال روش‌هایی جهت ساخت مخازنی مقاوم و سبک برای استفاده در خودروهای گازسوز می‌باشد که قیمت این مخازن کم بوده و دارای ایمنی کافی جهت عمر طولانی تحت فشار بالا، باشد. بدین ترتیب مواردی در این استانداردها مشخص شد که جزئیات سرویس‌دهی، طراحی و نحوهٔ استفاده از مخازن فشاربالای گاز را در خودروهای گازسوز مشخص نمودند. همچنین استانداردها به‌دنبال تأمین اطمینان ساخت مخازن فشاربالا به‌طوری بودند که عمر این مخازن از مقدار زمان کارکرد این مخازن در خودرو، بیشتر باشد تا در طول عمر مفید خود دچار خستگی، از کارافتادگی و شکست نگردند. این مسأله به نشت پیش از شکست (LBB) موسوم است و درحال حاضر یکی از مهمترین قسمت‌های طراحی مخزن گاز طبیعی است.

مطابق با استانداردهای جدید، مخازن گاز باید در انتهای عمر مفید خود از کار افتاده شوند. همیشه عمر مخزن بیش از عمرخودرو است یعنی قبل از این‌که مخزن از کار افتاده شود عمر مفید خودرو پایان

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

یافته‌است. عمر کلی و دراز مدت مخازن به عواملی مثل شرایط کاری، شرایطی که مخزن تحت آن شرایط نگهداری می‌شود و فشار پرشدن مخزن بستگی دارد. توجه خاصی به مخازن فشاربالای کامپوزیتی در این زمینه‌ها شده‌است، زیرا از نظر آسیب‌های مکانیکی وارده حساس‌تر هستند.

۲-۲ تعدادی از استانداردهای مخازن CNG

در این‌جا به بررسی برخی از استانداردهای موجود در زمینهٔ مخازن گاز طبیعی روی خودروها می‌پردازیم.

۲-۲-۱ استاندارد ISO/FDIS/11439 (CNG4)

این استاندارد

GAS Cylinder-High Pressure Cylinders for the On-board Storage of Natural Gas as a Fuel for Automotive Vehicles

بین‌المللی درخصوص طراحی، روابطی را ارائه نمی‌کند بلکه الزاماتی را توصیه می‌کند که با استفاده از این الزامات کفایت طراحی تأیید می‌شود. این استاندارد شامل کلیات زیر می‌باشد:

۱. الزامات مواد مورد استفاده در ساخت مخزن شامل رزین، الیاف، آستری و نافی فلزی
۲. الزامات طراحی شامل فشار آزمون (۱/۵ برابر فشار کاری)، فشار ترکیدن مطابق با جدول تحلیل تنش برشی و محوری در لایه‌های داخلی مخزن، قرارگیری نازل در انتهای عدسی‌شکل به‌صورت عمودی و در مرکز محافظت در برابر آتش، اطمینان کافی از عمل‌نمودن وسایل تخلیه فشار.
۳. الزامات ساخت مخزن، شامل چگونگی ساخت آستری، نحوه و شرایط الیاف‌پیچی روی مخزن، نحوه و شرایط پخت مخزن، کنترل کیفیت رزوه‌های نافی و محافظت مخزن در برابر شرایط محیطی.
۴. الزامات آزمون مخزن. این استاندارد بیشترین توجه را به آزمون‌های محصولات دارد. به‌عبارتی چنانچه مخزن ساخته‌شده بتواند آزمون‌های پیش‌بینی‌شده در این استاندارد را با موفقیت پشت سر بگذارد آنگاه الزامات چندگانه برآورده شده و کفایت طراحی تأیید می‌گردد.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۲-۲-۲ استانداردهای رایج در ایالات متحده

دو گروه استاندارد رایج برای مخازن CNG در ایالات متحده وجود دارد.

1 ANSI/AGA, NGV2

2 DOTNHTSA STANDARD FMVSS304

الف) استاندارد مخازن براساس ANSI/AGA, NGV2-1992

ذخیره‌سازی گاز طبیعی تحت فشار در مخزن برای خودروها در استاندارد NGV2 از سه جهت بر ایمنی مخزن نظارت می‌کند:

۱. محدودهٔ مجاز مواد مورد استفاده

۲. آزمون‌های کیفیت طراحی

۳. آزمون‌های کنترل کیفی و ساخت

مواد مجاز و قابل‌قبول در NGV2 به فولاد 4130 یا معادل آن آلیاژهای آلومینیوم (AA6061 یا AA6010) و برخی مواد کامپوزیتی محدود می‌شود. تعدادی از آزمون‌های مطرح‌شده در این استاندارد عبارتند از: سیکل فشار در شرایط محیطی، انفجار، ضربه، آتش‌سوزی، شلیک گلوله و غیره.

در این استاندارد در هر دوره ۳۶ ماهه مخازن به‌صورت چشمی از لحاظ صدمات بیرونی و خرابی احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرند. بازرسی توسط یک شخص خبره و کارشناس، مطابق با معیارهایی که سازنده براساس آن موفق به کسب مجوز CGA شده و با دستورالعمل‌های CGA (C-6.1 برای نوع ۱ و C-6.2 برای انواع دیگر مخازن) مطابقت داشته باشد، صورت می‌گیرد.

ب) استاندارد خودروهای موتوری فدرال (FMVSS[1])

ذخیره‌سازی گاز طبیعی تحت فشار در مخازن مخصوص مطابق استاندارد FMVSS304 شبیه به NGV2-92 می‌باشد. این استاندارد نیز از سه جهت بر ایمنی مخزن نظارت می‌کند.

۱. محدودهٔ مجاز مواد مورد استفاده

[1] - Federal Motor Vehicle Standard 304

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۲. آزمون‌های کیفیت طراحی

۳. آزمون‌های کنترل کیفی و ساخت

۴. مواد مجاز و قابل قبول در استاندارد FMVSS 304 به فولاد 4130، آلیاژهای آلومینیوم (AA6061 یا AA6010) و مواد کامپوزیتی که باید شامل الیاف شیشه‌ای، آرامید یا کربنی در یک رزین اپوکسی، پلی‌استر و فیل‌استر یا ترموپلاستیک باشد، محدود می‌شوند. آزمون‌های اصلی کیفیت طراحی در FMVSS 304 شامل سیکل فشار، انفجار و آتش‌سوزی می‌باشند. بازرسی چشمی، هر سه سال یا ۳۶۰۰۰ مایل طی مسافت (هر کدام زودتر اتفاق بیافتد) انجام می‌شود.

۲-۳ استاندارد ملی ایران

نخستین بار مجموعه استانداردهای اجزاء سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده شده در سال ۱۳۸۱، استاندارد مخازن گاز طبیعی فشرده پرفشار برای ذخیره بر روی خودرو در سال ۱۳۸۱ و استانداردهای سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده شده نیز در سال ۱۳۸۱ تهیه شد. این استانداردها براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی وتایید کمیسیون‌های مربوط مورد تجدید نظر قرارگرفتند و در یکصد و چهل و پنجمین جلسه کمیته ملی استاندارد خودرو و نیروی محرکه مورخ ۸۳/۹/۲۳ تصویب شد. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۸ با عنوان **"خودروهای با سوخت گاز طبیعی فشرده (CNG) – ویژگیها و روش آزمون مجموعه قطعات گازسوز CNG و الزامات نصب آنها بر روی خودرو"** جایگزین استانداردهای ۵۶۳۶ جلد ۱ الی ۱۹ با عنوان "اجزاء سیستم سوخت خودرو با سوخت گاز طبیعی فشرده‌شده" ، ۶۳۰۶ و ۵۷۶۴ جلد ۱ و ۲ با عنوان " سیستم‌های سوخت خودرو با سوخت گاز طبیعی

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

فشرده‌شده" شده و پس از یکسال از تاریخ تصویب این استاندارد یعنی در شهریورماه سال ۱۳۸۵ استانداردهای فوق باطل اعلام می شوند.

فصل چهارم استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۸ دربرگیرنده مطالب مربوط مخازن CNG می‌باشد که بعنوان منبع اصلی استفاده می‌شود.

۳- تعیین مخزن با توجه به نوع خودرو

یکی از نکات مهم در طراحی خودروهای سبک گازسوز، طراحی، انتخاب و نصب صحیح یک مخزن می‌باشد. محدودیت‌های وزنی، قیمتی و فضای اشغال‌شده توسط این نوع مخازن در این خودروها اهمیت بسیار بالایی دارند. شکل۴-۱ جانمایی‌های مختلف مخازن CNG را که در خودروی پراید بررسی شده اند، نشان می‌دهد. ذخیرهٔ گاز در مخازن کوچک، مشکلات فوق را تا حد زیادی حل می‌کند ولی موجب می‌شود تا نیاز به سوخت‌گیری مجدد در خودرو بشدت بالا رود و عملکرد چنین خودرویی مناسب نیست. وقتی به محدودیت‌های سوخت‌گیری مجدد خودرو (سوخت‌گیری‌های پی‌درپی) نیز بیاندیشیم مسألهٔ طراحی یا انتخاب مناسب، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. در سیستم‌های دوگانه سوز یا خودروهایی که با دو نوع سوخت کار می‌کنند به‌علت وجود سوخت ثانویه در کنار گاز، این مسأله چندان بحرانی نیست و طراحی یا انتخاب، کمی ساده‌تر می‌شود زیرا امکان سوئیچ کردن بین سوخت گاز و سوخت مایع وجود دارد. به هر حال سوخت‌گیری‌های متوالی، زمانی که حجم مخزن ذخیرهٔ خودرو کوچک باشد، می‌تواند سبب استفادهٔ دائمی مصرف‌کننده از گازوئیل یا بنزین در چنین خودروهایی شود و این امر مطلوب نیست. برای رانندگان خودروهای شخصی، معمولاً انگیزهٔ اقتصادی برای جلوگیری از استفادهٔ بنزین یا گازوئیل وجود دارد، حال آن‌که در مورد رانندگان خودروهای دولتی و عمومی چنین نیست و آن‌ها ترجیح می‌دهند که از بنزین یا گازوئیل استفاده کنند. میزان انرژی ذخیره شده در مخازن با فشار بالای CNG، به ترکیب گاز بستگی خواهد داشت و استاندارد عمومی خاصی در این زمینه وجود ندارد. مقیاس مفیدی که برای محاسبهٔ تعداد مخازن می‌توان به‌کار برد، این است که هر لیتر مخزن، میزان ۱۸۰ گرم گاز طبیعی را نگهداری می‌کند.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

نکتهٔ مهم دیگر این است که دمای گاز ذخیره‌شده معمولاً درنظر گرفته نمی‌شود اما به‌طور متعارف باید ۱۵ ^{o}C درنظر گرفته شود. درهنگام پرکردن مخزن، به‌دلیل بالا رفتن دمای گاز، حجم آن افزایش می‌یابد و درنتیجه، این امر سبب کاهش حجم مؤثر مخزن می‌شود. به‌طور میانگین خودرویی که موتور آن ۱۵۰۰ CC حجم دارد با یک مخزن ذخیرهٔ ۶۰ لیتری حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلومتر حرکت می‌کند. این مسأله در مورد خودروهای دوگانه سوز مناسب به‌نظر می‌رسد، مشروط بر اینکه اولاً توسعهٔ جایگاههای سوخت‌گیری مجدد بخوبی انجام گیرد تا از این نظر مشکلی حاصل نگردد و ثانیاً اختلاف قیمت بین سوخت گازی و بنزین بنحوی باشد که راننده ترغیب شود از سوخت گاز استفاده کند. با افزایش تولید و تجربه‌های عملی خودروهای گازسوز، در دسترس بودن گسترهٔ وسیع‌تری از شکل و اندازهٔ مخازن، توازن اقتصادی بین محدودیت‌ها حاصل خواهد شد. به هر حال مسألهٔ حجم مخزن CNG و جانمایی آن یکی از جنبه‌های منفی سوخت‌های گازی و کاربرد آن در خودروها به‌شمار می‌آید.

با توجه به هزینهٔ بالای مخازن گاز طبیعی و همچنین هزینهٔ استهلاک قطعات مختلف خودرو که ناشی از افزودن وزن مخازن روی خودرو و غیره می‌باشد، انتخاب صحیح مخازن تأثیر انکارناپذیری بر مطالعات اقتصادی و حاشیه اطمینان بازگشت سرمایه، خواهد داشت. با نگرش جامع به مسألهٔ جایگزینی سوخت‌های موجود خودروها با سوخت گاز طبیعی فشرده، انجام بررسی در خصوص تأثیر افزودن وزن مخازن بر پارامترهای مختلف عملکردی و سازه‌ای بررسی خاص خود را طلب می‌نماید. این بررسی به‌دلایل زیر لازم می‌باشد:

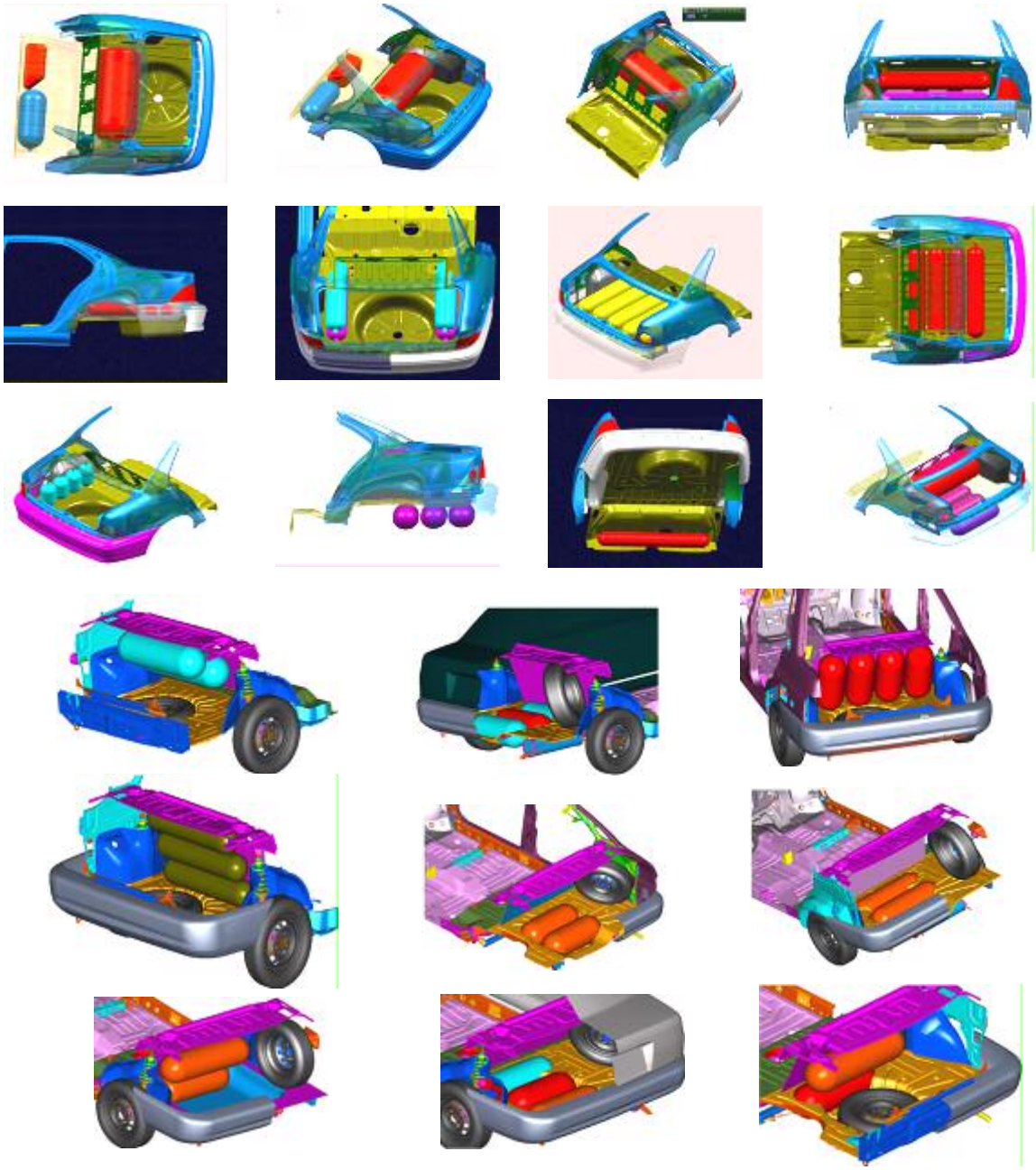
- وزن مخزن با قیمت آن نسبت عکس دارد بدین معنی که در حجم مساوی، مخزنی که وزن کمتری دارد، دارای قیمت بالاتری است.
- عمده‌ترین رقم سرمایه‌گذاری در پروژهٔ جایگزینی، مربوط به مخازن می‌باشد.

موضوع مهم دیگر، میزان تحمیل اضافه وزن ناشی از هر یک از انواع مخازن و اثر آن در تغییر مرکز ثقل و سیستم تعلیق خودرو، بدون درنظر گرفتن قیمت آن است. نوع مخزن مورد استفاده با توجه به

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

محدودیت‌های وزنی و نیز حجم مخازن مورد نیاز برای پیمایش‌های مختلف و همچنین محدودیت حجمی صندوق عقب خودرو، مشخص می‌شود.



شکل۴-۱: جانمایی مخازن در خودروی پراید

از دیگر پارامترهای مهم در انتخاب مخزن مناسب، انتخاب با توجه به حداقل پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری است. این مسأله در هیچ یک از استانداردهای موجود، مطرح نگردیده‌است و صرفاً کارخانه‌های

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

خودروساز با توجه به امکانات موجود از نظر جانمایی مخزن، حداکثر پیمایش قابل دستیابی و حداقل کردن تعداد مخازن، به‌جهت صرفه اقتصادی، به آن می‌پردازند.

به‌جهت اهمیت زیاد قیمت و وزن مخازن CNG، باید مقایسهٔ قیمت و وزن نیز انجام شود. اگر خودرو دوگانه سوز باشد، وزن بنزین، گاز و مخزن از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردد و می‌بایست از مخازن سبک کامپوزیتی استفاده کرد تا نسبت وزن به قدرت، کاهش یابد. با درنظر گرفتن وزن و ظرفیت در مخازن گاز طبیعی فشرده، هزینهٔ مواد و تجهیزات و هزینه‌های تولید، می‌توان هزینهٔ تولید مخازن را با هم مقایسه کرد.

٤- انواع مخازن CNG

مخازن CNG به چهار دستهٔ کلی تقسیم می‌شوند که در ادامه به تشریح آن پرداخته می‌شود.

٤-١ مخازن نوع اول CNG-I

نمونه‌هایی از مخازن CNG-I در شکل ۴-۱ نشان داده شده‌اند. این مخازن بدون درز و از جنس فولاد می‌باشند و ضخامت زیادی دارند طبیعتاً وزن آنها نیز بالا می‌باشد. از لوله یا بیلت ساخته میشوند و نسبت وزن به حجم آنها تقریباً برابر یک و گاهی هم سنگین تر میباشند.

شکل ۴-۱: مخازن نوع اول CNG-I

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

٤-٢ مخازن نوع دوم CNG-II

این نوع مخازن دارای یک لایهٔ آستری از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون‌درز است و قسمت استوانه‌ای این آستری، توسط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رزین است به‌صورت محیطی پیچیده شده‌است. ساختار کامپوزیتی این مخازن، این امکان را به‌وجود می‌آورد که بتوان از ضخامت قسمت فلزی کاست و درنتیجه مخزن سبک‌تری به‌دست آورد. این مخازن در جهت شعاعی (به جز دو قسمت ابتدایی و انتهایی) تقویت شده‌اند. نسبت وزن به حجم آنها بین ۸۵/. -۷/. میباشد. نمونه‌هایی از مخازن نوع دوم CNG-II در شکل ۴-۲ نشان داده شده‌اند. رزینی که در ساختار مخازن کامپوزیتی استفاده می شود، میتواند از نوع گرمانرم (Thermoplastic) یا گرماسخت (Thermoset) باشند.

شکل ۴-۲: مخازن نوع دوم CNG-II

٤-٣ مخازن نوع سوم CNG-III

این مخازن دارای یک لایهٔ آستری از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون‌درز بوده و تمام این لایهٔ داخلی توسط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رزین است در راستای محیطی و محوری پیچیده شده و این ساختار کامپوزیتی که به مخزن داده می‌شود، این امکان را به‌وجود می‌آورد که بتوان از ضخامت قسمت فلزی کاست و درنتیجه مخزن سبک‌تری را نسبت به مخازن نوع اول و دوم به‌دست آورد.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

تقویت این مخازن با الیاف کامپوزیت در دو جهت، قابلیت تحمل فشار را نسبت به مخازن نوع دوم، افزایش می‌دهد. در واقع تفاوت این مخازن با مخازن نوع دوم در این است که دوسر آن نیز بوسیله رزین و الیاف با مواد مرکب تقویت می‌گردد. نسبت وزن به حجم آنها بین ۷/. -۴۵/. میباشد. نمونه‌هایی از مخازن CNG-III در شکل ۴-۳ نشان داده شده‌اند.

شکل ۴-۳: مخازن نوع سوم CNG-III

٤-٤ مخازن نوع چهارم CNG-IV

این نوع مخازن دارای یک آستری از جنس پلیمر بدون درز هستند و تمام این لایهٔ داخلی توسط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رزین است پیچیده شده است. این ساختار تمام کامپوزیت از سبک‌ترین انواع مخازن CNG می‌باشد. این مخازن با الیاف کامپوزیت در جهات شعاعی و محوری تقویت شده‌اند. این‌گونه مخازن قابلیت تولید در ابعاد بزرگتر و با قطر بیشتر را دارند. مخازن نوع چهارم دارای کمترین وزن می‌باشند که حتی با سیستم سوخت بنزینی قابل مقایسه هستند. نسبت وزن به حجم آنها بین ۴۵/. -۳/. میباشد. در ساخت این نوع مخازن، از فن آوری بالایی استفاده شده و تعداد سازندگانی که از این نوع مخازن تولید می کنند بسیار معدود است.

این مخازن بسیار شبیه مخازن نوع سوم هستند و تنها از لحاظ نوع و جنس آسترها تفاوت دارند. این نوع از مخازن برای کاربرد در خودروهای گازسوز بسیار مناسب هستند و پتانسیل طراحی و ساخت برای عمرهای طولانی را دارا می‌باشند. در شکل ۴-۴ نمونه‌ای از این مخازن نشان داده شده‌است.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

شکل ۴-۴: مخازن نوع چهارم CNG-IV

۵- مقایسهٔ انواع مخازن

انواع مختلف مخازن CNG در شکل ۵-۱ به‌صورت مقایسه‌ای نشان داده شده‌اند. در این شکل نسبت وزن به حجم مخازن جهت مقایسه ارائه شده‌است.

از دیگر مشخصه‌های مخازن، راندمان حجمی[1] مخزن می‌باشد که از تقسیم حجم داخلی مفید مخزن بر حجم کل مخزن به‌دست می‌آید. به‌طور معمول مخازنی که از مواد با مقاومت کششی بالا ساخته می‌شوند، راندمان حجمی بیشتری دارند، چراکه این مواد با ضخامت کمتر می‌توانند فشار بالاتری را تحمل نمایند. به‌طور مثال یک مخزن نوع اول دارای راندمان حجمی ۹۰٪ بوده و یک مخزن نوع سوم با الیاف شیشه، دارای راندمان حجمی ۷۴٪ می‌باشد. در جدول ۵-۱ نمونه‌هایی از طرح‌های مختلف مخازن، از نظر راندمان حجمی با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

[1] - Volumetric Efficiency

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

جدول ۵-۱: مقایسهٔ راندمان حجمی مخازن گاز طبیعی

نوع مخزن	درصد راندمان حجمی
نوع۱: فولادی	۹۱
نوع۱: آلومینیومی	۷۸
نوع۲: فولاد- شیشه	۸۵
نوع۲: آلومینیوم- شیشه	۷۶
نوع۳: آلومینیوم- شیشه	۷٤
نوع۳: آلومینیوم- کربن	۸٤
نوع٤: کربن	۸۲
نوع٤: هیبرید	۷۷

شکل۵-۱: مقایسه مخازن ذخیره‌سازی گاز طبیعی

جدول۵-۲: مقایسه مخازن فولادی و کامپوزیتی

	سیلندر ولادی	سیلندر کامپوزیت آلومینیوم و ربن
ظرفیت (لیتر)	۶۵	۶۵
وزن (کیلوگرم)	۷۵	۱۹
قیمت (دلار)	۲۶۰	۶۵۰
زمان و دوره زبینی	هر ۵ سال یکبار	هر ۳ سال یکبار

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

٦- پارامترهای اساسی در انتخاب مخازن CNG

٦-١ نسبت وزن به حجم معادل آب (Kg/ Lit.)

٦-٢ قیمت به حجم (قیمت ویژه مخزن)($/ Lit.)

یکی از مهمترین پارمترهای انتخاب میزان قیمت مخازن می‌باشد که در ترکیب با پارامترهای دیگر باید سعی در بهینه نمودن انتخاب نمود. در جدول زیر مقایسه قیمت واحد حجم انواع مخازن در سال ۲۰۰۰ میلادی بیان شده است.

جدول ۶-۱: مقایسه قیمت واحد حجم در انواع مخزن

نوع سیلندر	قیمت واحد حجم
CNG 1	2.65
CNG 2	5.23
CNG 3	11.91
CNG 4	9.47

٦-٣ ضریب ریسک یا ضریب مقاومت مخزن

ضریب ریسک انواع مخازن مطابق زیر است.

- ضریب ریسک مخازن تیپ اول: ۳۲
- ضریب ریسک مخازن تیپ دوم با لاینر فولادی: ۵۸
- ضریب ریسک مخازن تیپ دوم با لاینر آلومینیومی: ۶۸

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

- ضریب ریسک مخازن تیپ سوم (آلومینیوم و کامپوزیت): ۹۷
- ضریب ریسک مخازن تیپ چهارم فایبر کربنی: ۹۰
- ضریب ریسک مخازن تیپ چهارم هیبرید فایبر کربن و فایبر گلاس: ۸۷

۷- فناوری ساخت مخازن CNG

۷-۱ تولید مخازن نوع اول

سیلندرهای نوع اول CNG در ایستگاه‌های کاری متعددی ساخته می شوند. این مراحل که بعضی از آنها ممکن است تکرار هم شوند، مجموعا در کنار هم خط تولید این محصولات را تشکیل می‌دهند. در یک چیدمان کلی از کارخانه تولید این نوع سیلندرها، مواد اولیه شامل ورق‌های فولادی[1]، لوله‌های فولادی بدون درز[2] و یا شمشال‌های فولادی[3] از انبارهای مواد خام وارد سالن تولید شده و پس از انجام عملیات متعدد در نهایت به سیلندرهای نوع اول CNG تبدیل می شوند.

اگرچه این فرآیند نسبتاً طولانی است لیکن می توان آنرا به چند قسمت اصلی تقسیم نمود. این مراحل عبارتند از:

- فرآیند تولید لوله و یا پوکه فولادی (Seamless Steel Tube)
- فرآیند حدیده کاری غلتکی (Flow Forming)
- فرآیند شکل دادن برشی (Spinning)
- فرآیند عملیات حرارتی (Quenching & Hardening & Tempering)
- عملیات پاکسازی و پوشش سطوح (Shot Blasting & Coating)

[1] Steel Plate
2 Seamless Steel Tube
[3] Steel Billet

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

در فرآیند تولید این سیلندرها ابتدا بایستی لوله بدون درز و یا لوله ته بسته استوانه شکل (پوکه) تولید شود. سپس چنانچه لازم باشد، ضخامت جداره آن توسط دستگاه فلوفورمینگ[1] یکنواخت و اندازه[2] شود. از آنجایی که یک سر سیلندرها بایستی بسته شده و انتهای دیگر گردن دار[3] شود، در ادامه از دستگاه اسپینینگ[4] استفاده می شود. سیلندرها بایستی در طی فرآیند تولید تنش زدائی شده و سختی سطحی آنها نیز افزایش پیدا کند. برای رسیدن به این مهم از کوره‌های عملیات حرارتی استفاده می شود. بر روی سطوح مواد اولیه و سیلندرها طی مراحل تولید آلودگی‌های ناخواسته ای بوجود می‌آید که بایستی سطح سیلندرها توسط دستگاه شات بلاست[5] تمیز شده و در نهایت رنگ آمیزی[6] شود.

با توجه به اهمیت مراحل ۱ تا ۳ در ادامه به بررسی آنها بشکل مبسوط پرداخته می شود و سپس نمونه ای از فرآیند تولید سیلندرها که عمومیت بیشتری دارد با جزئیات مربوطه ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است که ممکن است در بعضی از موارد بنا به نیاز هر شرکت ایستگاههای کاری جابجا شده و یا تکرار شوند.

۷-۱-۱ روش‌های تولید بدنه استوانه شکل فلزی

۷-۱-۱-۱ *تولید استوانه فلزی با استفاده از ورق (Plate)*

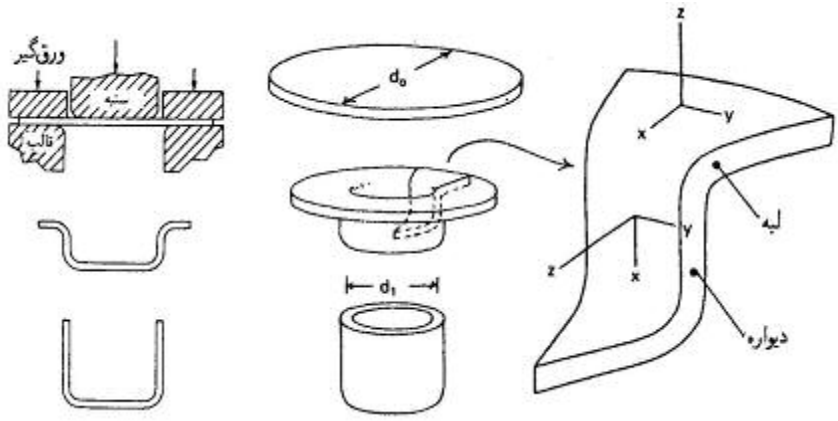
در این روش ورقهای فولادی از جنس 34CrMo4، AISI4130 یا AISI4140 با ضخامت‌های مورد نیاز خریداری شده و جنس و ضخامت آنها درانبار بر روی ورق روئی هر بسته حک می شود. پس از اینکه نوع سیلندر از جهت قطر، ضخامت و طول توسط قسمت مهندسی تعیین می شود، ورقهایی که بصورت چهارگوش هستند ابتدا توسط دستگاه تست اولتراسونیک[7] بازرسی می شوند تا عیوب و ترک‌های

[1] Flow Forming
[2] Sizing
[3] Neck
[4] Spinning
[5] Shot Blast
[6] Coating
[7] Ultrasonic Inspection

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

احتمالی قبل از تولید نمایان گردند. نظر به اینکه سیلندرها بصورت استوانه‌هایی با قطر و طول مشخصی می باشند مطابق محاسبات موجود قطعه خام اولیه بایستی بصورت دایره ای با قطر معین باشد. لذا در این قسمت دیسک‌ها توسط دستگاه برش لیزری و یا گیوتین‌های گردبر[1]، بریده می شوند. دیسک‌ها سپس به قسمت روانکاری[2] حمل می شوند تا جهت انجام مراحل کشش بعدی به نحو مقتضی به روغن آغشته شوند. شایان ذکر است که در فرایندهای کشش عمیق، اصطکاک عاملی تعیین کننده در میزان کشش و یکنواختی ضخامت است. دیسک‌های آغشته به روغن سپس وارد مهم ترین مرحله از تولید بوسیله ورق می شوند. این فرایند که به کشش عمیق سرد[3] موسوم است، با استفاده از پرس‌های هیدرولیکی مخصوص و قالب‌های - کشش اولیه انجام می شود (شکل ۷-۱). ابتدا دیسک‌ها توسط بازوی روبات مخصوصی بر روی قرارهای ماتریس قالب گذاشته می شود. تمام مراحل حمل ورقها از انبار تا این قسمت توسط حمل کننده‌های مغناطیسی و یا با استفاده از مکنده‌های ایجاد خلاء انجام می شود. سپس با پایین آمدن میز بالایی پرس، ورق گیرها توسط جک‌های هیدرولیک پرس با سطح ورق درگیر می شوند. نیروی ورق گیرها متناسب با میزان کشش محاسبه شده و در اثر تجربه کالیبره می شوند. پس از درگیری ورق گیر سنبه ورق را به داخل ماتریس کشانده و ورق بشکل سنبه درخواهد آمد.



شکل ۷-۱: فرآیند کشش عمیق

[1] Circular Cutting
[2] Lubrication
[3] Cold Deep Drawing

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

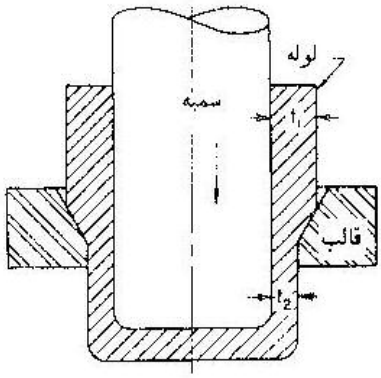
پس از این قسمت که ورق‌ها به پوکه‌های فلزی تبدیل شده اند جهت تنش زدائی[1] و یکنواخت سازی ساختار ملکولی وارد کوره آنیلینگ[2] شده و تا دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و به آرامی سرد می شوند. پوکه‌ها پس از این مرحله مجدداً توسط دستگاه مخصوص و یا حوضچه‌های روغن، روغن کاری می شوند تا به قسمت بعدی کشش عمیق سرد بروند. در این مرحله پوکه‌ها بدون استفاده از ورق گیر توسط سنبه‌هایی با طول بیشتر ولی با قطر کمتر از مرحله قبلی کشیده می شوند. پوکه‌ها در این قسمت طویلتر و باریکتر می‌گردند. تعداد ایستگاههای کشش عمیق با توجه به حد کشش ورقها[3](LDR) بدقت محاسبه می شوند و فرایند کشش و تنش زدائی براساس آن تکرار می شوند.

پوکه‌ها پس از رسیدن به قطر و طول نهایی خود بایستی از نظر ضخامت جداره و یکنواختی با محاسبات طراحی سیلندرها مطابق باشند. لذا در این قسمت پوکه‌ها وارد دستگاه فلوفورمینگ می شوند. در این دستگاه ضخامت جداره علاوه بر آنکه به حد مطلوب می رسد، یکنواخت نیز می گردد. در فرایند تولید سیلندر با ورق می توان بجای استفاده از دستگاه گران قیمت فلوفورمینگ از روش اتوکاری استفاده نمود. در فرایند اتوکاری جداره سیلندرها با استفاده از فرایند کشش یکنواخت شده و به حد مطلوب می رسد. اتوکاری فرایندی است که طی آن مطابق شکل ۷-۲ ضخامت دیواره ی یک استوانه را با عبور از میان سنبه و قالبی که فاصله آزاد آن از ضخامت اصلی دیواره استوانه کمتر است، کاهش می دهند. در اثر فشار سنبه دیواره استوانه کش آمده و در نتیجه از ضخامت آن کاسته می شود، در حالی که ضخامت کف استوانه بدون تغییر باقی می ماند. لازمه انجام این فرایند آن است که استوانه ته بسته (پوکه) باشد. معمول ترین فرآورده‌های این روش قوطی‌های نوشابه است.

[1] Stress Relieving
[2] Annealing
[3] Limited drawing Ratio

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir



شکل ۷-۲: فرآیند اتوکاری

۷-۱-۱-۲ تهیه پوکه فلزی از لوله (Tube)

در این روش معمولاً لوله‌های فولادی بدون درز از جنس 34CrMo4 مطابق با اقطار خارجی سیلندرها از شرکتهای سازنده خریداری می شوند. لوله‌ها بصورت دسته‌هایی که بطور منظم برروی هم چیده شده اند انبار می شوند و در صورت نیاز توسط جرثقیلهای سقفی چنگال دار و یا مغناطیسی به سالن تولید حمل می شوند. سپس مطابق طول بخصوصی که به طول حدی[1] معروف است در قسمت برش توسط اره‌های تسمه ای[2] بریده می شوند. اندازه یاد شده براساس تجربیات و محاسبات هر شرکت برای سیلندرهای با طول‌های مختلف بدست می آید و در واقع جزء دانش فنی تولید کنندگان سیلندرها می باشد.

لوله‌ها پس از مرحله برش به قسمت اسپینینگ می روند. در این مرحله پس از اینکه سر لوله‌ها بشدت گداخته می شوند توسط دستگاه برنامه پذیر اسپینینگ[3] بسته شده و به شکل تقریباً کروی درمی آیند. اساس کار این دستگاه شکل دادن فلز گداخته شده مطابق الگوی مورد نظر می باشد. ته لوله‌ها که هم اینک تبدیل به پوکه‌های فلزی شده اند در مرحله بعدی توسط پرس‌های هیدرولیکی افقی به شکل پروفیل نهایی درآمده و کوبیده می شود.

[1] Margin Length
[2] Band Saw
[3] CNC Spinning

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

پوکه‌ها پس از این مرحله جهت کاهش و یکنواخت شدن ضخامت در حد تلرانس مطلوب به قسمت فلوفورمینگ می روند. این مرحله چنانچه وزن سیلندرها مهم باشد مورد استفاده قرار میگیرد. باتوجه به اینکه ضخامت لوله‌ها یکنواخت بوده و از اندازه مورد نیاز در طراحی بیشتر هستند چنانچه نیازی به اعمال تلرانسهای کوچک و کاهش ضخامت آن بمنظور کاهش وزن سیلندرها نباشد، نیازی به استفاده از دستگاه گران‌قیمت فلوفورمینگ نمی باشد. عملیات ساخت لوله‌های بدون درز فولادی بسیار پیچیده می باشد و برای تولید در مقیاس زیاد صنعتی مقرون به صرفه است لذا معمولاً شرکتهای سازنده سیلندر در صورت کم بودن ظرفیت تولیدشان این لوله‌ها را از بازار خریداری می کنند

۷-۱-۱-۳ روش تولید پوکه با استفاده از شمشالهای چهارگوش فولادی (Billet)

یکی از روشهای تهیه پوکه فلزی اکستروژن معکوس شمشالهای چهارگوش یا بیلت[1] می باشد. با این روش می توان قطعات پر و یا قطعات توخالی با شکلهای گوناگون را تولید کرد. اکستروژن یک فرآیند تغییر شکل یک پارچه می باشد که در آن ماده تحت فشار زیاد سیلان پیدا می کند. تغییر شکل عموماً در دمای محیط انجام می پذیرد (اکستروژن سرد)، زیرا دقت قطعات پرس کاری شده در این روش بالاست. فقط در مواردی که در شکل دهی سرد شرایط خاصی (نیرو زیاد پرس، درجه تغییر شکل بالا و غیره) موجود باشند قطعه خام تا دمای آهنگری گرم می شود (اکستروژن گرم). قطعاتی که با این روش تولید می شوند از دقت کمتری برخوردارند و به علت تشکیل پوسته، سطحی ناهموار دارند که در اغلب موارد بایستی عملیات ثانویه بر روی آن انجام پذیرد.

در این روش شمشالها با جنس34CrMo4 پس از خریداری در انبارها نگهداری می شوند. سپس براساس طول مورد نیاز و یا همان طول حدی (مارجین) در قسمت برش بریده می شوند. میله‌ها سپس در کوره تا دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد گداخته شده و در قسمت سنبه زنی داغ[2] و فنجانی[3] با استفاده از

[1] Billet
[2] Hot Piercing
[3] Cupping

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

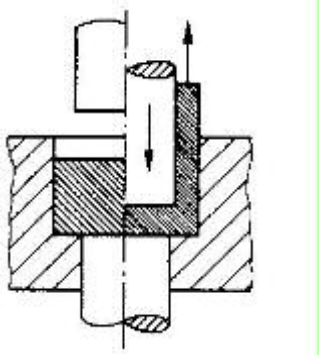
پرسهای بسیار قوی حدود ۲۰۰۰ تنی تحت عمل اکستروژن معکوس گرم قرار می گیرند. حاصل این مرحله تولید پوکه‌های استوانه ای گرد ته بسته می باشد.

پوکه‌ها سپس در مرحله بعدی مجدداً وارد کوره شده و گداخته می شوند تا به مرحله کاهش ضخامت دیواره[1] بروند. در این قسمت با استفاده از پرسهای قوی عمل کشش لوله‌ها انجام شده و ضخامت داخلی و خارجی پوکه‌ها در حد مطلوب قرار می گیرند. بجای استفاده از کوره و عمل کشش لوله‌ها می توان از دستگاه مخصوصی که تقریباً مشابه دستگاه فلوفورمینگ است استفاده نمود. با این تفاوت که لوله‌ها ضمن حرارت دیدن از داخل، از سمت بیرونی خود اصطلاحاً سایز می شوند.

پس از این مرحله پوکه‌های آماده شده بایستی عاری از هرگونه پوسته و زنگ شوند لذا در قسمت ساچمه زنی[2] با استفاده از هوای فشرده و ماسه تمیز شده و سختی سطحی آنها نیز افزایش پیدا می کند.

در فرآیند تولید پوکه فلزی مطابق شکل (۲-۶) از اکستروژن معکوس[3] سرد استفاده می شود. فرآیند اکستروژن بصورت معکوس یا مستقیم انجام می شود. در این روش جهت سیلان ماده برخلاف حرکت سنبه می باشد. با فشار سنبه فراتر از مرز سیلان، ماده به سیلان در می آید.

دقت قابل دستیابی در اکستروژن سرد در محدود ۰/۰۵ تا ۰/۷۵ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۷-۳: اکستروژن معکوس

[1] Wall Thickness Reduction
[2] Shot Blast
[3] Backward extrusion

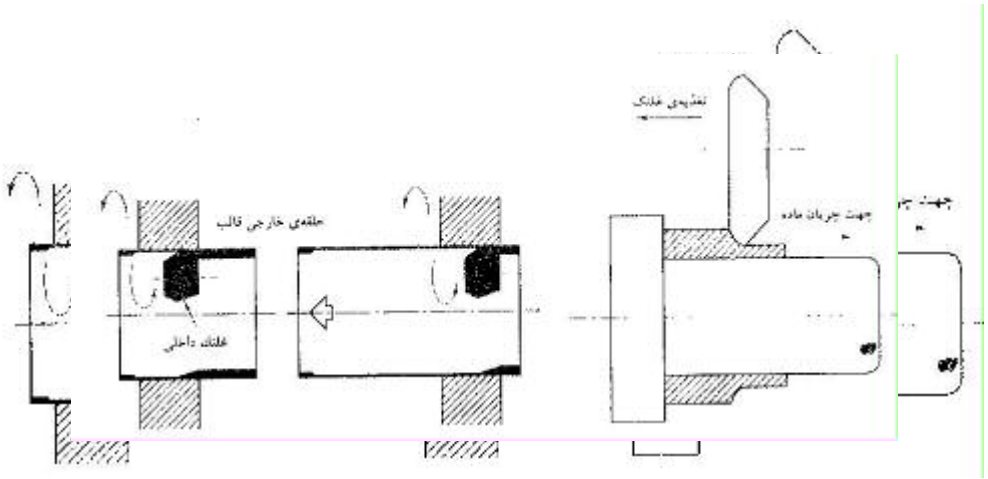
https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

قطعات تولید شده با اکستروژن سرد کیفیت سطحی بالایی داشته و لذا خاصیت اصطکاکی مناسبی دارند. بنابراین با فرض اینکه کیفیت سطح قالب خوب بوده و مواد روغنکاری و روش انتقال مواد روغنکاری درست انتخاب شده و نیز تغییر شکل درحد مجاز باقی می‌ماند، می توان گفت که در سطوحی که جریان ماده در آنها ایجاد می شود صافی سطح در محدوده Rt = 5-10 µm بدست می آید.

۷-۱-۲ فرآیند حدیده‌کاری غلتکی (Flow Forming)

تهیه استوانه‌های جدار نازک از لوله‌های با جدار کلفت تر طی فرایند حدیده کاری غلتکی امکان پذیراست. همان گونه که در شکل ۷-۴ مشاهده می شود، غلتک‌های داخلی با فشردن ماده به یک حلقه محدود کننده خارجی، قطر داخلی را افزایش می دهند. با کاهش ضخامت دیواره، بر طول لوله افزوده می شود. در شکل ۷-۵ قطر داخلی ثابت نگه داشته شده است و غلتک خارجی ماده را به سمبه داخلی فشار می دهد. هر چند استوانه‌هایی به قطر ۲۰ تا ۴۰۰۰ میلی متر (۰/۷۵ تا ۱۵۶ اینچ) با این روش تهیه می شوند، ولی کاربرد معمولی آن برای محدوده ۷۵ تا ۵۰۰ میلی متر (۳ تا ۲۰ اینچ) است.



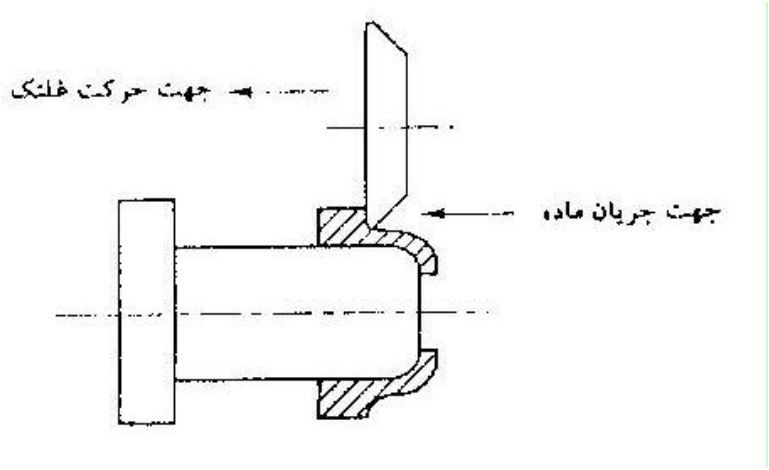
شکل ۷-۴: حدیده کاری داخلی *شکل ۷-۵: حدیده‌کاری خارجی*

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۷-۱-۳ فرآیند شکل‌دادن برشی (Spinning)

شکل دادن برشی یا چرخاندن برای تولید مخروط، نیم کره و شکل‌های مشابه به کار می رود. این فرایند نوع ساده فرایند چرخاندن است که طی آن فاصله هر جزء واقع بر صفحه شکل داده نشده تا محور چرخش ثابت می ماند. به این دلیل، جریان فلز فقط در اثر تغییر شکل برشی است. شکل‌های استوانه ای را می توان به هر دو روش مستقیم و غیر مستقیم شکل داد. همان طور که در شکل ۷-۶ دیده می شود، در روش مستقیم طول محصول توسط طول سمبه محدود می شود. نمایش ترسیمی روش غیر مستقیم ضرورت ندارد زیرا این روش عملاً همان فرایند حدیده کاری غلتکی است.



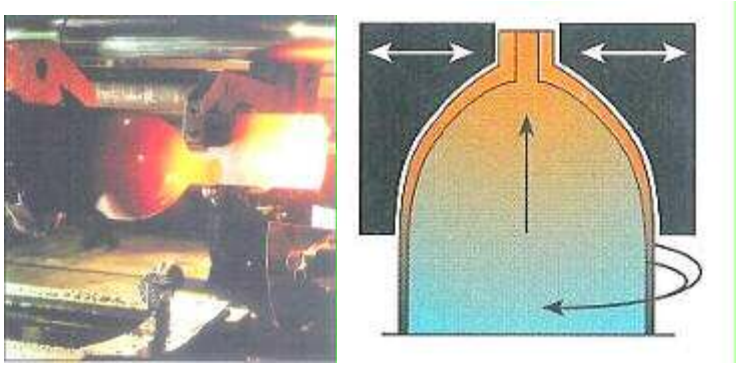
شکل ۷-۶: شکل دادن برشی مستقیم

شکل دادن استوانه‌های جدارنازک و بلند به روش ترمیم یا اصلاح[1] که در شکل ۷-۷ نشان داده شده است، انجام می شود. این روش ترکیبی از شکل دادن برشی و چرخاندن معمولی است. در مرحله اول هیچ تغییر قطری در کار صورت نمی گیرد (شکل دادن برشی)، در حالی که در مراحل بعد شکل مخروطی به صورت استوانه ای کشیده می شود (چرخاندن).

[1] Flow Reform

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir



شکل ۷-۷: شکل‌دهی به‌روش فلو-ریفورم برای استوانه‌های بلند

۷-۱-٤ فرآیند تولید سیلندر از پوکه فلزی

پس از اینکه بدنه استوانه شکل با یکی از سه روش لوله بدون درز، کشش ورق و اکسترود شمشال چهار گوش آماده شد، در مرحله بعد کنترل جداره سیلندرها[1] انجام خواهد شد. انتهای سیلندرها در این قسمت از یک سو بشکل تقریباً کروی بسته و از سمت دیگر باز هستند. مرحله بعدی فرایند تولید که به گردنه زنی[2] معروف است، بستن سر سیلندرها و شکل دادن بگونه ای است که بتوان برآن تجهیزات اضافی مانند شیرآلات را نصب کرد.

در فرآیند اسپینیگ، سر باز سیلندرها پس از گداخته شدن، توسط دستگاه مخصوص کنترل عددی[3] سه محور شکل داده می شود. بطور کلی پس از اینکه عملیات اسپینینگ به پایان می رسد، سر باز سیلندرها بسته شده و گلوگاه ویژه ای در ادامه آن ایجاد می‌شود. بنابراین بایستی در مرحله بعدی که به ماشین گردنه زنی معروف است گلوگاه مذکور توسط دستگاه تراش CNC سه محور، جداره و پیشانی تراشی و سپس سوراخکاری شده و جهت بستن شیر، قلاویز زده و رزوه تراشی گردد. پس از این مرحله سیلندرها که دیگر به شکل اصلی خود رسیده اند به قسمت عملیات حرارتی و تمپر[4] می روند تا تحت

[1] Shell inspection
[2] Neck Spinning
[3] CNC
[4] Quenching & Tempering

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

سیکل رفت و برگشت عملیات حرارتی تنش زدائی شوند تا از ترک‌ها و یا تغییر شکل‌های ناخواسته جلوگیری شود.

این تنش‌ها که از نوع تنش‌های پسماند[1] هستند از تنش‌های حرارتی مراحل قبلی نظیر اسپینینگ و تنش‌های مکانیکی ناشی از عملیات ماشین کاری بوجودآمده اند. در سیکل عملیات حرارتی این تنشها با استفاده از کوره‌های الکتریکی برای سیکل رفت و روغن داغ جهت سیکل برگشت زدوده می شوند. سیلندرها تا درجه حرارت ۸۰۰ الی ۹۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و سپس در مدت زمان حدود ۵ ساعت سرد می شوند.

سیلندرهای عاری از تنش‌های پسماند، دراین مرحله به قسمت تمیز کاری داخلی و خارجی[2] توسط هوای فشرده خواهند رفت. در این مرحله علاوه بر اینکه هر گونه ذرات اضافی و پوسته‌های زائد از سیلندرها زدوده می شوند، در اثر اصابت دانه‌های ریز ماسه سختی سطحی مناسبی نیز در آنها بوجود می‌آید.

انجام آزمایش سختی سطحی[3]، مرحله بعدی خط تولید سیلندرها خواهد بود چرا که سیلندرها بایستی از سختی سطحی مناسبی برخوردار باشند تا بتواند در مقابل ضربات خارجی ناشی از جاسازی آنها در صندوق عقب مصون بمانند.

از دیگر مراحل بازرسی حین عملیات تولید بازرسی چشمی[4] است که سیلندرها تحت بازرسی فیزیکی قرارخواهند گرفت. با توجه به اینکه سیلندر ممکن است عیوب ساختاری نظیر ترک‌های ریز و عدم یکنواختی داشته باشند و در حالت بازرسی فیزیکی دیده نشوند یک مرحله کنترل با استفاده از دستگاه التراسونیک[5] انجام خواهد شد. در این مرحله کلیه سیلندرها مورد بازرسی التراسونیک قرار می گیرند و موارد دارای عیب از خط تولید خارج می شوند.

[1] Residual stress
[2] Internal & External Shot blasting
[3] Hardness testing
[4] Visual Inspection
[5] Ultrasonic Inspection

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

ثبت مشخصات فنی و سازنده هر سیلندر الزامیست، لذا در مرحله بعدی مشخصات فنی سیلندر نظیر فشار کاری، فشار هیدروتست، نوع گاز داخل سیلندر بهمراه نام شرکت سازنده و تاریخ تولید ثبت[1] می گردد.

پس از قسمت مذکور سیلندرها بایستی تحت آزمایش هیدروتست[2] قرار گیرند. در این مرحله هر سیلندر با آب پر شده و تا bar ۳۰۰ تحت فشار قرار می گیرد. چنانچه سیلندری بتواند از این مرحله با موفقیت عبور کند می تواند جهت استفاده به بازار عرضه شود.

با توجه به اینکه سیلندرها در معرض خوردگی با مواد شیمیایی و زنگ زدگی و یا عوامل فیزیکی قرار می گیرند بایستی جدار خارجی آنها بدقت رنگ آمیزی شود. در این مرحله سطوح خارجی سیلندر عموماً با رنگ‌های پودری و به روش الکترواستاتیک پوشش[3] داده می شوند. روش کار در این قسمت بدین صورت است که سیلندرها توسط غلتک‌های V شکل به ابتدای سالن رنگ آورده شده، سپس توسط نوار نقاله ای که در سقف سالن قرار دارد و بوسیله پیچهایی که در دهانه آنها پیچیده می شود حرکت کرده و در معرض پاشش افشانک‌هایی که در امتداد عمودی حرکت می کند قرار می گیرند. هر سیلندر در این زمان توسط نوار نقاله سقفی به دور خود حرکت می کند تا رنگ بطور یکنواخت برروی بدنه آن پاشیده شود.

لازم به ذکر است که سیلندرها قبل از وارد شدن به قسمت رنگ، توسط هوای گرم کوره مخصوصی تا حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و پس از پاشش رنگ مجدداً خنک می شوند.

پس از این مرحله در مرحله نهائی دهانه سیلندرها توسط درپوش‌های مخصوص و یا در صورت سفارش با شیرهای دستی و نیوماتیک بسته شده و گیره‌های دستی برای حمل و نقل به آنها اضافه خواهد شد. سیلندرها مجدداً مورد بازرسی نهایی قرار گرفته و برای بسته بندی به بخش بسته بندی و حمل[4] به انبار فرستاده می شوند. در تمام مراحل یاد شده جابجائی سیلندرها برروی غلتک‌های فلزی که همگی در جهات

---

[1] Stamp Marking
[2] Prof or Volumetric Expansion Hydro test
[3] Surface Coating
[4] Packing & Shipping

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

مختلف برروی میزهای بخصوصی حرکت می‌کنند انجام می‌شود و چنانچه هدف حرکت سیلندرها بصورت طولی باشد نوع رولیک‌ها از حالت تخت (استوانه ای) به حالت V شکل تغییر پیدا می کند.

۷-۱-۵ مقایسه مزایای روش‌های تولید سیلندر

همانگونه که قبلاً اشاره شد سیلندرها عموماً با استفاده از ورق، لوله بدون درز و شمشالهای چهارگوش فولادی تولید می شوند. هرکدام از روشهای فوق دارای مزایا و معایبی هستند که بررسی آنها با در نظر گرفتن شرایط و امکانات داخل کشور جهت ارزیابی احداث این واحدها حائز اهمیت خواهد بود. لذا در ادامه بطور اجمال به مزایا و معایب تولید سیلندر با استفاده از سه روش یاد شده پرداخته می شود.

۷-۱-۵-۱ *مزایای تولید سیلندرهای نوع اول با استفاده از ورق‌های فولادی*

با توجه به روش تولید و مواد اولیه مورد نیاز مزایای تولید سیلندر با استفاده از این روش عبارتند از:

- امکان استفاده از خط تولید با تکنولوژی قابل دسترس جهت تولید بدنه استوانه شکل

باتوجه به اینکه خط تولید در این روش عموماً از پرسهای هیدرولیک و قالبهای کشش تشکیل می شود و در حال حاضر صنایع مختلف فعال در کشور از این تجهیزات استفاده نموده و حتی قابلیت تولید آنرا نیز دارند، راه اندازی خط تولید سیلندر با این روش دارای مزیت می باشد.

- امکان تهیه مواد اولیه در داخل کشور

هم اکنون صنایع فولادسازی کشور در زمینه تولید ورق‌های فولادی فعال هستند. با توجه به بررسی‌های بعمل آمده امکان تولید ورق‌های مورد نیاز در کشور میسر است.

- قابلیت انبارش بیشتر مواد اولیه

نظر به اینکه امکان قراردادن ورق‌های فولادی بصورت بسته ای برروی یکدیگر بیشتر از سایر مواد اولیه می باشد، لذا در این روش به مساحت انبار کمتری نیاز می باشد.

- امکان جابجایی وحمل ونقل راحت‌تر مواد اولیه

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

باتوجه به اینکه امکان جابجایی و راندمان حمل و نقل ورق‌های فولادی بالاتر از لوله‌های بدون درز می‌باشد، هزینه حمل ونقل خارج از کارخانه کمتر بوده و جابجایی آنها در داخل کارخانه نیز با سهولت بیشتری انجام خواهد شد.

- ارزانتر بودن مواد اولیه

باتوجه به اینکه لوله‌های فولادی بدون درز مورد استفاده در تولید این سیلندرها از خارج از کشور تهیه شده و تولید آن در انحصار چند شرکت معدود می باشد، امکان تهیه ارزان تر ورق‌های فولادی در داخل و یا حتی واردات آن بیشتر است.

- امکان دستیابی به دقت‌های بالاتر در محصولات

نظر به اینکه خط تولید در این روش صرفاً جهت تولید سیلندرهای CNG طراحی می شود و در مقابل تولید کنندگان لوله‌های بدون درز محصولات خود را جهت استفاده‌های عام تری تولید می کنند، تلرانسهای مدنظر در استانداردهای تولید این سیلندرها در روش تولید با ورق کاملاً قابل رعایت است.

- سبکتر بودن سیلندرهای تولید شده

باتوجه به اینکه امکان دسترسی به حداقل ضخامت استاندارد جداره سیلندرها در این روش بعلت بسته تربودن تلرانسهای اعمال شده بر پروفیل سیلندرها بیشتر است لذا سیلندرهای تولید شده دارای وزن کمتری نسبت به نوع مشابه تولید شده از لوله می باشد. از آنجا که سبکتر بودن سیلندرهای استفاده شده در خودرو دارای مزایای فراوانی می باشد، لذا تولید با این روش مناسب تر است. بعنوان مثال یک سیلندر ۱۰۰ لیتری نوع اول با قطر ۴۰۵ mm ساخت یکی از کارخانجات معتبر با استفاده از لوله فولادی حدود kg ۱۱۷ و با استفاده از ورق فولادی در شرکتی دیگر نزدیک به kg ۸۲ وزن خواهد داشت.

۲-۵-۱-۷ مزایای تولید سیلندر نوع اول با استفاده از لوله‌های فولادی بدون درز

استفاده از این روش حائز مزایایی است که به آن اشاره می شود:

- هزینه کمتر تولید

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

امروزه لوله‌های فولادی بدون درز توسط چند شرکت اروپائی، ژاپنی و کره ای قابل تهیه است لذا باتوجه به امکان تهیه مواد اولیه آماده، فرآیند تولید بدنه استوانه شکل مورد نیاز نخواهد بود. بنابراین هزینه‌های جاری تولید، نظیر هزینه‌های پرسنلی و تسهیلات جانبی مثل آب، برق و گاز حذف خواهد شد. بنابراین چنانچه بتوان مواد اولیه را بصورت ارزان و دائم در این روش تأمین نمود، هزینه تولید سیلندرها پایین تر خواهد آمد.

- خط تولید کوتاه تر

باتوجه به اینکه از خط تولید سیلندرها، قسمتهای برش ورق، پرسها و عملیات حرارتی حذف خواهد شد، لذا خط تولید این محصول کوتاه تر شده و بعبارتی چیده مان (Layout) کارخانه در مساحت کمتری انجام خواهد شد.

- هزینه کمتر سرمایه گذاری اولیه

نظر به اینکه تجهیزات مربوط به تولید بدنه استوانه شکل از فرآیند تولید حذف خواهند شد، سرمایه گذاری اولیه جهت خرید تجهیزات، احداث سالن و ابنیه، زمین و تسهیلات جانبی حذف خواهد شد. بنابراین چنانچه در ابتدای راه اندازی کارخانه انجام سرمایه گذاری کمتری مدنظر باشد، این روش مناسبتر است.

- امکان تولید سیلندر در اقطار متنوع تر

باتوجه به اینکه لوله‌های بدون درز بصورت استاندارد در اقطار متعددی تولید می شوند، امکان ساخت سیلندر با تنوع بیشتر نسبت به روشهای دیگر وجود دارد. بنابراین چنانچه در محل نصب سیلندرها در اتومبیل محدودیتی وجود داشته باشد، قبول سفارش با اقطار دیگر امکان پذیر است.

- امکان تولید سیلندر با احجام متنوع تر

با توجه به اینکه در یک قطر یکسان حجم سیلندرها تابعی از طول قسمت استوانه ای شکل آنهاست، لذا می توان با برش لوله‌ها در طول مختلف سیلندرهای با حجم متفاوت تولید نمود. این روش از آن جهت

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

دارای مزیت است که در روش‌های دیگر تغییر قطر و یا طول سیلندرها باعث تعویض قالب‌ها و یا حتی تجهیزات خط تولید خواهد شد.

۳-۵-۱-۷ مزایای تولید سیلندرهای نوع اول با استفاده از Billet

استفاده از مفتول‌های چهار گوش فولادی در تولید سیلندرها دارای مزایای فراوانی است که می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- امکان استفاده از مواد اولیه در دسترس

با توجه به اینکه هم اکنون شرکتهای فولاد سازی کشور امکان تولید بیلت‌های با آلیاژ مورد نظر را دارا هستند و نیز می توان بسهولت این مواد را از خارج از کشور تأمین نمود، مشکلی بابت تهیه مواد اولیه موجود نمی باشد.

- امکان رسیدن به دقت‌های بالاتر و تلرانسهای بسته تر

با توجه به اینکه در فرآیند اکستروژن امکان دست یابی به تلرانسهای ذکر شده در استانداردهای مربوط وجود دارد، لذا این روش از این لحاظ دارای مزیت می باشد.

- امکان تولید سیلندر با ضخامت جداره دلخواه

فرآیند تولید لوله با استفاده از روش اکستروژن معکوس، فرایندی تحت کنترل بوده و می توان با انجام چند مرحله کشش و اتوکاری به ضخامت داخلی و خارجی مناسب جداره دست یافت.

- امکان انبارش بیشتر مواد اولیه

با توجه به اینکه امکان قراردادن مفتول‌های چهارگوش برروی یکدیگر بیشتر از لوله‌های فولادی می باشد از این بابت نیاز به مساحت انبار کمتری می باشد.

- امکان حمل و نقل و جابجایی راحتتر مواد اولیه

این روش نیز مانند روش تولید از ورق دارای راندمان بالاتری جهت حمل و نقل مواد اولیه می باشد.

- ارزانتربودن مواد اولیه

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

باتوجه به اینکه امکان تهیه این مواد در داخل کشور وجود دارد، تهیه آنها ارزانتر از لوله‌های بدون درز فولادی می باشد.

۷-۱-٦ مقایسه معایب روش‌های تولید سیلندر

۷-۱-٦-۱ معایب استفاده از روش تولید سیلندر با ورق

این روش دارای معایبی نیز می باشد که در ادامه خواهد آمد.

- خط تولید طویل تر

با توجه به اینکه بدنه استوانه شکل تولید شده در این روش منحصراً جهت تولید سیلندر بکار می رود لذا بایستی خط تولید پوکه فلزی اولیه در داخل کارخانه راه اندازی شود و ازاین بابت نیاز به خط تولید طویل تری می باشد.

- سرمایه گذاری اولیه زیاد تر

با توجه به ضرورت ایجاد خط تولید بدنه استوانه شکل، نیاز به سرمایه گذاری اولیه زیادتری نسبت به روش تولید از لوله می باشد. شایان ذکر است که ایجاد خط تولید لوله بدون درز جهت صرفاً یک کارخانه تولید سیلندر مقرون به صرفه نمی باشد.

- هزینه تولید بالاتر

با توجه به بزرگتر بودن خط تولید و وجود تجهیزات بیشتر هزینه‌های جاری تولید نظیر هزینه‌های پرسنلی، تعمیرات و نگهداری، ساختمان و زمین و در نهایت تسهیلات جانبی تولید (Utilities)، بالاتر می باشد.

- دور ریز مواد اولیه

مواد اولیه مورد نیاز در این روش یک دیسک بریده شده از ورق چهار گوش فولادی با ضخامت معین می باشد. لذا درصد قابل ملاحظه ای از مواد اولیه دور ریز می شود.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۷-۱-۶-۲ معایب استفاده از روش تولید سیلندر با لوله

روش تولید سیلندر با استفاده از لوله نیز دارای معایبی است که باختصار به آن پرداخته می شود.

- سنگین شدن وزن سیلندر

با توجه به اینکه لوله‌های بدون درز تولید شده توسط کارخانجات لوله سازی برای استفاده‌های متعددی به بازار عرضه می شوند، لذا ضخامت بدنه آنها بیشتر از میزان مورد نیاز در ساخت سیلندرها می باشد. بنابراین وزن سیلندرهای تولید شده بیشتر خواهد شد. البته جهت کاهش این ضخامت در بعضی از شرکتها از دستگاه فلوفورمینگ استفاده می شود که علاوه بر هزینه بالای خرید، از هزینه تعمیرات و نگهداری بالایی نیز برخوردار است.

- دور ریز مواد اولیه

با توجه به اینکه برای تولید سیلندر با احجام مختلف با قطر ثابت، طول بخصوص از لوله مدنظر است، لذا لوله‌ها به اندازه‌های متفاوتی برش خواهند خورد. از آنجای که لوله‌ها عموماً در شاخه‌های ۶ یا ۱۲ متری تولید می شوند، از هر شاخه مقداری از آن بلااستفاده می ماند. درصد متوسط دور ریز در این روش حدود ۱۰٪ می باشد.

- عدم سهولت در تأمین مواد اولیه

لوله‌های بدون درز در کارخانجات ویژه ای تولید می شوند. این کارخانه‌ها که عموماً در کشورهای غربی مشغول بکار هستند معمولاً محصولات خود را در محدوده خاصی به بازار عرضه می کنند و لذا تولید در خارج از محدود تولیدات استاندارد آنها بسیار گران و یا عملاً امکان پذیر نخواهد بود. از طرف دیگر سوابق نشان داده است که خرید محصولات استاندارد آنها نیز تاکنون با مشکلات عدیده ای مواجه بوده است.

۷-۱-۶-۳ معایب استفاده از روش تولید با Billet

معایب تولید با این روش عبارتند از:

- محدودیت در تولید سیلندرها با اقطار بزرگ ($d < 230$ mm)

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

با توجه به نیاز عملیات اکستروژن به نیروی بسیار زیاد سنبه عملاً تولید لوله با این روش برای اقطار بزرگ مقرون به صرفه نمی باشد.

- محدودیت در تولید سیلندرهای با طول زیاد ($L < 1000$ mm)

با توجه به محدودیت در طول سنبه، طول سیلندرها هم نمی تواند عملاً از حد بخصوصی بزرگتر شود.

- سرمایه گذاری اولیه زیاد

با توجه به اینکه پروسه تولید جداره استوانه شکل با این روش نیازمند استفاده از تجهیزات خاصی نظیر دستگاه Cupping & Hot Piercing و نیز کوره‌های مخصوص می باشد، سرمایه گذاری اولیه جهت خرید تجهیزات، احداث ساختمان و خرید زمین نسبت به روش تولید از لوله، بیشتر خواهد بود.

- هزینه تولید بالاتر

با توجه به اضافه شدن مراحل تولید جداره استوانه شکل، هزینه‌های پرسنلی، تعمیرات و نگهداری، تسهیلات جانبی مرتبط با این قسمت به سایر هزینه‌های تولید اضافه خواهد شد.

۲-۷ تولید مخازن نوع دوم

تولید مخازن نوع دوم شامل دو مرحلهٔ اصلی می‌باشد. در مرحلهٔ اول آستری مخازن با استفاده از روش‌هایی که در تولید مخازن نوع ۱ مطرح شدند از فولاد یا آلومینیوم تولید می‌شود و در مرحلهٔ دوم این لایهٔ آستری با الیاف پیچی پیوسته تقویت می‌شود. در این نوع مخازن لایهٔ الیاف فقط به‌صورت محیطی پیچیده می‌شود و درنتیجه قسمتی از فشار داخلی را تحمل می‌نماید.

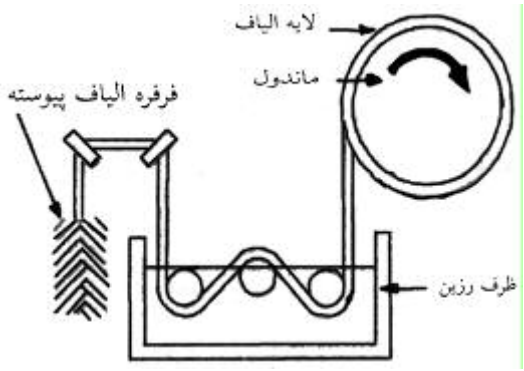
الیاف‌پیچی در مخازن نوع دوم به‌صورت محیطی مانند شکل ۷-۸ انجام می‌شود. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود الیاف که معمولاً از جنس شیشه، کربن، آرامید یا هیبرید هستند در حوضچه‌های رزین، به رزین آغشته شده و به‌صورت شعاعی با دستگاه مخصوص الیاف پیچی به محیط آستری‌ها پیچیده می‌شوند. پس از این‌که الیاف‌پیچی تمام شد، مواد کامپوزیتی با استفاده از پروفیل دمایی کنترل‌شده و با

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

پرکردن مخزن بین ۱۰۵ تا ۱۱۵ درصد مقدار حداقل آزمون فشار، اتوفرتاژ[1] می‌شوند. رزین‌ها یکی از عوامل بسیار مهم در کارکرد مخازن کامپوزیتی می‌باشند. در ابتدای شروع گسیختگی، مواد ماتریسی که به الیاف اضافه می‌شوند نیروهای وارده را به اطراف منتقل می‌کنند، بنابراین باید استحکام رزین‌ها با استحکام الیاف هم‌خوانی داشته باشد. در طراحی و انجام فرآیند الیاف‌پیچی باید به موارد زیر توجه کرد:

- مواد الیاف، خواص مکانیکی و مشخصات مورد نیاز
- ترکیب الیاف، هندسهٔ رشته‌ها و عملکرد آن‌ها
- سیستم رزین، اجزای اصلی و مشخصات آن‌ها درجایی‌که به‌کار می‌روند.
- سیستم رزین، پخت مواد و مشخصات آن‌ها درجایی‌که به کار می‌روند.
- سیستم رزین، تسریع کننده‌ها، مواد و مشخصات آن‌ها درجایی‌که به‌کار می‌روند.
- ترکیب مواد پیچیده‌شده
- فرآیندهای پخت، دماها، دورهٔ زمانی و تلرانس‌ها



شکل ۷-۸: چگونگی الیاف پیچی به‌صورت محیطی

۳-۷ تولید مخازن نوع سوم

آستری این نوع مخازن یک جدارهٔ نازک آلومینیومی می‌باشد که روی آن به‌صورت محیطی و محوری به‌طور کامل پیچیده شده است[2]. بنابراین این لایه‌های کامپوزیتی قادر به تحمل نیروها هم در جهت شعاعی

[1] - Autofrettage
[2] - Fully Wrapped

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

و هم در جهت محوری خواهند بود. برای تولید آستری از لوله، ابتدا لولهٔ آلومینیومی به‌وسیلهٔ اکستروژن داغ[1] مفتول آلومینیومی تهیه می‌شود و سپس سایر مراحل مانند تولید مخازن نوع ۱ از لوله می‌باشد.

دقت در الیاف پیچی سریع پیوسته طبق یک برنامهٔ از پیش تعیین‌شده، پایه و اساس فرایند الیاف‌پیچی می‌باشد. این فرایند به طراحان این توانایی را می‌دهد تا با استفاده از قراردادن دقیق خصوصیات مکانیکی در مکان‌های مورد نیاز، مخازنی با استحکام بالا تولید کنند. همچنین این مسأله به طراحان اجازه می‌دهد تا مقاومت گرمایی، استحکام و سختی مواد را بهینه نمایند. مطالب فوق به این معنی است که مهندسان قدرت تغییر متغیرهای لازم را برای دستیابی به خصوصیاتی با خواست مشتریان خواهند داشت.

ماشین الیاف‌پیچی، یک ماشین کنترل عددی کامپیوتری (CNC) می‌باشد و از سیستم خودکار با کارایی بالایی برخوردار است، به‌طوری که راه‌اندازی و عمل کردن آن می‌تواند در چند دقیقه انجام گردد. این دستگاه محدود به الیاف پیچی در شکل‌های استوانه‌ای نمی‌باشد بلکه می‌توان هر شکل قابل‌تصوری را از طریق این دستگاه الیاف‌پیچی نمود.

تجهیزات دستگاه از مواد مختلفی مانند آهن، آلومینیوم، سرامیک و کامپوزیت ساخته می‌شوند. در دستگاه‌های پیشرفته می‌توان الیاف‌پیچی با ماتریس رزین و الیاف پخته‌شده را نه‌تنها در دمای اتاق بلکه بسته به نوع ماتریس رزین به‌کار رفته حتی در کوره‌ای با یک پروفیل دمایی کنترل شده انجام داد. قطر و خروج از مرکز محور بخوبی کنترل می‌شود تا با نگهداری سطح مشترک کامپوزیت و اجزای دستگاه بتوان هم‌مرکزی کامپوزیت نهایی را حفظ کرد و از کج‌شدن آن در امتداد طول جلوگیری نمود.

در ابتدا برای عملیات الیاف پیچی، قرقره‌های الیاف خشک طوری تنظیم می‌شوند که تنش مشخصی در الیاف به‌وجود آید. این کشیدگی، در پارامترهای مقاومت و سختی کامپوزیت تأثیر دارد. پس از این مرحله الیاف از حوضچه رزین عبور کرده و به رزین آغشته می‌شوند، سپس الیاف کشیده شده و عریض می‌شوند. در این مرحله الیاف آمادهٔ پیچیده شدن می‌باشند. الیاف بعد از خروج از حمام رزین توسط دستگاه

[1] - Hot Extrusion

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

الیاف‌پیچی CNC روی مخزن پیچیده می‌شوند. این پیچش بسته به نوع مخزن می‌تواند محیطی، محوری، مارپیچی[1] (ضربدری) یا ترکیبی از آن‌ها باشد. پس از پایان یافتن الیاف‌پیچی، مخازن از دستگاه خارج می‌شوند. در این مرحله پخت روی مخزن اجرا می‌شود. پخت رزین ماتریس، اثر مستقیمی بر عملکرد ساختار کامپوزیت دارد. برای بهینه‌سازی عملکرد کامپوزیت، زمان و دمای پخت کنترل می‌شوند. عمل کنترل توسط کنترل‌کننده‌های الکتریکی انجام می‌شود و دمای دیگ پخت را به‌صورت کنترل شده‌ای در دماهای مورد نظر نگه می‌دارند. این عمل تضمین می‌کند که ساختار کامپوزیتی به خصوصیات تعیین‌شده در طراحی رسیده‌است. بعد از اتمام مرحلهٔ پخت مخازن از دیگ پخت خارج می‌شوند و برای بسته‌بندی آماده می‌شوند. انجام این مراحل، مخازنی کم‌وزن و با کارایی بالا را نتیجه می‌دهد.

۷-٤ تولید مخازن نوع چهارم

آستری این نوع از مخازن برخلاف مخازن نوع ۱، ۲ و ۳ به‌جای فولاد یا آلومینیوم از جنس پلیمرهایی نظیر پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) می‌باشد. از آنجاکه آستری این مخازن پلیمری است، بنابراین باید نافی برای نصب شیر و سایر متعلقات از جنس فلز باشد. طراحی و ساخت مناسب این نافی از نشتی گاز در فشارهای بالا جلوگیری کرده و باعث آب‌بندی قسمت فلزی و پلیمری می‌شود. می‌توان از چسب برای آب‌بندی بهتر این قسمت استفاده کرد. برای تولید قسمت پلیمری از قالب‌گیری چرخشی استفاده می‌شود. در این روش قالب‌ها با زاویهٔ ۴۵ درجه چرخانده می‌شوند و حرارت داده می‌شوند تا گلوله‌های پلیمری ذوب‌شده و به‌شکل نیم‌استوانه درآیند. این عملیات برای نیمهٔ دیگر نیز تکرار می‌شود. بعد از این مراحل، قالب به‌صورت افقی قرار می‌گیرد و حرارت داده می‌شود تا قسمت استوانه‌ای آن، شکل گیرد. وظیفهٔ آستری، فراهم کردن یک مانع در مقابل فشار گاز می‌باشد. آستری به‌عنوان یک جزء ساختاری درنظر گرفته نمی‌شود و با توجه به مزیت پایین بودن مدول الاستیسیتهٔ آن قادر خواهد بود همهٔ بار را به پوستهٔ ساختاری مخزن

[1] - Helical

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

منتقل کند. یکی از فواید اولیهٔ آستر پلاستیکی حذف محدودیت‌های آسترهای فلزی در وضعیت خستگی‌های ناشی از سیکل عمری می‌باشد.

پوستهٔ کامپوزیتی ساختاری، یک کامپوزیت الیافی- اپوکسی پیوسته است که با الیاف پیچی تولید می‌شود. ساختمان اصلی پوستهٔ این مخازن یک ساختار هیبرید از الیاف کربن و شیشه می‌باشد. الیاف کربن عملکرد مقاومتی بالایی نسبت به وزن دارند، همچنین الیاف کربن خصوصیاتی از قبیل، مقاومت عالی در برابر خستگی، غیرحساس بودن به اثرات محیطی و عملکرد با اطمینان بالایی را دارا می‌باشند. الیاف شیشه خاصیت دوام مخازن را افزایش می‌دهد. این دو ماده یکدیگر را تقویت کرده و یک ساختار بادوام و با کارایی بالا را به‌وجود می‌آورند. روش الیاف پیچی مانند آنچه که برای مخازن نوع سوم ارائه شد، می‌باشد.

طرح شماتیکی از چگونگی الیاف پیچی به‌صورت محوری و محیطی در شکل ۷-۹ برای مخازن نوع ۳ و ۴ آمده‌است.

شکل ۷-۹: طرح شماتیکی از الیاف پیچی کامپوزیتی به دور لایهٔ آستری

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۸- شرایط کاری مخازن

۸-۱ عمر کاری

طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۸ عمر مفید مخزن بایدتوسط کارخانه سازنده تعریف شود که ممکن است در موارد کاربردی مختلف متفاوت باشد. محدوده عمر مفید مخزن از ۱۰۰۰ دفعه پرکردن مخزن در سال و تا حداقل ۱۵۰۰۰ دفعه پرکردن است. این عمر مفید باید حداکثر ۲۰ سال باشد.

عمر مخازن فلزی و مخازن با لایه داخلی فلزی، براساس نرخ رشد ترک خستگی[1] تعیین می‌شود. به منظور حصول اطمینان از عدم وجود آن دسته از ترک‌هایی[2] که اندازه آنها از حداکثر مقدار مجاز فراتر رفته است، باید از روش آزمون التراسونیک یا روشهای مشابه استفاده کرد. این روش برای سازندگان مخازن مورد استفاده در خودروهای با سوخت گاز طبیعی فشرده، امکان طراحی و ساخت بهینه را فراهم می‌سازد.

«عمر ایمن»[3] مخازن تمام کامپوزیتی که لایه داخلی غیرفلزی آنها تحت بار قرار نمی‌گیرد، توسط روش‌های مناسب طراحی، آزمون کیفیت سنجی طراحی و کنترل‌های تولید حاصل می‌شود.

در مخازن تمام مرکبی که دارای لایه داخلی غیر فلزی هستند و هیچ باری به آنها وارد نمی شود، عمر کاری باید با توجه به روش‌های متناسب طراحی، آزمون ارزیابی طراحی و کنترل‌های ساخت تعیین شود

۸-۲ حداکثر فشارها

در طراحی مخازن مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۸ فشار کاری ۲۰۰ بار در دمای تعادل ۱۵ درجه سلسیوس گاز طبیعی تثبیت شده است و برای حداکثر فشار پر شدن ۲۶۰ بار پایه ریزی شده است. می توان با تصحیح فشار با ضریب مناسب، سایر فشارها را نیز سازگار کرد مثلاً دریک سیستم با فشار کاری

[1]- Rate of fatigue crack growth
[2]- Flaws
[3]- Safe life

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۲۵۰ بار، فشارها باید در ۱/۲۵ ضرب شوند. به جز در شرایطی که فشارها به این صورت تنظیم شوند، مخازن باید طوری طراحی شوند که مناسب محدوده‌های فشار زیر باشند.

- فشاری که در دمای تعادل ۱۵ درجه سلسیوس در ۲۰۰ بار به تعادل برسد.
- بدون توجه به شرایط پر کردن یا دما، حداکثر فشار نباید از ۲۶۰ بار تجاوز کند.

۸-۳ حداکثر تعداد چرخه پرکردن مخزن

مخازن باید بگونه‌ای طراحی شوند که بتوانند بیش از ۱۰۰۰ دفعه پرشدن در سال توسط گاز دارای فشار تثبیت شده ۲۰ مگاپاسکال در دمای ۱۵ درجه سلسیوس را تحمل نمایند.

۸-٤ محدوده دما

۸-٤-۱ دمای گاز

مطابق استاندارد مخازن باید به گونه ای طراحی شوند تا برای محدوده دمای گاز زیر مناسب باشند:

- دمای تثبیت شده گاز در مخازن، می تواند از ۴۰- تا ۶۵ + درجه سلسیوس تغییر نماید.
- دماهای گاز که در حین پر شدن و تخلیه ایجاد شده و ممکن است از این محدوده فراتر رود

۸-٤-۲ دمای مخزن

مطابق استاندارد مخازن باید طوری طراحی شوند که برای محدوده دمای مواد زیر مناسب باشند.

- دمای بدنه مخزن می تواند ۴۰- درجه سلسیوس الی ۸۲ + درجه سلسیوس متغیر باشد.
- دمای بیش از ۶۵+ درجه سلسیوس باید به اندازه کافی موضعی و یا به مدت زمان کوتاه اعمال شود که دمای گاز داخل مخزن هرگز از ۶۵+ درجه سلسیوس بیشتر نشود مگر در شرایطی که در بند (بالا) ذکر شده است.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۸-۵ ترکیب گاز

مطابق استاندارد مخازن باید به گونه ای طراحی شوند که تحمل پر شدن با گاز طبیعی با مشخصات گاز خشک یا گاز مرطوب که در زیر تعریف شده اند را داشته باشند. البته متانول و یا گلیلول نباید به صورت عمدی به گاز طبیعی اضافه شوند.

۸-۵-۱ گاز خشک

مقدار بخار آب موجود در این گاز باید کمتر از ۳۲ میلی گرم در متر مکعب محدود باشد (یعنی دمای نقطه شبنم در فشار ۲۰۰ بار ۹- درجه سلسیوس است). حداکثر حدود مواد تشکیل دهنده باید مقادیر زیر باشد:

جدول ۸-۱: محدوده مواد تشکیل دهنده گاز خشک

سولفید هیدروژن و سایر سولفیدهای محلول	۲۳ میلی گرم در هر متر مکعب
اکسیژن	حداکثر ۱ درصد (نسبت حجمی)
هیدروژن، وقتی مخزن از فولادی ساخته شده باشد که مقاومت کششی نهایی آن بیش از ۹۵۰ مگا پاسکال باشد.	حداکثر ۲ درصد (نسبت حجمی)

۸-۵-۲ گاز مرطوب

به گازی که مقدار بخار آب موجود در آن بالاتر از حد مذکور در گاز خشک باشد گاز مرطوب اطلاق شده که باید با محدودیت‌های ترکیبی ذیل انطباق داشته باشد :

جدول ۸-۲: محدوده مواد تشکیل دهنده گاز مرطوب

سولفید هیدروژن و سایر سولفیدهای محلول	۲۳ میلی گرم در هر متر مکعب

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

اکسیژن	حداکثر ۱ درصد (نسبت حجمی)
دی اکسید کربن	حداکثر ۴ درصد (نسبت حجمی)
هیدروژن	حداکثر ۰/۱ درصد (نسبت حجمی)

۶-۸ سطوح خارجی

مطابق استاندارد لزومی ندارد مخازن برای قرار گرفتن پیوسته در برابر حمله مواد شیمیایی و یا آسیب‌های مکانیکی طراحی شوند. مثالهای از این آسیب‌ها عبارتند از نشت مواد شیمیایی از قسمت بار خودرو یا آسیب دیدگی ناشی از ساییدگی جدی در اثر شرایط جاده ای. اما سطوح خارجی مخازن باید طوری طراحی شوند که اگر نصب مخزن طبق دستور العمل‌های همراه آن انجام شده باشد، مخزن تحت شرایط زیر در برابر آثار نامطلوب مقاومت کند.

- آب، غوطه ور شدن منقطع در داخل آب و یا پاشیده شدن آب جاده روی آن
- نمک، در صورتی که خودرو در مناطق ساحلی کار می کند و یا جایی حرکت می کند که برای آب کردن یخها از نمک استفاده می شود.
- تابش پرتو ماوراء بنفش خورشید
- برخورد شن و سنگ
- مایع‌هایی که معمولاً در خودرو یافت و استفاده می شود از قبیل، بنزین، روغن هیدرولیک، اسید باتری، گلیلول و روغن

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۹- ترکیب فولاد

طبق استاندارد فولادهای مورد استفاده در مخازن یا لایه‌های داخلی بایداز نوع آرام شده[1] در اثر افزودن آلومینیوم یا سیلیکون بوده و با روشی که به عمدتاً دانه‌ریز شدن فولاد می‌انجامد تولید گردند.

ترکیب شیمیایی تمام فولادها باید حداقل با عناصر ذیل بیان و مشخص گردد :

الف ـ درصد کربن، منگنز، آلومینیوم و سیلیکون برای تمام فولادها

ب ـ درصد نیکل، کرم، مولیبدن، بور، وانادایم و هرگونه عنصر آلیاژی دیگر که عمدتاً به فولاد آلیاژی اضافه می‌شود.

در ترکیب شیمیایی مذاب باید محدوده‌های مذکور در جدول ۹-۱ رعایت گردد.

جدول ۹-۱- بیشترین درصد گوگرد و فسفر مجاز در ترکیب فولاد

مقاومت کششی	کمتر از ۹۵۰ مگاپاسکال	بزرگتر یا مساوی ۹۵۰ مگاپاسکال
گوگرد	۰/۰۲۰ درصد	۰/۰۱۰ درصد
فسفر	۰/۰۲۰ درصد	۰/۰۲۰ درصد
گوگرد و فسفر	۰/۰۳۰ درصد	۰/۰۲۵ درصد

[1] - فولاد آرام یا کشته (killed)، فولادی است که اکسیژن محلول در آن به کمک افزودن موادی مثل آلومینیوم، منگنز یا سیلیکون تقلیل یافته و در نتیجه از واکنش بین اکسیژن و کربن جلوگیری می‌شود.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

در صورت استفاده از فولاد کربن ـ بور، باید در هر عملیات حرارتی فولاد[1] آزمون سختی پذیری (قابلیت سخت کاری شدن) مطابق استاندارد و آخرین شمش[2] یا تختال[3] انجام پذیرد. مقدار سختی اندازه‌گیری شده در فاصله ۷/۹ میلی متر از انتهای خنک شده[4] باید در محدوده ۳۳ تا ۵۳ راکول C یا ۳۲۷ تا۵۶۰ ویکرز بوده و باید توسط تولیدکننده فولاد تصدیق و گزارش شود.

۱۰- فن‌آوری‌های جدید در مخازن CNG

۱۰-۱ سیستم ذخیره‌سازی ISS

سیستم ذخیره‌سازی گاز یکپارچه (Integrated Storage System) برای مخازن تمام کامپوزیت و مخازنی با قطر کوچک توسعه داده شده است. در این سیستم، مخازن توسط یک پوستهٔ الیاف شیشه‌ای با استحکام بالا و فوم جاذب ضربه، پوشش داده می‌شوند. ساختار سیستم شامل سلول‌های فشاری است که پوششی از ترکیب کربن، شیشه و اپوکسی دارند و یک فوم جاذب شوک و ضربه به‌همراه یک پوستهٔ شیشه‌ای آن‌را دربرگرفته‌است. ضخامت پوشش الیاف دیواره سلول‌های فشاری، برای جانمایی در اتومبیل بهینه شده‌اند و حفاظت از آن‌ها توسط قسمت‌های ISS فراهم می‌شود. پوستهٔ خارجی ISS با فوم جاذب شوک و ضربه در ارتباط است و سلول‌های فشاری را یکپارچه می‌سازد. این پوستهٔ خارجی سلول‌های فشاری را در مقابل بارهای موضعی، بارهای کلی و اثرات محیطی محافظت می‌کند. نمونه‌ای از این سیستم در شکل ۹-۱ نشان داده شده‌است.

سیستم ISS به‌عنوان یک مخزن واحد عمل کرده و دارای یک شیر قطع دستی، یک شیر سلونوئیدی برقی همراه با یک Pressure Relief Device (این شیر به‌صورت حرارتی عمل می‌کند) است. همگی این

[1]- Heat of steel
[2]- Ingot
[3]- Slab
[4]- Quenched

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

اجزا در سیستم واحد قرار دارند. در صورت عدم استفاده از سیستم ISS و به‌کارگیری چند مخزن جداگانه براساس استانداردهای ایمنی مجبور هستیم تعداد اجزاء را افزایش دهیم و درنتیجه هزینه افزایش می‌یابد.

سیستم لوله‌کشی ISS به‌طور کامل توسط یک فوم، از آسیب‌ها حفظ شده است و این فوم دارای یک پوشش محافظ از الیاف شیشه‌ای است که در هنگام تعمیرات می‌توان آن‌را جابه‌جا کرد. این سیستم حفاظتی نقش دوگانه‌ای را ایفا می‌کند. به طوری که علاوه بر حفاظت، گاز نشتی از مخازن و شیرآلات را به یک ناحیهٔ امن در زیر بدنهٔ خودرو انتقال می‌دهد. سیستم ISS توسط یک تسمهٔ فولادی به بدنهٔ خودرو متصل می‌شود.

شکل ۹-۱: سیستم ذخیره‌سازی ISS

۲-۱۰ مخازن تطابق‌پذیر

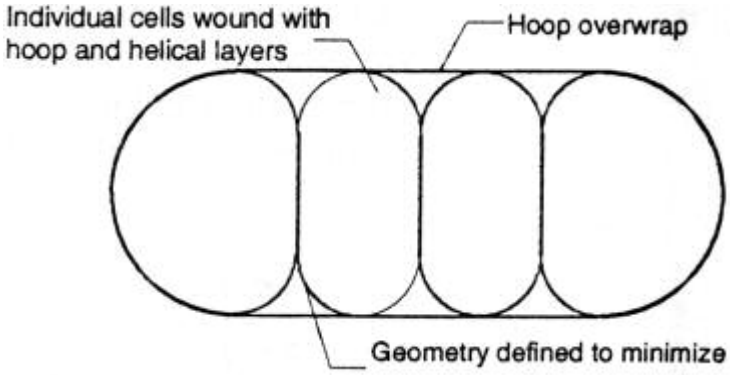
یکی از جدیدترین فناوری‌های شرکت ATK Thiokol Propulsion تولید مخازن نوع ۴ تطابق‌پذیر می‌باشد. این مخازن به‌صورت دوقلو یا سه‌قلو ساخته می‌شوند. در ابتدا مخازن به‌صورت منفرد ساخته می‌شوند و به‌صورت محیطی و محوری توسط الیاف پیچیده می‌شوند؛ سپس این مخازن به‌صورت دوقلو یا سه‌قلو به‌صورت محیطی به یکدیگر متصل می‌شوند. در شکل ۹-۲ سیستم ذخیره‌سازی با راندمان حجمی و فشار کاری بالا نشان داده شده‌است. مخازن کامپوزیتی الیاف کربن با استحکام بالا به‌همراه آسترهای پلاستیکی، مخازن کم‌وزن با نفوذپذیری پایین را برای نصب روی خودرو نتیجه می‌دهند. البته به‌طور

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

همزمان مخازن ذخیرهٔ تطابق‌پذیر، نتایجی را به‌همراه راندمان بالاتر در هنگام جانمایی روی خودرو ارائه می‌کنند. مخازن تطابق‌پذیر ظرفیتی بالاتر از ۵۰٪ ظرفیت مخازن موجود را می‌توانند فراهم کنند که با مخازن استوانه‌ای متداول قابل رقابت هستند. با ترکیب طراحی چندسلولی منحصربه‌فرد به‌همراه روش‌های ترکیبی توسعه‌یافته، مخازن تطابق‌پذیر به‌عنوان مخازن جایگزین پیشنهاد می‌شوند. شکل ۹-۳ یک نمونه از سیستم مخازن تطابق‌پذیر ساخته‌شده توسط شرکت THIOKOL را نشان می‌دهد.

طراحی، تحلیل، بهینه‌سازی مواد و فرآیندها و ساخت و آزمون مخازن، جهت اطمینان از توانایی تجهیزات در فشاربالا و به حداقل رساندن هزینه‌ها و الزامات مواد به‌کار رفته، انجام می‌گیرند. آخرین ایمنی‌ها و استانداردهای موجود برای مخازن فشاربالا، به منظور نصب روی خودرو و برای اطمینان از عملکرد آن در طول عمر طراحی مخازن (حدود ۱۵ تا ۲۰ سال) به‌کار برده می‌شوند. سیکل‌های فشار، آزمون حداکثر دما و آزمون تلرانس آسیب روی سیستم‌های ذخیره با مقیاس واقعی پیاده می‌شوند.



شکل ۹-۲: سیستم ذخیره‌سازی با راندمان حجمی بالا و فشار کاری بالا

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

شکل ۹-۳: سیستم ذخیره‌سازی با راندمان حجمی توسط شرکت THIOKOL

۱۱- آزمونهای کیفیت سنجی طراحی مخازن CNG

در جدول ۱۱-۱ آزمونهای کیفیت سنجی طراحی مخازن برای انواع مختلف مخازن بیان شده است. در این مبحث بعلت گستردگی استفاده مخازن نوع اول در ایران فقط از آزمونهای مربوط به مخازن نوع اول صحبت به میان آمده است، برای انواع دیگر مخازن آزمونها کمی متفاوت و تعداد آزمونها نیز بیشتر است که در صورت نیاز به بررسی بیشتر می‌توان به استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۸ مراجعه نمود.

جدول ۷- آزمون‌های کیفیت سنجی طراحی مخزن

آزمون مربوطه	نوع مخزن			
	CNG-1	CNG-2	CNG-3	CNG-4
ترکیدن	×	×	×	×
چرخه فشار در دمای محیط	×	×	×	×
محیط اسیدی		×	×	×
قرار گرفتن در معرض آتش	×	×	×	×
نفوذ گلوله	×	×	×	×
تعیین رواداری ترک		×	×	×
خزش در دمای بالا		×	×	×
شکست تسریعی		×	×	×

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

سقوط			×	×
نفوذ پذیری گاز				×
عملکرد (کارایی) وسیله اطمینان تخلیه فشار	×	×	×	×
گشتاور نافی				×
چرخه گاز طبیعی				×
ارزیابی عملکرد LBB	×	×	×	
چرخه فشار در دمای بسیار بالا		×	×	×
یادآوری ۱- *علامت × به معنی لزوم انجام آزمون است.*				

۱۱-۱ آزمون ترکیدن هیدرواستاتیک

پس از رسیدن فشار آزمون به ۸۰ درصد فشار طراحی ترکیدن، نرخ اعمال فشار نباید از ۱/۴ مگاپاسکال بر ثانیه بیشتر شود. اگر پس از رسیدن فشار آزمون به ۸۰ درصد فشار طراحی ترکیدن، نرخ اعمال فشار از ۳۵۰ کیلوپاسکال بر ثانیه بیشتر شود، مخزن بایستی بطور متقارن بین منبع فشار و وسیله اندازه‌گیری فشار قرار گرفته باشد، یا اینکه به هنگام رسیدن به حداقل فشار طراحی ترکیدن، اعمال فشار باید به مدت پنج ثانیه حفظ گردد. کمترین فشار ترکیدن باید حداقل ۴۵ مگاپاسکال بوده و در هیچ حالتی از مقدار لازم برای انطباق با الزامات نسبت تنش نباید کمتر باشد.

یادآوری ـ گسیختگی ممکن است در بخش استوانه‌ای یا عدسی مخزن رخ دهد.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۱۱-۲ آزمون چرخه فشار در دمای محیط

ابتدا مخزن مورد آزمون باید با یک مایع غیر خورنده مانند روغن، آب یا گلیکول پر شود. سپس برای انجام چرخه اعمال فشار، باید فشاری بین دو تا ۲۶ مگاپاسکال با نرخی کمتر از ده چرخه بر دقیقه به مخزن اعمال گردد. برای انجام این آزمون باید دو مخزن تکمیل شده را در دمای محیط تا مرحله واماندگی یا حداقل تا ۴۵۰۰۰ چرخه تحت آزمون چرخه فشار قرار داد. این مخازن نباید قبل از رسیدن تعداد چرخه اعمال فشار به ۱۰۰۰ برابر عمر مفید مشخص شده برحسب سال دچار واماندگی شوند. مخازنی که به تعداد بیش از ۱۰۰۰ برابر عمر مفید مشخص شده برحسب سال چرخه اعمال فشار را تحمل می‌کنند باید در اثر نشت وامانده شوند نه در اثر شکست. مخازنی که قبل از ۴۵۰۰۰ چرخه دچار واماندگی نمی‌شوند باید یا با ادامه آزمون چرخه فشار تا وقوع واماندگی و یا با اعمال فشار هیدرواستاتیک تا حد ترکیدن، از بین بروند. تعداد چرخه‌های اعمال فشار تا وقوع واماندگی و موضوع شروع واماندگی باید ثبت شوند.

۱۱-۳ آزمون قرارگیری در معرض آتش

آزمون قرار گرفتن در آتش برای آن در نظر گرفته شده که نشان دهد مخازن تکمیل شده ای که مجهز به سیستم حفاظت در برابر آتش (شیر مخزن، وسیله اطمینان تخلیه فشار و یا عایق بندی گرمای یکپارچه) مشخص شده در طراحی هستند، هنگامی که تحت شرایط آتش مشخص شده قرار گیرند از گسیختگی جلوگیری می کنند. بهنگام انجام آزمون آتش باید احتیاط لازم را برای وقوع گسیختگی مخزن دنبال کرد. مخزن باید به صورت افقی قرار گرفته و کف آن تقریباً ۱۰۰میلیمتر با منبع آتش فاصله داشته باشد. یک منبع آتش با شعله یکنواخت به طول ۱/۶۵ متر باید به طور مستقیم و در کل قطر خود به سطح مخزن برخورد کند. از انواع مختلف سوخت می توان برای تولید منبع شعله استفاده کرد به شرط آن که سوخت مورد نظر، حرارت یکنواخت کافی برای حفظ دماهای آزمون مشخص شده را تا زمان تخلیه مخزن فراهم کند. مخزن باید با گاز طبیعی یا هوای فشرده پر شده و در وضعیت افقی در فشار کاری آزمایش شود و در صورت عدم استفاده از وسیله اطمینان تخلیه فشار فعال با دما در ۲۵ ٪ فشار کاری تحت فشار

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

قرار گیرد. بلافاصله پس از جرقه، شعله تشکیل می گردد از این شعله باید در طول ۱/۶۵ متر از منبع آتش و در پهنا قطر مخزن به سطح مخزن برخورد کند. طی ۵ دقیقه پس از آغاز اشتعال، دست کم یکی از ترموکوپل‌ها باید دمای برابر یا بیش از ۵۹۰ درجه سلسیوس نشان دهد. این حداقل دما باید در تمام طول آزمایش حفظ شود.

۱۱-٤ آزمون نفوذ گلوله

مخزنی که به وسیله گاز فشرده تا ۱۰ ± ۲۰۰ بار تحت فشار قرار داده شده است، تحت نفوذ به وسیله یک گلوله جنگلی به قطر ۷/۶۲ میلیمتر و یا بیشتر قرار گیرد که گلوله ای که به مخزن اصابت می کند، باید حداقل از یک سمت دیوار، مخزن عبور کند. در مورد طراحی‌های نوع ۲ و ۳ و ۴، گلوله باید تقریباً از یک زاویه ۴۵ درجه بر دیواره مخزن برخورد کند، مخازن نباید گسیخته شود.

۱۱-۵ آزمون عملکرد وسیله اطمینان تخلیه فشار

وسیله اطمینان تخلیه فشار مشخص شده توسط سازنده باید با الزامات تمام آزمونهای ذیل انطباق داشته باشد :

آزمون الف ـ این آزمون بدین صورت انجام می‌گیرد که یک نمونه را باید در دمای کنترل شده حداقل ۹۵ درجه سلسیوس و فشار حداقل ۳۰ مگاپاسکال به مدت ۲۴ ساعت نگه داشت. در پایان آزمون نباید هیچگونه نشتی یا اثر قابل مشاهده‌ای از بیرون زدگی[1] فلز ذوب شونده[2] مورد استفاده در وسیله اطمینان تخلیه فشار، وجود داشته باشد.

آزمون ب ـ این آزمون بدین صورت انجام می‌گیرد که یک نمونه را باید مطابق مراحل ذیل، تحت آزمون خستگی قرار داد. نرخ اعمال چرخه فشار در این آزمون نباید از چهار سیکل (چرخه) بر دقیقه بیشتر شود :

[1]- Extrusion
[2]- Fusible metal

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

ب-۱- نمونه را باید در دمای ۸۲ درجه سلسیوس به تعداد ۱۰۰۰۰ چرخه تحت فشاری که بین دو و ۲۶ مگاپاسکال می‌باشد قرار داد.

ب-۲- نمونه را باید در دمای ۴۰- درجه سلسیوس به تعداد ۱۰۰۰۰ چرخه تحت فشاری که بین دو تا ۲۰ مگاپاسکال می‌باشد قرار داد.

در پایان آزمون‌های فوق نباید هیچگونه نشتی یا اثر قابل مشاهده‌ای از بیرون زدگی فلز ذوب شونده مورد استفاده در وسیله اطمینان تخلیه فشار، وجود داشته باشد.

آزمون پ ـ اجزاء برنجی وسیله اطمینان تخلیه فشار که در معرض فشار قرار دارند باید بدون ترک خوردگی ناشی از خوردگی تنشی، شرایط آزمون نیترات جیوه (شرح داده شده در استاندارد ASTM B154 را تحمل نمایند.

وسیله اطمینان تخلیه فشار باید در یک محلول آبی[1] نیترات جیوه که در هر لیتر از این محلول ده گرم نیترات جیوه و ده میلی لیتر اسید نیتریک وجود دارد، به مدت ۳۰ دقیقه فرو برده شود.

در ادامه، وسیله اطمینان تخلیه فشار باید در فشار ۲۶ مگاپاسکال به مدت یک دقیقه تحت آزمون نشتی قرار گیرد. در طول این یک دقیقه، وسیله اطمینان تخلیه فشار باید به لحاظ نشتی خارجی بدقت مورد بررسی قرار گیرد.در اینجا نشتی خارجی نباید از ۲۰۰ سانتی مترمکعب‌برساعت بیشتر باشد.

آزمون ت ـ اجزاء فولادی ضد زنگ مربوط به وسیله اطمینان تخلیه فشار که در معرض فشار قرار دارند باید از آلیاژی ساخته شده باشند که در برابر ترک خوردن ناشی از خوردگی تنشی در محیط کلریدی مقاوم باشند.

۶-۱۱ آزمون نشت پیش از شکست (LBB)

در مورد مخازنی که در آزمون چرخه فشار در دمای محیط قبل از ۴۵۰۰۰ چرخه دچار واماندگی می‌شوند، باید آزمون‌های LBB انجام گردیده و الزامات اشاره شده در آن باید برآورده شوند. برای انجام

[1]- Aqueous

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

این آزمون، باید سه مخزن تکمیل شده را، با نرخی که از ده چرخه (سیکل) بر دقیقه تجاوز نمی‌کند، تحت آزمون چرخه فشار بین دو تا سه مگاپاسکال قرار داد. در این آزمون تمام مخازن باید در اثر نشت وامانده شوند (نه در اثر شکست).

۱۲- الزامات نشانه گذاری

سازنده باید روی هر مخزن اطلاعاتی را مطابق بخش‌های ۱۲-۱و ۱۲-۲ این بند، بصورت واضح و ماندگار و با ارتفاع حداقل شش میلیمتر درج نموده و به عبارتی نشانه گذاری نماید.

نشانه گذاری مخزن باید با یکی از روشهای ذیل انجام گیرد :

الف ـ استفاده از برچسب‌های قرار داده شده درون پوشش رزین

ب ـ استفاده از برچسب[1]

پ ـ استفاده از روش حکاکی کم فشار[2] در مناطق ضخیم انتهایی مربوط به مخازن نوع CNG-1 و CNG-2

ت ـ ترکیبی از روشهای فوق الذکر

یادآوری ۱- *برچسب‌های مورد استفاده باید مطابق استاندارد* **ISO 7225** *باشند.*

یادآوری ۲- *استفاده از برچسب‌های چندگانه*[3] *مجاز می‌باشد اما این برچسب‌ها باید بگونه‌ای قرار داده شوند که با پایه‌های نصب*[4] *پوشانده نشوند.*

هر مخزنی که منطبق با این استاندارد میباشد، باید بصورت ذیل نشانه گذاری شود :

۱۲-۱ اطلاعاتی ضروری

۱- عبارت فقط برای CNG

[1]- Adhesive lables
[2]- Low stress stamps
[3]- Multiple lables
[4]- Brackets

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۲- جمله پس از تاریخ ××/××× استفاده نشود.

یادآوری ۱- *در اینجا نشانه ×× ماه و نشانه ××× سال انقضاء می‌باشد.*

یادآوری ۲- *تاریخ انقضاء نباید از عمر مفید مخزن بیشتر باشد.این تاریخ می‌تواند از تاریخ تحویل مخزن درنظر گرفته شود به شرطی که مخازن بدون فشار داخلی در یک مکان خشک انبار شده باشند.*

۳- نشانه شناسایی سازنده

۴- نشانه شناسایی مخزن (شماره سریال و سایر موارد مربوط به مخزن)

۵- فشار و دمای کاری

۶- جمله «فقط از وسائل اطمینان تخلیه فشار و / یا شیرهای اطمینان مورد تأیید سازنده استفاده شود»

۷- در صورت استفاده از برچسب، تمامی مخازن باید دارای شماره شناسایی مجزا و منحصر بفرد که روی یک سطح فلزی حک شده است، باشند تا در صورت از بین رفتن برچسب بتوان ردیابی را انجام داد.

۲-۱۲ اطلاعات تکمیلی

بر روی یک برچسب دیگر اطلاعات زیر را نیز می‌توان درج نمود :

۱- محدوده دمای گاز داخل مخزن، مثلاً ؛ ۴۰- تا ۶۵ درجه سلسیوس

۲- ظرفیت نامی مخزن برحسب لیتر آب، مثلاً ؛ ۱۲۰ لیتر

۳- تاریخ انجام آزمون اصلی فشار

نشانه گذاری‌ها باید به همان ترتیبی که در بالا گفته شد روی مخزن درج شوند اما می‌توان به دلیل محدودیت فضا، چیدمان دیگری را دنبال کرد. یک مثال قابل قبول در ادامه آورده شده است :

فقط برای CNG

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

پس از تاریخ استفاده نشود.

سازنده / شماره / شماره سریال

۲۰ مگاپاسکال / ۱۵ درجه سلسیوس

فقط از وسائل اطمینان تخلیه فشار مورد تأیید سازنده استفاده شود

۱۳- آماده سازی برای تحویل[1]

داخل هر مخزن قبل از خروج از کارگاه ساخت باید بطور کامل تمیز و خشک شود. مخازنی که بعد از آماده سازی، بلافاصله با یک شیر و یا وسائل ایمنی (در صورت کاربرد) بسته نمی‌شوند باید با درپوشهایی بسته شوند تا از ورود هرگونه رطوبت جلوگیری شده و رزوه تمام دهانه‌ها محافظت شود.

به منظور حصول اطمینان از حمل و نقل، استفاده صحیح و بازرسی مخزن در حین کار، باید دفترچه راهنما و تمامی اطلاعات لازم در اختیار خریدار قرار گیرد. این دفترچه راهنما باید مطابق الزامات مذکور در بند ۱۴ باشد.

۱٤- دستورالعمل سازنده مخزن در مورد جابجایی، استفاده و بازرسی مخزن

۱٤-۱ توزیع نسخ دستورالعمل‌ها

سازنده باید به خریدار توصیه کند که این دستورالعملها را در اختیار همه کسانی که درگیر توزیع، جابجایی، نصب و استفاده از مخزن هستند قرار دهد. بدین منظور جهت تهیه نسخه‌های کافی می‌توان از این دستورالعمل‌ها نسخه برداری نمود اما این نسخه‌ها به منظور مرجع قرار دادن برای مخازن تحویلی باید ممهور شوند.

[1]- Preparation for dispatch

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۱۴-۲ ارجاع به کدها، استانداردها و مقررات

سازنده می‌تواند دستورالعمل‌ها را با ارجاع به کدها، استانداردها و مقررات ملی ارائه نماید.

۱۴-۳ جابجایی مخزن

رویه جابجایی مخزن باید بگونه‌ای باشد که از عدم آسیب دیدگی غیر قابل قبول در حین جابجایی آن اطمینان حاصل شود.

۱۴-۴ نصب

دستورالعملهای نصب مخزن باید بگونه‌ای باشند که از عدم آسیب دیدگی غیر قابل قبول در طول نصب و استفاده معمولی از آن اطمینان حاصل شود.

در صورتیکه سازنده نحوه نصب مخزن را مشخص کرده باشد، دستورالعمل‌های نصب باید در صورت ارتباط حاوی مواردی از قبیل طرح نصب، نحوه استفاده از واشرهای ضربه گیر[1]، گشتاورهای صحیح بستن و اجتناب از تماس مستقیم مخزن با مواد شیمیایی و اثرات مکانیکی باشد.

در صورتیکه سازنده به چگونگی نصب مخزن اشاره نکرده باشد، باید خریدار را از اثرات احتمالی وارده در درازمدت به سیستم نصب مخزن مطلع سازد. این اثرات می‌تواند ناشی از مواردی مانند حرکات بدنه خودرو و انبساط و انقباض مخزن در شرایط فشار و دمای کاربرد باشد.

در صورت لزوم، باید توجه خریدار به این نکته جلب شود که شرایط نصب باید بگونه‌ای باشد که از تجمع مایعات و جامدات و به تبع آسیب رسیدن به مخزن جلوگیری شود.

در دستورالعمل نصب روش صحیح نصب وسیله اطمینان تخلیه فشار باید مشخص گردد.

[1]- Resilient gasket materials

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir

۱۴-۵ استفاده از مخزن

سازنده باید خریدار را از شرایط استفاده از مخزن مخصوصاً تعداد چرخه مجاز اعمال فشار، عمر مخزن برحسب سال، حدود کیفیت گاز و حداکثر فشار مجاز مطلع سازد.

۱۴-۶ بازرسی حین استفاده از مخزن

سازنده باید بطور واضح تعهد خریدار را در رعایت الزامات بازرسی مخزن (از قبیل انجام بازرسی دوره‌ای توسط شرکت‌های مورد تایید مرجع ذی صلاح) مشخص نماید.

این اطلاعات باید با الزامات تأیید طراحی همسو باشد.

۱۵- نحوه تخلیه مخازن CNG

دو زمان وجود دارد که مخازن CNG باید تخلیه شوند:

الف) تخلیه اضطراری

ب) تخلیه طبق زمانبندی

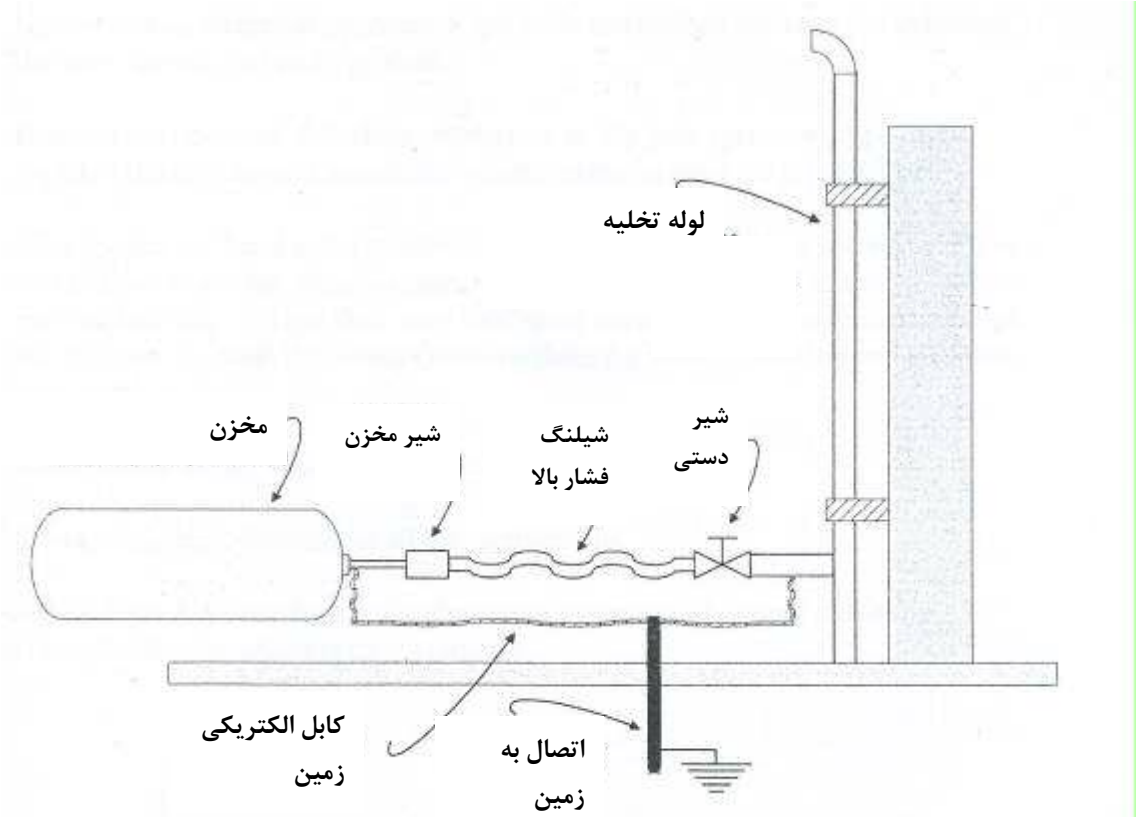
تخلیه اضطراری هنگامی نیاز است که برای جلوگیری از آسیب دیدگی به مخزن یا بروز حادثه، مخزن باید خالی از گاز شود. تخلیه طبق زمانبندی، برنامه از پیش تعیین شده برای خارج نمودن گاز از داخل مخزن است که در موارد زیر نیاز می باشد:

- حمل و نقل برای تست ادواری
- عودت به سازنده
- انجام عملیات خاص برای بازبینی
- باز کردن و تعمیر یا تعویض شیر مخزن

تخلیه مخزن برای بازرسی چشمی لازم نیست. در شکل ۱۵-۱ یک نمودار شماتیک از تجهیزات تخلیه نشان داده شده است.

https://autolibrary.ir

https://autolibrary.ir



شکل ۱۵-۱: شماتیک تخلیه مخزن

باید توجه داشت که اگر مخزن حتماً باید بطور کامل مقید و ثابت شده باشد زیرا با خروج گاز مخـزن شروع به حرکت خواهد نمود. کلیه نکات ایمنی ازجمله عدم وجود منابع آتش و جرقـه در نزدیکـی مکـان تخلیه باید رعایت گردند.

https://autolibrary.ir