

چکیده

درصد پائین آلاینده‌گی زیست محیطی گاز طبیعی فشرده (CNG) در مقایسه با سایر انرژیهای فسیلی از یکسو و نیز وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در کشور (رتبه دوم جهانی)، از سوی دیگر، برتری استفاده از این انرژی را در صنعت حمل و نقل افزایش داده است. از اینرو دستیابی به یک مخزن مناسبتر در مقایسه با مخازن موجود بویژه مخزن نسل دوم (CNG-II)، امری ضروری به نظر میرسد. در این تحقیق با تغییر در هندسه مقطع و با استفاده از مصالح فیبر کربن سعی شده است ضمن کاهش وزن مخزن، میزان مقاومت در برابر ضربه‌های مکانیکی را بهبود بخشیده و با بررسی و مقایسه نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی بعمل آمده در نرم افزار ABAQUS، مدل بهینه‌ای برای افزایش مقاومت در برابر ضربه و کاهش خطرات ناشی از بارهای دینامیکی، ضمن در نظر گرفتن پارامترهای تاثیر گذاری، همچون: وزن، امکان ساخت و تولید، سهولت دستیابی به مصالح، میزان تحمل در برابر تنش‌های استاتیکی حاصل از فشار داخلی و در نهایت توجیه اقتصادی، پیشنهاد شده است.

در این تحقیق ابتدا به بررسی دقیق تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده پرداخته شده و در مرحله بعدی با مقایسه انواع مخازن CNG و نتایج بدست آمده از آزمونهای بعمل آمده، سعی در معرفی مسئله مورد بررسی گردیده و از آنجائیکه هدف اصلی این تحقیق بررسی و مقایسه قابلیت ضربه پذیری نمونه جدید با و بدون فشار داخلی در تیوبها می باشد، در مرحله بعد وارد تحلیل‌های دینامیکی شده و با استفاده از نرم افزار ABQUS، قابلیت ضربه-پذیری این دو حالت تحت اثر برخورد یک جسم صلب با سرعت‌های متفاوت در همه نمونه‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

پارامترهای مکانیکی مورد بررسی عبارتند از ضخامت و فشار داخلی در تیوب‌های مورد استفاده در میان دو لایه اصلی فولادی مخزن. همچنین معیارهای مورد بررسی برای مطالعه عملکرد مخازن عبارتند از قابلیت جذب انرژی و تکانه، تنش‌های ایجاد شده در جدار داخلی و خارجی مخزن و تغییر مکان جدار خارجی نسبت به جدار داخلی. نتایج این تحلیل‌ها در نهایت به انتخاب بهینه ترین حالت برای مخزن تحت فشار داخلی مشخص خواهد انجامید.

واژه‌های کلیدی:

مخزن نسل دوم گاز طبیعی فشرده (CNG-II) - بهبود ضربه پذیری (Improve vulnerable) - لوله های تقویت کننده کامپوزیتی (Multi Tub Structure) - تحلیل دینامیکی (Dynamic Analysis) - فیبرکربنی - روش اجزای محدود دینامیکی - ضربه.

۳۳	۲-۷-۳- استفاده از استراکچر لانه زنبوری.....
۳۳	۲-۷-۴- روش پیشنهادی
۳۳	۲-۸-۸- خط تولید
۳۳	۲-۸-۱- فرایند ساخت مخازن تمام فلزی (تیپ یک) و مخازن نیمه آماده تیپ های دو و سه.....
۳۸	۲-۹-۹- جزئیات ساخت مخازن از لوله
۳۸	۲-۹-۱- مزایا و معایب تولید سیلندر نوع اول با استفاده از لوله های فولادی بدون درز
۴۰	۲-۹-۲- شرح جزئیات فرآیند تولید مخزن با لوله
۴۰	۲-۹-۲-۱- مواد اولیه و آماده سازی برای فرآوری.....
۴۱	۲-۹-۲-۲- فرآیند شکل دهی چرخشی اول
۴۲	۲-۹-۲-۳- فرآیند شکل دهی چرخشی دوم ، بستن قسمت انتهائی مخازن
۴۴	۲-۹-۲-۴- فرآیند شکل دهی نهایی و بهبود خواص قسمت انتهائی مخازن.....
۴۵	۲-۹-۲-۵- فرآیند فرزکاری ، سنگ زدن و سندبلاست قسمت داخلی انتهای مخازن.....
۴۵	۲-۹-۲-۶- فرآیند فرزکاری و سنگ زدن قسمت بیرونی انتهای مخازن.....
۴۵	۲-۹-۲-۷- فرآیند شکل دهی قسمت فوقانی مخازن
۴۷	۲-۹-۲-۸- فرآیند سندبلاست سطح خارجی.....
۴۸	۲-۹-۲-۹- فرآیند شماره و کدزنی اولیه (دستی)
۴۸	۲-۱۰-۱- آزمون های مخازن CNG.....
۴۸	۲-۱۰-۱-۱- آزمون های کیفی حین تولید.....
۴۸	۲-۱۰-۱-۱-۱- بازرسی اولتراسونیک.....
۴۹	۲-۱۰-۱-۲- آزمون سختی سنجی
۴۹	۲-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین حجم
۴۹	۲-۱۰-۲- کنترل های لازم برای مخازن کامپوزیتی
۴۹	۲-۱۰-۳- آزمون های تأیید ایمنی مخازن.....
۴۹	۲-۱۰-۳-۱- آزمون های تحمل آسیب.....
۵۰	۲-۱۰-۳-۲- آزمون های محیطی
۵۰	۲-۱۰-۳-۳- آزمون های چرخه عمر
۵۱	۲-۱۱- آمار خرابی ها در مخازن CNG.....

فصل سوم: روش تحقیق

۵۳	۳-۱- مقدمه.....
۵۳	۳-۲- هندسه مدل ها.....
۵۳	۳-۳- مصالح استفاده شده در تحقیق

۵۳	..... فولاد	۳-۳-۱
۵۵	..... فیبرکربن	۳-۳-۲
۵۶	..... روش‌های تحلیل و مدل‌سازی	۳-۴-۴
۵۶	..... مقدمه	۳-۴-۱
۵۷	..... آگوریتم‌های حل در آباکوس	۳-۴-۲
۵۷	..... گام استاتیکی	۳-۴-۳
۵۷	..... روش نیوتنی کامل	۳-۴-۱
۵۹	..... روش شبه نیوتنی	۳-۴-۲
۶۰	..... گام دینامیکی ضمنی	۳-۴-۴
۶۴	..... گام دینامیکی صریح	۳-۴-۵
۶۵	..... پایداری جواب در روش صریح	۳-۴-۱
۶۷	..... مدل تحت اثر بار استاتیکی	۳-۵-۵
۶۷	..... مقدمه	۳-۵-۱
۶۷	..... نحوه تحلیل مدل تحت اثر بار استاتیکی	۳-۵-۲
۶۸	..... المان‌ها و نحوه مش‌بندی در مدل استاتیکی	۳-۵-۳
۶۸	..... اعتبار سنجی مخزن همکن (اولیه)	۳-۵-۴
۷۰	..... مدل تحت اثر ضربه (تحلیل دینامیکی)	۳-۶-۶
۷۰	..... مقدمه	۳-۶-۱
۷۰	..... مدل دینامیکی	۳-۶-۲
۷۱	..... مش‌بندی	۳-۶-۳
۷۲	..... دامنه بارگذاری، شرایط مرزی و قیدها	۳-۶-۴
۷۵	..... نمایش تصویری تحلیل مخزن با جدار داخلی ۲.۵ میلی متر	۳-۶-۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

۸۴	..... مقدمه	۴-۱
۸۴	..... نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی به منظور بررسی تاثیر مقاوم‌سازی مخازن نسل دوم گاز طبیعی فشرده (CNG) در تحمل استاتیکی فشار داخلی	۴-۲
۸۴	..... نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی برای مخزن با ضخامت جدار داخلی برابر ۲.۵ میلی متر	۴-۲-۱
۸۴	..... نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی برای مخزن با ضخامت جدار داخلی برابر ۲ میلی متر	۴-۲-۲
۸۸	..... نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی برای مخزن با ضخامت جدار داخلی برابر ۱.۷ میلی متر	۴-۲-۳
۹۴	..... مقایسه ضریب اطمینان	۴-۲-۴
۹۹	..... مقایسه ضریب اطمینان	۴-۲-۴

۴-۲-۵- خلاصه نتایج حاصل از تحلیل معیارهای چهارگانه (سرعت، انرژی، تنش و جابجایی) ۹۹

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵- مقدمه.....	۱۰۲
۲-۵- نتیجه گیری.....	۱۰۲
۳-۵- پیشنهادات.....	۱۰۳
فهرست منابع و مراجع فارسی و غیر فارسی.....	۱۰۴

به منظور اجتناب از حجم کمی بالای پایان نامه، فایل Pdf پیوست های ذیل در Cd Bank ضمیمه به صورت E-Book، ارائه گردیده است.

پیوست (الف): روش های ساخت و تولید مخازن CNG.....	CD ضمیمه
پیوست (ب): استانداردهای مخازن CNG.....	CD ضمیمه
پیوست (ج): شرح کامل آزمون های مخازن CNG.....	CD ضمیمه
پیوست (د): بازرسی مخازن CNG.....	CD ضمیمه
پیوست (و): نتایج حاصل از تحلیل های استاتیکی و دینامیکی روی مدل تقویت شده CD. ضمیمه	

جدول ۱-۲- ترکيبات اصلي و منابع سوخت‌هاي جاگزين	۶
جدول ۲-۲- خواص فيزيکي و شيميائي سوخت‌هاي جاگزين	۶
جدول ۳-۲- استانداردهاي حد آلايندگي موجود و آينده، اروپايي	۸
جدول ۴-۲- مقايسه قيمت گاز، بنزين و گازوئيل در کشورهاي مختلف	۹
جدول ۵-۲- صرفه جويي ايجاد شده در صورت استفاده از گاز طبيعي در کاربردهاي مختلف	۹
جدول ۶-۲- تعداد خودروهاي گاز سوز و تعداد جاگاه گاز طبيعي در کشورهاي مختلف ..	۱۰
جدول ۷-۲- ظرفيت آب، گاز و بنزين معادل	۱۰
جدول ۸-۲- مشخصات فني مخزن هوا، نوع صنعتي ۲ ساخت شرکت KCR	۱۵
جدول ۹-۲- مقايسه راندمان حجمي مخازن گاز طبيعي	۲۴
جدول ۱۰-۲- مقايسه برخي از خواص يك سيلندر کامپوزيتي و فولادي	۲۸
جدول ۱۱-۲- آزمون‌هاي نمونه بر روي مخازن	۵۰
جدول ۱-۳- مختصات هندسي تعدادي از مقاطع (خروجي برنامه مطلب)	۵۳
جدول ۲-۳- نام فولاد استفاده شده در استانداردهاي گوناگون	۵۴
جدول ۳-۳- درصد عناصر تشکيل دهنده فولاد 34 CrNiMo8	۵۴
جدول ۴-۳- خواص مکانيکي فولاد 34 CrNiMo8	۵۴
جدول ۵-۳- خواص مکانيکي فيبر کربن (۱)	۵۵
جدول ۶-۳- خواص مکانيکي فيبر کربن (۲)	۵۶
جدول ۷-۳- پارامترهاي داده شده به نرم‌افزار، (ورودي‌هاي نرم‌افزار)	۷۴
جدول ۸-۳- معيارهاي مورد بررسي، (خروجي‌هاي نرم‌افزار)	۷۴
جدول ۱-۴- خلاصه نتايج حاصل از تحليل براي مخزن ۲.۵ ميلي متری حين برخورد صفحه صلب	۸۷
جدول ۲-۴- مقايسه مقادير پيشينه معيار هاي مورد بررسي براي مدل با ضخامت هاي مختلف و فشار داخلي ۱۰ مگا پاسکال و بدون فشار، تحت سرعتهاي مختلف ضربه	۱۰۰

۷.....	نمودار ۱-۲- رشد تعداد وسایل نقلیه ایران
۸.....	نمودار ۲-۲- مقایسه سطح آلاینده‌گی سوخت‌های مختلف
۱۱.....	نمودار ۳-۲- تغییرات فشار و دمای گاز طبیعی
۸۵.....	نمودار ۱-۴- انرژی مستهلک شده در مخزن با ضخامت جدار داخلی ۲.۵ میلی متر، حین برخورد
۸۶.....	نمودار ۲-۴- تنش در جدار خارجی مخزن ۲.۵ میلی متری، حین برخورد
۸۶.....	نمودار ۳-۴- تنش در جدار داخلی مخزن ۲.۵ میلی متری، حین برخورد
۸۷.....	نمودار ۴-۴- تغییر مکان نسبی دو جداره در مخزن ۲.۵ میلی متری، حین برخورد
۸۹.....	نمودار ۵-۴- جابجایی نسبی بین دو جداره مخزن ۲ میلی متری با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۰.....	نمودار ۶-۴- تنش در جداره داخلی مخزن ۲ میلی متری در سرعت ۱۲۰ km/h با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۰.....	نمودار ۷-۴- تنش در جداره داخلی مخزن ۲ میلی متری در سرعت ۱۲۰ km/h با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۱.....	نمودار ۸-۴- مقایسه جابجایی نسبی مخزن ۲ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۲.....	نمودار ۹-۴- مقایسه استهلاک انرژی در مخزن ۲ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۳.....	نمودار ۱۰-۴- مقایسه تنش فون میسر در جداره داخلی مخزن ۲ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۳.....	نمودار ۱۱-۴- مقایسه تنش فون میسر در جداره داخلی مخزن ۲ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۴.....	نمودار ۱۲-۴- جابجایی نسبی بین دو جداره در مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت ۱۲۰ km/h با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۴.....	نمودار ۱۳-۴- تنش در جداره داخلی مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت ۱۲۰ Km/h با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۵.....	نمودار ۱۴-۴- تنش در جداره خارجی مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت ۱۲۰ Km/h با و بدون فشار داخلی در تیوب‌ها، حین برخورد
۹۶.....	نمودار ۱۵-۴- مقایسه جابجایی نسبی دو جداره برای مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۷.....	نمودار ۱۶-۴- مقایسه انرژی مستهلک شده برای مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۷.....	نمودار ۱۷-۴- مقایسه تنش در جداره داخلی برای مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه
۹۸.....	نمودار ۱۸-۴- مقایسه تنش در جداره داخلی برای مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت‌های مختلف ضربه

نمودار ۴-۱۸- مقایسه تنش در جداره خارجی برای مخزن ۱.۷ میلی متری در سرعت‌های

مختلف ضربه..... ۹۸.....

نمودار ۴-۱۹- مقایسه مقادیر ضریب اطمینان برای مخازن با ضخامت جداره داخلی

مختلف، با و بدون فشار داخلی در تیوبها..... ۹۹

شکل ۱-۲-۱	شکل عمومی مخازن CNG.....	۱۳
شکل ۲-۲-۲	مخازن گاز طبیعی و اکسیژن ، با کاربرد خانگی و صنعتی تیپ ۱ فولادی شرک	
شکل ۲-۲-۳	مخزن گاز طبیعی فشرده فلزی مخصوص اتوبوس و کامیون (۲۲۰ بار تیپ ۱ فولادی)	۱۴
شکل ۲-۲-۴	مخزن تنفس آتش نشان (۳۵۰ بار تیپ ۳ با لاینر آلومینیومی).....	۱۵
شکل ۲-۲-۵	مخزن هوا، نوع صنعتی ۲ ساخت شرکت KCR.....	۱۵
شکل ۲-۲-۶	طرح شماتیک سیستم گازسوز.....	۱۶
شکل ۲-۲-۷	طرح‌واره نصب ادوات گاز سوز بر روی خودرو سواری.....	۱۶
شکل ۲-۲-۸	محل نصب مخازن گاز در خودرو Opel Zafira.....	۱۷
شکل ۲-۲-۹	محل نصب مخازن گاز در خودروهای ساخت داخل.....	۱۷
شکل ۲-۲-۱۰	محل نصب مخازن گاز در اتوبوس ساخت ایران خودرو دیزل.....	۱۸
شکل ۲-۲-۱۱	محل نصب مخازن گاز در اتوبوس ساخت کره.....	۱۸
شکل ۲-۲-۱۲	مخازن تیپ یک، تمام فلزی.....	۱۹
شکل ۲-۲-۱۳	مخازن تیپ دوم؛ فلزی - نیمه کامپوزیتی (Hoop wrapped).....	۱۹
شکل ۲-۲-۱۴	مخازن تیپ سوم؛ فلزی - تمام کامپوزیتی (Fully wrapped).....	۲۰
شکل ۲-۲-۱۵	مخازن نوع چهارم؛ تمام کامپوزیتی (All composite).....	۲۱
شکل ۲-۲-۱۶	مقطع برش خورده مخزن CNG-IV.....	۲۲
شکل ۲-۲-۱۷	مخزن CNG-IV.....	۲۲
شکل ۲-۲-۱۸	انواع مخازن ذخیره سازی گاز طبیعی.....	۲۴
شکل ۲-۲-۱۹	سیستم ذخیره سازی ISS.....	۲۵
شکل ۲-۲-۲۰	سیستم ذخیره سازی با راندمان حجمی بالا.....	۲۶
شکل ۲-۲-۲۱	سیستم ذخیره سازی با راندمان حجمی و فشار کاری بالا.....	۲۶
شکل ۲-۲-۲۲	(الف): سیلندر کامپوزیتی مورد آزمایش (ب): تست شبیه‌سازی برخورد اتومبیل ، (ج): کپسول پس از تست برخورد.....	۳۰
شکل ۲-۲-۲۳	رفتار تغییر شکل آلومینیوم فوم تحت فشار.....	۳۱
شکل ۲-۲-۲۴	یک نمونه کپسول هیدروژن ساخته شده توسط شرکت QUANTUM.....	۳۲
شکل ۲-۲-۲۵	(الف): ساختار لانه زنبوری یکنواخت (ب): ساختار لانه زنبوری تغییر شکل یافته تحت فشار.....	۳۳
شکل ۲-۲-۲۶	شماتیک مرحله اول ساخت مخازن فلزی از لوله.....	۳۵
شکل ۲-۲-۲۷	شماتیک مرحله اول ساخت مخازن فلزی از بیلت.....	۳۶
شکل ۲-۲-۲۸	ادامه شماتیک ساخت مخازن فلزی از لوله.....	۳۷

۳۸	.....	شکل ۲-۲۹- ادامه شماتیک ساخت مخازن فلزی از لوله
۴۰	.....	شکل ۲-۳۰- دستگاه برش و پلیسه گیری
۴۱	.....	شکل ۲-۳۱- فرآیند افزایش ضخامت قسمت انتهائی مخازن
۴۲	.....	شکل ۲-۳۲- فرآیند شکل دهی قسمت انتهائی مخازن
۴۳	.....	شکل ۲-۳۳- ادامه فرآیند شکل دهی قسمت انتهائی مخازن
۴۴	.....	شکل ۲-۳۴- فرآیند شکل دهی نهائی قسمت انتهائی مخازن
۴۵	.....	شکل ۲-۳۵- شکل های نهائی قسمت انتهائی مخازن
۴۶	.....	شکل ۲-۳۶- ادامه فرآیند شکل دهی قسمت فوقانی مخازن
۴۶	.....	شکل ۲-۳۷- فرآیند شکل دهی قسمت فوقانی مخازن
۴۷	.....	شکل ۲-۳۸- عملیات حرارتی، مرحله تمپر کردن
۵۵	.....	شکل ۳-۱- فولاد در حال شکل دهی، (عدسی انتهایی مخزن CNG-II)
۶۹	.....	شکل ۳-۲- الف تنش مماسی
۷۰	.....	شکل ۳-۲- ب تنش شعاعی
۷۰	.....	شکل ۳-۲- ج- تنش محوری
۷۲	.....	شکل ۳-۳- نمایش مدل بهینه انتخابی با نمایش نحوه اعمال فشار داخلی در تیوبها
۷۳	.....	شکل ۳-۴- مش بندی به روش مدیال اکسیس
۷۳	.....	شکل ۳-۵- مش بندی به روش جبهه پیش رونده
۷۵	.....	شکل ۳-۶- مخزن در: (t = 0.0004 Sec)
۷۶	.....	شکل ۳-۷- مخزن در: (t = 0.0005 Sec)
۷۷	.....	شکل ۳-۸- مخزن در: (t = 0.0006 Sec)
۷۸	.....	شکل ۳-۹- مخزن در: (t = 0.0007 Sec)
۷۹	.....	شکل ۳-۱۰- مخزن در: (t = 0.0008 Sec)
۸۰	.....	شکل ۳-۱۱- مخزن در: (t = 0.0009 Sec)
۸۱	.....	شکل ۳-۱۲- مخزن در: (t = 0.001 Sec)
۸۲	.....	شکل ۳-۱۳- مخزن در: (t = 0.0015 Sec)

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

اجراء ملاحظات زیست محیطی در ده‌های اخیر به منظور کاهش انتشار آلاینده‌های خطرناک از یکسو، و نیز پاسخ به نیاز روزافزون حامل‌های انرژی بویژه انرژی‌های فسیلی در صنعت حمل و نقل از سوی دیگر، سوخت‌های گازی را به عنوان یکی از سوخت‌های پاک و جایگزین در کشورهای مختلف مورد توجه و استفاده قرار داده است. این سوخت‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی معمولاً به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند [۱ و ۲]:

۱- گاز طبیعی مایع (LNG)^۱

۲- گاز مایع نفتی (LPG)^۲

۳- گاز طبیعی فشرده (CNG)^۳

۱-۱-۱- مزایای استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت جایگزین

(۱) جلوگیری از واردات بی‌رویه بنزین

(۲) بالا بودن عدد اکتان گاز و بهتر بودن خاصیت ضد کوبش گاز طبیعی و احتراق کامل آن

(۳) بالا بودن دمای اشتعال نسبت به بنزین و در نتیجه ایمن بودن آن به دلیل اشتعال دیرتر و عدم اشتعال خود به-خود گاز طبیعی

(۴) سبکتر بودن نسبت به هوا و در نتیجه ایمنی بالاتر (گاز طبیعی هنگام نشت به سمت بالا رفته و در یک منطقه جمع نمی‌شود)

(۵) قیمت پایین گاز طبیعی در ایران و مشکلات موجود در صادرات گاز

(۶) آلودگی پایین سوخت گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی

(۷) کاهش ذرات معلق در هوا

(۸) خلاصی از آلودگی ترکیبات سرب، دی‌اکسید سولفور و ذرات سرطان‌زا

۱-۱-۲- لزوم استفاده از گاز طبیعی فشرده در ایران

(۱) محدودیت ظرفیت تولید پالایشگاه‌ها و افزایش بی‌رویه مصرف سوخت‌های مایع

(۲) مسئله آلودگی هوا

(۳) ذخایر موجود گاز طبیعی در ایران (رتبه دوم جهانی)

لذا جایگزینی سوخت گاز طبیعی بویژه در مصارف حمل و نقل به جای سوخت‌های معمول (بنزین و گازوئیل)، امری ضروری به نظر می‌رسد [۱ و ۳ و ۴].

¹ - Liquefied Natural Gas

² - Liquefied Petroleum Gas

³ - Compressed Natural Gas

۱-۱-۳- روش‌های مختلف افزایش مقاومت به ضربه در کپسول

افزایش وزن مخازن سوخت گازی منجر به افزایش سوخت مصرفی خودرو می‌شود. از طرفی در تصادفات رانندگی، امکان ضربه مستقیم به کپسول وجود دارد. براین اساس پیدا کردن یک روش مناسب جهت افزایش مقاومت در برابر ضربه و کاهش خطرات ناشی از ضربه مکانیکی (تصادف) و نیز به منظور کاهش خطر انفجار در اینگونه مخازن، یک امر مهم می‌باشد. این روش‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی نمود [۵]:

الف) تغییر در مواد مورد استفاده در ساخت کپسول، که می‌توان به استفاده از مواد کامپوزیتی و مواد اسفنجی (فلزات و پلیمرهای اسفنجی) همچنین استفاده از ساختار لانه زنبوری ۴ اشاره نمود.

ب) تغییر در هندسه و ساختار مخزن.

۱-۱-۴- روش پیشنهادی

مخازن سوخت گازی که امروزه ساخته می‌شوند دارای سطح مقطع استوانه‌ای ۵ می‌باشند. در روش پیشنهادی، سطح مقطع سیلندر به گونه‌ای بهینه می‌شود که نسبت به حالت اولیه مقاومت بیشتری در برابر ضربه داشته باشد، در حالی که سطح مقطع و در نتیجه مقدار ماده‌ای که در ساخت کپسول استفاده می‌شود نسبت به حالت قبل یکسان باشد. به عبارت دیگر، حجم کل مخزن در این روش تغییر نکرده ولی هندسه مقطع و مواد مورد استفاده در ساخت مخزن تغییر کرده است که جزئیات کامل مربوط به این مدل و جزئیات تحلیلی آن بطور مفصل در پیوست آمده است [۶].

⁴ - Honeycomb

⁵ - Tube

فصل دوم:

**ادبیات تحقیق، بیان مساله و
اهداف**

۲-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی اجمالی انواع گازهای طبیعی فشرده و سپس بررسی و عملکرد مخازن موجود و تحقیقات انجام شده در زمینه ساخت مخازن (CNG) پرداخته. در بیان آنها نام نویسندگان، سال انجام تحقیق، پارامترهای بررسی شده همراه با محدوده آنها، روند کار صورت گرفته، روشهای استفاده شده، نوع و ساختار ایجاد شده (در صورت وجود) و خلاصه نتایج بدست آمده بیان می شود و در انتها با توجه به آنها طرح این تحقیق مطرح می گردد.

۲-۲- مروری بر گازهای طبیعی فشرده

۲-۲-۱- انواع گازهای طبیعی فشرده بر حسب نوع ترکیبات شیمیایی آنها

این گازها بر اساس ترکیبات شیمیایی معمولاً به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- گاز طبیعی مایع (LNG)^۶

۲- گاز مایع نفتی (LPG)^۷

۳- گاز طبیعی فشرده (CNG)^۸

۲-۲-۲- ترکیبات شیمیایی سوختهای فسیلی گازی

برای کاهش آلودگی مقدار گازهای آلاینده خروجی از آگزوز خودروها راه حل های مختلفی بسته به سطح تکنولوژی در دسترس پیشنهاد شده است. از جمله این راه حل ها استفاده از سوخت هایی بر پایه الکل اتانول و متانول، سوخت های هیدروژنی گاز مایع LPG (ترکیبی از بوتان و پروپان) و گاز طبیعی فشرده شده CNG (عمدتاً متان) می باشد، که پاک ترین سوخت جایگزین هیدروژن بوده و پس از آن گاز طبیعی است. منشاء اجزاء سازنده و خواص عمومی سوخت های جایگزین از جمله محتوای خالص انرژی، عدد اکتان و سولفور این سوختها به صورت جداول زیر است [۱].

^۶ - Liquefied Natural Gas

^۷ - Liquefied Petroleum Gas

^۸ - Compressed Natural Gas

جدول ۱-۲- ترکیبات اصلی و منابع سوخت‌های جایگزین [۱].

Fuel	Main Constituent	Sources
Natural Gas	Methane	Low lying areas of earth & oil wells.
LPG	Propane & Butane	By-product of petroleum crude oil
Methanol	Methanol	From natural gas, coal & bio-mass
Ethanol	Ethanol	Fermentation of grain and cellulose
Hydrogen	Hydrogen	Electrolysis of water, steam reformed natural gas and coal gasification
Bio-Diesel	Methyl/Ethyl Esters	Methyl/Ethyl esters generated from vegetable oils

جدول ۲-۲- خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت‌های جایگزین [۱].

SELECTED PROPERTIES OF PRESENTLY AVAILABLE FUELS.					
Physical State	Gasoline Liquid	Liquified Petroleum Gas	Compressed Natural Gas	Methanol Liquid	Ethanol Liquid
Net Energy Content BTU/lb	18,700 19,100	19,800	21,300 ^a	8,600	11,500
Octane Number Range (R + M) + 2	87 - 93	104 ^b	120 ^b	99	100
Sulfur Content (W + %)	0.02 - 0.045	Neg ^c	Neg ^c	None	None

a - Pure Methane
 b - Octane ratings above 100 are correlated with given concentration of tetraethyl lead in 150-octane
 c - Natural sulfur content very low but measurable.
 Source: Steering A New Course: Transportation, Energy, and the Environment, pages 75, 76.

با توجه به وفور گاز طبیعی در ایران و این حقیقت که ایران دومین ذخایر گاز طبیعی دنیا را دارا می‌باشد، گاز طبیعی فشرده شده CNG می‌تواند یک جایگزین مناسب برای سوخت خودروها در ایران باشد. گاز طبیعی یکی از پاک‌ترین سوخت‌های فسیلی است که بطور عمده از متان تشکیل شده است و تولیدات اصلی حاصل از احتراق آن دی‌اکسیدکربن و بخار آب است. یعنی همان ترکیباتی که در بازدم ما وجود دارد. احتراق گاز طبیعی مقادیر بسیار کمی دی‌اکسیدسولفور و اکسیدنیترژن در فضا منتشر می‌کند و در واقع هیچ ذرات خاکستر

مانندی در نتیجه احتراق گاز در فضا منتشر نمی‌شود. در ضمن انتشار دی‌اکسید کربن، مونواکسید کربن و دیگر هیدروکربن‌ها در هوا نسبت به دیگر سوختها بسیار پایین‌تر است. در صورت استفاده از گاز طبیعی ۷۰٪ از میزان مونواکسید کربن، ۸۷٪ از گازهای ارگانیک، ۸۷٪ از اکسیدهای گوگرد و ۲۰٪ از میزان دی‌اکسید کربن تولید شده توسط خودروها کاسته خواهد شد.

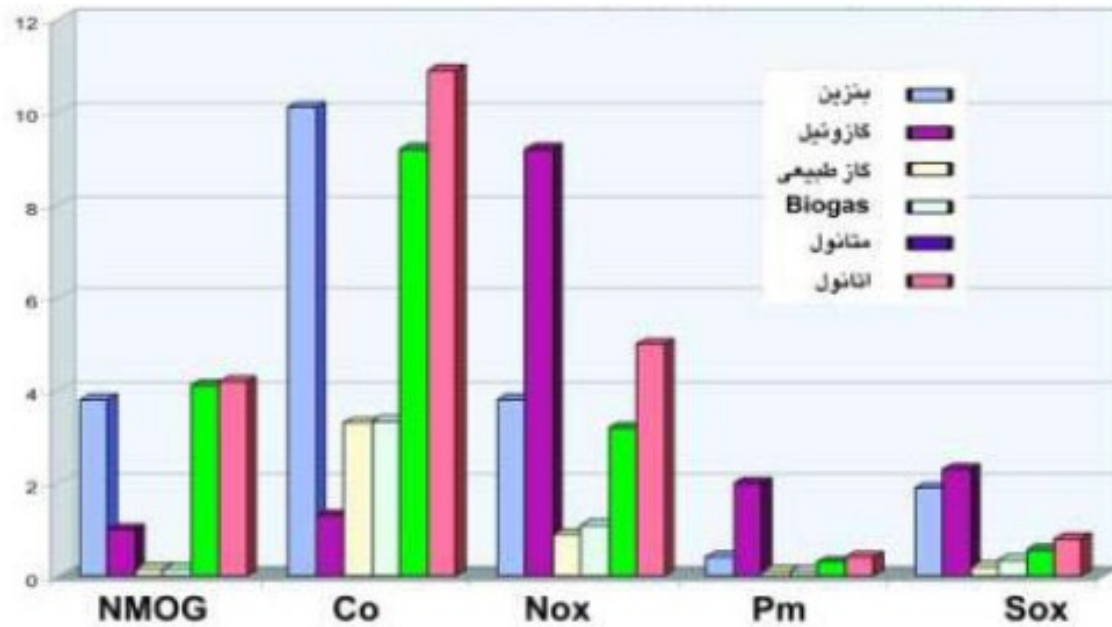
مقایسه میزان آلاینده‌گی سوخت‌های مختلف به صورت نمودار (شماره ۲-۲) است. این نمودار با مقایسه نمودار (شماره ۲-۱) که رشد تعداد وسیله نقلیه را در ایران نشان می‌دهد، معرف کاهش محسوس آلودگی هوا در صورت استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت جایگزین است.

به عنوان مثال: در صورت استفاده از گاز طبیعی آلودگی CO در حدود ۷۶-۹۵ درصد و NOX ، ۷۷ درصد کاهش خواهد یافت علاوه بر آن آلودگی ناشی از ترکیبات سرب و مواد سرطان زا به حداقل می‌رسد [۱]. «مطالعات صورت گرفته توسط سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور (IFCO) نشان دهنده رشد ۲۸۰ درصدی مصرف سوخت در طی سالهای ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۵ میباشد با توسعه صنعت خودروسازی در دهه اخیر این میزان رشد به شدت افزایش یافته است. جایگزینی سوخت پاک میتواند نقش عمده‌ای در کاهش آلودگی هوا و جلوگیری از واردات بی‌رویه بنزین داشته باشد» [۱].



نمودار ۲-۱- رشد تعداد وسایل نقلیه ایران [۷].

بر اساس این نمودار در سال ۲۰۱۵ میلادی ۱۰ میلیون خودرو (با نرخ رشد کم) و ۲۰ میلیون خودرو (با نرخ رشد بالا) در حال تردد خواهد بود. با رشد سریعی که در سالهای اخیر در صنعت خودروسازی با آن مواجه هستیم در طی ده سال آتی ۱۵ میلیون خودرو ساخته و یا وارد کشور خواهد شد. به این ترتیب با توجه به رشد فوق، پیش‌بینی میزان سوخت مصرفی در ایران تا سال ۲۰۲۰ به صورت یک مشکل اقتصادی، اجتماعی شدید برای کشور خواهد بود.



نمودار
۲-۲-
مقایسه
سطح
آلاینده‌گی
سوخت-
های

مختلف [۸].

جدول ۲-۳- استانداردهای حد آلاینده‌گی موجود و آینده، اروپایی [۹].

CO	NMHC	CH4	NOx	PM	Level	"Euro"	Date of Implementation in EU
5.45	0.78	1.6	5.0	0.16	A	III	2000
4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	B1	IV	2005
4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	B2	V	2008
3.0	0.40	0.65	2.0	0.02	C	EEV	2000

NOTE:1. Please observe that the above specified limit values should be fulfilled by the use of the new European driving cycle (ETC, European transient cycle).

2. All units are in g/kwh.

۲-۲-۳- استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت اقتصادی

کشور ما هم اکنون دارای هشت پالایشگاه گاز بوده که در مناطق مختلف مانند کنگان، خانگیران و مسجد سلیمان و.... قرار گرفته است. اغلب میادین گاز کشور غنی بوده و در برخی تا ۹۰٪ دست نخورده باقی مانده است. بطور کلی سهم کشور ما از منابع گازی ۱۸/۵ درصد کل دنیاست.

از دیدگاه اقتصادی بطور متوسط قیمت جهانی هر لیتر گاز طبیعی ۴ سنت و بنزین ۳۲ سنت (بدون احتساب مالیات و عوارض قانونی)، است مقایسه قیمت گاز طبیعی و بنزین نشان از صرفه اقتصادی بالای استفاده از گاز

طبیعی به عنوان سوخت جایگزین دارد. (جدول شماره ۲-۴)، مقایسه قیمت گاز، بنزین و گازوئیل را کشورهای مختلف نشان می دهد.

این مقایسه نشان می دهد با احتساب مالیات، عوارض و هزینه های حمل و نگهداری قیمت بنزین ۲ تا ۳ برابر گاز طبیعی است [۱۰].

جدول ۲-۴- مقایسه قیمت گاز، بنزین و گازوئیل در کشورهای مختلف [۱۰].

Country	Premium Gasoline	Regular Gasoline	Diesel	CNG
Argentina	0.65 US\$/L	0.50 US\$/L	0.46 US\$/L	0.17 US\$/ m ³
Brazil	0.76 US\$/L	0.67 US\$/L	0.48 US\$/L	0.35 US\$/ m ³
Canada	0.50 US\$/L	-	0.39 US\$/L	0.25 US\$/ m ³
Chile	0.70 US\$/L	0.69 US\$/L	0.44 V	0.25 US\$/ m ³
China	0.35 E/L	0.32 E/L	0.35 E/L	0.18 E/ m ³
France	1.06 E/L	-	0.82 E/l	0.69 E/ m ³
Germany	1.069 E/L	1.060 E/L	0.869 E/L	0.489 E/m ³
India	0.73 US\$/ L	0.75 US\$/L	0.50 US\$ / L	0.29 US\$/m ³
Italy	1.049 E/L	-	0.884 E/L	0.433 E/m ³
Japan	0.90 E/L	0.82 E/L	0.66 E/L	0.56 E/m ³
Korea	1.22 US\$ / L	1.07 US\$ / L	0.61 US\$ / L	0.36 US\$/m ³
Pakistan	0.515 E/L	0.461 E/L	0.311 E/L	0.258 E/m ³
Russia	0.36 E/L	0.27 E/L	0.24 E/L	0.11 E/m ³
United Kingdom	0.70 E/L	-	0.67 E/L	0.22 E/m ³
USA	0.31 US\$ / L	-	0.3 US\$ / L	0.25 US\$/m ³

جدول ۲-۵- صرفه جویی ایجاد شده در صورت استفاده از گاز طبیعی در کاربردهای مختلف [۱۰].

Average Investment Cost	Cost (\$)	Average liquid fuel consume in a year(L)	CNG consume(m ³)	Benefits (\$)	Fund return time	Benefit/ investment
House	650	2000	5000	450	3.6	38%
Car	850	3000	3000	540	1.6	64%
Taxi	1200	9000	9000	1620	0.7	135%
Bus	12000	33000	33000	4620	2.6	39%
Minibus	5800	16500	16500	2310	2.5	40%

جدول ۲-۶- تعداد خودروهای گاز سوز و تعداد جایگاه گاز طبیعی در کشورهای مختلف [۱۱].

کشور	تعداد وسیله گازسوز	تعداد ایستگاه	کشور	تعداد وسیله گازسوز	تعداد ایستگاه
آرژانتین	1,459,236	1,400	کلمبیا	60,000	90
برزیل	1,117,885	1,227	بولیوی	45,000	63
پاکستان	1,000,000	930	بنگلادش	44,534	106
ایتالیا	382,000	509	ونزوئلا	44,146	149
هند	248,000	198	روسیه	41,780	213
امریکا	130,000	1,340	ارمنستان	38,100	60
ایران	115,479	137	آلمان	33,000	647
چین	97,200	355	ژاپن	25,000	289
اکراین	67,000	147	کانادا	20,505	222
مصر	63,135	95	مالزی	14,900	39

۲-۲-۴- مقایسه کمی و فیزیکی آب، بنزین و گاز طبیعی

مقایسه ظرفیت آب و گاز و بنزین معادل به صورت جدول زیر است ملاحظه می شود یک مخزن ۱۰۰

لیتری میتواند ۲۵ لیتر گاز طبیعی فشرده شده را در خود ذخیره نماید که معادل ۳۷/۴ لیتر بنزین میباشد [۱۲].

جدول ۲-۷- ظرفیت آب، گاز و بنزین معادل [۱۲].

<i>Water capacity,</i> <i>litres</i>	<i>Gas capacity,</i> <i>m3</i>	<i>GLE</i> *	<i>GGE</i> **
50	12.5	15.6	4.2
60	15.0	18.7	5.0
70	17.5	21.8	5.8
100	25.0	31.2	8.4
120	30.0	37.4	10.0

* GLE: gasoline litres equivalent, **GGE: gasoline gallons (US) equivalent

نمودار تغییرات فشار در اثر تغییرات دمای گاز طبیعی به صورت شکل زیر است ملاحظه میشود به ازاء تغییر

دما از ۴۰- به ۱۳۰، فشار نیز متقابلاً از ۱۸۰۰ Psi به ۴۵۶۷ Psi افزایش می یابد و بالعکس.