بررسی تحلیلی وکاربردی موادکامپوزیت و نحوه به کارگیری آنهادرمخازن تحت فشار

مهدی طالشی رستمی[1*]، محسن رفعت[2]، ابوذرابوذری[3]

۱- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزادسمنان، سمنان، ایران
۲- دانشگاه خواجه نصیر
۳- دانشگاه پالنده صاف، سمنان، ایران
* سمنان، MEHDI0136@YAHOO.COM

چکیده

در جهان امروزباتوجه به افزایش روز افزون تعداد خودروووبروز تصادفات متعددوهمچنین گرانی قیمت سوخت درکل جهان نیازبه شناخت کامپوزیت هابه عنوان بدنه ای مقاوم برای خودرودرمقابل تصادفات وهمچنین کاهش وزن خودروبه تبع آن کاهش مصرف سوخت وچگونگی جایگزین نمودن آن بافلزات احساس می شود ودرادامه نقش کامپوزیت هادرساخت مخازن تحت فشاروترکیب نمودن قالب گیری چرخشی وتحت فشاربرای تهیه لاینرپلاستیکی مخازن کامپوزیتی مارابراین داشت تااین مطلب رابرای شروع راه طولانی تحقیقات دراین امرخطیرارایه نماییم.

کلیدواژگان

کامپوزیت، مخازن تحت فشار، بررسی تحلیلی

۱- مقدمه

کامپوزیت های زمینه فلزی یکی از اصلی ترین نوآوری ها در زمینهٔ مواد مهندسی در ۲۵ سال گذشته است.

هم اکنون فلزات سبک تقویت شده با ذرات، به علت داشتن ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی برجسته مورد توجه مصرف کنندگان و سازندگان مواد مهندسی هستند.

مهم ترین هدف در تولید و کاربرد کامپوزیت های زمینه فلزی، دستیابی به بالاترین میزان نسبت استحکام به جرم و نسبت سفتی به جرم با استفاده از ماده ای سبک و ارزان است. از این رو تمایل کمتری برای تقویت فلزات سنگین تر مانند آهن و فولاد وجود دارد؛ چرا که در چنین فلزاتی با تهیه آلیاژ و نیز عملیات حرارتی، میتوان استحکام را به گونه ای اقتصادی تر افزایش داد.

۲- بدنه اصلی مقاله

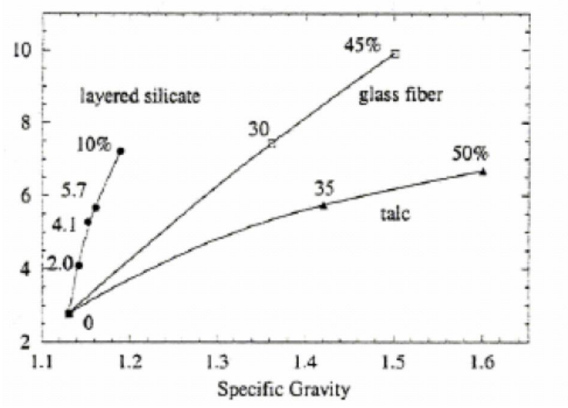
کاربرد فلزات سبک در حجم زیاد در صنایع خودروسازی حتی با وجود هزینهٔ بالا و چالش های تولید آنها، نه تنها سازندگان اصلی خودرو بلکه در بین تولیدکنندگان مواد مهندسی نیز افزایش یافته است. بیشترین چالش هایی که در رابطه با مواد سبک مورد استفاده در صنایع خودروسازی مطرح است عبارتند از

۱- بهای ماده اولیهٔ موردنیاز سازندگان خودرو

۲- هزینهٔ مراحل تولید موردنیاز برای ساخت و سر هم کردن اجزای سازنده وسیلهٔ نقلیه

در بین این کامپوزیتها، کامپوزیتهای [۱] بر پایه آلومینیوم بیش از سایرین مورد توجه است. چرا که چگالی آن کم، محدودهٔ آلیاژهای آن وسیع و قابلیت عملیات حرارتی آن مناسب است و در فرایند تولید، انعطاف پذیری خوبی از خود نشان می دهد.

به علاوه در صنایع خودروسازی، حمل و نقل، ساختمان سازی و...، مناسب بودن هزینه ها یکی از فاکتورهای بسیار مهم است. استفاده از آلیاژهای آلومینیوم به عنوان زمینه، به علت داشتن این ویژگیها و نیز بهای ارزان (۱/۵ دلار آمریکا در هر کیلوگرم) و نیز سادگی در جابجایی، ترجیح داده می شود.



شکل۱ نمودارمقایسه ای خاصیت تقویت کنندگی

مزایای مخازن کامپوزیت (نسل چهارم)

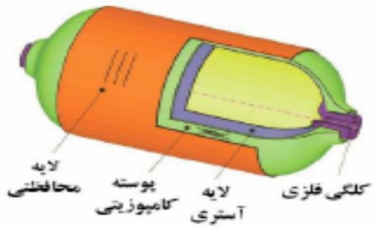
۱. مخازن کامپوزیتی به طور قابل ملاحظه ای سبک تر از مخازن فلزی با حجم یکسام هستند. بسته به نوع الیاف، یک مخزن کامپوزیتی حدود ۳۵٪ تا ۵۵٪ نوع فلزی مشابه وزن خواهد داشت.

۲. مخازن فلزی به علت جنس و ماده به کار رفته در آن مستعد خوردگی هستند ولی مخازن کامپوزیت در برابر خوردگی در محیط های اسیدی و بازی و محلول های شیمیایی مقاومت نشان می دهند؛ ضمناً گاز طبیعی متان (CH4) که حاوی ترکیبات گوگرد (سولفور)همانند H2S (سولفید هیدروزن) و ... می باشد. و فوق العاده خاصیت خورندگی دارد؛ بر روی هسته پلیمری مخازن کامپوزیتی تأثیر منفی نخواهد داشت.

۳. مخازن سوخت گاز (CNG) به هنگام پرشدن تحت فشار داخلی هستند و در هنگام تخلیه (خالی شدن) فشار داخلی آن ها کم است؛ این تناوب فشار باعث تناوب تنش بر روی فلز می شود [۲] که نتیجه آن ایجاد

خستگی در فلز است؛ ولی مخازن کامپوزیتی به خاطر جنس مواد به کار رفته در آن ها (خصوصاً نسل چهارم) طول عمر بیشتری از جهت آسیب های وارده ناشی از خشتگی مواد از نوسانات و تنش های فشاری دارند.

۴. وضعیت ترکیدن (انفجار) مخازن کامپوزیت و فلزی دو مقوله بسیار متفاوت از یکدیگرند؛ به دلیل این که در هنگام ترکیدن و انفجار، کپسول (مخزن) فلزی به ترکش ها و قطعات فلزی با انرژی جنبشی بسیار زیاد مبدل گشته و در اثر اصابت این ترکش ها با محیط پیرامون و یا اشخاص حاضر در نزدیکی محل وقوع انفجار، خسارت های جانی و مالی به همراه خواهد داشت. در صورتی که مخازن کامپوزیتی بر اثر ترکیدن (انفجار) دچار گسیختگی الیاف و شکست هسته پلیمری شده و از همان نقطه گاز درون کپسول به فضای بیرون نشت پیدا می کند و بدنه مخزن کامپوزیتی در اثر انفجار (ترکیدن) آسیب و خسارت جانی و مالی به همراه نخواهد داشت.



شکل۲ نمایی ازیک مخزن کامپوزیتی

نقاط ضعف کامپوزیت های زمینه فلزی عبارتند از:

- شکل پذیری و چقرمگی کمتر
- هزینهٔ بالای تقویت آلومینیوم در مقایسه با آلیاژهای آلومینیوم
- کمبود اطلاعات طراحی
- نیاز به کاهش هزینه ها، افزایش تولید و بهبود روش های تولید
- عدم اطمینان در رابطه با قابلیت بازیافت

یکی از این راه حل ها، مواد کامپوزیتی محتوی کاربید سیلیسیم، آلومینا یا گرافیت به صورت ذرات بسیار ریز، است

امکان جایگزینی چدن با آلومینیوم، پتانسیل کاهش وزن قابل توجهی را فراهم کرده است. به عنوان مثال این کاهش وزن برای یک خودروی کوچک حدود ۱۲ درصد (حدوداً برابر با ۱۰۰ کیلوگرم) و برای یک کامیون دیزلی حدود ۱۵ تا ۱۷ درصد است.

شرکت تویوتا در سال ۱۹۸۳ با طراحی پیستون موتور دیزلی، نخستین کاربرد مشهور تجاری کامپوزیتهای زمینه فلزی را در صنعت خودروسازی معرفی کرد. در این قطعه، به منظور کاهش وزن پیستون و بهبود ویژگیهای سایشی از کامپوزیت به جای چدن در اطراف شیار رینگ پیستون استفاده شد. افزون بر آن ویژگیهای مواد بهسازی شده، امکان ساخت موتور پیشرفته با فشار سیلندر بالاتر و کارایی بیشتری را فراهم ساخته است. چنین افزایشی در فشار پیستون ایجاب می کند که قطعه، تنش های مکانیکی و حرارتی بیشتری را تحمل کند. با کاربرد کامپوزیت های زمینه فلز دارای ضریب انبساط حرارتی کمتر، قطر داخلی سیلندر میتواند با فاصلهٔ کمتری نسبت به پیستون جفت و جور شود. بنابراین امکان ساخت پیستون هایی با وزن کمتر و ویژگیهایی چون جریان گرمایی بهترفراهم میشود.

قطعات الحاقی از راه تزریق کردن[۳] با فشار به درون آلومینای پیش شکل داده شده تهیه می شوند. تولید کنونی بیش از ۱۰۰،۰۰۰ قطعه در ماه است. صرفه جویی مستقیم در هزینه ها علت اصلی کاربرد قطعه الحاقی از جنس کامپوزیت آلومینیوم بوده، که با افزایش مقاومت سایشی و نیز کاهش وزن همراه است

۳- ساختار کامپوزیت ها

همان طور که پیشتر ذکر شد، یک ماده کامپوزیت را به صورت یک مخلوط فیزیکی، در مقیاس ماکروسکوپیک از دو یا چند ماده مختلف تعریف می کنند که این مواد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یکدیگر تشکیل می دهند. این مخلوط در مجموع و با توجه به برخی معیارها خواصی بهتر[۴] از هر یک از اجزاء تشکیل دهنده خود را دارا می باشد. در کامپوزیت ها عموماً سه ناحیه متمایز شامل فاز پیوسته (ماتریس)، فاز ناپیوسته (تقویت کننده) و لایه مرزی بین این دو فاز وجود دارد که تعیین کننده خواص و مشخصه های ماده مرکب خواهند بود.

فاز ناپیوسته غالباً به سه دسته کلی ذرات پودری (Particles)، ذرات صفحه ای (Platelets) و الیاف (Fibers) تقسیم می شوند که هر دسته خصوصیات ویژه ای را در کامپوزیت ایجاد می کند.

در یک کامپوزیت به طور کلی الیاف، عضو بارپذیر اصلی سازه هستند؛ در حالی که فاز ماتریس آن ها را در محل و آرایش مطلوب نگه داشته و به عنوان یک محیط منتقل کننده بار بین الیاف عمل می کند؛ به علاوه آن ها را از صدمات محیطی در اثر بالارفتن دما و یا رطوبت و غیره حفظ می کند. بسیاری از مواد کامپوزیت تقویت شده با الیاف، ترکیبی از استحکام و مدول که قابل قیاس و یا بهتر از بسیاری از مواد فلزی سنتی است را ارائه می دهند. به خاطر پائین بودن وزن مخصوص این مواد، نسبت استحکام به وزن (استحکام ویژه) و نسبت مدول به وزن (مدول ویژه) مواد کامپوزیت به طور مشخصی برتر از مواد فلزی می باشد، به همین خاطر کامپوزیت های تقویت شده با الیاف به عنوان یک گروه اصلی از مواد مهندسی شناخته شده اند که در بسیاری از کاربردهایی که کاهش وزن سازه اهمیت دارند مانند صنایع شیمیایی، فضایی و غیره می تواند جانشین فلزات شوند.

کامپوزیت هایی که تحت عنوان پلاستیک های تقویت شده (Reinforced Plastics) نامیده می شوند عبارتند از: الیاف تقویت کننده (شیشه ، کربن یا آرامید و ...) که در شبکه ای از رزین پخته شده قرار گرفته اند.

۴- تولید لاینرپلی اتیلنی به روش چرخشی وفشاری

بعدازعملیات گرم کردن قالب وذوب شدن پلی اتیلن به کمک مقسم های پنوماتیکی ومحفظه ی آبندی سیستم پنوماتیک همزمان باچرخش قالب شروع به اعمال فشاربادبه داخل قالب می کنیم که درواقع هم قالب گیری چرخشی درحال اجراست وهم قالب گیری فشاری.[۵] که ازمزایای آن میتوان متراکم نمودن مذاب ازبین بردن حفره های سوزنی وکاهش دادن زمان چرخه ی عملیات وفراهم آوردن شرایط مناسب برای تخلیه قطعه ازقالب رانام برد.

تقسیم بندی مخازن سوخت گاز (CNG) از نظر مواد و ساختار مخزن

گروه یک: مخازن کاملاً فلزی که از یک آلیاژ خاص (فولاد آرام) با نسبت ترکیب مشخص عناصر به روش های مختلف ساخته می شود.

گروه دو: مخازنی که فلزی هستند ولی در قسمت استوانه ای آن ها روی بدنه فلزی الیاف شیشه یا سایر الیاف همراه با رزین به طور محیطی پیچیده شده است. در وایع بدنه استوانه ای این مخازن شامل یک بخش در زیر و یک بخش کامپوزیتی روی آن است. استفاده از لایه کامپوزیت اجازه می دهد که جداره فلزی زیر آن نازک تر انتخاب شود و بدین ترتیب وزن کل مخزن کاهش می یابد. این مخازن را به خاطر نوع پیچش الیاف (حلقوی محیطی) و این که فقط در بدنه استوانه ای آن ها کامپوزیت به کار رفته تحت عنوان Hoop Wrapped (کمرتاب) می شناسند.

گروه سه: مخازنی که بدنه آن ها به طور کل از یک لایه آلومینیومی نازک نشکیل شده که بر روی آن الیاف شیشه یا سایر الیاف همراه با رزین به طور کامل پیچیده شده و علاوه بر بدنه استوانه ای مخزن، کلگیهای سر و ته آن ها را لایه کامپوزیت پوشانیده است. این دسته مخازن را به علت این که کاملاً تحت پیچش الیاف قرار گــرفته اند (Full Wrapped) یا تمام تاب می نامند و لایه آلومینیومی آن ها را تحت عنوان هسته یا لاینر می شناسند.

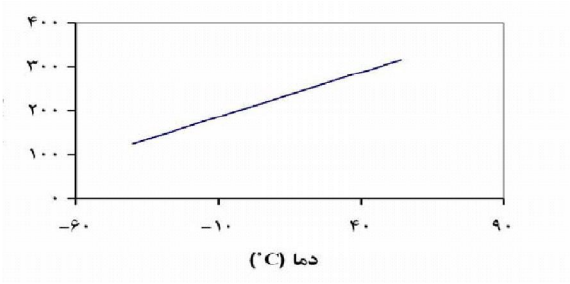
گروه چهار: مخازنی که از نظر ساختمان و پیچش الیاف مانند گروه سه هستند؛ فقط جنس هسته آن ها پلیمری می باشد. این گروه از مخازن نیز به علت پیچش الیاف بر روی تمام سطح استوانه ای خارجی آن ها تحت عنوان (Full Wrapped) معرفی می شوند.

توجیه اقتصادی استفاده از مخازن سوخت گاز نوع چهارم (تمام کامپوزیت)

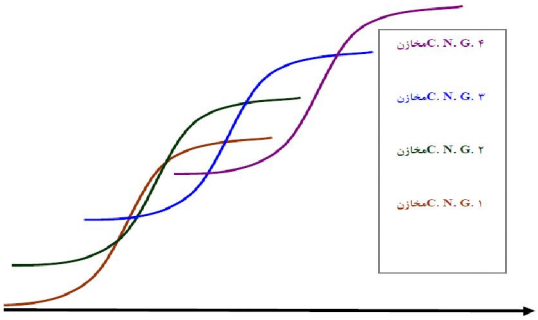
کاهش نرخ مصرف سوخت خودرو به دلیل سبک تر بودن وزن مخزن سوخت کامپوزیتی (نوع چهارم در مقایسه با نوع فلزی (دسته اول) و همچنین استهلاک کمتر خودرو، از دلایل اقتصادی توسعه و پیشرفت مخازن کامپوزیتی در عرصه جهانی می باشد[۶] ؛ و رویکرد حال حاضر کشورهای پیشرفته صنعتی در جهت کاربردی نمودن صد در صد استفاده از مخازن کامپوزیتی در تمامی عرصه های صنعت و تکنولوژی اعم از مخازن سوخت گاز در خوردوها، مخازن حمل و نقل مواد شیمیایی و کاربری های خاص نظامی و فضایی (مخازن سوخت موشک ها و ...) به دلیل ویژگی های منحصر به فرد کامپوزیت ها (نسبت استحکام به وزن، چقرمگی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر ترکیبات شیمیایی، سبکی و ...) ماحصل نگرش خاص و مدبرانه و مدیریت استراتژیک این کشورها در جهت بهره وری انرژی در سطح کلان می باشد؛ از این رو این رویه کشورهای در حال توسعه صنعتی را به نگرش و تفکری ژرف در راستای نهادینه نمودن باور استفده از محصولات کامپوزیتی خاص (مخازن سوخت و ....) و همچنین سرمایه گذاری های ویژه در جهت تولید و تجارت آن سوق خواهد داد.[۷]

۵- نتیجه گیری و جمع بندی

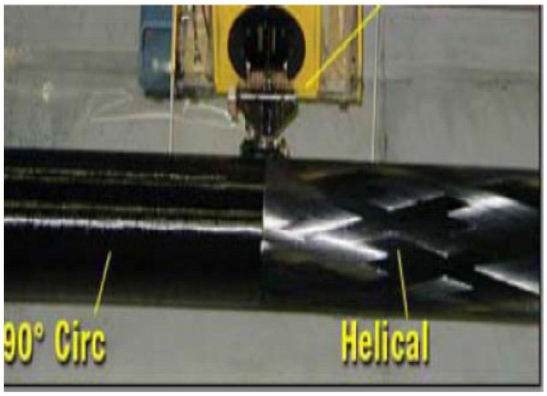
شاید پر بیراه نباشد اگر آغاز سده جدید غروبی را بر عصر فلزات و طلیعه نوین ظهور کامپوزیت ها در زندگی بشر امروزی عنوان کرد. وباید خاطرنشان کنم که بایدمنتظررشد وپیشرفت کامپوزیت ها درمخازن تحت فشار(مخازن کاپوزیتی)باشیم .



شکل۳ تغییرات فشاریک مخزن درفشارکاری۲۴۸بار



شکل ۴ پیشرفت تکنولوژی تولیدمخازن CNG



شکل ۵ روش الیاف پیچی محیطی وهلیکان مخازن کامپوزیتی

۶- تقدیر و تشکر و پیوست‌ها

اینجانب مهدی طالشی رستمی به عنوان سرگروه مراتب تشکروقدردانی ازآقای مهندس عصاروگروه تولیدی صنعتی سازان راابراز می دارم.وهمچنین ازهمکاری صمیمانه آقای مهندس رفعت وآقای مهندس میلانی وراهنمایی های آقای مهندس ارغوان کمال تشکررادارم.

۷- مراجع

[۱] W.K. Johnson, J.S. Winegar, "Development of an All-Composite NGV High Pressure Storage Cylinder", Gas Research Institute, USA, August ۱۹۹۱.

[۲] N.L. Newhouse, W.E. Liss, "Fast Filling of NGV Fuel Containers", International Truck& Bus Meeting & Exposition, Detroit, Michigan, November ۱۵-۱۷،۱۹۹۹.

[۳] Gil T. Miranda, "Natural Gas Vehicle Technology and Experience in the Philippines", Philippine Council for Industry and Energy Research and Development Department of Science and Technology (PCIERD-DOST), www.pcierd.dost.gov.ph/activities/DOEForum۱.ppt

[۴] International Association for Natural Gas Website, http://www.iangv.org/content/view/۱۷/۳۵/

[۵]S.C. Nelson, "Overview Of The Safety Issues Associated With The Compressed Natural Gas Fuel System And Electric Drive System In A Heavy Hybrid Electric Vehicle", Prepared by Oak Ridge National Laboratory for US Department of Energy, September ۲۰۰۲.

[۶] C.F. Murray, N.L. Newhouse, J.D. Schimenti, D.B. Tiller, "Development of Composite Pressure Vessels With Nonmetalic Liners", AIAA/SAE/ASME/ASEE ۲۸th Joint Propultion Conference and Exhibit, USA, July ۶-۸, ۱۹۹۲.

[۷] F. Mitlitsky, A. H. Weisberg, B. Myers, "Vehicular Hydrogen Storage Using