فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

مطالعه‌ای بر عوامل تأثیرگذار بر بهبود استحکام تخریب چندراهه هوای پلاستیکی در مقابل پدیده برگشت شعله

امید فروتن[۱]، مهدی بالو[۲*]، رسول نوری[۳] ، حسین فلاح[۴]

[۱] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو، تهران، ایران، o.foroutan@ikco.ir

[۲] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو، تهران، ایران، ma.baloo@ikco.ir

[۳] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو، تهران، ایران، r.nouri@ikco.ir

[۴] دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، hossein.fallah.eth@gmail.com

[*] نویسندهٔ مسئول

چکیده

چندراهه هوا در موتورهای احتراق داخلی وظیفه تأمین و توزیع یکسان هوا در بین استوانه‌های موتور را دارد. معمولاً جنس این قطعه از آلومینیوم یا پلاستیک می‌باشد. چندراهه‌های پلاستیکی در مقایسه با چندراهه‌های آلومینیومی دارای مزایای وزن و هزینه تولیدکمتر، عایق حرارتی بهتر و بهبود بازده تنفسی می‌باشد، ولی با توجه به استحکام ضعیف چندراهه‌های پلاستیکی در برابر اثرات مخرب پدیده برگشت شعله در مقایسه با چندراهه‌های آلومینیومی، می‌بایست تمهیدات لازم برای بهبود استحکام و همچنین صحه گذاری آن در برابر این پدیده در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه انجام آزمون صحه گذاری استحکام قطعه در برابر این پدیده همواره با سختی همراه است، در این پژوهش به بررسی عوامل تأثیرگذار بر استحکام چندراهه پلاستیکی با استفاده از رویه آزمون پیشنهادی پرداخته شده است. به همین منظور در ابتدا با استفاده از رویه آزمون پیشنهادی، تأثیر نوع مواد اولیه و درصد الیاف شیشه بر استحکام یک چندراهه مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه پس از شبیه سازی بوسیله نرم افزار آباکوس و صحه گذاری آن با نتایج آزمایشگاهی، تأثیر درصد الیاف شیشه و ضخامت دیواره بر مقدار تمرکز تنش چندراهه پلاستیکی موتورملی با در نظر گرفتن رویه پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمون استحکام پیشنهادی و شبیه‌سازی نشان داد ضخامت، درصد الیاف شیشه، کیفیت مواد اولیه بترتیب بیشترین تأثیر را بر استحکام چندراهه پلاستیکی دارد.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۱ دی ۱۳۹۶

پذیرش: ۲ اسفند ۱۳۹۶

کلیدواژه‌ها:

چندراهه هوای پلاستیکی

برگشت شعله

الیاف شیشه

جوش ارتعاشی

آباکوس

۱- مقدمه

وظیفه چندراهه هوا در موتورهای احتراق داخلی، توزیع یکسان هوا در بین استوانه‌های مختلف به منظور تأمین مخلوط مورد نیاز برای فرآیند احتراق می‌باشد. به طورکلی در موتورهای احتراق داخلی از چندراهه هوای آلومینیومی و پلاستیکی استفاده می‌شود. چندراهه هوای پلاستیکی به طور موفقیت آمیزی در حال جایگزینی با چندراهه هوای آلومینیومی در خودروهای سواری و سنگین در دهه اخیر می‌باشد. از جمله مزیت‌های چندراهه هوای پلاستیکی، کاهش وزن، بهبود کارآیی موتور و کاهش هزینه تولید در مقایسه با چندراهه هوای آلومینیومی می‌باشد. از جمله روش‌های تولید چندراهه هوای پلاستیکی، روش جوش ارتعاشی و روش ماهیچه ذوب شونده می‌باشد که روش اول با توجه به ساده‌تر بودن فرآیند تولید و پایین‌تربودن هزینه تولید، رایج تر از روش دوم می‌باشد. با توجه به نوع و ساختار مواد پلیمری مورد استفاده در چندراهه هوای پلاستیکی، استفاده از الیاف تقویت کننده شیشه می‌تواند در بهبود استحکام مکانیکی و حرارتی چندراهه هوای پلاستیکی اثر بخش باشد؛ با این حال عیب اصلی چندراهه‌های پلاستیکی پایین بودن استحکام آنها در مقابل پدیده برگشت شعله[1]در مقایسه با چندراهه هوای آلومینیومی می‌باشد.

برگشت شعله پدیده‌ای است که در موتورهای احتراق داخلی بطور ناخواسته در داخل چندراهه هوا انجام می‌شود. با توجه به اینکه در موتورهای بنزینی تزریق غیر مستقیم، سوخت داخل راهگاه چندراهه هوا تزریق می‌شود، این مخلوط هوا و سوخت موجود در اثر کشیده شدن شعله محفظه احتراق به داخل چندراهه هوا محترق شده و در نهایت منجر به افزایش فشار ناگهانی در داخل چندراهه هوا می‌شود. این فشار را می‌توان از روش محاسبه دمای آدیاباتیک شعله در محفظه حجم ثابت با فرض مخلوط سوخت و هوای استکیومتریک تخمین زد. این پدیده می تواند منجر به وارد آمدن آسیب های جدی به سامانه هوا رسانی بویژه چندراهه هوا شود [۱]، لذا شرکت‌های تولید کننده و توسعه دهنده چندراهه پلاستیکی برای بهبود استحکام چندراهه هوا، در انتخاب هندسه داخلی، مواد پایه، درصد الیاف مناسب و بهبود عوامل موثر در فرآیند جوش ارتعاشی تحقیقاتی انجام داده‌اند.

در این پژوهش به ارائه یک رویه پیشنهادی جهت بررسی همزمان استحکام دینامیکی و استاتیکی و با در نظر گرفتن عوامل تاثیر گذار بر استحکام چندراهه پرداخته شده است و در ادامه با استفاده از نتایج آزمون های تجربی به صحه گذاری نتایج شبیه سازی عددی آزمون پیشنهادی با در نظر گرفتن تاثیر عوامل درصد الیاف تقویتی شیشه و ضخامت دیواره پرداخته خواهد شد.

درمطالعه‌ای توسط گروه کینگ وون بر روی چندراهه هوای پلاستیکی مربوط به موتور سه استوانه ی دوو، دریافتند که با عمق جوش ۱/۵ میلیمتری و کاهش فشار جوش تا ۲ مگاپاسکال به طور همزمان، می‌توان به بیشینه استحکام چندراهه هوای پلاستیکی با مواد اولیه پلی آمید ۶ با ۳۳ درصد الیاف شیشه[2]با قابلیت تولید انبوه دست یافت [۲].

در مطالعه‌ای دیگر،کرافت و همکارانش عوامل تأثیرگذار در فشار انفجاردینامیکی چندراهه هوای پلاستیکی را مورد بررسی قرار دادند. آنها با بکارگیری تجهیزات آزمایشگاهی به شبیه‌سازی پدیده برگشت شعله پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که تغییرات استحکام دینامیکی و استاتیکی چندراهه هوای پلاستیکی به طراحی قطعه وابسته می‌باشد و رابطه مستقیمی میان استحکام استاتیکی و دینامیکی چندراهه هوا وجود ندارد و بوسیله آزمون‌های استحکام استاتیکی نمی توان استحکام دینامیکی چندراهه هوا را صحه‌گذاری نمود، لذا این گروه با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی سعی در بررسی مقاومت چندراهه در مقابل پدیده برگشت شعله بوسیله آزمون استحکام دینامیکی داشتند. آنها دریافتند که در شرایط بارگذاری هوای با درصد رطوبت بیشتر نسبت به حالت خشک هوای ورودی، نتایج استحکام تخریب بیشتر خواهد بود و یکی از مواردی که می‌تواند در نتایج بیشینه استحکام تخریب تأثیرگذار باشد وجود نشتی در حین آزمون می‌باشد که می‌بایست تمهیدات لازم برای جلوگیری از وقوع نشتی درحین آزمون در نظر گرفته شود [۳].

در یک تحقیق، هیروکی تاناکا و همکارانش به بررسی عوامل تأثیرگذار در بهبود استحکام چندراهه هوای پلاستیکی بوسیله تجهیزات کامپیوتری پرداختند، برای بررسی استحکام چندراهه هوای پلاستیکی در فاز توسعه و طراحی این قطعه در ابتدا مدل سه بعدی قطعه ایجاد شد و سپس بوسیله نرم افزارهای شبیه‌سازی از لحاظ پارامترهای صدا و استحکام چندراهه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه نتایج جهت افزایش استحکام چندراهه، اضافه کردن نگه دارنده ها بر روی چندراهه تأثیر بسزایی دارد و باعث کاهش ۳۰ درصدی تمرکز تنش در نقاط بحرانی چندراهه گردید و در نهایت نتایج حاصل از شبیه‌سازی بوسیله آزمون استحکام تخریب صحه‌گذاری شد [۴].

در یک تحقیق دیگر پارسانا و همکارانش جهت افزایش مقاومت چندراهه هوای پلاستیکی به بررسی شرایط جوش ارتعاشی همانند تأثیر تقعر مخزن آرامش چندراهه، حذف خروج از مرکز بودن محل جوش و افزایش ضخامت جوش در چندراهه در راستای بهبود چندراهه پرداختند. باتوجه به نتایج، ضعیف‌ترین بخش چندراهه خط جوش مخزن آرامش می‌باشد که با افزایش تقعر در محل تمرکز تنش بهبود ۴۷ درصدی در استحکام جوش و با افزایش ضخامت جوش می‌توان به بهبود ۸۴ درصدی دست یافت و پارامترهایی نظیر افزایش نگهدارنده[3]در محل اتصال جوش تأثیر چندانی در استحکام جوش ندارند [۵].

---

[1] Backfire
[2] PA6 GF33
[3] Rib

در یک تحقیق دیگر جردن لی و همکاران اش به بررسی پارامترهای طراحی چندراهه هوای پلاستیکی با جوش اصطکاکی و معیارهای انتخاب مواد اولیه و روش‌های تولید چندراهه هوای پلاستیکی و خصوصیات کارکردی هر یک از این مواد پرداختند. طبق بررسی‌های این گروه چندراهه هوای پلاستیکی با پلی امید ۶۶ با ۳۰ درصد الیاف با تقویت فرآیند جوشکاری، بهترین گزینه برای استفاده در چندراهه هوای پلاستیکی تحت بار حرارتی زیاد می‌باشد و کم هزینه‌ترین روش تولید چندراهه، جوش اصطکاکی می‌باشد که با مواد اولیه پلی آمید ۶۶ با درصد الیاف‌های مختلف قابل انجام می‌شود و با افزایش درصد الیاف مواد اولیه تا ۴۵ درصد باعث بهبود استحکام چندراهه تا ۲۱۰ مگاپاسکال می‌شود [۶].

به طور کلی با توجه به مطالعات صورت گرفته استحکام استاتیکی و دینامیکی چندراهه هوای پلاستیکی به عواملی مانند عمق جوش، فشار جوش، درصد الیاف، هندسه چندراهه و مواد اولیه وابسته می باشد از طرفی با توجه به اینکه آزمون های صحه گذاری استحکام دینامیکی و استاتیکی در قطعه چندراهه هوا به صورت جداگانه انجام می شود و بدلیل ارتباط میان نتایج استحکام دینامیکی و استاتیکی، در این پژوهش به ارائه یک رویه پیشنهادی جهت بررسی همزمان استحکام دینامیکی و استاتیکی و با در نظر گرفتن عوامل تاثیر گذار بر استحکام چندراهه پرداخته شده است و در نهایت نتایج شبیه سازی بوسیله نتایج آزمون تجربی صحه گذاری خواهد شد و سپس به بررسی پارامترهای تاثیر گذار بر استحکام تخریب چندراهه پرداخته خواهد شد.

۲-الزامات طراحی چندراهه هوا

به طور کلی یک چندراهه هوا می‌بایست دارای یک عملکرد مشخص و قابلیت اطمینان در برابر نیازمندی‌ها، صرف نظر از نوع مواد اولیه را داشته باشد. در ادامه به بررسی این نیازمندی‌ها با در نظر گرفتن روش تولید و نوع مواد اشاره خواهد شد.

الف) تنش

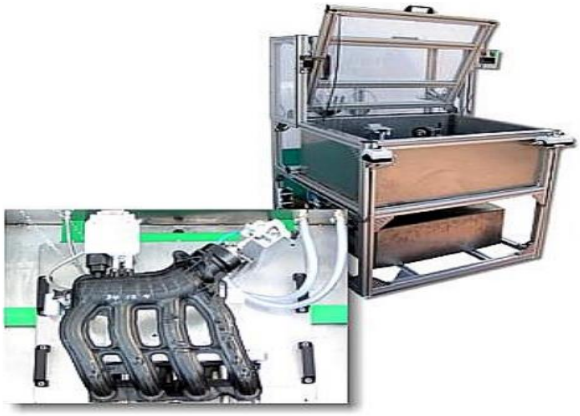
چندراهه هوا می‌بایست قابلیت تحمل تنش، تحت شرایط عادی و بد عملکردی را داشته باشد. از جمله تنش‌های عادی وارده به چند راهه تنش‌های حاصل از ارتعاشات موتور می‌باشد و تنش‌های بحرانی نیز در اثر پدیده برگشت شعله به درون چندراهه، می‌تواند چندراهه را تحت شرایط تنش‌های بحرانی قرار دهد. تنش‌های حرارتی و شرایط محیطی نیز می‌تواند عملکرد چندراهه را تحت‌الشعاع قرار دهد.

یکی از الزامات مهم طراحی چندراهه، دمای عملکردی آن می‌باشد که به مدول الاستیسیته تأثیر خواهد گذاشت. دمای عملکردی یک چندراهه هوا در محدوده ۴۰- تا ۱۳۰+ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس این شرایط بیشینه مقدار تنش‌های وارد بر چندراهه نبایستی بیشتر از ۱۳/۷۸ مگاپاسکال باشد. امروزه مواد مورد استفاده برای ساخت چندراهه هوای پلاستیکی پلی آمید۶ و پلی آمید۶۶ با درصد الیاف شیشه تقویتی متفاوت می‌باشد.

ب) استحکام تخریب استاتیکی

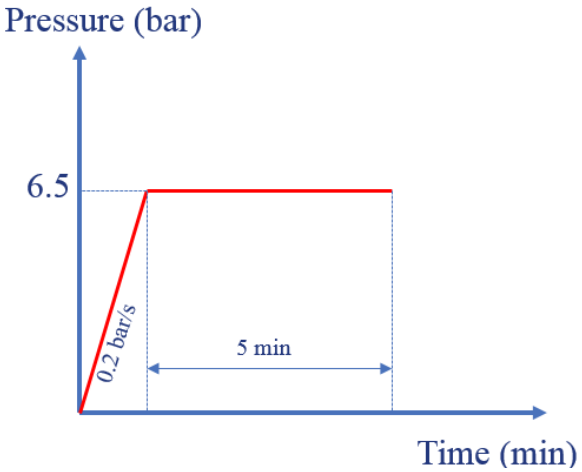
استحکام تخریب استاتیکی چندراهه هوا به بیشینه مقدار فشار درونی چندراهه که به صورت استاتیکی به آن وارد می‌شود و نشان دهنده دوام قطعه در برابر فشارهای درونی می باشد.

جهت صحه‌گذاری عملکرد چندراهه در برابر فشار استاتیکی بر اساس استاندارد [۷]، می‌بایست چند راهه هوا توانایی تحمل فشار درونی حاصل از سیال آب، تحت دمای محیط و عملکردی را به مدت ۵ دقیقه داشته باشد. نسبت افزایش فشار در این آزمون ۰/۲ بار بر ثانیه است و در انتهای آزمون چندراهه می‌بایست عاری از هرگونه نشتی، شکستگی و دفرمگی باشد. در **Error! Reference source not found.** تجهیزات مربوط به این آزمون نشان داده شده است.



شکل۱: تجهیزات انجام آزمون استحکام استاتیکی چندراهه هوا

در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است.

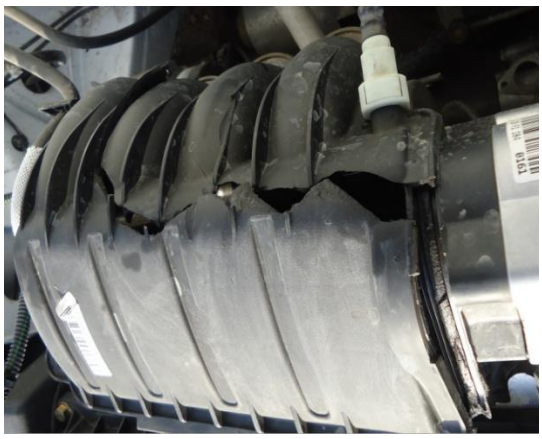


شکل ۲: رویه انجام آزمون استحکام استاتیکی برای چندراهه هوا در دمای محیط [۷]

ج) استحکام تخریب دینامیکی (پدیده برگشت شعله)

همانطور که اشاره شد استحکام دینامیکی چندراهه هوا به صحه گذاری مقاومت درونی چندراهه در برابر افزایش فشار ناگهانی حاصل از پدیده برگشت شعله می پردازد. در **Error! Reference source not found.** نمونه‌ای از ترکیدگی چندراهه هوای موتور TU5 در اثر پدیده برگشت شعله در حالت راه‌اندازی سرد نشان داده شده است. به طور کلی علل اصلی پدیده برگشت شعله را می‌توان به چهار بخش تقسیم‌بندی نمود [۱]:

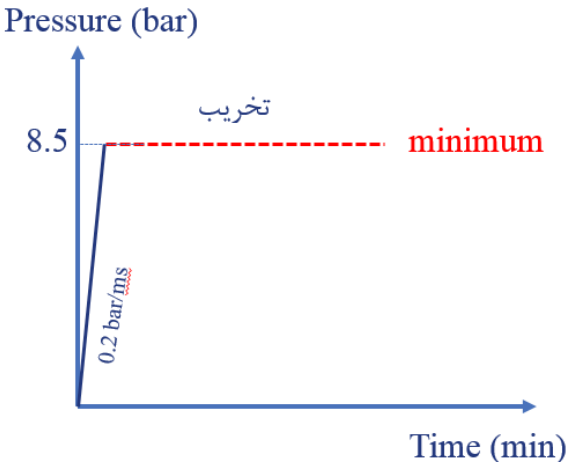
- نسبت هوا به سوخت (بیش از حد غنی و یا رقیق)
- زمان بندی جرقه (جرقه نابجا، ریتارد و ضعیف بودن جرقه)
- باز و بسته شدن دریچه‌ها (زمان بندی ناصحیح، داغ شدن بیش از حد، رسوب گرفتگی و عیوب مکانیکی)
- زینه بندی[1](در مواقع تغییر ناگهانی دور، افزایش و کاهش ناگهانی فشار درونی چندراهه)



شکل ۳: ترکیدگی چندراهه هوای موتور TU5 در اثر پدیده برگشت شعله [۸]

برای صحه‌گذاری عملکرد چندراهه در برابر فشار دینامیکی حاصل از پدیده برگشت شعله، استاندارد [۷] در نظر گرفته شده است و این آزمون بر خلاف آزمون استحکام استاتیکی، جزء آزمون‌های تخریبی چندراهه به شمار می‌آید. مطابق شکل۴ در این آزمون چندراهه می‌بایست تحمل افزایش فشار سیال هوا با نسبت ۰/۲ بار بر میلی ثانیه را تا یک فشار معین در شرایط کارکردی دمایی محیط و عملکردی را داشته باشد و حداقل فشار مجاز تخریب برای استحکام تخریب چند راهه در این آزمون نبایستی کمتر از مقدار فشار مجاز تعین شده باشد.

بر خلاف روش آزمون استحکام استاتیکی، در آزمون استحکام دینامیکی، پیاده‌سازی شرایط واقعی آزمون (ایجاد احتراق در داخل چندراهه) و ثبت داده‌های فشار استحکام دینامیکی تخریب نیاز به تجهیزات ویژه دارد که همواره انجام این آزمون دارای سختی در انجام و ثبت اطلاعات می باشد از اینرو جهت ارزیابی استحکام دینامیکی از یک روش پیشنهادی که ترکیبی از آزمون استحکام دینامیکی و استاتیکی می‌باشد، استفاده شده است. بدین صورت که این آزمون با سیال آب و افزایش فشار با نسبت ۰/۲ بار بر ثانیه تا تخریب قطعه انجام می‌گردد. در جدول ۱ مقایسه میان آزمون استحکام استاتیکی، دینامیکی و پیشنهادی آورده شده است.



شکل۴: رویه انجام آزمون استحکام دینامیکی برای چندراهه هوا در دمای محیط [۷]

جدول ۱: مقایسه آزمون های استحکام تخریب چندراهه هوا

نوع آزمون	وضعیت قطعه در انتهای آزمون	نسبت افزایش فشار	نوع سیال
استاتیکی	سالم	۰/۲ بار بر ثانیه	آب
دینامیکی	تخریب می شود	۰/۲ بار بر میلی ثانیه	هوا
پیشنهادی	تخریب می شود	۰/۲ بار بر ثانیه	آب – هوا

از جمله مزیت های آزمون پیشنهادی نسبت به دو آزمون استاتیکی و دینامیکی می توان به امکان پذیر بودن آزمون با توجه به نوع تجهیزات مورد استفاده و انجام یک آزمون برای صحه گذاری هر دو مورد که می توان باعث کاهش هزینه صحه گذاری قطعه شود اشاره نمود.

۳-نمونه مورد مطالعه

در ادامه به عنوان مطالعه موردی پارامترهای تأثیرگذار بر استحکام تخریب چندراهه هوای موتور TU5 با استفاده ازروش پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است که در جدول۲ مشخصات مربوط به چندراهه هوای این موتور نشان داده شده است.

درجدول ۳ تنظیمات دستگاه جوش ارتعاشی برای چندراهه هوای پلاستیکی موتور TU5 نشان داده شده است و در شکل۵ تصویر چندراهه این موتور نشان داده شده است.

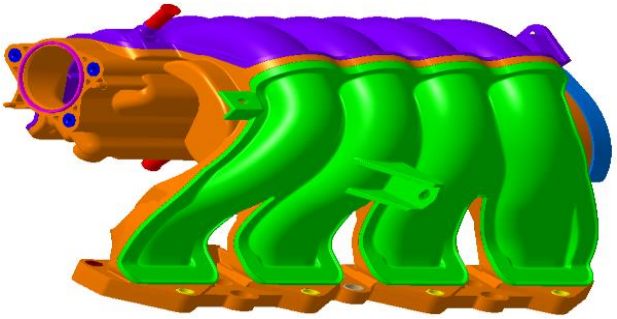
[1] Calibration

جدول ۲: مشخصات چندراهه هوای موتور TU5

ردیف	نوع مشخصه	مقدار مشخصه
۱	مواد پلیمری پایه	پلی آمید۶
۲	درصد الیاف شیشه	۳۵٪
۳	استاندارد مواد	PA6---0005-B
۴	شرکت‌های تأمین کننده مواد پایه	DSM-BASEF
۵	روش تولید کپه‌ها	تزریق پلاستیک
۶	تعدادبخش‌ها	۳
۷	روش اتصال کپه‌ها	جوش ارتعاشی

جدول ۳: پارامترهای مبنای جوش ارتعاشی چندراهه هوای موتور TU5

ردیف	نوع مشخصه	مقدار مشخصه (واحد)
۱	فشار جوش	۱/۴ (مگاپاسکال)
۲	فرکانس	۲۴۰ (هرتز)
۳	دامنه	۱/۸ (میلی‌متر)
۴	عمق جوش	۱/۵ (میلی‌متر)
۵	زمان جوش	۳/۵ (ثانیه)



شکل۵: چندراهه هوای موتور TU5

٤- موارد تحت بررسی با روش آزمون پیشنهادی

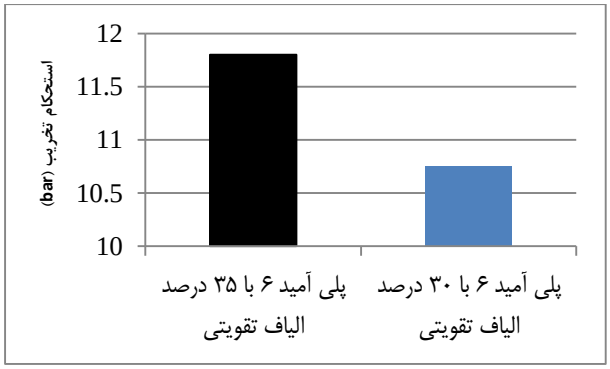
۴-۱- بررسی درصد الیاف شیشه تقویتی

به طور معمول برای تولید چندراهه هوای موتورهای احتراق داخلی از مواد اولیه پلیمری، پلی آمید ۶ با درصد الیاف شیشه ۳۰ و ۳۵ درصد استفاده می‌شود همانطور که اشاره شد در چندراهه هوای موتور TU5 از پلی آمید ۶ با درصد الیاف ۳۵ استفاده شده است. در شکل۶ تأثیر درصد الیاف بر استحکام تخریب بر اساس رویه آزمون پیشنهادی نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصله با افزایش درصد الیاف در یک مواد پایه یکسان، استحکام تخریب چندراهه افزایش ۹ درصدی می‌یابد.

لذا در مواردی که نیاز به مستحکم سازی چندراهه در برابر پدیده برگشت شعله می‌باشد می‌توان از این راهکار استفاده کرد.

۴-۲- بررسی تامین کننده مواد اولیه پایه

جهت تولید چندراهه هوای موتور TU5 از مواد اولیه تأمین شده توسط شرکت‌های DSM، BASF،BAYER استفاده می‌شود. در جدول ۴ مشخصه های مواد اولیه چندراهه هوای پلاستیکی برای دو تأمین‌کننده مواد اولیه با درصد الیاف متفاوت شیشه نشان داده شده است.



شکل۶: بررسی تأثیر درصد الیاف بر استحکام تخریب چندراهه هوا

جدول ۴: بررسی مشخصه‌های مواد اولیه پلی آمید ۶ با درصد الیاف متفاوت شیشه

	PA6_GF30% (Radilon)	PA6_GF35% (DSM)
مدول الاستسیته (MPa)	۱۰۸۰۰-۷۱۰۰	۱۱۵۰۰-۷۰۰۰
استحکام ضربه(۲۳درجه) (Kj/m^2)	۹۷-۸۷	۱۰۰-۹۰

در جدول ۵ تأثیر منبع تأمین مواد اولیه بر استحکام تخریب نشان داده شده است. با توجه به نتایج، نوع شرکت تأمین کننده مواد اولیه نیز می‌توان بر استحکام درونی چندراهه تأثیرگذار باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مواد اولیه تأمین شده شرکت Radilon علیرغم درصد الیاف پایین‌تر، باعث افزایش مقدار استحکام تخریب حدود ۱۶ درصدی در مقایسه با باقی نمونه‌ها می‌شود از این رو در انتخاب شرکت تأمین کننده مواد اولیه جهت تولید چندراهه می‌بایست این موضوع مدنظر قرار گیرد.

جدول ۵: بررسی تأثیر شرکت تأمین کننده مواد اولیه بر استحکام تخریب چندراهه هوا

نمونه	مواد اولیه پایه	شرکت تأمین کننده مواد اولیه	استحکام تخریب (bar)
۱	PA635%	DSM	۱۰/۷۵
۲	PA630%	LG	۱۱/۰۸

۳	PA630%	Radilon	۱۳/۱۴

۳-۴- بررسی شرایط آزمون

همان‌طور که اشاره شد در روش پیشنهادی افزایش فشار با نسبت ۰/۲ بار بر ثانیه تا تخریب قطعه انجام می‌گردد. در این بخش به بررسی تاثیر نوع سیال مورد استفاده در آزمون پیشنهادی با شرایط افزایش فشار یکسان پرداخته شده است. بر اساس

جدول ۶ با توجه به نتایج آزمون در شرایط مشابه، سیال آب دارای فشار تخریب به صورت میانگین ۱۶ درصدی بالاتر در مقایسه با سیال هوا می‌باشد. با توجه به اینکه در تجهیزات انجام آزمون در شرکت های تولید کننده هر دو سیال مورد استفاده قرار می‌گیرد از این رو نوع سیال مورد استفاده در آزمون نیز می‌بایست در صحه‌گذاری چندراهه هوا مورد نظر قرار گیرد و در صورتی که از سیال هوا برای آزمون استفاده گردد نرخ بهینه فشار حدود ۱/۲ برای برابری نتایج در هر دو روش می بایست مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۶: بررسی تأثیر سیال مورد استفاده جهت انجام آزمون استحکام

نمونه	نوع سیال	فشار تخریب (bar)	میانگین
۱	آب	۱۰/۷۵	۱۰/۵۹
۲		۱۰/۰۸	
۳		۱۱	
۴		۱۰/۳۴	
۵		۱۰/۷۸	
۶	هوا	۸/۳	۸/۸۶
۷		۸/۶	
۸		۹/۲	
۹		۸/۹	
۱۰		۹/۳	

۵- بررسی استحکام چندراهه هوای پلاستیکی با استفاده از شبیه‌سازی

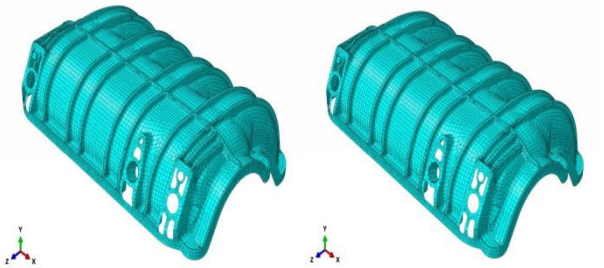
در ادامه با استفاده از نرم افزار ABAQUS به بررسی استحکام مخزن آرامش چندراهه هوای پلاستیکی با در نظر گرفتن شرایط پیشنهادی پرداخته شده است و در نهایت نتایج حاصل از شبیه سازی با نتایج آزمون تخریب دینامیکی چندراهه هوای پلاستیکی موتور ملی مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا با استفاده از مدل پوسته‌ای مخزن آرامش چندراهه، شرایط مرزی و مواد اولیه و نوع بارگذاری در این نرم افزار تعریف می‌شود. در انتها با استفاده از روش تحلیل Dynamic Explicit با تعریف شرایط آزمون پیشنهادی به بررسی نقاط تمرکز تنش در این مخزن آرامش چندراهه با مواد اولیه PA6 با درصد الیاف ۳۰ و ۳۵ و تغییر ضخامت پوسته چندراهه پرداخته شده است.

۵-۱-شرایط مرزی اعمال شده به مدل چندراهه

فشار داخلی وارد شده به جداره داخلی محفظه آرامش مطابق رویه آزمون استحکام دینامیکی پیشنهادی با نرخ افزایش ۰/۲ بار بر ثانیه اعمال شده و این فشارتا مقدار نهایی ۸/۵ بار افزایش یافته است.

۵-۲- مش‌بندی مدل

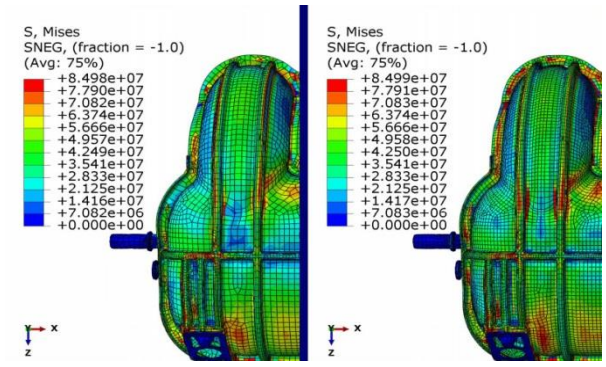
نوع مش برای مدل چندراهه هوا پوسته ای از نوع المان S4R می‌باشد که در شکل۷ مش‌بندی قسمت بالا و پایین محفظه آرامش نشان داده شده است.



شکل۷: رویه مش بندی جهت تحلیل قطعه چندراهه

۵-۳-استقلال از شبکه

صحه‌گذاری نتایج حاصل از شبیه‌سازی وابسته به اندازه المان‌های به کار رفته در مش‌بندی باشد. به همین منظور می‌بایست استقلال از شبکه مورد بررسی قرار گیرد. در شکل۸ نتایج شبیه‌سازی برای دو اندازه مش‌بندی متفاوت با یکدیگر مقایسه شده است که اختلاف نتایج به دست آمده قابل اغماض می‌باشد، این بدان معناست که با انتخاب مش‌بندی کوچکتر، تفاوتی در خروجی های بدست آمده و اندازه تنش بوجود آمده در چندراهه ایجاد نخواهد شد.

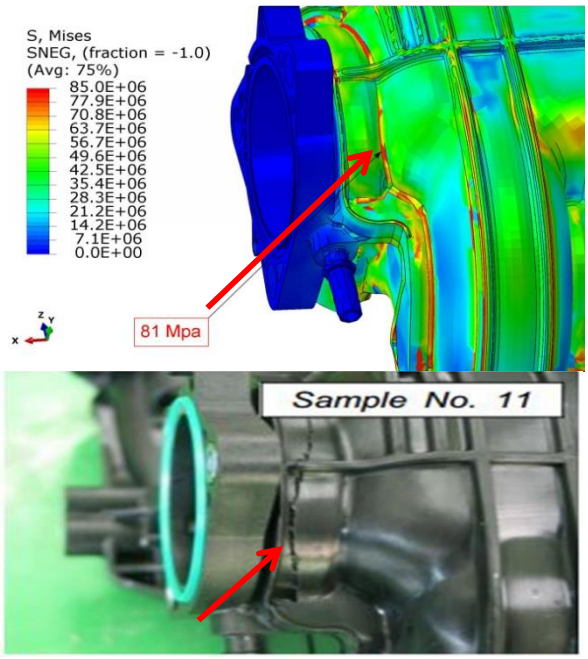


شکل۸: استقلال از شبکه به استفاده از مش‌بندی متفاوت در مدل

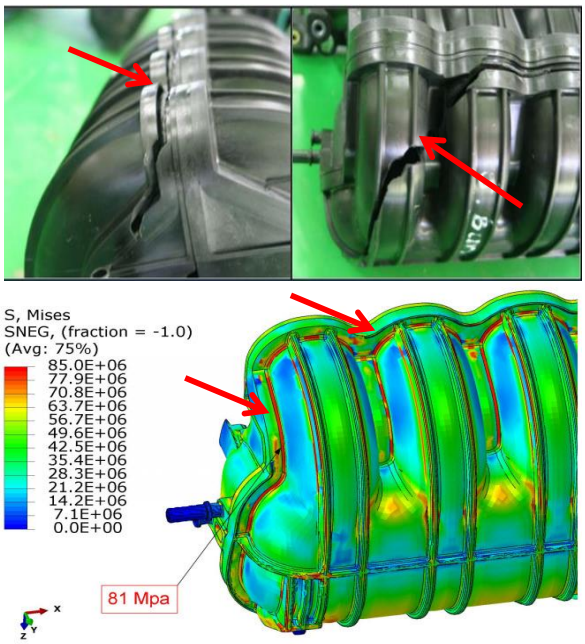
۶-صحه‌گذاری نتایج شبیه‌سازی با نتایج آزمون

با مقایسه تمرکز تنش در مدل شبیه‌سازی با رویه پیشنهادی و محل تخریب در نمونه چندراهه هوای پلاستیکی موتور ملی تحت آزمون استحکام دینامیکی، بر اساس **Error! Reference source not found.** و **Error! Reference source not found.** مشاهده می‌شود که نواحی دارای تمرکز تنش، مشابهت زیادی با نواحی شکست مدل چند راهه دارند. لذا با توجه به تطابق محل نقاط تمرکز تنش در شبیه سازی با استفاده از روش پیشنهادی و نقاط شکست قطعه در

آزمون صحه گذاری قطعه چندراهه در آزمون تخریب دینامیکی، می توان با استفاده از مدل شبیه سازی شده به بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر استحکام تخریب چندراهه همانند درصد الیاف تقویتی و تاثیر ضخامت دیواره چندراهه پرداخت.



شکل ۹: صحه‌گذاری نتایج شبیه‌سازی با استفاده از نتایج آزمایشگاهی

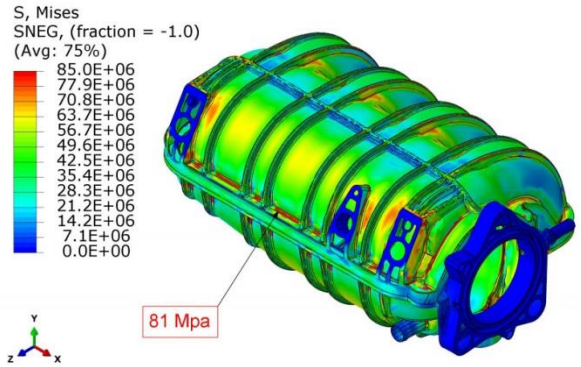


شکل ۱۰: صحه‌گذاری نتایج شبیه‌سازی با استفاده از نتایج آزمایشگاهی

۷- بررسی تأثیر عوامل مختلف

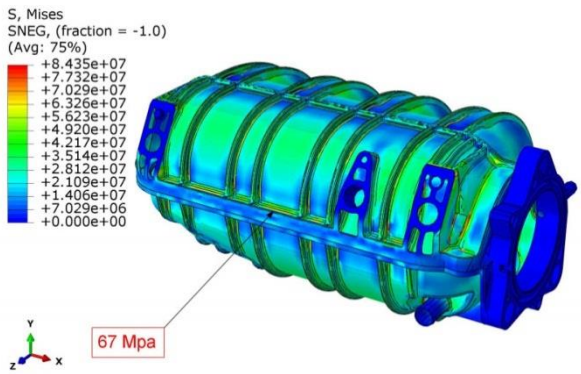
۱-۷- بررسی تأثیر درصد الیاف تقویتی بر استحکام چندراهه

پس از صحه گذاری نتایج مدل شبیه سازی با نتایج آزمایشگاهه، به بررسی تاثیر درصد الیاف تقویتی شیشه در مواد اولیه چندراهه پرداخته شده است، در شکل۱۱ نقاط تمرکز تنش در مخزن آرامش چندراهه هوای پلاستیکی موتور ملی با درصد الیاف تقویت کننده شیشه ۳۰، نشان داده شده است. بیشینه تمرکز تنش در لبه کناری کپه بالایی مخزن آرامش و در نزدیکی خط جوش قرار دارد و مقدار آن برابر ۸۱ مگاپاسکال می‌باشد.



شکل۱۱: تحلیل دینامیکی مخزن آرامش چندراهه هوای موتور ملی با ۳۰ درصد الیاف شیشه

با تغییر درصد الیاف تقویتی شیشه از ۳۰ به ۳۵ درصد، مطابق شکل ۱۲ با استفاده از خواص مواد اولیه چندراهه هوا با الیاف تقویت کننده شیشه ۳۵ درصد، مقدار بیشنه تمرکز تنش از ۸۱ مگاپاسکال به ۶۷ مگاپاسکال کاهش می یابد و نسبت به الیاف تقویت کننده ۳۰ درصد، کاهش ۱۷ درصدی تمرکز تنش در نقاط بحرانی مشاهده می‌شود.

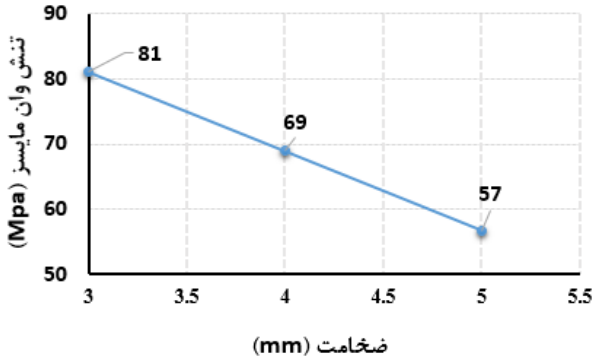


شکل ۱۲: تحلیل دینامیکی مخزن آرامش چندراهه هوای موتور ملی با ۳۵ درصد الیاف شیشه

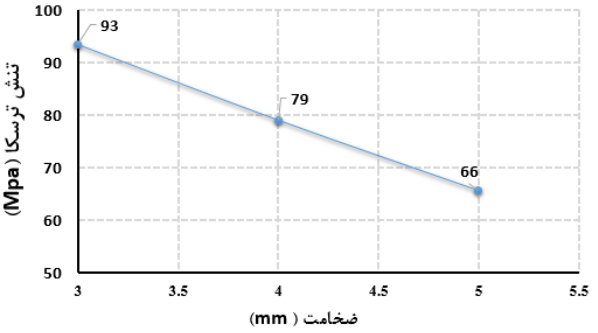
۲-۷- بررسی تأثیر ضخامت دیواره چندراهه بر میزان استحکام آن

در این بخش به بررسی تأثیر ضخامت پوسته چندراهه بر استحکام آن با در نظر گرفتن ضخامت های ۳ ، ۴ و ۵ میلیمتر پرداخته شده است که نتایج تأثیر آن بر روی تنش وارده بر روی المان مشخصی از مدل با دو روش تحلیلی (Mises) و (Tresca) به ترتیب در **Error!** **Reference source not found.** و در **Error! Reference**

source not found.نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در هر دو روش تحلیلی، با افزایش ضخامت، تنش ایجاد شده در مدل کاهش می‌یابد.



شکل ۱۳: بررسی تأثیر ضخامت پوسته بر استحکام چندراهه بر اساس معیار Mises



شکل ۱۴: بررسی تأثیر ضخامت پوسته بر استحکام چندراهه بر اساس معیار Tresca

نتیجه گیری

بررسی استحکام تخریب چندراهه هوای پلاستیکی با استفاده از روش آزمایشگاهی پیشنهادی نشان می دهد، انتخاب تأمین کننده مواد اولیه (کیفیت مواد) باعث بهبود ۱۶ درصدی استحکام تخریب خواهد شد. و افزایش درصد الیاف شیشه تقویت کننده از ۳۰ به ۳۵ درصد، باعث بهبود ۹ درصدی استحکام تخریب خواهد شد.

همچنین در صورتی که آزمون پیشنهادی با سیال هوا انجام شود، در نظر گرفتن نرخ بهینه فشار ۱/۲ جهت یکسان شدن نتایج آزمون با سیال آب الزامی است.

در بخش شبیه سازی عددی، با توجه به تطابق محل نقاط تمرکز تنش در شبیه سازی با استفاده از روش پیشنهادی و نقاط شکست قطعه در آزمون صحه گذاری قطعه چندراهه در آزمون تخریب دینامیکی، می توان مدل شبیه سازی شده با رویه پیشنهادی را با نتایج آزمون آزمایشگاهی صحه گذاری نمود.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که استفاده از درصد الیاف تقویتی ۳۵ درصد در مقایسه با درصد الیاف تقویتی ۳۰ درصد، باعث کاهش تمرکز تنش به مقدار ۱۷ درصد در نقاط بحرانی چندراهه هوای موتور ملی می‌شود. همچنین با افزایش ضخامت دیواره چندراهه از ۳ میلی متر به ۵ میلی متر، مقدار تمرکز تنش در هر دو روش تحلیلی وان مایسز و ترسکا حدود ۲۹ درصد کاهش می یابد ولی با توجه به اینکه افزایش ضخامت دیواره چندراهه بر وزن و قیمت تمام شده قطعه تاثیر گذار خواهد بود این روش در صورتی که راهکارهای دیگر جهت کاهش تمرکز تنش جوابگو نباشد توصیه می شود.

به طور کلی با توجه به نتایج آزمون های تجربی با استفاده از روش پیشنهادی و شبیه سازی، پارامترهای انتخاب تأمین کننده مواد اولیه و درصد الیاف تقویتی به ترتیب دارای بیشترین تاثیر در بهبود استحکام چند راهه پلاستیکی می‌باشند.

با توجه به تطابق نتایج آزمون تجربی با نتایج شبیه سازی با آزمون تجربی برای موتور ملی، می توان از رویه مذکور جهت صحه گذاری قطعات در فاز طراحی، توسعه و انتخاب سازنده برای قطعه چندراهه استفاده نمود. همانطور که اشاره شد از مزایای استفاده از روش پیشنهادی کاهش هزینه آزمون و امکان پذیری بررسی همزمان استحکام تخریب استایکی و دینامیکی قطعه چندراهه هوا می باشد.

فهرست علائم

پلی آمید	PA
مدول الاستیک، MPa	E

مراجع

[۱] مهدی بالو، حسین شاهدی، گزارش مهندسی بررسی پدیده شعله برگشتی در موتور (Backfire)، شرکت تحقیق طراحی و تولید موتور ایرانخودرو، ۱۳۸۶

[2] Lee, Chul S., Val Kagan, Norman Knowlden, Kyung Woon Kim, and Hee-Deog Kim. Optimization of vibration weld joint strength for plastic air intake manifold. No. 980730. SAE Technical Paper, 1998.

[3] Kraft, W. W., H. P. Beringer, Chul Lee, and D. Shearin. Factors Affecting Dynamic Burst Pressure of Plastics Air Intake Manifold. No. 2005-01-1514. SAE Technical Paper, 2005.

[4]Tanaka, Hiroyuki, and Shinichi Kitagawa. Development of a Plastic Intake Manifold with CAE. No. 2007-01-3549. SAE Technical Paper, 2007

[5]Kondapalli, Prasanna S., and Venkat Sirani. General guidelines for improving burst pressure strength of welded nylon air intake manifolds. No. 2000-01-0040. SAE Technical Paper, 2000.

[6] Lee, Jordan, and Lisa Roessler. Vibration Welded Composite Intake Manifolds-Design Considerations and Material Selection Criteria. No. 970076. SAE Technical Paper, 1997.

[7]PSA PEUGEOT, PLASTIC INDUCTION MANIFOLDS FOR PETROL ENGINES Standard, B327110,2002

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

A study of factors affecting plastics intake manifold strength against backfire phenomena

O. Froutan[1], M. Baloo[2*], R. Noori[3], H. Fallah[4]

[1]*Irankhodro Powertrain Company (IPCo), Tehran, Iran, o.froutan@ikco.ir*
[2]*Irankhodro Powertrain Company (IPCo), Tehran, Iran, ma.baloo@ikco.ir*
[3]*Irankhodro Powertrain Company (IPCo), Tehran, Iran, r.nouri@ikco.ir*
[4]*Department of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran, hossein.fallah.eth@gmail.com*
[*]*Corresponding Author*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 22 December 2017
Accepted: 21 February 2018

Keywords:
Plastic intake manifold
Backfire
Glass fiber
Vibration welding
ABAQUS software

ABSTRACT

Proper and uniform charge distribution in engine cylinders is the main function of intake manifold. Generally, this piece is made of aluminum or plastic. Plastic manifold, in comparison to aluminum manifold, have better weight and lower cost of production, better thermal insulation and improved volumetric efficiency, but due to the poor strength of plastic manifolds against the destructive effects of backfire phenomena compared to aluminum manifolds, corrective measures to improve and validate the strength of the part against this phenomenon must be undertaken. Due to the fact that testing the strength of the piece against this phenomenon is always associated with difficulty; in this paper all parameters which affect the strength of plastic intake manifolds by applying the proposed test procedure are discussed. At first, via the proposed validation test, the effect of raw material and glass fiber percent are investigated and in the following, after simulating with ABAQUS software and validating it with the experimental results, the effect of glass fiber and the layer thickness on the concentration of the plastic manifold stress of the national engine has been investigated; considering the proposed procedure. The results of validation tests and simulation show that, thickness, glass fiber content and the quality of raw material are the main parameters that improve the strength of the plastic manifold respectively.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.