فصلنامه رویکردهای نوین در تحقیقات علوم پایه، فنی و مهندسی
سال سوم، شماره ۱۱،زمستان ۱۳۹۹
ISSN: ۲٦٤٥-٥٤٣٩
www.jonarbset.ir

بررسی تنش در پیستون هایی با آلیاژهای متفاوت توسط نرم افزار CATIA

یاسر رستمی خشکدشتی[۱] ، مهدی نیاجلیلی [۱] ، علی کوچکی نژاد [۱]، محمدجواد رستم اف [۱]

[۱] دپارتمان مهندسی مکانیک، آموزشکده سیدالشهدا(ع) رستم آباد، دانشگاه فنی و حرفه ای استان گیلان-ایران

چکیده

یکی از قطعات اصلی و مهم موتورهای احتراق داخلی پیستون می‌باشد که به صورت همزمان تحت بارگذاری حرارتی و مکانیکی قرار دارد. لذا بررسی پیرامون انتخاب بهترین و سبک ترین جنس در ساخت پیستون بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش به بررسی انتخاب بهترین آلیاژ در ساخت پیستون پرداخته شده است. برای طراحی و آنالیز پیستون‌ها از نرم افزار CATIA استفاده شده است. بدین صورت که تحت بارگذاری عمودی، تنش های وارد شده به پیستون با سه نوع آلیاژ متفاوت، که شامل آلومینیوم، استیل و روی می باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. برطبق نتایج به دست آمده حداکثر تنش مربوط به فلز روی به دست آمده است، این در حالی است که حداقل مقدار تنش برای آلومینیم لحاظ شده است.

واژه‌های کلیدی: آلیاژ، پیستون، تنش، مقاومت، وزن.

۱. مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی در ساخت موتورهای احتراق داخلی، مهندسان در راستای بهبود عملکرد این موتورها و افزایش بازدهی، قدرت و غیره در تلاشند که عملکرد این موتورها را بهبود بخشند. امروزه بیش از ۸۰ درصد آلایندگی شهرهای بزرگ مربوط به وسایل نقلیه موتوری می‌باشد. مطابق پژوهش‌های انجام شده، مصرف سوخت با گازهای آلاینده رابطه مستقیم دارد. به عبارتی با کاهش مصرف سوخت میزان آلایندگی نیز کاهش می یابد. محققان در این رابطه گفته اند با کاهش اصطکاک میان پیستون، جداره سیلندر، رینگ ها و دیگر قطعات مرتبط درون موتور که تقریبا ۲۰ درصد تلفات انرژی موتور را تشکیل می دهند، می توان مصرف سوخت را کاهش داد[۱]. یک استراتژی محبوب که توسط خودروساز های مختلف اتخاذ شده است، این است که کاهش وزن یک وسیله نقلیه می تواند به طور قابل ملاحظه ای میزان مصرف سوخت و آلایندگی خودرو را کاهش دهد. اتومبیل سبک تر برای حرکت نیاز به سوخت کمتری دارد. زیرا با کاهش وزن خودرو، قدرت موتور کمتری برای به حرکت در آوردن خودرو و رساندن آن به یک سرعت معین نیاز است. با کاهش وزن خودرو در حدود ۱۰ درصد می‌توان میزان مصرف سوخت را بین ۶ الی ۸ درصد کاهش داد. طی چند دهه خودروسازان همواره با بکارگیری استراتژی های مختلف به دنبال کاهش وزن خودرو بوده اند. یکی از راه‌های به حداقل رساندن وزن خودرو استفاده از مواد سبک مانند آلومینیوم، فیبرکربن، بهینه سازی طراحی های موجود خودرو و غیره می باشد. شرکت‌های نیسان، مزدا و میتسوبیشی موفق شده‌اند با طراحی بلوکه موتور، کارتل و میل سوپاپ‌های از جنس منیزیوم تا ۲۸ درصد به نسبت نسخه آلومینیوم آن موتور، وزن آن را کاهش دهند[۲]. همچنین پژوهشگری توانسته است وزن یک پیستون را با طراحی مجدد آن تا ۳۱,۲۵ درصد کاهش دهد، این کاهش وزن، منجر به جبران کل اتلاف انرژی پیستون در مسیر رفت و برگشتی آن در موتور می شود[۳]. نتایج فوق نشان دهنده آن است که کاهش وزن قطعات درون موتور می‌تواند به مراتب موثرتر از بدنه و دیگر اجزای خودرو در مصرف سوخت و اتلاف انرژی خودرو باشد. در این تحقیق تنش بر روی پیستون با آلیاژهای متفاوت استیل، روی و آلومینیوم بررسی شده که این کار در راستای کنترل و کاهش وزن خودرو انجام گرفته است.

۲. پیستون

قطعه ای استوانه ای شکل است که در محفظه احتراق قرار دارد و دارای حرکت رفت و برگشتی می باشد. بخش اصلی محفظه احتراق را همان جداره سیلندر تشکیل می دهد. قسمت های بالا و پایین محفظه احتراق به ترتیب به سر سیلندر و پیستون محدود می شود. پیستون وظیفه تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی را به عهده دارد و یا به عبارتی، هنگامی که داخل محفظه احتراق، مخلوط هوا و سوخت محترق می گردد، انرژی حاصل از گاز های ناشی از احتراق، باعث پایین رانده شدن پیستون می شود و بدین ترتیب با به حرکت درآمدن پیستون، قدرت تولید می شود. از آنجایی که پیستون دارای شرایط کاری دشواری می باشد. ضرورت دارد از استحکام بالایی برخوردار باشد. زیرا در هر انفجاری که درون سیلندر رخ می دهد، نیروی در حدود ۱۸ کیلو نیوتون بر آن وارد می شود. از سوی دیگر این نیرو در طول روشن بودن موتور به طور مداوم تکرار می شود. علاوه بر این، پیستون باید بتواند تنش های حرارتی ناشی از احتراق را نیز تحمل کند. حتی در برخی از نقاط پیستون دمای آن تا حدود ۲۲۰۰ درجه سانتیگراد بالا ببرد[۴]. شکل ۱ نمایی از پیستون را نشان می دهد.

معمولا جنس پیستون از آلیاژ های تقویت شده آلومینیوم می باشد که به روش فورج یا ریخته گری تولید می شود. اندازه و وزن پیستون ها در یک محدوده معین می باشد. معمولا پیستون ها با قطری در حدود ۷۶ الی ۱۲۲ میلیمتر می باشند و دارای وزنی کمتر از ۴۵۰ گرم می باشند و همچنین باید دارای انتقال حرارتی مناسبی باشد. در هنگام سرد بودن موتور(خاموش بودن) سطح مقطع پیستون به صورت بیضی می باشد. قطر کوچک بیضی در راستای گژن پین قرار دارد و با قطر بزرگ آن در حدود ۰,۱۵ میلیمتر اختلاف اندازه دارد. بعد از گرم شدن موتور رسیدن آن به دمای نرمال کاری، چون میزان انبساط در

راستای طولی گژن پین بیشتر است، سطح مقطع پیستون تقریبا دایره ای شکل می شود. در این حالت میزان تلرانس فاصله بین پیستون و سیلندر کاهش یافته و آببندی می شود[۴].

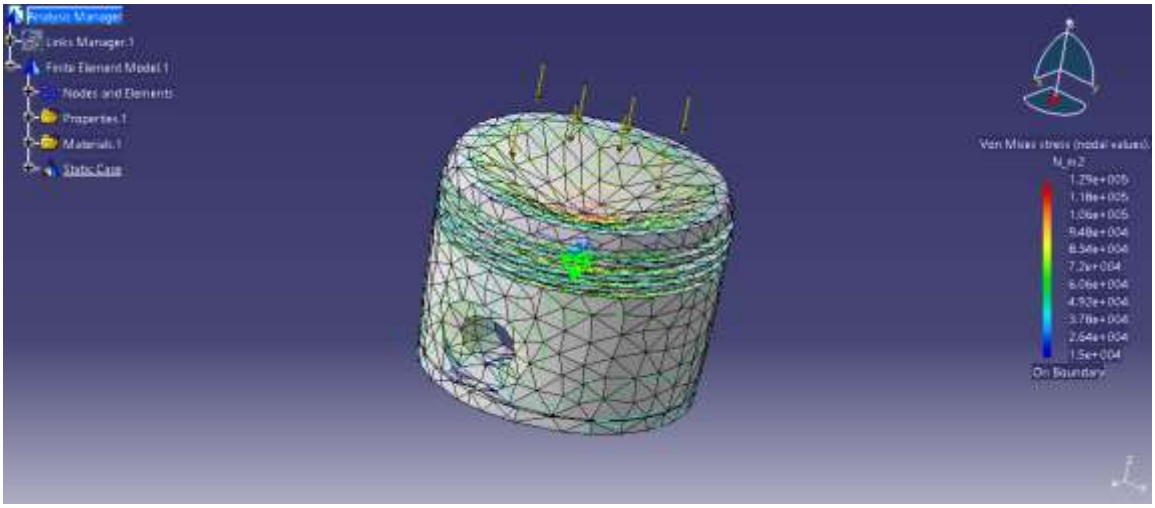
شکل۱. نمایی از پیستون

۳. استیل، روی و آلومینیوم

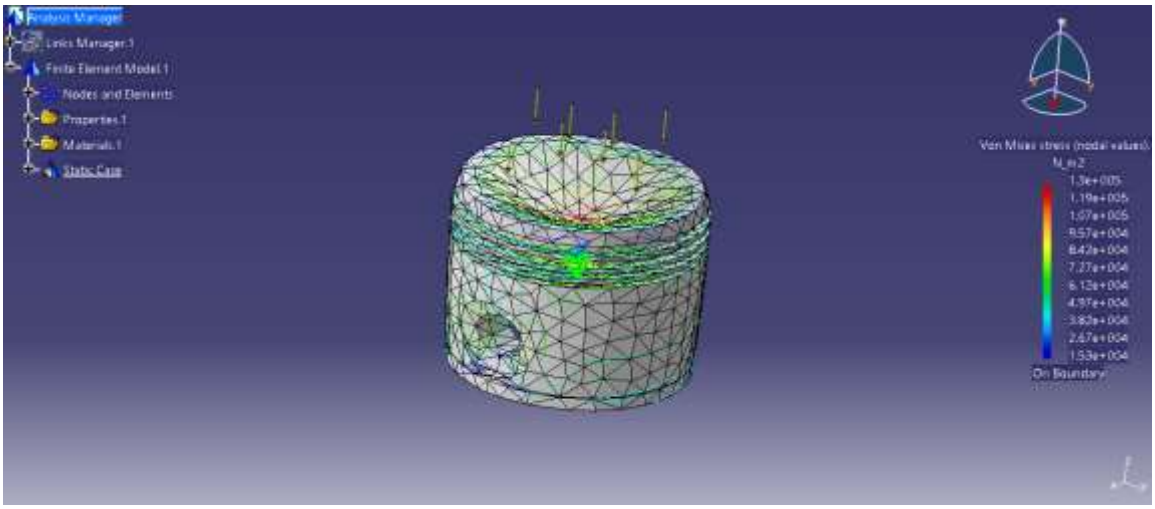
استیل، روی و آلومینیوم، هر سه از دسته فلزات می باشند. استیل آلیاژی است که از ترکیب آهن، ۲ درصد کربن و کمتر از یک در صد آن از منیزیم می باشد و به مقدار کمی از آن را سیلیکون، فسفر، سولفار و اکسیژن تشکیل می دهد. دارای دمای ذوبی در حدود ۱۶۰۰ درجه می باشد. این فلز دارای جرم مخصوص در حدود ۷,۸۷ کیلوگرم بر دسی متر مکعب می باشد. این فلز از مهمترین و کاربردی ترین مواد مورد استفاده در صنعت می باشد. روی فلزی است که دارای نقطه ذوبی در حدود ۴۱۹ درجه سانتیگراد می باشد. این فلز دارای جرم مخصوصی در حدود ۷,۱۳ کیلوگرم بر دسی متر مکعب می باشد. آلومینیوم فلزی است که دارای نقطه ذوبی در حدود ۹۳۳ درجه سانتیگراد می باشد . این فلز دارای دارای جرم مخصوصی برابر با ۲,۷۰ کیلوگرم بر دسی متر مکعب می باشد[۵].

۴.بررسی تنش بر روی پیستون با آلیاژ متفاوت

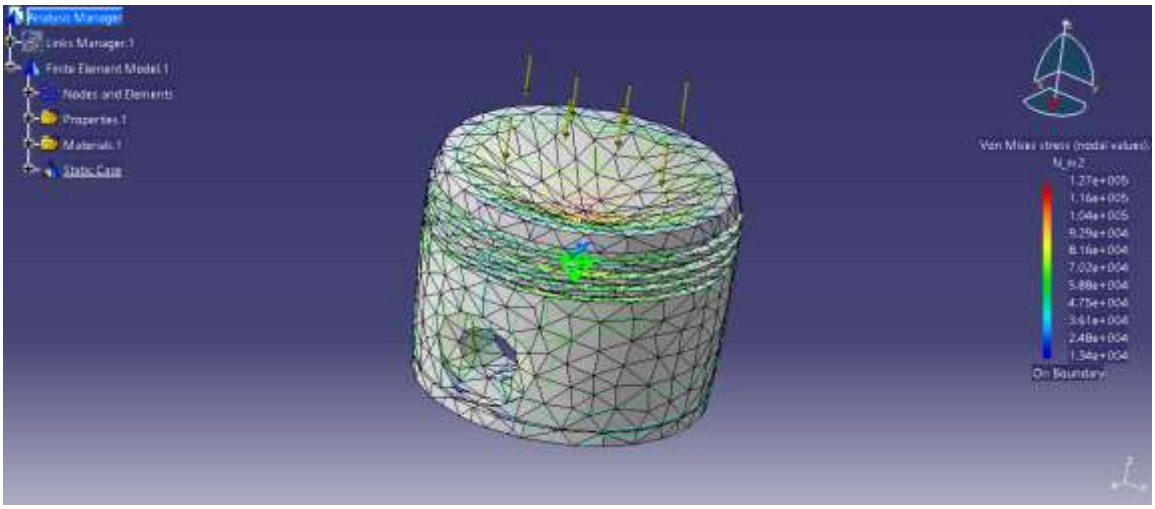
برای آگاهی از میزان تنش بر روی پیستون و بازخورد آن از نرم افزار CATIA استفاده شده است. در موتور های احتراق داخلی بیشترین میزان تنش ایجاد شده حاصل از احتراق بروی سر پیستون وارد می‌شود. بنابراین پیستون باید از مقاومت بالایی برخوردار باشد. زیرا در هر انفجاری که در پیستون صورت می‌گیرد، فشاری معادل ۱۸کیلو نیوتن بر سر پیستون وارد می‌شود. با توجه به شکل های۲،۳ و۴ و تحقیقات به عمل آمده، بیشترین میزان تغییر شکل به پیستون بعد از اعمال نیرو، متعلق به قسمت بالای پیستون و قسمت نشیمنگاه گژن پین می‌باشد. حال با مقایسه شکل ۲ که نمونه آنالیز مدل سه بعدی با آلیاژ استیل می‌باشد با شکل های ۳و۴ که به ترتیب متعلق به مدل آنالیز شده با آلیاژ های روی و آلومینیوم می‌باشد، میزان تنش ایجاد شده در قسمت سر پیستون و قسمت نشیمنگاه مدل سه بعدی با الیاژ آلومینیوم کمتر از مدل سه بعدی با آلیاژ های روی و استیل ارزیابی شده است.



شکل۲. نمایی از تنش ایجاد شده بر روی پیستون با جنس آلیاژ استیل با نرم افزار کتیا



شکل۳. نمایی از تنش ایجاد شده بر روی پیستون با جنس روی با نرم افزار کتیا



شکل۴. نمایی از تنش ایجاد شده بر روی پیستون با جنس آلومینیوم با نرم افزار کتیا

۵. نتیجه گیری و جمع بندی

با توجه به اهمیت بالای پیستون در موتور های احتراق داخلی تحقیقاتی پیرامون بررسی مقدار تنش های وارده به پیستون با آلیاژ های آلمنیوم، استیل و روی به عمل آمده است. در این تحقیق مدل سه بعدی پیستون در نرم افزار CATIA طراحی شده، سپس با اعمال آلیاژ های ذکر شده، در شرایط کاملا یکسان، تحت بارگذاری ۱۸ کیلونیوتن تحلیل تنش صورت گرفته است. با توجه به بررسی های انجام گرفته پیرامون حد اکثر مقدار تنش در پیستون های طراحی شده، کمترین مقدار آن مربوط به آلومینیوم و به مقدار ۱۲۷ کیلوپاسکال ارزیابی شده است، این در حالی است که بیشترین مقدار تنش در این ارزیابی متعلق به روی با ۱۳۰ کیلوپاسکال می باشد. لذا انتخاب فلز آلومینیوم می تواند بهترن عملکرد را داشته باشد که با توجه به سبک بودن این فلز می تواند کاهش وزن خودرو را در پی داشته باشد.

۶. منابع و مراجع

۱. Ravel, T., Wadhani, D., Bhatt, A., & Ravel, N. (2017). A Review Paper on Redesigned Piston Rings to Improve Engine Performance, 5th National Conference on Innovations in Mechanical Engineering. Paper ID TH-NCIME17-115.

۲. Mhapankar, M. (2015) Weight Reduction Technologies In The Automotive Industry. Aranca.

۳. Tripathi, V., Bagul, V. (2020) Design optimization of piston of IC engine for weight reduction. International Journal of engineering Sciences. Pp 165-172.

۴. خرازان، مهدی. (۱۳۹۵). مولد قدرت خودرو، انتشارات نما، صفحه ۳۰-۸۰.

۵. ولی نژاد. عبدالله. (۱۳۸۶) جداول و استانداردهای طراحی و ماشین سازی. انتشارات طراح، صفحه ۱۰۰-۱۲۰.