۱- معرفی و کاربرد قطعه

دسته شاتون قطعه‌ای صلب است که در موتورهای پیستونی بکار رفته و درواقع رابطی بین پیستون و میل لنگ می‌باشد که حرکت رفت و برگشتی پیستون در سیلندر را به حرکت چرخشی میل لنگ تبدیل می‌کند و برعکس. همان‌طور که در شکل پیداست دسته شاتون از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده که عبارتند از دو سر بزرگ و کوچک که سر کوچک‌تر یکپارچه است به پیستون و سر بزرگ‌تر که دوتکه است و با پیچ و مهره به هم وصل می‌شوند. همچنین یک یاتاقان در سر بزرگ‌تر قرار دارد که درصورت بروز هرگونه مشکل به‌خصوص نرسیدن روغن به محل درگیر با میل لنگ، به شاتون آسیب کم‌تری وارد شود. علاوه‌بر این یاتاقان، دو عدد نیم‌بوش هم در آن قرار دارد که از اصطکاک و سایش قطعه هنگام انجام کار می‌کاهد و یک بوش از جنس مس یا برنج در سر کوچک‌تر آن قرار دارد که همان وظیفه را دارد. همچنین شاتون دارای یک سوراخ در سرکوچک است که وظیفه ی روانکاری را برعهده دارد.

باید توجه داشت که برای دورموتورهای بالا، طول شاتون باید حدودا ۴برابر شعاع میل لنگ باشد و برای دورموتورهای کم‌تر این نسبت بین ۴ و ۵ تغییر می‌کند.

۲- دسته‌بندی و جنس قطعه

در مورد دسته‌بندی شاتون‌ها می‌توان آن ها را براساس جنس، نحوه ساخت و شکل قطعه دسته‌بندی کرد که نحوه ساخت را در بخش بعدی به طور جدا به آن خواهیم پرداخت.

شاتون‌ها عمدتا دو نوع فرم کلی دارند که براساس سطح مقطع‌شان نام‌گذاری می‌شوند:

I beam section و H beam section

که یعنی اگر یک شاتون را از وسط برش دهیم، سطح مقطع بعضی مثل I و بعضی مثل H است که هرکدام مزیت‌های خودش را دارد.beam Iها نسبت به H beamها سبک‌ترند و دور موتورهای بیشتری را می‌توانند تحمل کنند اما قدرت کم‌تری دارند درحالیکه H beamها صلبیت بیشتری دارند پس برای موتور با قدرت و گشتاور بالا مناسب‌ترند و همچنین باید توجه داشت هرچه شاتون سبک تر باشد لرزش ایجادشده در موتور کم‌تر است. جنس شاتون‌ها عموما از آلومینیوم، تیتانیوم، فولاد و آلیاژهایی از فولاد که دارای نیکل و کروم هستند (که اصطلاحا Nichrome گفته می‌شوند) می‌باشند که هرکدام مزیت‌ها و معایب خود را دارند. درمورد آلومینیوم و فولاد می‌توان گفت که آلومینیوم از فولاد سبکتر است پس برای دورموتورهای بالا آلومینیوم مناسب‌تر است اما در برابر خستگی ضعیف است و مقاومت کششی کم‌تری نبست به فولاد دارد. از طرفی ضریب انتقال حرارت آلومینیوم ۲۱ الی۲۴ است درحالیکه این عدد برای فولاد ۱۱الی ۱۲,۵ است پس فولاد از این جهت مناسب‌تر است چون دیرتر گرما آن را ضعیف می‌کند، اما تیتانیوم به نوعی از فولاد و آلومینیوم مناسب‌تر است چون هم سبک است هم دربرابر شکست مقاوم است و مقاومت کششی بالایی دارد و در دورموتورهای بالا هم کم‌تر آسیب می‌بینند. فولاد ۴۳۴۰ و فولاد ۵۱۴۰ و آلومینیوم T6-7075 آلیاژهایی است که عمدتا برای شاتون به‌کار می‌روند.

۳- نحوه ساخت

به طورکلی شاتون به چهار روش تولید می‌شود؛ ریخته گری، فورجینگ، متالورژی پودر و روش Billet

عموما روش فورجینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فورجینگ شاتون استحکام بیشتری نسبت به شاتون ریخته گری شده دارد گرچه شاتون ریخته گری شده ارزانتر است. همچنین در متالورژی پودر شاتون(PMR) گاهی شاهد ترک‌های کوچک و ناصافی‌هایی در اطراف سر بزرگ‌تر شاتون هستیم و نیاز به عملیات ماشینکاری داریم لذا در دورموتورهای بالا امکان شکست در آن وجود دارد.

Billet connecting rodها نیز از جنس فولاد یا آلومینیوم هستند که عموما برای ماشین‌های مسابقه‌ای بکار می‌روند و نسبت به بقیه روش‌ها، شاتون‌های سبکتر، سازگارتر و محکم تری دارند و قادر به تحمل دورموتورهای بسیاربالاتر هستند.

پس ملاک ما برای انتخاب بهترین شاتون می‌تواند دورموتور و گشتاور مورد نیاز برای ماشین و نیروی فشاری وارده به شاتون که از دورموتور، گشتاور و نیروی وزن پیستون بدست می‌آید، باشد.

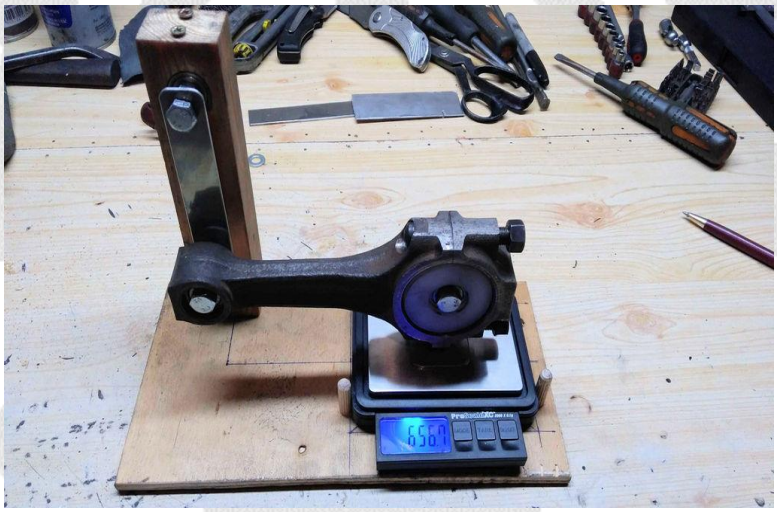
- ✓ به‌عنوان مثال برای عملیات فورجینگ و ماشین‌کاری ویدئوهای (connecting_rod_forging.mp4) و (machining_process_Connecting_rod.mp4) در فایل zip مشاهده شوند.

۴- نحوه بالانس‌کردن قطعه

بعد از مدتی کارکردن، هرقطعه‌ای از موتور نیاز به بالانس‌شدن دارد ازجمله شاتون هرسیلندر. مثلا اگر ماشینی ۶سیلندر داشته باشد پس از مدتی هر۶عدد شاتون ماشین نیاز به بالانس‌شدن دارد چون درپی علل مختلفی این شاتون‌ها دستخوش تغییراتی می‌شوند که ممکن است که جرم آن ها تغییر کند و یا موقع تولید این شاتون‌ها به علت خطاهای اندازه‌گیری، تلرانس‌هایی در اندازه‌های شاتون به‌وجود بیاید که بالانس‌کردن اجتناب‌ناپذیر شود.

برای بالانس‌کردن شاتون از یک دستگاه مخصوص بالانس و یک سنباده‌کش تسمه‌ای استفاده می‌کنیم تا جرم پین‌های کوچک و بزرگ را تا حدامکان به همدیگر نزدیک کنیم به‌طوری که جرم‌های کلی شاتون ۵ الی ۱۰ گرم تفاوت داشته باشند به این طریق که جرم یک شاتون را به عنوان ملاک درنظرگرفته و به کمک سنباده کش تسمه‌ای، جرم شاتون‌های دیگر را حدالامکان به جرم شاتون ملاک نزدیک میکنیم.

- ✓ ویدِئو (Connecting_Rod_Balancing.mp4) در فایل zip مشاهده شود.



۵- نیروها و تنش‌های وارد شده به قطعه

تنش‌های اصلی وارده به شاتون هنگام انجام کار شامل یک تنش محوری ناشی از فشار سوخت داخل سیلندر و یک تنش خمشی که ناشی از تاثیرات گریز از مرکز است و همچنین یک تنش کششی در طول شاتون که ناشی از مکانیزم رفت و برگشتی شاتون

است، می‌باشد. تنش‌های موجود در پین کوچک‌تر شاتون که به پیستون وصل است بیشتر از تنش درپین بزرگ‌تر است درنتیجه احتمال شکست در انتهای کوچک‌تر بیشتر و بیشترین تنش کششی هم در نیمه‌های پایینی در انتهای پین است.

۶- استانداردها و کاتالوگ

اندازه‌های لازم برای این‌که بتوانیم یک شاتون طراحی کنیم عبارتند از فاصله مرکز پین کوچک و بزرگ، قطرپین‌ها، ضخامت پین‌ها و جرم شاتون که این اطلاعات در کاتالوگ شاتون‌ها با توجه به استاندارد نام شاتون‌ها آورده شده است. به عنوان مثال از نام شاتونMAZ-190-510-1290F باید بدانیم که شاتون کمپانی مزدا با فاصله مرکزی پین‌های ۱۲۹,۰میلی‌متر و قطرپین بزرگ ۵۱,۰ میلی‌متر و قطر پین کوچک ۱۹,۰میلی‌متر است و اطلاعات دیگر از قبیل جرم و ضخامت از کاتالوگ خوانده می‌شود.

- ✓ کاتالوگ شاتون‌ها تحت عنوان (Connecting_Rod_Catalog.pdf) در فایل zip آورده شده است.

۷- منابع

- https://www.researchgate.net/publication/318360468_Analysis_and_Optimization_of_Connecting_Rod_With_Different_Materials
- https://www.quora.com/How-is-a-connecting-rod-manufactured
- https://www.hunker.com/12547124/the-uses-for-medium-carbon-steel
- https://www.slideshare.net/karthid6/connecting-rod-59636823
- https://www.ijert.org/research/stress-analysis-of-connecting-rod-a-review-IJERTV3IS21037.pdf
- http://pauter.com/technical/connecting-rod-catalog/
- https://www.instructables.com/id/Connecting-Rod-Balancing-Tool/
- http://www.angelfire.com/ca4/CorvAIRCRAFT/RodBalance2.html

گردآورنده: محمد رضانیا - دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان