بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی

رشتهٔ مکانیک موتورهای دریایی

گروه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی ـ ۲۱۲۹۰۶

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ افسانه ابراهیمی (صفحه‌آرا)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

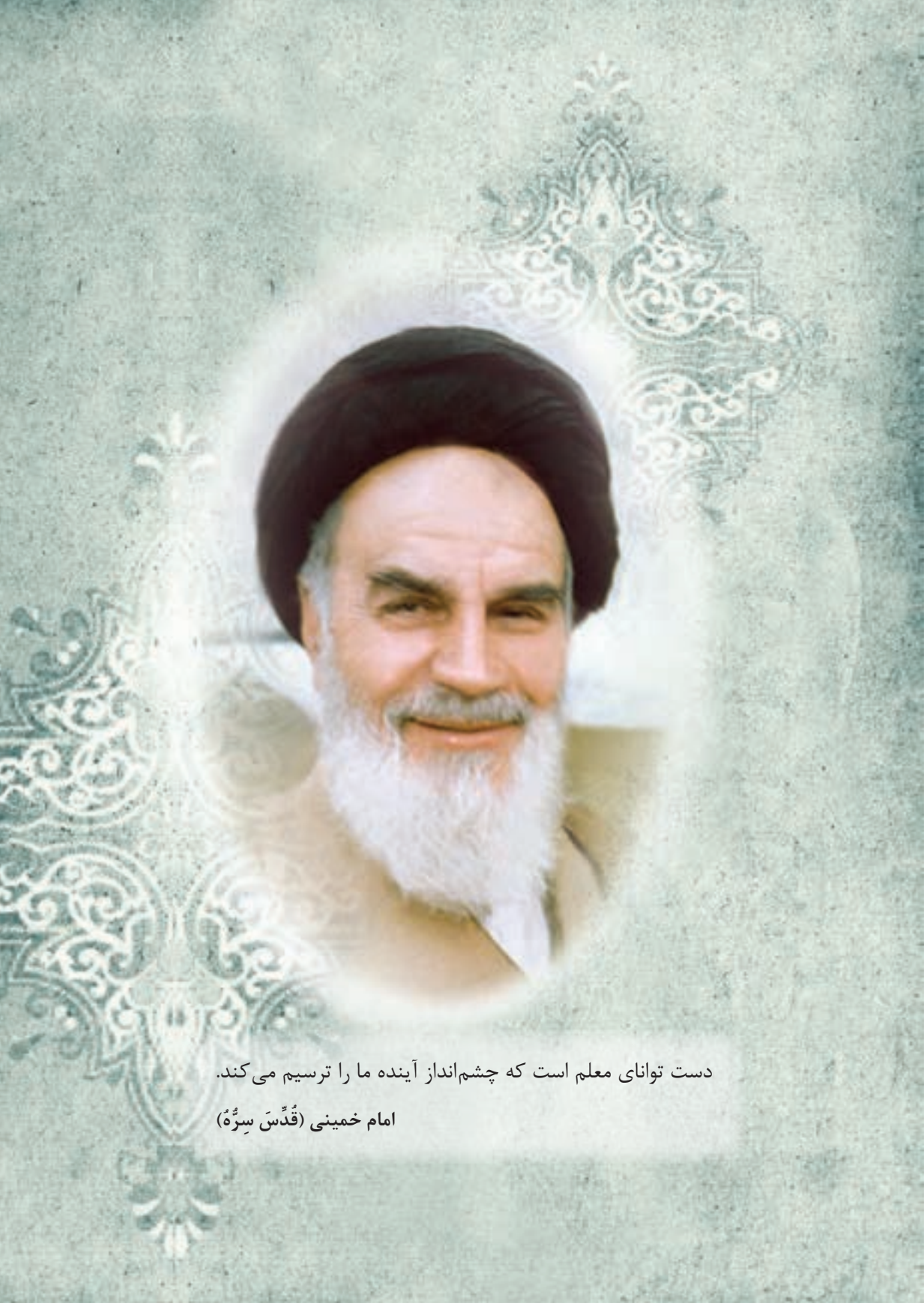
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/ صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴- ۳۳۶۰ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3360–4**



دست توانای معلم است که چشم‌انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

فصل اول: نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی ۱

- واحد یادگیری ۱: نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی ۲
- ارزشیابی نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی ۲۸

فصل دوم: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی ۲۹

- واحد یادگیری ۲: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی ۳۰
- ارزشیابی نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی ۷۶

فصل سوم: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز ۷۷

- واحد یادگیری ۳: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز ۷۸
- ارزشیابی شایستگی نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز ۱۰۸

فصل چهارم: نگهداری و تعمیر سامانه‌انتقال قدرت ۱۰۹

- واحد یادگیری ۴: نگهداری و تعمیر سامانه‌انتقال قدرت ۱۱۰
- ارزشیابی نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت..... ۱۳۶

فصل پنجم: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده ۱۳۷

- واحد یادگیری ۵: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده ۱۳۸
- ارزشیابی نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده ۱۷۲
- منابع ۱۷۳

مقدمه

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به‌عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و .... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ

فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صدر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

فصل اول

نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی

این تصویر موتور دیزل یک شناور را نشان می‌دهد.

نوع درس: نظری ـ عملی
کل ساعت: ۶۰ ساعت
ساعت نظری: ۲۰ ساعت
ساعت عملی: ۴۰ ساعت

واحد یادگیری ۱

نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این فصل قادر باشد:

۱ طرز کار موتورهای دیزل دو زمانه و چهار زمانه را توضیح دهد.
۲ قطعات موتورهای دیزل را شناسایی کند.
۳ بتواند یک موتور دیزل چهار زمانه را باز و بسته کند.
۴ طرز کار سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را توضیح دهد.
۵ طرز کار سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را توضیح دهد.
۶ طرز کار سامانه سوخت‌رسانی در موتور دیزل را توضیح دهد.

روش تدریس پودمان

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس کلاس معکوس استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با موتورهای دیزل، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.
۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی‌مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
۵ توصیه می‌گردد با هدف تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست‌نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.
۶ فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی‌داشته باشید.
۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ کار پیستون چیست؟
۲ سیلندر در موتورهای دیزل چه کاربردی دارد؟
۳ کار سرسیلندر چیست؟
۴ وظیفه واشر سرسیلندر در موتورهای دیزل چیست؟
۵ کاربرد میل لنگ، چرخ طیار و میل بادامک را شرح دهید؟
۶ کاربرد یاتاقان و رینگ پیستون را شرح دهید؟
۷ طرز کار موتور دو زمانه و چهار زمانه را بگویید و تفاوت آنها را بیان کنید؟
۸ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها چگونه عمل می‌کند؟
۹ طرز کار سامانه روغن‌کاری در موتورهای دیزل را بگویید؟
۱۰ طرز کار سامانه خنک‌کاری در موتور دیزل را بگویید؟
۱۱ شیوه کار سامانه سوخت‌رسانی را تشریح نمایید؟

موتورهای درون‌سوز

زمان آموزش	جمع: ۳۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ طرز کار موتورهای دیزل دو زمانه و چهار زمانه بداند.
۲ قطعات موتورهای دیزل را بشناسد.
۳ بتواند یک موتور دیزل چهار زمانه را باز و بسته کند.
۴ نکات ایمنی در کار با موتورهای دیزل را رعایت کند.

ـ شایستگی‌های غیرفنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم وترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

موتورهای دیزل

عنوان موتورهای دیزل که به‌نام موتورهای اشتعال بر اثر فشار بالا نیز شناخته می‌شوند، از نام دکتر رودلف دیزل اقتباس گشته که در حدود سال ۱۸۹۳ در آلمان اختراع آن را به ثبت رسانید. این موتورها از نوع موتورهای احتراق داخلی محسوب می‌شوند

زیرا اشتعال در داخل موتور انجام می‌شود. اساس این نوع موتور از نظر ساختمان و طراحی مشابه موتورهای بنزینی می‌باشد که آن هم نوعی موتور احتراق داخلی بوده ولی اختلاف آنها در طریقه ورود سوخت به سیلندرهای موتور و شیوه وقوع احتراق می‌باشد. در موتورهای بنزینی، سوخت با هوا مخلوط شده و وارد سیلندر می‌شود و اشتعال بر اثر یک جرقه الکتریکی توسط شمع ایجاد می‌گردد. در موتورهای دیزل، سوخت به شکل پودر شده و به درون سیلندر تزریق شده و اشتعال در اثر درجه حرارت بالای داخل سیلندرها حاصل می‌شود.

مراحل کار موتورهای دیزل چهار زمانه

قبل از بحث در مورد مراحل کار موتور چهار زمانه بهتر است با واژگان زیر آشنا شویم:

نقطه مرگ بالا (Top Dead Center): به دورترین موقعیت مکانی پیستون نسبت به میل لنگ نقطه مرگ بالا (TDC) در موتور گویند.

نقطه مرگ پایین (Bottom Dead Center): به نزدیک‌ترین موقعیت مکانی پیستون نسبت به میل لنگ نقطه مرگ پایین (BDC) در موتور گویند.

کورس: فاصله بین نقطه مرگ بالا تا نقطه مرگ پایین در پیستون را یک کورس می‌گویند.

سیکل: در موتور چهار زمانه به مجموع چهار مرحله کاری موتور یک سیکل گویند. در موتور چهار زمانه یک سیکل دو دور میل لنگ (۷۲۰ درجه) و یک دور میل بادامک است. تعداد دنده‌های چرخ دنده سر میل لنگ دو برابر چرخ دنده میل بادامک است.

مراحل کار موتور چهار زمانه:

زمان مکش: در این زمان سوپاپ گاز باز بوده و پیستون از نقطه مرگ بالا به طرف نقطه مرگ پایین حرکت می‌کند. در این لحظه خلأ نسبی ایجاد شده که باعث می‌شود هوا وارد سیلندر شود.

زمان تراکم: با حرکت پیستون به طرف نقطه مرگ بالا و فشرده شدن هوای وارد شده، فشاری بین ۳۰ تا۶۰ اتمسفر و درجه حرارت به ۶۰۰ تا۹۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد. هر دو سوپاپ در این مرحله بسته هستند.

زمان قدرت: با حرکت پیستون به طرف نقطه مرگ پایین سوخت تمیز از انژکتور به سیلندر تزریق می‌گردد. در این مرحله ازکار موتور فشار به ۳۰ تا ۶۰ اتمسفر و احتراق خود به خودی انجام می‌گیرد. در مرحله سوم از کار موتور دیزل نیز هر دو سوپاپ بسته هستند.

زمان تخلیه: که با حرکت پیستون از نقطه مرگ پایین به طرف نقطه مرگ بالا دود و پسماندهای احتراق به دو دلیل عمده سیلندر را ترک می‌کنند.

مراحل کار موتورهای دیزل دو زمانه

۱ وقتی پیستون در حرکت به سمت بالا می‌باشد، سیلندر شامل یک هوای بسیار فشرده می‌باشد.سوخت دیزل توسط تزریق‌کننده به درون سیلندر اسپری می‌شود و به دلیل گرما و فشار درون سیلندر به سرعت مشتعل می‌شود.

۲ فشار تولید شده توسط احتراق سوخت، پیستون را به سمت پایین می‌راند. این مرحلهٔ قدرت می‌باشد.

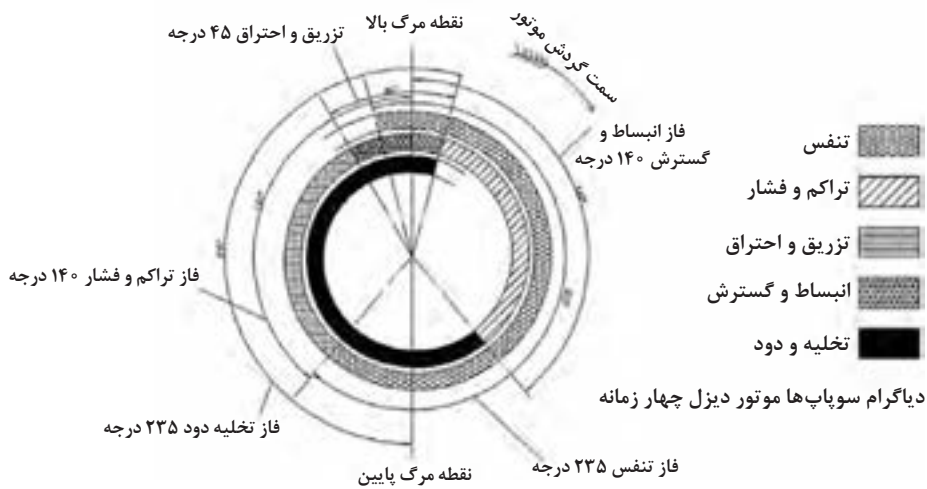
۳ زمانی که پیستون به نزدیکی پایین حرکتش می‌رسد تمامی دریچه‌های خروج باز می‌شوند، گازهای سوخته شده (دود) از سیلندر خارج می‌شوند و فشار کاهش می‌یابد.

۴ زمانی که پیستون به پایین‌ترین نقطهٔ حرکتش می‌رسد، ورودی‌های مکش هوا را باز می‌نماید و هوای فشرده سیلندر را پر می‌کند و گازهای سوخته شدهٔ (دود) باقی مانده را خارج می‌کند.

۵ دریچه‌های سوخت بسته می‌شوند و پیستون به سمت بالا برگردد و ورودی‌های مکش هوای فشرده را می‌بندند. این مرحلهٔ تراکم می‌باشد.

۶ زمانی که پیستون به بالای سیلندر نزدیک می‌شود، چرخه دوباره از مرحلهٔ اول تکرار می‌شود.

در موتور دو زمانه به مجموع دو مرحله کاری یک سیکل می‌گویند. در موتور دو زمانه یک سیکل یک دور میل لنگ (۳۶۰ درجه) و یک دور میل بادامک است. تعداد دنده‌های چرخ دنده سر میل لنگ با چرخ دنده سر میل بادامک برابر است.
شرح انجام این فازها بر روی این نمودار بدین قرار است:



دیاگرام سوپاپ‌ها موتور دیزل چهار زمانه

دیاگرام سوپاپ‌های موتور دیزل چهار زمانه

الف) فاز تنفس یا مکش هوا: این فاز در روی دیاگرام ۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالایی شروع و ۴۰ درجه بعد از نقطه مرگ پایین پایان می‌پذیرد. علت شروع این فاز با تعجیل ۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالایی این است که قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالایی و شروع مراجعت آن اطمینان حاصل گردد که سوپاپ هوا کاملاً باز شده است. اما دلیل پایان یافتن این فاز با ۴۰ درجه تأخیر (یعنی دیر بسته شدن سوپاپ هوا) نسبت به نقطه مرگ پایینی را این‌طور می‌توان بیان نمود که چون در اثر فرود آمدن سریع پیستون در داخل سیلندر و کوچک بودن قطر دریچه هوا نسبت به قطر دریچه سیلندر چنان خلأ ای در سیلندر ایجاد می‌گردد که این خلأ حتی در رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایینی و نیز بازگشت مجدد آن به سمت بالا از میان نخواهد رفت لذا خلأ مذکور استعداد این را دارد که تا ۴۰ درجه بعد از نقطه مرگ پایینی باز هم هوا را به داخل سیلندر بکشاند در نهایت اگر دریچه هوا را درست در نقطه مرگ پایینی ببندیم فشار داخلی سیلندر کمتر از فشار اتمسفر بیرون بوده و هوای کشیده شده به داخل سیلندر به اندازه کافی نیست و از این جهت به راندمان حرارتی موتور لطمه وارد می‌شود. زیرا مقدار هوای موجود برای ترکیب صحیح با مقدار گازوئیلی که در انتهای فاز تراکم و فشار به منظور ایجاد احتراق به داخل سیلندر تزریق خواهد شد کافی نبوده و در نتیجه احتراقی ناقص به‌وجود خواهد آمد.

ب) فاز تراکم و فشار: در انتهای فاز تنفس یعنی ۴۰ درجه بعد از نقطه مرگ پایینی سوپاپ هوا بسته می‌شود، طبیعی است که بعد از بسته شدن سوپاپ هوا پیستون کماکان به حرکت خود به سمت نقطه مرگ بالایی ادامه می‌دهد، لاجرم هوا چون راه گریزی ندارد، تحت فشار قرار می‌گیرد.هر قدر پیستون به نقطه مرگ فوقانی نزدیک می‌گردد هوا بیشتر فشرده شده و به همان نسبت درجه گرمایی آن بالا می‌رود تا جایی که ۲۰ الی ۳۰ درجه مانده، پیستون به نقطه مرگ بالایی برسد.میزان گرمای هوای فشرده شده به درجه گرمای اشتعال ماده سوختنی می‌رسد این فاز یعنی فاز تحت فشار قرار دادن هوا تا نقطه مرگ بالایی ادامه دارد و پایان آن هم‌زمان با فرود آمدن مجدد پیستون برای شروع فاز بعدی خواهد بود.

ج)شروع و تکامل احتراق: گفتیم در فاز تراکم و فشار حدود ۲۰ الی ۳۰ درجه مانده به نقطه مرگ بالایی (مقدار درجات مورد بحث به سرعت و ساختمان نوع موتور دارد) درجه گرمای هوای فشرده شده به اندازه‌ای بالا می‌رود که به حد نقطه گرمای اشتعال ماده سوختنی می‌رسد لذا در همین نقطه یعنی با تعجیل ۲۰ الی ۳۰ درجه نسبت به نقطه مرگ بالایی سوخت توسط انژکتور به داخل هوای سوزان و فشرده شده اتاق احتراق سیلندرتزریق می‌گردد. نتیجه تا ذرات پودر مانند گازوئیل در لابه‌لای هوا فشرده شده فرو رفته و ضمن جذب حرارت لازم از این

هوا احتراق حاصل می‌نمایند. این تزریق و این فعل و انفعالات تا ۱۵ درجه بعد از نقطه مرگ بالایی ادامه دارد و این ۱۵ درجه اخیر را در اصطلاح تأخیر احتراق می‌نامند. روی هم رفته از نقطه‌ای که تزریق شروع می‌شود (از ۳۰ درجه مانده به نقطه مرگ بالایی) تا نقطه‌ای که تزریق پایان یافته و احتراق تکمیل گردد به مقدار نهایی خود می‌رسد تا ۱۵ درجه بعد از نقطه مرگ بالایی جمعاً ۴۵ درجه از دیاگرام ما اشغال می‌گردد. دلیل لزوم منظور نمودن ۳۰ درجه تعجیل در عمل تزریق این است که به ماده سوختنی وقت کافی داده شود تا بتواند حرارت لازم را از هوای فشرده جذب نموده و احتراقی بی عیب و ایده‌آل پدید آورد و نیز علت ۱۵ درجه تأخیر در تزریق این است که همه ماده سوختنی وقت کافی داشته باشد که توسط انژکتور به داخل سیلندر تزریق گردد.

د) فاز انبساط و گسترش: شروع این فاز از نقطه مرگ فوقانی یعنی بلافاصله بعد از شروع مراجعت پیستون می‌باشد. بدین معنی که احتراق حاصل از ماده سوختنی برای گسترش بیشتر خود احتیاج به‌جای وسیع‌تری داشته و لذا برای نیروی هرچه تمام‌تر به سر پیستون فشار آورده و آن را به‌طرف پایین می‌راند. ضربه شدید و اصلی ۱۵ درجه بعد از نقطه مرگ بالایی به سر پیستون وارد می‌آید زیرا در این نقطه است که احتراق به نهایت کمال و قدرت خود رسیده است و پیستون را به شدت به طرف پایین پرتاب می‌کند. در حقیقت کار اصلی توسط این فاز انجام می‌گیرد. ادامه این فاز روی دیاگرام ما تا ۴۰ درجه مانده به نقطه مرگ پایینی می‌باشد زیرا ۴۰ درجه مانده به نقطه مرگ پایینی سوپاپ خروج دود باز شده و به این فاز پایان می‌دهد.

هـ) فاز تخلیه و خروج دود: شروع این فاز ۴۰ درجه مانده به نقطه مرگ پایینی می‌باشد. پایان آن نیز روی دیاگرام ۱۵ درجه بعد از نقطه مرگ بالایی می‌باشد. علت باز شدن سوپاپ دود با ۴۰ درجه تعجیل پیش از نقطه مرگ پایینی این است که طی این ۴۰ درجه دودهای حاصله از احتراق که در این نقطه از سیلندر دارای فشار $۴kg/cm^۲$ می‌باشد ضمن استفاده از همین فشار با سرعت از سیلندر خارج شده و با خروج خود فشار داخلی سیلندر را پایین می‌آورند. بدین ترتیب پیستون هنگام صعود مجدد خود برای خارج نمودن دودهای باقی‌مانده به مقاومتی برخورد ننموده و نیرویی برای این کار به هدر نخواهد داد. زیرا هر اندازه سعی شود به هنگام کار موتور از مقاومت‌ها کاسته گردد، به همان اندازه کار بیشتری از موتور به‌دست می‌آید.

دلیل دیگری که می‌توان برای باز شدن سوپاپ دود با تعجیل ۴۰ درجه نسبت به نقطه مرگ پایینی گفت این است که در موقع رسیدن پیستون به نقطه مرگ تحتانی اطمینان حاصل شود که سوپاپ دود باز است و در حرکت صعودی پیستون دودها می‌توانند به راحتی از دریچه دود خارج شوند.

اما دلیل بسته شدن سوپاپ دود با تأخیر ۱۵ درجه بعد از نقطه مرگ بالایی این است که در اثر حرکت سریع پیستون به طرف بالا خارج نمودن دودهای باقی‌مانده از سیلندر با توجه به اینکه قطر دریچه خروج دود نسبت به قطر سیلندر خیلی کوچک‌تر است لذا خروج دود از این دریچه سریع و طوفان مانند انجام خواهد شد و در نتیجه عبور سریع دود از لوله اگزوست و ایجاد کوران شدید در هنگامی‌که پیستون به نقطه مرگ پایین می‌رسد یک نوع خلأ و کشش در اتاق احتراق ایجاد می‌شود، این خلأ هوا را از دریچه ورود هوا که ۱۵ درجه پیش از نقطه مرگ بالایی باز شده است به داخل اتاق احتراق می‌کشاند و بدین صورت یک نوع شست‌وشو در اتاق احتراق صورت می‌گیرد که تا ۳۰ درجه ادامه دارد. ۳۰ درجه‌ای که هر دو سوپاپ دود و هوا با هم بازند، به آن اصطلاحاً قیچی سوپاپ می‌گویند و برای تمیز کردن کامل سیلندر از وجود دودهای زائد بسیار مفید است.

سرسیلندر

سرسیلندر در پوشی است که با بلوک سیلندر تشکیل اتاق احتراق را می‌دهد و شکل آن تابع ساختمان سیلندر بوده و چنانچه از نوع خنک‌کننده با آب باشد دارای مجاری آب و در غیر این‌صورت دارای شیارهای خنک‌کننده با هوا می‌باشد. سرسیلندر با پیچ و مهره به بلوک سیلندر متصل می‌شود.

جنس سرسیلندر

جنس سرسیلندر از آلیاژهای آهن (چدن دندانه‌ریز) یا آلیاژهای آلومینیوم به دو صورت ریختگی یا تزریقی در داخل قالب‌های به‌خصوص ساخته می‌شود.
سرسیلندر معمولاً یکپارچه و یا اگر طول موتور زیاد و یا سنگین باشد چند تکه ریخته شده و سپس سطوح لازم را تراشیده و صیقل داده و به شکل مورد نظر در می‌آورند.

باز و بستن سرسیلندر

یکی از قطعات که باز و بستن آن بسیار مهم می‌باشد سرسیلندر است و باید کمال دقت را در این امر به‌کار بست. باز بستن غلط سرسیلندر باعث ایجاد عیوب از جمله تاب‌دیدگی و یا سوختن مرتب واشر سیلندر می‌گردد.

نکات زیر در باز و بستن سرسیلندر بسیار مهم است:

۱ بست باطری را باز می‌کنیم.
۲ هیچ‌گاه و در هیچ مورد سرسیلندر را در موقعی که موتور گرم است باز نکنید (خیلی مهم)
۳ آب موتور را خالی می‌کنیم.
۴ قطعات و ضمائم اضافی متصل به سرسیلندر را از آن جدا می‌کنیم.

۵ اگر واتر پمپ به سرسیلندر بسته شده است تسمه پروانه را از پولی آن درآورید.
۶ پیچ‌های سرسیلندر را به‌وسیله آچار بکس باز کنیم.
۷ طول پیچ‌ها برابر نمی‌باشد بنابراین موقع باز کردن سرسیلندر توجه کنید کدام پیچ در چه محلی بسته شده است. (برای آزمایش طول پیچ می‌توان از مداد استفاده کرد.)
۸ در موقع بستن پیچ‌ها بهتر است با دست و بدون ابزار آن را ببندید تا اطمینان حاصل شود که دنده پیچ‌ها با دنده‌های قلاویز شده بلوکه یکسان است و صحیح بسته می‌شود.
۹ پیچ‌ها باید به‌صورت ضربدری باز و بسته شوند.
۱۰ پس از باز کردن پیچ‌ها می‌توان سرسیلندر را بلوکه جدا کرد.
محفظه احتراق در موتورهای بنزینی در سرسیلندر تعبیه گردیده است و تاج پیستون صاف است و در موتورهای دیزلی سرسیلندر صاف است و تاج پیستون گود می‌باشد و بر اساس طراحی، جاهای مختلف روی پیستون تعبیه شده است.
محفظه احتراق غیرمستقیم فقط برای تمیزکاری تعبیه گردیده است.

مراحل باز کردن سرسیلندر

۱ درب قالپاق سوپاپ را باز می‌کنیم.
۲ درصورتی‌که اسبک‌ها و پایه‌های آن مانع باز کردن پیچ‌های سرسیلندر باشد آنها را نیز باز می‌کنیم.
۳ میل تایپت‌ها را بر می‌داریم.
۴ مینیفولد هوا را باز می‌کنیم.
۵ واتر کولر و اینتر کولر را باز می‌کنیم.
۶ مینیفولد دود و سوپر شارژر را باز می‌کنیم.
۷ پیچ‌های سرسیلندر را ضربدری باز می‌کنیم.
۸ سرسیلندر را از بلوکه جدا می‌کنیم.

معایب سرسیلندر:

۱ــ تاب برداشتن: از عیوب متداول کلیه سرسیلندرها می‌باشد. عواملی مانند بیش از حد گرم کردن موتور یا سوختن واشر سرسیلندر و یا نامیزان سفت کردن پیچ‌های سرسیلندر باعث این عیب می‌شود. برای رفع عیب پس از تشخیص تعمیرکار به تراشکاری انتقال و با تراش سرسیلندر عیب آن برطرف می‌شود. مقدار تراش توسط کارخانه سازنده تعیین شده و نباید بیشتر از مقدار تعیین شده تراشیده شود. درصورتی‌که بیش از حد مجاز تراش شود اتاق احتراق کوچک‌تر شده و باعث گرم کردن و خودسوزی می‌شود. خودسوزی یعنی پس از خاموش کردن موتور لحظه‌ای موتور روشن می‌ماند.

۲ـ خوردگی مجرای آب سرسیلندر: عواملی چون زنگ‌زدگی، مواد معدنی داخل آب، زود به زود عوض کردن آب رادیاتور، نامناسب بودن آب همگی در خوردگی مجرای آب نقش دارند.

۳ـ ترک خوردگی سرسیلندر: عواملی چون یخ‌زدگی، فشار زیاد، حرارت بالا باعث ترک برداشتن نقاطی از سرسیلندر می‌شود که موجب مخلوط شدن آب و روغن و فرار کمپرس و روغن‌سوزی می‌گردد که با دستگاهی مخصوص به ترک‌خوردگی سرسیلندر پی می‌برند و درصورتی‌که امکان داشته باشد با دوختن یا جوشکاری تعمیر می‌شود.
سرسیلندر ممکن است ترک مویی بردارد (فقط برای سرسیلندر آهنی). برای تشخیص این عیب از مایع نافذ استفاده می‌شود.

فیلرگیری:
در تنظیم موتور عمل فیلرگیری به‌عنوان حساس‌ترین مرحله کار شناخته می‌شود به نحوی که با انجام صحیح و دقیق در شرایط کارکرد موتور به شکل محسوس بهبود حاصل می‌شود. افزایش راندمان و کاهش مصرف سوخت و کاهش تکثیر گازهای آلاینده از جمله مواردی می‌باشد که با انجام درست فیلرگیری حاصل می‌گردد. صدای نامطلوب سوپاپ‌ها، کاهش راندمان و قدرت موتور، افزایش مصرف سوخت از نشانه‌های تنظیم نبودن شرایط عملکرد سوپاپ‌ها می‌باشد که باید نسبت به فیلرگیری اقدام شود.
به دلیل انبساط سوپاپ‌ها در زمان گرم شدن موتور باید بین انتهای سوپاپ‌ها و اسبک‌ها باید مقدار کمی لقی وجود داشته باشد تا بتواند انبساط سوپاپ را کنترل کرده و از ایجاد نشتی در زمان افزایش طول سوپاپ‌ها از کناره‌های آن جلوگیری کند. برای تنظیم این لقی ابتدا باید سوپاپ‌های سیلندر مورد نظر را در حالت تراکم قرار داده و سپس این لقی را اندازه‌گیری کرد. توجه به این نکته ضروری است که انبساط سوپاپ دود به دلیل اینکه در مقابل خروج دودهای گرم قرار می‌گیرد نسبت به انبساط سوپاپ هوا که در مقابل سوخت و هوای خنک قرار می‌گیرد. بیشتر است. بنابراین در هنگام سرد بودن موتور مقدار لقی سوپاپ دود باید بیشتر در نظر گرفته شود ولی در حالت گرم بودن که سوپاپ‌ها به انبساط خود رسیده‌اند باید مقدار لقی‌ها یکسان در نظر گرفته شود.
برای پیدا کردن حالت تراکم که در آن حالت سوپاپ‌ها کاملاً آزاد هستند و می‌توانیم به راحتی آنها را فیلترگیری کنیم به روش زیر عمل می‌کنیم.

روش فیلرگیری موتور ۴ سیلندر و ۶ سیلندر: تقریباً تمام موتورها به این شکل فیلرگیری می‌شوند. میل لنگ موتور را بچرخانید. باید ببینید سوپاپ‌های

کدام سیلندر در حالت قیچی قراردارد. حالا قانون دور در، دور نزدیک در نزدیک را در نظر می‌گیریم. یعنی اینکه مثلاً در موتور چهار سیلندر اگر سیلندر چهار قیچی کرد سیلندر یک را فیلرگیری می‌کنید، اگر سیلندر سه قیچی کرده بود سیلندر دو را فیلرگیری می‌کنید و برعکس. در موتورهای شش سیلندر هم همین‌طور اگر سیلندر یک قیچی کرد سیلندر شش را فیلرگیری می‌کنید اگر سیلندر پنج قیچی کرد سیلندر دو را فیلرگیری می‌کنید و اگر سیلندر چهار قیچی کرد سیلندر سه را فیلرگیری می‌کنید و برعکس. به این می‌گویند قانون دور در دور، نزدیک در نزدیک. بعد برای سیلندری که نوبت فیلرگیری‌اش هست مهره قفلی روی پیچ تنظیم فیلر را شل می‌کنید. وقتی مهره شل شد فیلر را زیر محلی که اسبک به ته سوپاپ برخورد می‌کند می‌گذارید (بسته به نوع موتور فیلر فرق می‌کند) برای سوپاپ هوا اگر فیلر مابین فضای اسبک و ته سوپاپ نرفت که باید پیچ را کمی شل کنید (همان پیچی که مهره‌اش را قبلاً شل کردید) و دوباره فیلر را بگذارید و امتحان کنید مقدار سفتی فیلر باید طوری باشد که نه آن‌قدر سفت باشد که وقتی فیلر را می‌خواهید از مابین آنها بیرون بکشید روی آن خط بی‌افتد نه آن‌قدر شل باشد که به‌راحتی از بین آنها عبور کند (این کار کمی نیاز به تجربه دارد) وقتی به نظرشما اندازه فیلر درست شد پیچ را در همان حالت نگه می‌دارید و مهره قفلی را محکم می‌کنید و تمام سیلندرها به همین صورت ادامه می‌دهید (البته با قانون قیچی کردن و دور در دور نزدیک در نزدیک) هر موتوری هم اندازه فیلر خاصی دارد در بعضی فیلر سوپاپ دود و هوا یکسان است و در بعضی دیگر متفاوت است. در این مورد به دفترچه راهنمای موتور مراجعه کنید.

سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها، سامانه روغن‌کاری، سامانه خنک‌کاری و سامانه سوخت‌رسانی

زمان آموزش	جمع: ۳۰ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ طرز کار سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را توضیح دهد.

۲ طرز کار سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را توضیح دهد.

۳ طرز کار سامانه سوخت‌رسانی در موتور دیزل را توضیح دهد.

ـ شایستگی‌های غیرفنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم وترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

سیستم سوخت‌رسانی دیزل با پاشش مستقیم و غیرمستقیم

در موتورهایی با پاشش غیرمستقیم (In Direct Injection) سوخت، در یک محفظه که به محفظه احتراق اولیه معروف می‌باشد، پاشیده می‌شود. (این محفظه در سرسیلندر قرار دارد که در امتداد آن محفظه اصلی قرار دارد). در حین این مرحله هوای داغ که متراکم شده به محفظه احتراق اولیه هدایت می‌شود. در این زمان سوخت توسط انژکتورها به داخل محفظه پاشیده می‌شود در انتها سوخت با هوای داغ که جریانی گردابی دارد مخلوط می‌شود. (محفظه احتراق اولیه به محفظه گردابی معروف می‌باشد به این دلیل که که هوا در این محفظه به‌صورت یک گرداب در حال چرخش می‌باشد) که هدف از حرکت گردابی هوا، مخلوط شدن بهتر با سوخت است. مخلوط سوخت و هوا پس از آن به محفظه اصلی رسیده و در مرحله احتراق شاهد یک احتراق نرم هستیم. اما این موتورها دارای معایبی نیز هستند که از جمله آنها می‌توان به بازده کمتر نسبت به موتورهای با پاشش مستقیم و نیاز به مرحله طولانی‌تر پیش گرمایی در زمان استارت اولیه (استارت سرد) نام برد.

سوپاپ

سوپاپ‌ها قطعاتی هستند که از آنها برای باز و بستن دریچه‌های مجرای ورودی هوا و خروج دود در موتور استفاده می‌شود. سوپاپی که مجرای ورودی هوا را می‌بندد سوپاپ هوا می‌نامند و سوپاپی که مجرای دود را می‌بندد، سوپاپ دود می‌نامند. به‌طور کلی هر سیلندر دارای حداقل یک سوپاپ هوا و یک سوپاپ دود می‌باشد.

جنس سوپاپ‌ها:

جنس سوپاپ ورودی معمولاً از فولاد کروم نیکل و یا فولاد کبالت و یا فلزات دیگر می‌باشد، درحالی‌که سوپاپ‌های دود از فلزاتی ساخته می‌شود که در مقابل حرارت زیاد مقاومت داشته باشد. مثل فولاد کروم و نیکل زیرا که حرارت بیشتری بر سوپاپ خروجی اثر می‌کند.

ساختمان سوپاپ:

۱ سر سوپاپ (محل برخورد آن با اسبک)

۲ محل قرار گرفتن خار نگه‌دارنده

۳ ساق سوپاپ که در گیت (یا راهنما) سوپاپ قرار می‌گیرد.
۴ گوشت یا دامنه یا مخروطی سوپاپ
۵ نشیمن‌گاه یا وجه سوپاپ
۶ لبه سوپاپ
۷ بشقابک یا نعلبکی سوپاپ

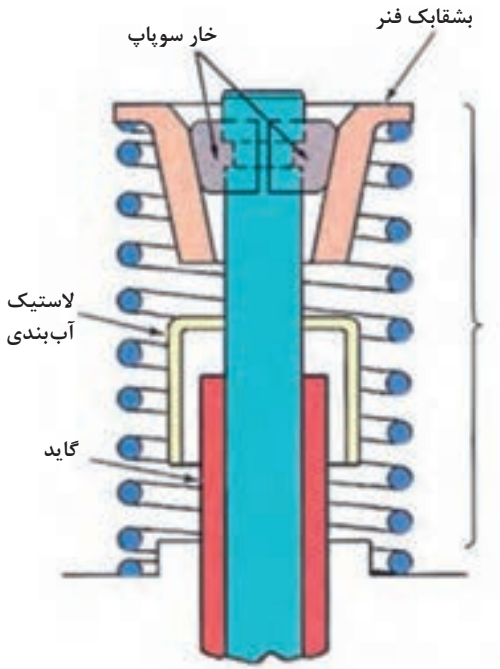
سوپاپ سدیمی: ساختمان این نوع سوپاپ این‌گونه است که قسمت داخلی سوپاپ را توخالی ساخته و داخلش را با فلزهایی که دمای ذوب پایینی دارند و می‌توانند حرارت را جذب کنند «مثل سدیم» پر می‌کنند و در اصطلاح این نوع سوپاپ‌ها را سدیمی می‌نامند.
سدیم در دمای ۹۷ درجه سلسیوس به حالت مذاب درآمده و در اثر حرکت خطی رفت و برگشتی سوپاپ و داشتن اینرسی سدیم مذاب شده، ماده سیال در داخل خود سوپاپ به بالا و پایین پریده و باعث انتقال گرمای سرسوپاپ و ساق سوپاپ می‌شود به این ترتیب گرمای داغ‌ترین قسمت سوپاپ به سدیم مذاب و سپس ساق سوپاپ و گاید سوپاپ «راهنمای حرکت سوپاپ» و بعد به مجاری خنک‌کاری سرسیلندر راه پیدا می‌کند. این کار حرارت زیاد ایجاد شده در سوپاپ را به آب در گردش موتور و روغن موجود در سرسیلندر منتقل کرده و باعث افزایش عمر سوپاپ می‌شود.

سوپاپ‌های چرخشی: این سوپاپ‌ها دارای زیر سوپاپی مخصوصی هستند که در هنگام حرکت بالا و پایین سوپاپ یا به طرز آزاد و یا به طرز اجبار سوپاپ را به چرخش وا می‌دارند، تا رسوبات در سیت و گیت ایجاد نشود.
زاویه وجه سوپاپ‌ها ۳۰ و ۴۵ درجه است. که سوپاپ هوا معمولا ۳۰ درجه و سوپاپ دود ۴۵ درجه است.
لاستیک گاید سوپاپ چیست؟
لاستیک حلقوی شکلی است که در بالای گاید قرار دارد و ساق سوپاپ از گاید و همچنین از لاستیک عبور می‌کند.
کار لاستیک گیت سوپاپ چیست؟
از نفوذ روغن به اطاق احتراق جلوگیری می‌کند و بیشتر به حالت کاسه نمد می‌باشد.
علل خرابی لاستیک گیت سوپاپ چیست؟
حرارت بیش از حد موتور
کارکرد بیش از اندازه

فنر سوپاپ: فنر سوپاپ از مفتولی به قطر ۳ تا ۵ میلی‌متر از جنس فولاد فنر، ساخته می‌شود. دو طرف فنر را تراش می‌دهند تا به‌صورت قائم در جای خود قرار گیرد. وظیفهٔ فنر بستن سوپاپ است. معمولاً حلقه‌های فنر در طرف سرسیلندر نزدیک یکدیگر و در طرف خار دورتر از یکدیگر ساخته می‌شوند. قطر فنر از بالا

تا پایین کم می‌شود تا ارتعاش کم شود. از قطر ۳ میلی‌متر تا پایین کمتر از ۲ میلی‌متر تغییر می‌کند.
طول آزاد آن بسته به طرح فنر بین ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر متغیر است ولی وقتی (فنر) روی سرسیلندر نصب می‌شود، طول آن کاهش می‌یابد و نیروی حدود ۲۰ کیلوگرم به آن وارد می‌شود. هنگامی‌که توسط بادامک، سوپاپ باز شود، طول فنر کمتر می‌شود و نیرویی معادل ۴۰ کیلوگرم به آن اعمال می‌گردد.
این عملیات با سرعت زیاد، تحت حرارت بالا و همراه با ضربه صورت می‌گیرد. بنابراین فنر کم‌کم استهلاک می‌یابد و ضعیف می‌شود.
فنر ضعیف معایبی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:
نشتی در سوپاپ و سوختن آن، ایجاد سر و صدا، زود باز شدن سوپاپ و دیر بستن آن و...

بشقابک و خار سوپاپ: بشقابک وسیله‌ای برای تکیهٔ فنر به ساق سوپاپ است برای آنکه بشقابک به سوپاپ متصل شود، معمولاً از خار دو پارچهٔ مخروطی استفاده می‌شود.
یک یا چند حلقهٔ برجسته در قسمت داخلی این خار وجود دارد که درون شیارهای ساق سوپاپ قرار می‌گیرند.



سوپاپ و متعلقات سوپاپ

گاید سوپاپ: به استوانه‌ای فولادی یا چدنی یا برنزی که به‌صورت راهنما برای ساق سوپاپ عمل می‌کند، گیت یا گاید می‌گویند. برای آنکه سوپاپ مستقیماً در مسیر خود و بدون انحراف حرکت کند (حرکت عرضی نداشته باشد) و جهت تبادل حرارت و هدایت سوپاپ از این دستگاه استفاده می‌شود.
گاید در سرسیلندر پرس می‌گردد ولی در بعضی از سرسیلندرهای فولادی یا چدنی به‌صورت یک پارچه با آن ریخته‌گری می‌شود.
در صورت انحراف سوپاپ در آن نشتی ایجاد می‌شود و در نهایت، سوپاپ خواهد سوخت، بنابراین لقی بین ساق سوپاپ و گاید بسیار ناچیز و کم است. معمولاً برای جلوگیری از نشت روغن، حلقه‌های لاستیکی جهت آب‌بندی روی گاید سوپاپ قرار می‌دهند.

سیت سوپاپ: به محل نشست سوپاپ روی موتور، سیت می‌گویند، که به دو شکل در سرسیلندرها به‌کار می‌رود:
در برخی از موتورهایی که سرسیلندر آنها از چدن یا فولاد است، سیت به‌صورت یک پارچه با سرسیلندر ساخته می‌شود ولی سطح آن قسمت را سخت‌کاری می‌کنند.
روی سرسیلندرهای آلومینیمی و بسیاری از سرسیلندرهای آهنی، سیت از جنس فولاد سخت‌کاری شده پرس می‌گردد و هرگاه سیت معیوب شد، آن را عوض می‌کنند.

ترتیب قرارگیری سوپاپ‌ها:
۱ـ I head (بیشترین استفاده را دارد): سوپاپ‌های دود و گاز در سرسیلندر قرار دارند و آویخته‌اند. در این موتورها محفظه‌ای احتراق را به حداقل می‌رساند و حتی در سطح پیستون گودی‌هایی ایجاد می‌کند که سوپاپ بتواند در آن گودی باز و بسته شود و با پیستون تماس پیدا نکند.

۲ـ T head (منسوخ شده): در این موتورها سوپاپ‌های دود در یک طرف سیلندر و سوپاپ‌های گاز در طرف دیگر سیلندر به‌طوری‌که در حداقل فضا سوپاپ‌های دود بتوانند باز و بسته شوند. و سوپاپ‌ها گاز نیز برای باز و بسته شدن از فضای موجود محفظه احتراق استفاده می‌نمایند. فضای بالای پیستون و فضای باز سوپاپ‌ها حجمی را می‌سازند که قدرت این موتور را بر اثر کم شدن تراکم (به علت ازدیاد حجم) کم می‌کند.

۳ـ L head (منسوخ شده): سوپاپ‌های دود و هوا در این موتور در یک طرف بدنه سیلندر قرار می‌گیرند و در این موتور نیز سوپاپ‌ها برای باز و بسته شدن به حداقل فضایی احتیاج دارند که این حداقل فضا نیز با حداقل فضای حجم اتاق احتراق باعث می‌گردد که قدرت موتور محدود گردد.

۴ـ F head: سوپاپ‌های هوا در سرسیلندر و سوپاپ‌های دود در بدنه‌های سیلندر هستند و در این موتور نیز حداقل فضایی برای باز و بسته شدن سوپاپ دود لازم است که این حجم محدود حداقل برای محفظه احتراق در نظر گرفته شده است و قدرت موتور نیز محدود می‌گردد.

باز کردن اسبک‌ها و میل اسبک‌ها:

جهت باز کردن اسبک‌ها، پایه اسبک‌ها را باز می‌کنیم سپس خار یک طرف میل اسبک را باز می‌کنیم و اسبک‌ها، پایه‌ها و فنرها را از میل اسبک بیرون می‌آوریم. در درون اسبک‌ها بوشن قرار دارد. که در حقیقت این بوشن‌ها هستند که با میل اسبک در تماس‌اند و در صورت خراب کار کردن اسبک این بوشن‌ها هستند که باید تعویض گردند. روی میل اسبک موتور ۶ سیلندر ۳۷ سوراخ است که ۳۶ سوراخ آن مربوط به روغن‌کاری اسبک‌هاست و یک سوراخ مربوط به ورودی روغن از یکی از پایه‌های ابتدایی میل اسبک می‌باشد. روغن از بوشن‌ها به سر اسبک‌ها می‌آید و از آنجا به سوراخ میل تایپیت می‌ریزد و از آنجا نیز وارد کارتر می‌گردد.

روش آب‌بندی سوپاپ‌ها

به منظور آب‌بندی کمی روغن سمباده را به سمت نشیمن‌گاه سوپاپ مالیده و سپس آن را در جای خود سرسیلندر یا بلوک سیلندر قرار می‌دهیم و با استفاده از ابزار مخصوص که در قسمت سر آن لاستیک مکنده وجود دارد و قادر است سر سوپاپ‌ها را جذب کند، سوپاپ را در نشیمن‌گاه خود به شکل نوسانی به اندازهٔ ۱۸۰ درجه در خلاف عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم و این عمل را باید آنقدر تکرار کرد تا نشیمن‌گاه سوپاپ با سیت سوپاپ تماس خوبی برقرار کرده باشد.

روش آزمایش و آب‌بندی سوپاپ‌ها:

برای این منظور سوپاپ‌ها را یکی یکی از محل خود خارج نموده و با مداد مشکی چند خط به قسمت مچ سوپاپ بکشید و بعد سوپاپ را داخل سیت سوپاپ قرار داده و توسط لاستیک مکنده‌ای، سه یا چهار دور به سمت چپ و راست بچرخانیم و سوپاپ را دوباره از سرسیلندر بیرون آورده و به خط‌ها توجه نمایید. باید حالت قبلی از بین رفته و یک دایرهٔ کامل در سیت سوپاپ تبدیل شود که در این موقع آب‌بندی سوپاپ کامل شده است.

ابزارهای مورد نیاز: فنرجمع‌کن سوپاپ، انبر سرکج، سنبه‌نشان یا سنبه شماره‌زن، رابط مغناطیسی، برس سیمی، سوهان.

نکات ایمنی

هنگام کار با فنرجمع‌کن از مستقیم قرار گرفتن فنر مطمئن شوید.
ابزار فنرجمع‌کن سالم انتخاب نمایید تا فنر به بیرون پرتاب نشود.

برای باز کردن سوپاپ‌ها باید سرسیلندر، میل بادامک، تایپت و شیم‌ها را پیاده کنید و سپس مراحل زیر را انجام دهید:

مرحله ۱ـ پس از تمیز کردن سرسیلندر آن را از پهلو روی میز قرار دهید مانند تصویر زیر.

دهانهٔ فنرجمع‌کن سوپاپ را نسبت به سرسیلندر مورد نظر تنظیم کنید.

مرحله ۲ـ توسط فنرجمع‌کن خارها را آزاد کنید و آنها را بیرون آورید؛ برای سهولت کار می‌توانید از رابط بلند مغناطیسی جهت خارج کردن خارها استفاده نمایید.

مرحله ۳ـ برای جلوگیری از تداخل سوپاپ‌ها، قبل از بیرون آوردن آنها سر سوپاپ را با سنبه شماره‌زن علامت بزنید.

مرحله ۴ـ بشقابک و فنر را از سرسیلندر خارج کنید و آنگاه سوپاپ را از طرف دیگر به آرامی بیرون آورید.

نکته

درصورتی‌که انتهای ساق سوپاپ رسوب کربن باشد، قبل از خارج کردن سوپاپ آن را به‌وسیلهٔ برس سیمی یا سوهان تمیز نمایید.

مرحله ۵ـ تایپت، شیم، فنر، بشقابک و سوپاپ هر مجموعه را به‌صورت جداگانه در قفسه یا جعبهٔ مخصوص، به ترتیب شماره، قرار دهید.

مرحله ۶ـ در تعمیرات سرسیلندر بهتر است لاستیک آب‌بندی گاید سوپاپ تعویض گردد. بنابراین آنها را به‌وسیلهٔ ابزار مناسب خارج کنید.

عیوب سوپاپ

عیوب به‌وجود آمده در سوپاپ از رایج‌ترین عیب‌های موتور است. مواردی چون حرارت بالا، در معرض ضربه بودن، تنش زیاد، استهلاک شدید، خنک‌کاری غلط و به هم خوردن سریع تنظیمات از جمله عواملی هستند که باعث می‌شوند یک سوپاپ زودتر از بقیهٔ قطعات موتور معیوب گردد.

عیوب سوپاپ: هر عیبی که در سیستم سوپاپ به‌وجود آید موجب کاهش راندمان و قدرت موتور می‌شود و بعضی از این عیوب که باعث سوختن سوپاپ می‌شوند، عبارت‌اند از:

کم بودن لقی سوپاپ: این عیب موجب بازماندن سوپاپ، آب‌بندی نشدن و بروز نشتی و در نتیجه سوختن سوپاپ می‌گردد.

زیاد بودن لقی سوپاپ: این عیب باعث کاهش میزان برخاست سوپاپ می‌شود و درحالی‌که سوپاپ با سر و صدا کار می‌کند، موجب استهلاک بیشتر آن می‌شود.

نشتی در سوپاپ: این عیب در اثر نقص مکانیکی یا رسوب گرفتن سر سوپاپ در آن به ایجاد نشتی منجر می‌گردد که در هر دو حالت موجب سوختن سوپاپ می‌شود.

کج بودن ساق سوپاپ: این عیب باعث گیر کردن سوپاپ در گاید و در نتیجه باز ماندن سوپاپ می‌شود که سوختن آن را به همراه دارد.

هم مرکز نبودن ساق، سر سوپاپ و سیت: اگر مجموعهٔ سر سوپاپ، سیت و ساق آن هم مرکز نباشند در سوپاپ نشتی ایجاد می‌گردد.

پیچیدگی سر سوپاپ: در اثر حرارت زیاد، پیچیدگی در سر سوپاپ ایجاد می‌شود که موجب آب‌بندی نشدن محفظه می‌گردد.

لقی کم ساق و گاید سوپاپ: اگر سوپاپ با لقی کم در گاید خود قرار گیرد، چسبندگی آن زیاد می‌شود و پس از حرارت دیدن، امکان گیر کردن و باز ماندن سوپاپ به‌وجود می‌آید که در نتیجه خواهد سوخت.

خوردگی در سوپاپ: گوگرد موجود در بنزین در اثر احتراق به اکسید گوگرد تبدیل می‌شود و به همراه بخار آب حاصل از احتراق، اسید سولفورو تشکیل می‌دهد این پدیده در اثر عدم تخلیهٔ صحیح محفظهٔ کارتر و نشت بخارات سوخت به آن قسمت اتفاق می‌افتد. اسید به‌وجود آمده موجب خوردگی در قطعات می‌شود.

چسبندگی سوپاپ: چند عامل چسبندگی سوپاپ ذکر شد ولی باید دانست جمع شدن رسوبات سوخت در ساق و گاید سوپاپ، مهم‌ترین عامل چسبندگی آن است. از دیگر عوامل می‌توان به روغن‌سوزی موتور و نفوذ بخارات روغن به گاید اشاره نمود.

عیوب فنر سوپاپ

عیوب ایجاد شده در فنر سوپاپ عبارت‌اند از:

فنر ضعیف: اگر فنر بیش از حد ضعیف باشد سوپاپ، با سرعت و به‌طور صحیح بسته نمی‌شود. این امر موجب ارتعاش و بالا و پایین پریدن سوپاپ و افت قدرت می‌گردد و در نتیجه سوختن سوپاپ را به همراه دارد.
برای جلوگیری از ارتعاش بیش از اندازه فنر از دوفنر در یک سوپاپ استفاده می‌شود.

فنر قوی: بیش از حد قوی بودن فنر نیز باعث فرسایش زودرس و کوبیدن سوپاپ روی سیت می‌گردد.

کج بودن فنر: اگر فنر کج باشد در هنگام تحت فشار قرار گرفتن، به شکل محدّب در می‌آید و نیروی مایلی روی سوپاپ اعمال می‌کند در نتیجه ضمن آب‌بندی نشدن صحیح، باعث سایش غیریکنواخت گاید سوپاپ نیز خواهد شد.

شکستن فنر: در اثر افزایش تنش، در فنر ترک ایجاد می‌شود و در نهایت فنر سوپاپ خواهد شکست.

عیوب گاید سوپاپ

عیوب گاید سوپاپ را نیز می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:
سایش غیریکنواخت گاید: در این حالت گاید به‌صورت شیپوری در می‌آید و احتمال روغن‌سوزی را، به دلیل نشت روغن به محفظه افزایش می‌دهد. همچنین موجب کج حرکت کردن سوپاپ در راهنما می‌شود.

لقی زیاد گاید و ساق سوپاپ: سایش یکنواخت زیاد یا استفاده از گاید و سوپاپ نامناسب، لقی زیاد در گاید را به همراه دارد. در این لقی ضمن نشت روغن، امکان نفوذ رسوبات به راهنما وجود دارد و در آنجا چسبندگی ایجاد خواهد نمود. در ضمن، لقی زیاد باعث کج قرار گرفتن سوپاپ و نشتی در آن می‌شود.

عیوب سیت سوپاپ

عیوب سیت سوپاپ عبارت‌اند از:

کج بودن سیت: درصورتی‌که سیت در سرسیلندر کج باشد موجب نشتی در سوپاپ خواهد شد.

ترک در سیت: اگر خنک‌کاری به‌طور صحیح انجام نگیرد و درجهٔ حرارت موتور بیش از حد افزایش یابد، ترک در سیت سوپاپ ایجاد می‌شود.

پیچیدگی سیت: این عیب نیز در اثر حرارت بیش از حد و خنک‌کاری ضعیف به‌وجود می‌آید همچنین، غلط بستن پیچ‌های سرسیلندر نیز ایجاد پیچیدگی در سیت می‌کند.

عیوب تایپت

عیب‌های ایجاد شده در تایپت‌ها عبارت‌اند از:

لقی کم تایپت و راهنمای آن: در این حالت تایپت داخل راهنما به سختی حرکت می‌کند و معایب چسبندگی سوپاپ را به همراه خواهد داشت.

لقی زیاد تایپت و راهنمای آن: این عیب باعث کج کارکردن سوپاپ می‌شود.

عیوب اسبک

عیب‌های ایجاد شده در اسبک‌ها عبارت‌اند از:

کج بودن سر اسبک: محلِ قرارگیری اسبک روی سوپاپ باید کاملاً صاف باشد. اعمال نیرو نیز باید مستقیماً روی سوپاپ باشد. در صورت کج قرار گرفتن اسبک، روی سوپاپ نیروی جانبی اعمال می‌شود و آن را به‌صورت کج حرکت خواهد داد مانند تصویر زیر.

لقی در محور اسبک: اگر اسبک روی محورش با لقی زیاد حرکت کند، تایمینگ و میزان برخاست سوپاپ تغییر می‌کند و با افت قدرت همراه خواهد شد.

روش عیب‌یابی و رفع عیب سوپاپ‌ها

ابزارهای مورد نیاز: برس سیمی، کاردک، میکرومتر، کولیس.

نکات ایمنی

هنگام کربن‌زدایی از عینک‌های محافظ استفاده کنید.
هنگام استفاده از برس ماشینی، مراقب باشید سوپاپ از دست شما، رها نگردد.

در اثر روغن‌سوزی یا احتراق ناقص موتور، نه تنها در اتاق احتراق کربن جمع می‌شود بلکه پشت ساق سوپاپ نیز رسوبات بسیار سختی تجمع می‌کند، که باید آنها را از کربن پاک نمود. با یکی از روش‌های زیر کربن روی سوپاپ را تمیز کنید:

۱ با استفاده از دستگاه سند بلاست با پاشش ذرات ریز ماسه، ساچمه و...

۲ به‌وسیله یک کاردک
۳ توسط سوپاپ کهنه
۴ با استفاده از برس سیمی دستی یا ماشینی

پس از رسوب‌زدایی، به ترتیب زیر عمل کنید:
■ سوپاپ را از نظر ظاهر به‌طور دقیق مورد بررسی قرار دهید. در صورت داشتن ترک، سوختگی و یا حفره آن را عوض کنید.
■ نازک شدن ساق یا زیر سر سوپاپ نشانهٔ خاصیت خورندگی احتراق است که در اثر احتراق ناقص و ضربه‌دار شدن و یا رسوب گرفتن مجاری خنک‌کاری به‌وجود می‌آید. در شرایط فوق موتور با درجهٔ حرارت بالا کار می‌کند و احتمال شکستن سر سوپاپ و برخورد با پیستون نیز وجود دارد.
مطابق تصویر زیر، قطر ساق سوپاپ را با میکرومتر دقیق اندازه بگیرید و آن را با عدد کاتالوگ مقایسه کنید. در صورت سایش زیاد آن را عوض کنید. حد مجاز ساییدگی ۰/۰۵ میلی‌متر است. مقدار لبهٔ سوپاپ را با کولیس دقیق، اندازه‌گیری نمایید.

کوچک شدن این قسمت موجب ضعیف شدن سوپاپ و در نتیجه سوختن آن می‌گردد مقدار مجاز حدود ۱/۶ میلی‌متر است.
بعضی از عیوب جزیی نشست سوپاپ را توسط دستگاه تراش بر طرف می‌نمایند.

دستورالعمل تنظیم و آب‌بندی سیت سوپاپ

ابزارهای مورد نیاز: چوب سوپاپ گردان، روغن سنباده، مداد یا رنگ، نفت، کمی پودر.

نکات ایمنی

● هرگز روغن سنباده به ساق و گاید سوپاپ نرسد.
● شست‌وشوی سوپاپ و سیت آن پس از آب‌بندی و قبل از آزمایش الزامی است.

پس از بررسی، عیب‌یابی و رفع عیب در مجموعهٔ سوپاپ، باید آن را آب‌بندی کرد. آب‌بندی سوپاپ به منظور جلوگیری از نشت گاز و فشار کمپرس صورت می‌گیرد. سوپاپ هرچه باشد (سوپاپ نو یا کار کرده) باید این عملیات را انجام دهید. توجه داشته باشید که سوپاپ کار کرده را خوب تمیز کنید و سپس مراحل زیر را انجام دهید:

مرحله ۱ـ سوپاپ را به چوب سوپاپ گردان بچسبانید.

مرحله ۲ـ روغن سنباده در دو نوع زبر و نرم به‌صورت قوطی عرضه می‌شود. ابتدا روغن سنبادهٔ زبر را به محل نشست سوپاپ بزنید.

مرحله ۳ـ سوپاپ را در محل خود قرار دهید و با فشار به‌وسیلهٔ چوب سوپاپ گردان، به چپ و راست بچرخانید.

مرحله ۴ـ پس از چند بار چرخاندن سوپاپ، آن را از محل خود بلند کنید و کمی بگردانید. مجدداً عمل آب‌بندی را انجام دهید.

مرحله ۵ـ پس از دقایقی که سطح سیت به‌طور یکنواخت برّاق شد، ضمن پاک کردن روغن سنبادهٔ زبر محل سیت و سوپاپ را کاملاً تمیز کنید.

مرحله ۶ـ حال مقدار کمی روغن سنباده نرم به سطح نشست سوپاپ بزنید و عمل آب‌بندی را تکرار کنید. پس از دقایقی، کلیهٔ قسمت‌های سیت و سوپاپ را از روغن سنباده تمیز کنید.

مرحله ۷ـ با یکی از دو روش زیر آب‌بندی سوپاپ را آزمایش کنید:
در روش اول به چند نقطه از سطح نشست سوپاپ رنگ بزنید یا با مداد خط بکشید.

سوپاپ را در جای خود قرار دهید و حدود ۹۰° با فشار بچرخانید.

حال به سیت سوپاپ نگاه کنید. اگر رنگ یا مداد به‌طور یکنواخت در تمام قسمت‌های سیت سوپاپ پخش شده باشد آب‌بندی صحیح انجام گرفته است.
در روش دوم سوپاپ را در جای خود قرار دهید و از مجاری دود و گاز مقداری نفت بریزید. به نشت مایع از سر سوپاپ در اتاق احتراق دقت کنید. برای رسیدن به نتیجهٔ بهتر کمی پودر به سر سوپاپ‌ها بزنید.اگر نشتی رخ ندهد سوپاپ آب‌بندی شده است.
در غیر این صورت (بروز کردن نشتی) تمام مراحل آب‌بندی سوپاپ را تکرار کنید.

تحقیق کنید

همان‌گونه که می‌دانید در انتهای ساقه سوپاپ و اسبک دارای یک فاصله و یا لقی است. تحقیق کنید دلیل این لقی چیست کم و یا زیاد شدن آن چه تأثیری بر موتور دارد؟

پاسخ:

سطح بزرگی از سوپاپ همواره در درون محفظه احتراق در معرض گرما قرار دارد و این گرما باعث انبساط حرارتی آن می‌شود به همین علت وجود لقی در بین ساقه سوپاپ و اسبک ضروری است در صورت کم بودن این فاصله (و یا در بدترین حالت عدم وجود آن) با گرم شدن سوپاپ و افزایش طول آن به دلیل حضور اسبک در انتهای بالا، انبساط طولی به طرف درون سیلندر صورت می‌پذیرد و در نتیجه سوپاپ نمی‌تواند به درستی در نشیمن‌گاه خود نشسته و مقداری باز می‌ماند این موضوع باعث کاهش شدید تراکم داخل سیلندر گشته و کاهش کارایی موتور را به دنبال دارد. همچنین با باز ماندن سوپاپ عمل انتقال حرارت از آن به سرسیلندر و از آنجا به آب خنک‌کننده موتور مختل می‌شود و با داغ شدن بیش از حد سوپاپ عمر آن به شدت کاهش می‌یابد به همین دلیل وجود لقی در بین ساق سوپاپ و اسبک ضروری است.

اما در عین حال زیاد بودن این لقی هم باعث کاهش زمان باز ماندن سوپاپ و کاهش زمان تبادل هوا و دود در درون سیلندر می‌گردد که نتیجه این اتفاق کاهش کارایی موتور است. بازرسی منظم این لقی و در صورت نیاز تنظیم مجدد آن در فواصل زمانی که از طرف سازنده موتور مشخص می‌شود ضروری است.

کار در کلاس

برداشتن شیر ترموستاتیکی از روی موتور چه تأثیری بر عمر آن می‌گذارد؟ پاسخ خود را شرح دهید.

پاسخ:

در هنگام طراحی یک موتور سازندگان انبساط حرارتی قطعات مختلف موتور را (با توجه به شرایط کاری آنها و گرمای جذب شده توسط هر قطعه) در نظر گرفته و اقدام به طراحی ابعاد قطعات موتور می‌کنند این موضوع که قطعات در هنگام کار در محدوده دمایی مشخصی کار کنند از نقطه نظر دوام و طول عمر آنها حائز اهمیت است، وظیفه اصلی شیر ترموستاتیکی کنترل جریان آب خنک‌کننده موتور و نگه داشتن دمای آن در محدوده مورد نظر طراح است در صورت حذف این قطعه از سامانه خنک‌کننده آب موتور، موتور در بیشتر زمان کاری خود در دمایی کمتر از میزان طراحی شده کار می‌کند که این به معنی انقباض قطعاتی است که بیش از حد خنک شده‌اند و در نهایت افزایش خوردگی و کاهش طول عمر موتور را سبب می‌شود.

کار در کلاس

علت افزایش سطح روغن چه می‌تواند باشد؟ اگر بر روی آب خنک‌کننده لکه‌های روغن مشاهده شود علت چیست؟

پاسخ:

سطح روغن موتور و یا آب خنک‌کننده همواره باید مورد پایش قرار گیرد در صورت کاهش در هر یک از آنها، باید علت مشخص و رفع عیب شود. به‌عنوان مثال نشتی مایعات از موتور به بیرون و یا نفوذ روغن به داخل محفظه احتراق و سوختن آن می‌تواند پیش آید. همچنین درصورتی‌که آب خنک‌کننده و یا سوخت موتور بتواند به طریقی به داخل محفظه ذخیره روغن (کارتر روغن) راه پیدا کند افزایش سطح روغن پیش می‌آید.

در صورت خرابی واشر جداکننده مجراهای عبور آب و روغن، در زمان روشن بودن موتور به دلیل فشار زیاد روغن نسبت به آب احتمال نشتی روغن به درون سامانه خنک‌کننده وجود دارد نشانه این اشکال وجود لکه‌های روغن بر روی آب خنک‌کننده موتور است و همچنین کاهش سطح روغن را ممکن است سبب شود.

کار در کلاس

پاسخ دهید که چگونه موتور خاموش می‌گردد؟

پاسخ:

بر روی پلانجر شیار عمودی وجود دارد که اگر با گردش پلانجر این شیار در مقابل روزنه ورودی سوخت قرار گیرد آنگاه بالارفتن پلانجر منجر به تزریق سوخت به داخل محفظه احتراق نمی‌شود و سوخت از قسمت بالای پلانجر (از طریق شیار عمودی) به روزنه ورودی برگشته و موتور خاموش می‌شود.

تحقیق کنید

آیا در صورت تغییر دور موتور نیاز به تغییر شروع پاشش سوخت وجود دارد؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

پاسخ:

موتور دیزلی چهار زمانه‌ای را در نظر بگیرید که با دور ۷۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخد هر دور این موتور تنها ۸ صدم ثانیه طول می‌کشد همان‌طور که می‌دانیم پاشش سوخت تنها در چند درجه از زاویه میل لنگ در هنگامی‌که پیستون نزدیکی نقطه مرگ بالا است صورت می‌پذیرد پس زمان در اختیار سامانه پاشش سوخت برای تزریق بسیار کمتر از ۸ صدم ثانیه است از طرف دیگر سوخت به محض ورود به سیلندر محترق نمی‌شود و مدت کمی برای شروع احتراق و کامل شدن آن لازم است، گرچه این زمان بسیار کم است اما

با توجه به سرعت حرکت پیستون باید مد نظر قرار بگیرد. طراحی و تنظیمات سامانه پاشش سوخت به‌گونه‌ایست که شروع پاشش سوخت قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا می‌باشد تا کامل شدن احتراق و حداکثر فشار آن در هنگام حضور پیستون در نقطه مرگ بالا اتفاق بیفتد. در موتورهای دیزلی که دارای سرعت دوران ثابتی هستند این مقدار یک بار تنظیم شده و دیگر تغییر نمی‌یابد، اما در موتورهایی که دارای سرعت متغیر هستند به ویژه موتورهایی که دامنه تغییرات در آنها زیاد است با افزایش سرعت موتور باید که زمان پاشش سوخت هم تغییر کرده و تزریق زودتر انجام بپذیرد و با کاهش دور موتور به مقدار قبلی بازگردانده شود در موتورهای غول‌پیکر دریایی این سامانه به نام variable injection timing VIT نامیده می‌شود.

تحقیق کنید

با استفاده از اینترنت تحقیق کنید مزایای استفاده از سامانه ریل مشترک چیست؟

پاسخ:

۱ در موتورها یه قدیمی به ازای هر سیلندر یک واحد بارل و پلانجر وجود دارد درحالی‌که سامانه ریل مشترک تنها دارای یک پمپ است که فشار سوخت را در ریل ایجاد می‌کند با حذف پمپ سوخت قدیمی و سامانه محرک آن وزن موتور نسبت به قدرت تولیدی آن کاهش می‌یابد.

۲ پمپ ریل مشترک می‌تواند از نوع الکتریکی باشد و در هر جایی از سامانه نصب شود این کار دست سازنده را برای طراحی موتور باز گذاشته و وی می‌تواند موتور بهتری را طراحی کند.

۳ در موتورهای قدیمی زمان شروع و خاتمه پاشش سوخت توسط میل بادامک و بارل و پلانچر تعیین می‌شود اما در ریل مشترک زمان‌بندی پاشش سوخت سخت‌افزاری نیست و بخشی از نرم افزار کنترل شیرهای برقی است به همین علت می‌تواند بسیار دقیق و قابل کنترل باشد کما اینکه سامانه VIT نیز می‌تواند حذف شده و بخشی از این نرم‌افزار باشد.

۴ سامانه ریل مشترک باعث کاهش مصرف سوخت و کاهش گازهای آلاینده تولیدی موتور می‌شود.

۵ عیب‌یابی آن توسط دستگاه‌های الکترونیکی و ساده‌تر است اما در عوض تعمیرات سامانه نیاز به تخصص بیشتری دارد.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
نگهداری وتعمیر موتور دیزل دریایی	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل	شناسایی سامانه‌های موتورهای دیزل	بالاتر از حدّ انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ۵ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حدّ انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ۵ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. هنرجو توانایی بررسی سه مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدّ انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ۵ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. هنرجو توانایی بررسی دو مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی نگهداری و تعمیر موتور دیزل دریایی

شرح کار:
۱ـ قطعات موتورهای دیزل را شناخته و وظایف آنها را بداند.
۲ـ بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل و طرز کار آنها
۳ـ بررسی طرز کار موتورهای دیزلی چهار زمانه

استاندارد عملکرد:
بررسی قطعات و سامانه‌ها و طرز کار موتورهای دیزل دریایی
شاخص‌ها:
بررسی موتورهای دیزل دریایی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کلاس سمعی و بصری و کارگاه و شناورها
ابزار و تجهیزات: رایانه و اینترنت، ویدیو پروژکتور، کارگاه مجهز به موتورهای دیزل دریایی

معیارشایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	بررسی قطعات موتورهای دیزل دریایی	۲	
۲	بررسی طرز کار موتورهای دیزل دریایی	۱	
۳	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل دریایی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۵ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی وکسب شایستگی ۲ است.

فصل دوم

نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

این تصویر یک موتور قایق را نشان می‌دهد.

نوع درس: نظری ـ عملی
کل ساعت: ۶۰ ساعت
ساعت نظری: ۲۰ ساعت
ساعت عملی: ۴۰ ساعت

واحد یادگیری ۲

نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

اهداف کلی

هنرجوباید پس از پایان این فصل قادرباشد:

۱ طرز کار موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه را بررسی کند.

۲ قطعات موتورهای بنزینی دریایی را شناسایی کند.

۳ بررسی سامانه سوخت رسانی موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه را انجام دهد.

۴ بررسی سامانه کنترل موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهارزمانه را انجام دهد.

۵ بررسی سامانه جرقه، روان‌کاری و خنک کاری موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه را انجام دهد.

روش تدریس فصل

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود درمباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطربسپارند.

۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی ازهنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۵ توصیه می‌گردد باهدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست نویس درروی کاغذ نوشته و ارائه دهند و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.

۶ فعالیت‌های ازقبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ طرز کار موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه را شرح دهید.
۲ قطعات موتورهای بنزینی دریایی را نام ببرید و کاربرد هر یک را بگویید.
۳ سامانه سوخت‌رسانی موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه چگونه کار می‌کنند تفاوت آنها را بیان کنید.
۴ سامانه کنترل موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه به چه شکل کار می‌کنند؟
۵ سامانه جرقه، روان‌کاری و خنک‌کاری موتور بنزینی دریایی دو زمانه و چهار زمانه را بررسی کنید.

موتورهای بنزینی دریایی

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری

ـ شایستگی‌های فنی

۱ طرز کار موتور بنزینی دریایی دو زمانه را بررسی کند.
۲ طرز کار موتور بنزینی دریایی چهار زمانه را بررسی کند.
۳ قطعات موتورهای بنزینی دریایی را شناسایی کند.

ـ شایستگی‌های غیرفنی

■ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

موتورهای بنزینی کاربردهای فراوانی در شناورهای سبک دارند. این نوع شناورها به فراخور سبک بودنشان نیاز به موتورهای پرقدرت و درعین‌حال سبک دارند. این نیاز توسط شرکت‌های مختلف با تولید موتورهای دوزمانه برطرف می‌شود؛ اما با توجه به معایب موتورهای دوزمانه و مزایای موتورهای چهارزمانه، در چند سال اخیر تولید موتورهای پرقدرت چهارزمانه و سبک مورد توجه فراوانی قرار گرفته است که بالا رفتن فنّاوری طراحی و تولید، امکان ساخت این نوع از موتورها را فراهم آورده است. در این فصل با برخی از موتورهای چهارزمانه بنزینی دریایی که در ایران در حال استفاده است آشنا می‌شویم و ضمن آشنایی با انواع سامانه‌های این موتورها وظایف

قطعات آنها را نیز خواهیم شناخت.
یکی از شرکت‌های بزرگ تولید موتورهای بنزینی دریایی، شرکت یاماها است که سابقه طولانی در تولید موتورهای سبک دارد. موتورهای چهارزمانه ۲۵۰ و ۳۵۰ اسب بخار از تولیدات این شرکت می‌باشند. عدد ۲۵۰ و ۳۵۰ نشان‌دهنده توان تولیدی این موتورها در دور ماکزیمم است، زیرا موتورهای دریایی را با توجه به توان تولیدی نام‌گذاری می‌کنند. این موتورها از نوع برون نصب، یعنی نصب شده در فضای بیرون شناور می‌باشند (فاقد موتورخانه).

موتورهای ۲۵۰ و ۳۵۰ یاماها

این دو موتور از نوع بلوکه Vشکل (خورجینی) می‌باشند که پس از آرایش خطی، معروف‌ترین مدل در میان موتورسازان است. پیدایش موتورهای V شکل به دلیل این بوده است که گاهی خودروسازان تا ۱۲ سیلندر را در یک ردیف قرار می‌داده‌اند، که این خود باعث به‌وجود آمدن بسیاری مشکلات عدیده ازجمله افزایش طول موتور یا افزایش بی‌دلیل وزن سیستم برای استفاده از چنین حجمی از مواد بوده است. به همین دلیل در بین مهندسان در سال‌های میان جنگ‌های جهانی اول و دوم بسیار بیشتر مورد استقبال قرار گرفتند. (متأسفانه منبع قابل‌اعتمادی برای تاریخچه این موتورها هنوز پیدا نشده است)، اوج استفاده از این موتورها، در جنگ دوم جهانی و بر روی دو رقیب دیرینه، یعنی هواپیماهای آلمانی موتور (بی ام و V۱۲) و هواپیماهای انگلیسی (موتور مرلین V۱۲ ساخته رولزرویس) به‌وجود آمده است.
این موتورها بیشتر در مواردی استفاده می‌گردند که، مهندسان نیاز به موتورهای سرعتی را احساس نمایند، زیرا موتورهای خورجینی دارای سرعت بسیار مناسبی

بوده و عملاً به این موتورها، موتورهای سرعتی می‌گویند، اوج این ابتکارات و خلاقیت‌ها در خودروهای فرمول ۱ دیده می‌شود که موتورها تا دورهای ۲۱۰۰۰ دور بر دقیقه نیز دوران داشته‌اند.

موتورهای بنزینی دریایی با توجه به پایین بودن نسبت وزن به توان در برابر موتورهای دیزلی، همچنان با تمام معایب خود ازجمله خرابی بالا و پیچیده‌تر بودن نسبت به موتورهای دیزلی، در شناورهای سبک و تندرو کاربرد داشته و بی‌رقیب در این عرصه می‌باشند. شرکت‌های زیادی در طراحی و تولید این‌گونه از موتورها در سطح دنیا باهم رقابت می‌کنند همانند یاماها، کاترپیلار، جانسون، مرکوری و... برای نمونه مشخصات موتور ۲۵۰ در جدول زیر آورده شده است:

موضوع	واحد	مدل	
		F۲۵۰AET	FL۲۵۰AET
ابعاد			
طول کل	mm (in)	۸۹۲ (۳۵/۱)	
عرض کل	mm (in)	۶۳۴ (۲۵/۰)	
ارتفاع کل			
X	mm (in)	۱/۸۲۹ (۷۲/۰)	
U	mm (in)	۱/۹۵۶ (۷۷/۰)	
ارتفاع ترانزم			
X	mm (in)	۶۳۵ (۲۵/۰)	
U	mm (in)	۷۶۲ (۳۰/۰)	
وزن (همراه با پروانه فولاد ضدزنگ)			
X	Kg (lb)	۲۷۸/۰ (۶۱۳)	
U	Kg (lb)	۲۸۴/۰ (۶۲۶)	
کارایی			
خروجی ماکزیمم	kW (hp)	۱۸۳/۹ (۲۵۰) در r/min ۵۵۰۰	
محدوده عملکرد کامل دریچه گاز	r/min	۵۰۰۰ _ ۶۰۰۰	
حداکثر مصرف سوخت	L (US gal, lmp gal)	۸۱/۰ (۲۱/۴,۱۷/۸) در r/min ۶۰۰۰	
دور موتور بدون بار	r/min	۶۰۰ _ ۷۰۰	

واحد قدرت

نوع		۴ زمانه ـ DOHC
تعداد سیلندرها		V۶
جابه‌جایی کلی	cm^3 (cu.in)	۳/۳۵۲ (۲۰۴/۵)
قطر X کورس	mm (in)	۹۴/۰ × ۸۰/۵ (۳/۷۰ × ۳/۱۷)
نسبت تراکم		۹/۹
سیستم کنترل		ریموت کنترل
سیستم استارت		برقی
سیستم سوخت‌رسانی		انژکتوری
سیستم کنترل جرقه‌زنی		TCI
مدل آوانس		میکروکامپیوتر
حداکثر خروجی برق	V,A	۱۲ ، ۴۶
شمع		LFR۶A ـ ۱۱(NGK)
دستور انفجار		۱ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۴ ـ ۵ ـ ۶ (عملکرد معمولی)
سیستم خنک‌کاری		آب
سیستم اگزوز		توپی پروانه
سیستم روان‌کاری		کارتل مرطوب

سوخت و روغن

نوع سوخت		بنزین بدون سرب	
نسبت مینیمم	RON	۹۴	
	PON	۸۹	
روغن موتور		روغن موتور ۴ زمانه	
درجه روغن موتور (*۱)	API	SE, SF, SG, SH, SJ, SL	
	SAE	۵W-۳۰, ۱۰W-۳۰, ۱۰W-۴۰	
مقدار روغن موتور			
بدون تعویض فیلتر روغن	L (US qt,lpm qt)	۵/۶ (۵/۹۲ ـ ۴/۹۳)	
با تعویض فیلتر روغن	L (US qt,lpm qt)	۵/۸ (۶/۱۳ ـ ۵/۱۰)	
روغن گیربکس			
نوع روغن گیربکس		روغن گیربکس هیپوئید	
درجه روغن گیربکس (*۲)	API	GL ـ ۴	
	SAE	۹۰	
مقدار روغن گیربکس	cm^3 (US oz,lpm oz)	۱/۱۵۰ (۳۸/۹ـ۴۰/۶)	(۳۳/۸ـ۳۵/۳) ۱/۰۰۰

بخش پایه

زاویه تریم در ترانزم (۱۲ درجه)	درجه	۳ تا ۱۶
زاویه بالای تبلت	درجه	۷۰
زاویه فرمان	درجه	۳۲ + ۳۲

واحد انتقال قدرت

موقعیت‌های مکانیسم تعویض‌دنده		عقب (R) ـ خلاص (N) ـ جلو (F)	
نسبت دنده		۲/۰۰ (۳۰/۱۵)	
نوع دنده کاهنده		چرخ‌دنده حلزونی مخروطی	
نوع کلاچ		کلاچ دندانه‌ای	
نوع محور پروانه		هزارخاری	
جهت پروانه (دید از عقب)			
مارک پروانه		ساعت‌گرد T,M	پادساعت‌گرد TL,ML

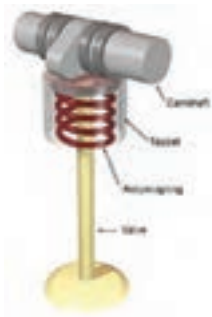
قطعات بلوکه سیلندر

کار در کلاس

جدول زیر را تکمیل نمایید:

ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد	تصویر
	فارسی	انگلیسی		
۱	بلوکه سیلندر	Cylinder block	به دلیل سبک‌سازی، جنس بلوکه سیلندر در موتورهای بنزینی دریایی از آلیاژ آلومینیوم است.	
۲	سرسیلندر چهارزمانه	Cylinder head four stroke	سر سیلندر قطعه‌ای آلومینیومی است که بر روی آن محفظه احتراق، محل ورود هوا و خروج دود و همچنین سوپاپ‌ها قرار می‌گیرند.	

۳	سرسیلندر دوزمانه	Cylinder head tow stroke	با توجه به اینکه موتور دوزمانه فاقد سوپاپ است به همین دلیل سرسیلندر دوزمانه ساده‌تر است و فقط محل نصب شمع و عبور آب در داخل آن طراحی می‌گردد.	
۴	واشر سرسیلندر	Cylinder head gasket	برای آب‌بندی بین سر سیلندر و بلوکه از واشر سر سیلندر استفاده می‌شود.	
۵	چندراهه ورودی هوای چهارزمانه	Four_ stroke inlet manifold	برای ورود هوا به داخل موتور از چندراهه استفاده می‌شود. مسیر هوا برای کاهش اصطکاک صیقلی ساخته می‌شود. معمولاً بخش اعظم چند راهه‌های هوا با پلاستیک ساخته می‌شود.	
۶	چند راهه ورودی هوای دوزمانه	Two_ stroke inlet manifold	محل نصب کاربراتور بر روی ورودی مانی‌فولد است.	
۷	پیستون	Piston	موتورهای بنزینی دریایی دارای دورهای بسیار بالایی می‌باشند به همین دلیل پیستون و شاتون، بسیار سبک طراحی شده و از آلیاژ آلومینیوم با مقاومت بالا ساخته می‌شوند.	

۸	یاتاقان دوزمانه	Rolbairing	یاتاقان موتور چهارزمانه بنزینی با یاتاقان موتورهای دیزلی فرقی نمی‌کنند ولی یاتاقان موتورهای دوزمانه از نوع غلتشی است.	
۹	مجموعه سوپاپ	Valve assembly	برای بازو بست مسیرهای ورود هوا و خروج دود از مجموعه سوپاپ و میل بادامک استفاده می‌گردد. در موتورهای چهارزمانه جدید میل بادامک بر روی سر سیلندر نصب می‌شوند.	

سامانه‌های موتور بنزینی دریایی چهار زمانه

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری

ـ شایستگی‌های فنی

۱ بررسی سامانه سوخت رسانی موتور بنزینی دریایی چهار زمانه را انجام دهد.

۲ بررسی سامانه کنترل موتور بنزینی دریایی چهار زمانه را انجام دهد.

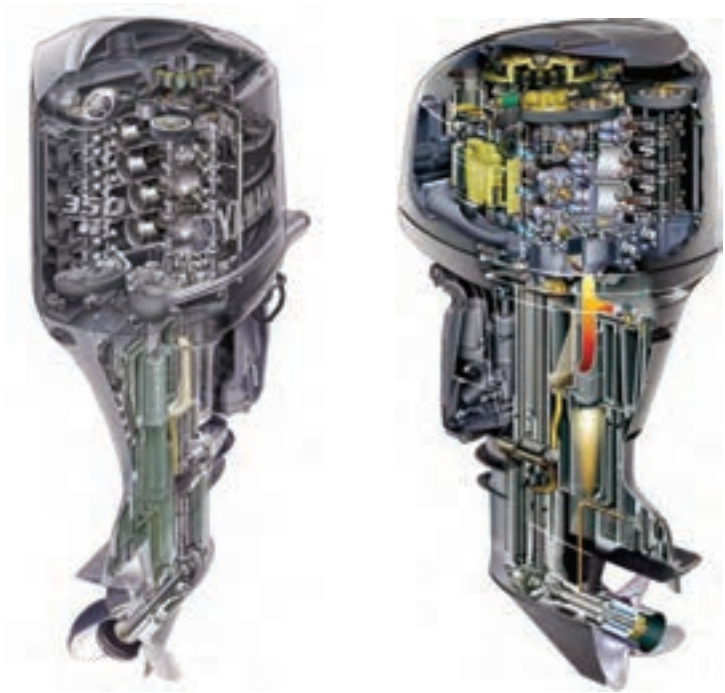
۳ بررسی سامانه جرقه، روان‌کاری و خنک‌کاری موتور بنزینی دریایی چهار زمانه را انجام دهد.

ـ شایستگی‌های غیرفنی

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

موتورهای بنزینی هم، همانند دیگر موتورها دارای سامانه‌های مختلف اصلی و فرعی می‌باشند تا بتوانند مأموریت خود که تولید انرژی مکانیکی به کمک انرژی شیمیایی می‌باشند را به‌درستی انجام دهند، این سامانه‌ها شامل موارد زیراست:
۱ـ سیستم سوخت‌رسانی ۲ـ سیستم هوارسانی ۳ـ سیستم کنترل ۴ـ سیستم جرقه ۵ـ سیستم روغن‌کاری ۶ـ سیستم خنک‌کاری ۷ـ سیستم استارت ۸ـ سیستم شارژ باتری ۹ـ سیستم جک هیدرولیک ۱۰ـ سیستم تعویض دنده
عملکرد و قطعات این سامانه‌ها در هر دو موتور مشابه بوده و از قطعات یکسانی برخوردارند که در ادامه به آنها می‌پردازیم.



نمای برش خورده موتورهای ۲۵۰ و ۳۵۰ یاماها

ـ سامانه‌های اصلی

ـ سیستم سوخت‌رسانی

مانند بسیاری از موتورهای امروزی، موتورهای مذکور نیز از سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری استفاده می‌کنند. در اواخر سال ۱۹۵۰ و اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی کارخانه شورولت و پونتیاک اولین طرح سوخت‌رسانی انژکتوری مکانیکی نوع

تزریق دائم را عرضه نمودند. در اواخر سال ۱۹۵۰ شرکت کرایسلر تعدادی اتومبیل انژکتوری با سیستم الکترونیکی تولید نمود و نام این طرح را بندیکس الکتروژکتور نامید. با ظهور ترانزیستور و دیود در صنعت الکترونیک، در سال ۱۹۶۸ میلادی شرکت فولکس واگن نمونه جالبی از طرح شرکت بوش را که از فناوری‌های نوین بهره جسته بود، درروی موتورهای خود به‌کار برد.
تنها فرق اساسی این سیستم در موتورهای موردبحث، قرار داشتن پمپ فشار پایین موتور ۳۵۰ در محفظه مخصوص است.

ـ پمپ فشار پایین

با روشن کردن سوئیچ اصلی موتور، این پمپ توسط واحد کنترل روشن شده و حدود پنج ثانیه بعد از پمپاژ سوخت خاموش می‌گردد. پس از روشن شدن موتور مجدداً وارد مدار شده و دائماً روشن می‌ماند. با توجه به اینکه ظرفیت (دبی) پمپاژ این پمپ برای بیشترین مصرف موتور طراحی شده است، در زمان‌هایی که به دلیل ماکزیمم نبودن دور موتور مصرف سوخت کم بوده و مخزن تفکیک بخار زود پر می‌شود، در خروجی این پمپ مسیری طراحی شده است که دارای یک شیر یک‌طرفه بوده و در این وضعیت، شیر باز شده و بنزین دوباره به ورودی پمپ هدایت می‌شود.

پمپ فشار پایین به همراه شیر یک‌طرفه

پمپ‌های بنزین

انواع پمپ بنزین

پمپ‌های بنزین به‌طورکلی به دو نوع مکانیکی و برقی تقسیم می‌شوند. معمولاً پمپ‌های مکانیکی در موتورهایی که سیستم سوخت‌رسانی آنها کاربراتوری است، استفاده شده و نوع برقی در سوخت‌رسانی انژکتوری کاربرد دارد.
پمپ بنزین مکانیکی: نوع مکانیکی پمپ‌های بنزین به‌طورکلی پرطرف‌دارترین

نوع مورد استفاده در سامانه‌های سوخت‌رسانی کاربراتوری است. این نوع معمولاً انعطاف‌پذیرتر و ارزان‌تر از نوع پمپ‌های الکتریکی است. هرچند پمپ‌های الکتریکی به دلایل زیر پرکاربردترند:

- پمپ الکتریکی به‌محض روشن کردن سوئیچ، سوخت را به موتور می‌رساند. درحالی‌که در نوع مکانیکی برای شروع سوخت‌رسانی اول باید موتور توسط کلید استارت روشن شود.
- یک پمپ علاوه بر نوع طراحی، وقتی‌که درون سیال کار می‌کند و سوخت را هل می‌دهد نسبت به وقتی که سوخت را مکش می‌کند راندمان بهتری دارد. یک پمپ برقی برای برخورداری از مزایای این خاصیت، می‌تواند چسبیده به باک یا داخل باک قرار داده شود.
- پمپ برقی می‌تواند دور از بدنه موتور نصب شده و لذا گرما در آن تأثیر نکرده و قفل گازی در پمپ ایجاد نمی‌شود. (قفل گازی: بخارات سیال مانع رسیدن سیال مایع به پمپ می‌شود.)

پمپ سوخت مکانیکی

- در پمپ الکتریکی نوع توربینی به علت تحت فشار قرار داشتن لوله‌های انتقال سوخت، تمایل به قفل گازی و تبخیر سوخت در لوله‌ها به حداقل رسیده است.
- می‌توان دو یا چند پمپ برقی را در مدار سوخت‌رسانی قرارداد تا در صورت خرابی یک پمپ، پمپ دیگر وظیفه ارسال سوخت را انجام دهد.

پمپ بنزین مکانیکی جابه‌جایی غیر مثبت (دینامیکی)

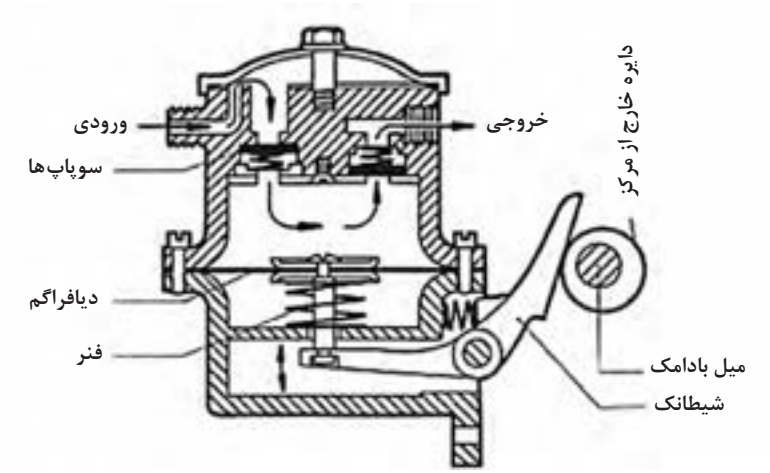
اختلاف انواع پمپ‌های مکانیکی در شکل محفظه آنهاست، درحالی‌که اساس کارشان همگی مشابه است. این نوع بر اساس تغییر حجم ایجاد شده به‌وسیله دیافراگم کار می‌کند.

طرز کار پمپ بنزین مکانیکی

- **کورس مکش پمپ**

وقتی بادامک خارج از مرکز میل‌سوپاپ، در زیر شیطانک پمپ بنزین واقع شود، شیطانک را به بالا حرکت داده و درنتیجه انتهای شیطانک میله متصل به دیافراگم را پایین می‌کشد. با حرکت دیافراگم به پایین، حجم بالای دیافراگم افزایش یافته و فشار آن از فشار جو کمتر می‌شود؛ بنابراین، سوخت از باک که تحت‌فشار جو قرار

دارد به پمپ وارد می‌شود و فضای بالای دیافراگم را اشغال می‌کند. در موقع ورود سوخت به پمپ بنزین، سوپاپ ورودی پمپ باز می‌شود و سوخت قبل از رسیدن به محفظه بالای دیافراگم از پالایه عبور نموده و به‌خوبی تصفیه می‌شود.



نمای برش خورده پمپ مکانیکی

● کورس ارسال پمپ

وقتی شیطانک، از روی قسمت خارج از مرکز میل سوپاپ عبور می‌کند، فنر زیر دیافراگم که در کورس مکش فشرده شده بود آزاد می‌شود و دیافراگم را به‌طرف بالا هدایت می‌کند. در اثر کوچک شدن حجم بالای دیافراگم، فشار این منطقه افزایش‌یافته و سوپاپ خروجی پمپ باز می‌شود و سوخت به پیاله کاربراتور می‌ریزد. اهرم دیافراگم به شیطانک طوری اتصال دارد که فقط به‌وسیله آن پایین کشیده می‌شود؛ یعنی شیطانک نمی‌تواند میله دیافراگم را به بالا هدایت کند و عمل بالا بردن دیافراگم به عهده فنر است؛ بنابراین هرگاه فشار مدار خروجی پمپ بنزین که به پیاله کاربراتور مربوط می‌شود، بیشتر از فشار فنر باشد فنر به‌طور فشرده باقی‌مانده و شیطانک بدون تأثیر بر دیافراگم حرکت می‌کند. فنر کوچکی شیطانک را در تماس دائم با خارج از مرکز نگه می‌دارد. به این حالت که دیافراگم پمپ‌بنزین در انتهای کورس مکش متوقف مانده باشد ایست پمپ می‌گویند. حال اگر به علت مصرف سوخت پیاله کاربراتور، فشار مدار خروجی پمپ‌بنزین کاهش یابد به‌تناسب کم شدن فشار، فنر دیافراگم را به بالا حرکت داده و سوخت به پیاله ارسال می‌شود.

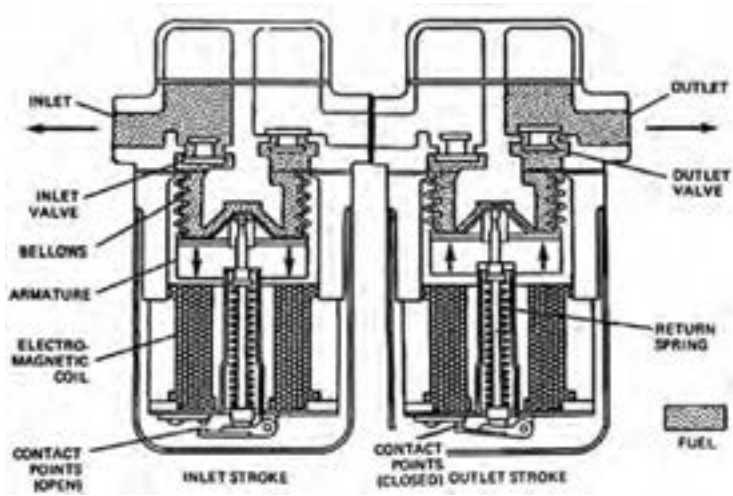
طرز کار پمپ الکتریکی

در پمپ بنزین الکتریکی دیافراگمی شبیه نوع مکانیکی وجود دارد ولی به‌جای

آن‌که مانند پمپ مکانیکی به‌وسیله خارج از مرکز به پایین حرکت کند، حوزه مغناطیسی سیم‌پیچ، آن را پایین می‌کشد.
پمپ‌های برقی در دو طرح مختلف ساخته می‌شوند:

- پمپ برقی مکشی، که سوخت را از باک مکیده و به مسیر سوخت ارسال می‌کند. (مانند نوع مکانیکی)
- پمپ برقی فشاری یا توربینی که سوخت را به سمت انژکتورها هدایت می‌کند.

طرز کار پمپ الکتریکی مکشی



پمپ الکتریکی مکشی

در پمپ بنزین برقی مکشی یک فانوسی وجود دارد که میله‌ای به آن متصل است. میله از میان مگنتی عبور نموده و در حالت خاموش با نیروی فنری به‌طرف بالا هدایت می‌شود. لذا فانوسی به حالت فشرده درمی‌آید. وقتی سوئیچ روشن می‌شود جریان باتری به پمپ الکتریکی نیز راه پیدا می‌کند. سیم‌پیچ مگنت انرژی پیدا نموده و میله فانوسی را به‌طرف پایین جذب می‌کند. با این عمل فانوسی باز شده و حجم بالای آن افزایش یافته و سوخت از باک به پمپ مکیده می‌شود.
وقتی فانوسی به کورس پایین خود می‌رسد، پلاتین‌های پمپ قطع شده و لذا انرژی مغناطیسی نیز از بین می‌رود. در این موقع، فنر برگردان فانوسی، آن را به‌طرف بالا پرتاب نموده و ضمن کوچک شدن حجم فانوسی فشار آن بالا رفته و مرحله تحویل سوخت پمپ آغاز می‌گردد. وقتی‌که فانوسی به کورس بالا رسید، پلاتین‌ها وصل شده و مگنت انرژی پیدا می‌کند و این وضع پی‌درپی تکرار می‌شود.

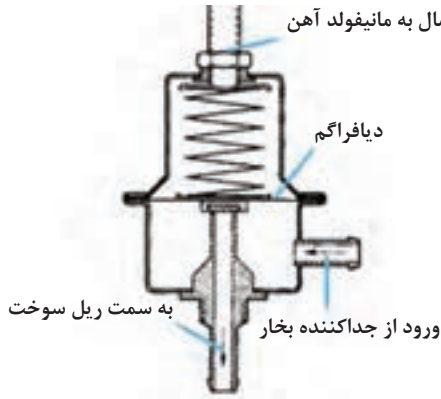
طرز کار پمپ الکتریکی فشاری (توربینی)

در این نوع پمپ یک توربین (پره) کوچکی به کار رفته که به‌وسیله یک موتور برقی کار می‌کند. بنزین باید در نزدیکی این پمپ قرار گیرد یا در بنزین غوطه‌ور شود. پمپ توربینی با فشار ثابتی سوخت را به مدار سوخت‌رسانی ارسال می‌کند.

پمپ فشار (الکتریکی)

ـ بازده پمپ بنزین: پمپ بنزین وظیفه دارد سوخت مورد نیاز موتور را در تمام شرایط فراهم کند. به‌علاوه باید فشار کافی در لوله خروجی بین پمپ بنزین و کاربراتور برقرار نماید تا از تبخیر سوخت در لوله و ایجاد قفل گازی جلوگیری شود. پمپ بنزین‌ها معمولاً در حداکثر سرعت می‌توانند تا ۴۰ لیتر سوخت را در هر ساعت ارسال نمایند. البته این مفدار سوخت در موتور مصرف نمی‌شود. بیشترین راندمان پمپ در دور آرام آن است زیرا در این حالت مصرف موتور کم و فشار تولیدی آن زیاد است.

ـ رگولاتور فشار سوخت: سوختی که برای تنظیم فشار از رگولاتور می‌گذرد وارد خنک‌کننده سوخت شده و پس از آن دوباره وارد مخزن تفکیک بخار می‌گردد.



نمای داخلی رگولاتور فشار

عملکرد: پاشش سوخت در انژکتور، به کمک مدت باز شدن سوزن آن که با توجه به میزان دور موتور، به‌وسیله واحد کنترل تنظیم می‌شود و فشار پشت انژکتور که با رگولاتور کم و زیاد می‌گردد، تنظیم می‌شود. فشار فنر پشت دیافراگم حدود ۳/۲ بار است. هنگامی‌که دور موتور پایین است، خلأ داخل منی‌فولد هوا تا حدود ۰/۸ـ بار کاهش می‌یابد که این امر باعث می‌شود تا این فشارِ منفی به کمک فشار پمپ سوخت باعث بیشتر باز شدن خروجی سوخت شده و نهایتاً فشار پشت انژکتور کاهش می‌یابد. هراندازه دور موتور بیشتر شود، خلأ (فشار منفی) داخل منی‌فولد هوا کمتر شده که باعث بالاتر رفتن فشار پشت انژکتور یعنی بیشتر شدن پاشش سوخت می‌گردد.

ـ انژکتور: برخلاف موتورهای اشتعال تراکمی که سوخت به درون سیلندر پاشیده می‌شود، در موتورهای اشتعال جرقه‌ای، سه شیوه سوخت پاشی وجود دارد این سه روش عبارت‌اند از:

- پاشش سوخت دریچه‌ای چندنقطه‌ای (یک سوخت پاش برای هر سیلندر) که مرسوم‌ترین شیوه مورد استفاده در موتورها است.
- پاشش سوخت در بدنه محل دریچه گاز (یک سوخت پاش)
- پاشش مستقیم سوخت به محفظه احتراق (یک سوخت پاش برای هر سیلندر).

طراحی سخت‌تر و پیچیده‌تر و کاهش چشمگیر مصرف سوخت از ویژگی‌های این روش است.

از میان عملگرهای موجود، انژکتور بنزین به دلیل برخورداری از مشخصات فنی ویژه، از اهمیت خاصی در سیستم کنترلی موتور برخوردار است. در واقع این قطعه یک شیر الکترونیک دقیق است که با استفاده از آن می‌توان میزان سوخت مورد نظر را در زمان تعیین شده توسط واحد کنترل تهیه نمود.

اجزای اصلی انژکتور

۱ـ اورینگ ۲ـ پالایه ورودی ۳ـ بدنه انژکتور ۴ـ سلونوئید ۵ـ سوزن انژکتور ۶ـ سوراخ خروجی ۷ـ درپوش محافظ

نمای برش خورده انژکتور

همان‌طور که مشاهده می‌شود سوخت با فشارثابت از قسمت فوقانی وارد پالایه ورودی انژکتور می‌شود. فشار ورودی به انژکتور، معادل فشار ریل سوخت است که مقدار آن ثابت است. (به‌عنوان مثال در برخی از موتورها این فشار ۳/۵ بار است) با فعال شدن میدان ایجاد شده توسط سلونوئید، سوزن انژکتور به سمت بالا حرکت داده شده و پاشش از طریق سوراخ انتهایی انجام می‌شود.

● **تاریخچه**

در اواخر سال ۱۹۵۰ و اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی کارخانه شورولت و پونتیاک اولین طرح سوخت‌رسانی انژکتوری مکانیکی نوع تزریق دائم را عرضه نمودند. در اواخر سال ۱۹۵۰ شرکت کرایسلر تعدادی اتومبیل انژکتوری با سیستم الکترونیکی تولید نمود و نام این طرح را بندیکس الکتروژکتور نامید. با ظهور ترانزیستور و دیود در صنعت الکترونیک، در سال ۱۹۶۸ میلادی شرکت فولکس واگن نمونه جالبی از طرح شرکت بوش را که از فناوری‌های نوین بهره جسته بود در روی موتورهای خود بکار برد.

ـ **مسیر بخارات سوخت:** برای استفاده بهینه از بنزین و جلوگیری از خروج بخارات آن که باعث آلودگی هوا می‌گردد، این مسیر طراحی شده است.
مسیر A: از این مسیر هوا وارد کنیستر می‌شود تا جایگزین بخار مصرفی گردد.
مسیر B: این مسیر برای خارج شدن مایع جمع شده احتمالی (بنزین) در کنیستر، به‌صورتی‌که کاملاً ایمن باشد طراحی شده است.

مسیر بخارات سوخت در موتور ۲۵۰

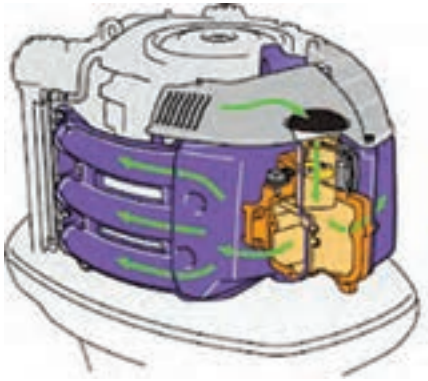
مسیر بخارات دارای قطعات زیر است:
۱ـ کنیستر ۲ـ شیر برقی کنیستر

ـ کنیستر: بنزین موجود در باک و مسیر سوخت به‌واسطه ماهیت طبیعی آن تبخیر شده و در صورت ارتباط با هوای آزاد در آن منتشر می‌شود. انتشار بخار بنزین در هوا علاوه بر ایجاد آلودگی محیط‌زیست شرایط انفجار در اطراف خودرو را ایجاد می‌کند. جهت رفع این مشکل وجود مجموعه‌ای با قابلیت جذب و بازیافت بخار بنزین ضروری است. در موتورها این فرایند توسط کنیستر یا بخارگیر بنزین صورت می‌پذیرد. بخار بنزین از طریق شیلنگ به ورودی کنیستر منتقل و در حین عبور از لایه‌های کربن اکتیو جذب آن می‌شود. فرایند جذب به نحوی است که در صورت خاموش بودن موتور پس از گذشت چند ساعت کربن اکتیو کاملاً مرطوب شده و با روشن شدن موتور و فعال شدن شیر برقی طراحی‌شده در مسیر اتصال کنیستر به منیفولد هوا، جریان هوای محسوسی در داخل کنیستر ایجاد و در اثر عبور هوا از لایه‌های کربن، بنزین جذب‌شده توسط کربن اکتیو تبخیر و جهت استفاده در سیستم احتراق به مانیفولد هوا منتقل می‌گردد. تبخیر بنزین موجب خشک شدن دانه‌های کربن می‌شود. با خشک شدن دانه‌های کربن شرایط جذب مجدد بخار بنزین فراهم می‌گردد.

کنیستر موتور ۲۵۰

ـ سیستم هوا رسانی

برای اینکه بنزین بتواند در داخل محفظه احتراق بسوزد و تولید انرژی نماید، نیاز به اکسیژن دارد. تأمین هوای موردنیاز موتور که حاوی اکسیژن است به عهده سیستم هوارسانی است. با ایجاد مکش داخل سیلندر در مرحله مکش، هوا از ورودی وارد دریچه گاز و از آنجا وارد منی‌فولد و سپس سیلندر می‌شود.



مسیر هوای ورودی به موتور

ـ انواع سیستم هوارسانی

برای ارسال هوا به موتور دو روش وجود دارد که در زیر مشخص شده است.

تنفس طبیعی

پرخوران

سیستم هوا رسانی موتورهای مورد بحث از نوع تنفس طبیعی است ولی برای تشدید ورود هوا از سامانه‌ای با عنوان میل بادامک ورودی متغیر استفاده می‌کنند که جلوتر به آن پرداخته می‌شود.

این سیستم شامل، پتانسیومتر، مجموعه دریچه گاز و مانیفولد هوا است.

ـ پتانسیومتر: این قطعه که به کابل گاز متصل است، با دریافت ولتاژ از واحد کنترل و برگشت بخشی از آن، (متناسب با میزان چرخش) مقدار باز بودن دریچه گاز که تعیین‌کننده دور موتور است را به واحد کنترل منتقل می‌کند.

پتانسیومتر موتور ۲۵۰

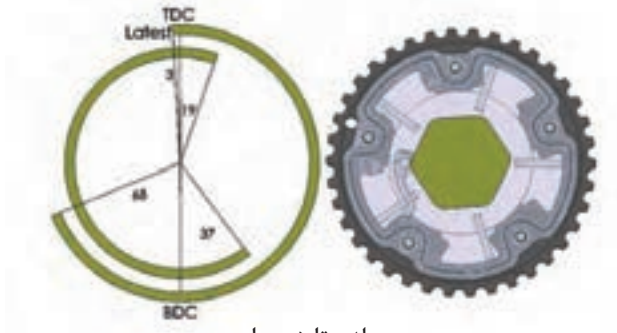
مجموعه دریچه گاز

این مجموعه وظیفه تنظیم مقدار هوای ورودی به موتور را به عهده دارد که شامل قطعات زیر است:

- **دریچه هوا:** تنظیم‌کننده میزان هوای ورودی
- **موتور الکتریکی:** در این موتورها که دریچه گاز برقی دارند یک موتور برقی کوچک برای فعال کردن دریچه گاز استفاده می‌شود که دستور را از واحد کنترل می‌گیرد. وقتی دسته ریموت جابه‌جا می‌شود مقاومت برقی پتانسیومتر تغییر می‌کند. واحد کنترل متوجه این تغییر در موقعیت شده و بر اساس آن به دریچه گاز فرمان باز شدن را صادر می‌کند.
- **حسگر موقعیت دریچه (TPS):** موتورهای انژکتوری (و بعضی موتورهای کاربراتوری مثل ۲۵۰ دوزمانه یاماها) از حسگر تی پی اس استفاده می‌کنند تا میزان باز بودن دریچه گاز و جایگاه نسبی آن را به کامپیوتر موتور گزارش دهند. این حسگر درواقع یک مقاومت متغیر است که با باز شدن دریچه گاز مقاومت‌اش تغییر می‌کند. بااطلاع دادن به واحد کنترل درباره باز شدن دریچه گاز، این قطعه می‌تواند به‌منظور حفظ نسبت مخلوط بنزین و هوا سوخت را غنی کند. تنظیم اولیه این حسگر بسیار مهم است زیرا سیگنال، ولتاژی که واحد کنترل از آن دریافت می‌کند موقعیت دقیق دریچه گاز را به آن گزارش می‌دهد؛ بنابراین تنظیم اولیه باید تا حد امکان به مشخصات کارخانه تولیدی نزدیک باشد. این تنظیم با استفاده از اهم‌متر دیجیتال و خواندن ولتاژ حسگر انجام می‌شود.

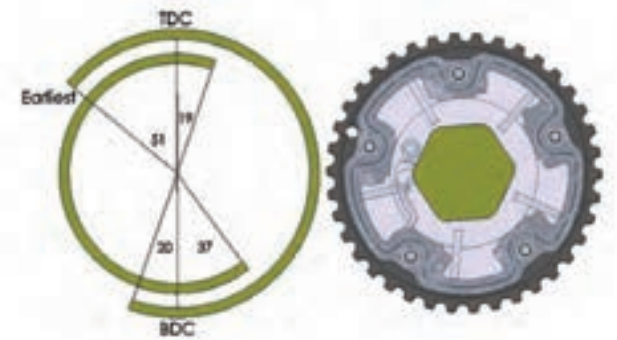
مجموعه دریچه گاز

سیستم میل بادامک ورودی متغیر (CVVT): همان‌گونه که قبلاً اشاره شد این سیستم برای افزایش جریان ورودی هوا به داخل موتور طراحی شده است. این کار با تغییر در زمان باز شدن سوپاپ‌ها رخ می‌دهد. این سیستم دارای قطعات زیر است:
شیر کنترل روغن، پیستون چرخشی روی بادامک و حسگر میل بادامک هوا



مرحله ریتارد سوپاپ

عملکرد: هنگامی‌که موتور روشن است برای جلوگیری از کاهش بازده تنفسی نیاز است که در دورهای مختلف، زمان باز شدن سوپاپ‌های ورودی زودتر یا دیرتر شود که به آن اصطلاحاً آوانس یا ریتارد سوپاپ می‌گویند. برای اینکه در دورهای بالا از اینرسی هوای در حال حرکت استفاده شود و با حرکت پیستون هوای بیشتری به داخل سیلندر وارد شود.



مرحله آوانس سوپاپ

در دورهای بالا سوپاپ‌ها ریتارد (شکل بالا) و در دورهای پایین آوانس می‌شوند. بدین‌صورت که واحد کنترل با باز کردن شیرهای کنترل روغن، روغن پرفشار موتور را در دورهای مختلف به داخل پیستون چرخشی هدایت می‌کند؛ که این کار باعث تغییر و جابجایی میل بادامک نسبت به پولی تسمه می‌گردد؛ که درنهایت باز شدن و بسته شدن زودتر یا باز شدن و بسته شدن دیرتر سوپاپ‌ها را به دنبال خواهد داشت. واحد کنترل برای اطلاع از میزان زاویه چرخش میل بادامک ورودی از اطلاعات حسگر موقعیت میل بادامک هوا استفاده می‌کند.

شیرکنترل روغن سیستم میل بادامک ورودی متغیر موتور ۲۵۰

سیستم کنترل

وظیفه این واحد جمع‌آوری اطلاعات از وضعیت موتور توسط حسگرها، سپس پردازش این اطلاعات توسط واحد مدیریت کنترل و بعد از آن ارسال دستورات لازم به عملگرها (قطعات الکتریکی) برای کارکرد بهتر موتور است.

این سیستم از قطعات زیر تشکیل شده است:

۱ـ واحد کنترل ۲ـ حسگر موقعیت میل‌لنگ ۳ـ حسگر موقعیت میل‌سوپاپ دود ۴ـ حسگر فشار هوای ورودی ۵ـ حسگر دمای هوای ورودی ۶ـ حسگر دمای موتور ۷ـ حسگر فشار روغن ۸ـ حسگر موقعیت میل‌سوپاپ هوا

ـ واحد کنترل: واحد کنترل یک سیستم میکروکنترلری است که از قبل برای اطلاعاتی که حسگرها به آن ارسال می‌کنند برنامه‌نویسی شده است. تا بر اساس اطلاعات دریافتی و پس از تجزیه‌وتحلیل آنها و مطابق با دستوراتی که در برنامه‌ریزی آن قرار داده شده است فرمان‌های لازم را به عملگرها بدهد. دسترسی به برنامه‌های ذخیره‌شده داخل این قطعه بدون داشتن پسورد آن امکان‌پذیر نیست.

واحد کنترل موتور ۲۵۰

حسگرهای فشار و دمای هوای ورودی

محل قرارگیری حسگر دمای هوا در پشت هواکش و حسگر فشار هوا در پشت مجموعه دریچه گاز الکتریکی است. واحد کنترل به کمک اطلاعات ارسالی از این دو حسگر و میزان باز بودن دریچه گاز، میزان چگالی هوا را که نشانه میزان اکسیژن در هوا است محاسبه کرده و به همان میزان سوخت انژکتورها را تنظیم می‌کند.

تحقیق کنید

چه ارتباطی بین دما و فشار هوا با اکسیژن موجود در آن وجود دارد.

پاسخ:

چگالی هوا در ارتفاعات مختلف نسبت به سطح دریا متغیر است. این موضوع سبب می‌شود که هرقدر ارتفاع از سطح دریا بیشتر شود چگالی هوا کمتر و هرقدر ارتفاع کمتر شود، چگالی هوا بیشتر می‌شود. به همین دلیل است که وقتی خودروهای کاربراتوری در مناطق کوهستانی تنظیم می‌شوند وقتی به مناطق ساحلی می‌روند بد کار می‌کنند و صبح‌ها به‌سختی روشن می‌شوند. علت آن است که تنظیم مخلوط سوخت و هوا در آنها برای هوایی با چگالی کم است تا اکسیژن بیشتری به سیستم برسد؛ و وقتی در مناطق کم ارتفاع با چگالی هوای بالا قرار می‌گیرند، نسبت مقدار هوا و اکسیژنی که به سیستم می‌رسد از مقدار سوخت بیشتر می‌شود، لذا خودرو دچار کمبود سوخت شده بد کار می‌کند.

دمای هوا نیز، تأثیری مشابه بر میزان چگالی هوا (مقدار اکسیژن) دارد. در هوای سرد چگالی بیشتر و در هوای گرم چگالی هوا کمتر است که باید متناسب با آن، سوخت به داخل محفظه احتراق پاشیده شود.

دانش افزایی

شکل ۲۰ دمای هوای ورودی موتور ۲۵۰ حسگر فشار هوای موتور ۲۵۰

عملکرد حسگر فشار هوا: دیافراگم‌های داخل این حسگر براثر فشار هوای داخل مانیفولد دچار کشش شده، تغییر شکل پیدا می‌کنند و مقدار رسانایی المنت‌های داخل آن تغییر می‌کند. در این حالت، قسمت ارزیابی مدار، با تغییر فشار هوا و کشش دیافراگم‌های داخلی حسگر، تغییر ولتاژ ۵+ ولت تغذیه که توسط المنت‌های متصل به دیافراگم صورت می‌گیرد را تقویت کرده و به‌صورت سیگنال خروجی به واحد کنترل ارسال می‌کند. این حسگر برای فشار ۰/۴۵ بار مقدار ۱/۶ ولت و برای فشار ۱ بار مقدار ۴/۵ ولت برق به‌صورت سیگنال ارسال می‌کند. ولتاژ خروجی از حسگر بین ۰/۲ تا ۴/۸ ولت متغیر است. هرقدر ولتاژ خروجی بیشتر باشد، بدان معناست که فشار هوای داخل مانیفولد زیادتر است.

عملکرد حسگر دمای هوا: روش کار این حسگر به این شکل است که واحد کنترل ولتاژی ورودی به حسگر می‌دهد (۵ ولت) و حسگر بر اساس مقاومتی که در آن لحظه دارد که وابسته به دما است، ولتاژ خاصی را به واحد کنترل برمی‌گرداند که هر ولتاژ تعریف خاصی دارد و بیانگر دمای خاصی است. حسگر دما از نوع (ان تی سی) است یعنی اگر دما بالا برود مقاومت آن کم می‌شود و اگر دما پایین بیاید، مقاومت حسگر بالا می‌رود درنتیجه هرچه ولتاژ برگشتی به واحد کنترل بالاتر و نزدیک ۵ ولت باشد یعنی دمای هوای ورودی بالاتر است و هرچه ولتاژ برگشتی به واحد کنترل کمتر باشد یعنی دمای هوا پایین‌تر است. درواقع بر اساس ولتاژ برگشتی، واحد کنترل از دمای هوا اطلاع پیدا می‌کند.

ـ حسگر ناک (خودسوزی)

بحث کلاسی

دلایل ایجاد ناک را بررسی کرده و در کلاس ارائه نمایید.

پاسخ:

دلایل ایجاد ناک

۱ـ پایین بودن عدد اکتان بنزین ۲ـ داغ شدن موتور ۳ـ تنظیم نبودن جرقه

دانش‌افزایی

ـ کوئل

یکی از آنها سیم‌پیچ اولیه نامیده می‌شود که اطراف سیم‌پیچ ثانویه پیچیده شده است. سیم‌پیچ ثانویه به‌طور نرمال دارای صدها دور بیشتر از سیم‌پیچ اولیه است.

کوئل موتور ۲۵۰

جریان سیم‌پیچ اولیه می‌تواند توسط پلاتین یا ادوات حالت‌جامد در سامانه‌های جرقه‌زنی الکتریکی، به‌طور ناگهانی قطع شود.
اساس عملکرد کویل شبیه به قطع ناگهانی مدار توسط پلاتین است. میدان مغناطیسی سیم‌پیچ اولیه به‌سرعت فرو می‌پاشد. سیم‌پیچ ثانویه توسط یک میدان مغناطیسی قوی و متغیر احاطه می‌شود. این میدان جریانی در کویل القا می‌کند. یک جریان با ولتاژ بسیار بالا (بیش از ۱۰۰۰۰۰ ولت) به دلیل شمار زیاد دورهای سیم‌پیچ ثانویه ایجاد می‌شود. همانند بسیاری از موتورهای پیشرفته موتورهای یاماها هم برای هر شمع یک کوئل در نظر گرفته و دلکو را حذف کرده تا هم اطمینان کار بالا رود و هم ساده‌تر شدن سیستم با حذف دلکو صورت بگیرد.

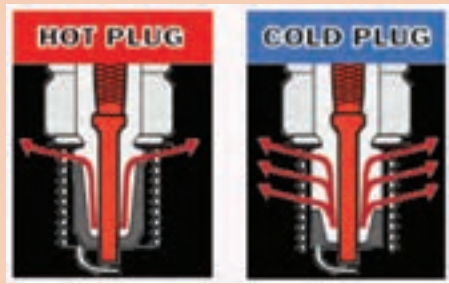
شمع

شمع

اگر به انتهای شمع نگاه کنید و اندازه عایق دور الکترود میانی را در نظر بگیرید، به تفاوت شمع‌های سرد و گرم پی می‌برید. این عایق درون رزوه انتهایی شمع و دور الکترود قرار دارد که برای شمع‌های گرم از قسمت بالاتر رزوه شروع شده و مخروط بلندتری دارد. ضمن اینکه معمولاً طول پلاتین پایین شمع که رو به الکترود میانی قرار می‌گیرد، بیشتر و بلندتر است. شمع‌های سرد دقیقاً عکس این قضیه هستند و عایق دور الکترود اندازه کوچکی دارد و پلاتین قرار گرفته در انتهای شمع نیز کوتاه است. شمع یکی از عوامل انتقال حرارت داخل سیلندر به بدنه موتور است که این عمل از راه اتصال رزوه‌های بدنه آن به سر سیلندر موتور انجام می‌شود.

تحقیق کنید

دسته‌بندی شمع‌ها را بررسی نمایید.

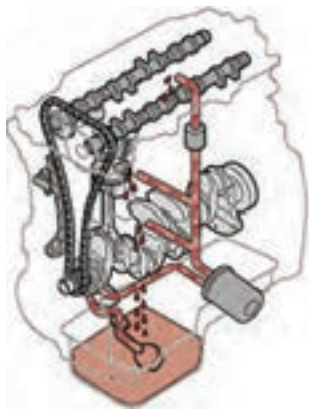


شمع گرم و سرد

پاسخ:
شمع سرد، سریع‌تر خنک می‌شود و انتقال حرارت آن به موتور زودتر است. به همین خاطر معمولاً در موتورهایی که قرار است تا بار زیادی به آنها وارد شود و دما بالا رود، استفاده می‌شوند. ضمن اینکه این شمع به همین خاطر در موتورهای گرم کار نیز استفاده می‌شود؛ اما شمع‌های گرم به خاطر طول بیشتر و پایین‌تر بودن انتهای شمع، بیشتر داخل محفظه احتراق وارد می‌شوند و به‌نوعی جرقه آنها در وسط کاسه احتراق زده می‌شود که یک امتیاز برای آنها در مقایسه با استفاده از شمع‌های سرد در یک نوع خاص از پیشرانه است. این شمع‌ها در موتورهای سرد کار استفاده می‌شوند تا همیشه با انتقال کمتر حرارت، گرمای کاری لازم را در خود نگه دارند و جرقه مناسبی ایجاد کنند. به همین دلیل نمی‌توان هر شمعی را برای هر موتوری به کار برد و باید تعویض شمع با رعایت استانداردهای کارخانه سازنده موتور انجام شود تا محدوده دمای کاری آن و ویژگی‌های دیگرش کاملاً رعایت شود. به همین خاطر اگر بهترین شمع را به‌طور غیراستاندارد روی پیشرانه‌ای ببندیم، کارایی آن در حد یک شمع معمولی استاندارد برای آن پیشرانه نخواهد بود. بهترین راه برای اینکه بدانید شمع مورد نظر شما ازنظر دمای کاری و شرایط فیزیکی‌اش با پیشرانه موتور هم‌خوانی دارد، استفاده از اطلاعات ارائه‌شده توسط سازنده شمع است. ضمن اینکه می‌توان با استفاده از شمع‌های پیشنهادی از سوی سازنده موتور نیز، شمع‌هایی با همان ویژگی‌ها از سازندگان دیگر پیدا کرد. شمع موتورهای موردبحث از نوع گرم است.

انواع سیستم روغن‌کاری

● **پاشیدنی یا ترشحی (قاشقکی):** قدیمی‌ترین سیستم روغن‌کاری بوده و امروزه چندان متداول نیست. در این سیستم روغن‌کاری، روغن موجود در کارتل به‌وسیله یک قاشقک که به انتهای شاتون وصل شده است، از کارتر برداشته شده و به سمت بالا یعنی سیلندر و پیستون پاشیده می‌شود. این سیستم به دلیل نداشتن فشار در قسمت‌هایی که روغن فقط با فشار به آنها وارد می‌شود مانند یاتاقان‌ها و... ضعیف‌ترین نوع روغن‌کاری است.



مسیر روغن‌کاری

● **پاشیدنی و فشاری توأم:** این سیستم با به‌کارگیری روش قبلی به‌علاوه یک پمپ روغن کوچک قسمت‌هایی مانند یاتاقان‌های ثابت و متحرک را با فشار پمپ روغن‌کاری کرده و سیلندر و پیستون از همان روش قبلی روغن‌کاری می‌شوند.

● **فشاری، کارتل تر:** در این سیستم تمام روغن‌کاری موتور توسط فشار اویل پمپ انجام می‌گیرد و روغن با کانال‌های موجود در بلوکه سیلندر به تمام مناطق موردنظر می‌رسد. در این طرح کارتل با حجم معینی از روغن پر شده و یک اویل پمپ روغن را از کارتل مکیده و در پایان مسیر دوباره به کارتل سرازیر می‌کند در ضمن میل‌لنگ در حین چرخش با روغن کارتل برخورد کرده و مقداری از آن را به دیوارهٔ سیلندرها می‌پاشد. این سیستم رایج‌ترین نوع روغن‌کاری است.

● **فشاری، کارتل خشک:** در سیستم روغن‌کاری مخزن روغن دیگر همان محفظه میل‌لنگ نیست و مخزن جداگانه‌ای به‌صورت یک استوانه در کنار بلوکه موتور در نظر گرفته می‌شود، در ماشین‌های مسابقه‌ای به دلیل شتاب جانبی زیاد در زمان پیچیدن‌های سریع، روغن موجود در کارتل‌های تر به یک سمت رفته و پیکاپ روغن که ورودی اویل پمپ است از روغن دور می‌ماند و وقفه در کار سیستم روغن‌کاری می‌افتد و چند لحظه بعد به دلیل نرسیدن روغن به یاتاقان‌ها، موتور به‌اصطلاح می‌سوزد.

اما در سیستم روغن‌کاری خشک، کارتل تا آنجا که امکان دارد کوچک طراحی می‌شود و چند عدد پمپ روغن قوی وظیفه مکیدن و ارسال روغن با فشار زیاد را دارند. معمولاً دو عدد پمپ به‌صورت موازی روغن را از محفظه لنگ مکیده و خروجی خود را به یک پمپ دیگر می‌دهند که با این دو پمپ سری شده است، پمپ سوم وظیفهٔ ارسال روغن به کانال‌های روغن‌کاری را بر عهده دارد.

یکی دیگر از دلایل جایگزینی سیستم خشک به جای تر این است که چرخش میل‌لنگ در درون یک مایع غلیظ (روغن) موجب از دست رفتن مقداری از کار تولیدی موتور می‌گردد که در موتورهای قوی مقدار فراوانی است. علت استوانه بودن مخزن روغن هم کم کردن سطح روغن باهدف از بین بردن سریع‌تر کف روغن است. نوع روغن‌کاری موتورهای موردبحث از این مدل است ولی فقط یک اویل پمپ برای آن طراحی شده است. این اویل پمپ با شافت گیربکس درگیر شده و با چرخش، روغن داخل کارتل را به موتور می‌رساند.

سیستم روغن‌کاری موتورهای یاماها از قطعات زیر تشکیل شده است:

۱ـ کارتل ۲ـ صافی روغن ۳ـ اویل پمپ ۴ـ سوپاپ فشار ۵ـ پالایه روغن

ـ صافی روغن

پالایه‌های اولیه روغن موتور در تمام موتورهای خودرو به‌صورت استاندارد وجود دارند، آنها همچنین به نام جریان کامل نیز نامیده می‌شوند، زیرا ۱۰۰ درصد روغن موتور به‌صورت معمول از پالایه اولیه روغن موتور عبور می‌کند. پالایه نباید محدودیت زیادی در جریان روغن موتور ایجاد کند و این یکی از دلایلی است که پالایه به بعضی از ذرات بسیار ریز اجازه عبور می‌دهد و یا گاه پالایه روغن موتورها را بسیار بزرگ می‌سازند. اگر گرفتگی پالایه رخ دهد یک دریچه بای پس وجود دارد که در اثر فشار مضاعف روغن موتور باز شده و اجازه می‌دهد که روغن موتور بدون پالایه شدن در موتور جریان یابد که البته وجود روغن موتور پالایه نشده بهتر از نبود روغن موتور است.

ـ اویل پمپ.

انواع اویل پمپ:

۱ اویل پمپ دنده‌ای

۲ اویل پمپ روتوری

۳ پمپ روغن سوزنی

● **پمپ روغن دنده‌ای:** در این نوع پمپ روغن‌ها دو عدد چرخ‌دنده هم‌قطر با تعداد دنده‌های مساوی در داخل بدنه (پوسته) پمپ قرار می‌گیرند. این دو چرخ‌دنده ساده که یکی روی محور هرز گرد (گردان) و دیگری روی محور اصلی قرار می‌گیرد که نیروی محرکهٔ خود را از میل‌لنگ یا میل بادامک می‌گیرد.

● **پمپ روغن روتوری:** طرز کاری شبیه به نوع دنده‌ای دارد با این تفاوت که در این مدل به‌جای دو چرخ‌دنده از یکی استفاده شده و در داخل یک روتور داخلی دوران می‌کند. روتور خارجی با روتور داخلی هم‌مرکز نبوده و در اثر همین مسئله روغن بین روتور داخلی و خارجی تحت‌فشار قرارگرفته و ارسال می‌شود. موتورهای یاماهای موردبحث از این نوع اویل پمپ استفاده می‌کنند.

اویل پمپ موتور ۲۵۰

● **پمپ روغن سوزنی:** این مدل که بیشتر در موتورسیکلت‌ها کاربرد دارد توسط یک پلانجر و فنر روغن ارسال می‌شود.

ـ **سوپاپ فشار:** پمپ روغن در اکثر مواقع بیش از نیاز روغن‌کاری موتور روغن پمپ می‌کند؛ زیرا شدت جریان روغن ارسالی باید از شدت جریان روغن مصرفی زیادتر باشد تا در صورت بروز نشتی و یا افزایش روغن‌ریزی در یک محل، کمبود روغن در یاتاقان‌های اصلی به وجود نیاید؛ بنابراین در حالت نو بودن موتور و یا عدم عیب در مدار روغن‌کاری، فشار روغن بیشتر از حد مجاز است. همچنین با توجه به اینکه سرعت گردش اویل پمپ تابع دور موتور است، بنابراین با افزایش دور موتور، فشار در مدار روغن‌کاری بالا می‌رود که این عامل موجب بروز روغن‌سوزی خواهد شد. لذا مدار روغن‌کاری را مجهز به سوپاپ کنترل فشار می‌کنند. سوپاپ فشار وظیفه دارد فشار روغن مدار را همواره ثابت نگه داشته و درصورتی‌که فشار از حد لازم تجاوز کند نیروی فنر سوپاپ خنثی گردیده و با حرکت پیستون به یک‌طرف مدار تحت‌فشار به مدار ورودی ارتباط پیدا کرده و فشار مدار ثابت می‌شود. سوپاپ فشار را یا خارج از ساختمان اویل پمپ و روی پایه پالایه می‌سازند تا در صورت نیاز بتوان به سهولت آنها بازدید کرد و یا درروی پوسته اویل پمپ.

ـ **پالایه روغن:** پالایه روغن پالایه‌ای است که برای حذف آلاینده‌ها از روغن موتور، روغن هیدرولیک، روغن انتقال و روغن روان‌کاری به کار می‌رود. پالایه‌های روغن در انواع مختلف ماشین‌آلات به‌کاربرده می‌شوند اما پالایه روغنی که مورد نظر ماست پالایه روغنی است که در موتور احتراق داخلی وسایل نقلیه موتوری استفاده می‌شود. سایر سامانه‌های هیدرولیک مانند فرمان هیدرولیک نیز اغلب به انواع پالایه روغن تجهیز شده‌اند اما ما در اینجا تنها به پالایه روغن موتور می‌پردازیم که مستقیماً فیلتراسیون روغن‌موتور را به عهده دارد. هرچند مفاهیم کلی فارغ از اینکه پالایه روغن چه نامی دارد و چه روغنی را پالایه می‌کند یکسان است، برخی از آلاینده‌ها در روغن‌موتور به حالت تعلیق درمی‌آیند و برخی دیگر به‌وسیله افزودنی‌ها جذب می‌شوند، روغن‌موتور در اثر این کارکرد در نهایت با آلاینده‌ها اشباع می‌شود و درنتیجه سایش در موتور اتفاق می‌افتد. یکی از دلایلی که باید در تمام موتورهای مدرن پالایه روغن وجود داشته باشد نیز همین مسئله است.

● تاریخچه: موتوری که در ابتدا طراحی گردیده بود هیچ‌گونه پالایه روغنی نداشت، این طراحی برای آن زمان که روغن‌موتور هر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ مایل تعویض می‌شد مناسب بود، اما با توسعه روان‌کاری تحت‌فشار نیاز به نوعی فیلتراسیون برای محافظت از پمپ روغن موتور و جلوگیری از سایش و صدمه به‌وجود آمد. در ابتدا تورها و صفحه‌های سیمی ساده بدین منظور در موتور مورد استفاده قرار گرفتند

که برخی ثابت بوده و بعضی اجازه برداشتن و تمیز کردن دوره‌ای را می‌دادند. در اغلب موارد این پالایه‌های روغن موتور پس از تمیز کردن بخصوص در نفت سفید قابل‌استفاده مجدد بودند.

ارنست سوییت لند و جورج گرین‌هالگ پالایه مدرن روغن‌موتور را در سال ۱۹۲۳ اختراع کردند و در سال ۱۹۲۹ اختراع خود را به نام پرولاتور ثبت کردند. پالایه جدید روغن‌موتور در سیستم روان کاری بعد از پمپ روغن و قبل از آنکه روغن به یاتاقان برسد قرار گرفت. در سال ۱۹۲۴ اولین سیستم روغن‌کاری تحت‌فشار کامل دارای پالایه روغن‌موتور به تولید انبوه رسید. پالایه روغن‌های اولیه که در موتورها استفاده می‌شدند عملکرد پایینی داشته و واقعاً سودمند نبودند.

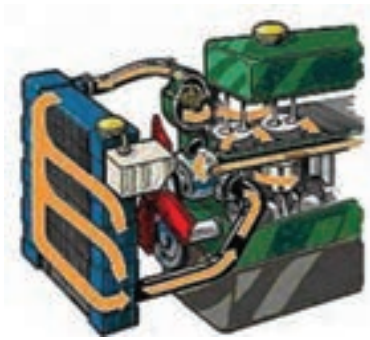
بسیاری از طرح‌های موفق و محبوب فیات و ولکس واگن تا دهه ۱۹۷۰ از هیچ‌گونه پالایه روغن‌موتوری استفاده نکردند، بعضی از موتورها پالایه روغن‌موتور را تنها در جریان برگشتی و نه در جریان اصلی روغن‌موتور تحت‌فشار استفاده می‌کردند. اولین استفاده پالایه روغن‌موتور جریان کامل در تولید انبوه وسایل نقلیه در سال ۱۹۴۶ رخ داد. اولین طرح پالایه چرخشی روغن‌موتور در دهه ۱۹۵۰ معرفی شد. در طول دهه ۱۹۶۰ پالایه روغن‌موتور قابل استفاده مجدد خودروها با پالایه مناسب‌تر چرخشی یک‌بارمصرف جایگزین شد. پالایه‌های بهبود یافته روغن‌موتور از سال ۱۹۶۴ تا سال ۱۹۶۷ در دسترس قرار گرفتند. بهبودهای بیشتر از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۱ صورت گرفت و پالایه چرخشی روغن‌موتور تقریباً جهانی شد و در بیشتر طرح‌های موتورهای آمریکایی و اروپایی و ژاپنی به‌کار رفت. باگذشت زمان که موتورها کوچک‌تر و سریع‌تر شدند و روغن‌موتور باید مدت بیشتری در موتور باقی می‌ماند، فیلتراسیون تبدیل به یک باید شد و از آن زمان همه موتورها، چه بنزینی و چه دیزلی با نوعی از پالایه استاندارد روغن‌موتور تولید می‌شوند.

پالایه روغن

● **مواد سازنده:** مواد سازنده پالایه‌های روغن‌موتور نیز در طول سالیان تغییر کرده‌اند. پالایه‌های اولیه از جنسی شبیه سیم ظرف‌شویی، تورهای فلزی و صفحه‌های فلزی بود اما بعدها از توده‌های پنبه و یا پارچه‌های بافته‌شده مانند کتانی در ساخت آنها استفاده گردید. هنگامی‌که استفاده از پالایه‌های روغن یک‌بارمصرف باب شد از سلولز و کاغذ برای به حداقل رساندن قیمت محصولات در ساخت آنها استفاده گردید. درنهایت پالایه‌های روغن سنتزی معرفی شدند که در آنها از الیاف خاص مصنوعی استفاده می‌شود، فایبرگلاس و پارچه‌های فلزی نیز گاهی اوقات برای ساخت پالایه‌های روغن استفاده می‌شوند. امروزه بسیاری از پالایه‌های چرخشی یک‌بارمصرف و ارزان‌قیمت روغن‌موتور از سلولز ساخته می‌شوند. پالایه‌های باکیفیت بهتر از مواد سنتزی ساخته می‌شوند، درحالی‌که پالایه روغن‌های خیلی مرغوب از مایکرو گلاس و یا شبکه فلزی بی‌نهایت خوب ساخته می‌شوند.

ـ سیستم خنک کاری

● **سیستم خنک کاری بسته:** در این نوع از سیستم که در موتورهای زمینی، دریایی بنزینی نیمه سنگین و دیزلی کاربرد دارد، مایع خنک‌کننده (آب) در محیط بسته موتور قرار دارد و با بستن درب ذخیره آب خنک‌کننده (رادیاتور) و گرم شدن آب، فشار داخل سیستم افزایش می‌یابد که این کار باعث بالا رفتن دمای جوش آب شده و از زود جوش آمدن آب جلوگیری می‌شود. در این سیستم برای خنک کردن آبی که درون موتور در حال چرخش است در موتورهای زمینی از هوا و در موتورهای دریایی از آب دریا استفاده می‌گردد.



مسیر خنک‌کننده بسته

● **سیستم خنک‌کاری باز:** این نوع از سیستم در موتورهای زمینی و دریایی سبک مثل موتورهای مورد بحث، کاربرد دارد. در این نوع از سیستم، برای موتورهای زمینی سبک، مانند انواع موتورسیکلت‌ها و موتورهای قدیمی از هوا برای خنک‌کننده استفاده می‌شود. بدین‌صورت که دور سیلندر را به‌صورت پره درست می‌کنند و هوا با برخورد به آن باعث خنک کردنش می‌شود.
برای موتورهای دریایی از آب دریا، دریاچه و یا رودخانه استفاده می‌گردد.

بدین‌صورت که آب از ورودی موتور وارد شده و پس از چرخش در موتور و خنک کردن آن از خروجی‌ها دوباره به منبع اولیه برمی‌گردد. در موتورهای موردبحث و در حقیقت در کل موتورهای بنزینی برون نصب از سیستم خنک کاری باز استفاده می‌شود.

در موتورهای دیزل دریایی از سیستم بسته و باز به‌صورت هم‌زمان استفاده می‌گردد.

مسیر خنک کاری باز

ـ **صافی ورودی:** وظیفه این قطعه همان‌گونه که از نامش پیداست جلوگیری از ورود ناخالصی‌های درشت به داخل موتور است. به‌گونه‌ای که ذرات درشت مثل ماسه می‌توانند از منافذ آن عبور کرده و وارد موتور شده و برای سیستم خنک‌کننده و موتور اشکال ایجاد نمایند. به این خاطر از صافی ریزتر و یا پالایه استفاده نشده چون که دبی ورودی آب باید بالا باشد و قرار دادن این‌گونه از پالایه‌ها باعث کاهش دبی می‌گردند.

ورودی آب خنک کاری موتور

تحقیق کنید

مراقبت‌های لازم از موتور در هنگام نزدیک شدن به ساحل چیست.

پاسخ:

با توجه به اینکه صافی ورودی آب شور دارای منافذ درشت است و ماسه ساحل می‌تواند از آنجا وارد موتور شود به همین خاطر هنگام نزدیک شدن

به ساحل باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:
ـ در سواحل کم‌عمق باید تا حد ممکن دور موتور پایین باشد.
ـ در صورت امکان، موتور را قبل از رسیدن به نواحی کم‌عمق خاموش نماییم یا گیربکس را تا حد ممکن در حالت زاویه‌دار قرار دهیم.

سامانه‌های موتور بنزینی دریایی دو زمانه

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری

ـ شایستگی‌های فنی

۱ بررسی سامانه سوخت رسانی موتور بنزینی دریایی دو زمانه را انجام دهد.
۲ بررسی سامانه کنترل موتور بنزینی دریایی دو زمانه را انجام دهد.
۳ بررسی سامانه جرقه، روانکاری و خنک کاری موتور بنزینی دریایی دو زمانه را انجام دهد.

ـ شایستگی‌های غیرفنی

در محیط کارگاه وکلاس،رعایت نظم وترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

ترموستات

در ابتدا که موتور سرد است ترموستات مسیر خروج آب از موتور را می‌بندد؛ بنابراین آبی که برای گردش در دور سیلندر مورد استفاده قرار می‌گیرد فقط همان مسیر بسته دور موتور را طی می‌کند و خارج نمی‌شود تا گرمای آن به حدود ۸۵ درجه سانتی‌گراد برسد. در این حالت گرمای مزبور باعث فعال شدن ترموستات شده تا درجه حرارت بیش از این بالا نرود. با پائین آمدن حرارت مجدداً ترموستات بسته می‌شود و همین سیکل مرتب تکرار می‌شود تا درجه حرارت موتور در حد مطلوب باقی بماند. درواقع این ترموستات یک وسیله مکانیکی هوشمند است که کار یک شیر قطع و وصل خودکار را انجام می‌دهد.
استفاده از ترموستات همیشه باید صورت گیرد و از این نظر فرقی بین روزهای گرم تابستان و یا روزهای سرد زمستان وجود ندارد. ولی در ایران این‌گونه معمول

است که ترموستات را فقط به هنگام فصل سرد سال مورد استفاده قرار می‌دهند که کار استانداردی نیست.

● **انواع ترموستات:** ترموستات وسیله حرارت سنجی است که برای کنترل جریان آب دستگاه خنک‌کننده در درجه حرارت معین به‌کار می‌رود چون عملکرد موتور به‌طور مستقیم به درجه حرارت مؤثر آن بستگی دارد؛ بنابراین استفاده از وسیله‌ای که بتواند این درجه حرارت را به‌ویژه در فصل زمستان حفظ کند بسیار ضروری است. این وسیله یا به‌عبارت‌دیگر ترموستات درحالی‌که موتور سرد است، از هدایت بخشی از آب داخل موتور به بیرون جلوگیری می‌کند و برعکس هنگامی‌که گرمای موتور بیش از درجه حرارت مؤثر آن است ترموستات باز می‌شود و امکان می‌دهد که حداکثر جریان آب برای خنک شدن از موتور به سمت بیرون جاری شود.

اگر سیستم خنک‌کننده موتور همیشه تمیز و درجه حرارت موتور در حد معمول باشد ترموستات مدت‌ها عمر می‌کند. اگرچه ترموستات ازنظر ثابت نگه‌داشتن درجه حرارت نقش مهمی در موتور دارد ولی در صورت گیرکردن ممکن است سبب کاهش یا افزایش حرارت موتور شود اگر ترموستات در وضعیت باز گیر کند موتور در فصل زمستان به درجه حرارت مؤثر خود نخواهد رسید از طرف دیگر ترموستات در وضعیت بسته گیر کرده باشد یا در درجه حرارت بیش‌ازحد مجاز باشد گرمای موتور افزایش می‌یابد.

درجه ترموستات در کارخانه سازنده تنظیم می‌شود و در صورت بروز نقص غیرقابل تنظیم خواهد بود برای مثال اگر درجه باز شدن ترموستاتی ۸۲ درجه سانتی‌گراد باشد ولی در ۷۱ درجه سانتی‌گراد باز شود نشان می‌دهد که ترموستات از تنظیم خارج شده است. اگر ترموستات در درجه حرارت پایین‌تر از حد مجاز خود باز شود موتور در وضعیت خیلی سرد کار خواهد کرد. ترموستات موتورهای موردبحث در بازه دمایی ۶۰ تا ۷۰ درجه باز می‌شود.

موتور سرد معمولاً دارای معایب زیر خواهد بود:

- مصرف سوخت افزایش می‌یابد.
- غلظت روغن کم شده و مصرف آن از حد مجاز زیادتر خواهد بود.
- ساییدگی سیلندر و رینگ‌های پیستون زیاد می‌شود.
- با تشکیل اسید و تراکم رطوبت زیاد روغن را آلوده می‌کند و موجب سایش قطعات فلزی می‌شود.

از طرف دیگر ترموستات در درجه حرارتی زیادتر از حد مجاز و تنظیم شده باز شود یا به علت نقص باز شود درجه حرارت موتور ناگهانی افزایش می‌یابد. قطعات فلزی موتور قابلیت تحمل درجه حرارت ۱۳۸ تا ۱۴۹ درجه سانتی‌گراد رادارند. در این درجه حرارت روغن‌موتور شروع به شل شدن می‌کند و در وضعیت جوش آمدن

درجه حرارت موتور به ۳۷۱ تا ۴۸۲ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این میزان درجه حرارت می‌تواند سوپاپ‌های دود و کاسه‌نمدها را از وضعیت اصلی خود خارج کند یا ممکن است آنها را بسوزاند. در این حالت انفجار زودرس و روغن‌سوزی نیز اتفاق می‌افتد و گیرپاژ و خرابی کامل موتور دور از انتظار نخواهد بود به همین دلیل است که ترموستات طراحی و ساخته شده است.

● **نصب و بازید ترموستات:** ترموستات دستگاهی یک‌بارمصرف و غیرقابل تعمیر است. در موقع نصب باید علامت فلش روی آن دقت شود که اگر ترموستات در محدوده درجه حرارت مجاز تعیین‌شده باز و بسته نشود و موتور خیلی داغ و یا سرد باشد باید فوراً آن را تعویض کرد.

ـ مسیر خارج کردن رسوبات: درصورتی‌که به هر دلیل رسوبات مثل ماسه دریا وارد سیستم خنک‌کاری شود با باز کردن پیچ هنگامی‌که موتور روشن است می‌توان این رسوبات را از موتور خارج کرد.

مسیر خارج کردن رسوبات

ـ سامانه‌های فرعی موتور

ـ سیستم استارتر

وظیفه سیستم استارتر چرخاندن اولیه موتور برای روشن شدن است. این سیستم از قطعات زیر تشکیل می‌شود:

۱ـ استارتر ۲ـ اتومات و رله استارتر ۳ـ سوئیچ استارتر ۴ـ باتری

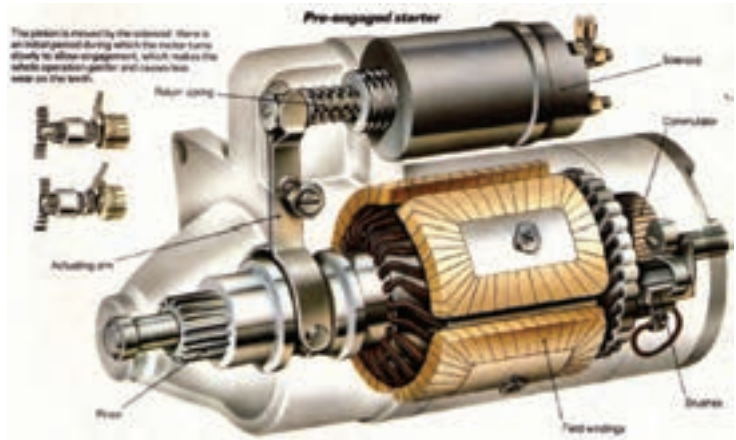
ـ استارتر: قطعه‌ای الکتریکی ـ مکانیکی که برای تبدیل انرژی الکتریکی باتری به انرژی چرخش مکانیکی کاربرد داشته و باعث می‌شود موتور برای روشن شدن به چرخش درآید. برای روشن شدن، لازم است موتورحدود ۱۰۰ دور بر دقیقه داشته باشد. در موتورهای کوچک جدید و موتورهای قدیمی معمولاً از هندل دستی استفاده می‌شد. جایگزین‌های دیگری مثل هوای فشرده نیز برای استارتر وجود دارد.

استارتر

ـ اتومات و رله استارتر: استارترها معمولاً دارای یک اتومات (سولونوئید) می‌باشند. وظیفه این قطعه جلو بردن روتور استارتر است تا دندانه‌های شافت روتور با فلایویل درگیر شده و باعث چرخش موتور گردد. البته نوع بدون اتومات هم در موتورهای سبک کاربرد دارد که هنگام چرخش، دندانه‌های آن روی دنده حلزونی شافت روتور به سمت جلو پرتاب شده و با فلایویل درگیر می‌شد. (مثل موتورهای دوزمانه یاماها)

اتومات استارتر دارای یک هسته آهنی است که در داخل سیم‌پیچ قرار دارد. هنگامی‌که جریان برق سیم‌پیچ وصل می‌شود، جریان مغناطیسی تولیدشده، هسته آهنی را به عقب می‌کشد که باعث جلو رفتن روتور می‌گردد.

جریان یا آمپری که استارتر برای چرخاندن موتور استفاده می‌کند بسیار بالاست و عبور دادن این آمپر از داخل سوئیچ باعث سوزاندن آن می‌گردد. به همین دلیل از رله برای برقراری جریان باتری به سمت استارتر استفاده می‌شود. در موتورهایی که استارتر دارای اتومات است (موتورهای موردبحث)، رله در انتهای اتومات استارتر قرار دارد و هنگام عقب کشیده شدن هسته اتومات، پلاتین‌های رله به هم متصل شده و جریان باتری به سمت استارتر برقرار می‌گردد.



قطعات داخلی استارتر

ـ سوئیچ اصلی (استارتر): وظیفه این قطعه روشن کردن اتومات استارتر، برای روشن کردن جریان باتری به سمت استارتر است. سوئیچ سه وضعیت خاموش، روشن و استارتر دارد که هنگام قرارگیری در وضعیت استارتر، استارتر شروع به چرخش کرده و باعث روشن شدن موتور می‌گردد.

ـ **سیستم شارژ باتری:** با مصرف برق ذخیره‌شده در باتری و دشارژ شدن آن، باید باتری دوباره شارژ شود تا بتواند برای دفعات بعدی مورداستفاده قرار گیرد. وظیفه این کار به عهده سیستم شارژ باتری است.

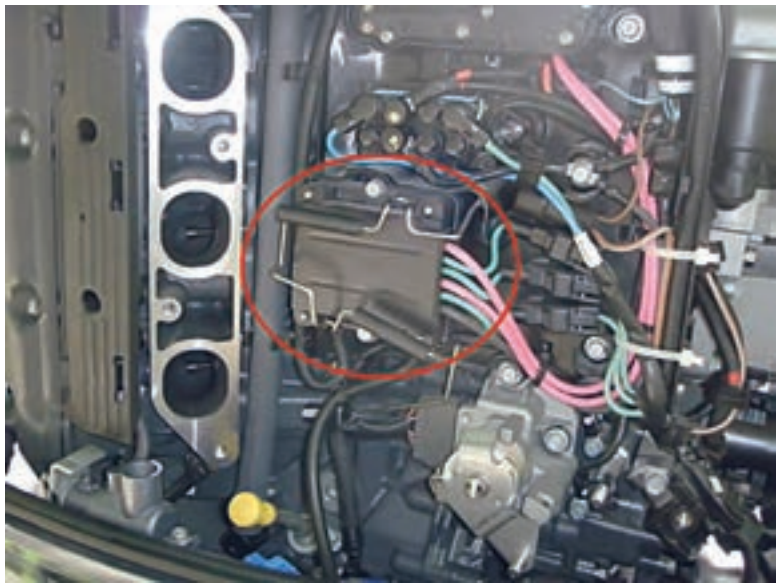
این سیستم دارای قطعات زیر است:

۱ـ سیم‌پیچ تولید برق (استاتور) ۲ـ یکسوکننده جریان (دیود)

ـ **استاتور:** بخشی از سیم‌پیچ‌های قرار داده‌شده در استاتور وظیفه تولید برق برای شارژ باتری را به عهده‌دارند.

ـ **یک‌سوکننده (دیود):** برقی که در سیم‌پیچ تولید می‌شود، جریان متناوب است و برای شارژ باتری مناسب نیست، به همین خاطر در یک‌سوکننده به جریان مستقیم تبدیل می‌شود.

فرایند تبدیل جریان متناوب به مستقیم همراه با تولید گرما است که به کمک هوا یا جریان آب (در موتورهای مورد بحث) خنک‌کاری قطعه مذکور صورت می‌گیرد.



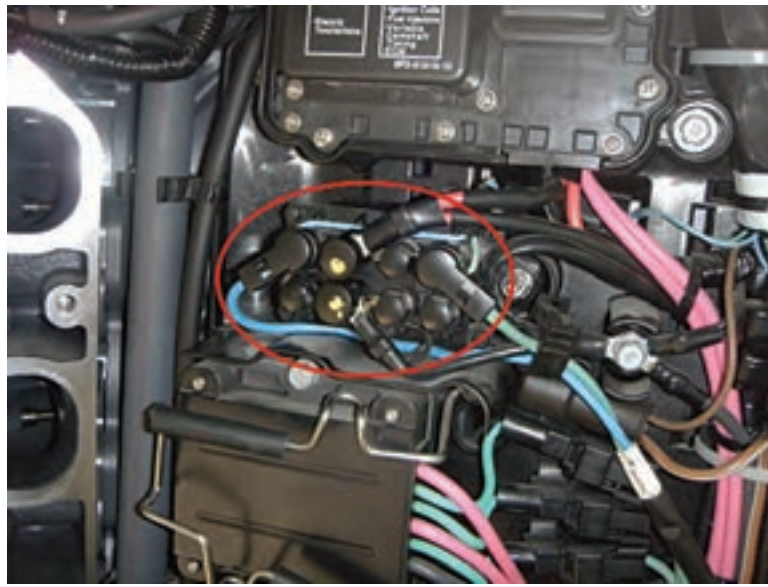
دیود موتور ۲۵۰

ـ سیستم جک هیدرولیک

بعد از دریانوردی برای جلوگیری از آسیب رسیدن به قسمت گیربکس موتور، نیاز است که گیربکس از آب خارج شود که وظیفه این کار به عهده سیستم جک هیدرولیک است.

در این سیستم به کمک تبدیل جریان باتری به فشار هیدرولیکی، گیربکس از آب

خارج می‌شود. این سیستم از قطعات زیر تشکیل می‌شود:
۱ـ کلید خاموش و روشن ۲ـ رله‌های بالا و پایین ۳ـ مجموعه پمپ و جک‌ها
ـ کلید خاموش و روشن رله‌ها: در موتورهای مورد بحث دو عدد کلید برای این سیستم در نظر گرفته شده است که یکی روی دسته ریموت و دیگری بر روی سینی موتور قرار دارد. وظیفهٔ این قطعه روشن کردن رله‌های سیستم است.
ـ رله‌ها: برای برقراری جریان از باتری به سمت پمپ، با توجه به اینکه این جریان خارج از تحمل کلید است، از رله استفاده می‌شود. دو عدد رله، یکی برای بالا و دیگری برای پایین بردن موتور استفاده می‌شود.



رله‌های سیستم جک

ـ سیستم تعویض دنده

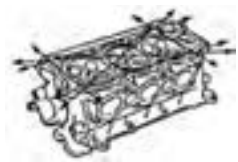
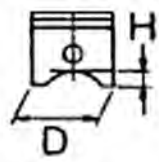
در موتور ۲۵۰، تعویض دنده به‌صورت کاملاً مکانیکی است. کابل دنده از دسته ریموت وارد موتور شده و روی رابط ماهک دنده سوار می‌شود. برای این سیستم دو عدد سوئیچ در کنار و زیر ریل رابط ماهک دنده در نظرگرفته شده است:۱ـ سوئیچ خلاص ۲ـ سوئیچ تعویض دنده
سوئیچ خلاص: این سوئیچ وضعیت خلاص بودن دنده را به واحد کنترل خبر می‌دهد تا این واحد برای کاهش مصرف سوخت و حفاظت از گیربکس هنگام تعویض دنده، با خارج کردن سه عدد از سیلندرها از مدار احتراق باعث کاهش دور موتور گردد.

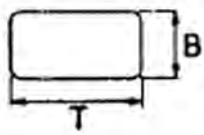
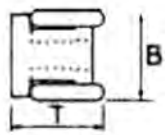
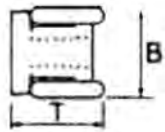
سوئیچ تعویض دنده: این سوئیچ با ارسال سیگنال هنگام شروع حرکت دنده از وضعیت جلو به وضعیت خلاص، برای واحد کنترل، باعث می‌شود که واحد کنترل در این حالت با کاهش دور موتور باعث جلوگیری از خوردگی دنده‌های گیربکس هنگام جدا شدن از هم گردد.
تعویض دنده در موتور ۳۵۰ همانند موتور مرکوری، به‌وسیله الکتروموتور انجام می‌گیرد.

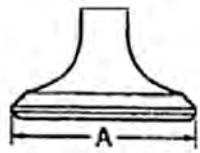
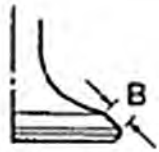
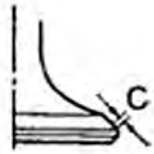
سوئیچ خلاص در موتور ۲۵۰

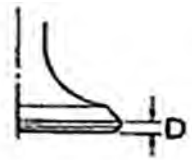
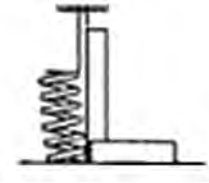
ـ اطلاعات لازم برای تعمیرات
بخش قدرت

موضوع	واحد	مدل	
		F۲۵۰AET	FL۲۵۰AET
واحد قدرت			
فشار تراکم حداقل (*۱)	kPa (kgf/cm۲,psi)	۸۹۲ (۷/۴, ۱۰۷/۳)	
فشار روغن (*۲)	kPa (kgf/cm۲,psi)	۶۰۰ (۶/۰, ۸۷/۰) r/min در ۶۰۰_۹۰۰	

سرسیلندر		
حد تاب سرسیلندر  **(خطوط نشان‌دهنده موقعیت‌های خط‌کش می‌باشد)**	mm (in)	۰/۱ (۰/۰۰۳۹)
قطر داخلی کلاهک میل‌بادامک	mm (in)	۲۵/۰۰۰_۲۵/۰۲۱(۰/۹۸۴۳_۰/۹۸۵۱)
 اندازه سوراخ	mm (in)	۹۴/۰۰۰_۹۴/۰۱۷(۳/۷۰۰۸_۳/۷۰۱۴)
پیستون 		
قطر پیستون (D)	mm (in)	۹۳/۹۲۱_۹۳/۹۴۱(۳/۶۹۷۷_۳/۶۹۸۵)
نقطه اندازه‌گیری (H)	mm (in)	۵/۰ (۰/۲۰)
لقی پیستون (*۳)	mm (in)	۰/۰۷۵_۰/۰۸۰(۰/۰۰۳۰_۰/۰۰۳۱)
سوراخ پین مرکزی پیستون	mm (in)	۲۱/۰۱۷_۲۱/۰۳۱(۰/۸۲۷۴_۰/۸۲۸۰)
گژن پین		
قطر بیرونی	mm (in)	۲۰/۹۹۵_۲۱/۰۰۰(۰/۸۲۶۶_۰/۸۲۶۸)
رینگ پیستون		

رینگ فوقانی		
اندازه B	mm (in)	۱/۱۷_۱/۱۹ (۰/۴۶_۰/۰۴۷)
اندازه T	mm (in)	۲/۸۰_۳/۰۰(۰/۱۱۰_۰/۱۱۸)
گپ انتهایی (۳*)	mm (in)	۰/۱۵_۰/۳۰(۰/۰۰۶_۰/۰۱۲)
لقی جانبی	mm (in)	۰/۰۴_۰/۰۸(۰/۰۰۲_۰/۰۰۳)
رینگ دوم		
اندازه B	mm (in)	۱/۱۷_۱/۱۹ (۰/۰۴۶_۰/۰۴۷)
اندازه T	mm (in)	۳/۷۰_۳/۹۰(۰/۱۴۶_۰/۱۵۴)
گپ انتهایی (۳*)	mm (in)	۰/۳۰_۰/۴۵(۰/۰۱۲_۰/۰۱۸)
لقی جانبی	mm (in)	۰/۰۳_۰/۰۷(۰/۰۰۱_۰/۰۰۳)
رینگ روغن		
اندازه B	mm (in)	۲/۴۰_۲/۴۷(۰/۰۹۴_۰/۰۹۷)
اندازه T	mm (in)	۲/۳۰_۲/۷۰(۰/۰۹۱_۰/۱۰۶)
گپ انتهایی (۳*)	mm (in)	۰/۱۵_۰/۶۰(۰/۰۰۶_۰/۰۲۴)
لقی جانبی	mm (in)	۰/۰۴_۰/۱۳(۰/۰۰۲_۰/۰۰۵)
میل بادامک		

ورودی (A)	mm (in)	۴۶/۳۰_۴۶/۴۰(۱/۸۲۳_۱/۸۲۷)
خروجی (A)	mm (in)	۴۵/۳۵_۴۵/۴۵(۱/۷۸۵_۱/۷۸۹)
ورودی و خروجی (B)	mm (in)	۳۵/۹۵_۳۶/۰۵(۱/۴۱۵_۱/۴۱۹)
قطر یاتاقان گرد میل بادامک	mm (in)	۲۴/۹۶_۲۴/۹۸(۰/۹۸۲۶_۰/۹۸۳۴)
حد انحراف محوری میل‌بادامک	mm (in)	۰/۰۱۵ (۰/۰۰۰۶)
سوپاپ		
لقی سوپاپ (سرد)		
هوا	mm (in)	۰/۲۰ ± ۰/۰۳(۰/۰۰۸ ±۰/۰۰۱)
دود	mm (in)	۰/۳۴ ± ۰/۰۳(۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۱)
قطر سر سوپاپ (A)		
هوا	mm (in)	۳۶/۴_۳۶/۶ (۱/۴۳_۱/۴۴)
دود	mm (in)	۳۱/۴_۳۱/۶ (۱/۲۴_۱/۲۴)
پهنای سطح (B)		
هوا	mm (in)	۲/۳۵_۲/۷۸ (۰/۰۹۲_۰/۱۱۰)
دود	mm (in)	۲/۱۳_۳/۳۰ (۰/۰۸۴_۰/۱۳۰)
پهنای تماس سیت (C)		
هوا	mm (in)	۱۱/۱۰_۱/۴۰ (۰/۰۴۳_۰/۰۵۵)

دود	mm (in)	۱/۴۰_۱/۷۰(۰/۰۵۵_۰/۰۶۷)
ضخامت حاشیه (D)		
هوا	mm (in)	۰/۵۰_۰/۹۰ (۰/۰۲۰_۰/۰۳۵)
دود	mm (in)	۰/۹۰_۱/۳۰ (۰/۰۳۵_۰/۰۵۱)
ساق سوپاپ		
هوا	mm (in)	۵/۴۷۷_ ۵/۴۹۲ (۰/۲۱۵۶_۰/۲۱۶۲)
دود	mm (in)	۵/۴۶۴_۵/۴۷۹ (۰/۲۱۵۱_۰/۲۱۵۷)
قطر داخلی گیت		
هوا و دود	mm (in)	۵/۵۰۴_۵/۵۲۲ (۰/۲۱۶۷_۰/۲۱۷۴)
لقی ساق تا گیت		
هوا	mm (in)	۰/۰۲۱_۰/۰۴۵(۰/۰۰۰۵_۰/۰۰۱۸)
دود	mm (in)	۰/۰۲۵_۰/۰۵۸ (۰/۰۰۱۰_۰/۰۰۲۳)
حد انحراف محوری ساق	mm (in)	۰/۰۱ (۰/۰۰۰۴)
فنر سوپاپ		
طول آزاد	mm (in)	۴۴/۲ (۱/۷۴)
حد خمش	mm (in)	۱/۲ (۰/۰۵)

(۱*) شکل‌ها به عنوان مرجع هستند.

موضوع	واحد	مدل	
		F۲۵۰AET	FL۲۵۰AET
تایپیت (سوپاپ بالابر)			
قطر بیرونی تایپیت	mm (in)	۳۲/۹۸۲_۳۲/۹۹۷ (۱/۲۹۸۵_۱/۲۹۹۱)	
لقی تایپیت تا سرسیلندر	mm (in)	۰/۰۲۰_۰/۰۵۵ (۰/۰۰۰۸_۰/۰۰۲۲)	
صفحه لائی سوپاپ			
ضخامت صفحه لائی سوپاپ (در افزایش ۰۲۰/۰ میلی‌متر)	mm (in)	۲/۳۲۰_۲/۹۶۰ (۰/۹۱۳_۰/۰۱۱۶۵)	
شاتون			
قطر داخلی انتهای کوچک	mm (in)	۲۱/۰۱۷_۲۱/۰۱ (۰/۸۲۷۴_۰/۸۲۸۰)	
قطر داخلی انتهای بزرگ	mm (in)	۵۳/۰۱۵_۵۳/۰۳۵ (۲/۸۷۲۰_ ۲/۰۸۸۰)	
لقی داخلی انتهای بزرگ (۱*)	mm (in)	۰/۱۵_۰/۳۰ (۰/۰۰۶_۰/۰۱۲)	
لقی روغنی یاتاقان متحرک	mm (in)	۰/۰۲۸_۰/۰۶۶ (۰/۰۰۱۱_۰/۰۰۲۶)	
ضخامت یاتاقان انتهای بزرگ			
زرد	mm (in)	۱/۴۹۲_۱/۴۹۶ (۰/۰۵۸۷_۰/۰۵۸۹)	
سبز	mm (in)	۱/۴۹۶_۱/۵۰۰ (۰/۰۵۸۹_۰/۰۵۹۱)	
آبی	mm (in)	۱/۵۰۰_۱/۵۰۴ (۰/۰۵۹۱_۰/۰۵۹۲)	
میل‌لنگ			
قطر سر محور میل‌لنگ	mm (in)	۶۲/۹۶۸_ ۶۲/۹۹۲ (۲/۴۷۹۱_۲/۴۸۰۰)	
قطر یاتاقان متحرک	mm (in)	۴۹/۹۷۶_۵۰/۰۰۰ (۰/۹۶۷۶_۱/۹۶۸۵)	

پهنای یاتاقان متحرک	mm (in)	۲۱/۵۰_۲۱۵۵ (۰/۸۴۶۵_۰/۰۸۴۸۴)
حد انحراف محوری	mm (in)	۰/۰۳ (۰/۰۰۱۲)
کارتل		
لقی روغم سر محور میل‌لنگ	mm (in)	۰/۰۲۵_۰/۰۵۰ (۰/۰۰۱۰_۰/۰۰۲۰)
ضخامت یاتاقان ثابت فوقانی کارتل		
۱	mm (in)	۲/۴۹۴_۲/۵۰۰ (۰/۰۹۸۲_۰/۰۹۸۴)
۲	mm (in)	۲/۴۹۸_۲/۵۰۴ (۰/۰۹۸۳_۰/۰۹۸۶)
۳	mm (in)	۲/۰۵۰۲ _ ۲/۵۰۸ (۰/۰۹۸۵_۰/۰۹۸۷)
ضخامت یاتاقان ثابت تحتانی کارتل		
۱	mm (in)	۲/۴۹۴_۲/۵۰۰ (۰/۰۹۸۲_۰/۰۹۸۴)
۲	mm (in)	۲/۴۹۸_۲/۵۰۴ (۰/۰۹۸۳_۰/۰۹۸۶)
۳	mm (in)	۲/۰۵۰۲ _ ۲/۵۰۸ (۰/۰۹۸۵_۰/۰۹۸۷)
ضخامت یاتاقان ثابت تحتانی کارتل (J۳)		
۱	mm (in)	۲/۴۹۴_۲/۵۰۰ (۰/۰۹۸۲_۰/۰۹۸۴)
۲	mm (in)	۲/۴۹۸_۲/۵۰۴ (۰/۰۹۸۳_۰/۰۹۸۶)
۳	mm (in)	۲/۰۵۰۲ _ ۲/۵۰۸ (۰/۰۹۸۵_۰/۰۹۸۷)
ضخامت یاتاقان کف‌گرد (J۳)	mm (in)	۱/۹۰۷_۱/۹۵۷ (۰/۰۷۵۱_۰/۰۷۷۰)
ترموستات		
دمای موتور	°C (°F)	۵۸_۶۲ (۱۳۶_۱۴۴)
دمای باز شدن سوپاپ	°C (°F)	۷۰ (۱۵۸)
حد پایین باز شدن سوپاپ	mm (in)	۴/۳ (۰/۱۷)

شرایط اندازه‌گیری قطعات موتور

دمای محیط ۲۰ درجه سانتی‌گراد. ۲ـ محیط کاملاً عاری از هرگونه گردو خاک ۳ـ قطعات، شست‌وشو شده و کاملاً تمیز

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استانداردعملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد(شاخص‌ها،داوری، نمره‌دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی	بررسی سامانه‌های موتور دو و چهار زمانه	توانایی بررسی سامانه‌های موتور دو وچهار زمانه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱

ارزش‌یابی نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

شرح کار
نگهداری و تعمیر موتورهای بنزینی

استاندارد عملکرد:
هنرجویان باید نگهداری صحیح از موتور را انجام داده، قطعات موتور را بشناسند همچنین در مواقع لازم موتور را عیب‌یابی نموده و بتوانند تعمیرات لازم را انجام دهند.

شاخص‌ها:
ـ شناسایی قطعات موتور
ـ نگهداری، قطعه‌شناسی،عیب‌یابی و تعمیرات موتور

۳ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه موتور
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی و تخصصی تعمیرات و تجهیزات ایمنی

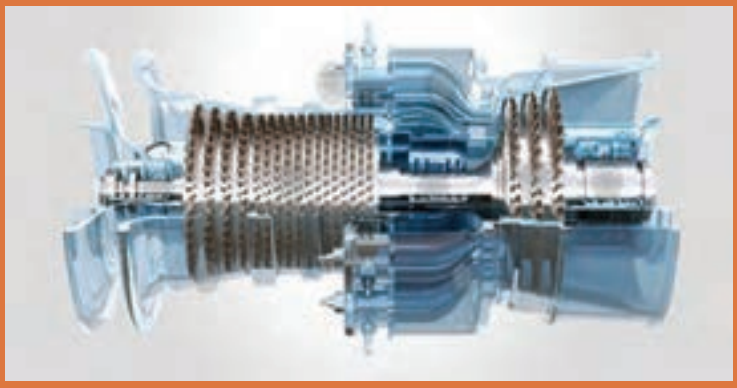
۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی قطعات موتورهای بنزینی	۲	
۲	نگهداری صحیح موتورهای بنزینی	۱	
۳	عیب‌یابی موتورهای بنزینی	۱	
۴	تعمیرات (باز و بست) موتورهای بنزینی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵ـ شایستگی تفکر و یاد گیری مادام‌العمر، ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای،	۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

فصل سوم

نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز



این تصویر یک توربین گاز را نشان می‌دهد.

نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعت: ۶۰ساعت

ساعت نظری: ۲۰ساعت

ساعت عملی: ۴۰ساعت

واحد یادگیری ۳

نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز

اهداف کلی

هنرجوباید پس از پایان این پودمان قادرباشد:

۱ عملکرد دیگ‌ها را بررسی کند.
۲ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند.
۳ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند.
۴ عملکرد توربین‌ها را بررسی کند.
۵ یک توربین بخار ساده را بسازد و راه اندازی کند.
۶ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین‌ها را رعایت کند.
۷ عملکرد توربین گاز را بررسی کند.
۸ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه اندازی کند.
۹ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند.

روش تدریس فصل

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به‌مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به‌خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس کلاس معکوس استفاده کند.یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با توربین بخار و گاز، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس وکارگاه با هدایت هنرآموزتمرینات را پاسخ دهد.
۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکرشده در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
۵ توصیه می‌گردد باهدف تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب، از آنان خواسته شود تحقیق وگزارشات خود را به‌صورت دست‌نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تا جای ممکن از کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.
۶ فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال‌کردن هنرجویان

و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است.سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ مراحل مدار بخار را بگویید؟
۲ وظایف اصلی مخزن دیگ بخار چیست؟
۳ مراقبت‌هایی که از دیگ بخار می‌شود به چه صورت است؟
۴ عوامل خطرآفرین در دیگ بخار چیست؟
۵ اجزای اصلی توربین‌های بخار را نام ببرید؟
۶ استاتور چیست؟
۷ طبقه‌بندی توربین‌های بخار را بگویید؟
۸ مزایای توربین گاز را برشمرید؟
۹ توربین گاز با سیکل باز و بسته را توضیح دهید؟
۱۰ انواع موتور جت توربینی را نام ببرید؟

نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار

زمان آموزش	جمع : ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ عملکرد دیگ‌ها را بررسی کند.
۲ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم وترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

تاریخچه دیگ بخار:

امروزه ازدیگ‌های بخار در صنایع غذایی، سیستم‌های گرمایشی و نیروگاه‌ها استفاده می‌گردد وآنچه مشخص می‌باشد این است که استفاده از دیگ‌های بخار از اوایل قرن هجدهم میلادی با پیدایش ماشین‌های بخار در صنعت رایج گردیده است.

دیگ‌های اولیه از ظرف سربسته‌ای از ورق‌های آهنی که بر روی هم برگردانده شده و پرچ شده بودند در اشکال کروی ساده تا انواع پیچیده‌تر نظیر دیگ‌های واگنوات که شبیه والگنسر پوشیده‌ای بود ساخته می‌شدند.
این ظروف بر روی دیوارها یاز آجر بر روی آتش قرار داشتند و برای رساندن حرارت به نقاط یا از ظرف که مقابل آتش نبودند، از کانال‌های آجری استفاده می‌شد. این دیگ‌ها را بیرون‌سوز می‌نامند و بزرگ‌ترین اشکال آنها ایجاد رسوب و لجن در پایین‌ترین نقطه یعنی بالای سطح داغ آتش بود که سبب جلوگیری تماس فلز آب می‌شد که نتیجه آن بالا رفتن درجه حرارت فلز (حدود ۵۰۰ درجه سلسیوس) و تغییر شکل و در نهایت سوختن آن بود و هر چند فشار کاری دیگ‌های آن زمان در حدود فشار اتمسفر بود و لیکن این مشکل باعث خراب شدن و یا در مواردی ترکیدن دیگ می‌شد.
با افزایش تقاضا برای تولید دیگ‌های با فشار بالاتر، ساخت دیگ‌های یکه درونسوز بودند آغاز شد که از استوانه‌های فلزی ساخته می‌شدند و کوره نیز به شکل استوانه در درون مخزن استوانه‌ای قرار می‌گرفت و محصولات احتراق که در آن زمان بیشتر به‌صورت جامد (زغال سنگ) بودند از روی صفحه‌ای مشبک به درون کوره انتقال می‌یافتند و درون کوره می‌سوختند.
در این دیگ‌های بخار اولیه برای بهره‌برداری از دمای گازهای خروجی دودکش، از طریق انتقال آنها از کوره به کانال‌های تعبیه شده در زیر مخزن استوانه‌ای و در نهایت هدایت به سمت دودکش خروجی دیگ بخار اقدام به بالا بردن راندمان می‌نمودند ولیکن با توجه به اینکه فلز مخزن زیر کوره که به‌دلیل جمع شدن گل و لای حاصل از آب و کاهش تماس آن با آب مخزن دیگ بخار دارای دمای بیشتری می‌شد، همان مشکل تغییر خاصیت فلز تا حدودی وجود داشت هر چند دمای گازهای کانال خیلی کمتر از قبل بود. در ادامه فرایند پیشرفت تولید دیگ‌های بخار صنعتی، دیگ‌های معروف به لوله آتشی عقب خشک (FireTube &DryBack) طراحی و ساخته شدند که در این دیگ‌ها با قرار دادن لوله‌های متعدد داخل مخزن دیگ بخار، گازهای داغ انتهای کوره را از داخل آنها عبور داده و در نهایت از قسمت دودکش دیگ بخار خارج می‌شدند ولی از مشکلات این دیگ‌ها وجود سطح عایق‌کاری شده در انتهای کوره بود که علاوه بر اتلاف انرژی حرارتی، حین کار و یا انتقال در اثر لرزش و ضربه‌های ایجاد شده در کوره باعث صدمه دیدن عایق‌کاری و در نتیجه سوختن فلز انتهای کوره می‌گردید که این مشکل در نسل بعدی دیگ‌های بخار صنعتی با قرار دادن انتهای کوره در داخل آب تا حدود زیادی مرتفع گردید و سطح حرارتی دیگ افزایش یافت در این طرح که به نام طرح لوله آتشی و عقب‌تر (FierTube & WetBack) معروف می‌باشد، به‌طور معمول بسته به ظرفیت دیگ بخار از لحاظ انرژی حرارتی ورودی، به دو صورت: دو پاس و سه پاس، طراحی و ساخته می‌شوند راندمان حرارتی در دیگ‌های جدید با اعمال سطح حرارتی قابل قبول و عایق‌کاری

مناسب به حدود ۸۵٪ قابل دستیابی می‌باشد گامی هر چند کوتاه به دنبال دیگ بخار کورنیش تک کوره‌ای برداشته شد و آن دیگ بخار بزرگ‌تر دو کوره‌ای لانکاشیر بود که تحت امتیاز FAIRBAIRN و HETHERINGTON در سال ۱۸۴۴ به ثبت رسید که تا اوایل دهه ۱۹۵۰ میدان‌دار دیگ‌های صنعتی بود. احتمالاً بیش از هزار عدد از این دیگ بخار هنوز در انگلستان کار می‌کنند،گر چه امروزه آنها را با نوع پرصرفه تر و چند لوله‌ای به نام " ECONOMICS" جایگزین می‌نمایند. باید در نظر داشت که هر چه سطوح در معرض حرارت دیگ بخار زیادتر باشد مقدار حرارت جذب شده از مصرف مقدار معینی سوخت، یعنی بازده بازیافت حرارتی، بیشتر خواهد بود. برای این منظور تعداد بی‌شماری لوله‌های باریک که از آنها گازهای گرم جریان دارد و در داخل آب قرار دارند عامل ازدیاد سطوح گرم هستند و در عین حال نیازی به کانال گازهای گرم در پایین دیگ بخار و دو طرف آن نخواهد بود. این نوع دیگ‌ها یکپارچه می‌باشند. هر چه لوله‌ها بلندتر و باریک‌تر باشند، سطوح انتقال حرارت کارایی بیشتری خواهند داشت. این دیگ‌های چند لوله‌ای برای ظرفیت معینی، کم حجم‌تر از نمونه‌های پیشین خود هستند و نیازی به آجرکاری ندارند. این دیگ‌ها در کشتی‌ها و لوکوموتیوها که فضا نقش تعیین کننده دارد، کاربرد زیادی دارند. تعدادی از دیگ‌های اولیه کشتی‌ها جهت استفاده بیشتر از فضا، دارای سطح مقطع چهار گوش بودند که بر اثر پارگی گوشه‌ها، منجر به انفجارات شدید این دیگ‌ها گردید.

ظروف تحت فشار داخلی، تمایل دارند که به حالت کروی درآیند و بنابراین مکان‌های غیر کروی ظروف، تحت تنش شدید قرار دارند. نزدیک‌ترین شکل عملی و ممکن دیگ‌های بخار، به خصوص اگر انتهای دیگ‌ها گنبدی شکل باشد، استوانه است. طرحی ازدیگ استوانه‌ای در اوایل سال‌های ۱۸۰۰ به ثبت رسید که هدف آن تحمل فشار bar ۲۰۰ بود. در این طرح پیشنهاد شده بود که چنین استوانه ای باید از جنس مس و با ضخامت mm ۴۶ ساخته شود، ولی سابقه‌ای از ساخت این نوع دیگ در دست نیست. همچنین قرار بود این دیگ برون‌سوز باشد که به نوبه خود موجب مشکلاتی می‌گردید، ولی شکل کروی دیگ، برون‌سوز بودن دیگ را توجیه نمی‌کند. امروزه نیز با داشتن آلیاژهای فولادی مختلف، در سطح جهان یاز ساخت دیگ‌های لوله آتشی با ضخامت بیش از mm ۲۲ که در معرض آتش یا گازهای داغ باشد، خودداری می‌شود. این امر به منظور جلوگیری از تنش‌های حرارتی فوق العاده در فلز می‌باشد.

سرانجام همه دیگ‌های کشتی‌ها را استوانه‌ای ساختند ولی به علت محدودیت وزن و اندازه، از آجرکاری و ساخت کانال‌های جانبی خودداری گردید و از دیگ‌های چند لوله‌ای و کوره‌های درون‌سوز ـ تا چهار کوره ـ استفاده شد. گازهای داغ کوره‌ها وارد محفظه‌های جداگانه‌ای با دیواره‌های لوله ای در عقب کوره می‌گردید

و از آنجا با یک چرخش ۱۸۰ درجه وارد یکسری لوله‌های با قطر حدود ۷۵mm می‌شد. بعد از عبور از داخل این لوله‌ها، گازها وارد دودکش قیفی شکل می‌شدند. این دیگ‌های بخار را دیگ‌های بخار دوکاناله می‌نامیدند. بعدها دیگ‌های سه کاناله ساخته شد که در آن، گازها از طریق یکسری لوله‌های دیگر به قسمت عقب کوره بر می‌گشت. این دیگ‌ها را دیگ‌های اسکاچ دریایی می‌نامیدند که از سال‌های ۱۸۵۰ تا پیدایش موتورهای دیزل و جایگزینی آنها کاربرد داشتند.

به‌تدریج دیگ‌های اسکاچ را در خشکی به‌کار بردند و چون محدودیت جا نبود از آجرکاری نیز استفاده شد و آنها را بلندتر ساختند. این دیگ‌ها را در انگلستان به نام اقتصادی و در آمریکا هنوز به نام اسکاچ می‌شناسند. این دیگ‌ها به علت ارزان‌تر، با صرفه‌تر و کوچک‌تر بودن از دیگ‌های لانکاشیر تا اوایل سال‌های ۱۹۳۰ با آن به رقابت پرداختند. دیگ‌های اسکاچ فوق ابتدا دارای قسمت‌های عقبی عایق‌کاری شده بودند، ولی بعد از این دیواره‌ها را با دیواره‌های لوله آبی پوشاندند.

دیگ‌های سه کاناله اقتصادی دارای مشکل عمده ناشی از استفاده صفحه لوله مشترکی جهت کانال دوم و سوم بودند. گازهای ورودی به کانال دوم دارای دمای ۱۰۰۰°C بود که پس از خروج از کانال سوم تا ۲۵۰°C تقلیل می‌یافت. بنابراین، صفحه لوله در معرض دو اختلاف دمای شدید قرار داشت که باعث تنش و در نهایت نشتی انتهای لوله‌ها می‌شد.

در سال ۱۹۳۵ شرکت لینک لندر Ruston و Hornsby ساخت دیگ سه معبره جدیدی را بر اساس دیگ‌های سه کاناله دریایی اسکاچ به ثبت رساند. طرح جدید مشکل صفحه لوله‌های مشترک را که تحت دو اختلاف دمای زیاد قرار داشتند از طریق ایجاد صفحه لوله جداگانه برای هر یک از کانال‌ها، برطرف ساخت. دیواره‌های محفظه عقبی کوره با دیواره لوله آبی مجهز شد و دیواره جلویی، خروجی گازهای کوره و ورودی گازها به سری لوله‌های معبر دوم را تشکیل می‌داد. این دیواره لوله آبی در انتهای کوره دیگ بخار که به نام WET-BACK نیز نامیده می‌شد این مزیت را داشت که سطوح عایق‌کاری اتلاف حرارت را تبدیل به سطوح مفید و جاذب حرارت نمود.

گازهای کوره پس از عبور از جلوی دیگ بخار، در محفظه دود مقابل دیگ بخار، تغییر جهت داده و از طریق سری لوله‌های کانال سوم به قسمت عقبی دیگ وارد می‌شود. این سری لوله به صفحه لوله جداگانه‌ای در عقب دیگ بخار، متصل می‌گردند. صفحه لوله جلویی دیگ بخار، سری لوله‌های کانال دوم و ورودی‌های کانال سوم را در خود جای داده که بدین طریق مشکل اختلاف دما وجود ندارد زیرا دمای گازهای خروجی کانال دوم و ورودی کانال سوم تقریباً یکسان هستند. این ساختار جدید دیگ بخار امروزه در همه جا رواج دارد.

پیشرفت عمده دیگری نیز در آمریکا صورت گرفت، در زمان جنگ جهانی دوم نیاز شدیدی به تأمین بخار در تأسیسات جبهه‌ها احساس گردید و ضرروت داشت که

نصب و راه‌اندازی این دیگ‌ها در کم‌ترین زمان انجام شود. قبل از این، پوسته دیگ بخار با قطعات آتش‌کاری، تلمبه‌ها، شیرها و دمنده‌های تولیدکنندگان مختلف، در محل نصب، تجهیز می‌گردید ولی از این زمان به بعد دیگ بخار با همه این قطعات به‌صورت کامل و آماده به کار نصب می‌گردید. این نوع دیگ بخار را به نام پکیج یا یکپارچه می‌نامند و شامل دیگ بخار اسکاچ سه معبره و dry_back است که برروی یک پایه نصب شده است. پس از جنگ، این نوع دیگ‌های یکپارچه عمومیت یافتند و جزء دیگ‌های با ظرفیت بسیار بالای لوله آتشی، سایر دیگ‌ها را از این نوع ساختند.

دیگ‌های کوچک‌تر، مخصوص دیگ‌های آبگرمکن را از نوع شعله معکوس می‌سازند. کوره این دیگ‌ها فقط در یک طرف باز است و شعله مشعل در مرکز کوره به سمت عقب کوره که بسته است می‌تابد. گازهای حاصل از احتراق به‌صورت متحدالمرکز (concentric) در اطراف شعله به عقب برمی‌گردند. تنها کانال لوله‌های این کوره نیز به‌طور متحدالمرکز در اطراف کوره قرار گرفته است. چون این دیگ فقط یک کانال دارد، وسایلی جهت تشدید اغتشاش گازهای گرم در نظر گرفته شده که باعث افزایش انتقال حرارت و کاهش دمای گازهای خروجی می‌شوند.

ناحیه انتهایی کوره عملاً به علت بسته بودن آن و بالا بودن فشار، از نظر جریان گازها راکد و غیر فعال است. قابل ذکر است که طراحی مشعل به نحوی است که ایجاد شعله‌ای بلند، باریک و نفوذی می‌نماید. شعله‌ای کوتاه و چتری باعث کشیده شدن توسط گازهای گرم خروجی و ادامه احتراق در لوله‌های دیگ بخار است که منجر به افزایش دمای فلز در این نواحی می‌گردد.

بازده دیگ بخار لانکاشیر بر اساس ارزش گرمایی ناخالص سوخت و در شرایط مطلوب ۶۵٪ است، حال آنکه دیگ امروزی، با همان شرایط، ۸۰٪ بازدهی دارد. نتیجه این امر نشان دهنده حدود ۲۰٪ صرفه جویی در سوخت است.

فعالیت کارگاهی

یک دیگ بخار طراحی کنید که بخار آب را به ظرف سربسته دیگری انتقال دهد و در آن ظرف تبدیل به مایع شود.

پاسخ:

یک طرف دو قوطی کوچکی را سوراخ می‌کنیم و توسط لوله آلومینیومی یا مسی به هم وصل می‌کنیم در یکی از آنها آب ریخته و درب آن را محکم می‌بندیم و توسط شعله آن را گرم می‌کنیم تا به آب درون آن تبدیل به بخار تبدیل شود در حالی‌که قوطی دیگر را سرد کرده تا به محض ورود بخار تبدیل به مایع شود.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌های را بررسی کند. ۲ـ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌های را بررسی کند. ۲ـ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌ها را بررسی کند. ۲ـ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. * هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی

زمان آموزش	جمع :۲۵ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ عملکرد توربین‌ها را بررسی کند.

۲ یک توربین بخار ساده را بسازد و راه اندازی کند.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش افزایی

امکان استفاده از انرژی حرکت بخار برای به‌دست آوردن حرکت دورانی مدت‌ها پیش کشف شده است. کره گردنده که ۱۲۰ سال پیش از میلاد مسیح به‌وسیله (HERO) هرو در اسکندریه ساخته شد نخستین کوشش در راه استفاده از انرژی حرکت بخار برای ایجاد حرکت دورانی بود. یعنی این دانشمند در حدود ۲۰۰۰ سال پیش یک توربین کوچک بخار ساخت و چگونگی قدرت بخار را نشان داد. توربین هرو از یک کره توخالی که دارای چهار لوله خمیده بود تشکیل شده بود و این کره به گونه‌ای قرار داشت که می‌توانست بر روی لوله‌هائی که بخار را از دیگ حمل می‌کردند، حرکت دورانی کند.

ارشمیدس (Archimedes) فیزیکدان یونانی برای تبدیل انرژی حرارتی بخارآب به نیروی مکانیکی، دستگاهی نسبتاً ساده ساخت که از دیدگاه اصول اولیه هنوز دستگاهی کامل‌تر از آن ساخته نشده و اساس کار ماشین بخار امروزی نیز تقریباً همان است. البته با گذشت زمان، به لحاظ ظاهری و تکنیکی، تغییرات و پیشرفت‌های اساسی در توربین‌های بخاری انجام شده است که قابل مقایسه با توربین‌های اولیه نیست.

برای نخستین بار فردی ایتالیایی به نام جیووانی برانکا (Giovanni Branca)به فکر افتاد که بخارآب تحت فشار را با سرعت زیاد از سوراخ یک دهانه عبور دهد و از انرژی جنبشی آن استفاده کند. وی سرانجام درسال ۱۶۲۹ میلادی توانست چرخی را که در پیرامون آن چند پره نصب شده بود در برابر این دهانه قرار داده وآن را به گردش درآورد ولی به دلیل نداشتن وسیله کار و ماشین ابزاردقیق،

اختراع وی به مدت دویست سال به حال اولیه خود باقی ماند.
با پیشرفت علم درسال ۱۸۸۳ یک مهندس سوئدی به نام گوستاو دولاوال (Gustaf de Laval) موفق به ساخت نخستین توربین بخاری با یک طبقه گردید. سپس درسال ۱۸۸۴، چارلز پارسون (Charles Algernon Parsons) نخستین توربین عکس‌العملی را ساخت که کاهش فشار آن در چند طبقه پره(ها) صورت می‌گرفت و این امر باعث می‌شد تا مانع از سرعت زیاد بخار شود و در نتیجه سرعت زیاد گردش روتور توربین (مشکل توربین دولاوال) کم گردد. از آن پس روز به روز نقایص توربین برطرف شد و ساختمان آن کامل‌تر گردید.
در طول سالیان گذشته، ساختمان اصلی توربین به‌صورت ماشین‌های مختلف ارائه شده است. بنابراین توربین بخار یک ماشینی است که در اثر فشار بخار بر روی پره‌های آن می‌چرخد و خود باعث به گردش درآوردن دستگاه‌های دیگر می‌گردد.

تحقیق کنید

انواع توربین‌ها و طبقه بندی آنها را بررسی نمایید.

پاسخ:
انواع توربین‌ها اعم از توربین‌هایی که به‌عنوان محرک اصلی کشتی‌ها به‌کار می‌روند و یا توربین‌هایی که ماشین‌های کمکی را به حرکت در می‌آورند به پنج روش زیر طبقه‌بندی می‌شوند :

۱ طبقه‌بندی از لحاظ روشی که بخار روتور توربین را می‌گرداند. (ضربه‌ای یا عکس‌العملی)
۲ طبقه‌بندی از روی نوع طبقه و ترکیب سرعت و فشار بخار
۳ طبقه‌بندی از روی تقسیم جریان بخار
۴ طبقه‌بندی از روی جهت جریان بخار
۵ تکرار جریان بخار

روش دیگر تقسیم بندی توربین‌های بخار و معرفی آنها:
۱ـ Staging or Cylinder arrangemen
الف) Simple impluse: این نوع توربین شامل یک نازل و یک ردیف پره متحرک می‌باشد
ب) Velocity_ Compound: این نوع توربین شامل یک ردیف پره ثابت و یک ردیف پره متحرک می‌باشد.
پ) Pressure _ Compound: این نوع توربین شامل دو ردیف پره متحرک و یک ردیف نازل دیافراگم می‌باشد.

ت) Pressure ـ Velocity Compound: این نوع توربین ترکیبی از مدل ترکیب سرعت و ترکیب فشار می‌باشد و دارای دو مرحله است یکی مرحله فشار و دیگری مرحله سرعت می‌باشد.

۲ـ تقسیم جریان: Division of Flow

در این نوع توربین‌ها به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ـ گروه single flow: که در این نوع توربین‌ها جریان از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج می‌شود.

۲ـ گروه double flow: که در این گروه جریان از یک طرف وارد و از دو طرف خارج می‌شود.

۳ـ Compound flow :

این نوع توربین‌ها خود به چند دسته تقسیم می‌شوند:

الف) sepreat: دراین نوع توربین‌ها بخار برای چند مصرف‌کننده مختلف می‌رود.

ب)Tanden: دراین نوع توربین‌ها روی یک محور قرار گرفته‌اند.

پ)cross: دراین نوع توربین‌ها روی دو محور که به موازات هم هستند قرار گرفته‌اند.

ج)Tanden &cross: این نوع توربین ترکیبی از نوع ب و پ می‌باشد.

د)Vertical: دراین نوع توربین‌ها روی هم به شکل عمودی قرار گرفته‌اند.

۴ـ جهت جریان Direction of Flow :

توربین‌ها را می‌توان با توجه به روشی که بخار در آنها جریان می‌یابد طبقه‌بندی نمود.

سه روش جریانی که اینجا مورد نظر ما می‌باشند، عبارت‌اند از:

۱ جهت جریان بخار

۲ تکرار جریان بخار

۳ تقسیم جریان بخار

جهت جریان بخار در توربین‌ها ممکن است محوری، مارپیچی و یا شعاعی باشد. توربین‌های جریان مارپیچی بیشتر جهت به حرکت درآوردن ماشین‌های کمکی به‌کار می‌روند و توربین‌های جریان شعاعی مورد استفاده کمکی داشته و برای گرداندن پمپ‌های کوچک به کار می‌روند.

الف) توربین‌های با جریان محوری Axial Flow Turbines: بیشتر توربین‌های بخار (به‌خصوص توربین‌های با قدرت زیاد و توربین‌های با قدرت متوسط) از نوع جریانِ محوری می‌باشند. در این توربین‌ها هم چنان که از نام شان پیدا است بخار تقریباً در جهت موازی با روتور جریان می‌یابد. در این توربین‌ها تیغه‌ها روی لبه

بیرونی دیسک نصب می‌شوند. در صورتی که جهت جریان را بخواهیم عوض کنیم از Astern Element استفاده می‌کنیم که بخار توسط نازل وارد A.E شده و جهت جریان عوض می‌شود.

ب) توربین‌های جریان شعاعی Radial Flow Turbines: در این توربین‌ها تیغه‌ها عمود بر سطح فوقانی دیسک نصب شده و لذا جهت حرکت و جریان بخار عمود بر شافت خواهد بود. از این توربین به‌عنوان محرک پمپ‌ها استفاده می‌شود.

ج) توربین‌های با جریان مارپیچی Helical Flow Turbines: در توربین‌های با جریان مارپیچی (مماسی) بخار به‌شکل مارپیچ یا حلزونی جریان می‌یابد. اجزای چرخنده دارای یک چرخی است که این چرخ دارای سوراخ‌های نیم دایره‌ای می‌باشند و در محیط یا سطوح خارجی آن ایجاد شده است. شیپوره‌ها طوری روی محیط چرخ قرار گرفته‌اند که بخار از آنها در امتداد تقریباً مماس بر چرخ جاری می‌شود. یا طوری که بخار روی سوراخ‌های چرخ برخورد می‌کند. بدین ترتیب بخار یک ضربه چرخشی به چرخ می‌دهد و جهت جریان در داخل پره‌ها معکوس می‌شود و بخار را از طرف مقابل یعنی جایی که وارد پره شد به عقب فرستاده می‌شود.

د) توربین‌های با جریان مماسی: در توربین‌های با جریان مماسی ورودی بخار مماس بر محیط پره‌ها می‌باشد.

۵ـ تکرار جریان Repetition of Flow:

Single pass : جریان یکبار وارد می‌شود.

Single reentry: یک مرتبه مجدد وارد می‌شود.

Double reentry : دو مرتبه جریان بر می‌گردد.

۶ـ جهت چرخش: Direction motion

Single motion: روتور دریک جهت می‌چرخد.

Double motion: روتور در دو جهت می‌چرخد.

اصول کار توربین‌های ضربه‌ای و عکس‌العملی:

فرق اساسی بین این توربین‌ها در روشی است که بخار روتور توربین را می‌گرداند، وقتی که روتور توربین در اثر ضربه‌ای که ناشی از برخورد بخار با سرعت زیاد به پره‌هایی‌که در روی آن نصب شده‌اند می‌چرخد در این صورت توربین را ضربه‌ای می‌گویند و وقتی که روتور در اثر نیروی عکس‌العمل می‌چرخد توربین را عکس‌العملی گویند.

زاویه‌ای که تحت آن، بخار به پره‌های متحرک برخورد می‌کند و نیز شکل پره‌های متحرک، عوامل اصلی هستند که چرخیدن روتور را به وسیله یک ضربه مستقیم یا یک ضربه عکس‌العملی تعیین می‌کنند.

توربین‌های ضربه‌ای : Impulse Turbines

توربین‌های ضربه‌ای یا طبقات ضربه‌ای که ساختمان ساده‌ای دارند، عبارت از توربین‌های تک چرخانه‌ای یا چند چرخانه‌ای که پره‌های ضربه‌ای به آنها متصل می‌شوند. پره‌های ضربه‌ای را می‌توان از شکلشان تشخیص داد. این پره‌ها معمولاً متقارن‌اند و اندازهٔ زوایای ورودی و خروجی در آنها در حدود ۲۰ درجه است. در توربین‌های ضربه‌ای، بخار در شیپورهای ثابت منبسط می‌شود و در نتیجه فشار را از دست داده و سرعت می‌گیرد. در پره‌های متحرک، سرعت بخار کاسته می‌شود. در حالی‌که فشار آن ثابت می‌ماند. عملاً در یک توربین ضربه‌ای نیروی گرداننده روتور حاصل جمع نیروی ناشی از ضربه جهت بخار و به مقدار کمی نیروی عکس‌العملی می‌باشد. این نیروی عکس‌العملی در اثر تغییر جهت حرکت بخار به‌وسیله تیغه‌های منحنی به‌وجود می‌آید. تیغه‌های متحرک به‌عنوان شیپوره‌ها عمل نمی‌کنند.

به‌دلیل اینکه معمولاً در طبقات ورودی توربین بخار که فشار بالایی دارند از آنها استفاده می‌شود و چون در این طبقات حجم ویژه بخار کم است و مساحت سطح مقطع عبور جریان کوچک‌تری در مقایسه با طبقات فشار پایین مورد نیاز است، پره‌های ضربه‌ای کوتاه‌اند و مساحت سطح مقطع عبور جریان در آنها ثابت است. توربین پلتون نمونه‌ای از این توربین می‌باشد.

توربین ضربه‌ای تک طبقه: توربین ضربه‌ای تک طبقه که آن را با نام مخترعش توربین دولاوال نیز می‌نامند، شامل یک عدد چرخانه است که پره‌های ضربه‌ای به آن متصل می‌شوند. بخار از طریق یک یا چند عدد شیپوره همگرا- واگرا تغذیه می‌شود، این شیپوره‌ها تمام پیرامون چرخانه را در بر نمی‌گیرند و از این رو در هر لحظه تنها بخشی از پره‌ها با بخار مواجه می‌شوند. همچنین با بستن یک یا چند شیپوره می‌توان توربین را کنترل کرد.

توربین‌های ضربه‌ای مرکب سرعتی: این توربین‌ها برای اولین بار توسط کورتیس پیشنهاد شد تا مسائلی که هنگام استفاده از بخار با فشار و دمای بالا در توربین ضربه‌ای تک طبقه به‌وجود می‌آمدند، حل شوند. توربین کورتیس مانند توربین تک طبقه است که از یک مرحله شیپوره تشکیل می‌شود و به دنبال آن به جای یک ردیف پره متحرک، دو ردیف پره قرار می‌گیرند. این دو ردیف به وسیلهٔ یک ردیف پره ثابت که به پوسته توربین متصل هستند، از هم جدا می‌شوند. وظیفه پره‌های ثابت تنها هدایت بخار خروجی از ردیف اول پره‌های متحرک به ردیف دوم این پره‌ها است.

توربین ضربه‌ای مرکب فشاری: برای بر طرف کردن مسئله سرعت بالای پره در یک توربین ضربه‌ای تک طبقه، می‌توان کل افت آنتالپی را به آسانی و تقریباً

به تساوی بین شیپوره‌های چندین طبقهٔ ضربه‌ای که به‌طور متوالی قرار می‌گیرند، تقسیم کرد. چنین توربینی را به نام مخترعش توربین راتو می‌نامند.

توربین‌های عکس‌العملی REACTION TURBINES :

در توربین‌های عکس‌العملی، بخار از طریق یک ردیف پره‌های ثابت، وارد پره‌های متحرک می‌شود. بخار در ردیف پره‌های ثابت منبسط شده و به پره‌های متحرک هدایت می‌شود. پره‌های ثابت و پره‌های متحرک از نظر شکل خیلی شبیه هم هستند، عمل انبساط و تغییر جهت بخار در پره‌های ثابت و متحرک انجام می‌گیرد. در توربین واکنشی، فشار بخار در هر ردیف تیغه‌های ثابت و متحرک کاهش می‌یابد. یک توربین عکس‌العملی در اثر نیروهای زیر به حرکت در می‌آید:

۱ نیروی عکس‌العمل که هم زمان با افزایش سرعت بخار و انبساط آن در فضاهای نازل شکل بین تیغه‌ها بر روی تیغه‌های متحرک ایجاد می‌شود.

۲ نیروی عکس‌العمل که هنگام تغییر جهت بخار بر روی تیغه‌های متحرک به‌وجود می‌آید.

۳ فشار یا ضربه بخاری که با تیغه‌ها برخورد می‌کند.

از این رو همان‌طوری که قبلاً گفته شد توربین عکس‌العملی در ابتدا توسط نیروی عکس‌العملی به‌حرکت درآمده و همچنین از نیروی ضربه‌ای نیز تا اندازه‌ای استفاده می‌کند. طرز کار توربین‌های عکس‌العملی در اصل به وسیله پارسونز اختراع شد. این توربین از سه طبقه که هر کدام شامل یک ردیف پره ثابت و یک ردیف پره متحرک است، تشکیل می‌شود. پره‌های ثابت طوری طراحی می‌شوند که مجرای بین آنها به‌صورت یک شیپوره در می‌آید. پره‌های متحرک توربین عکس‌العملی از این جهت به آسانی از پره‌های متحرک توربین ضربه‌ای متمایزند که متقارن نیستند و چون مثل شیپوره عمل می‌کنند، شکلی همانند پره‌های ثابت دارند هرچند که انحنای آنها در جهت مخالف است. از جمله این توربین‌ها می‌توان به توربین‌های کاپلان و فرانسیس اشاره کرد.

توربین عکس‌العملی در مقایسه با توربین ضربه‌ای باید با سرعت بیشتری کار کند تا بتواند بازدهی مساوی با بازدهی توربین ضربه‌ای داشته باشد.

طبقه‌بندی توربین‌ها بر حسب طبقه (STAGE) و ترکیب آنها :

تا اینجا فرض بر این بود که یک طبقه توربین ضربه‌ای دارای یک سری نازل و یک ردیف تیغه بر روی روتور بوده و یک طبقه توربین عکس‌العملی یک ردیف تیغه‌های ثابت و یک ردیف تیغه‌های متحرک دارد. ولی ساختمان توربین‌های بخاری محرک به این سادگی نیستند. در این توربین‌ها از چندین ردیف تیغه که به طرق مختلف نصب شده‌اند استفاده شده است. مقدار انرژی حرارتی که می‌تواند در یک توربین مورد استفاده قرار گیرد به نسبت بین سرعت بخار ورودی (V_1) و سرعت تیغه‌های Vb بستگی دارد.

بنابراین ممکن است منطقی به نظر برسد که فکر کنیم با افزایش V_1 و Vbبه نسبت صحیح، کار گرفته شده از توربین نیز افزایش می‌یابد، ولی مسائل و مشکلات مربوط به مقاومت مصالح باعث ایجاد محدودیت‌هایی در سرعت تیغه‌ها می‌شود.
در ناوهای مدرن مقدار انرژی نهفته در هر پوند بخار به اندازه‌ای زیاد است که راه عملی برای استفاده از قسمت اعظم آن در یک ردیف از تیغه‌ها وجود ندارد. وقتی که از چندین ردیف تیغه مختلف استفاده می‌شود، بخار به‌ترتیب از یک ردیف به ردیف بعدی رفته در هر ردیف مقداری از انرژی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طبقه یا استیج در توربین ضربه‌ای: در یک توربین ضربه‌ای تعریف طبقه به‌طریق زیر است : یک طبقه شامل یک سری نازل و یک ردیف تیغه متحرک است. نظر به اینکه در توربین‌های ضربه‌ای فقط در نازل افت فشار صورت می‌گیرد لذا روش دیگر که می‌توان توربین ضربه‌ای را تعریف کرد این است که بگوییم این توربین شامل نازل‌ها و تیغه‌هایی است که در آن یک افت فشار صورت می‌گیرد که آن هم فقط در نازل می‌باشد. یک طبقه (استیج) توربین ضربه‌ای ساده را راتیو (RATEAU) می‌نامند.
از این نوع توربین به‌عنوان محرک اصلی ناو استفاده نمی‌شود ولی برای به‌کار انداختن دستگاه‌های کمکی کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طبقه (استیج) در توربین عکس‌العملی: در توربین‌های عکس‌العملی یک ردیف تیغه ثابت و یک ردیف تیغه متحرک بعد از آن در یک طبقه قرار دارند نظر به اینکه در یک توربین عکس‌العملی تیغه‌های ثابت با نازل‌های توربین ضربه‌ای قابل مقایسه می‌باشند، لذا تعریف طبقه عکس‌العملی بسیار شبیه تعریف طبقه ضربه‌ای می‌باشد.
ولی بین آنها اختلاف اساسی زیر وجود دارد. یک توربین عکس‌العملی شامل دو مرحله افت فشار است، که این عمل در تیغه ثابت و متحرک صورت می‌گیرد. در حالی‌که در یک توربین ضربه‌ای فقط یک‌بار افت فشار صورت می‌گیرد.

توربین ضربه‌ای با ترکیب سرعت (Velocity Compounded Impulse Turbine): یکی از طرق افزایش بازدهی توربین ضربه‌ای ترکیب سرعت می‌باشدکه عبارت است از : اضافه‌کردن یک یا چند ردیف تیغه متحرک به روتور.
این توربین ضربه‌ای که روتور آن دارای دو ردیف پره متحرک که بر روی یک دیسک قرار گرفته است یک توربین ترکیب سرعت نامیده می‌شود. زیرا سرعت باقی مانده بخاری که اولین ردیف‌های متحرک را ترک می‌کند در دومین ردیف تیغه‌های متحرک مورد استفاده قرار می‌گیرد. تیغه‌های ثابتی که به‌جای وصل شدن به روتور به محفظه وصل می‌شوند برای هدایت بخار از یک ردیف تیغ متحرک به ردیف دیگر به‌کار می‌روند. توربین ضربه‌ای با ترکیب سرعت فقط دارای یک افت فشار می‌باشد.

بنابراین طبق تعریف دارای یک طبقه است این نوع توربین ضربه‌ای با ترکیب سرعت معمولاً یک طبقه کورتیس (Curtis stage) نامیده می‌شود.

توربین ضربه‌ای با ترکیب فشار و سرعت (Velocity ـ Pressure Compounded Impluse Turbine) : یک توربین ضربه‌ای که شامل یک طبقه کورتیس (Curtis) با ترکیب سرعت بوده و به‌دنبال آن چند سری طبقات (استیج‌های) راتیو (Rateau) ضربه‌ای با ترکیب فشار داشته باشد معمولاً به‌عنوان توربین ضربه‌ای با ترکیب فشار و سرعت شناخته می‌شود.

توربین‌های عکس‌العملی با ترکیب فشار (Pressure ـ Compouded Reaction Turbine): نظر به اینکه در توربین‌های عکس‌العملی سرعت تیغه‌ها نسبت به سرعت بخار ورودی (V_1) بسیار زیاد است. لذا تمام توربین‌های عکس‌العملی از نوع ترکیب فشار می‌باشند بدین مفهوم که این نوع توربین‌ها به طریقی ساخته شده‌اند که فشار از ورودی تا خروجی توسط ردیف متناوب تیغه‌های ثابت و متحرک کمتر شده و سبب‌کم شدن سرعت بخار در تمام طبقات می‌شود در نتیجه سرعت تیغه‌های توربین کم خواهد شد.

توربین مرکب ضربه‌ای و عکس‌العملی : در توربین‌های مرکب و عکس‌العملی از طبقه ضربه‌ای و سرعت (CURTIS) کورتیس در قسمت فشار زیاد استفاده شده و بعد از آنها طبقه ضربه‌ای و سپس تیغه‌های عکس‌العملی قرار دارند. در ابتدا تیغه‌های ضربه‌ای باعث افت فشار و درجه حرارت زیادی شده و انرژی حرارتی زیادی را مورد استفاده قرار می‌دهند.
تیغه‌های عکس‌العملی در قسمت فشار کم توربین بازدهی بیشتری دارند. بنابراین ترکیب توربین ضربه‌ای و عکس‌العملی یک دستگاه بازدهی زیاد را تشکیل می‌دهد، که هم از مزایای تیغه‌های ضربه‌ای و هم از مزایای تیغه‌های عکس‌العملی استفاده می‌کند.
توربین‌های مرکب ضربه‌ای و عکس‌العملی به‌طور متداول به عنوان توربین‌های محرک اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تحقیق کنید

بررسی کنید هریک از اجزای توربین بخار چه ویژگی و کاربردی دارند.

پاسخ:
پایه‌های (فونداسیون) توربین: پایه‌های توربین‌های محرک از اجزای مقاوم بدنه ناو ساخته شده است. به‌طوری که یک تکیه گاه مقاوم ثابت به‌وجود می‌آورند. قسمت عقب توربین به پایه وصل شده است. قسمت جلوی توربین طوری وصل

شده است که توربین دارای حرکت محوری بسیار کمی جهت انقباض و انبساط ناشی از تغییرات درجه حرارت باشد.

محفظه توربین : محفظه‌های توربین‌های محرک به‌طور افقی تقسیم شده‌اند تا بتوانند برای بازدید و تعمیر و نگهداری داخل آن دسترسی پیدا کرد. اتصالات فلنجی محفظه به‌طور دقیق تراشیده شده‌اند تا یک اتصال فلز به فلز مناسب به‌وجود آورند. این فلنج‌ها به‌وسیله پیچ و مهره به یکدیگر وصل می‌شوند. برخی از محفظه‌های توربین‌های فشار زیاد برای سهولت در ساختن، به‌ویژه هنگامی که آلیاژهای مختلفی در قسمت ورودی (با درجه حرارت زیاد) و قسمت خروجی (با درجه حرارت کم) باید به‌کار روند، به‌صورت اتصالات جداگانه عمودی ساخته می‌شوند. ولی این اتصالات عمودی از یکدیگر جدا نمی‌شوند و به‌وسیله جوش به یکدیگر متصل شده‌اند.

هر محفظه دارای یک اطاقک بخار برای دریافت بخار ورودی بوده و آن را تیغه‌ها یا نازل‌های طبقه اول هدایت می‌کنند. اطاقک تخلیه، بخار را از آخرین ردیف تیغه‌های متحرک دریافت کرده و آن را به اتصال تخلیه می‌فرستد. سوراخ‌های روی محفظه برای نصب اتصالات تخلیه، اتصالات میان گذر بخار و گیج‌های فشار، ترمومترها و والوهای اطمینان به‌کار می‌روند.

نازل‌ها Nozzles : کار اصلی نازل تبدیل انرژی حرارتی بخار به انرژی جنبشی مکانیکی بوده است. کار ثانویه آن هدایت بخار به تیغه‌های توربین می‌باشد. برخی از این توربین‌ها دارای تیغه‌های کاملاً قوسی شکل می‌باشند. در این نوع توربین‌ها نازل‌های طبقه اول در اطراف تیغه‌های ردیف اول قرار گرفته‌اند. تیغه‌های برخی دیگر از توربین‌ها تا اندازه‌ای قوسی است. در این حالت فقط یک قسمت از دایره تیغه‌ها توسط نازل‌ها پوشیده می‌شود، به‌طور کلی طرز قرار گرفتن نازل‌ها در هر توربین به شرایط محدود قدرت و برخی از عوامل طراحی بستگی دارد. هر نازل به اصطلاح به منزله یک روزنه یا یک مسیر عبور برای بخار محسوب می‌شود. بنابراین وقتی که ما درباره ساختمان یا ترتیب قرار گرفتن نازل بحث می‌کنیم در حقیقت مقصودمان ساختمان یا طرز قرار گرفتن بلوک‌هایی است که روزنه‌ها در آن قرار دارند. در اکثر توربین‌های مدرن بلوک‌های نازل طوری قرار گرفته‌اند که روزنه‌های نازل‌ها به صورت گروهی است و هر گروه به‌وسیله یک والو کنترل جداگانه کنترل می‌شود. از این رو مقدار بخاری که وارد اولین طبقه توربین می‌شود تابعی از تعداد نازل‌های در حال کار و اختلاف فشار موجود در هر نازل می‌باشد.

در برخی از ناوهای کوچک از والو کنترل دستی نازل به همراه والو کنترل بخار ورودی به توربین استفاده می‌شود هرگونه کاهش بخار ورودی باعث کاهش بازده می‌شود و برای جلوگیری از کاهش بخار باید کلیه والوهای کنترل نازل قبل از

اینکه تحرک باز شود، باز شده باشند. سرعت به‌وسیله باز و بسته کردن تعداد والوهای نازلی که باز هستند کنترل می‌شود. تغییر دادن والوهای نازل توسط مکانیزم میله بالابر انجام می‌شود. مکانیزم میله بالابر از یک میله فولادی سوراخ‌دار که بر روی میله‌های والوهای نازل قرار می‌گیرد تشکیل شده است. طول میله‌های والو متفاوت بوده و در قسمت بالایی آنها یک شانه نصب شده است. وقتی که این میله به‌طرف پایین می‌آید کلیه والوها بسته می‌شوند. وقتی که میله به طرف بالا می‌رود والوها بستگی به‌طول میله خود (اول میله کوتاه‌تر سپس میله بلندتر) یکی پس از دیگری باز می‌شوند.

دیافراگم نازل: دیافراگم‌های نازل به‌عنوان قسمتی از هر یک از طبقات (استیج‌های) توربین ضربه‌ای با فشار مرکب نصب شده‌اند. دیافراگم‌ها برای نگهداری نازل‌های هر طبقه به‌کار می‌روند. دیواره‌های نازل تراشیده و براق شده است نازل‌ها در رینگ داخلی یک صفحه فولادی قرار گرفته‌اند.
رینگ خارجی بر روی قسمت خارجی نازل‌ها قرار می‌گیرد، سپس این مجموعه را به‌وسیله جوشکاری به یکدیگر وصل می‌کنند. به منظور جلوگیری از نشت بخار از پکینگ‌های لابرنیت در بین سوراخ داخلی و خارجی دیافراگم و روتور استفاده می‌شود.

روتورهای توربین: روتور توربین تیغه‌های متحرکی را که بخار با آنها برخورد می‌کند، حمل می‌کند در برخی از توربین‌های قدیمی روتورها به‌طور جداگانه آهنگری و ماشین‌کاری شده و سپس روی شافت پرس می‌شدند و به‌وسیله خار بر روی شافت محکم قرار می‌گرفتند. در بیشتر توربین‌های مدرن به‌خصوص توربین‌های بزرگی که برای دستگاه محرکه ناو به‌کار می‌روند روتور به طور یک جا با شافت ریخته‌گری شده است.

تیغه‌های توربین: متحرک به‌طور ثابت و محکم به روتور توربین وصل شده‌اند.
یاتاقان‌های توربین: یاتاقان‌ها به‌عنوان پایه‌ای که جزء متحرک را تحمل می‌کند در توربین‌ها به‌کار می‌روند. در این قسمت ما در مورد یاتاقان‌هایی بحث می‌کنیم که به‌عنوان نگهدارنده شافت متحرک به‌کار می‌روند. این یاتاقان‌ها از نظر نحوه کار به دو دسته تقسیم می‌شوند:
الف) یاتاقان‌های کف گرد (تراست بیرینگ)
ب) یاتاقان‌های شعاعی (ژورنال بیرینگ)

یاتاقان‌های کف‌گرد : به‌طور کلی برای جلوگیری از حرکات محوری روتور توربین‌ها از یا تاقان‌های کف‌گرد Thrust Bearing استفاده می‌شود. این یاتاقان‌ها از دو نیمه بالایی و پایینی تشکیل شده است که این دو نیمه معمولاً به‌وسیله خار به هم وصل

می‌شوند. در ضمن نیمه پایینی به‌وسیله خار در جایگاه بیرینگ وصل شده است تا به این وسیله از حرکت آن جلوگیری شود.
یاتاقان‌های کف گرد توربین‌های فشار زیاد و فشار کم از نظر ساختمان مثل هم دیگر هستند و تنها فرق در اندازه آنهاست.
یاتاقان‌های کف گرد توربین‌های فشار زیاد و فشار کم از نوع کفشکی Kings Burry می‌باشد. این نوع یاتاقان‌ها دارای شش کفشک می‌باشند که تمام سطح آنها از آلیاژ بابیت پوشانده شده است. پشت هر کفشک یک نگه دارنده روی یک صفحه هم سطح کننده قرار دارد که این صفحه هم سطح‌کننده خود روی دو صفحه هم سطح‌کننده دیگر قرار می‌گیرد مشخصات یاتاقان‌های کف گرد (کفشکی) در این است که یک شافت (روتور) در حالت ایستاده می‌باشد که در این حالت کفشک‌ها و صفحه‌های هم سطح کننده با یک حالت خاص و منظم در کنار هم قرار گرفته‌اند و در ضمن یک لایه منظم روغن مابین کفشک‌ها و گلوگاه یاتاقان دیگر به صورت یک لایه منظم نیست یاتاقان کف گرد در قسمتی از توربین‌ها که فشار و درجه حرارت در آنجا کم می‌باشد استفاده می‌شود.

یاتاقان‌های شعاعی Radial Bearings: به‌طور کلی یاتاقان‌های شعاعی (طوقه‌ای) به این منظور بر روی روتور توربین‌ها قرار می‌گیرند که از حرکات عمودی روتور جلوگیری کنند. یاتاقان‌های شعاعی به‌طور معمول از دو قسمت بالایی و پایینی تشکیل شده‌اند که آنها به‌طور افقی به‌وسیله پین به جایگاه یاتاقان وصل می‌شوند. وصل شدن قسمت پایینی به جایگاه یاتاقان به‌وسیله پین به‌منظور ثابت نگه داشتن یاتاقان است.
برای روغن‌کاری یاتاقان یک منفذ در قسمت نیمه فوقانی برای ورود روغن در نظر گرفته شده است. توربین‌های فشار زیاد و فشار کم ناو هر کدام دارای دوعدد یاتاقان شعاعی (طوقه‌ای) می‌باشند و از نظر جنس و کار مورد نظر یاتاقان‌های شعاعی توربین فشار زیاد و فشار کم فرقی با هم ندارند به‌جزء اندازه آنها که با هم فرق دارند.
طریقه روغن کاری یاتاقان‌های شعاعی توربین‌های اصلی بسیار ساده است روغن از منفذ ورودی نیمه بالایی وارد شده، پس از روغن‌کاری تمام سطوح یاتاقان از قسمت تحتانی نیمه پایینی و از راه یک منفذ مارپیچی از یاتاقان خارج شده و در داخل جایگاه یاتاقان به‌وسیله روتور توربین از رینگ آب‌بندی روغن یاتاقان استفاده می‌شود این رینگ از آلیاژ ضد زنگ به‌صورت دو نیمه بالایی و پایینی ساخته شده است. یاتاقان‌های شعاعی در قسمتی از توربین‌ها که فشار و درجه حرارت زیاد می‌باشد استفاده می‌شوند.

چرخ‌دنده‌های کاهنده Reduction gears : چرخ‌دنده‌ها مکانیزمی هستند که شافت توربین‌ها را به هم مرتبط می‌سازند و نحوه قرار گرفتن آنها طوری است که سرعت‌های مختلف و زیاد شافت توربین‌های فشار زیاد و کم را ترکیب، تبدیل و کاهش داده و به شافت محرک اصلی پروانه منتقل می‌کنند.
سرعت زیاد باعث می‌شود که مقدار زیادی از انرژی به‌جای جلو راندن شناور صرف به هم زدن آب شود بنابراین می‌توان سرعت توربین‌ها را به اندازه دلخواه به‌وسیله چرخ‌دنده‌ها کاهنده کاهش داده و راندمان لازم را کسب نمود.

چرخ‌دنده‌های کاهنده اصلی: تمام چرخ‌دنده‌های کاهنده در ناوهای جنگی موجود دارای چرخ‌دنده‌های مارپیچی دوبل هستند. استفاده از این نوع چرخ‌دنده‌ها باعث نرمی کار چرخ‌دنده‌های کاهنده می‌شود و از ضربه‌های وارده به دندانه‌ها جلوگیری می‌شود.
چون چرخ‌دنده مارپیچی دوبل دارای دو ردیف دندانه که زوایای آنها مکمل یکدیگرند می‌باشد فشار محوری موجود که در چرخ‌دنده‌های مارپیچی تکی وجود داشته دیگر در این نوع چرخ‌دنده به‌وجود نمی‌آید. چرخ‌دنده‌های مارپیچی دوبل به‌دلیل عدم فشار محوری می‌توان در اندازه‌های بزرگ ساخت. چرخ‌دنده‌های مارپیچی که دارای زوایای مارپیچ بزرگ ولی دندانه‌های ریز هستند راحت‌تر و نرم‌تر از چرخ‌دنده‌های مارپیچی که دارای زوایای کوچک و دندانه‌های بزرگ هستند می‌چرخند.

چرخ‌دنده گرداننده (Turning gear): برای حفظ و نگهداری چرخ‌دنده‌های کاهنده و توربین‌های اصلی معمولاً سیستم گرداننده دستی و الکتریکی در ناوها به‌کار می‌برند و این سیستم بیشتر به‌خاطر آن است که اگر بخواهیم توربین‌ها را در مواقع به‌کارگیری گرم کنیم و یا اینکه حرارت آنها را بعد از خاموش کردن کم کنیم قادر به انجام این کار باشیم، گاهی اتفاق می‌افتد که پروانه ناو باید در سکون کامل باشد و برای اطمینان از اینکه پروانه نمی‌گردد این مکانیزم بهترین وسیله‌ای است که می‌تواند به ما کمک نماید و مانند یک ترمز عمل کند.
این دستگاه می‌تواند به‌وسیله کلاچ دندان گرگی با اهرم روی قسمت انتهایی چرخ‌دنده کاهنده باز و بسته شود و یا انتهای پینیون کاهنده مرحله اول توربین فشار زیاد درگیر می‌گردد. چرخ‌دنده بالا به‌وسیله موتور الکتریکی کوچکی کار می‌کند و پس از درگیر شدن با پینیون توربین فشار قوی قادر است کلیه چرخ‌دنده‌های کاهنده و توربین‌ها را بگرداند. ۱۵ دقیقه طول می‌کشد که چرخ‌دنده بالا برنده شافت اصلی را $۱\frac{۱}{۴}$ دور بگرداند. در ضمن از چرخ‌دنده گرداننده در بازدیدهای روزانه توربین‌ها و چرخ‌دنده کاهنده نیز استفاده می‌شود مانند بازدید از دندانه‌های چرخ‌دنده و بازدیدی از پره‌های توربین‌ها.

گلندهای شافت Shaft Glands : گلندهای شافت برای به حداقل رساندن نشت بخار در محفظه بخار (یا نشت هوا به محفظه) در نقاطی که شافت از محفظه خارج شده به‌کار برده می‌شود. در گلندهای شافت دو نوع پکینگ مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از پکینگ کربنی و پکینگ فلزی (لابرنیتی) پکینگ کربنی فقط برای قشارها و درجه حرارت‌های کم مناسب می‌باشد.
وقتی که هر دو پکینگ در یک گلند به‌کار برده شوند، پکینگ لابرنیتی در ناحیه فشار زیاد و پکینگ کربنی در قسمت فشار کم نصب می‌شوند. نظر به اینکه اکثر ناوهای مدرن از فشارها و درجه حرارت زیاد استفاده می‌کنند لذا بیشتر توربین‌های محرک فقط دارای پکینگ فلزی (لابرنیتی) هستند. پکینگ لابرنیتی از دو ردیف نوار یا پرده فلزی تشکیل شده است. این نوارها طوری به لایه داخلی گلند متصل شده‌اند که فاصله مجاز بسیار کمی بین نوارها و شافت به‌وجود می‌آورند.
وقتی که بخار از توربین به نقاط کوچک نوارهای پکینگ شافت نشست می‌کند فشار بخار به‌تدریج کاهش می‌یابد. هرجا که نوارهای پکینگ کربنی مورد استفاده قرار گیرد مانند نقاطی که از پکینگ لابرنیتی استفاده شده عبور بخار در امتداد شافت محدود می‌شود رینگ‌های پکینگ کربنی در اطراف شافت نصب شده به‌وسیله فنر در محل خود نگهداری می‌شوند. به‌طور کلی در هر گلند سه یا چهار رینگ به‌کار رفته و هر رینگ نیز در قسمت جداگانه از محفظه گلند قرار گرفته است.

سیستم آب‌بندی گلند Gland Sealing Systems: در توربین‌های محرک پکینگ و گلند شافت نمی‌توانند به‌طور کامل جریان بخار را به خارج از توربین متوقف ساخته و یا کاملاً از جریان یافتن هوا به داخل توربین جلوگیری نماید. به همین جهت از بخار برای آب‌بندی توربین استفاده می‌شود. فشار بخار آب‌بندی کننده در هنگام ورود گلند در حدود ۲psi می‌باشد و وقتی که فشار بخار آب‌بندی‌کننده گلند از فشار داخل محفظه توربین بیشتر شد بخار آب‌بندی کننده هم به محفظه و هم به لوله‌ای که به کندانسر خروجی گلند منتهی می‌شود جریان یافته و هوا را از توربین به خارج می‌راند. وقتی که یک توربین فشار بالا با سرعت زیادی در حال کار کردن باشد فشار بخاری که از پکینگ گلند شافت نشت می‌کند کمی بیشتر از فشار بخار آب‌بندی‌کننده گلند می‌باشد. وقتی که این حالت اتفاق می‌افتد جهت جریان بخار آب‌بندی‌کننده گلند معکوس خواهد شد. در چنین مواقعی لوله بخار آب‌بندی‌کننده بسته شده بخار اضافی از طریق اتصال نشت‌کننده گلند به طبقه بعدی توربین و به کندانسر تخلیه گلند و یا به گلندهای دیگر به‌عنوان بخار آب‌بندی کننده گلند جریان می‌یابد. بخار اضافی که از پکینگ لابرنیتی نشت کرده به‌طبقات هشتم و دوازدهم توربین فشار زیاد برگشت داده می‌شود.

سیلندرها و پیستون‌های دامی (Dummy piston and cylinder): بخاری که از توربین ضربه‌ای چند طبقه عبور می‌کند نیروی محوری زیادی به روتور توربین منتقل نمی‌کند، زیرا افت فشار در نازل‌ها صورت می‌گیرد ولی در توربین عکس‌العملی به‌علت افت فشار در تیغه‌های ثابت و متحرک نیروی محوری زیاد تولید می‌گردد. در توربین‌های عکس‌العملی با جریان منفرد این نیروی محوری تا اندازه‌ای در اثر استفاده از پیستون سیلندر دامی (Dummy) خنثی می‌شود. در توربین‌های عکس‌العملی با جریان دوتایی نیازی به پیستون‌ها و سیلندرهای دامی (Dummy) نیست زیرا نیروی محوری که به‌وسیله فشار در یک تیغه توربین ایجاد می‌شود توسط نیروی مساوی و متقابلی که در نیمه دیگر آن به وجود می‌آید خنثی خواهد شد.

کاپلینگ‌های قابل ارتجاع FLEXIABLE COUPLING: شافت توربین محرک به‌وسیله کوپلینگ‌های قابل ارتجاع که برای برقراری حالت تراز بین دو دستگاه به‌کار می‌روند به جعبه دنده (چرخ‌دنده‌های کاهنده) وصل شده است

سیستم روان‌سازی LUBRICATION SYSTEM: روان‌سازی خوب جهت دنده‌های کاهنده بسیار مهم می‌باشد. روغن تحت فشار و درجه حرارت طرح شده، جهت روغن‌کاری دنده‌ها در تمام اوقات بایستی انجام شود، خواه دنده در حال گردش خواه بدون بار باشد. برای روان سازی چرخ‌دنده‌های کاهنده از روغن ۲۱۹TEP استفاده می‌شود که جهت توربین به کار می‌رود. روغن خالص و تمیز جهت طول عمر و کار عالی دنده‌ها ضروری است. روغن بایستی از تمام ناخالصی‌ها خصوصاً ناپاکی‌هایی مثل آب، رسوبات، سنگ ریزه و براده فلزات به دور باشد. چون دنده‌ها در داخل فیت کار در حال سائیدگی می‌باشد، به منظور جدا کردن براده‌های کوچک و ذرات فلزی مراقبت به خصوصی لازم می‌باشد. هرگز دستگاه‌های روغن‌کاری را بدون اجازه دست کاری نکنید. ذرات فلزی کوچکی را که نمی‌توان به‌وسیله آهن‌ربا از صافی‌های روغن کاری و روان ساز بیرون کشید، ممکن است وارد یاتاقان‌های بابیتی شده، حتی روی ژورنال‌ها خط بیاندازد، که به علاوه مخلوط شدن رسوبات با ذرات فلز ممکن است سطوح دندانه‌های دنده را بساید. راه حل این مسئله نظافت و استفاده از روغن تصفیه شده می‌باشد.

روغن توربین یک روانکار از دسته روغن‌های گردشی است که باید دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای برای انجام وظایف مورد نظر در توربین باشد. این وظایف عبارت‌اند از:

۱ روانکاری یاتاقان‌ها، چرخ‌دنده‌ها وکوپلینگ‌ها.
۲ انتقال حرارت و خنک‌کاری در یاتاقان‌ها.
۳ عملکرد مناسب هیدرولیکی.

۴ محافظت از زنگ زدگی و سایش.

برای انجام این وظایف در توربین، روغن توربین باید دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای باشد تا بتواند برای مدت طولانی در شرایط مناسب در توربین کار کند. این خصوصیات عبارت‌اند از:

۱ جلوگیری از اکسیداسیون؛

۲ جلوگیری از خوردگی و سایش؛

۳ جداپذیری از آب و هوا؛

۴ جلوگیری از کف کردن.

شافت محرک PROPULSION SHAFT: این شافت نوعی وسیله انتقال انرژی مکانیکی است که انرژی را از محرکه اولیه (توربین) به پروانه و همچنین نیروی عکس‌العمل حاصله را از پروانه به یاتاقان کف گرد منتقل می‌کند که این نیرو از آنجا به بدنه ناو هدایت می‌شود.

تقسیم‌بندی شافت محرک: هر شافت از نظر عمل به چهار قسمت تقسیم می‌شود:

الف) شافت ضربه‌گیر (تراست شافت)

ب) شافت میانی (لین شافت)

ج) شافت لوله عقبی (استرن تیوب شافت)

د) شافت انتهایی (دم شافت)

قطعات شافت میانی، شافت ضربه‌گیر و شافت لوله عقب با چند کاپلینگ فلنجی مناسب به یکدیگر وصل شده‌اند، شافت لوله عقب به انتهای شافت میانی توسط یک کاپلینگ شافت لوله عقبی که دارای فلنج ضربه‌گیر سوار شدنی می‌باشد وصل شده است دم شافت به شافت لوله عقبی توسط یک کاپلینگ که خارج بدنه ناو قرار گرفته متصل شده است.

گلندسیل‌ها (labyrinth packing): جهت جلوگیری از خروج بخار از محل شافت و پوسته از این مکانیزم استفاده می‌شود و به دو گروه تقسیم می‌شوند بخار هنگام برخورد به labyrinth packing میزان فشار را تا حد زیادی کاهش می‌دهد به‌نحوی که در انتها با یک بخار فشار پایین مواجه هستیم جهت جلوگیری از خروج این بخار از بخار فشار پایین دی سوپر هیت استفاده می‌شود این بخار فشار پایین اجازه خروج بخار را از محل لبرینت پکینگ‌ها نمی‌دهد.

انواع لبرینت پکینگ:

۱ single

۲ Double

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین‌ها را بررسی کند. ۲ـ یک توربین بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین‌ها را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

نگهداری و تعمیر توربین گاز

زمان آموزش	جمع :۱۵ساعت

اهداف جزیی واحدیادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ عملکرد توربین گاز را بررسی کند.

۲ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

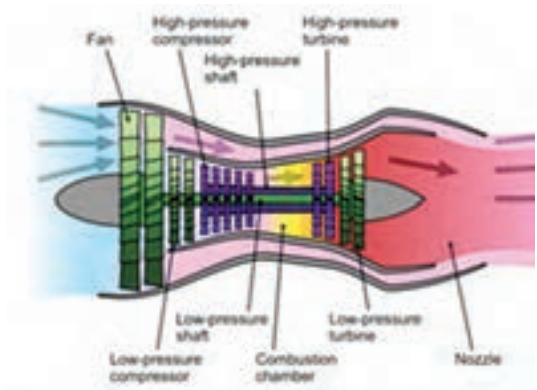
۱ در محیط کارگاه وکلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش افزایی

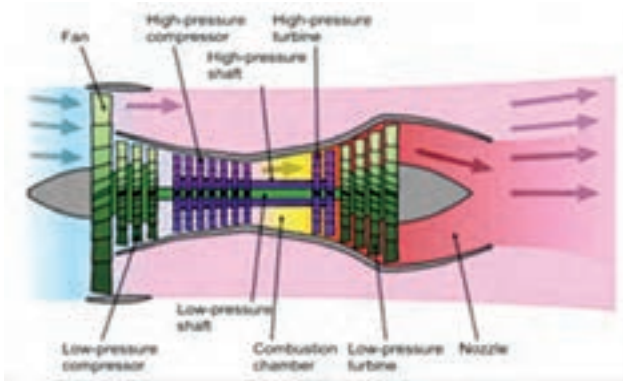
انواع موتورهای جت توربینی

توربوفن: بسیاری از هواپیماهای مسافربری مدرن از موتورهای توربوفن استفاده می‌کنند به‌خاطر اینکه آنها بازده بیشتری نسبت به‌مصرف سوخت دارند. اگر میزان مصرف سوخت یک توربوجت با تورفن و میزان تراست تولیدی آنها را مقایسه کنید می‌بینید که توربوفن با همان میزان مصرف سوخت، مقدار تراست خیلی بیشتری تولید می‌کند. یک موتور توربوفن شکل تغییریافته و پیشرفتهٔ یک موتورتوربین گازی ساده است. همانند سایر موتورهای جت، توربوفن هم دارای هستهٔ موتوری توربوجت است.در یک توربوفن مرکز موتور توسط یک فن در جلو و توربین اضافی در کنار آن احاطه شده است. فن و توربین فن از تعدا د زیادی تیغه همانندکمپرسوروتوربین هسته تشکیل شده‌اندکه به یک شفت اضافی متصل‌اند. شفتی که به فن متصل است از وسط هستهٔ شفت مرکزی عبور می‌کند و به این صورت اگر موتور دارای سه شفت باشد، فن جلویی به درونی‌ترین شفت و آن نیز به آخرین مرحلهٔ توربین در انتهای موتور (مرکز) متصل‌است.



نمونه یک توربوفن با گذرگاه جانبی

توربوفن‌ها به دو دسته شامل توربوفن با نسبت گذرگاهی پایین و با نسبت گذرگاهی بالا تقسیم می‌شوند. دستهٔ اول نسبتاً کوچک‌تر هستند و مقداری بیشتر از یک توربوجت، تراست تولید می‌کنند ولی توربوفن با نسبت گذرگاهی بالا، تراست خیلی بیشتری تولید می‌کنند و نسبت به مصرف سوخت کارآمدتر هستند و صدای کمتری تولید می‌کنند. اصلی‌ترین هدف و وظیفهٔ فن راندن مقدار زیادی هوا از میان گذرگاه خارجی است که از اطراف هستهٔ موتور می‌گذرد. با اینکه در این گذرگاه جانبی جریان هوا با سرعت خیلی کمتری جریان می‌یابد، ولی حجم بالایی از هوا با این فن شتاب و سرعت می‌گیرند و این فن، به غیر از تراستی که هستهٔ توربوجت دارد، تراست مهم و عمده‌ای را بدون سوزاندن هیچ سوخت اضافی تولید می‌کند. بدین‌گونه توربوفن نسبت به توربوجت استفادهٔ بیشتری از سوخت می‌کند، در نتیجه بازده آن بیشتر از توربوجت است. در حقیقت موتورهای توربوفن با نسبت گذرگاهی بالا در بازدهی تقریباً با توربوپراپ برابر هستند. به علاوه، هوای کم سرعت باعث لایه‌گذاری صدای مرکز موتور می‌شود و موتور را کم صداتر می‌کند. فن به دلیل اینکه در میان داکت یا مجرای ورودی قرار گرفته است و از تعداد زیادی پره تشکیل شده است می‌تواند به‌طور کارآمد با سرعتی بیشتر از یک ملخ ساده کار کند. به همین دلیل توربوفن‌ها در نقل و انتقالات پر سرعت به کار می‌روند ولی ملخ دارها در نقل و انتقالات سرعت پایین به‌کار می‌روند. تعداد زیادی از هواپیماهای جنگنده از موتورهای توربوفن با نسبت گذرگاهی پایین مجهز شده به پس سوز استفاده می‌کنند. آنها می‌توانند به‌طور کارآمد به گشت زنی بپردازند و در جنگ‌های هوایی نیز، تراست خیلی بالایی دارند.



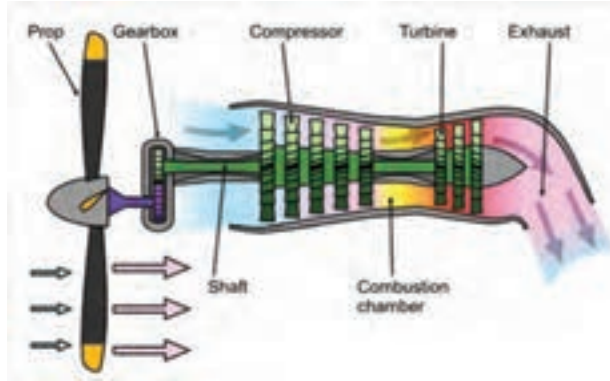
نمونه یک توربوفن

توربوپراپ: بسیاری از هواپیماهای ترابری و پرمصرف کوچک از پیشرانش توربوپراپ استفاده می‌کنند. موتورهای توربوپراپ از هسته یک موتور توربین گازی برای گرداندن

ملخ استفاده می‌کنند. موتورهای ملخ دار با حرکت دادن حجم بالایی از هوا و تغییر کمی در سرعت آن، تراست تولید می‌کنند. این پیش رانش‌ها بسیار کارآمد هستند و از هر نوع نیروی محرکه‌ای (موتور) برای به گردش در آوردن ملخ می‌توانند استفاده کنند.

در پیش رانش توربوپراپ دو قسمت اصلی و برجسته وجود دارند؛ یکی موتور و دیگری ملخ یا پروانه هستهٔ موتور در این نوع پیش رانش بسیار مشابه یک توربوجت ساده است، با این تفاوت که به جای رانش قوی گازهای خروجی به بیرون برای تولید تراست، بیشتر انرژی گازهای خروجی صرف گرداندن توربین می‌شود. این قسمت در بیشتر موتورها شامل چند مرحله از توربین‌های کاملاً مجزا است که نیروی آن‌ها از طریق یک شفت دیگر به جعبه دنده و بعد به ملخ انتقال می‌یابد. سرعت گازهای اگزوز در یک توربوپراپ پایین است و تراست کمی تولید می‌کند، چون بیشتر انرژی گازهای اگزوز صرف به گردش در آوردن توربین می‌شود. به‌طور میانگین در یک توربوپراپ، تراست تولیدی توسط هستهٔ جت حدود ۱۵٪ است درحالی که تراست تولیدی توسط ملخ آن مقدار باقی‌مانده یعنی ۸۵٪ است.

در تصور توربوفن و توبوپراپ مشابه یکدیگر هستند، اما توربوفن دقیقاً خاصیت یک جت را داراست به این معنا که برای تولید تراست از گازهای خروجی استفاده می‌کند و هم چنان که در شکل مشاهده می‌شود یک داکت یا مجرا دارد وقسمت فن دارای نازل نیز می‌باشد، ولی توربوپراپ فقط ازموتورجت استفاده می‌کند و تولید عمدهٔ، تراست توسط ملخ انجام می‌شود توربوپراپ از بازدهی بالاتری ازسوخت نسبت به توربوفن برخوردار است اما به هر حال صدا و ارتعاش تولیدی توسط ملخ توربوپراپ یک اشکال عمده است و از طرفی توربوپراپ به‌سرعت ساب سونیک محدود شده است.



نمونه یک توربوپراپ

تحقیق کنید

هر یک از روش‌های اصلاح بازده و کار خروجی سیکل ساده توربین گاز را بررسی کنید.

راه‌های اصلاح بازده و کار خروجی ویژه سیکل ساده

برای اصلاح کار یک توربین گاز با سیکل ساده می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

بازیابی حرارتی: در این روش هوای خارج شده از کمپرسور از داخل یک مبدل حرارتی که با گازهای خارج شده از توربین گرم می‌شود، عبور می‌کند. سپس هوای گرم شده وارد محفظهٔ احتراق می‌گردد و مقداری از آن برای سوختن سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه به هوای ورودی محفظهٔ احتراق، در داخل مبدل حرارتی مقداری حرارت داده می‌شود، در محفظهٔ احتراق با مصرف سوخت کمتری گاز به دمایی می‌رسد که در یک توربین بدون بازیاب با مصرف سوخت بیشتر ممکن است به آن دما برسد. بنابراین با کم شدن مصرف سوخت، بازده حرارتی افزایش می‌یابد.

اصلاح قدرت خروجی واحد توربین: این عمل به روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

الف) گرم کردن مجدد

با گرم کردن مجدد گازها پس از خارج شدن آن از توربین اول، در یک محفظهٔ احتراق ثانویه، می‌توان کار بیشتری به دست آورد. بنابراین در این روش، انبساط کامل در توربین در دو یا چند مرحله حاصل می‌شود و پس از هر مرحله از انبساط، گرم کردن مجدد صورت می‌گیرد.

ب) بالابردن حداکثر دمای سیکل (دمای گاز ورودی توربین)

این عمل به روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

۱ استفاده از سوختی با کیفیت بهتر؛

۲ استفاده از مواد بهتری برای پره‌های توربین که بتوانند دمای بیشتری را تحمل کنند؛

۳ استفاده از روش‌های خنک‌کردن پره‌ها؛

ج) اصلاح بازده توربین، که بستگی به اصلاح طرح آن دارد.

کاستن از قدرت مصرفی کمپرسور

این عمل به راه‌های زیر انجام می‌گیرد:

الف) خنک کردن میانی: کار خالص سیکل توربین گاز را می‌توان با کاهش کار مصرفی کمپرسور، افزایش داد. کار مصرفی کمپرسور با خنک کردن هوا در فاصله بین طبقات کمپرسور کاهش می‌یابد.

ب) با پایین آوردن دمای ورودی کمپرسور این روش عملی نیست، زیرا با این کار نسبت فشار افزایش می‌یابد.

پ) اصلاح بازده کمپرسور: این عمل با اصلاح طرح کمپرسور قابل اجرا می‌باشد.

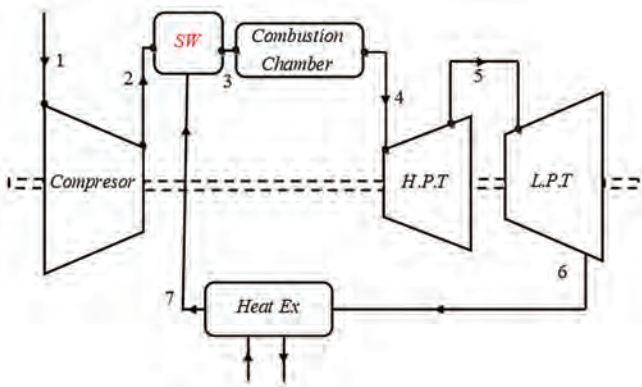
ت) تزریق آب: با تزریق مقداری آب در دهانه ورودی کمپرسور، کار خروجی و بازده در اثر جرم اضافی آب تزریق شده از خنک کردن هوا زیاد می‌شود.

تزریق آب: روش دیگر اصلاح سیکل توربین گازی تزریق آب است که با این روش، توان تولیدی سیکل توربین گازی را می‌توان افزایش داد. این عمل نه تنها تولید را افزایش می‌دهد، بلکه اثر مطلوبی نیز از نظر کاهش آلودگی هوا دارد. تزریق آب، توانایی مانور توربین گازی را در شرایط مختلف بهره برداری افزایش می‌دهد. این روش در توربین‌های گازی تولید برق و همچنین در بعضی از صنایع دیگری که از توربین گازی استفاده می‌کنند، قابل اجرا است.

در توربین‌های گازی، اگر عمل تزریق آب مسیر هوای ورودی کمپرسور انجام شود، موجب بخار شدن آب یا مرطوب هوا می‌گردد. گرمای لازم بخار شدن، از هوایی که در کمپرسور به عنوان سیال عامل، جریان دارد گرفته می‌شود. در نتیجه دمای هوا کاهش می‌یابد و از مقدار کار انجام شده توسط کمپرسور کم می‌شود. این عمل از دیدگاه فیزیکی مشابه روش سیستم کمپرسور با خنک‌کن میانی است.

تزریق آب، در دو نقطه دیگر از سیکل توربین گازی، یعنی مسیر هوای خروجی کمپرسور و پیش از محفظهٔ احتراق و درست در ورودی آن نیز امکان‌پذیر است. در این صورت، روش تزریق آب، هیچ اثری بر کاهش کار کمپرسور ندارد و فقط دبی جرمی را در سیکل افزایش می‌دهد. اگرچه دبی جرمی افزایش می‌یابد و توربین با دبی بالاتر، تولید بالاتری دارد، اما کمپرسور هیچ کار منفی اضافه‌ای در برابر افزایش دبی بر عهده نخواهد داشت. آب در قسمت هوای خروجی کمپرسور و پیش از محفظهٔ احتراق تزریق می‌شود. به دلیل آنکه معمولاً درجه حرارت آب تزریقی پایین است، هوای خنک شده در محفظهٔ احتراق که دمای بالایی دارد تنش حرارتی را به‌وجود می‌آورد، لذا در توربین‌های گاز به‌طور معمول آب تزریقی توسط سیستمی گرم شده و سپس تزریق می‌شود. در نتیجه اختلاف درجه حرارت هوای مخلوط شده با آب تزریقی و دمای محفظهٔ احتراق، تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد. این در حد مجاز بوده و تنش حرارتی به وجود نمی‌آورد. لازم است ذکر شود که انرژی مورد نیاز برای گرم کردن آب، از حرارت تلف شده توربین گازی تأمین می‌شود. بهترین محل جذب حرارت، دودکش خروجی گازی است که حرارت تلف شده از آن به سیکل نمی‌گردد. به‌طور کلی انرژی بازیافت شده، اولاً کاهش تلفات انرژی گرمایی و ثانیاً افزایش دمای هوای ورودی محفظهٔ احتراق را باعث می‌شود. نتیجه این واکنش‌ها نیز کاهش مصرف سوخت در محفظهٔ احتراق را موجب می‌شود که پیامد آن، کاهش آلودگی هوا است. مقدار آب تزریقی به دمای هوای خروجی کمپرسور

بستگی دارد. تا زمانی که مخلوط آب و هوا به صورت اشباع باشد و آب به‌صورت قطراتی به سیستم وارد نشود، هیچ واکنش یا عوارض منفی را برای دستگاه‌ها پیش نمی آورد. اگر تزریق آب زیاد باشد، در این صورت کار انجام شده توسط خود سیکل توربین گازی افزایش یافته و کار خالص خروجی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر افزایش دبی آب به بیش از مقدار مورد نیاز، اولاً موجب رسوب در سیستم‌های بعدی مانند مبدل حرارتی بازیاب می‌شود. ثانیاً موجب افزایش اختلاف دمای محلی می‌شود که این خود تنش‌هایی حرارتی را به وجود می‌آورد.



سیکل توربین گازی مجهز به تزریق آب در خروجی کمپرسور

نکته دیگری در باره مزیت تزریق آب، افزایش قابلیت بهره‌برداری توربین گاز در تغییر بار یا در بارهای پایین است. این نوع بهره برداری، قابلیت مانور توربین گازی را افزایش داده و از تغییر مشخصه‌های ترمودینامیکی به ویژه درجه حرارت، که منجر به تنش‌های حرارتی می‌شود، جلوگیری می‌کند. در این حالت اگر تغییراتی در بار حداکثر تولیدی یا در بار پایین درخواست شود، با تغییر مقدار دبی آب تزریقی، امکان تغییر مقدار تولید توربین گازی میسر است. با توجه به مقدار کار تولیدی در توربین برابر است با تغییرات آنتالپی در مقدار جرم ورودی سیال ($w_t = m \cdot \Delta h$)، بنابراین با تغییر مقدار جرم، کار تولیدی نیز تغییر خواهد کرد.
از آنجا که تغییرات آنتالپی تابع دما و فشار است و در تغییر بار با تزریق آب ثابت باقی می‌ماند، از تنش‌های مکانیکی و حرارتی جلوگیری می‌شود. اگر تغییر بار بیشتری پس از اتمام دبی تزریق آب مورد تقاضا باشد، در این صورت تغییرات آنتالپی مؤثر بوده و کاهش تولید، از طریق کاهش دما فشار یا هر دو، امکان پذیر می‌شود. به‌دلیل آنکه این کار پس از کاهش بار تولیدی و در بار پایین (پس از قطع جریان آب تزریقی) انجام شده است، از تنش‌های وارد شده، به ویژه از تنش‌های حرارتی کاسته می‌شود. این نوع قابلیت در بهره‌برداری، باعث افزایش طول عمر توربین گازی می‌شود.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز	نگهداری و تعمیر توربین گاز	نگهداری و تعمیر توربین گاز	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی شایستگی نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز

شرح کار:
نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار؛
نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی ؛
نگهداری و تعمیر توربین گاز.

استاندارد عملکرد:
باید بتواند عملکرد دیگ بخار، عملکرد توربین بخار دریایی و توربین گاز را بررسی نماید.
شاخص‌ها:
ـ عملکرد دیگ‌های بخار رابررسی کند.
ـ عملکرد توربین‌های بخار دریایی رابررسی کند.
ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند.
ـ ساخت و راه‌اندازی توربین دیگ بخار ساده، توربین بخار ساده و توربین گاز ساده.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه مکانیک موتورهای دریایی با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: رایانه، ویدئو پروژکتور، قیچی ورق بر، مشعل برش.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار.	۲	
۲	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی.	۱	
۳	نگهداری و تعمیر توربین گاز.	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.

فصل چهارم

نگهداری و تعمیر سامانه انتقال قدرت

نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعت: ۶۰ ساعت

ساعت نظری: ۲۰ ساعت

ساعت عملی: ۴۰ ساعت

واحد یادگیری ۴

نگهداری و تعمیر سامانه انتقال قدرت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این فصل قادر باشد:

۱ عملکرد سامانه قدرت را بررسی کند.

۲ روش نصب سامانه انتقال قدرت را توضیح دهد.

۳ با روش‌های اتصال موتور به محور و نیز قسمت‌های اصلی مانند گیربکس، محور انتقال قدرت، یاتاقان‌ها، مجرای پاشنه و اتصالات آن آشنایی کافی داشته باشد.

روش تدریس فصل

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسهٔ اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به‌خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.

۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با سامانه انتقال قدرت در سامانه‌های رانشی دریایی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۵ توصیه می‌گردد با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست‌نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.

۶ فعالیت‌های ازقبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ نحوه عملکرد سامانه انتقال قدرت چگونه است؟
۲ سامانه انتقال قدرت چه وظیفه‌ای دارد؟
۳ سامانه انتقال قدرت از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟
۴ روش‌های نصب، تعمیر و نگهداری سامانه‌های انتقال قدرت چگونه است؟
۵ روش‌های عیب‌یابی و رفع عیب در سامانه‌های انتقال قدرت چگونه است؟

سامانه انتقال قدرت

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ توانایی بررسی جعبه‌دنده‌ها از نظر ساختمان و هندسی داشته باشد..
۲ تعمیر و نگهداری انواع جعبه‌دنده‌هارا بتواند انجام دهد.
۳ عیوب ایجاد شده در جعبه‌دنده‌ها را یافته و آنها را رفع عیب نماید.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

■ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش افزایی

سامانهٔ انتقال قدرت

سیستم انتقال قدرت بین بخش تولیدکننده نیروی محرکه و بخش جلوبرنده قرار دارد و وظیفه اصلی آن تبدیل و یا انتقال انرژی مکانیکی به پروانه است.

تحقیق کنید

بررسی نمایید چه زمان‌هایی از سامانه رانشی داخلی و چه زمان‌هایی از سامانه خارجی استفاده می‌شود.

پاسخ:

از سامانه‌های رانشی خارجی برای شناورهایی که فضای کوچکی دارند مانند قایق‌ها و از سامانه‌های رانشی خارجی برای کشتی‌هایی که فضای بزرگ‌تری دارند مثل کشتی‌های کانتینربر استفاده می‌شوند.

تحقیق کنید

چند نمونه سامانه انتقال قدرت را در شناورهای کوچک، متوسط و بزرگ بیابید و با اجزای آنها آشنا شوید.

پاسخ:

نوع A، نوع V و نوع J

اجزای تشکیل‌دهنده گیربکس:

گیربکس‌ها اجزای مختلفی دارند که اصلی‌ترین جز آنها چرخ‌دنده‌ها می‌باشند که بسته به نوع گیربکس، شکل و جنس آنها متفاوت هستند.

اجزای دیگر گیربکس‌ها عبارت‌اند از:

۱ـ پوسته گیربکس: دنده‌ها درون آن قرار می‌گیرند و جنس آن معمولاً از چدن ریخته‌گری شده است.

۲ـ شافت‌های ورودی و خروجی: این شافت‌ها می‌توانند به‌صورت سوراخ (HOLLOW) و یا شافت (Solid) باشند و جنس آنها از فولاد است.

۳ـ بیرینگ (Bearing) یا یاتاقان: برای تحمل بارهای شعاعی و محوری شافت‌های گیربکس استفاده می‌شوند.

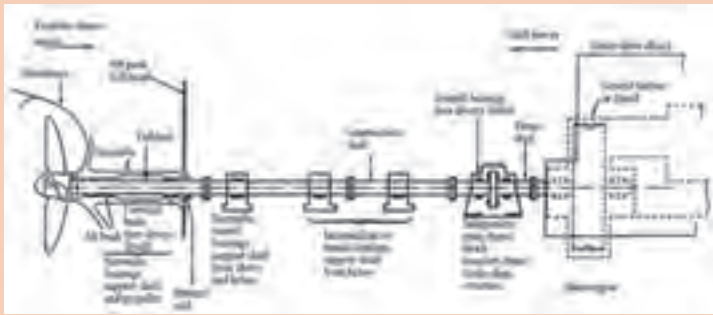
۴ـ نشت بند (seal) یا کاسه نمد: برای حفاظت بیرینگ‌ها از عوامل خارجی مثل گرد و غبار و همچنین نگهداری از روغن داخل پوسته استفاده می‌شود.

۵ـ درپوش کنترل روغن و بازبینی

۶ـ کاسه نمد

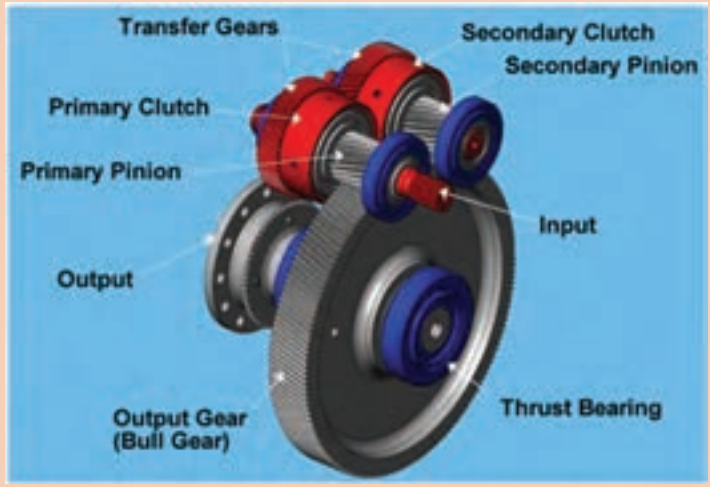
کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل زیر را بیابید.



کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل زیر را بیابید.



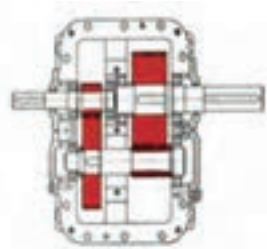
چرخ‌دنده‌ها

چرخ‌دنده‌ها، از پرمصرف‌ترین وسایل انتقال قدرت و حرکت هستند. مکانیزم چرخ‌دنده‌ها سیستمی است که حداقل از دو چرخ‌دنده تشکیل شده است که به‌صورت جفت کار می‌کنند. به همین دلیل آن را مکانیزم چرخ‌دنده می‌نامند. از نظر انتقال قدرت، مکانیزم چرخ‌دنده، یک چرخ‌دنده محرک و یک یا چند چرخ‌دنده متحرک دارد. معمولاً به کوچک‌ترین چرخ‌دنده مکانیزم، پینیون و به چرخ‌دنده دیگر چرخ می‌گویند.

امروزه بیشتر دستگاه‌های موجود در صنعت دارای چرخ‌دنده هستند و با پیشرفت روزافزون صنعت، چرخ‌دنده‌ها نقش انکارناپذیری دارند. چرخ‌دنده‌ها برحسب موقعیت مکانی محورها نسبت به یکدیگر در شکل‌های گوناگونی طراحی و ساخته می‌شوند و حرکت چرخشی یک محور را به محور دیگر از طریق اتصال دندانه‌ها منتقل می‌کنند.

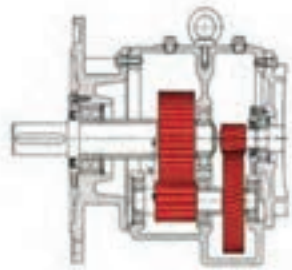
کاربرد چرخ‌دنده‌ها

در حالت کلی بیشتر دستگاه‌های موجود در دنیا دارای چرخ‌دنده هستند، و به ویژه در انواع گیربکس‌ها کاربرد فراوانی دارند. در شکل‌های صفحه بعد چند نمونه از جعبه‌دنده‌ها را نشان داده‌ایم تا روش به‌کارگیری آنها را به وضوح مشاهده کنیم.

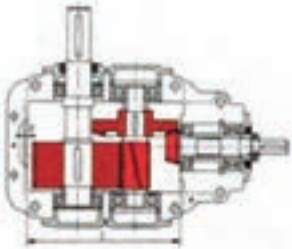


(الف) گیربکس با مکانیزم چرخ‌دنده مارپیچ و مخروطی

(ب) گیربکس اتوماتیک ۵ سرعته



(پ) گیربکس چرخ‌دنده پیشانی دو مرحله‌ای

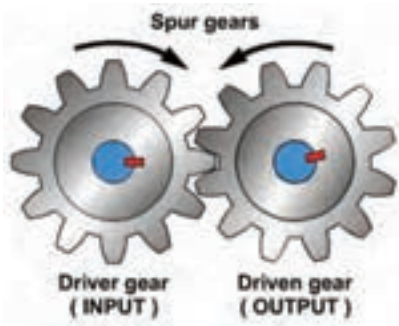


(ث) گیربکس با دو مکانیزم مارپیچ

انواع گیربکس

چرخ دندهٔ ساده (Spur Gears and Simple Gear): این نوع چرخ‌دنده‌ها در جعبه‌دنده خودروهای اولیه کاربرد داشتند. معمولاً این نوع چرخ‌دنده‌ها به‌صورت دائم با شفت خود درگیر می‌باشند و برای ایجاد یک نسبت تبدیل موقت چرخ‌دنده متحرک که به‌صورت هزارخاری با شفت خود درگیر است به‌صورت کشویی روی آن حرکت کرده و با چرخ‌دندهٔ محرک خود درگیر می‌شود. بنابراین به علت هم سرعت نبودن شفت‌ها (چرخ‌دنده‌ها)، درگیری با صدا صورت گرفته و باعث سایش دنده‌ها می‌شود و همچنین در موقع کارکرد چرخ‌دنده‌ها به دلیل اینکه در هر لحظه فقط یک دنده از چرخ‌دنده محرک با یک دنده از چرخ‌دنده متحرک درگیر است، درگیری دنده‌ها به‌صورت آنی صورت می‌گیرد. سر و صدای آنها نسبت به سایر چرخ‌دنده‌ها بیشتر می‌باشد که این موضوع باعث می‌شود استفاده این چرخ‌دنده‌ها در خودروهای سواری به جز استفاده در دنده عقب کاربرد نداشته باشد.

مزیت اصلی چرخ‌دنده‌های ساده این است که راندمان کاری بالایی دارند و تقریباً تمام توان از چرخ‌دنده محرک به چرخ‌دنده متحرک منتقل می‌شود.



چرخ‌دنده ساده

چرخ دندهٔ مارپیچ (Spiral Gear): این نوع چرخ‌دنده‌ها دارای دندانه‌های مورّب‌اند. از آنجایی که دندانه‌های روی چرخ‌دنده با محور چرخ‌دنده زاویه دارند، چرخ‌دنده مارپیچ را نمی‌توان با حرکت محوری روی شَفت با هم درگیر یا از یکدیگر جدا نمود. در نتیجه این چرخ‌دنده‌ها پس از مونتاژ به‌صورت دائم با هم درگیر باقی می‌مانند. امروزه کاربرد چرخ‌دنده‌های مارپیچ در جعبه‌دنده‌های دستی خودرو فراوان است.

مزیت اصلی چرخ‌دنده‌های مارپیچ، کارکرد کم صدای آنهاست. در این نوع چرخ‌دنده‌ها درگیری دندانه‌ها از یک نقطه شروع می‌شود و به تدریج گسترش می‌یابد و همزمان بیش از یک دندانه از هر چرخ‌دنده با هم درگیر می‌شوند، بنابراین ظرفیت انتقال توان توسط آنها زیاد است.

چرخ‌دنده مارپیچ

عیب اصلی این چرخ‌دنده‌ها این است که به سبب زاویه‌دار بودن دندانه‌ها، بخشی از توان انتقالی بین چرخ‌دنده‌ها به نیروی محوری تبدیل، و باعث اتلاف توان می‌شود. بنابراین این نوع چرخ‌دنده به یاتاقان کف گرد نیاز دارند و برای شفت‌های این چرخ‌دنده‌ها از یاتاقان‌هایی که تحمل نیروی محوری داشته باشند، استفاده می‌شود.

چرخ‌دنده‌های مخروطی (Bevel gear and Spiral bevel gear): چرخ‌دنده‌های مخروطی به‌منظور تغییر جهت چرخش شفت‌ها استفاده می‌شوند. این نوع چرخ‌دنده‌ها شامل دندانه مستقیم و دندانه مارپیچ تقسیم‌بندی می‌شوند اما نوع دندانه مارپیچ سروصدا و لرزش کمتری دارد. اگر جهت دندانه‌های چرخ‌دنده مخروطی راستگرد باشد برای شفت‌های ساعتگرد مناسب است و همچنین چرخ‌دنده‌های مخروطی چپ گرد مناسب شفت‌های پاد ساعتگرد است. نسبت مورد استفاده در این نوع چرخ‌دنده‌ها ۳:۲ تا ۴:۱ است.

چرخ‌دنده مخروطی

چرخ‌دنده حلزونی

چرخ‌دنده‌های حلزونی یا کرمی شکل (Worm gear): چرخ‌دنده‌های حلزونی عمدتاً به عنوان چرخ‌دنده‌های کاهنده استفاده می‌شوند. نسبت این چرخ‌دنده‌ها از ۵:۱ تا ۳۰۰:۱ است. نصب این نوع چرخ‌دنده‌ها به‌گونه‌ای است که چرخ‌دنده‌های حلزونی می‌توانند چرخ‌دنده را بچرخانند اما برعکس ممکن نیست. این چرخ‌دنده‌ها در وسایل ترابری و سیستم ترمز اضطراری کاربرد بیشتری دارند.

چرخ‌دنده منظومه‌ای (Planetary or epicyclic Gear): یک مجموعه خورشیدی و یا سیاره‌ای مطابق شکل شامل یک دنده خورشیدی یا دنده مرکزی (زرد) که با دنده‌های هرز گرد سیاره‌ای یا پنیون‌ها که روی محور نگهدارنده آن به‌طور یکپارچه روی قفسه یا حامل سیاره‌ای (سبز) قرار گرفته و قفسه هم در داخل دنده داخلی یا رینگی (آبی) احاطه شده است. محور چرخ‌دنده خورشیدی ثابت و محور چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای متحرک است. مجموعه چرخ‌دنده‌های اپی‌سیکلیک (سیاره‌ای) اغلب زمانی مفید هستند که نسبت سرعت به گشتاور زیادی در یک مجموعه فشرده از چرخ‌دنده‌ها مورد نیاز باشد.

تنش‌های محرک روی دندانه‌های زیادی وارد می‌شود و بنابراین بار متعادل می‌گردد در نتیجه این طرح دوام زیادتری پیدا می‌کند. دنده‌های خورشیدی نسبت به دنده‌های استاندارد می‌توانند مقاوم‌تر باشند وگشتاورهای زیاد را انتقال دهند.

چرخ‌دنده منظومه‌ای

عضوهای مجموعه خورشیدی (رینگی، خورشیدی، قفسه) در گیربکس‌های اتوماتیک به‌وسیلهٔ کلاچ‌ها و باندهایی ثابت و یا محرک می‌شوند. در حالت کلی می‌توان پنج حالت مختلف را در مجموعه مورد بررسی قرار داد. البته باید دانست که مجموعه نمی‌تواند پنج حالت را در گیربکس داشته باشد. در گیربکس‌ها برای ایجاد نسبت دندهٔ مناسب از دو و یا سه مجموعه استفاده می‌کنند.

روغنکاری چرخ‌دنده‌ها:

چرخ‌دنده‌ها در شرایط مختلفی کار می‌کنند و به همین دلیل روش‌های روانکاری آنها نیز متفاوت است. در چرخ‌دنده‌های غیر محصور روباز ماده روانکاری با روغن‌دان یا روغن چکان و یا به‌صورت بارشی به درون چرخ‌دنده‌ها وارد می‌شوند. تزریق ماده روانکاری به مقدار کم، ولی با فاصله زمانی کوتاه بهتر از این است که ماده روانکاری با حجم زیاد در فاصله‌های زمانی طولانی به چرخ‌دنده‌ها تزریق شود. اگر چرخ‌دنده‌ها با آب یا اسید در تماس باشند، باید از یک نوع ماده روانکاری چسبناک (چسبنده به فلز) استفاده شود.

زمانی‌که چرخ‌دنده‌ها در یک محفظه بسته کار می‌کنند، معمولاً چرخ‌دنده بزرگ‌تر در داخل روغن فرو می‌رود و روغن را به سطوح دندانه‌ها می‌رساند. در بعضی موارد با استفاده از یک فواره روغن سطوح دندانه‌های چرخ‌دنده‌های محصور، روغنکاری یا روانکاری می‌شوند. در مواقعی که فشار تماس خیلی زیاد است، از مواد روانکاری پرفشار استفاده می‌کنند. بدین‌وسیله از گسیختگی ماده روانکاری و در نتیجه از ایجاد تماس فلزی میان قطعات جلوگیری به عمل می‌آید.

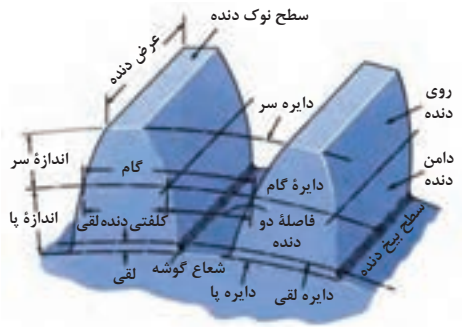
سرعت محیطی یکی از مهم‌ترین عامل‌های انتخاب نوع روغنکاری است. البته عوامل دیگری نظیر مقدار بار و صافی سطوح پهلوی دندانه‌ها نیز در انتخاب نوع و مواد روغنکاری مؤثر هستند. در چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ‌دنده‌های مارپیچی با محورهای متنافر و چرخ حلزون، علاوه‌بر روش‌های ذکر شده در جدول، بهره‌گیری از سیستم روانکاری پرفشار برتری خواهد داشت.

چرخ‌دنده شانه‌ای (Gear Rack and Pinion): این چرخ‌دنده‌ها برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی استفاده می‌شوند. یک مثال خوب برای این چرخ‌دنده‌ها فرمان اتومبیل است. فرمان، چرخ‌دنده‌ای را می‌چرخاند که با چرخ شانه‌ای در تماس است. وقتی شما فرمان را می‌چرخانید، با توجه به جهت چرخش فرمان، شانه به سمت چپ و یا راست حرکت می‌کند و باعث حرکت چرخ‌ها می‌شود. در برخی از ترازوها نیز برای چرخاندن عقربه از سیستم مشابهی استفاده می‌شود.

چرخ‌دنده شانه‌ای

مفاهیم اساسی و ابعاد چرخ‌دنده‌ها:

مشخصات چرخ‌دنده ساده در شکل روبه‌رو نشان داده شده است.



مشخصات چرخ‌دنده ساده

دایرهٔ گام: دایره‌ای فرضی است که در محاسبات چرخ‌دنده از اهمیت زیادی برخوردار است. دایره‌های گام چرخ‌دنده‌هایی که با هم درگیر هستند با یکدیگر مماس‌اند.

مدول: نسبت قطر دایره گام به تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده، مدول نامیده می‌شود. به عبارت دیگر:

$$m = \frac{do}{Z}$$

m: مدول (mm)
do: قطر دایرهٔ گام (mm)
Z: تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده

گام دنده: فاصله‌ای است بر روی دایره گام که از یک نقطه بر روی یک دندانه تا نقطه مشابه بر روی دندانه مجاور اندازه‌گیری می‌شود.گام دنده را می‌توان به‌وسیله رابطه زیر محاسبه نمود:

$$P = m\pi$$

P: گام چرخ‌دنده (mm)
m: مدول (mm)

ارتفاع دندانه: اندازه سردنده، فاصله شعاعی بین سطح نوک دنده تا دایره گام است و اندازه پای دنده، فاصله شعاعی بین سطح پایین دنده تا دایره گام است. مجموع اندازه سردنده با پای دنده، ارتفاع دندانه را تشکیل می‌دهد.

دایره لقی دندانه: دایره مماس بر دایره سر چرخ‌دنده درگیر را دایره لقی دندانه می‌گویند.

لقی سردنده: تفاوت اندازه پای دنده با اندازه سردنده درگیر با آن را لقی سردنده می‌گویند.

جعبه‌دنده

جعبه‌دنده

گشتاور تولیدی توسط موتور پس از انتقال توسط کلاچ به جعبه‌دنده می‌رسد. وظیفه جعبه‌دنده انتقال دور موتور با نسبت‌های گوناگون و رساندن آن به خطوط انتقال و محور است.

جعبه‌دنده‌های دستی به سه گروه کلی تقسیم می‌شوند:

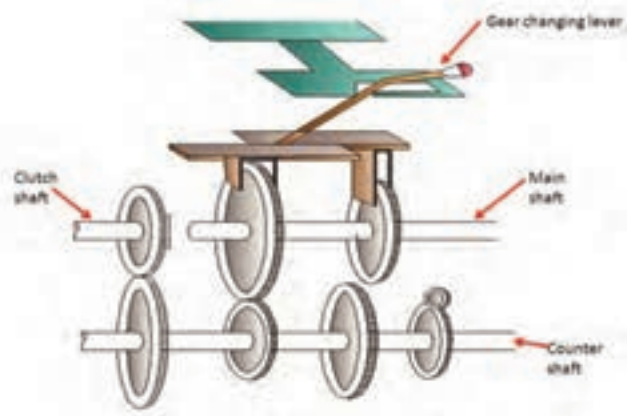
۱ـ Sliding mesh type Gearbox

۲ـ Constant mesh type Gearbox

۳ـ Synchromesh Type Gearbox

Sliding mesh type Gearbox

این جعبه‌دنده‌ها از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین انواع جعبه‌دنده‌ها هستند که درگیری دنده‌ها در آنها توسط جابه‌جا کردن دنده‌ها ایجاد می‌شود. جعبه‌دنده‌ها در واقع شامل دو ردیف شفت می‌باشند: شفتی که از طرف کلاچ می‌آید و خود شامل دو قسمت است؛ یکی که کاملاً ثابت می‌باشد و در واقع محور ورودی است به نام محور اصلی (primary shaft) و شفت دیگری که در امتداد آن اما به‌صورت جداگانه و متحرک قرار دارد و به نام splined main shaft خوانده می‌شود و عمل تعویض دنده نیز با جابه‌جایی این شفت صورت می‌گیرد. شفتی پایینی که به نام محور ثانویه (lay shaft) خوانده می‌شود و بسته به نوع جعبه‌دنده، تعدادی دنده بر روی آن قرار می‌گیرد. این شفت توسط درگیری بین دو دنده به طور دائم در ارتباط با محور اصلی است.



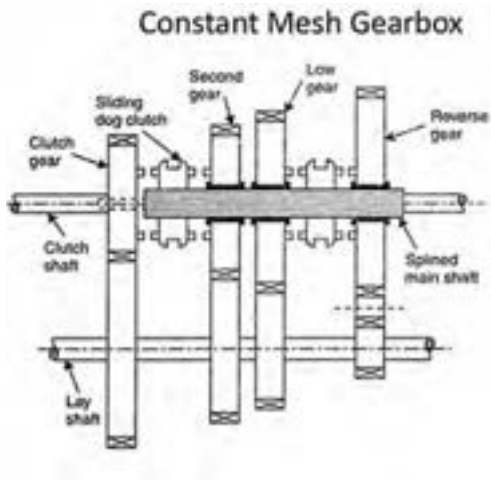
Sliding mesh gear box

هنگامی که گشتاور از طریق درگیری یک جفت دنده از محور اصلی به محور ثانویه منتقل می‌شود، با توجه به نسبت تعداد دنده‌ها یک کاهش دور در آن ایجاد می‌شود. حاصلضرب این کاهش دور در کاهش دور ناشی از درگیری دو چرخ‌دنده نهایی، نسبت کاهش دور اصلی ناشی از یک دنده خاص را به ما می‌دهد.

Constant mesh type Gearbox:

در بعضی از جعبه‌دنده‌ها همه دنده‌ها با هم درگیر هستند، این عمل باعث عملکرد آرام و بدون صدای این دنده‌ها می‌شود، چرا که عمده صدا در سیستم جعبه‌دنده‌ای قبلی ناشی از جازدن دنده‌ها بود. علاوه‌بر آن، در این سیستم چون دنده‌ها همیشه با هم درگیر هستند پس می‌توان از دنده‌های مارپیچی (هلیکالی) استفاده نمود که این خود نیز در کاهش صدا و عملکرد نرم‌تر جعبه‌دنده مؤثر است. در این نوع از جعبه‌دنده‌ها محل و نحوه قرارگیری دنده‌ها بر روی محورهای اصلی و ثانویه همانند حالت قبلی است، ولی در اینجا هر دنده روی محور اصلی با دنده متناظر روی محور ثانویه درگیر است. بنابراین در این حالت بدون توجه به اینکه اتومبیل در چه دنده‌ای قرار دارد، در هر حال تمام دنده‌ها در حال چرخش هستند، اما تنها یکی از این دنده‌های در حال چرخش است که می‌تواند به تناسب شماره دنده مورد نیاز با محور اصلی کوپل شود و آن را به حرکت درآورد. اولین دنده روی primary shaft و نیز تمامی دنده‌های روی lay shaft با محور خود کاملاً فیکس هستند و امکان جابه‌جایی نسبت به محور را ندارند. اما دنده‌های روی splined main shaft برروی بلبرینگ‌هایی سوار هستند و نسبت به محور خود در حال چرخشند و تنها یک دنده است که توسط مکانیزمی به محور کوپل می‌شود. این مکانیزم sliding dog clutch نام دارد که روی محور ثانویه هزارخار شده است. با انتخاب دنده مورد نظر زبانه‌های روی dog clutch مربوط به آن دنده خود را با دنده درگیر می‌کند و با این عمل، دنده مورد نظر با محور خود قفل می‌شود و در واقع نسبت انتقال دلخواه را برای ما فراهم می‌گرداند.

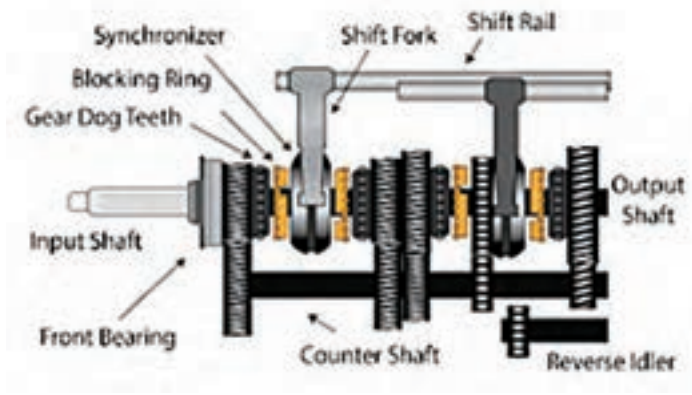
در این نوع از جعبه‌دنده‌ها برای درگیری بهتر زبانه dog clutch و دنده لازم است که سرعت آنها با هم برابر باشند. برای تحقق نسبی این امر در این نوع سیستم جعبه‌دنده‌ای از double declutching استفاده می‌شود. بدین‌گونه که بار اول که کلاچ گرفته می‌شود، ارتباط موتور با جعبه‌دنده قطع می‌شود. پس فشار از روی زبانه‌های dog clutch برداشته می‌شود تا بتوان آن را به حالت خلاص منتقل کرد. بعد با رها کردن کلاچ، موتور را به سرعت مناسب می‌رسانیم. منظور از سرعت مناسب، دور موتوری است که با دنده بعدی تناسب دارد. یعنی کاری می‌کنیم که زبانه‌های dog clutch و چرخ‌دنده‌ای که مربوط به دنده بعدی است با سرعت یکسانی بچرخند تا زبانه‌ها بتوانند در چرخ‌دنده جفت شود. حالا مجبوریم یک بار



دیگر کلاچ را فشار دهیم تا این زبانه‌ها و دنده جدید با هم درگیر شوند. بنابراین در این حالت برای تعویض دنده راننده ابتدا باید دنده را خلاص کند و سپس با کلاچ‌گیری دوباره دنده بعدی را انتخاب نماید.

Synchromesh Type Gearbox:

در این نوع جعبه‌دنده نیز همانند حالت قبل دنده‌های روی شفت اصلی با دنده مربوطه روی شفت ثانویه در حالت درگیری دائم هستند. دنده‌های روی شفت ثانویه روی محور ثابت و دنده‌های روی شفت اصلی توانایی گردش آزادانه حول محور خود را دارند. از این لحاظ نیز، این نوع جعبه‌دنده همانند جعبه‌دنده‌های constant mesh هستند، اما نکته‌ای که در اینجا وجود دارد استفاده از سیستم هم سرعت‌کننده (synchronizer) در این نوع جعبه‌دنده‌ها می‌باشد که در این حالت لزوم جعبه‌دنده به double declutching را از میان می‌برد. با استفاده از این سیستم هم سرعت‌کننده در این جعبه‌دنده‌ها، عمل تعویض دنده به‌راحتی و بدون سر و صدای ناشی از به هم خوردن دنده‌ها صورت خواهد گرفت.



اگر جعبه‌دنده در وضعیت خلاص باشد توان انتقال نمی‌دهد. در این حالت هیچ یک از چرخ‌دنده‌های روی محور خروجی به آن قفل نمی‌شوند. در هنگام تعویض دنده، چرخ‌دنده‌ها با عمل کشویی به محور قفل می‌شوند. خود کشویی‌ها نیز توسط هزار خار به محور خروجی متصلند و با آن می‌چرخند. ماهک روی کشویی در شیارهای غلاف کشویی جفت می‌شود. وقتی راننده دسته دنده را جابه‌جا می‌کند، این حرکت از طریق میله‌بندی به ماهک روی کشویی منتقل می‌شود. ماهک، غلاف کشویی را به حرکت در می‌آورد و غلاف چرخ‌دنده مورد نظر را روی محور قفل می‌کند. به کمک کشویی می‌توان کاری کرد که چرخ‌دنده‌ها و غلاف‌های کشویی در حوالی زمانی که باید با هم درگیر شوند، با سرعت برابر بچرخند. وقتی این سرعت‌ها با هم برابر باشند، چرخ‌دنده‌ها به نرمی درگیر می‌شوند. کشویی‌ها، مخروط‌های هماهنگ‌کننده‌ای روی چرخ‌دنده‌ها و نیز روی دنده برنجی دارد که در واقع کار یک کلاچ کوچک را انجام می‌دهند. مغزی کشویی با هزار خار به محور خروجی جعبه‌دنده متصل است. غلاف کشویی روی مغزی کشویی جفت می‌شود. وقتی دنده عوض می‌کنیم، غلاف کشویی به طرف چرخ‌دنده مورد نظر می‌رود. این غلاف روی خارهای مغزی کشویی می‌لغزد و خارهایی را با خود جابه‌جا می‌کند. این خارها نیز به دنده برنجی نیرو وارد می‌کنند و آن را به طرف چرخ‌دنده مورد نظر می‌رانند، در نتیجه سطح مخروطی دنده برنجی با سطح مخروطی چرخ‌دنده تماس پیدا می‌کند. اصطکاک بین آنها سبب یکسان شدن سرعت و هماهنگی در چرخش آنها می‌شود. وقتی دنده‌های خارجی دنده برنجی و چرخ‌دنده با یک سرعت می‌چرخند، غلاف کشویی روی آنها می‌لغزد. درنتیجه چرخ‌دنده به محور قفل و تعویض دنده انجام می‌شود. توان از این چرخ‌دنده از طریق غلاف کشویی و مغزی کشویی به محور منتقل می‌شود.

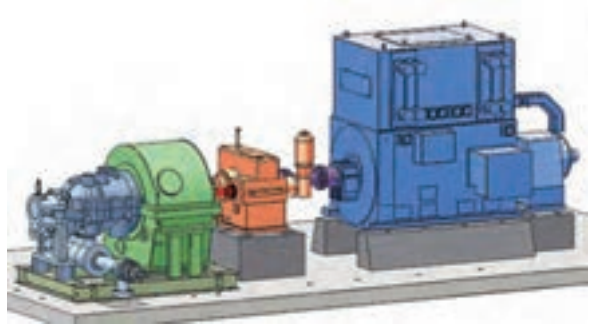
اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب صحیح جعبه‌دنده یا گیربکس

برای انتخاب صحیح گیربکس، سازنده نیاز به اطلاعاتی دارد که فقدان این اطلاعات می‌تواند در کارکرد بدون مشکل گیربکس تأثیرگذار باشد. اطلاعاتی از قبیل کاربرد، توان نامی ورودی، نوع محرک ورودی، دور ورودی، نسبت تبدیل، حداقل و حداکثر دمای محیط، تعداد استارت و استوپ و تجهیزات موردنیاز متعلقه از قبیل درایو کمکی دور آرام، بک استوپ، سیستم روغنکاری اجباری و... و همچنین نقشه‌های گیربکس فعلی (در مواردی که هدف از انتخاب جایگزینی با گیربکس موجود است) همگی در انتخاب صحیح گیربکس‌سازی تأثیرگذار است.

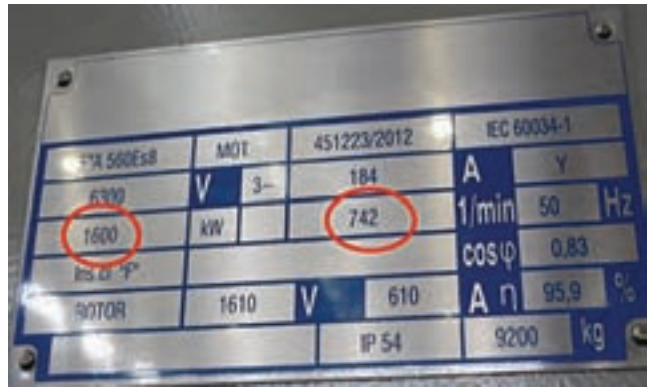
لذا در صورتی‌که مصرف‌کننده، طراح خط تولید و سازنده بتوانند درک مناسبی از هر کدام از این مفاهیم داشته و در عین حال نسبت به انتقال اطلاعات صحیح اقدام نمایند، در نهایت گیربکس‌ساز می‌تواند بهترین انتخاب مناسب را انجام داده و پیشنهاد نماید.

نوع محرک ورودی: محرک ورودی می‌تواند یک موتور الکتریکی، توربین، موتور پیستونی و یا غیره باشد. که هر کدام شوک متفاوتی را به ورودی گیربکس اعمال

می‌نمایند. به عنوان مثال ضریب اطمینان لازم جهت یک **گیربکس صنعتی** با کاربرد معین و توان و دور ورودی مشخص برای وقتی که یک موتور پیستونی با سه سیلندر محرک می‌باشد نسبت به وقتی که محرک از نوع موتور الکتریکی است، بیشتر می‌باشد زیرا موتور پیستونی شوک بیشتری را نسبت به یک موتور الکتریکی به گیربکس وارد می‌نماید.



توان نامی ورودی: این نکته بسیار حائز اهمیت می‌باشد. زیرا به اشتباه برخی وقتی صحبت از توان به میان می‌آید با مراجعه به پلاک گیربکس توان آن را قرائت و اعلام می‌نمایند. حال آنکه در اکثر موارد سازنده به‌جای توان نامی ورودی توان مصرفی را که در زمان سفارش‌گذاری از طرف مشتری یا ماشین‌ساز اعلام گردیده بود به عنوان توان ورودی در نظر گرفته و گیربکس را متناسب با آن انتخاب و تحویل داده است. ولی در حال حاضر به هر علتی از جمله افزایش ظرفیت، استهلاک خط و یا هرگونه تغییر در سیستم می‌تواند توان مصرفی تا توان نامی موتور بالا رفته باشد که بدان معنی است که دیگر گیربکس قبلی دارای ضریب اطمینان مشابه گذشته نخواهد بود و پایین‌تر آمده است. در این خصوص باید توان نامی را از روی دیتاشیت و یا پلاک موتور (محرک) قرائت و به سازنده اعلام نمود.



دور ورودی به گیربکس: دور ورودی یکی از الزامات در ارائه مشخصات اولیه به سازنده می‌باشد تا بتواند علاوه‌بر محاسبات لازم در خصوص ضریب اطمینان قطعات، تمهیدات لازم در خصوص انتخاب یاتاقان‌ها، نحوه روغن‌رسانی، نوع روغن، میزان افزایش دما و غیره را محاسبه نماید.
در بسیاری از موارد مشتری دور ورودی به گیربکس را تغییر داده ولی این تغییرات را به سازنده اعلام نمی‌نماید. این مسئله وقتی حائز اهمیت می‌گردد که با ثابت نگه داشتن توان، دور ورودی به‌وسیله تسمه و پولی، زنجیر و چرخ زنجیر و یا هر سیستم دیگری کاهش یابد و اکثراً این تفکر حاکم می‌باشد که کاهش دور ضرری به گیربکس وارد نمی‌آورد. در حالی‌که با توجه به رابطه با در نظر داشتن توان ثابت وقتی دور کاهش یابد گشتاور افزایش می‌یابد و باعث می‌شود ضریب اطمینان کاهش یابد.

حداقل و حداکثر دمای محیط: تمامی گیربکس‌ها با توجه به راندمان آنها مقداری از توان ورودی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌نمایند. این انرژی گرمایی که در محل درگیری دنده‌ها و یا محل ساچمه‌های بلبرینگ‌ها تولید می‌گردند به‌وسیله روغن از آن محل انتقال می‌یابند. طراح با توجه به نوع طراحی پوسته نوع سیستم روغنکاری و گرید روغن را انتخاب می‌نماید تا دمای گیربکس در حین کارکرد نسبت به دمای محیط بیش از حد مجاز بالاتر نرود. این بدان علت است که افزایش دمای گیربکس باعث انبساط قطعات داخلی و پوسته می‌گردد و معمولاً ضریب انبساط پوسته نسبت به دنده‌ها بالاتر می‌باشد و افزایش دمای بیش از حد باعث افزایش فواصل مراکز و در نتیجه لقی بین دنده‌ها می‌گردد. مضاف بر اینکه ویسکوزیته روغن نیز در دمای بالا کاهش می‌یابد و ممکن است فیلم روغن به‌خوبی مابین دندانه‌ها و یا ساچمه‌های بلبرینگ‌ها تشکیل نگردد.
با توجه به اینکه حداکثر دمای محیط به چه میزان باشد میزان انتقال حرارت مابین پوسته و هوای اطراف تغییر می‌نماید و سازنده می‌تواند با علم به حداکثر دمای محیط در صورت نیاز از سیستم‌های خنک‌کن کمکی همانند فن، کویل‌های خنک‌کن، و سیستم روغنکاری اجباری و مبدل حرارتی استفاده نماید.

تحقیق کنید

Nameplate چیست؟
Lubrication plate چیست؟

پاسخ:

Nameplate نشان‌دهنده مشخصات گیربکس می‌باشد و یا به عبارتی شناسنامه آن است.

به‌منظور انتخاب گیربکس مناسب و بهره‌برداری بهینه از آن، لازم است اطلاعات کافی نسبت به عوامل مؤثر در کارکرد گیربکس را در نظر داشته باشیم:

در شناسنامه و یا پلاک گیربکس اطلاعات زیر وجود دارد

۱ـ نوع گیربکس
۲ـ دور ورودی
۳ـ دور خروجی
۴ـ نسبت تبدیل
۵ـ گشتاور

Lubrication plate نیز همانند nameplate بر روی بدنه جعبه‌دنده یا سایر تجهیزات انتقال قدرت و رانش قرار داشته و نشان‌دهنده نوع روغنی است که باید در آن سامانه استفاده گردد. به‌عنوان مثال ویسکوزیته روغن، کلاس آن و... در روی این ورق مشخصات روانکاری درج گردیده است. گاهی اوقات nameplate و lubrication plate تشکیل‌دهنده یک ورق مشخصات هستند. مانند شکل زیر

علائم ایمنی چیست؟

علائم ایمنی وضعیت ایمن (Safe condition safety signs)

علائم ایمنی وضعیت ایمن، علائمی هستند، که وضعیت ایمنی را برای شما مشخص می‌کنند و یا مسیرهای خروج ایمن را به شما نشان می‌دهند و یا در نهایت یک وسیله یا تجهیزات ایمنی خاصی را به شما نشان می‌دهند.

علائم ایمنی ممنوعیت Prohibition safety signs

شکل هندسی در این علائم دایره است و این دایره به رنگ قرمز می‌باشد. یک خط اریب نیز در این دایره وجود دارد. معنی ترکیب رنگ قرمز با دایره، ممنوعیت است. یعنی شما با مشاهدهٔ علائمی که با دایرهٔ قرمز و خط اریب مشخص شده‌اند، می‌بایست از انجام آن عمل خودداری نمایید. پس علائم ایمنی ممنوعیت، علائمی هستند، که ممنوعیت در انجام کاری را می‌رسانند و با دایره قرمز و خط اریب مشخص می‌شوند.

علائم ایمنی هشداردهنده (Warning safety signs)

شکل هندسی در این علائم یک مثلث متساوی‌الاضلاع است. این مثلث حاشیهٔ مشکی دارد و رنگ داخل آن زرد می‌باشد. معنی ترکیب رنگ زرد با مثلث، یکی از معانی زیر را می‌رساند.

خطر (زمینه قرمز)

هشدار (زمینه نارنجی)

احتیاط (زمینه زرد)

می‌توانید از اینترنت سایر اطلاعات را استخراج نمایید.

محور پروانه

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ توانایی بررسی محور پروانه و نحوه عملکرد آن را داشته باشد.
۲ توانایی بررسی عیوب ایجاد شده در محور پروانه و رفع آن را داشته باشد.
۳ توانایی بررسی و نحوه عملکرد انواع یاتاقان‌ها و اتصالات را داشته باشد.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش افزایی

کوپلینگ:

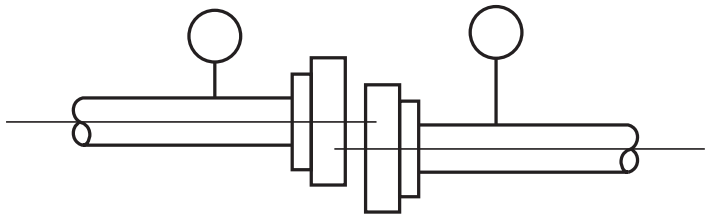
کوپلینگ وسیله‌ای است که برای اتصال دو شفت به‌منظور انتقال قدرت به‌طور معمول کوپلینگ‌ها در حین عملکرد به شفت‌ها اجازهٔ جدا شدن نمی‌دهند گرچه کوپلینگ‌های محدودکنندهٔ گشتاور می‌توانند زمانی که میزان گشتاور از حدی بالاتر برود دچار لغزش و یا جدایی شوند.

کاربرد: هدف اولیهٔ کوپلینگ‌ها این است که دو قطعهٔ دوار را به هم متصل کنند و در عین حال که اجازه انحرافاتی را به آنها می‌دهند. با انتخاب، نصب و نگهداری دقیق کوپلینگ‌ها می‌توان صرفه‌جویی زیادی در هزینه نگهداری و زمان خروج از کارکرد به عمل آورد. کوپلینگ‌های شفت در ماشین‌آلات برای اهداف مختلفی استفاده می‌شوند که معمول‌ترین آنها عبارت‌اند از:

۱ فراهم کردن اتصال شفت‌های دستگاه‌هایی مانند موتور و ژنراتور که به‌طور جداگانه ساخته شده‌اند و همچنین قطع ارتباط در زمان تعمیرات یا جابه‌جایی‌ها
۲ فراهم کردن امکان نامیزانی شفت‌ها و ایجاد انعطاف‌پذیری مکانیکی
۳ کاهش انتقال‌های ناگهانی از یک شفت به شفت دیگری
۴ محافظت در برابر اضافه بار
۵ تغییر خواص ارتعاشی تجهیزات دوار
۶ اتصال بخش درایور
۷ انتقال توان از یک انتها به انتهای دیگر

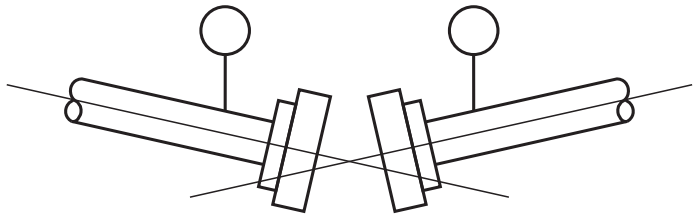
انحراف در کوپلینگ: وقتی دو شفت به هم متصل می‌شوند، به دلایل متعددی می‌تواند انحرافاتی داشته باشد. انحرافات به سه دسته تقسیم می‌شوند:

انحراف محوری: هنگامی که محور دوران شفت‌های اتصالی موازی باشند (منطبق نباشند)، انحراف محوری وجود دارد.



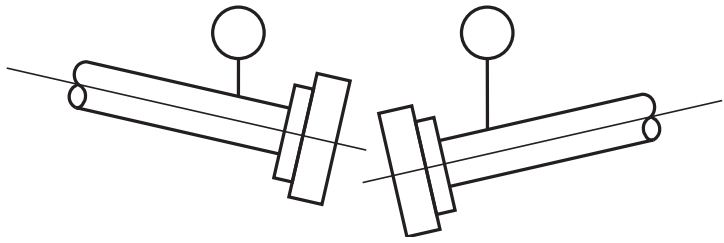
انحراف محوری

انحراف زاویه‌ای: هنگامی که محور دوران شفت‌های اتصالی نسبت به هم زاویه داشته باشند (موازی نباشند)، انحراف زاویه‌ای وجود دارد.



انحراف زاویه‌ای

انحراف مختلط: هرگاه محور دو شفت هم زاویه‌دار باشند و هم، هم‌محور نباشند این نوع انحراف را داریم.



انحراف مختلط

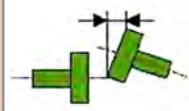
تحقیق کنید

سایر روش‌های اندازه‌گیری اعوجاج و میزان‌سازی در محور پروانه را توضیح دهید

پاسخ:

۱ـ اندازه‌گیری اعوجاج در کوپلینگ

به‌دلیل انعطاف‌پذیر بودن کوپلینگ‌ها، با استفاده از سیستم‌های اندازه‌گیری انحراف، میزان انحراف عمودی و افقی کوپلینگ اندازه‌گیری می‌شود. این سیستم‌های اندازه‌گیری، دقت بالایی دارند. باید درنظر داشت که میزان اعوجاج در کوپلینگ‌ها از حدی فراتر نرود. در غیر این‌صورت نیاز به میزان‌سازی محور پروانه و رفع انحراف آن داریم. از جمله تلرانس‌هایی که این انحرافات را تعیین می‌کند، دور پروانه است (جدول زیر یک نمونه از تلرانس‌های مجاز را برای یک نوع محور پروانه نشان می‌دهد).

	RPM	metric (mm)		Inch (mils)	
		Acceptable	Excellent	Acceptable	Excellent
Short 'flexiblr' couplings Offset: Angualrity Metric values__ Gap difference per 100mm coupling diameter	600	0.19	0.09	9.0	5.0
	750				
	900			6.0	3.5
	1200			4.0	2.5
	1500	0.09	0.06		
	1800			3.0	2.0
	3000	0.06	0.03		
	3600			1.5	1.0
	6000	0.03	0.02		
	7200			1.5	0.5
Inch values__Gap difference per 10 inch coupling diameter 	600	0.13	0.09	15.0	10.0
	750				
	900			10.0	7.0
	1200			8.0	5.0
	1500	0.07	0.05		
	1800			5.0	3.0
	3000	0.04	0.03		
	3600			3.0	2.0
	6000	0.03	0.02		
	7200			2.0	1.0

۲ـ استفاده از جک‌های هیدرولیک (اندازه‌گیری کرنش)

به‌طور کلی در دو طرف یاتاقان، دو عدد جک هیدرولیک به‌همراه یک کرنش‌سنج، نیروهای اعمالی جهت ایجاد کرنش مساوی در دو طرف یاتاقان اعمال می‌کنند. در یک کرنش مساوی از دو طرف، اختلاف نیرو (یا فشار) در این دو جک تعیین‌کننده میزان انحراف یا تغییر شکل محور پروانه است. این اختلاف فشار نباید از حدی فراتر رود.

۳ـ روش نوری (لیزر)

از این روش، به شکل طولی یک پرتو نور قوی مانند لیزر ارسال می‌گردد. تکیه‌گاه این وسیله اپتیکی کاملاً محکم است و هیچ تکانی نمی‌خورد. در طول محور پروانه، هرگاه محورهای پروانه نصب و یا جدا می‌گردند، این پرتو قوی باید دقیقاً در مرکز تک تک محورها از محل اتصال توپی پروانه تا محل اتصال پروانه به صفحه گیربکس جعبه‌دنده باشد.

با این کار می‌توان مطمئن بود که حین نصب و مونتاژ محورهای پروانه، انحراف چندانی به‌وجود نمی‌آید.

تحقیق کنید

با کمک هنرآموز، اجزای تشکیل‌دهنده تکیه‌گاه رانشی را بررسی و تحلیل نمایید.

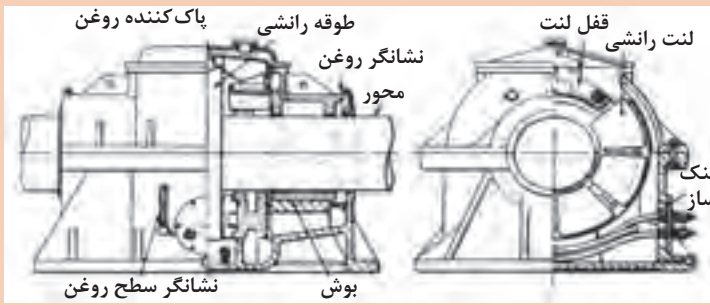
پاسخ:

لنت رانشی: صفحه‌ای است که فشار ناشی از رانش پروانه، از طریق محور پروانه به بدنه شناور منتقل شده و شناور را به حرکت وامی‌دارد.

قفل لنت: هنگام لنگراندازی و عدم حرکت کشتی، این قفل باعث فیکس شدن محور در محل موضعی می‌شود و مانع از چرخش ناخواسته محور پروانه به‌دلیل جریان دریایی می‌گردد.

طوقه رانشی: در اطراف لنت رانشی و به جهت محافظت نصب گردیده است.

نشانگر روغن: تعیین‌کننده روغن در محدوده مجاز در سامانه تکیه‌گاه رانشی است.



مجرای پاشنه

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ بررسی و عملکرد مجرای پاشنه را بداند.

۲ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن را داشته باشد.

۳ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

تحقیق کنید

چه نوع ملاحظات زیست محیطی را در مورد طراحی و ساخت مجرای پاشنه درنظر می‌گیرند؟

پاسخ:

مهم‌ترین روش، استفاده از مجرای پاشنه‌هایی است که با آب دریا روانکاری می‌شوند، تا روغنی وجود نداشته باشد که در دریا نشت کند. همچنین استفاده از قوانین سخت‌گیرانه IMO و سازمان‌های بین‌المللی محیط زیست جهت پیشگیری از آلودگی آب دریا مانند دستورالعمل MARPOL، صورت می‌گیرد. جهت اطلاعات بیشتر می‌توانید به مرجع Craig carter از شرکت تولیدکننده یاتاقان و مجرای پاشنه THORDON مراجعه نمایید.

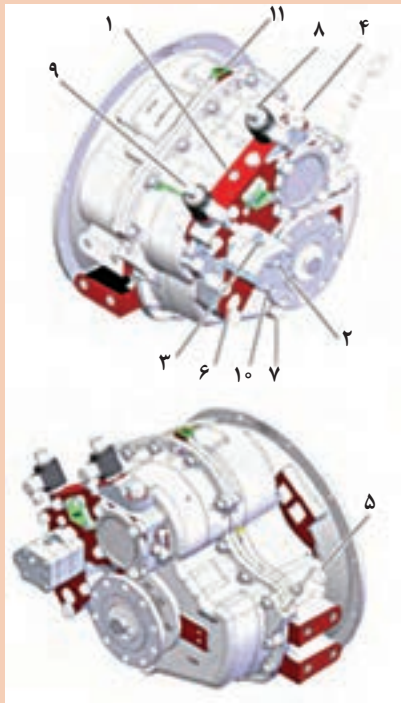
تحقیق کنید

نحوه روانکاری جعبه‌دنده را به کمک هنرآموز فراگیرید:

پاسخ:

در صورت وجود امکانات در کارگاه و دستورالعمل‌های تعویض روغن گیربکس، این کار توسط هنرآموز محترم صورت پذیرد. شکل صفحه بعد، یک نمونه گیربکس و محل‌هایی را که باید روغن ریخته شده و خالی گردد را نشان می‌دهد که وابسته به طراحی و ساخت شرکت سازنده است.

Callout	Component
1	Heat exchanger
2	Oil_in from heat exchanger
3	Oil_out to heat exchanger
4	Breather
5	Oil fill port and oil level gauge
6	Oil level gauge
7	Suction screen
8	Oil drain plug
9	Main pump
10	primary clutch actuating solenoid
11	Forward. with right hand engine rotation driven through forward clutch
12	Holes for eyebolts for lifting marine transmission
13	Secondary clutch actuating solenoid



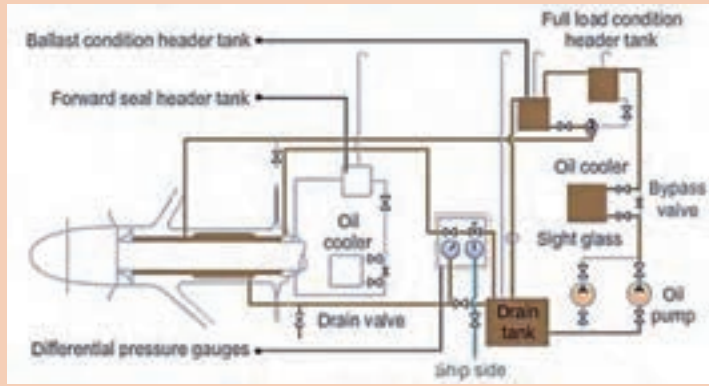
یک نمونه جعبه‌دنده و قسمت‌های مختلف آن، به‌خصوص محل‌های ورود و خروج روغن

کار در کلاس

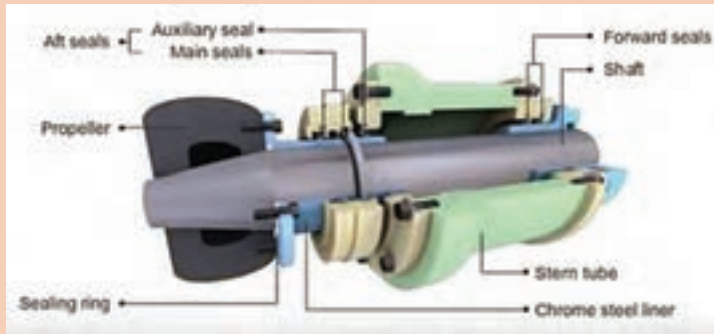
با کمک هنرآموز، مکانیزم عملکرد سامانه روانکاری را بیاموزید.

پاسخ:

مطابق شکل زیر سیستم روانکاری پاشنه کشتی از قسمت‌های مختلفی از جمله مخزن، شیر، لوله، فشارسنج و... تشکیل شده است که روغن در حال چرخش در سیستم در یک مخزن تخلیه (Drain tank) جمع‌آوری می‌شود. بعد از مخزن تخلیه یک پمپ روغن (Oil Pump) قرار دارد که روغن را از مخزن به سمت سردکننده (Oil cooler) می‌برد که در این قسمت دمای روغن پایین می‌آید و به دمای مورد قبول می‌رسد. سرد شدن روغن از طریق آب و هوا انجام می‌شود. روغن سرد شده در تانکر بالا قرار می‌گیرد و از آنجا به اطراف شفت و قسمت‌های مختلف مجرای پاشنه می‌رود. این روغن به طور مداوم در حال چرخش است.

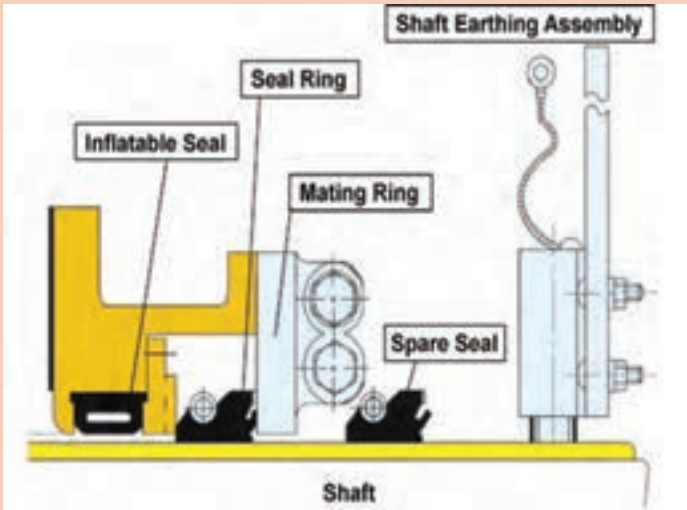


شکل زیر نیز ساختمان داخلی اطراف شفت درون مجرای پاشنه را نشان می‌دهد که رینگ‌های مختلف در آن قرار دارد. و همچنین بستاپ‌های جلویی و عقبی مشخص شده است که برای جلوگیری از نفوذ آب دریا به شناور و نیز نشت روغن یا آب می‌باشد.



کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین جدول زیر را بیابید



تحقیق کنید

در مورد سامانه‌های انتقال قدرت در کشتی، آیا شرکت‌های داخلی موجود هستند که به امر تولید تمام یا بخش‌هایی از اجزای این سامانه‌ها بپردازند؟

پاسخ:

در سامانه‌های انتقال قدرت کشتی، تعدادی از شرکت‌های معرف در جهان و ایران در این زمینه فعال هستند که در ایران در زمینه ساخت شفت و گیربکس شناورها چند شرکت فعال وجود دارد که از جدیدترین روش‌های تولید گیربکس و شفت استفاده می‌کنند. هنرآموزان محترم می‌توانند با جست‌وجو در اینترنت این شرکت‌ها را پیدا کرده و در مورد آنها برای هنرجویان توضیح دهند و یا اگر فیلم در مورد ساخت قسمت‌های مختلف سامانه انتقال قدرت (شفت، گیربکس، یاتاقان و...) را دارند برای هنرجویان به نمایش گذارند.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت	تعمیر و نگهداری مجرای پاشنه و شناسایی اجزای آن	توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه، شناسایی اجزا و تعمیر و نگهداری آن	بالاتر از حد انتظار	ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ـ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. * هنرجو توانایی انجام سه مورد شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ـ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. * هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ـ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. * هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱

ارزشیابی: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت

۱ـ شرح کار:
- جعبه‌دنده، شناسایی اجزا و روش‌های تعمیر و نگهداری آن
- آشنایی با محور پروانه و اجزای آن
- مجرای پاشنه، شناسایی اجزا، تعمیر و نگهداری

۲ـ شرایط انجام کار،ابزار وتجهیزات:
کارگاه مکانیک موتورهای دریایی، و مراجعه به کارخانه‌های تعمیر و نگهداری شناور

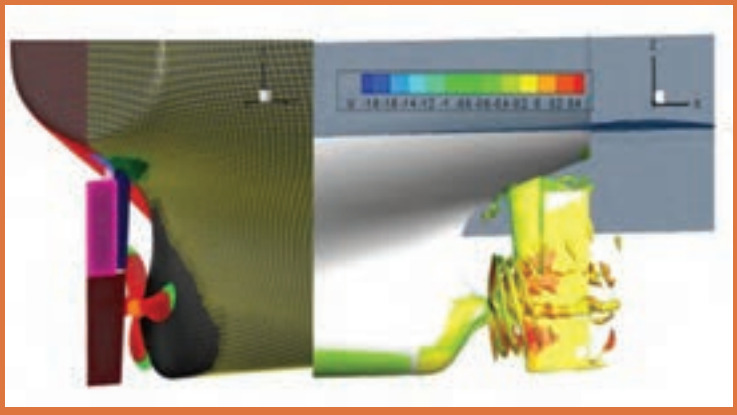
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره‌هنرجو
۱	جعبه‌دنده، شناسایی اجزا و روش‌های تعمیر و نکهداری	۲	
۲	آشنایی با محور پروانه و اجزای آن از جمله خود محور و تکیه‌گاه‌ها	۱	
۳	مجرای پاشنه، شناسایی اجزا، تعمیر و نگهداری	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی‌و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه، ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه، ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر، ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای.		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی۳ است.

فصل پنجم

نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده



نوع درس: نظری ـ عملی

کل ساعت: ۶۰ ساعت

ساعت نظری: ۲۰ ساعت

ساعت عملی: ۴۰ ساعت

واحد یادگیری ۵

نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:

۱ انواع پیش‌برنده را بشناسد.
۲ هندسه پروانه را بشناسد.
۳ تفاوت انواع پروانه‌ها را بررسی کند.
۴ روش نگهداری و تعمیر پیش‌برنده‌ها را بداند و اجرا کند.
۵ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر پیش برنده‌ها را رعایت کند.

روش تدریس فصل

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به‌مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ سعی شود تمامی‌نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فراگرفته و برای همیشه به‌خاطر بسپارند.

۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با سامانه‌های پیش‌برنده کشتی، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکرشده در بخش‌های **دانش افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۵ توصیه می‌گردد با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به‌صورت دست‌نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تاجای ممکن از کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده وخام خودداری شود.

۶ فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به‌دقت اجرا شود و در پایان هرفعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷ از هنرجویان خواسته شود تمامی‌فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ منظور از پیش‌برنده کشتی چیست؟
۲ انواع پیش برنده‌ها در کشتی‌ها کدام‌اند؟
۳ میزان افت راندمان در پیشرانه کشتی به چه‌میزان است؟
۴ متداول‌ترین پیش‌برنده در کشتی‌های تجاری چیست؟
۵ نوع پیش برنده چه تأثیری بر روی ساختمان پاشنه کشتی دارد؟

نگهداری و تعمیر سامانه‌های پش برنده

زمان آموزش	جمع : ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ انواع پیش‌برنده را بشناسد.
۲ هندسه پروانه را بشناسد.
۳ تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند.
۴ روش نگهداری و تعمیر پیش برنده‌ها را بداند و اجرا کند.

ـ شایستگی های غیر فنی

در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

انواع دستگاه‌های پیش‌برنده در کشتی‌ها

سیستم رانش کشتی بخشی از مهندسی دریایی است که به طراحی یا انتخاب تجهیزات و ماشین‌آلات موتورخانه می‌پردازد. نقش اصلی این نیروگاه تولید نیروی کافی برای غلبه بر نیروی مقاومت وارد بر کشتی و تولید نیروی الکتریکی موردنیاز برای مصارف مختلف کشتی است (روشنایی کنترل سیستم‌ها و پمپ‌ها و تجهیزات دریانوردی و...).

سیستم رانش کشتی شامل سه بخش است:

سسیتم نیروی محرکه (موتور)

سیستم انتقال قدرت

سیستم جلوبرنده

در بحث سیستم رانش دو نیروی اصلی مطرح است. یکی نیروی مقاومت که نیروی مقاومت آب در برابر حرکت کشتی است و دیگری نیروی تر است که نیروی جلوبرنده کشتی است که توسط پروانه تولید می‌شود.
به‌طور خلاصه می‌توان انواع نیروی محرکه کشتی را به ۳ دسته کلی تقسیم کرد
نیروی محرکه انسانی
نیروی محرکه بادی
نیروی محرکه مکانیکی

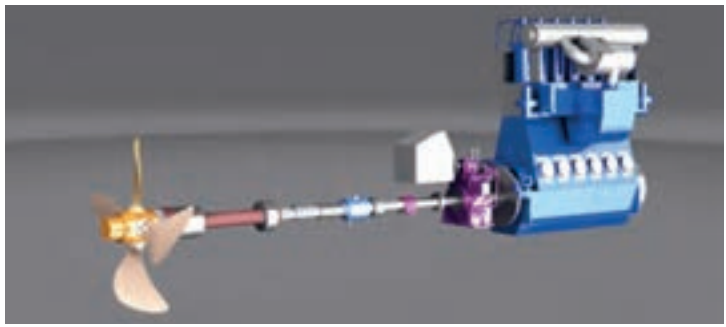
سیستم انتقال قدرت: سیستم انتقال قدرت بین بخش تولیدکننده نیروی محرکه و بخش جلوبرنده قرار دارد و وظیفه اصلی آن تبدیل و یا انتقال انرژی مکانیکی است. سیستم انتقال قدرت گشتاور تولید شده توسط بخش مولد نیروی محرکه را به پروانه و نیروی تراست (جلوبرنده) تولید شده توسط پروانه را به بدنه انتقال می‌دهد.

معرفی فناوری محور سیستم رانش: برای حرکت کشتی باید نیرویی به‌کشتی وارد شود که بر نیروی مقاومت کشتی غلبه کند. این نیرو، نیروی تراست نامیده می‌شود. نیروی تراست توسط سیستم رانش کشتی تولید می‌شود. ویژگی‌های یک سیستم رانش مناسب به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

۱ بازدهی بالا (کمترین مصرف انرژی و تولید بیشترین نیروی تراست).
۲ قابلیت ساخت، نصب، نگهداری و تعمیرات آسان
۳ هزینه پایین
۴ جانمایی آسان در کشتی

اجزای سیستم رانش کشتی به صورت زیر است:

- نیروی محرکه اصلی
- سیستم انتقال قدرت
- رانش‌دهنده



اجزای سیستم رانش کشتی

نیروی محرکه اصلی برای حرکت کشتی می‌تواند از روش‌های زیر تأمین شود:

ـ موتور دیزل(Diesel engine):

موتوری است که با احتراق سوخت انرژی تولید می‌کند. که انواع موتور دیزل به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

۱ موتورهای دور پایین (کمتر از ۲۵۰ دور در دقیقه)

۲ موتورهای دور متوسط (بین ۲۴۰ تا ۹۶۰ دور در دقیقه)

۳ موتورهای دور بالا (بیشتر از ۹۶۰ دور در دقیقه)

انواع موتورهای دیزل برحسب سیکل کاری هم به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

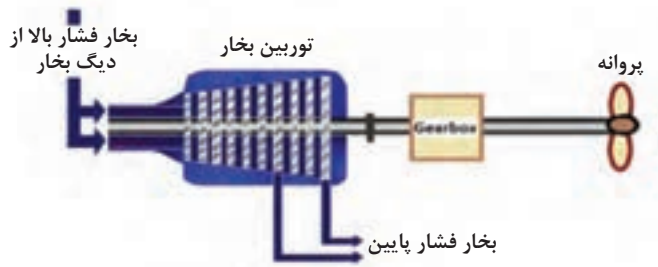
۱ موتورهای دو زمانه

۲ موتورهای چهار زمانه

تصاویری از موتورهای دیزل

ـ توربین بخار

در این نوع از توربین‌ها، بخار آب با فشار بالا وارد یک سری از پره‌ها می‌شود و باعث چرخیدن پره‌ها و شفت متصل به آنها می‌گردد. محور دور خروجی توربین را به گیربکس منتقل کرده و گیربکس دور مورد نیاز پروانه کشتی را تولید می‌کند

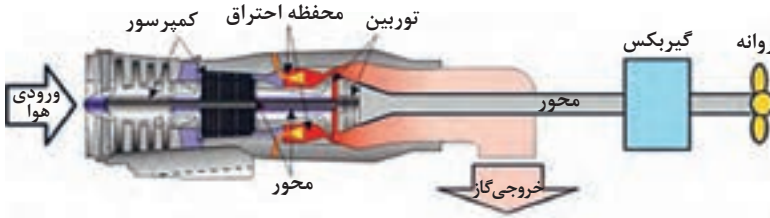


شماتیک عملکرد توربین بخار

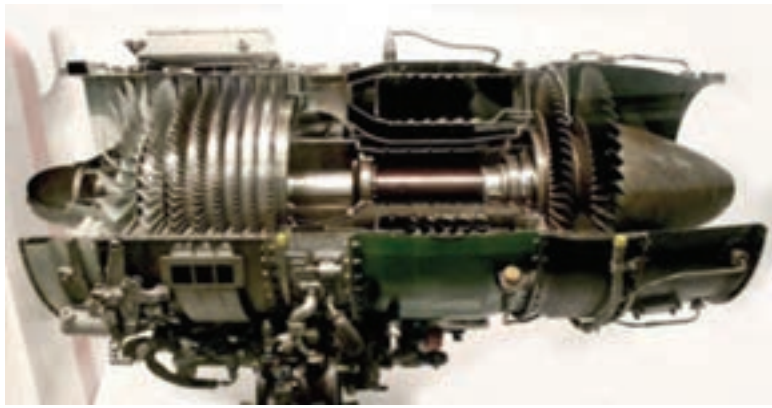
تصویری از توربین بخار

ـ توربین گاز:

در این نوع توربین‌ها، ابتدا هوا وارد کمپرسور می‌شود و فشار آن افزایش می‌یابد. در ادامه، هوا با فشار بالا وارد محفظه احتراق شده و در اثر تزریق گاز، احتراق صورت می‌گیرد. در اثر احتراق، گازهای داغ با فشار و سرعت بالا تولید و وارد توربین می‌شود. این کار باعث چرخش توربین و محور آن می‌شود. این محور به گیربکس متصل است و گیربکس دور مورد نیاز پروانه را تولید می‌کند



تصویر توربین گاز و شماتیکی از عملکرد آن



تصویری از توربین بخار

اگر توربین گاز را با توربین بخار و موتور دیزل مقایسه کنیم به تفاوت‌های زیر دست پیدا می‌کنیم:

مزایا:

نسبت قدرت به وزن بالا
سرعت بالاتر
اندازه کوچک‌تر.
اجزای متحرک کمتر و در نتیجه ارتعاشات کمتر و نیاز کمتر به روان‌کاری.

معایب:

- قیمت بالا
- راندمان کمتر
- زمان شروع به‌کار طولانی نسبت به موتور دیزل
- زمان پاسخ‌دهی طولانی در زمان تغییر دور.

سیستم انتقال قدرت: سیستم انتقال قدرت از شفت‌ها، جعبه‌دنده (گیربکس) و یاتاقان‌هایی تشکیل شده است که قدرت را از نیروی محرکه اصلی به رانش دهنده (به‌عنوان مثال پروانه) انتقال می‌دهد.

شماتیکی از سیستم انتقال قدرت در سیستک پیش‌رانش کشتی

پیش‌برنده‌ها:

به‌طور کلی فناوری پیش‌برنده‌های دریایی جهت ایجاد نیروی رانش به‌منظور غلبه بر مقاومت شناور و حرکت در آب استفاده می‌شوند. پیش‌برنده یکی از مهم‌ترین اجزای متحرک‌های دریایی است و در تمامی‌دوره‌ها همواره سعی در جهت ارتقای آن از نظر قدرت رانش قابل تأمین و بازده شده است. قابلیت‌های مختلفی از شناورها در طی عملیات در ارتقای سیستم‌های پیش‌برنده تأثیرگذار بوده‌اند. این پارامترها عبارت‌اند

از سرعت، مانور، عملکرد هیدرودینامیکی، بهینه‌سازی آکوستیکی و عملکرد سازه‌ای که جهت حصول این توانایی‌ها بهینه‌سازی پیش‌برنده کشتی امری ضروری است.
از انواع فناوری‌های مورد استفاده در پیش‌برنده‌های دریایی می‌توان به پروانه با گام ثابت، پروانه با گام قابل کنترل، پروانه‌های معکوس گرد، پروانه‌های همپوشان، پروانه‌های نیمه مغروق، پروانه‌های داکت دار، پروانه‌های غلاف‌دار، محرکه جت بخار، محرکه الکتریکی ابررسانا، پمپ جت و واتر جت اشاره کرد. شکل صفحه قبل نمونه‌ای از پروانه با گام ثابت را نشان می‌دهد. در این نوع پروانه‌ها، زاویه‌بین پره و هاب و وضعیت پره نسبت به هاب ثابت است. این پروانه‌ها به روش یکپارچه و چند مرحله ساخته می‌شوند پروانه با گام قابل کنترل نشان داده شده است. در این پروانه‌ها، بسته به مأموریت مورد نظر شناور و براساس شرایط مختلف، گام پروانه قابل تغییر بوده و مانور و عملکرد هیدرودینامیکی شناور را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

رانش دهنده‌ها

توان گرفته شده از محرکه اصلی را به نیروی تراست کشتی تبدیل می‌کنند. انواع رانش دهنده‌ها در کشتی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

ـ سیستم رانش پروانه

ـ سیستم پروانه ثابت

این پروانه‌ها از چند پره تشکیل شده است که برروی یک توپی نصب می‌شوند. این نوع پروانه بیشترین کاربرد را در کشتی‌ها دارد. پروانه‌های گام ثابت می‌تواند دارای دو تا هفت پره (براساس فرکانس ارتعاشی بدنه، سازه و ماشین‌آلات و تعداد سیلندر موتور) باشند. کاربردهای شناورها بسته به تعداد پره ها از قرار زیر است:

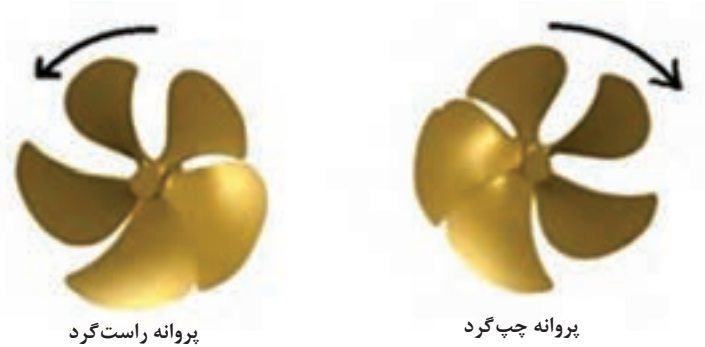
- **دو پره:** شناورهای تفریحی و قایق‌های موتوری کوچک.
- **سه پره:** موتورهای سرعت بالا و متوسط (ماهیگیری، یدک‌کش، قایق موتوری)
- **چهار پره و بالاتر:** شناورهای تجاری و تانکرهای بزرگ.

تصویری از پروانه کشتی

ـ پروانه‌های چپ‌گرد و راست‌گرد

اگر جهت چرخش پروانه ساعت‌گرد باشد: راست‌گرد

اگر جهت چرخش پروانه پادساعت‌گرد باشد: چپ‌گرد



پروانه راست‌گرد　　پروانه چپ‌گرد

پروانه‌های چپ گرد و راست گرد

بیش از ۹۰ درصد شناورهای تک پروانه از پروانه‌های راست‌گرد استفاده می‌کنند.

ـ پروانه های با گام متغیر (CCP): در این نوع پروانه برخلاف پروانه با گام ثابت، پره‌ها بر روی توپی ثابت نیستند و قابلیت تغییر جهت را دارند. این تغییر جهت باعث تغییر گام پروانه می‌شود.

تصاویری از پروانه‌های گام متغیر

مزایای CPP نسبت به پروانه‌های گام ثابت به شرح زیر است:

۱ بازدهی بیشتر و در نتیجه کاهش مصرف سوخت.

۲ قابلیت مانور بهتر کشتی (قابلیت حرکت به عقب بدون نیاز به دور معکوس موتور).

۳ عدم نیاز به گیربکس (تغییر سرعت با تغییر گام پروانه).

معایب CPP نسبت به پروانه های گام ثابت به صورت زیر است:

۱ ساختمان نسبتاً پیچیده.

۲ بالا بودن هزینه ساخت.

۳ تعمیر و نگهداری بیشتر.

تعریف حالت Feathering در منابع به‌صورت زیر بیان شده است:

در شناورهایی که دارای چند پروانه می‌باشند، بعضی اوقات لازم است یکی از پروانه‌ها از دور خارج شود. در این‌حالت، تیغه‌های پروانه‌ها تقریباً در امتداد طول کشتی قرار می‌گیرند و درنتیجه مقاومت هیدرودینامیکی پروانه به‌حداقل می‌رسد.

تصویری از حالت feathering در پروانه ها

ـ پروانه‌های عکس چرخنده: این سیستم شامل دو پروانه می‌باشد که پشت سرهم بر روی یک شفت نصب می‌شوند.

- قطر پروانه عقبی (نزدیک به سکان) کوچک‌تر از پروانه جلویی می‌باشد.
- دارای دو شافت هم محور می‌باشد که پروانه جلو روی شافت بیرونی و پروانه عقب روی شافت داخلی نصب می‌شود. در این حالت سرعت دو پروانه می‌تواند متفاوت باشد.

مزایای پروانه های عکس چرخنده (CRP) به‌صورت زیر عنوان می‌شود:

- استفاده از انرژی جریان پروانه اول (افزایش بازدهی)
- خنثی شدن گشتاورهای وارد بر کشتی (مانور بهتر)
- کاهش بار بر روی سطح هر پره و افزایش راندمان

معایب:

- شافت پیچیده (عدم کاربرد درشتی‌های بزرگ با شافت طولانی).
- خطر کاویتاسیون در پروانه دوم.

– پروانه‌های متداخل

- دو پروانه درکنار هم و با یک فاصله طولی نصب می‌شوند.
- فاصله بین دو شافت: ۰/۸D – ۰/۵D

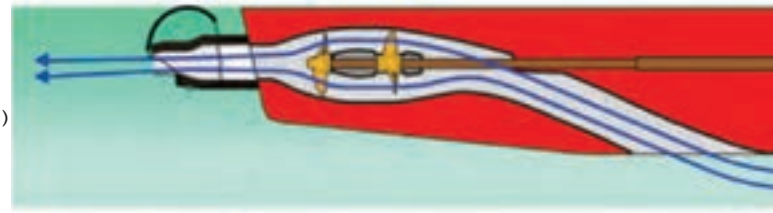
مزیت اصلی: استفاده از انرژی میدان و یک افزایش راندمان

- جهت چرخش آنها به‌سمت بیرون می‌باشد. یعنی پروانه سمت راست ساعت‌گرد و پروانه سمت چپ پادساعت‌گرد می‌چرخد.

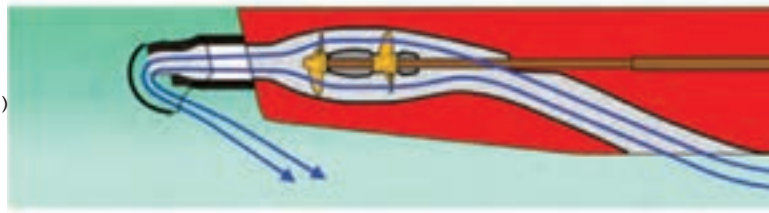
واتر جت :(Water jet)

واترجت از سیستم‌های مدرن رانش می‌باشد که می‌تواند در شناورهای مسافربری یا شناورهای تندرو استفاده شود. اصول کار واتر جت به این صورت است که این سیستم آب دریا را از مدخل ورودی (inlet) مکیده و توسط پمپ به آن سرعت می‌دهد و از قسمت خروجی به بیرون پرتاب می‌کند. در نتیجه نیرویی به سمت جلو به شناور وارد می‌شود.

(۱)



(۲)



تصاویری از طرز کار واترجت‌ها

در این حالت نیروی محرکه می‌تواند موتور الکتریکی یا توربین گاز باشد.
در محل خروجی آب یک دهانه با قابلیت تغییر زاویه تعبیه شده است که می‌تواند باعث تغییر زاویه آب خروجی از نازل شود که در واقع وظیفه سکان و مانورپذیری شناور را انجام می‌دهد. خروجی واترجت معمولاً نزدیک سطح آب قرار دارد. سیستم واترجت یک سیستم رانش با قدرت مانور بسیار بالا می‌باشد.

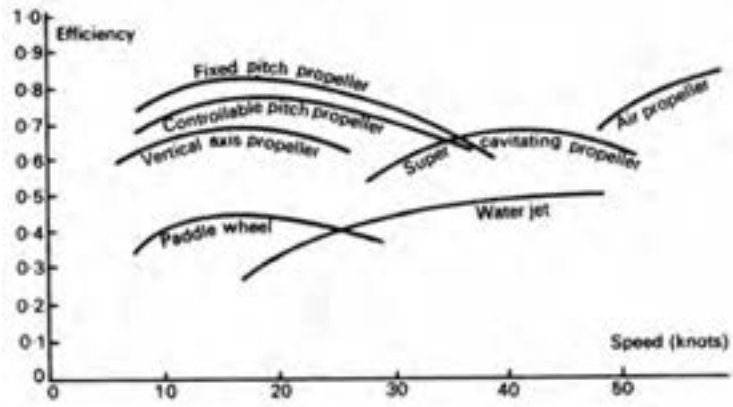
سیستم رانش آزیموت:

این سیستم شامل چند پروانه (۴ یا بیشتر) در زیر بدنه می‌باشد که این پروانه ها می‌توانند به صورت ۳۶۰ درجه بچرخند.

تصویری از سیستم رانش آزیموت

مقایسه انواع سامانه‌های رانش

چنانچه بخواهیم به‌صورت ساده یک معیار انتخاب سامانه پیش‌برنده را برای شناور دلخواه موردبررسی قرار بدهیم می‌توان از نمودار زیر بهره گرفت. در این نمودار محور افقی سرعت حرکت کشتی و محور عمودی، بازدهی سیستم رانش است.



انتخاب نوع سیستم رانش موردنیاز برحسب سرعت شناور

کار در کلاس

با کمک هنرآموز خود، چگونگی استفاده از سامانه‌های رانش را موردبررسی دقیق قرار دهید.

پاسخ:

با توجه به نمودار بالا می‌توان چنین بیان نمود که شناورهای قدیمی‌که دارای سرعت پایینی بودند از پیش‌برنده نوع چرخ پدالی (Paddle Wheel) بهره می‌بردند. برای شناورهایی که سرعتی در حدود ۱۰ تا ۳۵ پره دریایی می‌باشند بایستی از پیش برنده پروانه‌ای بهره برد. البته توجه داشت که پروانه گام ثابت دارای بازدهی بیشتری نسبت به پروانه گام متغیر و پروانه محور عمودی می‌باشند.

برای قایق‌های تندرو و شناورهای نظامی و مسافری تندرو که سرعتی بین ۳۰ تا ۵۰ گره دریایی می‌باشند می‌توان از سیستم رانش واترجت و پروانه‌های سوپر کامیتاسیونی استفاده نمود. البته در این بازه سرعتی میزان بازده سیستم رانش سوپر کاویتاسیون دارای بازدهی بالاتری می‌باشند. البته باید توجه داشت که این نوع پیش‌برنده و واتر جت بازدهی کمتری از سیستم پروانه‌ای و به‌خصوص پروانه گام ثابت دارند.

برای هوا ناوها و اثر سطحی نیز که دارای سرعت بالای ۵۰ گره دریایی بهترین سیستم رانش ملخی می‌باشد. البته امروزه از پروانه‌های نیمه مغروق نیز در این بازه سرعتی بسیار استفاده می‌شود.

سامانه رانش پروانه‌ای:

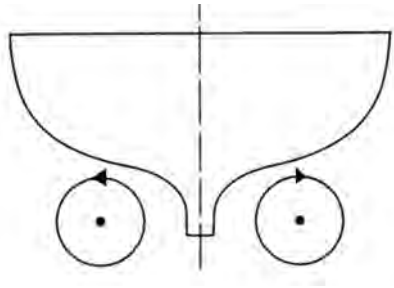
پروانه، برای ایجاد تراست موردنیاز جهت غلبه بر مقاومت شناورها استفاده می‌شود که در آن حرکت چرخشی، به نیروی پیش‌رانش تراست تبدیل می‌شود. به‌طورکلی پروانه‌ها نیروی رانش‌شان را براساس قانون سوم نیوتن و اصل برنولی و به‌وسیله اختلاف فشار بین جلو و عقب پره‌ها به وجود می‌آورند.

اصول عملکرد پروانه‌های دریایی

اساساً، پروانه‌های چرخشی ممکن است به‌عنوان قسمتی از یک سطح حلزونی درنظر گرفته شوند که می‌چرخند و چرخش آنها باعث رانش وسیله روبه‌جلو و آب رو به عقب می‌شود. برخی پروانه‌ها، پره‌های قابل‌کنترل دارند. آنها را پروانه‌های با گام قابل‌کنترل گوییم؛ اما اکثر پروانه‌ها، پره‌های ثابتی دارند عموماً پروانه‌های شناورهای زیرسطحی از نوع گام ثابت هستند و در این تحقیق نیز بررسی‌ها بر روی این نوع پروانه‌ها انجام می‌پذیرد.

جهت چرخش پروانه‌ها برای ایجاد تراست روبه‌جلو می‌تواند در هرجهت دلخواه طراحی شوند. اگر در نگاه از پشت کشتی، آنها در جهت عقربه‌های ساعت بچرخند، پروانه‌های

راست‌گرد نامیده می‌شوند. اگر درخلاف جهت عقربه‌های ساعت بچرخند، پروانه‌های چپ‌گرد نامیده می‌شوند. معمولاً در یک وسیله دو پروانه‌ای، پروانهٔ سمت راست وسیله راست‌گرد و پروانهٔ سمت چپ چپ‌گرد است. یعنی آنها مانند شکل زیر می‌چرخند. گفته می‌شود که آنها برون‌گرد هستند.



چرخش معمول پروانه‌ها در یک کشتی دو پروانه‌ای. نمای شناور از پشت.

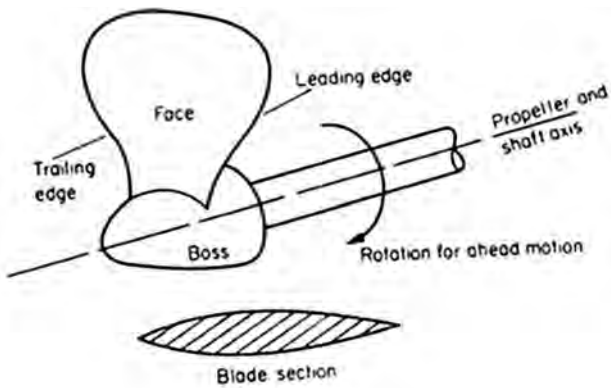
در توجه به هر پرهٔ پروانه، روی پره، سطحی است که در نگاه از پشت دیده می‌شود یعنی وقتی تراست روبه‌جلو تولید می‌شود آن سطح رانش است. سطح دیگر پره پشت آن است.

لبهٔ ورودی پره لبه‌ای است که هنگام تولید تراست روبه‌جلو در آب فرو می‌رود و لبهٔ دیگر، لبهٔ خروجی نامیده می‌شود. با ثابت ماندن بقیهٔ چیزها، تراست ایجاد شده توسط پروانه مستقیماً با مساحت سطح پره صرف‌نظر از نافی تغییر می‌کند. این مساحت می‌تواند به چند روش بیان شود.

سطح پرهٔ گسترش یافتهٔ پروانه: مجموع مساحت‌های روی تمام پره‌هاست.

سطح تصویر شده: تصویر پره‌هاست در صفحهٔ نرمال بر محور پروانه یعنی محور شفت.

سطح دیسک: سطح دایره‌ای است که از نوک پره‌ها عبور کرده و بر محور پروانه نرمال است.



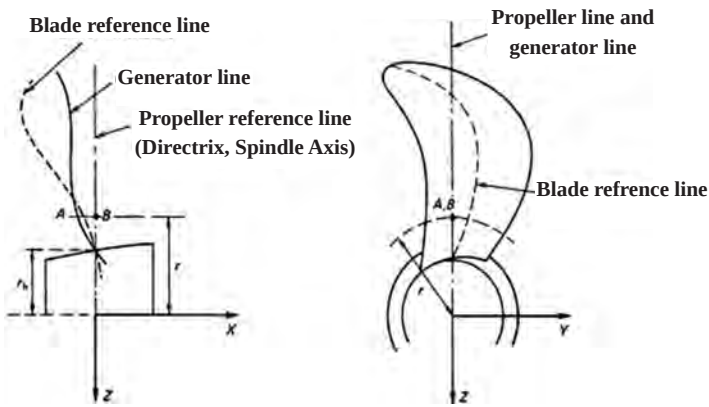
اصطلاحات به‌کاررفته در پروانه

امروزه در کارهای بدون بعد، نسبت سطح پره استفاده می‌شود. این نسبت سطح گسترش‌یافتهٔ پره‌ها به سطح دیسک است.
اگر تغییرات طول نسبت به شعاع را داشته باشیم می‌توانیم با انتگرال‌گیری سطح پرهٔ واقعی را به‌صورت تحلیلی به‌دست آوریم. این سطح به‌سطح گسترش‌یافته معروف است.
در برخی کارهای ابتدایی، مفهوم نسبت سطح دیسک به‌کار گرفته می‌شد که سطح گسترش‌یافته به‌دلیل وجود نافی افزایش می‌یافت. فرود نشان داد که اختلاف سطح به‌دلیل وجود نافی حدود ۲۵ درصد سطح گسترش‌یافته است اما گاون از ۱۲/۵ درصد استفاده کرد.
یک سطح مارپیچ واقعی از چرخش یک خط حول یک محور نرمال بر خود و پیشروی در جهت آن محور با سرعت ثابت ایجاد می‌شود. فاصلهٔ پیشروی خط در یک دور کامل، گام نامیده می‌شود. برای پروانه‌های ساده، گام در تمام نقاط روی پروانه ثابت است. این گام، گام روی پره پروانه نامیده می‌شود و نسبت آن به قطر پروانه سنجیده می‌شود.
فاصله پیشروی پروانه در یک دور چرخش بدون تولید تراست، گام محاسباتی (تئوری) نامیده می‌شود. در عمل این گام بزرگ‌تر از گام هندسی پروانه است. هنگامی‌که تراست تولید می‌شود، پیشروی پروانه به ازای هر دور چرخش، کمتر از گام محاسباتی است. این تفاوت، لغزش نامیده می‌شود.
ضرورت پژوهش موردنظر را در حوزه عملکرد هیدرودینامیکی برای پروانه‌های کلاس زیرسطحی می‌توان از چند دیدگاه مختلف بررسی نمود. از آنجایی‌که رانش زیرسطحی مبتنی بر ذخیره انرژی باتری‌های شناور است؛ با توجه به محدودیت منابع انرژی رانشی شناور، بایستی پروانه به‌عنوان مهم‌ترین المان رانشی در شرایط بهینه باشد تا دستیابی به‌شرایط برد و عملیات شناور حصول یابد. در این تحقیق نیز فاکتورهای هندسی تأثیرگذار برروی راندمان هیدرودینامیکی پروانه مورد ارزیابی قرارگرفته است و رسیدن به شرایط بهینه برای پروانه منوط به تحلیل این فاکتورها است.

پروانه‌ها، اجسامی بسیار پیچیده و مارپیچی هستند، که برای درک بهتر عملکرد هیدرودینامیکی پروانه چه ازنظر تجربی و چه ازنظر تئوری، فهم و یادگیری هندسه پروانه و تعاریف مرتبط با آن امری مهم و ضروری به‌شمار می‌رود.
برای ارائه اطلاعات هندسی پروانه‌ها، هریک از سازندگان پروانه‌ها از راه مخصوص استفاده می‌کنند، از جمله این راه‌ها می‌توان به استفاده از آزمایشگاه و رایانه و... اشاره کرد. تفاوت اصلی این روش‌ها در جزئیات پروانه است و مفاهیم و تعاریف کلی هندسه پروانه در تمامی آنها یکسان است.

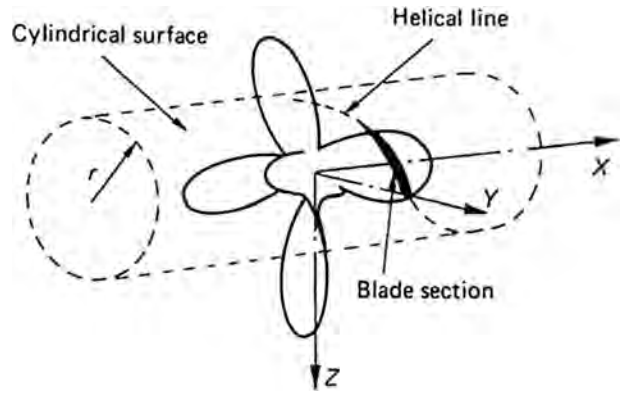
خطوط مرجع پروانه

تیغه پروانه با یک خط نرمالی تعریف می‌شود که «خط مرجع پروانه» نامیده می‌شود. در این حالت در پروانه‌های با گام متغیر گزینه spindle axis با خط مرجع پروانه یکسان می‌آید. خط مرجع پروانه، خطی است که تیغه پروانه را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. در شکل زیرمی‌توان، ترم spindle axis و خط مرجع را نسبت به هم مشاهده کرد. این خطوط، خطوط تکرارشونده می‌باشند و به‌طور ضروری در دستگاه مختصات کارترین که در قسمت قبل توضیح داده شد، قابل‌تعریف نمی‌باشند.



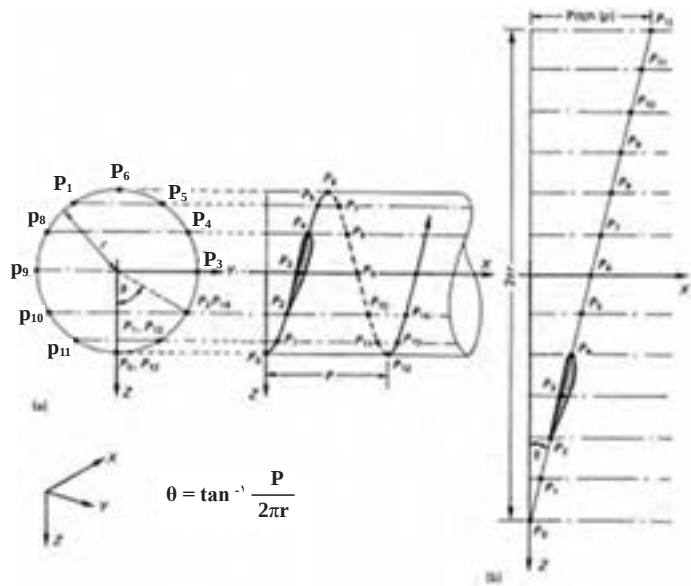
خطوط مرجع پره

اگر یکی از تیغه‌های پروانه را برش بزنیم، مقطع ایروفویل به وجود می‌آید. در اثر گردش پروانه حول شفت، مقطع ایروفویل صفحه‌ای را می‌سازد که به آن صفحه سیلندری گفته می‌شود. این مقطع ایروفویل در اثر گردش پروانه و حرکت کشتی روی یک مسیر مارپیچی حرکت می‌کند که به آن helical line گویند و این خطوط مارپیچی باعث تولید صفحه سیلندری می‌شوند. در شکل صفحه بعد سیلندری و helical line نمایش داده‌شده است.



تعریف صفحه سیلندری پروانه

گام پروانه: نقطه‌ای فرضی p را روی سطح سیلندری به شعاع r را در نظر می‌گیریم. این نقطه همان نقطه ابتدایی p۰ است که در شکل زیر نمایش داده‌شده است. با گردش پروانه، نقطه p۰ مسیر مارپیچی خود را روی سطح سیلندری طی می‌کند. معادله مسیر حرکت نقطه p و تولید نقاط p۰، p۱، p۲ در زیر آمده است.



معرفی گام پروانه

$$\begin{cases} X = f(\varphi) \\ Y = r\sin(\varphi) \\ Z = r\cos(\varphi) \end{cases}$$

زاویه φ، زاویه دوران صفحه $y-z$ در شعاع r نسبت به محور oz در مختصات مرجع عمومی‌است. زمانی که زاویه φ برابر با 360° یا 2π رادیان شود، یعنی پروانه یک دور کامل را بزند، نقطه p از $p0$ تا $p12$ را طی می‌کند. که این نقاط در مسیر مارپیچی نمایش داده‌شده است. حال فاصله بین $p0$ تا $p12$ در امتداد محور x را گام پروانه می‌نامیم و با p نمایش می‌دهیم. نقاط $p0$ و $p12$ نقاطی‌اند که صفحه xz را قطع کرده‌اند، یعنی زمانی که پروانه یک دور کامل را بزند، نقطه p صفحه xz را در سطح سیلندری، دو ب قطع می‌کند.

اگر سطح سیلندری را باز کنیم، به شکل صفحه قبل درمی‌آید که مکان هندسی نقاط p در امتداد خط راست را نمایش داده که در اثر گردش 2π رادیان پروانه ایجادشده است.

سطح تصویر شده مسیر مارپیچی، در اثر گردش 2π رادیان امتداد خط راست برابر با $2\pi r$ و مقدار فاصله‌ای که از یک نقطه در اثر گردش یک دور کامل پروانه به سمت جلو حرکت می‌کند در راستای محور ox و به فاصله 2π، برابر با p است و بر این زاویه مارپیچی و یا زاویه گام پروانه طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\theta = tg^{-1}(\frac{p}{2\pi r})$$

بدین ترتیب، p را گام پروانه و θ را زاویه گام پروانه می‌نامند.

بنابراین معادله زیر که معادله مسیر مارپیچی بود را می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

$$\begin{cases} X = r\varphi tg\theta \\ Y = r\sin(\varphi) \\ Z = r\cos(\varphi) \end{cases}$$

چندین تعریف برای گام پروانه وجود دارد که برای آنالیز پروانه مهم است. اگرچه تعریف گام پروانه در فنّاوری پروانه (پیش برنده) به مسیری مارپیچی روی سطح سیلندری برمی‌گردد، ولی در طراحی چرخ‌دنده، گام به فاصله بین دندانه‌ها اشاره می‌کند.

ترم‌های مهم گام پروانه به صورت زیر می‌باشند:

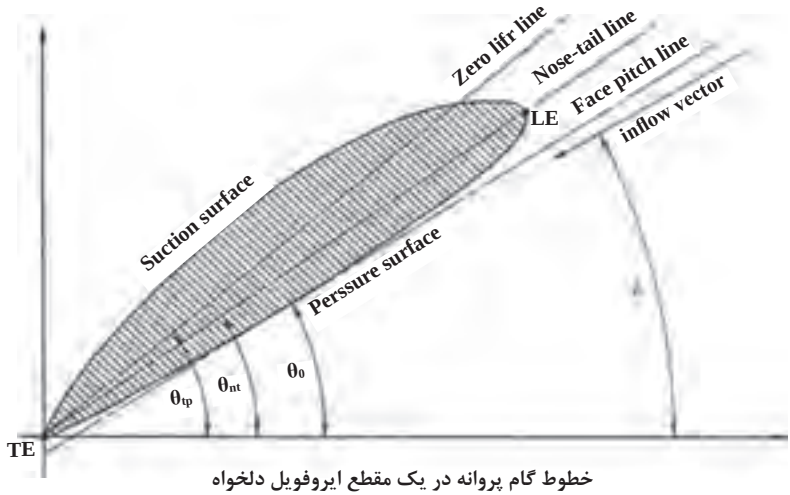
۱ گام دماغه-دم

۲ گام صورت

۳ گام مؤثر

۴ گام هیدرودینامیکی

اختلاف بین این ترم‌ها بسیار در آنالیز پروانه مهم است.
شکل زیرخطوط گام پروانه را در یک مقطع ایروفویل دلخواه نمایش می‌دهد.



خطوط گام پروانه در یک مقطع ایروفویل دلخواه

خط گام دماغه-دم (nose – tail) امروزه بیشتر مدنظر سازندگان و طراحان پروانه است و زاویه گام را برای این خط با θ_{nt} نمایش می‌دهند.
این خط اهمیت هیدرودینامیکی ویژه‌ای دارد و خطی است که نوک مقطع را به انتهای آن، به‌طور مستقیم وصل می‌کند.
گام رخ (Face Pitch)، بیشتر برای پروانه‌های بزرگ‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما در طراحی‌های قدیمی‌تر از این خط استفاده می‌شده است و امروزه گاهی در طراحی پروانه‌های کوچک نیز از این خط مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان‌مثال سری پروانه‌های B Wageningen از این خط گام به‌عنوان یک استاندارد برای بیان خواص شرایط Open water استفاده می‌کند. Face pitch، هیچ اهمیت هیدرودینامیکی ندارد؛ اما یک پارامتری است که سازندگان و طراحان پروانه‌ها از آن برای معرفی عملکرد پروانه استفاده می‌کنند. خط گام Face در واقع خطی است که بر سطح فشار مماس است و این خط یک خط یکتا و مشخص نیست و اصولاً خطوط زیادی را می‌توان سطح فشار مماس کرد. لذا خط گام Face واحد نیست.

تحقیق کنید

تعریف انواع مختلف گام شامل: ۱- گام دماغه- دنباله ۲- گام رخ ۳- گام مؤثر ۴- گام هیدرودینامیکی، با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ:

گام دماغه ـ دنباله: گام متأثر از زاویه بین خط افقی و خط مابین دماغه ـ دنباله در شکل صفحه قبل بوده و به‌عنوان مرجع اصلی سازندگان برای تعریف پره به‌کار می‌رود.

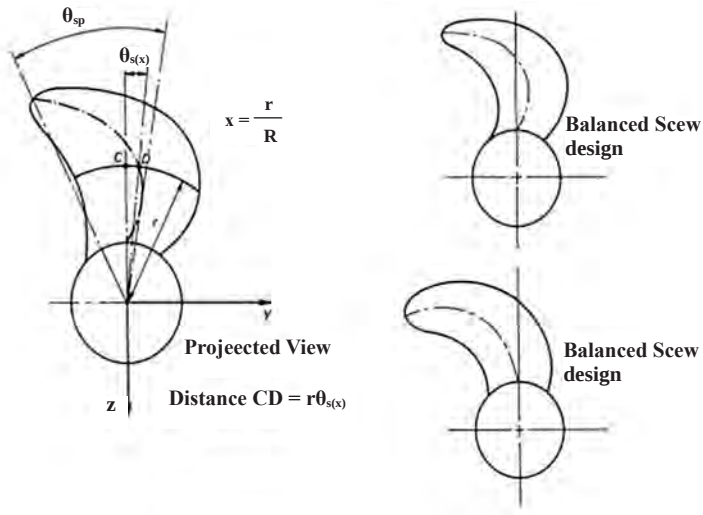
گام رخ: گام متأثر از حرکت رخ پره

گام مؤثر : گام ترکیب گام دماغه ـ دنباله و گام متأثر از زاویه لیفت صفر

گام هیدرودینامیکی: گام متأثر از زاویه‌ای که جریان سیال در آن به مقطع پروانه برخورد می‌کند

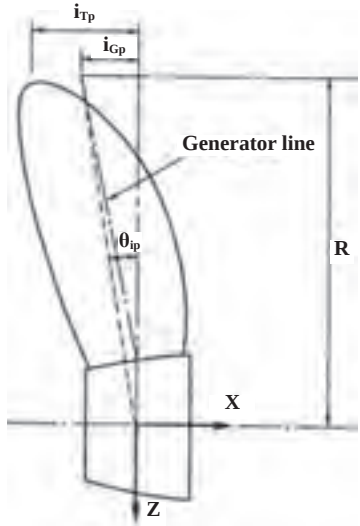
زاویه ریک و اسکیو پروانه: زاویه ریک و اسکیو پروانه به‌واسطه مارپیچی بودن پروانه در صفحات متفاوت تعریف می‌شود و در هرکدام از این صفحات میزان این زوایا متغیر است.

شکل زیر، اختلاف زاویه بین خط مماس بر mid- chord در مرکز هاب و خط هادیی که در نقاط مختلف mid- chord و مرکز هاب قرار دارد را نمایش می‌دهد. بزرگترین زاویه اسکیو، بین خط مماس بر mid- chord و نوک تیغه در مرکز هاب، است.



عریف اسکیو

معمولاً پروانه‌ها به دو صورت balanced skew، Biased Skew می‌شوند. پروانه‌هایی که به‌صورت Balanced skew طراحی می‌شوند، خط مرکز شفت پروانه، chord_mid را حداقل در ۲ نقطه قطع می‌کند. ولی پروانه‌هایی که به‌صورت Biased skew طراحی می‌شوند، خط مرکزی شفت پروانه و ریشه (root) پروانه بر mid- chord مماس است. θ_{ip} و i_p در نوک تیغه پروانه مطابق روابط زیر به دست می‌آید و در شکل زیر نمایش داده‌شده است.



θ_{ip} و i_p در نوک تیغه پروانه

تحقیق کنید

انواع مقاطعی که در پره پروانه‌های دریایی استفاده می‌شود با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ:

مقاطع پره گسترش یافته مورد استفاده در پره‌های پروانه معمولاً دو نوع تقسیم می‌شود: مقاطع Segmental و مقاطع Aerofoil

مقاطع Segmental دارای رخ تخت و پشت دایروی یا سهموی می‌باشند. در مقاطع ایرفویل رخ ممکن است تخت باشد و یا تخت نباشد. مهم‌ترین مقطع ایرفویل به مقاطع NACA می‌باشد.

کار در کلاس

با کمک هنرآموز خود، اصطلاحات انگلیسی جدول زیر را به فارسی ترجمه نمایید:

پاسخ:

ردیف	نام انگلیسی	ترجمه فارسی
۱	Chord Length	طول کورد پره
۲	Camber Line	خط کمبر
۳	Camber	مقدار کمبر
۴	Thickness	ضخامت مقطع پره
۵	Nose-Tail Pitch	گام دماغه-دنباله
۶	Face Pitch	گام رخ
۷	Effective or Zero Lift pitch	گام موث
۸	Hydrodynamic Pitch	گام هیدرودینامیکی
۹	Thrust Force	نیروی پیش رانش
۱۰	Attack Angle	زاویه حمله
۱۱	No Skew	شلاقی صفر
۱۲	High Skew	شلاقی زیاد
۱۳	Medium Skew	شلاقی متوسط
۱۴	Low Skew	شلاقی کم

تحقیق کنید

انواع سطوح تعریف شده برای پروانه را به‌کمک ترسیم شکل با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ

تعاریف سطوح پروانه

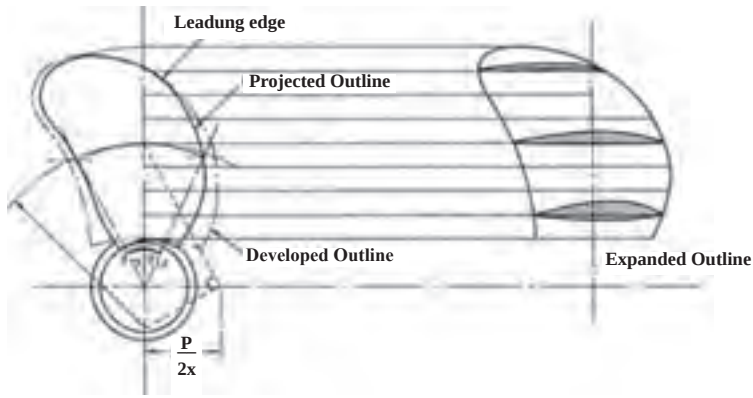
برای محاسبه ضخامت تیغه پروانه، مهم‌ترین محدودیتی که داریم، احتمال وقوع پدیده مخرب کاویتاسیون است.

بنابراین برای محاسبه ضخامت یک مقطع از پروانه با استفاده از محدودیت کاویتاسیون، خط جریانی کردن این مقطع به سمت سطوح تیغه پروانه، امری ضروری است.

چهار سطح اصلی رایج که در تشریح تیغه پروانه از آن استفاده می‌شود به‌قرار زیر است:

۱ سطح تصویر شده
۲ سطح توسعه‌یافته
۳ سطح گسترش‌یافته
۴ سطح جاروب شده

صفحه اصلی تصویر شده، نمایی از پروانه است که پروانه را در قسمت انتهای کشتی در راستای شفت مشاهده می‌کنیم. در واقع نمای پروانه در صفحه Y-Z است. در این نما مقاطع مارپیچی پروانه در زاویه گام مناسب خودشان تعریف شده‌اند؛ و مقاطع روی کمان‌های دایروی قرارگرفته که مرکز آنها محور شفت است. شکل زیراین نما را به‌همراه نمای سطح گسترش‌یافته و سطح توسعه‌یافته نمایش می‌دهد.



نمای پروانه در صفحه Y-Z به همراه نمای سطح گسترش‌یافته و سطح توسعه‌یافته

سطح تصویر شده که نمای پروانه از انتهای کشتی در راستای شفت پروانه است (صفحه Y-Z) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$A_P = Z\int_{rb}^{R}(\theta_{TE} - \theta_{LE})rdr$$

امروزه سطح تصویر شده کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، گرچه این سطح در سال‌های قبل، در فنّاوری طراحی پروانه بسیار مورد استفاده قرار می‌گرفت.
از سطح تصویر شده برای محاسبه نیروی تراست در واحد سطح و برای معین کردن حداقل سطح موردنیاز تیغه پروانه برای جلوگیری از پدیده مخرب کاویتاسیون استفاده می‌کنند. این نکته قابل‌ذکر است که سطح تصویر شده، در واقع همان سطحی است که از نمای بردار نیروی تراست یا شفت پروانه مشاهده می‌شود.
سطح توسعه‌یافته با سطح تصویر شده مرتبط است و سطحی است که براساس مارپیچی بودن پروانه رسم می‌شود؛ و با توجه به اینکه گام پروانه در طول تیغه ثابت نیست و گام در هر مقطع کاهش می‌یابد تا به صفر برسد، این مقاطع روی صفحه اریب قرار می‌گیرند. از این صفحه برای نمایش دادن طول واقعی کورد در هر مقطع و فرم حقیقی تیغه پروانه، استفاده می‌شود. سطح تصویر شده و سطح توسعه‌یافته دو نمایی‌اند که برای رسم پروانه به‌کار می‌روند. شکل صفحه قبل درواقع هر دو نمای یک تیغه از پروانه را به نمایش گذاشته است.
برای محاسبه سطح توسعه‌یافته لازم است که از روش‌های انتگرال‌گیری عددی استفاده کنیم؛ و طول کورد را در هر مقطع داشته باشیم تا بتوانیم منحنی پروفویل توسعه‌یافته را به‌دست آوریم.
برای این منظور، کافی است که از تخمین زیر استفاده کنیم و برای به‌دست آوردن A_D (سطح توسعه‌یافته)، آن را برابر A_E (سطح گسترش‌یافته) قرار دهیم.

$$A_D = A_E$$

در واقع دانستن این نکته که سطح گسترش‌یافته با سطح توسعه‌یافته تقریباً برابر است، ضروری است.
درگذشته، محققان زیادی روابطی را برای تخمین سطح توسعه‌یافته ارائه کرده‌اند که یکی از این روابط توسط Burrill برای پروانه بدون اسکیو (non – skewed) ارائه‌شده است.

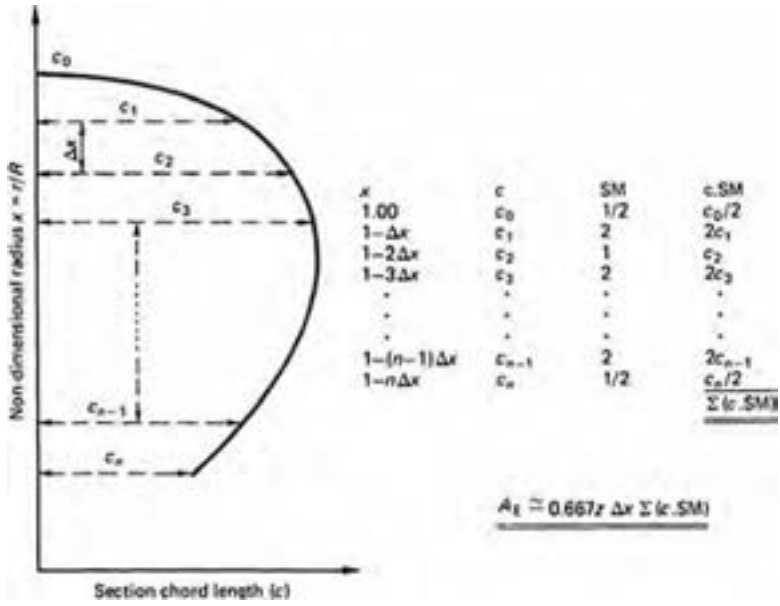
$$A_D \cong \frac{A_P}{(۱/۰۶۷ - ۰/۲۲۹P_iD)}$$

درحالت کلی، سطح توسعه‌یافته از سطح تصویر شده بزرگ‌تر است و مقدار کمی‌از سطح گسترش‌یافته کوچک‌تر است.

سطح گسترش‌یافته، درواقع سطحی است که هیچ دید هندسی درستی را نمی‌توان برای آن متصور شد.
درواقع سطح گسترش‌یافته، برای نمایش صحیح طول کورد در هر مقطع هست و برخلاف سطح توسعه‌یافته، برای نمایش مارپیچی بودن پروانه نیست.
لذا دانستن این نکته که گام پروانه در شعاع‌های بالاتر، کاهش می‌یابد و به صفر می‌رسد در رسم سطح گسترش‌یافته (A_E) برخلاف سطح توسعه‌یافته (A_D) هیچ اهمیتی ندارد.
این نما برای نمایش دادن مقطع عرضی هر شعاع مورداستفاده قرار می‌گیرد. طول کورد واقعی هر مقطع بدون درنظر گرفتن مارپیچی بودن پروانه روی آن منظور می‌شود. سطح گسترش‌یافته از سطوحی است که محاسبه آن بسیار راحت است. به‌همین دلیل است که معمولاً این سطح زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و به‌صورت رابطه زیر بیان می‌شود.

$$A_E = Z\int_{rb}^{R} C\ dr$$

به‌عبارت‌دیگر برای محاسبه این سطح، کافی است که از روش انتگرال‌گیری سیمپسون با ۱۱ مقطع، همانطور که در شکل زیرنمایش داده شده است، استفاده کنیم.



روش انتگرال‌گیری سیمپسون

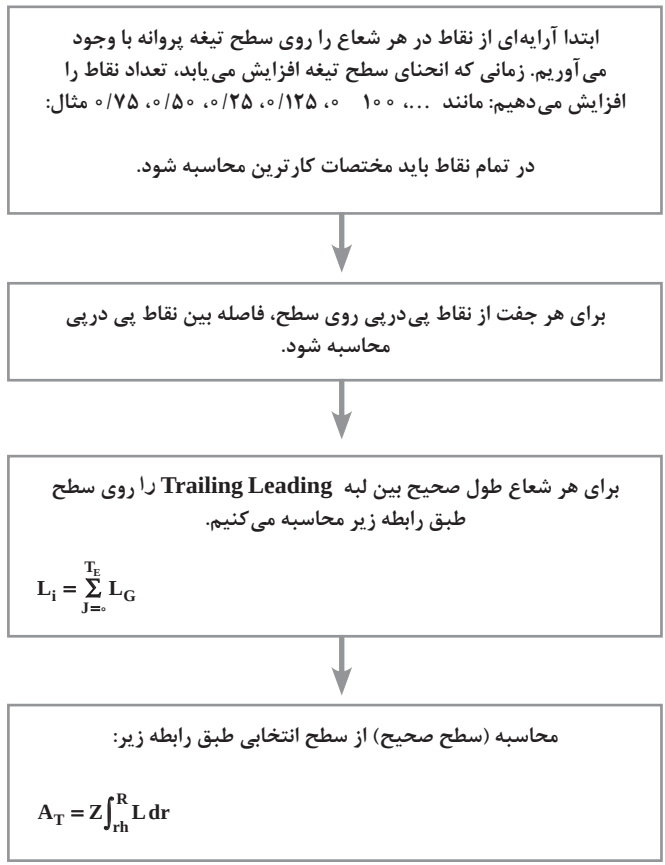
نسبت سطوح تیغه پروانه به‌قرار زیر که $A_{\circ} = \frac{\pi D^{2}}{4}$ است.

$$\left.\begin{aligned}\frac{A_P}{A_{\circ}} &= \frac{4A_P}{nD^{2}}\\ \frac{A_D}{A_{\circ}} &= \frac{4A_D}{nD^{2}}\\ \frac{A_E}{A_{\circ}} &= \frac{4A_E}{nD^{2}}\end{aligned}\right\}$$

با ارائه یک مثال، اختلاف بین سطوح گسترش‌یافته (A_E) و توسعه‌یافته (A_D) تصویر شده (A_P) که در شکل صفحه قبل نمایش داده شده است، مشخص می‌شود. در جدول زیر این مقادیر برای پروانه با ۴ تیغه و نسبت گام ثابت محاسبه‌شده است.
جدول مقادیر سطوح گسترش‌یافته (A_E) و توسعه‌یافته (A_D) تصویر شده (A_P) برای پروانه با ۴ تیغه و نسبت گام ثابت.

	Projected Area	Developed Area	Expanded Area
Area Ratio A/A0	0.480	0.574	0.582

برای محاسبه هرسه سطح مورد بحث فوق، ضخامت تیغه پروانه را درنظر نگرفتیم. برای محاسبه صحیح و دقیق سطح پروانه باید ضخامت آن را نیز درنظر گرفت، یعنی سطوح مکش و فشار را منظور کنیم. که این سطوح مکش و فشار غیر از صفحه تخت برای سطوح پروانه که دارای مقاطع عرضی فویل شکل‌اند متفاوت و متغیر است.
برای محاسبه صحیح مساحت سطح یک تیغه از پروانه باید الگوریتم شکل صفحه قبل را اجرا کنیم. این الگوریتم براساس فاصله خطی بین نقاط متوالی روی سطح است. سطح جاروب شده پروانه برای فواصل پروانه از کشتی و سطح آب و کف دریا و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای حالت‌هایی که پروانه دارای زاویه اسکیو زیاد است، استفاده از سطح جاروب شده بسیار اهمیت پیدا می‌کند.
اگر این موضوع به‌دقت کنترل نشود، ممکن است منجر به کج شدن تیغه پروانه و تداخل پروانه با فواصلی که پروانه باید از کشتی و سطح آب و کف دریا و... داشته باشد، بشود و درواقع Clearanceها را از بین ببرد.
سطح جاروب شده در واقع به‌وسیله رسم گردش هردو لبه Trailing و Leading حول محور شفت به دست می‌آید.



الگوریتم محاسبه صحیح مساحت سطح یک تیغه از پروانه

روش‌های رسم پروانه

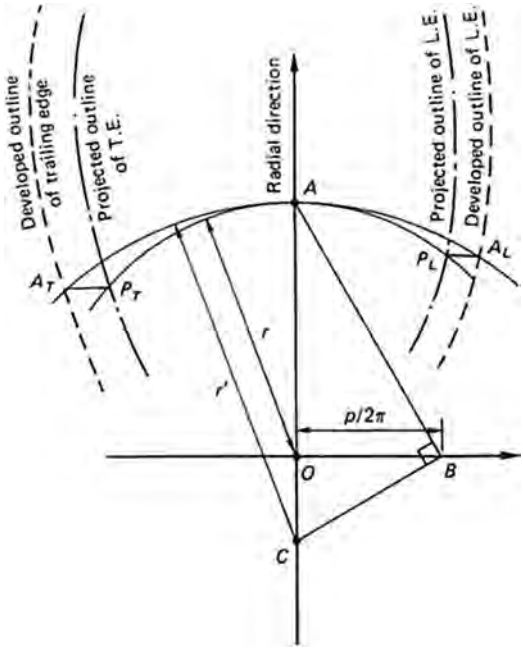
روش‌های متداول برای رسم پروانه وجود دارد، اما متداول‌ترین این روش‌ها توسط Holst توسعه‌یافته است.

این روش بر این نکته تأکید دارد که برای شعاع‌هایی که از شعاع مقطع بزرگ‌تر است، کمان‌های مارپیچی در طول مقطع به‌وسیله کمان‌های دایروی تعریف شود.

این روش ترسیم یک روش تقریبی است اما خطای قابل‌توجهی نیز ندارد مگر آنکه برای پروانه‌های خیلی عریض یا پروانه‌های دارای زاویه اسکیو زیاد استفاده شود.

در این دو حالت روش فوق خطای فراوانی دارد و باید از روش Rosingh برای ترسیم تیغه پروانه استفاده می‌کنیم.

اساس روش Holst در شکل زیر نمایش داده‌شده است. این شکل ساختار ترسیم پروانه را فقط برای یک شعاع نمایش داده است و برای بقیه شعاع‌ها، مانند شعاع مورد نظر پروانه ترسیم می‌شود.
یکسری از کمان‌ها با مرکز O (محور شفت) در هر شعاع روی خط هادی، که تیغه پروانه را به وجود می‌آورد، ساخته می‌شوند.



اساس روش Holst

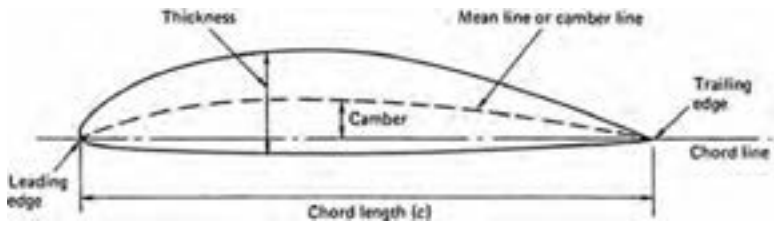
برای هر کمان باید عملیات زیر را انجام داد:

ابتدا روی محور افقی فاصله $\frac{P}{2\pi}$ را جدا نموده و B می‌نامیم و از نقطه A به نقطه B وصل می‌کنیم تا خط AB ساخته شود، سپس زاویه قائمه ABC را می‌سازیم تا خط BC، در نقطه C در زیرخط مرکز شفت، محور را قطع کند. سپس از نقطه O کمانی را به شعاع r و مرکز C رسم می‌کنیم.
در این مرحله فواصل A (خط هادی) تا لبه Leading، A_L (خط هادی) تا لبه Trailing را روی محیط کمان‌های AA_T،AA_L اندازه می‌گیریم.
تصاویر نقاط A_T،A_L روی سطوح توسعه‌یافته روی کمان به شعاع r، نقاط P_T،P_L است. این نقاط لبه‌های Leading، Trailing روی سطح تصویر شده است. در حالی‌که نقاط A_T،A_L روی سطوح توسعه‌یافته می‌باشند.

درنتیجه، بدین ترتیب می‌توانیم کمان‌هایی که از A تا سطح توسعه‌یافته کشیده شده‌اند را اندازه‌گیری کرد. که روی پروانه واقعی نیز این فواصل شکل می‌گیرند.
این روش سال‌های قبل در دفاتر طراحی مهندسی، روشی بوده است که مهندسان برای رسم هندسه پروانه از آن استفاده می‌کرده‌اند ولی امروزه با رشد فنّاوری و برنامه‌های کامپیوتری، دیگر از این روش استفاده نمی‌شود؛ و به‌صورت خودکار سطوح تیغه را ترسیم می‌کنند. به عنوان مثال از تکنیک‌های Spline. Curve_fitting درجه ۳ و... استفاده می‌کنند.

هندسه مقاطع و تعاریف

تا اینجا مبحث، برای به‌دست آوردن سطوح پروانه، ضخامت پروانه را ناچیز درنظر گرفتم؛ اما در این بخش می‌خواهیم در مورد ضخامت پروانه و مقاطع عرضی آن صحبت کنیم.
در سال ۱۹۳۰، NASA، آزمایش‌هایی را روی سری‌هایی از ایروفویل انجام داد که اساس این آزمایش‌ها روی توسعه هندسه ایرفویل از دو طریق معقول و با قاعده بود. برخی از این ایروفویل‌ها برای استفاده در کشتی مطابقت شدند و از این دستاورد سازندگان و طراحان پروانه، استفاده‌های بسیار وسیعی کردند.
هم‌زمان با آزمایش‌های NASA عده‌ای از طراحان متوجه شدند که با دانستن توزیع سرعت روی ایروفویل می‌توانند توسط تغییر شکل مقطع عرضی ایروفویل، سطح فشار خاصی را که مد نظرشان هست را به‌دست بیاورند. لذا طراحان شروع به انجام این کار کردند و مقاطع مختلفی را به‌دست آوردند. شکل زیر تعاریف کلی یک ایروفویل را نمایش می‌دهد.



تعریف کلی یک مقطع ایروفویل

خط کمبر، مکان هندسی نقاطی است که از سطح بالایی و پائینی ایرفویل در راستای عمود بر خط کمبر به یک اندازه مساوی قرار داشته باشد. خطی که دو لبه Leading، Trailing را به‌طور مستقیم به‌هم متصل می‌کند را خط کورد گویند. فاصله بین دو لبه Leading، Trailing روی خط کورد را، طول کورد گویند و با C نمایش می‌دهند. بیشترین فاصله بین خط کورد و خط کمبر در مقطع در راستای عمود بر خط کورد را کمبر گویند. ضخامت ایروفویل، به بیشترین فاصله سطح بالایی و سطح پائینی مقطع ایروفویل در راستای عمود بر خط کورد را گویند.

لبه Leading، لبه پهن و گرد مقطع ایروفویل است و همواره یک شعاع Leading حول نقطه‌ای روی خط کمبر برای آن تعریف می‌کنند.

تئوری حاکم بر طراحی پروانه‌های دریایی

همان‌طوری که قبلاً به آن اشاره گردید، برای تأمین نیروی پیش رانش(تراست) جهت غلبه بر نیروی مقاومت نیاز به‌یک پیش برنده جهت تولید نیروی پیش رانش (تراست) است. برای این منظور از پیش برنده جهت افزایش انرژی جنبشی سیال بهره گرفته می‌شود. مطابق قانون دوم؛ شتاب یک جسم برابر است با مجموع نیروهای وارده بر جسم تقسیم‌بر جرم آن. فرمولی که از این قانون برمی‌آید $F=ma$ بوده و به معادله بنیادین مکانیک کلاسیک معروف است. اصول این معادله به این است که شتاب جسمی‌که تحت تأثیر نیرویی ایجادشده، متناسب و در جهت حرکت آن است. نیروی پیش‌رانش را با $F=T$ و رابطه بالا را می‌توان به شکل زیر بازنویسی نمود:

$$F=(m/\Delta T)\,\Delta V \rightarrow T=\rho Q\,\Delta V$$

تحقیق کنید

چگونگی ارتباط بزرگی سامانه رانش با ΔV و Q را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ:

برای تولید نیروی پیش رانش (تراست) معین با چگالی (ρ) ثابت می‌توان اختلاف سرعت (ΔV) بزرگ و دبی حجمی‌کوچک (Q) و بالعکس درنظر گرفت.

زمانی که بتوان اختلاف سرعت را زیاد کرد آنگاه دبی کم لازم است و لذا می‌توان از پیش برنده کوچک همچون واتر جت استفاده نمود. و بالعکس بایستی از پیش برنده بزرگ بهره گرفت. همچون سیستم پروانه‌ای.

در راستای تحلیل پروانه جهت بررسی عملکرد آن از چهار تئوری مهم استفاده می‌شود که به‌صورت زیر تعریف می‌شوند.

۱ تئوری مومنتوم بدون چرخش سیال

۲ تئوری مومنتوم با چرخش سیال

۳ تئوری المان پره

۴ تئوری چرخش

نتیجه حاصل از ۴تحلیل پروانه به استخراج ضرایب هیدرودینامیکی پروانه منجر می‌شود که شامل ضریب تراست، ضریب گشتاور و راندمان است.

تحقیق کنید

مبانی تئوری چهار روش تحلیل پروانه را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ:

۱- تئوری مومنتوم بدون چرخش سیال

فرضیاتی که در این تئوری وجود دارد به‌صورت زیر است:

- پروانه به‌صورت دیسکی است به ضخامت ناچیز به‌طوری‌که قادر است فشار ΔP را به سیال اعمال کند. این معادل این است که بگوییم پروانه دارای تعداد پره‌های بی نهایت است.
- سیال به‌عنوان ایده‌آل با لزجت صفر فرض می‌شود، بنابراین از نیروی درگ حاصله صرف‌نظر می‌شود.
- دیسک به‌سیال عبورکننده از خود هیچ‌گونه سرعت دورانی اعمال نمی‌کند. یعنی پروانه می‌تواند تراست را بدون ایجاد چرخش در جریان پایین‌دست ایجاد نماید.
- دیسک پروانه به‌کل سیال عبورکننده از خود یک شتاب یکنواخت نشان می‌دهد.
- سیال در اطراف دیسک هیچ‌گونه تأثیری از پروانه نمی‌گیرد.

در این تئوری فرض می‌شود که دیسک محرک تمام قدرت دریافتی را صرف افزایش فشار سیال و در نتیجه ایجاد تراست می‌کند.

۲- تئوری مومنتوم با چرخش سیال

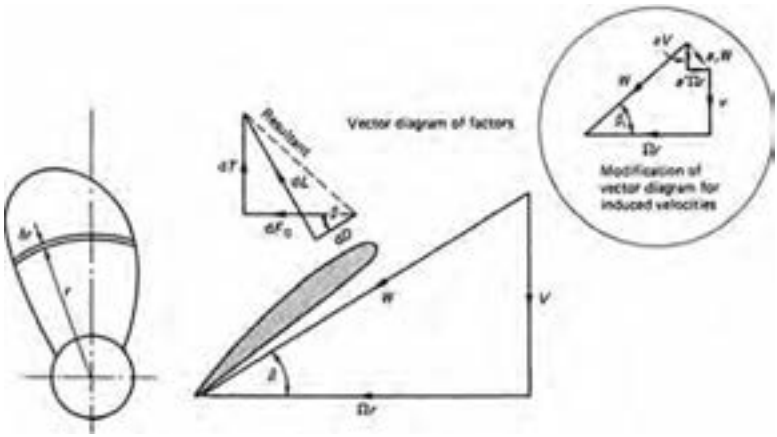
در این تئوری علاوه بر فرضیات ارائه شده در بالا وجود دارد با این تفاوت که دیسک به سیال یک حرکتی چرخشی نیز می‌دهد.

۳- تئوری المان پره

در مقایسه با دو تئوری قبلی، مدل کاملاً متفاوتی از عملکرد پروانه ارائه شد که با جزئیات پروانه یعنی هندسه پره‌های پروانه سروکار داشت. این مدل در فرم اولیه خود سرعت‌های القایی ایجادشده در جریان را درنظر نمی‌گرفت. امّا این سرعت‌های القایی در کارهای بعدی فرود درنظر گرفته شد. تئوری المان پره براساس تقسیم پره به تعدادی المان نواری استوار است. هریک از این المان‌های نواری به‌مانند یک فویل دوبعدی است که در معرض سرعت ورودی W قرار دارد. در شرایط کاری عادی زاویه پیشروی β کمتر از زاویه گام هندسی θ در مقطع است. این مطلب به این معنی است که جریان با سرعتW و زاویه حمله α به مقطع پره که به‌صورت یک فویل دوبعدی درنظر گرفته می‌شود، برخورد می‌کند و درنتیجه یک نیروی لیفت و درگ به مقطع وارد می‌شود؛ بنابراین برای یک مقطع مقادیر نیروی لیفت و درگ به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} dT = \frac{1}{2}\rho Z.C.W^2(C_i\cos\beta - C_d\sin\beta)dr \\ dQ = \frac{1}{2}\rho Z.C.W^2(C_i\sin\beta + C_d\cos\beta)dr \end{cases}$$

که در این رابطه Z تعداد پره‌های پروانه و C طول کورد مقطع است.



تئوری المان پره

همانطورکه اشاره شد با اصلاح مدل اولیه فرود، مدل کامل‌تری به‌دست آمد که سرعت‌های القایی را در نظر می‌گرفت. برای اصلاح مدل اولیه فرود کافی است β را با β_i زاویه گام هیدرودینامیکی جایگزین نماییم. در این‌صورت سرعت ورودی نیز چنان اصلاح می‌شود که سرعت‌های القایی محوری و دورانی را درنظر بگیرد. اگرچه کار فرود در برخی زمینه‌ها برای پیش‌بینی عملکرد هیدرودینامیکی پروانه‌ها با شکست روبه‌رو شد ولی در آن زمان یک پیشرفت بزرگ محسوب می‌شد. به این دلیل که این تئوری حاوی ایده اصلی برای تمام تئوری‌های مدرن و پیشرفته فعلی بود.

نکته مهم دیگری نیز در مورد سرعت‌های القایی وجود دارد که در اینجا به آن می‌پردازیم. تلفات انرژی در پروانه ناشی از تلفات انرژی حاصل از حرکت پره‌های پروانه در سیال ویسکوز و نیز ناشی از اثرات درگ القایی است. بخش اول به‌وسیله طراحی بهینه مقاطع پره‌های پروانه به حداقل می‌رسد. امّا بخش دوم تلفات که بخش عمده و تأثیرگذار است، تابعی از شرایط طراحی است. برای بالا بردن راندمان پروانه لازم است که پارامتری تعریف شود که تضمین‌کننده کمینه شدن درگ القایی باشد. بررسی گردابه‌های به وجود آمده در پشت پروانه، شرط کمینه شدن تلفاتِ انرژی را برای پروانه‌ای که تعداد پره‌های آن بی‌نهایت است (دیسک محرک) و در یک جریان یکنواخت کار می‌کند. پس درگ القایی هنگامی‌کمینه می‌شود که گردابه‌های ایجادشده در پشت پروانه دارای گام ثابت باشند.

۴ـ تئوری چرخش

در این تئوری می‌توان از جریان یکنواخت حول یک سیلندر چرخشی بهره گرفت و با استفاده از قدرت ورتکس میزان نیروی لیفت را محاسبه نمود. در این روش به‌جای پروانه می‌توان از چندین ورتکس با قدرت‌های مختلف در سیال بهره گرفت.

سری‌های انتخاب پروانه: کاربرد اصلی سری‌های استاندارد پروانه برای استخراج ضرائب پیش رانش (تراست) و گشتاور و بازدهی پروانه است. این سری‌ها به‌جای استفاده از روابط محاسباتی از روش آزمایش مدل استفاده می‌کنند و بدین ترتیب که مدل‌های کوچکی از پروانه مثلاً به قطر ۲۵ سانتی‌متر ساخته شده و در تونل کاویتاسیون آزمایش می‌شوند. شکل هندسی پروانه‌ها در هریک از سری‌های استاندارد با هم متفاوت است. منظور از «استاندارد» در این سری‌ها، مؤسسات رده‌بندی نمی‌باشند بلکه منظور از آن، سری‌های شناخته‌شده از اطلاعات طراحی پروانه است. طراحی به کمک این سری‌ها دارای بیشترین دقت و ساده‌ترین روش است.

تحقیق کنید

کاویتاسیون چیست و انواع تونل‌های کاویتاسیون در کشور را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

پاسخ:

هرگاه در هر قسمت از سیال، فشار به‌حدی پایین بیاید که به حد فشار بخار (فشار بخار فشاری است که در آن مایع شروع به جوشیدن کرده و با بخار خود به‌حالت تعادل می‌رسد) آن سیال برسد در این صورت بر اثر این دوعامل بلافاصله مایعی که در آن قسمت از مایع در جریان است به حالت جوشش درآمده و سیال به بخار تبدیل شده و حباب‌هایی از بخار به‌وجود بیاید. این حباب‌ها به‌علت حرکت از ناحیه کم فشار بزرگ شده و پس رسیدن به ناحیه پرفشار کوچک و نهایتاً می‌ترکد. ترکیدن آن باعث پدیده خوردگی در پروانه می‌شود.

۱ تونل کاویتاسیون دانشگاه صنعتی شریف
۲ تونل کاویتاسیون دانشگاه علم و صنعت ایران
۳ تونل کاویتاسیون دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۴ تونل کاویتاسیون دانشگاه صنعتی اصفهان
۵ تونل کاویتاسیون دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)
۶ آزمون پروانه در آب آزاد و پشت کشتی

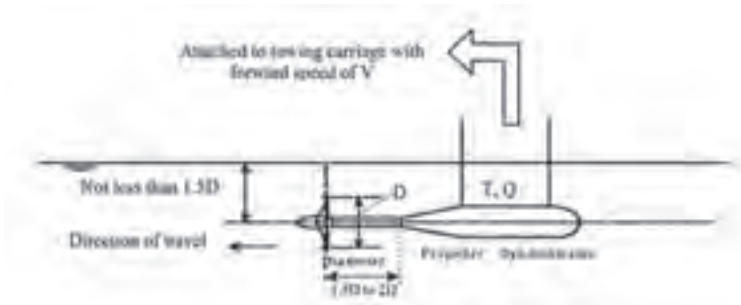
عملکرد پروانه در دوحالت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱ عملکرد پروانه در شرایط آب آزاد Open Water
۲ عملکرد پروانه در پشت کشتی Behind of ship

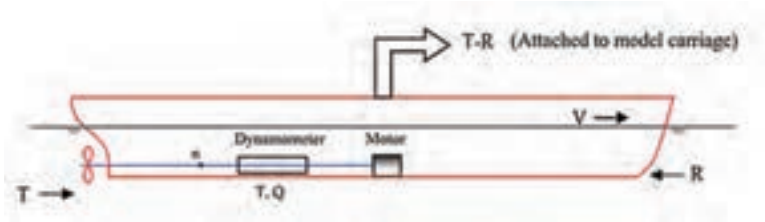
در شرایط آب آزاد می‌توان مدل پروانه را ساخت و در شرایط آزمایشگاهی بدون حضور بدنه کشتی آزمایش را انجام داد. در ساخت مدل پروانه از قوانین تشابه تبعیت می‌شود. برای ایجاد تشابه بین مدل ساخته‌شده و نمونه واقعی پروانه بایستی داشته باشیم:

۱ تشابه هندسی: باید ازنظر قطر، سطح و حجم تشابه برقرار باشد
۲ تشابه سینماتیکی: بین سرعت مدل و نمونه واقعی تشابه برقرار باشد
۳ تشابه دینامیکی: بین نیروهای اعمالی تشابه برقرار باشد

در شرایط پشت کشتی، تأثیر حضور بدنه کشتی بر روی عملکرد پروانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت آزمایش خودرانش مدل انجام می‌گیرد. در شکل زیر یک نمونه آزمایش آب آزاد و خودرانش به‌ترتیب نشان داده شده است.



آزمایش آب آزاد



آزمایش خود رانش (آزمایش پروانه پشته بدنه)

تحقیق کنید

با کمک هنرآموز خود کلیه اصطلاحات انگلیسی در شکل ۲۱ و ۲۲ را ترجمه کنید.

پاسخ:

Attached to towing carriage with forward speed of V:	اتصال به ارابه کشش با سرعت پیشروی V
Not less than 1.5D	نباید کمتر از ۱/۵ برابر قطر پروانه D باشد
Direction of Travel	مسیر حرکت
Diameter(D)	قطر D
Propeller Dynamometer	نیروسنج پروانه
T	نیروی پیش رانش
Q	گشتاور پیچشی
n	دور شافت
R	مقاومت مدل

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری وتعمیر سامانه‌های پیش برنده	بررسی سامانه‌های پیش‌برنده	شناسایی انواع سامانه پیش‌برنده، شناسایی کلیه مشخصات هندسی پروانه، شناسایی تفاوت بین انواع پروانه‌ها	بالاتر از حد انتظار	۱-انواع سامانه پیش‌برنده را بشناسد ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱-انواع سامانه پیش‌برنده را بشناسد ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از انتظار	۱ـانواع سامانه پیش برنده را بشناسد ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
	نمرهٔ مستمر از ۵				
	نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳				
	نمرهٔ پودمان از ۲۰				

ارزشیابی نگهداری وتعمیر سامانه های پیش برنده

شرح کار:
۱- انواع سامانه پیش برنده را بررسی کند
۲- هندسه پروانه را کامل بررسی کند.
۳- تفاوت انواع پروانه‌ها را رابررسی کند.

استاندارد عملکرد:
انواع پیش برنده‌هایی که در کشتی‌های مختلف تجاری و نظامی به‌کار گرفته می‌شود را بررسی کند.
شاخص‌ها:
بررسی سامانه‌های پیش برنده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کلاس سمعی و بصری و کارگاه و شناورها
ابزار و تجهیزات: رایانه و اینترنت، ویدیو پروژکتور، کارگاه مجهز پیش برنده

معیارشایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	انواع سامانه پیش برنده را بررسی کند	۲	
۲	هندسه پروانه را کامل بررسی کند.	۱	
۳	تفاوت انواع پروانه‌ها را رابررسی کند	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴- دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵- شایستگی تفکر و یاد گیری مادام‌العمر، ۶- رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای،		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی وکسب شایستگی ۲ است.

منابع

۱ برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۲ استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۳ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۴ کتاب توربین گاز دریایی، عباس فاضلی‌نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی(ره)

۵ کتاب توربین بخار دریایی، عباس فاضلی‌نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی(ره)

۶ کتاب جامع مهندسی معماری دریایی، محمد مونسان ، انتشارات پژوهش،۱۳۹۱.

۷ کتاب تعادل کشتی، محمود سالاری، انتشارات مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی سپاه.

۸ Basic Ship Propulsion,J.P Ghose, Allied Publisher, 2004

۹ LIOYD’S REGISTER RULE 2017

۱۰ Principles of Naval Architecture” E.V.Lewis” 1988, VolII, SNAME

۱۱ Methodical Experiments with models of Single Screw Merchant Ships”, F.H.Todd,” 1963

۱۲ Marine propellers and propulsion”, J.S. Carlton,”2007, Elsevier publications

۱۳ ENGLISH FOR SEAFARERS “, NIBET-KUTZ-LOGIE P”,UBLISHED BY MARLINS

۱۴ Engineering Mechanics Statics, 7th edition, J. L. Meriam, John Wiley & Sons, Inc.2011.

۱۵ Engineering Mechanics Dynamics, 6th edition, J. L. Meriam, John Wiley & Sons, 2010.

ارگان‌ها و مؤسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:

۱ـ ادارهٔ کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی سازمان بنادر و دریانوردی

۲ـ مؤسسهٔ آموزشی کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران؛

۳ـ نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران؛

۴ـ نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران؛

۵ـ مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران؛

۶ـ دبیرخانهٔ کشوری هنرستان‌های علوم و فنون دریایی.