

بخش اوّل

نیروی محرکه بخاری

Steam Propulsion

آشنایی با مقدمات نیروی محرکه بخاری

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- اهمیت و کاربرد نیروی محرکه بخاری دریایی را توضیح دهد.
 - مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی را شرح دهد.
 - مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری اتمی را شرح دهد.

۱ – آشنایی با مقدمات نیروی محرکه بخاری

۱-۲ – مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی (Conventional Steam Cycle)

مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی در کشتیهای مدرن با سوخت فسیلی مایع (اغلب نفت سیاه) کار می‌کند. اجزای این مدار در همه کشتیها کاملاً شبیه به هم نیستند و معمولاً تفاوت‌های جزئی با یکدیگر دارند. در شکل ۱-۱ جزئیات مربوط به مدار بخار در یک نیروی محرکه PSIG ۱۲۰۰ (۱۲۰۰) پائوندر اینچ مربع) نشان داده شده است. این نوع نیروی محرکه مدرنترین نیروی محرکه بخاری معمولی است که تاکنون در کشتیها به کار رفته است. جزئیات و واژه‌های تخصصی این بحث در فصلهای آینده به تفصیل شرح داده می‌شود.

۱-۲-۱ – مرحله تولید (Generation Phase):

مرحله تولید در دیگ بخار^۱ انجام می‌پذیرد. منظور از تولید، تشکیل بخار است. برای تولید بخار نیاز به احتراق سوخت است. سوخت حاوی انرژی است که در کوره^۱ دیگ بخار می‌سوزد تا

۱-۱ – اهمیت و کاربرد نیروی محرکه بخاری دریایی

استفاده از بخار برای نیروی محرکه کشتی بسیار مناسب و قابل اطمینان است؛ به طوری که هنوز بهترین روش برای حرکت کشتیهای جنگی بزرگ و زیردریایهای سنگین است. برخی از کشتیهای بازرگانی نیز از نیروی محرکه بخاری استفاده می‌کنند. شبکه‌ای که از بخار برای تأمین تحرک کشتی استفاده می‌کند، به مدار بخار اصلی^۱ معروف است. این مدار دارای چهار مرحله^۲ است: مرحله تولید^۳، مرحله انبساط^۴، مرحله انقباض^۵ و مرحله تغذیه^۶.

در این فصل دستگاههای عمده مدار مزبور و کارهایی که در هر کدام از آنها انجام می‌پذیرد، به طور کلی شرح داده می‌شود و به تغییرات فشار و درجه حرارت اشاره می‌گردد، در پایان به نحوه استفاده از مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی^۷ و نیروی محرکه بخاری اتمی^۸ پرداخته می‌شود.

۱ – Main Steam cycle

۳ – Generation

۵ – Condensation

۷ – Conventional Steam Plant

۹ – Boiler یا Steam Boiler

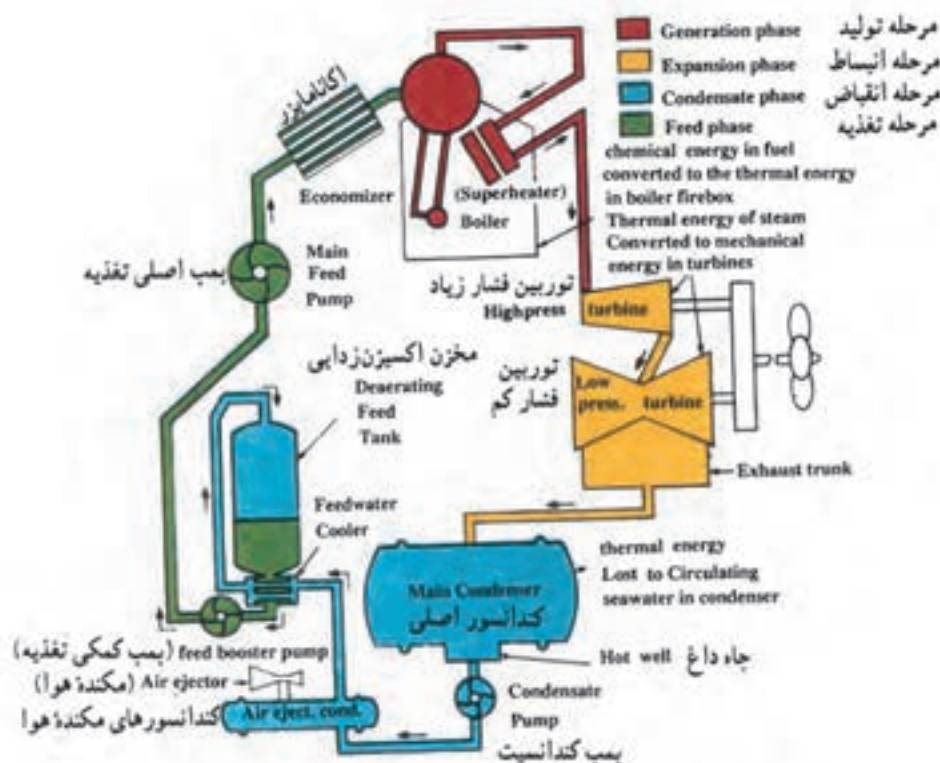
۲ – Phase

۴ – Expansion

۶ – Feed

۸ – Nuclear steam plant

۱۰ – Furnace



شکل ۱-۱- اجزای اصلی در مدار بخار نیروی محرکه ۱۲۰۰ PSIG

شده در دیگ در قسمت بالای استوانه بخار جمع می شود. در یک دیگ بخار که حداکثر فشار آن ۱۲۰۰ PSIG است، آب درون استوانه بخار وقتی که درجه حرارتش به ۵۷۶ فارنهایت می رسد، بتدریج تبدیل به بخار می شود. حتماً می پرسید که چه لزومی دارد تا در چنین فشاری بخار تولید شود؟ پاسخ این است که هرچه فشار بخار بیشتر باشد، انرژی گرمایی بیشتری از سوزاندن جرم معینی از سوخت تبدیل می شود.

بخار جمع شده در بخش فوقانی استوانه بخار، بخار انبساطی نام دارد. درجه حرارت این بخار با درجه حرارت آب مجاورش برابر است. اگرچه گاهی بخار انبساطی را بخار خیس^۴ می گویند، اما حداقل ۹۹/۷۵ درصد آن بخار خالص است و میزان رطوبت موجود در آن بسیار کم است.

به انرژی گرمایی تبدیل شود. دیگ بخار بزرگترین و سنگینترین دستگاه در نیروی محرکه بخاری است. انرژی گرمایی حاصل در کوره دیگ از طریق جابه جایی^۱ و تابش^۲ به تیوبهای تولید^۳، تیوبهای محافظ^۴ و تیوبهای دیواره ها^۵ انتقال می یابد. این گرما سپس از طریق هدایت مستقیم^۶ از جداره فلزی تیوبها عبور کرده به آب داخل تیوبها می رسد. (واژه های جابه جایی، تابش و هدایت مستقیم سه روش انتقال گرما هستند که در شکل ۱-۲ نشان داده شده اند). وقتی که آب به اندازه کافی داغ شد، حبابهایی که شبیه به گاز هستند در آن ایجاد می شود. این حبابها بخار هستند.

در قسمت فوقانی دیگ بخار ظرفی بزرگ و استوانه ای شکل وجود دارد که به آن استوانه بخار^۷ می گویند. بخار تولید

۱ - Convection

۲ - Radiation

۳ - Generating Tubes

* Tube - لوله های به کار رفته در مبدل های حرارتی (دیگ بخار، کندانسور و ...) را تیوب می گویند.

۴ - Screen Tubes یا (Superheater Screen Tubes)

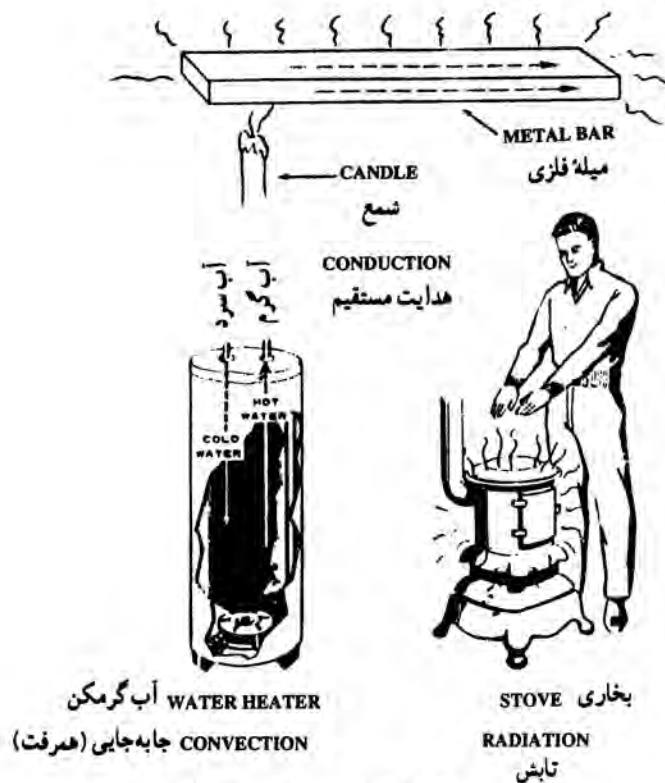
۶ - Conduction

۵ - Water Wall Tubes

۸ - Saturated Steam

۷ - Steam Drum

۹ - Wet Steam



شکل ۱-۲ روشهای انتقال گرما

کمتر از فشار دیگ باشد؛ اما درجه حرارت بخار در خروجی سوپرهیتر بالاترین درجه حرارت در سرتاسر مدار بخار اصلی است. معمولاً در یک سیستم 120°PSIG (در حدود $84/5\text{kg/cm}^2$) درجه حرارت بخار در خروجی سوپرهیتر ممکن است 95° درجه فارنهایت (در حدود 51° درجه سانتیگراد) باشد.

سوپرهیتر ضمن آن که انرژی گرمایی بخار اشباع را افزایش می دهد و درجه حرارت آن را بالا می برد، در خشک کردن بخار اشباع نیز مؤثر است. البته برای خشک کردن بخار از تجهیزاتی که در فصلهای بعد خواهید دید و در استوانه بخار قرار دارند استفاده می شود؛ اما به هر حال بخار اشباع خارج شده از استوانه بخار حاوی مقداری رطوبت است. این رطوبت می تواند موجب ساییدگی^۴ در پره ها و تیغه های توربینهای اصلی، توربوژنراتورها و پمپهای تغذیه شود؛ از این جهت بهتر است از بخار سوپرهیت استفاده شود. ساییدگی یا خوردگی مکانیکی پدیده ای است که طی آن سطوح پره ها و تیغه ها به علت اصطکاک ناشی از برخورد مولکولهای سنگین آب (رطوبت) موجود در بخار دچار فرسایش می شوند.

البته بخار اشباع به اندازه کافی دارای انرژی گرمایی نیست تا توربینهای نیروی محرکه^۱، توربوژنراتورها^۲ و پمپهای تغذیه^۳ با بالاترین بازدهی خود کار کنند؛ پس بهتر است که انرژی گرمایی بیشتری به بخار داده شود. حال ملاحظه کنید که چگونه این انرژی گرمایی به بخار اشباع افزوده می شود. وقتی بخار اشباع استوانه بخار را ترک می کند؛ از شبکه ای به نام سوپرهیتر^۴ عبور می کند. سوپرهیتر از تعداد زیادی تیوب تشکیل شده است. بخار از ورودی سوپرهیتر وارد و از خروجی آن خارج می شود. سوپرهیتر یک نوع مبدل حرارتی است؛ به طوری که از گرمای کوره دیگ برای افزایش درجه حرارت بخار که در حال عبور از سوپرهیتر است استفاده می شود. بخار خارج شده از سوپرهیتر نه تنها با آب موجود در استوانه بخار در تماس نیست، بلکه درجه حرارتش نسبت به بخار اشباع افزایش یافته است. به این بخار، بخار سوپرهیت^۵ گفته می شود. سوپرهیتر تنها موجب افزایش درجه حرارت بخار می شود و افزایشی در فشار بخار حاصل نمی گردد. فشار بخار سوپرهیت تقریباً مساوی با فشار بخار دیگ است و به طوری که بعداً خواهید دید، ممکن است که فشار بخار سوپرهیت مقداری

۱ - Power Plant Main Turbines

۴ - Superheater

۲ - Turbo - Generators

۵ - Superheated Steam

۳ - Feed Pumps

۶ - Erosion



شکل ۱-۲- تصویری از یک دیگ بخار ساده و سوپر هیت

توربین تبدیل می‌شود. در این جا به طور مختصر می‌گوییم که در ابتدا به علت عبور بخار از مجاری نازلها، انرژی گرمایی تبدیل به انرژی جنبشی می‌شود و در نتیجه سرعت بخار افزایش می‌یابد؛ سپس این بخار با سرعت زیاد موجب حرکت تیغه‌های توربین می‌شود. تیغه‌ها بر روی روتور سوار هستند؛ بدین صورت روتور نیز می‌چرخد و یا چرخش روتور انرژی جنبشی به کار تبدیل می‌شود.

فشار بخار خروجی از توربین فشار زیاد بسیار کمتر از فشار بخار ورودی به آن است؛ اما بخار خروجی نیز مقداری انرژی گرمایی در خود دارد. برای بهره‌گیری از این انرژی، بخار خروجی از توربین فشار زیاد به توربین فشار کم هدایت می‌شود. بدیهی است که هنگام عبور بخار از توربین فشار کم نیز تبدیل انرژی به وقوع می‌پیوندد. جزئیات این تبدیل انرژی که با انبساط بیشتر بخار همراه است، در فصل مربوط به توربینهای بخار شرح داده می‌شود.

۳-۲-۱- مرحله انقباض (Condensation phase):

بخار خروجی از توربین فشار کم به کندانسور اصلی می‌رسد. مرحله انقباض مدار بخار از کندانسور اصلی شروع می‌شود. کندانسور اصلی یک ظرف بزرگ است. این ظرف کاملاً آب‌بندی شده است؛ طوری که هوا از بدنه و محلّ اتصالات، به داخل کندانسور نفوذ نکند. کندانسور اصلی یک نوع مبدل حرارتی است. در داخل کندانسور اصلی هزاران تیوب باریک وجود

دارد (با رطوبت) همراه بخار، مقداری مواد شیمیایی^۱ وجود دارد که موجب تشکیل رسوب بر روی تیغه‌ها و پره‌ها می‌شود. این رسوب می‌تواند موجب پره زدن بالانس^۲ روتور^۳ توربین شود. پس همواره باید سعی کرد که بخار بدون رطوبت روانه توربین شود.

۳-۲-۲- مرحله انبساط (Expansion Phase):

بخار باید دارای انرژی گرمایی کافی باشد تا توربینهای اصلی، توربوژنراتورها و پمپهای تغذیه اصلی دارای کارایی لازم باشند. در دیگ بخار ۱۲۰۰ PSIG، سوپر هیت درجه حرارت بخار را تا حدود ۹۵۰ فارنهایت بالا می‌برد. بخار سوپر هیت هم دارای فشار زیاد و هم دارای درجه حرارت زیاد است. این بخار پس از عبور از لوله‌های سیستم بخار اصلی^۴ به توربین فشار زیاد^۵ وارد می‌شود. در نیروی محرکه مزبور، توربینهای فشار زیاد و فشار کم^۶ وجود دارد. در این نوع نیروی محرکه، توربین عقب^۷ در جلو و عقب (در سر و ته) توربین فشار کم قرار دارد. به مجموعه توربینها، موتورهای اصلی^۸ نیز گفته می‌شود.

همین که بخار از سیستم بخار اصلی به توربین فشار زیاد می‌رسد، مرحله انبساط مدار بخار شروع می‌شود. بخار به هنگام عبور از توربین منبسط می‌شود. در توربین انرژی گرمایی بخار به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود تا موجب چرخش روتور توربین شود. مجموعه محور و پره‌های توربین را روتور می‌گویند. در فصل مربوط به توربینهای بخار می‌آموزید که چگونه انرژی در

۱- در فصلهای بعد علت وجود مواد شیمیایی توضیح داده می‌شود.

۲ - Balance

۳ - Main Steam System Piping

۴ - Low Pressure Turbine

۵ - Main Engines

۶ - Rotor

۷ - High Pressure Turbine

۸ - Astern Turbine

۹ - Main Condenser

دارد. آب دریا از داخل این تیوبهای باریک عبور می کند. بخار خروجی از توربین فشار کم پس از ورود به کندانسور از اطراف تیوبها می گذرد. در این جا آنقدر گرمای موجود در بخار به وسیله آب خنک دریا جذب می شود تا بخار به مایع تبدیل گردد. در نیروی محرکه بخار کشتی، به این مایع کندانسیت^۱ گفته می شود. کندانسیت در ظاهر شبیه آب است، اما نه آب محسوب می شود و نه آب مقطر.

بخار خروجی از توربین فشار کم کاملاً منبسط می شود. فشار بسیار کمی دارد. پس چگونه این بخار به داخل کندانسور جریان می یابد؟ در پاسخ باید گفت که فشار داخل کندانسور از فشار بخار خروجی از توربین مزبور کمتر است. حال باید دید که چگونه کندانسور فشار کمتری دارد. حقیقت این است که در کندانسور اصلی، خلأ^۲ وجود دارد.

حجم بخار بتدریج که از توربین به طرف کندانسور حرکت می کند، افزایش می یابد. می دانیم که هرگاه حجم افزایش یابد فشار کاهش می یابد. حجم بخار به هنگام عبور از اطراف تیوبهای سرد کندانسور در بالاترین اندازه قابل رسیدن است. از آنجا که محیط اطراف تیوبها سردتر از بخار است، بخار خیلی سریع از حالت گاز به حالت مایع تبدیل می شود (به این مایع کندانسیت گفته می شود).

جرم معینی از بخار وقتی که تبدیل به مایع شود، حجم بسیار کمتری را اشغال می کند. (برعکس جرم معینی از مایع وقتی که تبدیل به بخار شود، حجم بسیار بیشتری را می تواند اشغال کند) کندانسور اصلی یک ظرف کاملاً آب بندی شده است. سیال درون کندانسور ناگهان از حالت بخار به حالت مایع (کندانسیت) درمی آید و حجم کمتری را اشغال می کند؛ در نتیجه فشار داخل کندانسور بشدت کاهش می یابد و در این هنگام خلأ زیادی ایجاد

می شود. برای ایجاد این خلأ باید آب خنک به طور دائم از داخل تیوبهای کندانسور عبور کند. به این جهت، آب دریا از یک طرف کندانسور وارد می شود و از طرف دیگر خارج می شود. ایجاد خلأ کامل^۳ در نیروی محرکه دریایی امکاپذیر نیست، اما در اکثر نیروهای محرکه بخاری مقدار خلأ بین ۲۶ اینچ (حدود ۶۶ سانتیمتر) تا ۲۹ اینچ (حدود ۷۳/۶ سانتیمتر) است. به عبارت دیگر، به هنگام بهره برداری از نیروی محرکه بخاری فشار مطلق در کندانسور اصلی کمتر از ۱ PSIA (10^{-6} kg/cm^2) است. کندانسیت به مخزنی که در بخش زیرین کندانسور قرار دارد می ریزد. این مخزن چاه داغ^۴ نام دارد. پایینترین درجه حرارت در سرتاسر مدار در این مخزن مشاهده می شود. کندانسیت از چاه داغ به سیستم کندانسیت اصلی^۵ انتقال می یابد. سیستم کندانسیت دارای پمپ^۶ و مکنده اصلی هوا^۷ است. در مکنده اصلی کندانسورهای کوچکی^۸ وجود دارد. پمپ کندانسیت در نیروی محرکه بخار به پمپ کندانسیت اصلی^۹ معروف است. این پمپ از نوع گریز از مرکز^{۱۰} و دارای یک یا دو مرحله^{۱۱} است. در کشتیهای امروزی پمپ کندانسیت به وسیله موتور برقی کار می کند. این پمپ، کندانسیت را از چاه داغ می مکد. کندانسیت پس از عبور از کندانسورهای کوچک مکنده هوا به مخزن اکسیژن زدایی^{۱۲} می رسد. فشار سیال در چاه داغ بسیار کم است و سیال موجود در آن تحت مکش پمپ کندانسیت قرار می گیرد؛ در نتیجه در ورودی پمپ کندانسیت کمترین فشار موجود در سرتاسر مدار حاصل می شود.

مکنده هوا یک پمپ جت دو مرحله ای است که معمولاً با بخار کار می کند. در بعضی از کشتیها مکنده هوا با موتور برقی کار می کند. مکنده هوا در نیروی محرکه بخاری PSIG ۱۲۰ پا بخار ۱۵۰ پاوندی که از سیستم بخار فرعی^{۱۳} گرفته شده است کار

۱ - Condensate

۲ - در مکانی که فشار کمتر از فشار اتمسفر باشد، خلأ وجود دارد.

* بحث خلأ و فشار در ضمیمه این کتاب درج شده است.

۳ - Perfect Vacuum

۴ - Hotwell

۵ - Main Condensate System

۶ - Pump

۷ - Main Air Ejector

۸ - Air Ejector Condensers

۹ - Main Condensate Pump

۱۰ - Centrifugal

۱۱ - Stage

۱۲ - Deaerating Feed Tank

۱۳ - در فصلهای آینده با این سیستم بیشتر آشنا می شوید.

می‌کند. این دستگاه در مرحله اول، هوا و گازهای دیگر را که ممکن است در کندانسور اصلی وجود داشته باشند یا به‌درون آن نفوذ کرده باشند جذب می‌کند.

در راه‌اندازی و فعال کردن یک نیروی محرکه بخاری، مکنده هوا خلأ اولیه را در کندانسور اصلی ایجاد می‌کند. پس از فعال شدن نیروی محرکه، قسمت اعظم خلأ با تبدیل بخار به کندانسیت ایجاد می‌شود؛ اما کارکرد مداوم مکنده هوا موجب می‌شود که خلأ لازم در شرایط مختلف کاری نیروی محرکه در حدود ۲۹ اینچ (۷۳/۶ سانتیمتر) حفظ شود.

گفتیم که کندانسیت قبل از ورود به مخزن اکسیژن‌زدایی از کندانسورهای مکنده هوا عبور می‌کند. مجموعه کندانسورهای مکنده هوا که یک نوع مبدل حرارتی هستند، دو وظیفه دارند:

۱- گرمای بخار ۱۵۰ پاوندی را که از سیستم فرعی به مکنده هوا وارد می‌شود آنقدر جذب می‌کنند تا این بخار به کندانسیت تبدیل شود. ۲- گرمای بخار فرعی را به کندانسیت منتقل می‌کنند تا درجه حرارت کندانسیت قبل از ورود به مخزن اکسیژن‌زدایی افزایش یابد.

کندانسیت پس از خروج از کندانسورهای مکنده هوا به بخش فوقانی مخزن اکسیژن‌زدایی می‌رسد. در این‌جا کندانسیت با بخار فرعی تخلیه شده^۱ برخورد می‌کند. این برخورد موجب می‌شود که اولاً، کندانسیت مقداری گرم شود و ثانیاً، اکسیژنی که در کندانسیت حبس شده است آزاد شود؛ سپس مایع نسبتاً گرم و عاری از اکسیژن به قسمت تحتانی مخزن اکسیژن‌زدایی می‌ریزد. از این‌جا به بعد مایع را آب تغذیه^۲ می‌نامیم. قسمت تحتانی مخزن اکسیژن‌زدایی آغاز مرحله تغذیه است.

۴-۲-۱- مرحله تغذیه (Feed Phase): آموختیم که بخش تحتانی مخزن اکسیژن‌زدایی آغاز مرحله تغذیه در مدار بخار است. مخزن اکسیژن‌زدایی یک نوع مبدل حرارتی است. این مخزن سه وظیفه دارد:

۱- اکسیژن محبوس در کندانسیت را به وسیله تجهیزاتی که در آن وجود دارد آزاد و جذب می‌کند.^۳

۲- کندانسیت را گرم می‌کند و درجه حرارت مناسب آب تغذیه را در این مخزن حفظ می‌کند.

۳- به عنوان یک مخزن ذخیره برای حفظ آب تغذیه عمل می‌کند.

آب تغذیه از مخزن اکسیژن‌زدایی به قسمت ورودی پمپ کمکی^۴ سیستم تغذیه اصلی^۵ وارد می‌شود. این پمپ در زیر مخزن اکسیژن‌زدایی قرار دارد. فشار بخار در مخزن اکسیژن‌زدایی حدود ۱۵ PSIG است. نیروی حاصل از جمع این فشار و نیروی جاذبه موجب می‌شود که آب تغذیه از مخزن اکسیژن‌زدایی به ورودی پمپ کمکی جریان یابد.

پمپ کمکی آب تغذیه را به ورودی پمپ اصلی تغذیه می‌فرستد^۶. فشار در ورودی پمپ اصلی در حدود ۸۰ PSIG الی ۱۰۰ PSIG ($5/6 \text{ kg/cm}^2$ الی 7 kg/cm^2) است. شاید شما تعجب کنید که چرا قبل از پمپ اصلی تغذیه، از پمپ کمکی استفاده می‌شود. اما دلیل بسیار خوبی برای آن وجود دارد. درجه حرارت آب تغذیه در پوسته پمپ اصلی تغذیه در حدود ۲۵۰ فارنهایت (۱۲۱ درجه سانتیگراد) است. درجه حرارت مزبور تقریباً نزدیک به درجه حرارت اشباع آب در این فشار است. چنانچه فشار در ورودی پمپ اصلی کاهش یابد، آب تغذیه ناگهان به بخار تبدیل می‌شود. پمپ اصلی تغذیه نمی‌تواند بخار را حرکت دهد و از این‌رو رانش پمپ بی‌نتیجه می‌شود. در این وضعیت آب تغذیه به دیگ بخار نمی‌رسد. پس متوجه می‌شوید که پمپ کمکی تغذیه اطمینان می‌دهد که همواره آب با فشار و مقدار کافی در ورودی پمپ اصلی وجود دارد. برای آگاهی از بعضی از مقادیر متناسب فشار و درجه حرارت بخار اشباع به جدول ۱-۱ مراجعه شود.

۱- در فصل‌های آینده با این سیستم آشنا می‌شوید.

۲- Feedwater

۳- فشار در دیگ بخار خیلی زیاد است. در فشار زیاد، اکسیژن موجود در آب تجهیزات دیگ را دچار خوردگی و خرابی می‌کند.

۴- Booster Pump

۵- Main Feed System

۶- Main Feed Pump

جدول ۱ - ۱- مقادیر متناسب فشار و درجه حرارت بخار اشباع^۱

درجه حرارت اشباع سانتی گراد	فشار kgf/cm ²	درجه حرارت اشباع فارنهایت	فشار Lbf/in ²
۳۸/۷	۰/۰۷	۱۰۱/۷	۱/۰
۵۲/۲	۰/۱۲	۱۲۶/۰۴	۲/۰
۸۹/۶	۰/۷	۱۹۳/۱۹	۱۰/۰
۹۹/۹۹ = ۱۰۰	۱/۰۳	۲۱۱/۹۹ = ۲۱۲	۱۴/۶۹۶ = ۱۴/۷
۱۲۱/۳	۲/۱۱	۲۵۰/۳۴	۳۰
۱۳۴/۷	۳/۱۶	۲۷۴/۴۶	۲۵
۱۴۱/۷	۳/۸۷	۲۸۷/۱	۵۵
۱۴۴/۸۵	۴/۲۲	۲۹۲/۷۳	۶۰
۱۵۰/۵۳	۴/۹۲	۳۰۲/۹۶	۷۰
۱۵۵/۶	۵/۶۳	۳۱۲/۰۷	۸۰
۱۶۴/۳۶	۷/۰۳	۳۲۷/۸۶	۱۰۰

پمپ اصلی تغذیه معمولاً به وسیله یک توربین بخار کوچک کار می کند. این پمپ دارای چندین مرحله و از نوع گریز از مرکز است. این پمپ توانایی جابه جایی آب به مقدار زیاد و با فشار لازم را دارد. فشار خروجی این پمپ باید از فشار داخل استوانه بخار بیشتر باشد تا بتواند آب تغذیه را به داخل دیگ بفرستد. به همین دلیل فشار در خروجی پمپ اصلی تغذیه بزرگترین فشار در سرناسر مدار نیروی محرکه بخاری است؛ مثلاً در نیروی محرکه PSIG = ۱۲۰ (یا ۸۴/۵ kg/cm²) فشار در خروجی پمپ تغذیه و ورودی استوانه بخار در حدود PSIG = ۱۳۰ است. در خروجی پمپ اصلی تغذیه، آب قبل از ورود به دیگ بخار باید از اکانامایزر^۲ بگذرد. اکانامایزر موجب افزایش بازدهی مدار بخار می شود.

در این جا از انرژی گرمایی موجود در دود که از دودکش بیرون می آید، استفاده می شود؛ بدین ترتیب که اکانامایزر در مسیر حرکت دودهای داغ که از دودکش خارج می شوند قرار دارد. انتقال گرما از دود به اکانامایزر باعث افزایش درجه حرارت آب

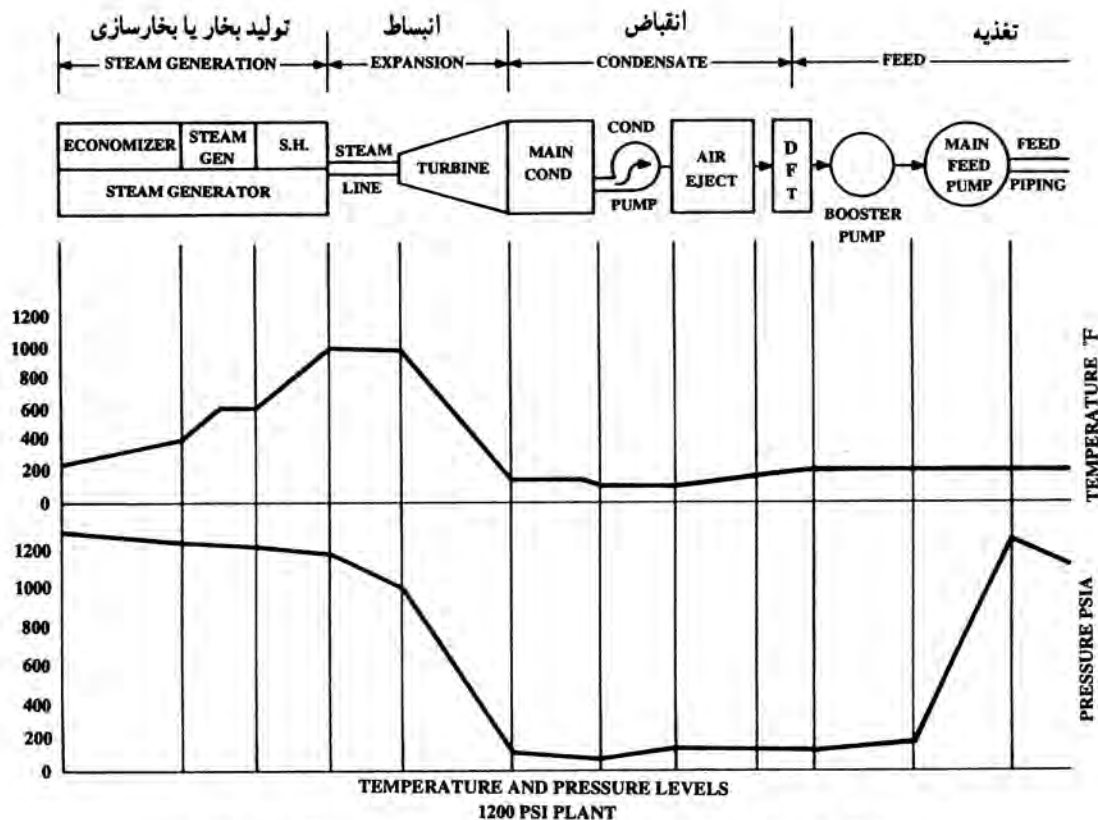
تغذیه قبل از ورود به استوانه بخار می شود. افزایش درجه حرارت آب در اکانامایزر موجب می شود که برای تبدیل آب به بخار، سوخت کمتری مصرف شود. به همین جهت گفته می شود اکانامایزر بازدهی مدار بخار را بالا می برد.

اکانامایزر یک نوع مبدل حرارتی و شامل تعدادی تیوب است. گازهای داغ که از احتراق سوخت در کوره به وجود می آیند، مجبور به عبور از تیوبهای اکانامایزر هستند؛ از این رو انرژی گرمایی موجود در دود از طریق تیوبهای اکانامایزر به آب تغذیه منتقل می شود. معمولاً درجه حرارت آب تغذیه در خروجی اکانامایزر حدود ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) بالاتر از درجه حرارت آب در ورودی به اکانامایزر است.

در قسمتهای بالا به اثری که هرکدام از تجهیزات مدار نیروی محرکه بخار بر کمیت های فشار و حرارت می گذارند، اشاره شد. در شکل ۱-۴ خلاصه این مطالب به صورتی کلی برای نیروی محرکه بخاری معمولی با فشار PSIG = ۱۲۰ نشان داده شده است.

۱ - Van Wylen & Sonntag: Fundamentals of classical Thermodynamics; John Wiley & Sons Inc; U. S. A ; 1973 Page 652

۲ - Economizer



شکل ۴-۱- مقادیر فشار و درجه حرارت و تغییرات آن در نیروی محرکه ۱۲۰۰ PSI

۳-۱- مدار بخار در نیروی محرکه بخاری اتمی (Nuclear Steam Cycle)

در شکل ۵-۱ مدار بخار در نیروی محرکه بخاری اتمی نشان داده شده است. همان گونه که در شکل دیده می شود، در نیروی محرکه بخاری اتمی مدار بخار اصلی به مدار ثانویه معروف است. مدار ثانویه شباهت زیادی به مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارد. در این مقدمه به جزئیات نیروی محرکه بخاری اتمی نمی پردازیم، بلکه به تفاوت های مدار بخار در نیروی محرکه اتمی با مدار بخار در نیروی محرکه بخاری معمولی اشاره می کنیم.

۳-۱-۱- مرحله تولید (Generation phase):

آموختیم که در مدار بخاری معمولی از کوره دیگ برای تولید گرما استفاده می شود. در مدار بخاری اتمی از گرمای ایجاد شده به وسیله راکتور اتمی^۱ بهره برداری می شود. یادآوری می کنیم که در مدار بخاری معمولی گرمای تولید شده به وسیله احتراق، از

کوره دیگ از طریق جابه جایی گازهای داغ به جداره تیوبها و از جداره تیوبها از طریق هدایت مستقیم به آب می رسد. گازهای داغ در اطراف تیوبها حرکت می کنند و بدین طریق گرما به آب منتقل می شود.

در نیروی محرکه بخاری اتمی، گرمای حاصل از شکافت هسته ای^۲ به وسیله آب مدار اولیه^۳ که تحت فشار زیادی قرار دارد، جذب می شود. این آب در لوله های مدار اولیه جریان دارد و به طور مرتب از دستگاهی به نام بخارساز^۴ عبور می کند. حرکت و گردش این آب به وسیله یک پمپ که پمپ خنک کننده راکتور^۵ نام دارد میسر می شود. در دستگاه بخارساز، آب موجود در مدار اولیه و آب تغذیه موجود در مدار ثانویه (یا مدار بخار اصلی) از طریق جداره تیوبهای دستگاه، تبادل گرما را انجام می دهند. آب مدار اولیه از داخل تیوبها و آب تغذیه از اطراف تیوبها عبور می کنند؛ بدین طریق گرما از آب مدار اولیه به مدار ثانویه منتقل می شود. فشار و درجه حرارت آب مدار اولیه طوری متناسب

۱ - Nuclear reactor

۲ - Fission

۳ - Primary loop

۴ - Steam generator

۵ - Reactor coolant pump

می‌شود (به شکل ۵-۱ مراجعه شود).

۳-۱-۳-۱-۳ مرحله انقباض (Condensation phase):

رطوبت جدا شده از بخار هنوز مقدار زیادی انرژی گرمایی دارد که باید از اتلاف انرژی موجود در آن جلوگیری شود؛ بدین جهت از آن برای پیش گرم کردن کندانسیت مدار بخار اصلی استفاده می‌شود. این رطوبت به یک مبدل حرارتی موسوم به پیش گرم کننده^۱ که بین مکنده هوا و مخزن اکسیژن زدایی قرار دارد، فرستاده می‌شود. کندانسیت مدار نیز پس از عبور از کندانسور مکنده هوا و قبل از رسیدن به مخزن اکسیژن زدایی، از این مبدل عبور می‌کند. این رطوبت از پیش گرم کننده به کندانسور اصلی می‌ریزد و از آن جا به مدار ثانویه می‌پیوندد.

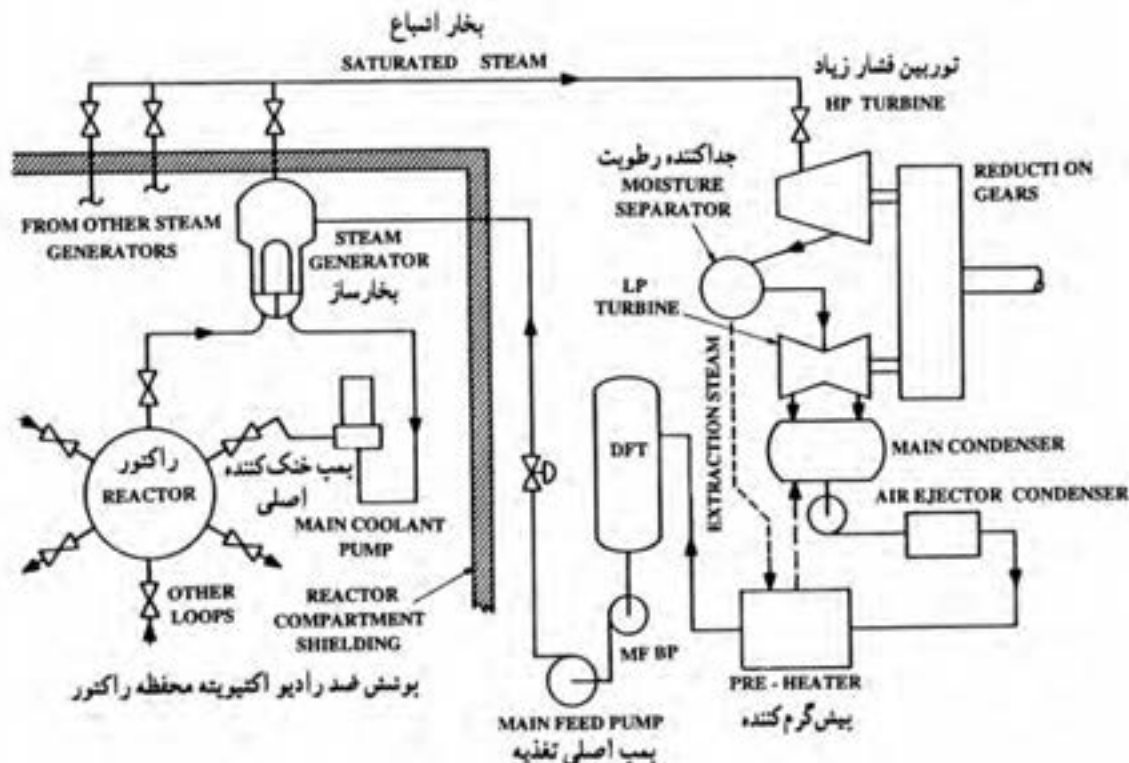
۴-۱-۳-۱-۳ مرحله تغذیه (Feed phase): در نیروی

محرکه اتمی گازهای احتراق، دودکش و سایر تجهیزاتی که برای ایجاد احتراق به کار می‌روند وجود ندارد و از این رو به اکانامایزر نیازی نیست.

است که اولاً، آب مدار اولیه هیچ وقت به جوش نمی‌آید و ثانیاً، قادر است آب مدار ثانویه را به جوش آورده تبدیل به بخار کند. آبهای این دو مدار با یکدیگر مخلوط نمی‌شوند، زیرا تماس مستقیم بین آنها وجود ندارد. ملاحظه می‌شود که دستگاه بخارساز یک نوع مبدل حرارتی است و نتیجه کار شباهت زیادی به نتیجه کار در دیگ بخار معمولی دارد. بخار اشباع تولید می‌شود، اما بدون آن که سوپرهیت (داغتر) شود، به توربینهای نیروی محرکه فرستاده می‌شود.

۲-۱-۳-۱-۳ مرحله انبساط (Expansion phase):

همان‌طور که در بالا گفته شد، در نیروی محرکه بخاری اتمی از بخار اشباع به جای بخار سوپرهیت استفاده می‌شود. مقداری از بخار اشباع به هنگام عبور از توربین فشار زیاد به کندانسیت تبدیل می‌شود. به منظور کاهش دادن ساییدگی تیغه‌های توربین، کندانسیت حاصل قبل از آن که همراه بخار به توربین فشار کم برود، از بخار جدا می‌شود. برای جداسازی کندانسیت از بخار، از وسیله مخصوصی که جداکننده رطوبت^۲ نام دارد استفاده



شکل ۵-۱ نمونه ای از سیکل بخار در نیروی محرکه اتمی

۴-۱- خلاصه

مرحله انقباض و ابتدای مرحله تغذیه، اکسیژن محلول در کندانسیت آزاد می‌شود و فشار آب تغذیه به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. بدین صورت در مرحله انبساط (یا مرحله تبدیل انرژی گرمایی به کار) بخار استعداد بیشتری برای انجام کار دارد. تجهیزات مدار بخار با کارایی خوبی که دارند، موجب تحرک بسیاری از شناورها بخصوص ناوهای نیروهای دریایی می‌شوند. این گونه شناورها دارای سرعت^۱ و قابلیت اطمینان^۲ زیادی هستند.

در این فصل با مراحل تولید، انبساط، انقباض و تغذیه مدار بخار اصلی نیروی محرکه بخاری (معمولی و اتمی) آشنا شدیم. در مرحله تولید، انرژی شیمیایی ذخیره شده در سوخت فسیلی یا اتمی به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و در مرحله انبساط، به کار تبدیل می‌شود. مرحله انقباض امکان استفاده مجدد از بخار را فراهم می‌کند و اکسیژن غیر محلول در این مرحله جذب می‌شود. در اواخر

پرسش

- ۱- برای تأمین تحرک یک کشتی مجهز به نیروی محرکه بخاری معمولی از چه مداری استفاده می‌شود؟
- ۲- مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارای چند مرحله است؟ مراحل مزبور را نام ببرید و به طور اختصار بنویسید که در هر مرحله چه کاری انجام می‌پذیرد.
- ۳- مرحله تغذیه در مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارای چه تجهیزاتی است؟ آنها را نام برده کار هریک را باختصار بیان کنید.
- ۴- مرحله انبساط مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارای چه تجهیزاتی است؟ آنها را نام برده کار هریک را باختصار بیان کنید.
- ۵- مرحله انقباض مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارای چه تجهیزاتی است؟ آنها را نام برده کار هریک را باختصار بیان کنید.
- ۶- مرحله تولید مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری معمولی دارای چه تجهیزاتی است؟ آنها را نام برده کار هریک را باختصار بیان کنید.
- ۷- تجهیزات به کار برده شده در مرحله تولید مدار بخار اصلی نیروی محرکه اتمی را نام برده کار هریک را بیان کنید.
- ۸- تجهیزات به کار برده شده در مرحله انبساط مدار بخار اصلی نیروی محرکه اتمی را نام برده کار هریک را بیان کنید.
- ۹- تجهیزات به کار برده شده در مرحله انقباض مدار بخار اصلی نیروی محرکه اتمی را نام برده کار هریک را بیان کنید.

- ۱۰- انواع روشهای انتقال حرارت را نام برده برای هر یک منالی بیاورید.
- ۱۱- هرچه فشار مایع بالاتر رود، مایع در درجه حرارت کمتری به جوش می‌آید یا در درجه حرارت بیشتر؟ (با مراجعه به جدول ۱-۱ به این سؤال پاسخ دهید).
- ۱۲- چرا بخار انبساط در نیروی محرکه بخاری معمولی سوپر هیت می‌شود؟

دیگهای بخار دریایی

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- اهمیت، کاربرد و وظایف کلی دیگهای بخار دریایی را شرح دهد.
 - طبقه‌بندی دیگهای بخار را شرح دهد.
 - دیگ بخار نوع D را معرفی و طبقه‌بندی کند.

۲- دیگهای بخار دریایی

دیگهای بخار در نیروی محرکه بخاری معمولی دو نوع بخار تأمین می‌کنند:

۱- بخار داغ یا بخار سوپرهیت که قبلاً درباره آن بحث شده است.

۲- بخار دی‌سوپرهیت^۵: این بخار برای راندن برخی از پمپها و مصارف دیگر کشتی لازم است. بخار دی‌سوپرهیت درجه حرارتی کمتر از بخار سوپرهیت دارد و درجه حرارت آن تقریباً برابر با درجه حرارت بخار اشباع در هر فشار معین است. طرز تأمین بخار دی‌سوپرهیت در ادامه توضیح داده می‌شود.

قبلاً گفته شد که آب در فشار و درجه حرارت معینی، از حالت مایع به حالت گاز درمی‌آید. آب در حالت گاز به بخار یا بخار آب معروف است. مقادیر فشار و درجه حرارت در هنگام تبدیل آب به بخار، شرایط اشباع نام دارد. دیگ بخار دارای شبکه‌های متعددی از تیوبهای مختلف است. در تیوبهای تولید که باریکتر از سایر تیوبها است، آن قدر گرما به آب تغذیه منتقل می‌شود تا آب تبدیل به بخار شود. این بخار و آب مجاور آن دارای شرایط اشباع هستند. بخار تولید شده از آب جدا شده پس از عبور از استوانه بخار به سوپرهیتر می‌رسد. در سوپرهیتر

۱-۲- اهمیت، کاربرد و وظایف کلی دیگهای بخار دریایی

دیگ بخار منبع گرما در مدار بخار نیروی محرکه بخاری معمولی است. دیگ بخار باید از آب تغذیه که دارای انرژی کمی است، بخار با فشار و حرارت زیاد تأمین کند. از اوایل قرن نوزدهم تاکنون دیگهای بخار برای تحرک کشتیها به کار برده شده‌اند. دیگهای بخار طوری طراحی می‌شوند که از عهده انجام سه کار اساسی زیر برآیند:

۱- احتراق^۱ - سوزاندن سوخت حاوی ترکیبات هیدروژن و کربن^۲ با هوا، طوری که انرژی شیمیایی به انرژی گرمایی تبدیل شود.

۲- انتقال گرما^۳ - انتقال انرژی گرمایی از گازهای احتراق به آب تغذیه و بخار.

۳- چرخش^۴ - چرخش آب تغذیه و بخار در داخل تیوبها و ظروف دیگ بخار، به طوری که انتقال گرما به نحوی مؤثر انجام شده ایمنی دیگ نیز حفظ شود.

هر سه عمل یاد شده در مرحله تولید مدار بخار اصلی نیروی محرکه بخاری انجام می‌شود.

۱ - Combustion

۲ - Hydrocarbon Fuel

۳ - Heat Transfer

۴ - Circulation

۵ - Desuperheated Steam

درجه حرارت بخار بالا می‌رود. در خروجی سوپرهیتر بخار داغ یا سوپرهیت وجود دارد. افزایش درجه حرارت بخار در سوپرهیتر موجب افزایش بازدهی مدار می‌شود. در اکثر دیگهای بخار مدرن دریایی، سوپرهیتر به وسیله گازهایی داغ می‌شود که قبل از رسیدن به سوپرهیتر از تیوبهای تولید عبور کرده‌اند؛ بدین ترتیب نیازی نیست که برای داغ کردن سوپرهیتر مشعل جداگانه و فضای جداگانه در نظر گرفته شود. (برخی از دیگهای قدیمی تر دارای مشعل جداگانه و فضای جداگانه برای افزایش درجه حرارت سوپرهیتر و در نتیجه بالا بردن درجه حرارت بخار بودند). در دیگهای مدرن در مصرف سوخت صرفه جویی شده از فضای کوچکتری استفاده می‌شود و مصالح کمتری برای ساختن دیگ به کار می‌رود.

استفاده از بخار سوپرهیت در چرخاندن توربینهای اصلی مزیت دیگری نیز دارد. این مزیت عبارت است از کاهش رطوبت در قسمتهای فشار کم توربینها. این مزیت موجب افزایش عمر تجهیزات توربین می‌شود، زیرا رطوبت موجود در بخار باعث بروز خوردگی شیمیایی و خوردگی مکانیکی توربین می‌شود.

در هر کشتی بخاری بخشی از بخار برای مصارف فرعی^۱ به کار می‌رود. درجه حرارت بخار فرعی^۲ کمتر از درجه حرارت بخار سوپرهیت است. برای تأمین بخار فرعی، بخشی از بخار سوپرهیت از یک مبدل حرارتی که دی سوپرهیتر^۳ نام دارد، عبور داده می‌شود. در دی سوپرهیتر مقداری از گرمای بخار جذب می‌شود؛ طوری که شرایط آن را شبیه شرایط بخار اشباع می‌کند. بخار فرعی نام دیگر بخار دی سوپرهیت است. در کشتی بخاری، بخار فرعی (یا بخار دی سوپرهیت) دارای شبکه لوله کشی^۴ مستقل از شبکه بخار اصلی است.

به طور کلی می‌توان گفت که در یک کشتی بخاری، فشار و درجه حرارت بخار در شبکه اصلی برابر با فشار و درجه حرارت دیگ است؛ اما فشار و درجه حرارت بخار در شبکه فرعی

به علت مصارف مختلفی که دارد ممکن است کمتر از فشار و درجه حرارت دیگ باشد. شبکه بخار اصلی خیلی کوتاه است، زیرا تنها بین دیگ بخار و توربینها و توربوزنراتورها قرار دارد؛ اما بخار فرعی نه تنها در موتورخانه^۵ بلکه خارج از موتورخانه نیز وجود دارد. (بخار فرعی پس از خروج از دی سوپرهیتر بنابر مصارف متعددی که دارد، دارای فشارها و درجه حرارتهای مختلف است).

۲-۲ طبقه بندی دیگهای بخار^۶ (Steam Boiler Classification)

اگرچه انواع مختلف و متعددی از دیگهای بخار ساخته شده است، اما می‌توان آنها را براساس چند اصل کلی طبقه بندی کرد. آگاهی از طبقه بندی دیگها کمک فراوانی برای آموختن عملکرد دیگ و تجهیزات آن می‌کند.

۱-۲-۲ طبقه بندی دیگهای بخار با توجه به نحوه عبور و قرار گرفتن آب و دود نسبت به تیوبها؛ در داخل دیگ بخار، آب و بخار در تماس مستقیم با شعله و گازهای احتراق (و دود) نیستند. بدیهی است که تجهیزات آنها طوری ساخته شده و در دیگ قرار می‌گیرند که تماس مستقیم بین آب و آتش وجود نداشته باشد. طبق تعریف به قسمتهایی که آب و بخار را در خود نگاه می‌دارند یا عبور می‌دهند، بخشهای آب و بخار^۷ و به قسمتهایی که گازهای احتراق در آنها به وجود می‌آید و عبور داده می‌شود، بخشهای آتش^۸ گفته می‌شود.

دیگهای بخاری که در قدیم در نیروی محرکه کشتیها به کار برده می‌شدند، از نوع فایرتیوب^۹ بودند^{۱۰}. در این نوع دیگ گازهای احتراق از داخل تیوبها عبور می‌کنند. آب در اطراف تیوبها قرار دارد و گرما از داخل تیوبها پس از عبور از جداره آنها، به آب می‌رسد. در کشتیهای مدرن از دیگ بخار فایرتیوب برای نیروی محرکه استفاده نمی‌شود، زیرا این گونه دیگها قادر به تولید بخار با فشار زیاد نیستند؛ در نتیجه انرژی گرمایی حاصل خیلی کمتر از انرژی گرمایی حاصل

۱ - Auxiliary use

۲ - Auxiliary steam

۳ - Desuperheater

۴ - Auxiliary steam piping system

۵ - Engine Room

۶ - به منظور جلوگیری از پیچیده شدن مطالب در این کتاب تنها به کلیات طبقه بندی دیگها اشاره می‌شود.

۷ - Water and steam sides

۸ - Fire sides

۹ - Fire Tube Boiler

۱۰ - آتش در تیوب یا دود در تیوب

۲-۲-۲ طبقه‌بندی دیگهای بخار با توجه به

تجهیزات بخشهای آب و بخار: همه دیگهای بخار و اترتیوب دارای استوانه بخار هستند. استوانه بخار ظرف بزرگ و سنگینی است که در بالای دیگ قرار می‌گیرد و معمولاً در نیمی از آن، آب تغذیه وجود دارد و در نیمه فوقانی آن، بخار جمع‌آوری می‌شود. در ادامه درباره استوانه بخار توضیحات بیشتری داده خواهد شد.

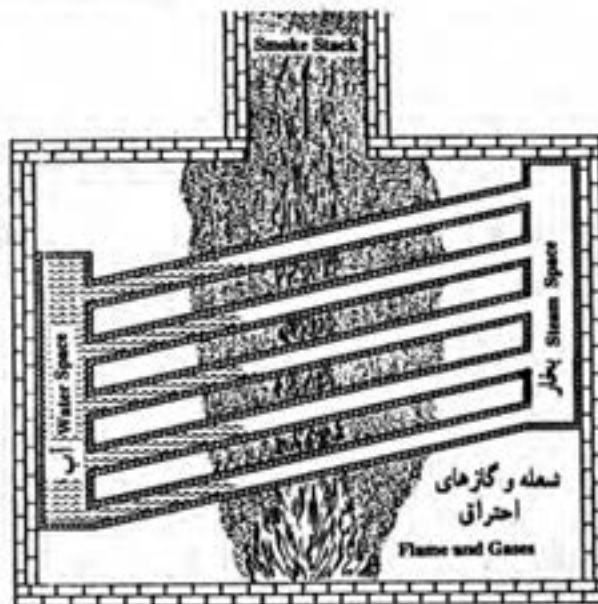
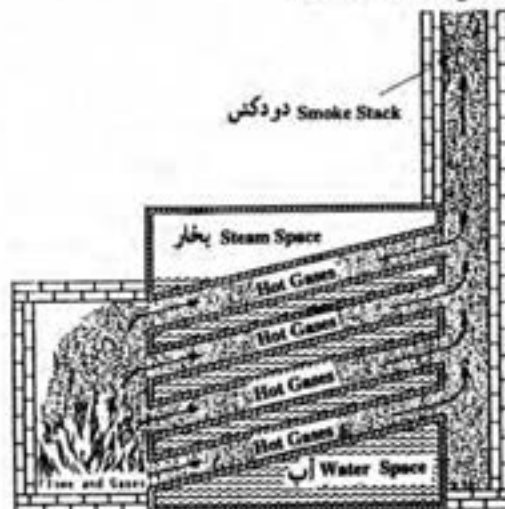
دیگهای بخار و اترتیوب دارای ظروفی در قسمتهای زیرین هستند. در این ظروف همواره آب تغذیه وجود و جریان دارد. این ظروف را چنانچه کوچک باشند هدر^۵ و اگر بسیار بزرگتر از هدر باشند درام^۶ می‌نامند. چون در این ظروف آب وجود یا جریان دارد، به آنها هدرآب و درام آب^۷ (یا استوانه آب) گفته می‌شود. یک فرد با چنه معمولی می‌تواند هنگام بازدید یا تعمیرات وارد درام شود، اما همان فرد تنها می‌تواند دستش را داخل هدر کند.

دیگهای بخاری که دارای استوانه آب نیستند، حتماً چند هدر دارند. به این نوع دیگ، دیگ بخار از نوع هدر^۸ گفته می‌شود.

برخی از دیگهای بخار، یک یا چند درام آب دارند. البته همین دیگها ممکن است دارای یک یا چند هدر هم باشند. به این نوع دیگ، دیگ بخار از نوع درام^۹ گفته می‌شود. بدین ترتیب نتیجه می‌گیریم که: ۱- دیگ بخار از نوع درام حتماً دارای یک یا چند درام آب است و ممکن است یک یا چند هدر هم داشته باشد. ۲- دیگ بخار از نوع هدر دارای درام آب نیست، اما به جای درام آب چند هدر دارد. در شکل ۲-۲ تصاویری از دیگهای بخار نوع درام و دیگهای بخار نوع هدر نشان داده شده است.

در دیگهای بخار و اترتیوب^۱ است. برخی از دیگهای کوچکی که در کشتیهای دیزلی^۲ برای مصارف فرعی به کار می‌روند از نوع فایرتیوب هستند. به این دیگها، دیگهای بخار فرعی^۳ گفته می‌شود.

دیگهای بخار دریایی مدرن که در نیروی محرکه به کار می‌روند از نوع و اترتیوب هستند؛ یعنی آب و بخار در داخل تیوبها جریان دارند. گازهای احتراقی از اطراف تیوبها می‌گذرد و به طرف دودکش^۴ می‌رود. در شکل ۲-۱ دیگهای بخار فایرتیوب و و اترتیوب نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ دیگهای بخار فایرتیوب و و اترتیوب

۱ - Water Tube Boiler

۲ - Auxiliary Boiler

۳ - Drum

۴ - Drum Type Boiler

۵ - Exhaust stack یا stack

۶ - Water Drum

۷ - کشتیهای مجهز به نیروی محرکه دیزل

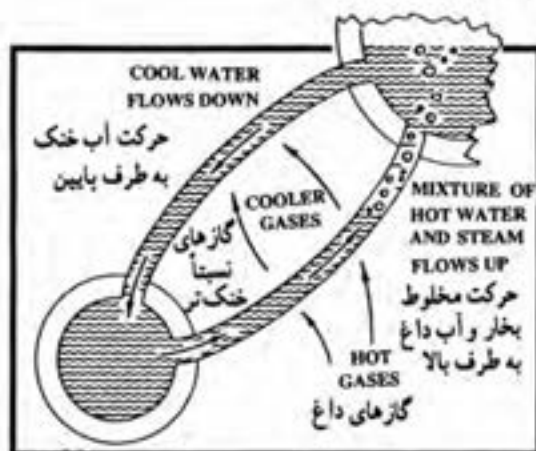
۸ - Header

۹ - Header Type Boiler

می‌شود. به طور کلی سه نوع چرخش در دیگهای بخار وجود دارد و دیگهای بخار بر طبق نوع چرخش آب و بخار طبقه بندی می‌شوند.

۱-۲-۲-۲ چرخش طبیعی (Natural Circulation):

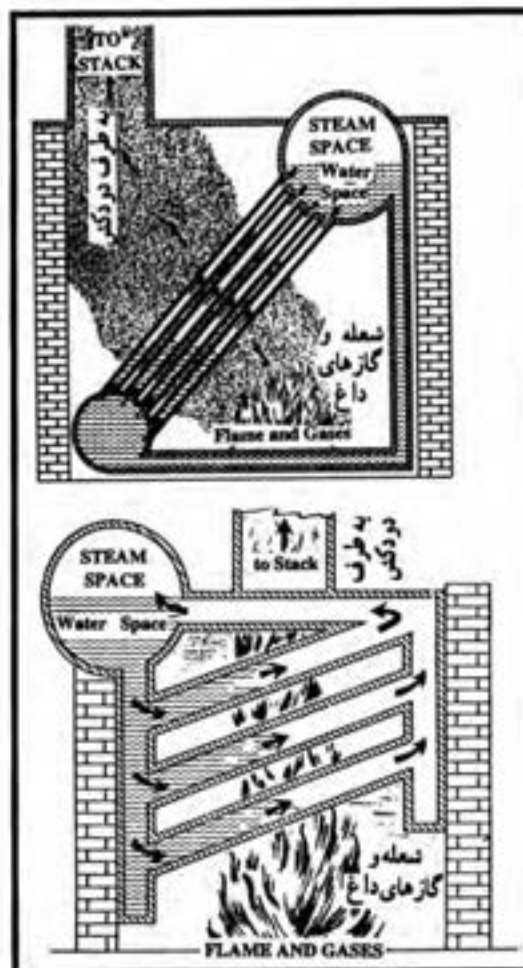
در این نوع چرخش، بخار که سبکتر از آب است به همراه آب داغ به طرف بالا و آب ورودی که دارای درجه حرارت کمتری نسبت به آب داغ است، به طرف پایین حرکت می‌کند. بخار تولید شده از قسمتهای فوقانی دیگ خارج و آب تغذیه به دیگ وارد می‌شود. این چرخش به طور پیوسته ادامه می‌یابد و به آن چرخش طبیعی گفته می‌شود. در شکل ۲-۳ یک دیگ بخار با چرخش طبیعی دیده می‌شود.



شکل ۲-۳ چرخش طبیعی

۲-۲-۳-۲ چرخش طبیعی شتاب‌دار (Accelerated):

(Natural Circulation) در بسیاری از دیگهای بخار دریایی تیوبهای قطوری در کنار دیگ قرار می‌گیرند؛ به طوری که با بخش داغ دیگ مقداری فاصله داشته باشند. این تیوبها از سایر تیوبهای دیگ قطورتر است؛ طوری که گاه به جای تیوب به آنها لوله گفته می‌شود. این لوله‌ها، پایین‌تر یا لوله‌های پایین‌تر نامیده می‌شوند. در این نوع دیگ آب نسبتاً خنک با حجم و مقدار بیشتری نسبت به چرخش طبیعی از لوله‌های پایین‌تر به طرف پایین حرکت می‌کند. مخلوط آب داغ و بخار در تیوبهای تولید با حجم و مقدار بیشتری به طرف بالا حرکت می‌کند (شکل ۲-۴). در این نوع چرخش، حرکت سیال در داخل تیوبها و لوله‌ها مانند



شکل ۲-۲ دیگهای بخار نوع درام و نوع هدر

۳-۲-۲-۲ طبقه بندی دیگهای بخار با توجه

به چگونگی چرخش آب و بخار: دیگهای بخار با توجه به چگونگی چرخش آب و بخار در تیوبها، درام یا درامها و هدرها طبقه بندی می‌شوند.

وقتی دو سیال با جرم حجمی متفاوت در داخل ظرفی قرار داشته باشند، به طور طبیعی به علت نیروی جاذبه^۱، سیال سنگین به طرف پایین و سیال سبک به طرف بالا حرکت می‌کند. در مجموعه درامها، هدرها و تیوبهای دیگ بخار و از تیوب مخلوطی از آب نسبتاً خنک ورودی به دیگ، آب نسبتاً داغ، آب داغ و بخار وجود دارد. بخار سبکتر از آب است و به طرف بالا حرکت می‌کند. آب نسبتاً خنک ورودی سنگینتر از بخار است و به طرف قسمتهای پایین دیگ تمایل دارد؛ در نتیجه مخلوط آب و بخار دچار چرخش

۱ - Gravity

۲ - Down Comer

۳ - Down Comer pipes

دیزلی (یا توربین گاز) دارند، از دیگهای بخار کوچک برای مصارف فرعی استفاده می‌شود. برخی از این دیگها از نوع جرخش با کمک پمپ هستند.

۲-۲-۴ طبقه‌بندی دیگهای بخار بر طبق تعداد کوره‌ها و چگونگی کنترل درجه حرارت بخار سوپر هیت (Number of Furnaces and superheat control):
بخار اصلی^۱ (نام دیگر دیگ بخار در نیروی محرکه بخاری) بر طبق تعداد کوره‌ها و چگونگی کنترل درجه حرارت بخار سوپر هیت طبقه‌بندی می‌شوند. دیگ بخار یک کوره‌ای^۲ دارای یک کوره و دیگ بخار دو کوره‌ای^۳ دارای دو کوره است.

در دیگ بخار یک کوره‌ای گازهای احتراق انرژی گرمایی را برای تولید بخار اشباع و بخار سوپر هیت تأمین می‌کنند. در دیگ بخار یک کوره‌ای معمولاً درجه حرارت بخار سوپر هیت را نمی‌توان کنترل کرد؛ به همین دلیل گفته می‌شود که این گونه دیگها بدون کنترل سوپر هیت^۴ هستند. البته در برخی از دیگهای بخار روشهایی برای کنترل درجه حرارت بخار سوپر هیت انتخاب شده است که خارج از بحث این کتاب است. در شکل ۲-۵ تصویری از دیگ بخار یک کوره‌ای دیده می‌شود. توجه شود که بین سوپر هیت و کوره، تیوبهای محافظ قرار دارد. تیوبهای محافظ دارای سه عنوان هستند. لازم است که دانش آموز هر سه عنوان را یاد بگیرد تا در آینده دچار اشتباه نشود. این عنوانها عبارتند از:

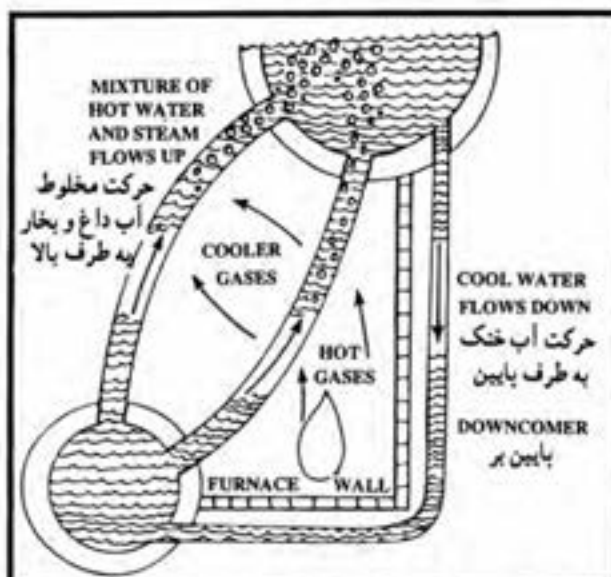
– تیوبهای محافظ سوپر هیت (Superheater screen Tubes)

– تیوبهای محافظ حاوی آب (Water screen Tubes)

– تیوبهای محافظ (Screen Tubes)

لازم به ذکر است که در داخل این تیوبها همواره آب جریان دارد.

در دیگ بخار دو کوره‌ای از یک کوره برای تولید بخار اشباع و از کوره دیگر برای تبدیل بخار اشباع به بخار سوپر هیت استفاده می‌شود. هر کدام از کوره‌ها دارای مشعل، سیستم سوخت و سیستم هوای احتراق جداگانه هستند. با استفاده



شکل ۲-۴ جرخش طبیعی شتاب‌دار

حرکت اتوموبیلها در خیابانهای یک طرفه است. حرکت یک طرفه بخار و آب داغ به سوی بالا و آب نسبتاً خنک به سوی پایین موجب می‌شود که سرعت حرکت افزایش یابد؛ در نتیجه بخار تولید شده در مدت زمان کمتری نسبت به نوع جرخش طبیعی، در قسمت فوقانی دیگ جمع می‌شود. برای مثال، اگر دو دیگ مشابه و هم‌اندازه که یکی دارای جرخش طبیعی و دیگری دارای جرخش طبیعی شتاب‌دار است در نظر گرفته شوند، بخار در دیگی که دارای جرخش طبیعی شتاب‌دار است، زودتر در قسمت فوقانی جمع‌آوری می‌شود. پس کارایی و بازدهی دیگ بخار از نوع جرخش طبیعی شتاب‌دار بیش از دیگ بخار از نوع جرخش طبیعی است. بدین لحاظ معمولاً دیگهای بخار دریایی از نوع جرخش طبیعی شتاب‌دار است.

۲-۲-۳ جرخش با کمک پمپ^۵ (Controlled):

(Circulation) روش سومی که برای جرخش وجود دارد، روش جرخش با کمک پمپ است. در این روش، جرخش آب و بخار با کمک پمپ کنترل شده از پمپ برای حرکت دادن آب داخل دیگ استفاده می‌شود. ناکوتون از این روش در دیگهای بخار نیروی محرکه بخاری دریایی استفاده چندانی نشده است. قبلاً گفته شد که در برخی از کشتیهایی که نیروی محرکه

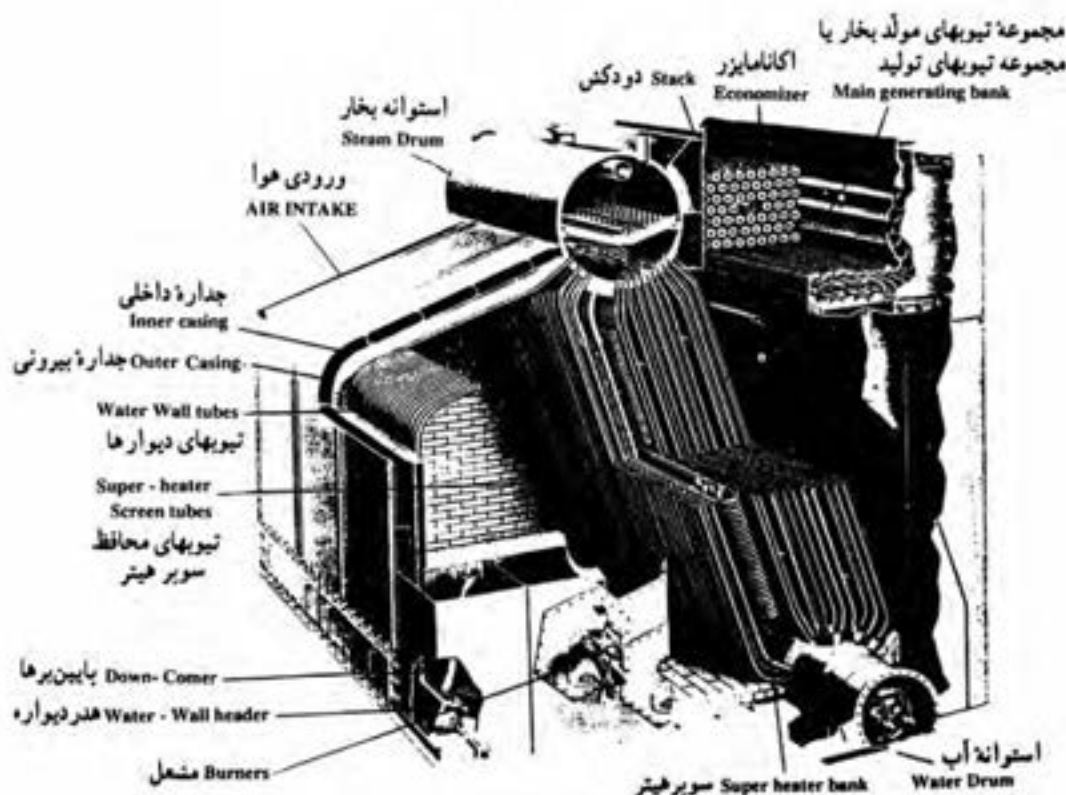
۱- به این روش forced circulation هم گفته می‌شود.

۲- Main Boilers

۳- Double Furnace

۴- Single Furnace

۵- Uncontrolled Superheat



DESTROYER ESCORT TYPE MARINE STEAM GENERATOR
DESIGNED AND CONSTRUCTED BY
FOSTER WHEELER CORPORATION

Single - furnace D - type boiler with vertical convection - type superheater

شکل ۵-۲ - دیگ بخار یک کوره‌ای با سوپر هیتور عمودی نوع جابه جایی

D را دارند یا این که از این دو متفاوت اند.

۵-۲-۲ طبقه بندی دیگهای بخار بر طبق نوع سوپر هیتور: دیگهای بخار بر طبق چگونگی انتقال گرما به تیوبهای سوپر هیتور طبقه بندی می شوند. اگر بین سوپر هیتور و کوره هیچ گونه محافظتی وجود نداشته باشد و سوپر هیتور تحت تأثیر مستقیم انرژی تابشی قرار گیرد، به آن سوپر هیتور تابشی^۱ گفته می شود؛ مانند سوپر هیتور دیگ بخار دو کوره ای شکل ۶-۲ که مقدار زیادی از انرژی گرمایی از طریق تابش به آن می رسد. در طراحی دیگ بخار مدرن، تیوبهای سوپر هیتور از تأثیر مستقیم گرمای تابشی محافظت می شوند. همان گونه که در شکل ۵-۲ مشاهده می شود، یک شبکه تیوب محافظ، حفاظت از سوپر هیتور را به عهده دارد. قسمت اعظم انرژی گرمایی به این سوپر هیتور از طریق جابه جایی منتقل می شود؛ بدین سبب به آن سوپر هیتور نوع جابه جایی^۲ گفته می شود.

از مشعلهای کوره سوپر هیتور می توان درجه حرارت بخار سوپر هیتور را کنترل کرد. به این نوع دیگ، دیگ دو کوره ای دارای کنترل سوپر هیتور^۱ گفته می شود. کوره ها به ترتیب کوره اشباع و کوره سوپر هیتور نام دارند. هنگام مانور کوره سوپر هیتور را خاموش کرده از بخار اشباع برای توربینها استفاده می شود.

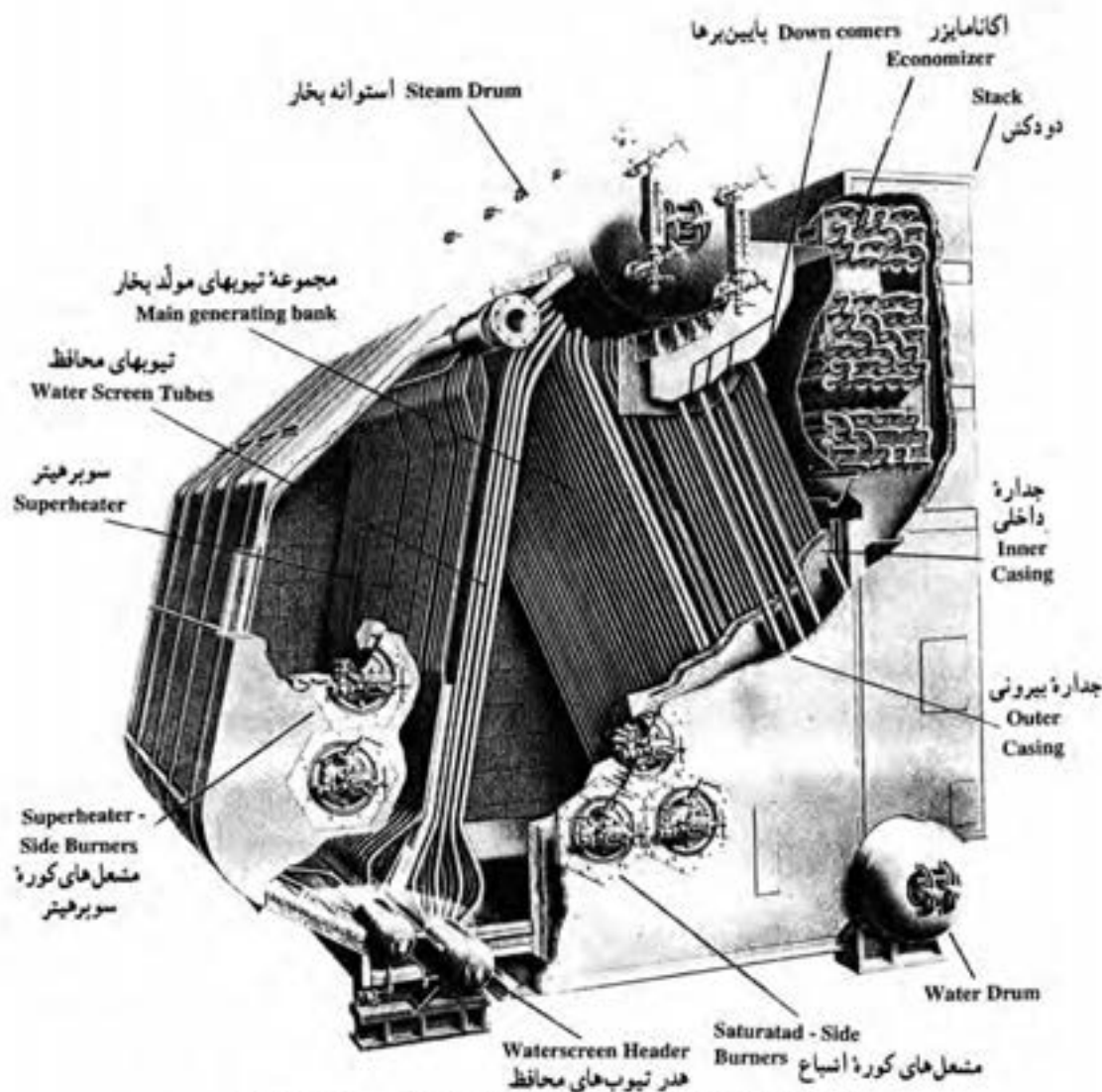
مجموعه تیوبها در دیگ بخار یک کوره ای شباهت زیادی به حرف لاتین D دارد؛ لذا اینگونه دیگ، دیگ بخار نوع D نامگذاری شده است.

مجموعه تیوبها در دیگ بخار دو کوره ای شباهت زیادی به حرف لاتین M دارد؛ از این رو دیگ بخار نوع M نامگذاری شده است. دیگ بخار نوع M قدیمی تر از دیگ بخار نوع D است. البته دیگهای بخار قدیمی دیگری هم وجود دارند که برخی از ویژگیهای دیگهای نوع M و برخی از ویژگیهای دیگهای نوع

۱ - Controlled Superheat

۲ - Radiant type superheater

۳ - Convection Type superheater



Double-Furnace M-type boiler With Radiant-type Superheater.

شکل ۶-۲- دیگ بخار دو کوره‌ای نوع M با سوپرهیتر تابشی

و ... یک هزار و دوست پوندی می‌گویند. به همین ترتیب در سیستم متریک دیگهای بخار نیروی محرکه 30 kg/cm^2 ، 40 kg/cm^2 ، 50 kg/cm^2 و 80 kg/cm^2 وجود دارند. این گونه دیگها در لفظ معمولی به ترتیب به دیگهای سی‌اتمسفری، چهل‌اتمسفری، پنجاه‌اتمسفری و ... هشتاد‌اتمسفری معروف شده‌اند. (اگرچه یک اتمسفر تفاوت کمی با یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع دارد).

در این روش از طبقه بندی دیگها، از رقمهای تقریبی و ساده استفاده می‌شود و رقمهای دقیق به کار برده نمی‌شوند؛ مثلاً

۶-۲-۲ طبقه‌بندی دیگهای بخار بر طبق فشار بخار^۱: فشار بخار دیگ همان فشار بخش آب و بخار است که به فشار دیگ^۲ نیز معروف است. هرچه فشار بیشتر باشد، درجه حرارت بخار اشباع بالاتر است؛ در نتیجه انرژی گرمایی بیشتری در بخار ذخیره شده کارآیی و بازدهی مدار بخار بالاتر می‌رود. دیگهای بخار بر طبق بخار تولید شده نیز طبقه‌بندی می‌شوند؛ مانند دیگهای بخار 40 psi ، 60 psi ، 70 psi ، ... و 120 psi و دریانوردان به زبان عامیانه به این دیگها به ترتیب دیگهای بخار چهارصد پوندی، ششصد پوندی، هفتصد پوندی

۱ - Steam pressure

۲ - Boiler Pressure

آن معمولاً بدون کنترل است.

(Single Furnace with uncontrolled

Superheat) یک کوره‌ای بدون کنترل سوپرهیت

۵ - سوپرهیتر آن از نوع جابه‌جایی است. از نوع جابه‌جایی

(Convection Type)

۶ - فشار آن در برخی از نیروهای محرکه تا ۱۲۰ psi

است.

۲-۴ خلاصه

در این فصل مبانی طبقه‌بندی دیگهای بخار و برخی از

اصطلاحات تخصصی شرح داده شد. در فصلهای بعد جزئیات

مربوط به تجهیزات و سیستمهای دیگ بخار شرح داده می‌شود.

ممکن است که دیگ بخار در نگاه اول خیلی پیچیده به نظر

آید، اما اگر به وظیفه هر کدام از تجهیزات توجه شود یاد گرفتن

جزئیات آسانتر می‌شود. به طور کلی در دیگ بخار برای تولید

بخار حاوی انرژی زیاد سه کار اساسی انجام می‌پذیرد:

۱ - ایجاد احتراق؛

۲ - انتقال گرما؛

۳ - چرخش سیال (آب تغذیه و بخار).

ممکن است حداکثر فشار یک دیگ ۶۱۵ پوند بر اینچ مربع باشد، اما به آن دیگ بخار ۶۰۰ psi و در لفظ عامیانه ششصد پوندی گفته می‌شود.

۲-۳ دیگ بخار نوع D (The D Type Boiler)

در فصلهای بعد به جزئیات دیگ بخار یک کوره‌ای نوع

D پرداخته می‌شود. در کشتیهای مدرن از این دیگ بیش از

سایر دیگها استفاده شده است. دیگ بخار نوع D دارای ویژگیهای

زیر است:

۱ - یک دیگ بخار واترتیوب است. دیگ بخار واترتیوب

(Water Tube Boiler)

۲ - دارای درام آب (استوانه آب) است؛ بنابراین طبق

تعریف از نوع درام است.

از نوع درام (of the Drum Type)

۳ - چرخش آب و بخار در این دیگ از نوع چرخش

طبیعی شتابدار است.

چرخش طبیعی شتابدار

(Accelerated Natural Circulation)

۴ - تنها یک کوره دارد و درجه حرارت بخار سوپرهیت

- ۱ - در این فصل با یک مبدل حرارتی جدید آشنا شدید. نام آن چیست؟ برای چه منظوری به کار می‌رود؟
به نظر شما در این مبدل حرارتی چه روشهایی برای انتقال گرما به کار می‌رود؟
- ۲ - اگر شما طراح و سازنده دیگ بخار باشید، دی‌سوپرهیتر را در کدام قسمت از دیگ بخار قرار می‌دهید؟
چرا؟
- ۳ - آیا تاکنون به موتورخانه شوفاز منازل، مدارس، ادارات یا ساختمانهای بزرگ رفته‌اید؟ آیا تاکنون دیگ شوفاز باز شده و در حال سرویس را دیده‌اید؟ دیگ شوفازی که شما دیده‌اید، شبیه به کدام نوع دیگ است؟ دیگ واتر تیوب یا دیگ فایر تیوب؟ شباهت دیگ شوفازی که شما دیده‌اید، با یکی از دیگهای درس در چیست؟
- ۴ - تفاوت بین دیگ بخار نوع درام و دیگ بخار نوع هدر را بیان کنید.
- ۵ - آیا ممکن است که دیگ بخار نوع درام دارای هدر نیز باشد؟
- ۶ - از کدام روش چرخش (یا روشهای چرخش) آب و بخار در نیروی محرکه بخاری دریایی استفاده می‌شود؟ از کدام روش تاکنون استفاده نشده است؟
- ۷ - آیا کارخانه و نیروگاهی که در آن دیگ بخار برای تهیه بخار سوپرهیت به کار می‌رود، سراغ دارید؟ چه تفاوت عمده‌ای میان مدار بخار اصلی نیروی محرکه بخاری دریایی و مدار بخار اصلی یک نیروگاه حرارتی می‌تواند وجود داشته باشد؟
- ۸ - در دیگ بخار یک کوره‌ای چه تجهیزاتی بین سوپرهیتر و کوره قرار می‌گیرد؟ عنوان این تجهیزات را بنویسید.
- ۹ - در کدام نوع دیگ بخار سوپرهیتر نوع تابشی وجود دارد؟
- ۱۰ - در کدام نوع دیگ بخار سوپرهیتر نوع جابه‌جایی وجود دارد؟
- ۱۱ - مزیت روش چرخش شتاب‌دار نسبت به روش طبیعی چیست؟ چه تجهیزاتی در روش طبیعی شتاب‌دار اضافه می‌شود؟
- ۱۲ - ویژگیهای دیگ بخار نوع D را با توجه به محتوای درس بنویسید.
- ۱۳ - پس از پاسخ دادن به سؤال ۱۲ سعی کنید به ترتیب ذکر شده در درس، ویژگیهای دیگ بخار نوع M را بیابید و بنویسید، سپس سؤال ۱۴ را بخوانید.
- ۱۴ - الف. کدام یک از ویژگیهای دیگ بخار M شبیه دیگ بخار D است؟
ب. کدام یک از ویژگیهای دیگ بخار M با دیگ بخار D تفاوت دارد؟
پ. پاسخ کدامیک از ویژگیها را در درس نیافتید؟
- ۱۵ - دو دیگ بخار نوع M و D را بر فرض آن که دارای فشار و درجه حرارت بخار سوپرهیت مساوی باشند، در نظر بگیرید. برابر محتوای این درس:
الف. برای ساختن کدام یک مصالح کمتری مصرف می‌شود؟ چرا؟
ب. کدام یک فضای کوچتری را اشغال می‌کند؟ چرا؟
پ. مصرف سوخت کدام یک کمتر است؟ چرا؟

بخشهای آب و بخار در دیگهای بخار

Water Side and Steam Side Systems of Boilers

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- اهمیت و وظایف بخشهای آب و بخار را توضیح دهد.
- تجهیزات بخشهای آب و بخار را معرفی کرده وظیفه هر کدام را بیان کند.
- نکات مهم در بهره‌برداری از بخشهای آب و بخار را شرح دهد.

۳- بخشهای آب و بخار در دیگهای بخار

۱-۳- اهمیت و وظایف بخشهای آب و بخار

در فصل اول ملاحظه شد که آب تغذیه پس از عبور از دستگاه اکانامایزر وارد استوانه یا درام بخار می‌شود. آب تغذیه پس از ورود به استوانه بخار، از طریق لوله‌های پایین‌بر به استوانه یا درام آب و هدرها هدایت می‌شود؛ سپس در تیوبها جریان می‌یابد تا بالاخره به صورت بخار و آب داغ به استوانه بخار برمی‌گردد. در این فصل تجهیزات یاد شده و وسایلی که در استوانه بخار برای جداسازی بخار از آب وجود دارند شرح داده می‌شود. همچنین نکاتی که برای نگهداری صحیح و منظم آب و بخار در بخشهای مختلف دیگ رعایت می‌شوند توضیح داده خواهد شد و تجهیزات مربوط معرفی می‌شود. لازم است که دانش‌آموز ضمن مطالعه درس به شکل ۱-۳ دقت کند تا در حین فراگیری محل قرار گرفتن هر کدام از تجهیزات، با طرز کار آنها آشنا شود.

۲-۳- تجهیزات بخشهای آب و بخار

۱-۳-۲- اکانامایزر (Economizer): در شکل

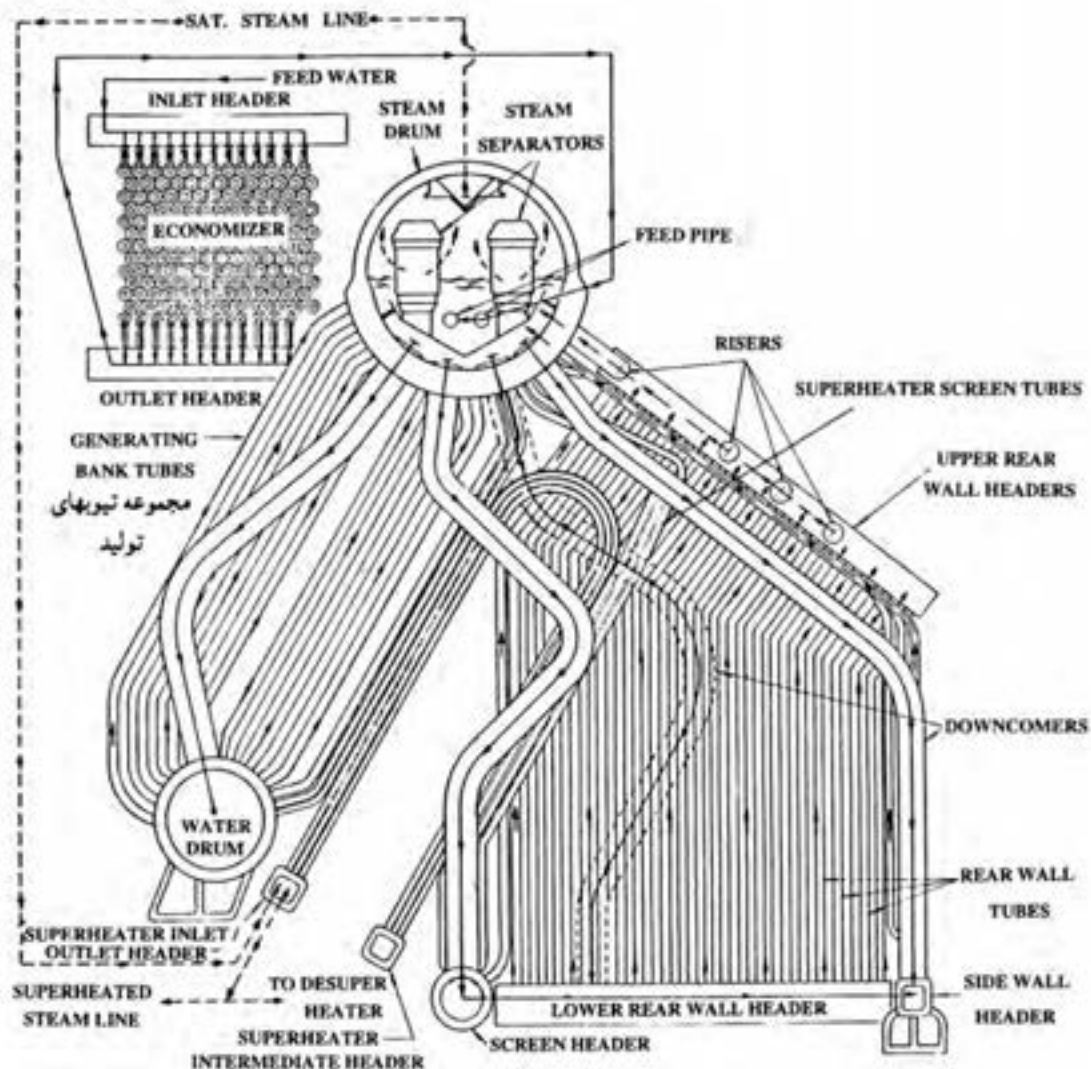
۱-۳-۲ دیگ بخار ۱۲۰ psi نوع D نشان داده شده است. در

این دیگ آب تغذیه نسبتاً خنک با حرارت حدود ۲۴۶ درجه فارنهایت (حدود ۱۱۹ درجه سانتیگراد) وارد اکانامایزر، که یک مبدل حرارتی است می‌شود. در شکل ۲-۳ تصویری از یک اکانامایزر دیده می‌شود. آب تغذیه ابتدا وارد هدر ورودی اکانامایزر و از آنجا وارد تیوبها می‌شود. تیوبهای اکانامایزر که در مسیر عبور دودهای داغ قرار دارند به صورت شکل U (یو) است؛ طوری که دود به هنگام عبور، در چندین مرحله موجب انتقال گرما و افزایش درجه حرارت آب تغذیه می‌شود. چنانچه دیگ در حداکثر ظرفیت خود که در اصطلاح تمام قدرت به جلو یا فول پاور^۱ گفته می‌شود کار کند، درجه حرارت در هدر خروجی اکانامایزر به حدود ۴۴۰ درجه فارنهایت (۲۲۷ درجه سانتیگراد) می‌رسد. برای انتقال هرچه بهتر و بیشتر انرژی گرمایی از دودهای داغ به تیوبها، بر روی تیوبهای اکانامایزر ورقهای نازک فلزی به صورت سطوح گسترده^۲ سوار شده است. این سطوح چون شبیه بال ماهی هستند به فین^۳ معروف اند. سطوح گسترده موجب افزایش سطح تماس دودهای داغ و تیوبها می‌شود. این افزایش سطح تماس باعث انتقال حداکثر گرما از دودهای داغ به تیوبها و

۱- Full Power

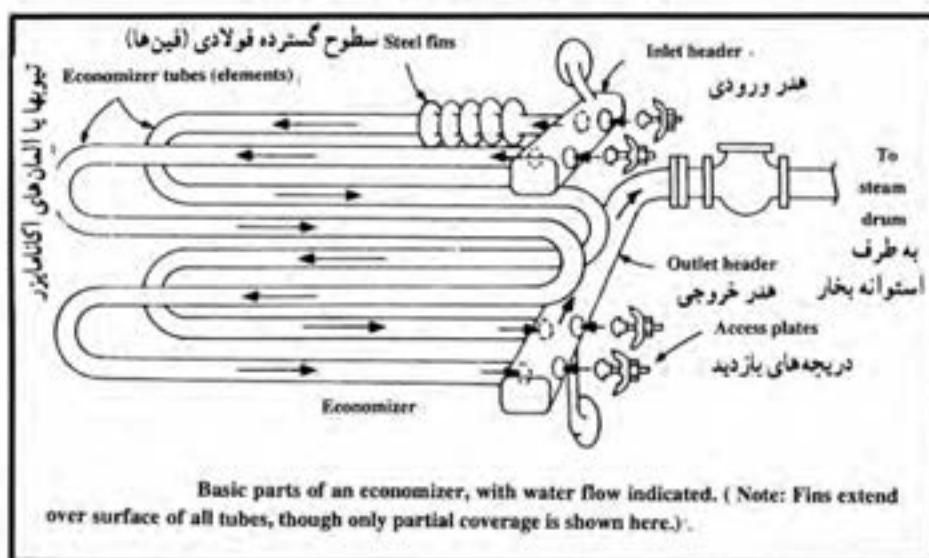
۲- Extended surfaces

۳- Fin

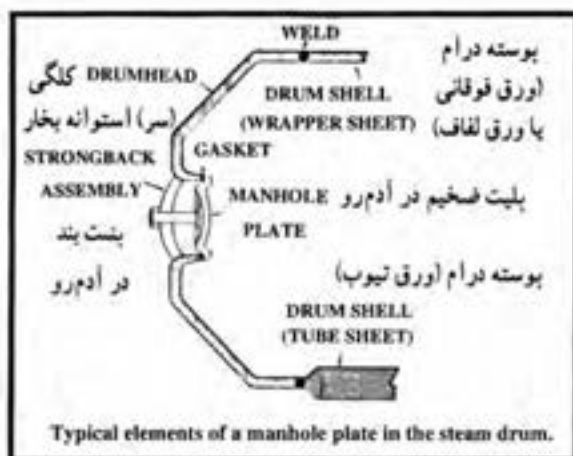


Water and steam flow of D - type boiler.

شکل ۱-۳- جریان آب و بخار در دیگ بخار نوع D



شکل ۲-۳- قسمتهای اصلی یک اکتانایزر - فلشها جهت حرکت آب تغذیه را نشان می‌دهند. قیثها بر روی کلیه تیوبها وجود دارند. در شکل برخی از آنها نشان داده شده است.



شکل ۴-۳ اجزای یک در عبور انسان در استوانه بخار (یا در آدم رو)

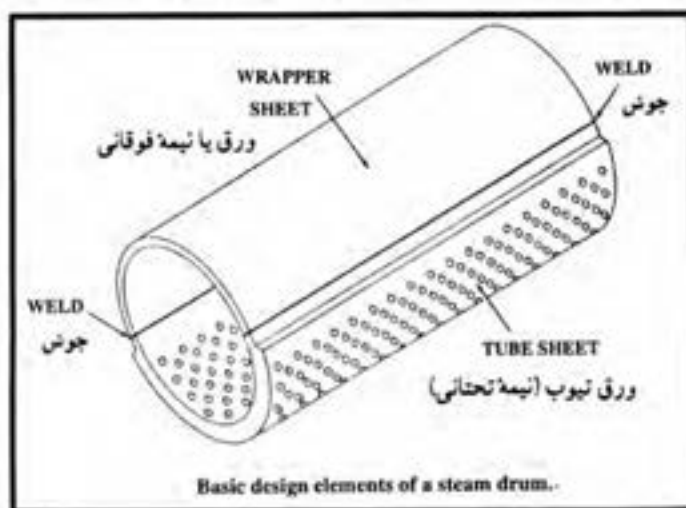
تیوبهای رایزر^۲ (تیوبهایی که از داخل آنها بخار و آب از یک هدر فوقانی و انروال^۴ به استوانه بخار می‌رود) و تیوبهای محافظ به کار می‌رود. چون محل‌های اتصال جوشکاری می‌شود، ورق نیمه تختانی باید مقاومتر و ضخیم‌تر باشد. به این ورق، ورق تیوب^۵ گفته می‌شود. ورق تختانی و ورق فوقانی^۶ با جوش به یکدیگر وصل می‌شوند؛ سپس کلگیهای^۷ نیم کروی با جوشکاری به این ورقها متصل می‌شوند. یکی از کلگیها دارای یک منفذ بزرگ است تا تعمیرکاران و بازدیدکنندگان بتوانند در مواقع ضروری وارد استوانه بخار شوند. منفذ مزبور دری دارد که به وسیله واشر^۸ (گاسکت) و یک پلیت^۹ ضخیم آب‌بندی می‌شود. این در با ابزار مخصوص بسته و محکم می‌شود؛ طوری که می‌تواند فشار داخل دیگ را تحمل کند. در شکل ۴-۳ کلگی و اجزای در دیده می‌شود.

۳-۲-۳ پایین برها (Downcomers): در دیگ بخار ۱۲۰ psi نوع D به منظور حصول چرخش طبیعی شتابدار، هفت پایین بر به قسمت زیرین استوانه بخار متصل می‌شود. سه پایین بر در جلو و چهار پایین بر در عقب دیگ قرار دارند. دو پایین بر به استوانه آب، دو پایین بر به هدر محافظ^{۱۰} (هدری که تیوبهای محافظ به آن وصل است). دو پایین بر به هدر کناری^{۱۱} (هدری که تیوبهای دیواره جانبی به آن متصل است) و هفتمین پایین بر به هدر پایینی دیواره عقب^{۱۲} وصل است. این پایین برهای

در نتیجه به آب تغذیه می‌شود. گرم کردن آب تغذیه در اکانامایزر موجب می‌شود که: ۱- از مقدار گرمایی که به همراه گازهای احتراق از دودکش خارج و تلف می‌شود کاسته شود. ۲- چنانچه آب تغذیه با درجه حرارت نسبتاً خنک وارد استوانه بخار که محیطی داغ است شود، موجب بروز تنشهای داخلی در بدنه و تجهیزات استوانه بخار می‌شود. گرم شدن آب تغذیه در اکانامایزر این گونه تنشها را کاهش می‌دهد.

۲-۲-۳ استوانه یا درام بخار (Steam Drum):

استوانه یا درام بخار در قسمت فوقانی دیگ قرار دارد. معمولاً سر و ته استوانه بخار در امتداد یا موازی خط مرکزی کشتی است. آب تغذیه از هدر خروجی اکانامایزر وارد استوانه بخار می‌شود. آب تغذیه از یک لوله سوراخ دار (سرتاسر این لوله دارای سوراخ است) در استوانه بخار تخلیه می‌شود. لوله مزبور لوله ورودی آب تغذیه^۱ نام دارد. قطر استوانه بخار در دیگ بخار ۱۲۰ psi چهار فوت است. استوانه بخار از دو ورق فولادی نورد شده تشکیل یافته است. در شکل ۳-۳ تصویری از قسمتهای اصلی یک استوانه بخار دیده می‌شود. نیمه تختانی استوانه بخار ضخیم تر است و تعداد زیادی سوراخ دارد. این سوراخها برای اتصال تیوبهای تولید، تیوبهای دیواره های جانبی^۱،



شکل ۳-۳ بخشهای اصلی یک استوانه بخار

۱- Internal Feed pipe

۴- Upper Water Wall Header

۷- Drumhead

۱۱- Screen Header

۲- Side Wall Tubes

۵- Tube sheet

۸- Gasket

۱۱- Side Wall Header

۳- Riser Tubes (Risars)

۶- Upper (Wrapper) sheet

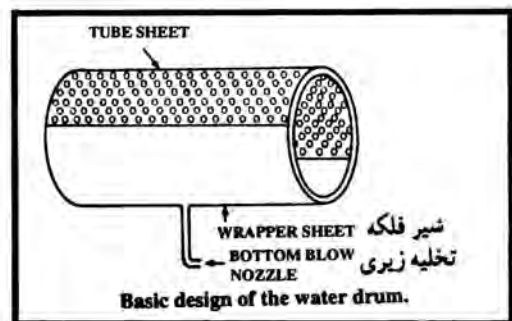
۹- Manhole plate

۱۲- Rear Wall Header

قطر در فضای مابین دو پوسته داخلی و بیرونی دیگ^۱ قرار می گیرند. این فضا خارج از محدوده گازهای احتراق است و از این رو آب داخل پایین برها آنچنان گرم نمی شود که مانعی برای حصول چرخش آب و بخار شود.

۴-۲-۳- استوانه آب، هدرها و تیوبها (Water—):

Drum, Headers and Tubes استوانه آب (درام آب) شباهت زیادی به استوانه بخار دارد؛ با این تفاوت که ضخامت نیمه فوقانی آن با نیمه تحتانی مساوی است و کلیه تیوبها به نیمه فوقانی وصل می شوند و از این رو نیمه فوقانی ورق تیوب نامیده می شود. نام دیگر استوانه آب، استوانه یا درام لجن^۲ است. به طوری که بعد شرح داده می شود، در استوانه آب لجن ته نشین شده و تدابیر لازم به منظور تخلیه لجن از استوانه آب پیش بینی شده است. قطر درام در دیگ بخار 120°psi نوع D حدود دو فوت است. از این درام، آب به داخل تیوبهای تولید می رود. در دیگ بخار 120°psi نوع D دستگاه دی سوپرهیتر در این درام قرار می گیرد. حدود ۲۴ ردیف تیوب تولید که قطر هر کدام حدود یک اینچ است، بین استوانه آب و استوانه بخار قرار دارد. در محدوده این تیوبها قسمت اعظم تبخیر صورت می گیرد، زیرا آن قدر گرما از گازهای احتراق به آب تغذیه می رسد که بخش بزرگی از آب به بخار تبدیل می شود. در شکل ۵-۳ تصویر یک استوانه یا درام آب نشان داده شده است.



شکل ۵-۳- تصویری ساده از استوانه یا درام آب

یکی از هدرها، هدری است که از آن جا آب به تیوبهای شبکه محافظ سوپرهیتر ارسال می شود. قبلاً گفته شد که این هدر، هدر محافظ نام دارد. بخشی از آب داخل تیوبهای محافظ نیز تبدیل به بخار می شود، اما وظیفه اصلی آنها محافظت از تیوبهای باریک سوپرهیتر است که به المانهای^۳ سوپرهیتر معروف هستند. تیوبهای محافظ نمی گذارند که سوپرهیتر در معرض تابش مستقیم (یا گرمای تابشی) شعله ها قرار بگیرد. تیوبهای محافظ نیز مانند تیوبهای تولید به استوانه بخار می پیوندند.

از هدر پایینی دیواره عقب^۴ و هدر دیواره جانبی (یا هدر کناری) آب تغذیه به تیوبهای دیواره ها ارسال می شود. تیوبهای دیواره ها موجب می شوند تا گرمای بیش از حد به آجرهای نسوز^۵ دیواره ها انتقال نیابد؛ بدین ترتیب درجه حرارت آجرهای نسوز کنترل می شود. تیوبهای دیواره جانبی به صورت عمودی تا بالای کوره که سقف کوره^۶ نامیده می شود، امتداد دارند و سپس در امتداد سقف به استوانه بخار می رسند. تیوبهای دیواره عقبی تا هدر فوقانی عقب^۷ امتداد دارند. این هدر در سقف کوره قرار دارد (این هدر را هدر فوقانی دیواره عقبی نیز نامیده اند). از این هدر تیوبهایی که تیوبهای رایزر نام دارند، مخلوط آب و بخار را به استوانه بخار می رسانند. البته به این تیوبها، لوله های رایزر^۸ نیز گفته می شود.

باید اطمینان حاصل کرد که آب به طور متناسب به همه هدرها می رسد. بدین منظور هدر دیواره جانبی، هدر محافظ و هدر پایینی دیواره عقبی از طریق لوله های واسطه^۹ به یکدیگر راه دارند. هدرها کوچک هستند، به طوری که در مواقع بازدید^{۱۰}، نظافت و تعمیرات تنها دست انسان می تواند وارد آنها شود. ورقی که روی منفذ هدر^{۱۱} را می پوشاند، به دریچه هندهول^{۱۱} (دست رو) معروف است. منفذ کوچک هدر با استفاده از واشر و دریچه آب بندی می شود و دریچه با ابزار مخصوصی بسته و محکم می گردد، طوری که مانند استوانه آب و استوانه بخار فشار داخل دیگ را تحمل می کند.

۱- Inner and outer casings

۴- Lower Rear Wall Header

۷- Upper Rear Wall Header

۱۰- Inspection

۲- Mud Drum

۵- Brickwork یا Refractories

۸- Riser Pipes

۱۱- Handhole

۳- Superheater Elements

۶- Furnace Roof

۹- Cross - over pipes

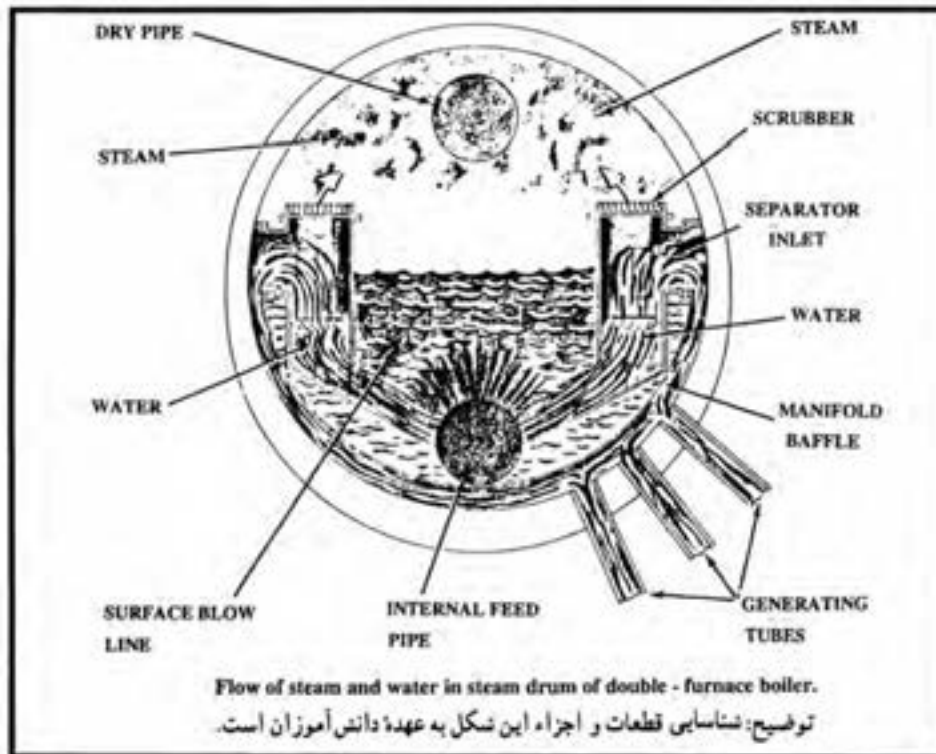
۱۲- Handhole Plate

۵-۲-۳- جداکننده های رطوبت در استوانه بخار^۱

(Steam Drum Moisture Separators): در استوانه بخار تجهیزاتی وجود دارد که بخار را از آب و رطوبت جدا می کنند. اگر مخلوط بخار و رطوبت دچار چرخش شود، مولکولهای رطوبت چون سنگیتر هستند از بخار جدا می شوند. همچنین اگر مخلوط بخار و رطوبت (یا آب) با اجسام سخت برخورد کند رطوبت از بخار جدا شده، به طرف پایین ریخته می کند. در استوانه بخار از همین دو روش برای جدا کردن بخار از رطوبت و آب استفاده می شود؛ به طوری که تا حد ممکن بخار خشک^۲ درون لوله ای که لوله خشک^۳ نام دارد جریان یابد.

مخلوط بخار و آب داغ از زیر استوانه بخار وارد می شود. در این جا وسیله ای وجود دارد که این مخلوط را به طرف بالا هدایت می کند، طوری که مخلوط بخار و آب به جداکننده های رطوبت^۴ برسد. اما چگونه مخلوط بخار و آب داغ به جداکننده های رطوبت هدایت می شود؟ (در شکل ۶-۳ توجه شود). در استوانه

بخار یک پلیت (ورق) به شکل نیمه استوانه با فاصله حدود سه اینچ از نیمه تحتانی استوانه بخار قرار دارد. این پلیت نمی گذارد که مخلوط بخار و آب داغ به محض وارد شدن به استوانه با آب موجود در آن بیامیزد. در فضای محدود مابین نیمه تحتانی و پلیت مزبور، مخلوط بخار و آب مجبور است که به طرف بالا حرکت کند تا به جداکننده های رطوبت برسد. نام این پلیت «بافل^۵ استوانه بخار» است. در شکلهای ۷-۳ و ۸-۳ تصاویری از یک جداکننده بخار و رطوبت از نوع گردبادی^۶ نشان داده شده است. مخلوط بخار و آب، مماس با بدنه داخلی جداکننده از دهانه ورودی آن وارد می شود؛ سپس به علت برخورد با بدنه مدور دچار چرخش می شود. نیروی گریز از مرکز باعث پرت شدن مولکولهای سنگین (رطوبت یا آب) به اطراف می شود. آب به طرف پایین ریخته می کند تا به آب موجود در استوانه بخار بیوندد. بخار به سمت بالا حرکت می کند تا به تیغه های نازکی که جاروبک^۷ نام دارد برسد. بخار به هنگام حرکت از میان جاروبکها، چندین



شکل ۶-۳- جریان آب و بخار در داخل استوانه بخار

۱- به منظور پیچیده شدن مطلب، ساده ترین نوع جداکننده رطوبت شرح داده می شود.

۲- Dry steam

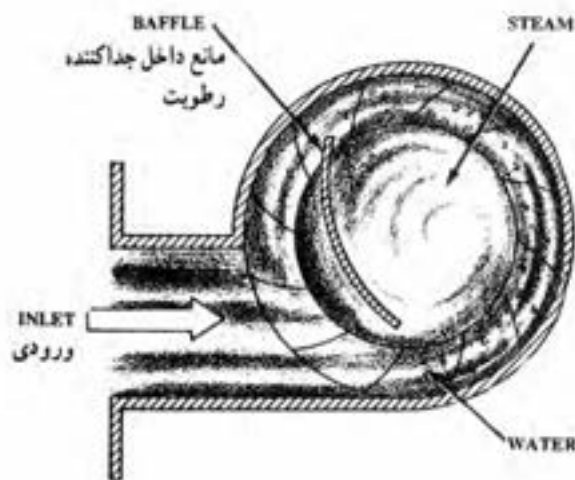
۴- Moisture separators (steam separators)

۶- Cyclone steam separator

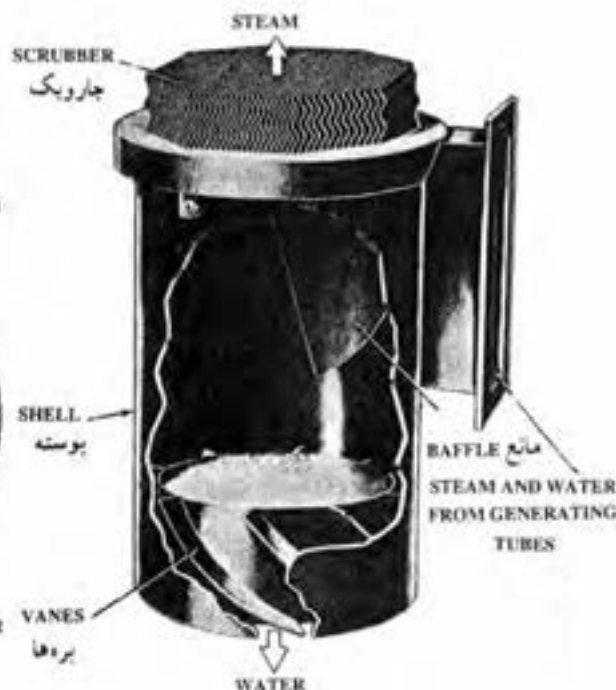
۳- Dry pipe (Dry Box)

۵- Manifold Baffle

۷- Scrubber



Plan view of cyclone steam separator.



Cutaway view of cyclone steam separator.

شکل ۸-۳ - برش افقی جداکننده بخار و رطوبت نوع گردبادی

شکل ۷-۳ - برش عمودی جداکننده بخار و رطوبت نوع گردبادی

بلکه ایمنی کارکنان آتشخانه^۱ را نیز با خطر مواجه می‌سازد. سوپرهیتر دیگ مزبور دو هدر دارد. یکی از هدرها هدر ورودی - خروجی^۲ و دیگری هدر مبانی^۳ است. بخار از یک سر هدر ورودی - خروجی وارد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۹-۳ نشان داده شده است، تیوبها به شکل حرف لاتین یو (U) هستند که هر کدام یک عبور^۴ نامیده شده‌اند. این سوپرهیتر دارای چهار عبور است؛ بنابراین در چهار مرحله، انرژی گرمایی به بخار افزوده می‌شود و درجه حرارت آن افزایش می‌یابد. قسمتهای مختلف هدرهای سوپرهیتر به وسیله ورقهایی که دیافراگم^۵ نامیده می‌شوند جدا شده است. این دیافراگمها با جوشکاری به دیواره داخلی هدرها متصل هستند. درجه حرارت بخار خروجی از این سوپرهیتر تا ۹۵۰ فارنهایت می‌رسد. قسمت اعظم بخار مزبور به سیستم بخار اصلی و بخش کوچکی از آن به دی سوپرهیتر می‌رود.

مرتبہ دچار انحراف می‌شود و به هنگام انحراف با تیغه‌ها برخورد می‌کند و در هر برخورد مقداری از رطوبت بخار جدا می‌شود. بخار پس از عبور از جارویکها، از طریق سوراخهایی که بر روی لوله خشک وجود دارد وارد آن می‌شود. بخار به هنگام عبور از سوراخهای لوله خشک مقداری از رطوبت خود را از دست می‌دهد و از لوله خشک بخار که اکنون بخار خشک نامیده می‌شود، به سوپرهیتر می‌رود تا به انرژی گرمایی اش اضافه شود. (آیا این بخار صددرصد خشک است یا مقداری رطوبت دارد؟)

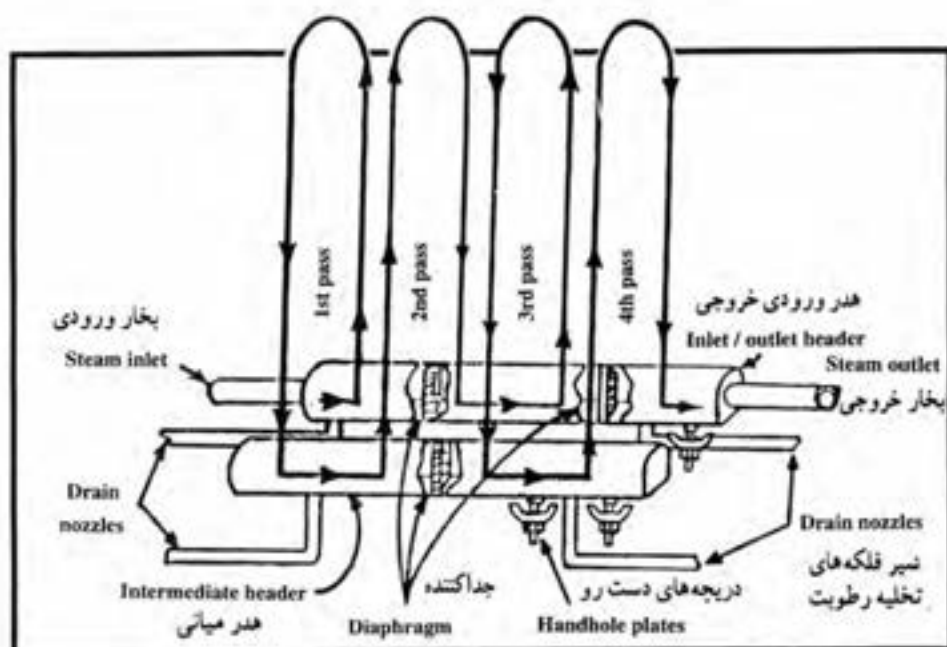
۶-۲-۳ - سوپرهیتر: در دیگ بخار یک کوره‌ای نوع

D تمام بخار اشباع از سوپرهیتر می‌گذرد. عبور بخار از سوپرهیتر این نوع دیگ بسیار حیاتی است. اگر بخار از این سوپرهیتر عبور نکند، تیوبهای سوپرهیتر به شرایط فوق‌العاده داغ^۱ می‌رسند. درجه حرارت هیچ کدام از تیوبها نباید به این شرایط برسد، زیرا تیوبها شکسته می‌شود و نه تنها خسارات مادی به بار می‌آورد،

۱- Overheat
۲- Intermediate header

۳- Fireroom
۵- Pass

۴- Inlet - outlet header
۶- Diaphragm



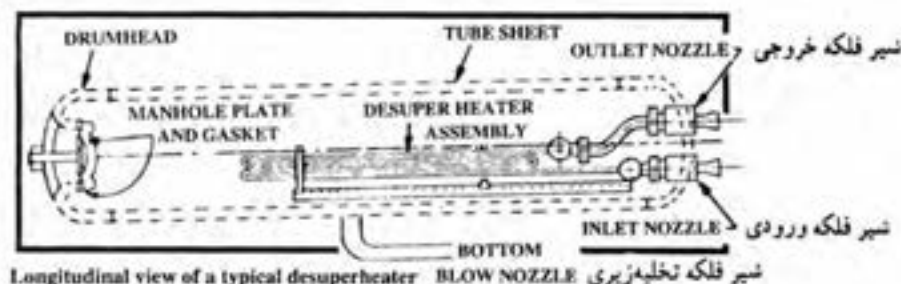
Basic parts of a typical superheater, with steam flow indicated.

شکل ۹-۲ - قسمت‌های اصلی یک سوپرهیتر - فلش جهت حرکت بخار را نشان می‌دهد.

ورودی و خروجی دی‌سوپرهیتر بر روی کلگی عقب استوانه آب یا استوانه بخار قرار می‌گیرد. شکل ۱۰-۳ یک دستگاه دی‌سوپرهیتر را در داخل درام نشان می‌دهد. در دی‌سوپرهیتر مقداری از گرمای بخار ورودی که بخار سوپریت است، به آب داخل درام منتقل می‌شود؛ در نتیجه بخار، شرایطی نزدیک به شرایط اشباع و مناسب دستگاه‌های فرعی گشتی (از قبیل بیمها) پیدا می‌کند. در دیگهای بخار دو کوره‌ای چون بخار اشباع را می‌توان قبل از ارسال به کوره سوپریت به دستگاه‌های فرعی ارسال کرد، نیازی به دی‌سوپرهیتر نیست.

در دیگ بخار دو کوره‌ای نوع M بخار در صورتی سوپریت می‌شود که مشعل یا مشعلهای کوره سوپریت روشن باشند، وگرنه بخار با شرایط اشباع به شبکه بخار اصلی می‌رود. در این گونه دیگ دستگاه دی‌سوپرهیتر وجود ندارد و همواره بخشی از بخار قبل از ورود به سوپرهیتر به شبکه بخار فرعی ارسال می‌شود.

۷-۲-۳ دی‌سوپرهیتر: دی‌سوپرهیتر یک مبدل حرارتی چند عبوره است که در بعضی از دیگها در استوانه بخار و در برخی از دیگها در استوانه آب قرار می‌گیرد. شیر فلکه‌های



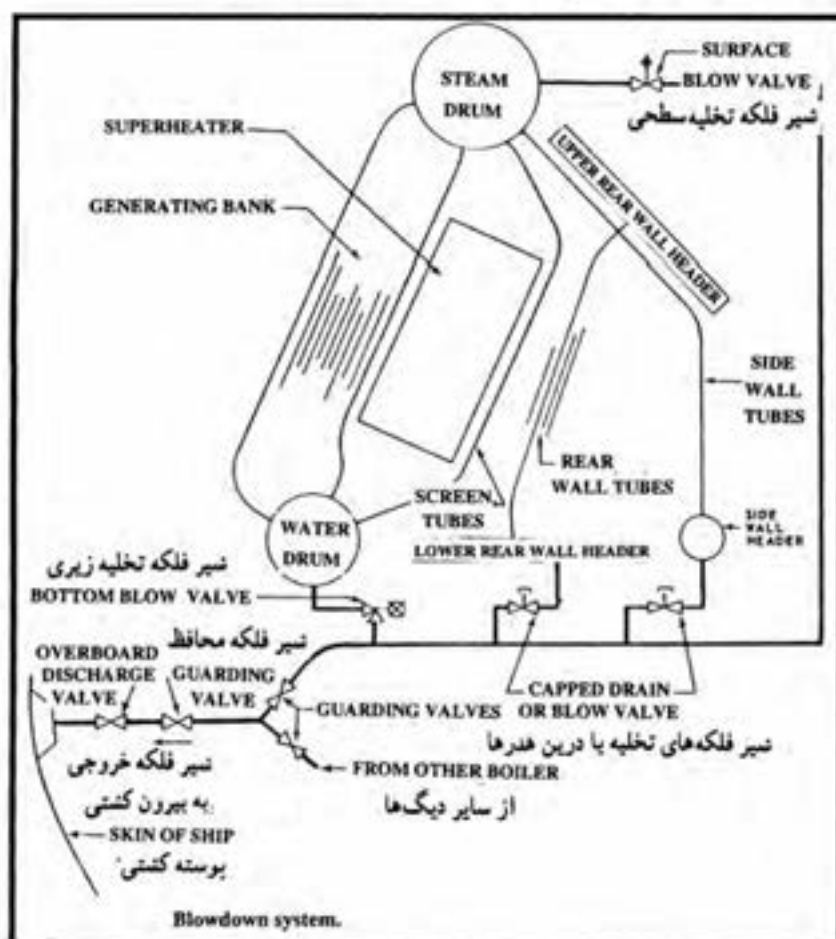
Longitudinal view of a typical desuperheater

شکل ۱۰-۳ - برش طولی یک دستگاه دی‌سوپرهیتر

قرار می گیرد (البته ممکن است همتراز سطح معمولی آب نیز قرار گیرد) نام این لوله، لوله تخلیه سطحی^۵ (یا لوله سر آب زدن) است. ۸-۲-۳ شبکه تخلیه زیری (زیر آب زدن): برای خارج کردن کثافات سنگین، جامد و همچنین لجن از دیگ بخار، از شیر فلکه های تخلیه زیری^۴ (یا شیر فلکه های زیر آب زدن) که از طریق لوله کشی به زیر استوانه آب و زیر تمام هدرها مرتبط است استفاده می شود.

هر دو شبکه تخلیه سطحی و تخلیه زیری از لوله کشی مشترکی برای خارج کردن کثافات استفاده می کنند. در شکل ۱۱-۳ این شبکه مشترک با خطوط پررنگ نشان داده شده است. با باز کردن شیر فلکه هر قسمت، مواد ناخالص و کثافات به علت فشار زیاد دیگ از شیر فلکه مربوط می گذرند و به خارج از کشتی هدایت می شوند.

۸-۲-۳ شبکه بلودان^۱ یا تخلیه دیگ: در دیگهای بخار پیش بینیهایی لازم برای خارج کردن کثافات از دیگ بخار به عمل آمده است. در شکل ۱۱-۳ شبکه بلودان که این کار را ممکن می سازد نشان داده شده است. در این شبکه لوله کشی مناسب برای خارج کردن مواد و کثافتی که قابل حل شدن در آب دیگ نیستند، تعبیه شده است. با استفاده از فشار دیگ، کثافات از طریق لوله و شیر فلکه ها به بیرون کشتی (و در زیر خط آبخور^۲) هدایت می شوند. شبکه تخلیه (یا بلودان) دارای دو بخش تخلیه سطحی^۳ (یا سر آب زدن) و تخلیه زیری^۴ (یا زیر آب زدن) است. ۱-۸-۲-۳ شبکه تخلیه سطحی (سر آب زدن): برای خارج کردن کثافات سبک (برای مثال مواد روغنی و شناور) از لوله ای که دارای سوراخهای زیادی است و در استوانه بخار قرار دارد استفاده می شود. این لوله مقداری پایین تر از سطح معمولی آب



شکل ۱۱-۳ شبکه بلودان یا تخلیه دیگ بخار

۱- Blowdown system

۴- Bottom blow

۲- Under side of the ship

۵- Surface blow pipe

۳- Surface blow

۶- Bottom Blow valves

۳-۳ نکات مهم در بهره‌برداری از بخشهای آب و بخار

بخشهای آب و بخار در دیگ بخار و اترتیوب از چندین لحاظ نیاز به مراقبت دقیق و جدی دارند. موارد مزبور عبارتند از:

- ۱- تمیز بودن آب تغذیه به میزان مناسب و قابل قبول؛
- ۲- مناسب بودن شرایط شیمیایی آب تغذیه؛
- ۳- مناسب بودن سطح آب در استوانه بخار؛
- ۴- مناسب بودن فشار عملیاتی دیگ بخار؛
- ۵- انجام بازدیدها و نظافت بخشهای آب و بخار طبق برنامه زمان‌بندی شده.

در این فصل درباره شرایط فیزیکی و شیمیایی آب تغذیه، نگهداری سطح آب در ارتفاع مناسب، جلوگیری از افزایش فشار به مقادیری بالاتر از فشار استاندارد و چگونگی انجام بازدیدها و نظافت بخشهای آب و بخار، مطالبی ارائه می‌شود (آزمایشهای آب دیگ بخار در فصل جداگانه‌ای ارائه خواهد شد).

۱-۳-۳ خواص آب تغذیه و آب دیگ بخار^۱:

آب دیگ بخار باید از لحاظ شیمیایی و فیزیکی به طور مرتب و با دقت مراقبت، اندازه‌گیری و کنترل شود تا از صدمه دیدن دیگ، توربینهای بخار و سایر تجهیزات نیروی محرکه جلوگیری شود. انواع صدماتی که ممکن است به بخشهای آب و بخار وارد آید، به طور خلاصه عبارتند از:

۱- آبله‌گون شدن^۲ قسمتهای فلزی به علت خوردگی اکسیژن؛

۲- ایجاد رسوب^۳ در تیوبها، هدرها و درامها؛

۳- خوردگی عمومی؛

۴- خوردگی حاصل از شرایط اسیدی و قلیایی در درجه حرارت و فشار زیاد.

البته به موارد فوق می‌توان خوردگی مکانیکی تیغه‌های توربین را نیز افزود.

در مخزن اکسیژن زدایی، اکسیژن محلول در آب از آن جدا می‌شود و بدین وسیله از آبله‌گون شدن تیوبها، هدرها و درامها

جلوگیری می‌شود. چنانچه آب تغذیه دارای خاصیت اسیدی باشد، موجب خورده شدن سطوح فلزی می‌شود. به همین جهت لازم است که آب تغذیه خاصیت قلیایی داشته باشد، اما خاصیت قلیایی نیز باید در محدوده‌ای مناسب حفظ شود تا خوردگی کنترل و حداقل محدود شود. بهترین محدوده pH آب دیگ از ۱۰/۲ الی ۱۱/۵ است. تزریق فسفاتهای مناسب به آب دیگ موجب می‌شود که خاصیت قلیایی محلول در محدوده pH مناسب حفظ شود. تزریق فسفات باعث تبدیل رسوبات کلسیم و ناخالصیهای منیزیم به لجن می‌شود تا بتوان آنها را با عملیات تخلیه زیری (زیر آب زدن) از دیگ خارج کرد.

به علت تبخیر آب، مواد مزاحم (چنانچه از آب خارج نشوند) خیلی سریع به میزان غیر قابل قبول می‌رسند؛ بنابراین تخلیه ناخالصیها و کثافات آب دیگ بخار باید در مواقعی که نتایج آزمایشات ایجاب می‌کند و همچنین در فواصل زمانی معین، به طور منظم انجام شود.

تخلیه سطحی را می‌توان در زمانی که دیگ روشن است انجام داد. در پاره‌ای از موارد ممکن است با اجازه مدیر ماشین^۴ تخلیه سطحی دائم^۵ انجام گیرد. یک ساعت قبل از شروع عملیات تخلیه زیری لازم است که دیگ خاموش شود تا ناخالصیها کاملاً ته نشین شوند. عملیات تخلیه دیگ بخار فعال (در حال کار) این خطر را به همراه دارد که با کاهش سطح آب^۶ مواجه شود.

۲-۳-۳ مناسب بودن سطح آب در استوانه بخار (Maintaining proper Water Level): از میان اشکالات

و خرابیهای که دیگ بخار با آنها مواجه است، دو خرابی می‌توانند موجب بروز صدمات زیادی به دیگ شوند، این دو خرابی عبارتند از:

۱- افزایش آب تغذیه در استوانه بخار در سطحی بالاتر از سطح مجاز که به های‌واتر^۷ معروف است.

۲- کاهش سطح آب در استوانه بخار یا کمبود آب در دیگ که به لوواتر^۸ معروف است.

یک آب‌نمای شیشه‌ای یا گیج گلاس^۹ همواره ارتفاع آب را در استوانه بخار نشان می‌دهد. این آب‌نما در جنب کدگی

۱- Boiler water

۴- Chief Engineer

۷- High Water

۲- Pitting

۵- Continuous Surface Blow Down

۸- Low Water

۳- Scale

۶- Low water Level

۹- Gauge Glass

جلویی استوانه بخار نصب می‌شود. نگهبان بخش آب یا واتر تندر^۱ با مراقبت از این آب نما مقدار آب را در استوانه بخار کنترل می‌کند. چنانچه آب نما کاملاً از آب پر شود به معنی آن است که آب در استوانه بخار بیش از حد بالا رفته است. در این صورت باید از فعالیت دیگ جلوگیری شود؛^۲ بدین ترتیب که مشعلها خاموش و ورود آب تغذیه به دیگ قطع شود، زیرا در غیر این صورت جداکننده‌های رطوبت پراز آب شده، آب وارد سوپرهتر و لوله‌های بخار اصلی و حتی توربینها می‌شود (البته ارسال بخار به توربین نیز باید قطع شود).

پس از خاموش شدن دیگ باید علت افزایش آب مشخص و نقص آن رفع شود؛ سپس آب اضافی با استفاده از سیستم تخلیه از دیگ خارج گردد. در این حالت می‌توان دیگ را دوباره روشن و از آن بهره‌برداری کرد. در صورتی که دیگ بخار دچار کاهش سطح آب شود (به طوری که آب در آب نما وجود نداشته باشد)، تجهیزات دیگ با داغ شدن مواجه می‌شوند. در این گونه مواقع لازم است که مشعلها را خاموش و از ورود آب تغذیه جلوگیری کرد تا فعالیت دیگ متوقف شود. در حالی که تیوبها داغ و خالی از آب هستند، ورود آب تغذیه تازه می‌تواند باعث شکسته شدن

تیوبها شود. با خاموش کردن مشعلها دیگ بتدریج خنک می‌شود و پس از خنک کردن دیگ می‌توان آب تغذیه را وارد دیگ کرد. در «های واتر» آب نما کاملاً پر است و در «لو واتر» آب نما کاملاً خالی است. در ابتدای وقوع این دو خرابی مسئولان دیگ بخار تنها با اتکاء به آب نما نمی‌توانند تشخیص دهند که خرابی «های واتر» به وجود آمده است یا خرابی «لو واتر». زیرا چشم انسان معمولاً قادر نیست که بر بودن یا خالی بودن آب نما را از یکدیگر تشخیص دهد. به این جهت لازم است که فوری مشعلها را خاموش کرده ارسال بخار به توربین متوقف و تزریق آب تغذیه به دیگ قطع شود. به طور مسلم مهارت و هماهنگی کارکنان می‌تواند از بروز خسارهای بیشتر جلوگیری کند.

در کشتیهای مدرن هر دیگ بخار حداقل مجهز به دو نوع نشان دهنده متفاوت و مستقل از یکدیگر است؛ به طوری که همزمان بتوان سطح آب را از حداقل دو طریق تشخیص داد. نوع اول آب نمای ساده و مستقیم است که در جنب استوانه بخار قرار می‌گیرد. در شکل ۱۲-۳ تصویر یک آب نمای ساده و مستقیم دیده می‌شود. نوع دوم آب نمای غیر مستقیم یا از راه دور^۳ است که در شکل ۱۳-۳ نشان داده شده است. آب نمای نوع دوم



شکل ۱۳-۳



شکل ۱۲-۳

معمولاً در نابلوی کنترل ماشین خانه^۱ قرار می گیرد. معمولاً هر دیگ بخار مجهز به دو آب نمای ساده و مستقیم است. تعداد آب نماهای غیر مستقیم یا از راه دور بستگی به نظر طراح و سازنده نیروی محرکه دارد.

هر دو خرابیهای فوق جدی و خطرناک هستند، اما خطر «لوواتر» بیشتر از «های واتر» است. لازم است که کارکنان با توجه و دقت بیشتر از بروز این گونه خرابیها جلوگیری کنند.

۳-۳-۳- محافظت از دیگ در صورت افزایش

فشار بخار بیش از حد مجاز (Over pressure protection): فشار بخار دیگ نباید از محدوده مجاز و امن بالاتر رود. بدین منظور حداقل دو سوپاپ ایمنی^۲ بر روی استوانه بخار نصب می شود. چنانچه تعداد مشعلهای روشن بیش از نیاز باشد با ارتفاع آب در استوانه بخار بشدت بالا رود، فشار موجود در استوانه بخار علیه نیروی فنر سوپاپهای ایمنی عمل می کند و موجب باز شدن سوپاپها و خروج مقداری از بخار می شود؛ تا آنجا که مقدار فشار به حد مجاز برگردد و خطری متوجه قسمتهای آب و بخار دیگ نشود. برای اطمینان یافتن از عبور بخار از سوپرهتر (در مواقعی که سوپاپهای ایمنی درام باز می شوند) سوپاپ ایمنی دیگری در خروجی سوپرهتر نصب شده است و به گونه ای تنظیم شده که همزمان با سوپاپهای استوانه بخار باز شود؛ بدین صورت که با باز شدن اولین سوپاپ ایمنی استوانه بخار، این سوپاپ باز می شود و تا بسته شدن آخرین سوپاپ ایمنی بخار، باز می ماند.

بخار خروجی از سوپاپهای ایمنی از طریق شبکه لوله کشی مخصوصی که شبکه قرار بخار^۳ نام دارد، به ناحیه فوقانی دودکش کشتی هدایت شده به اتمسفر می پیوندد.

۳-۳-۴- بازدید و نظافت بخشهای آب و بخار:

بازدید و نظافت بخشهای آب و بخار دیگ طبق توصیه کارخانه سازنده انجام می شود. در نیروهای دریایی که از روشهای یکنواخت و استاندارد استفاده می شود، تأکید شده است که بخشهای آب و بخار دیگ برای هر ۱۸۰۰ الی ۲۰۰۰ ساعت کارکرد دیگ، حداقل یک مرتبه کاملاً تخلیه و بازدید شوند.

بعلاوه در هر هجده ماه، حداقل یک مرتبه به وسیله بازرسان صلاحیت دار دیگ بخار^۴، از دیگ بازدید شود.

در بازدیدهای نوبه ای از کلیه تجهیزات آب و بخار از لحاظ خوردگی، شکاف (ترک)^۵ و صدمات دیگر، وجود اجسام خارجی و رسوبات لجن^۶ بازدید می شود. نظافت قسمتها با استفاده از فشار آب به صورت جت یا با استفاده از مواد شیمیایی و یا بخار انجام می گیرد.

برخی اوقات لازم است که پس از نظافت و تعمیرات، آزمایش هیدرواستاتیک^۷ انجام شود. در این آزمایش، دیگ با آب پر شده، فشار آب تا مقداری که کارخانه سازنده پیشنهاد کرده است افزایش می یابد. این آزمایش در صورتی موفقیت آمیز است که از بخشهای آب و بخار، آب به بیرون نشت نکند و در واقع آب نفوذ ناپذیر باشد. نشت بخار و آب در یک دیگ فعال نه تنها در کار دیگ اختلال به وجود می آورد، بلکه باعث کاهش فشار نیز می شود.

۴-۳- خلاصه

آب تغذیه قبل از ورود به درام یا استوانه بخار به وسیله گازهای داغی که از دودکش خارج می شود، پیش گرم می شود^۸. از استوانه بخار، آب تغذیه از طریق پایین برها به درام یا استوانه آب و هدرها هدایت می شود. مخلوط بخار و آب داغ از تیوبهای تولید، تیوبهای محافظ و تیوبهای دیواره ها به استوانه بخار می رسد. در استوانه بخار تجهیزاتی برای جدا کردن بخار از آب (بارطویت) وجود دارد. بخار اشباع و تقریباً خشک به سوپرهتر می رود تا درجه حرارت بخار افزایش یافته، بخار سوپرهیت (داغ) تولید شود؛ سپس بخار داغ به شبکه بخار اصلی یا به دی سوپرهتر (و یا به هردو) هدایت می شود.

کنترل دقیق سطح آب، مناسب بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی آب، تنظیم صحیح سوپاپهای ایمنی و بازدید و نظافت بموقع دیگ بخار، موجب فراهم شدن شرایط برای فعالیت بدون خطر و بازدهی مناسب دیگ در تأمین بخار مورد نیاز نیروی محرکه می شود.

۱- Machinery control console

۲- Certified Boiler Inspector

۳- Hydrostatic Test

۴- Safety Valve

۵- Crack

۶- Pre - heat

۷- Steam Escape piping system

۸- Deposits of sludge

- ۱ - تجهیزات درونی استوانه بخار را نام ببرید.
- ۲ - تجهیزات بیرونی استوانه بخار را نام ببرید.
- ۳ - اصطلاح «تمام قدرت به جلو» نشان از کار کردن دیگ بخار در چه ظرفیتی است؟
- ۴ - چرا از سطوح گسترده (فینها) در تیوبهای اکانامایزر استفاده می شود؟
- ۵ - چرا لوله ورودی آب تغذیه به استوانه بخار دارای سوراخهای زیادی است؟
- ۶ - چرا نیمه تحتانی استوانه بخار از نیمه فوقانی ضخیمتر است؟
- ۷ - اسامی تیوبهای مختلف دیگ بخار چیست؟ کار هر یک را بیان کنید.
- ۸ - کدام گروه از تیوبها از سرایت گرمای زیاد و بیش از حد به آجرهای نسوز دیواره ها جلوگیری می کند؟
- ۹ - چرا هدرها به یکدیگر راه دارند؟ ارتباط بین هدرها چگونه برقرار شده است؟
- ۱۰ - تفاوت Handhole با Manhole چیست؟ هر کدام در چه وسایلی که در این درس وجود داشت قرار

دارند؟

- ۱۱ - «باقل استوانه بخار» چه کاری انجام می دهد؟
- ۱۲ - اسامی تجهیزات جداکننده بخار و آب نوع گردبادی را بنویسید. هر کدام چه کاری انجام می دهند؟
- ۱۳ - به چه علت در دیگ بخار یک کوره ای نوع D، تمام بخار اشیاع باید از سوپرهیتر بگذرد؟
- ۱۴ - بخار خروجی از دی سوپرهیتر چه شرایطی دارد؟
- ۱۵ - در کدام نوع دیگ، دی سوپرهیتر وجود ندارد؟
- ۱۶ - شبکه بلودان دیگ بخار برای چه هدفهایی به کار می رود؟
- ۱۷ - وظایف بخشهای تخلیه سطحی و تخلیه زیری شبکه بلودان را بیان کنید.
- ۱۸ - پنج نکته مهم در بهره برداری از بخشهای آب و بخار را بنویسید.
- ۱۹ - انواع صدماتی را که ممکن است به بخشهای آب و بخار وارد شود بیان کنید.
- ۲۰ - بهترین محدوده pH آب دیگ بخار را بنویسید.
- ۲۱ - چرا به آب دیگ بخار فسفات تزریق می شود؟
- ۲۲ - دو خرابی مهم در ارتباط با سطح آب استوانه بخار وجود دارد. این دو خرابی را نام ببرید.
- ۲۳ - اگر آب نمای استوانه بخار کاملاً پر یا کاملاً خالی باشد، نشان از چه اشکالات و خرابیهایی دارد؟
- ۲۴ - به هنگام «لوواتر» و «های واتر» چه اموری را باید انجام داد؟ امور مزبور را به ترتیب صحیح بیان کنید.
- ۲۵ - برای محافظت از فشار اضافی و زیان آور بخشهای آب و بخار، چه تدابیری اتخاذ شده است؟
- ۲۶ - سوپاپ ایمنی موجود در خروجی سوپرهیتر چه موقع باز و چه موقع بسته می شود؟
- ۲۷ - بخار خروجی از سوپاپهای ایمنی استوانه بخار و خروجی سوپرهیتر به کجا هدایت می شود؟
- ۲۸ - نکات مهم در بازدید و نظافت بخشهای آب و بخار را بیان کنید.
- ۲۹ - در چه صورتی آزمایش هیدرواستاتیک بخشهای آب و بخار موفقیت آمیز است؟

بخشهای احتراق، بدنه و سیستمهای تأمین سوخت و هوا در دیگهای بخار دریایی

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- چگونگی جریان هوا و گاز احتراق در دیگ بخار را شرح داده دستگاههای مربوط را معرفی کند.
 - اجزای بدنه و احتراق دیگ بخار را شرح داده کار هریک را بیان کند.
 - سیستمهای سوخت را معرفی کرده شرح دهد.
 - دمنده‌های هوا را معرفی کرده طرز رسیدن هوا به مشعلها را بیان کند.
 - چگونگی انجام احتراق در کوره دیگ بخار را توضیح دهد.

۴- بخشهای احتراق، بدنه و سیستمهای تأمین سوخت و هوا در دیگهای بخار دریایی

وسیله‌ای که سوخت را به صورت پودر^۲ در کوره می‌باشد، به پودر کننده^۳ موسوم است. نامهای دیگر این وسیله سوخت پاش، سوخت افشان و نفت افشان است. سوخت پودر شده با هوا مخلوط می‌شود تا بر اثر گرما شعله‌ور شود. درباره وسیله‌ای که هوا را مناسب احتراق می‌کند، در ادامه توضیح داده می‌شود.

گازهای احتراق پس از ترک کوره به ترتیب زیر از تیوبها عبور می‌کنند:

- ۱- تیوبهای محافظ
- ۲- سوپرهیتر
- ۳- تیوبهای تولید
- ۴- تیوبهای اکانامایزر

کانالهای بالای دیگ بخار گازهای احتراق را به دودکش هدایت می‌کنند و از آنجا که بالاتر از بخش فوقانی کشتی (یا بالاتر از سوپر استراکچر کشتی) است، گازهای احتراق به اتمسفر می‌پیوندند. در شکل ۴-۱ جریان هوا و گازهای احتراق نشان داده شده است.

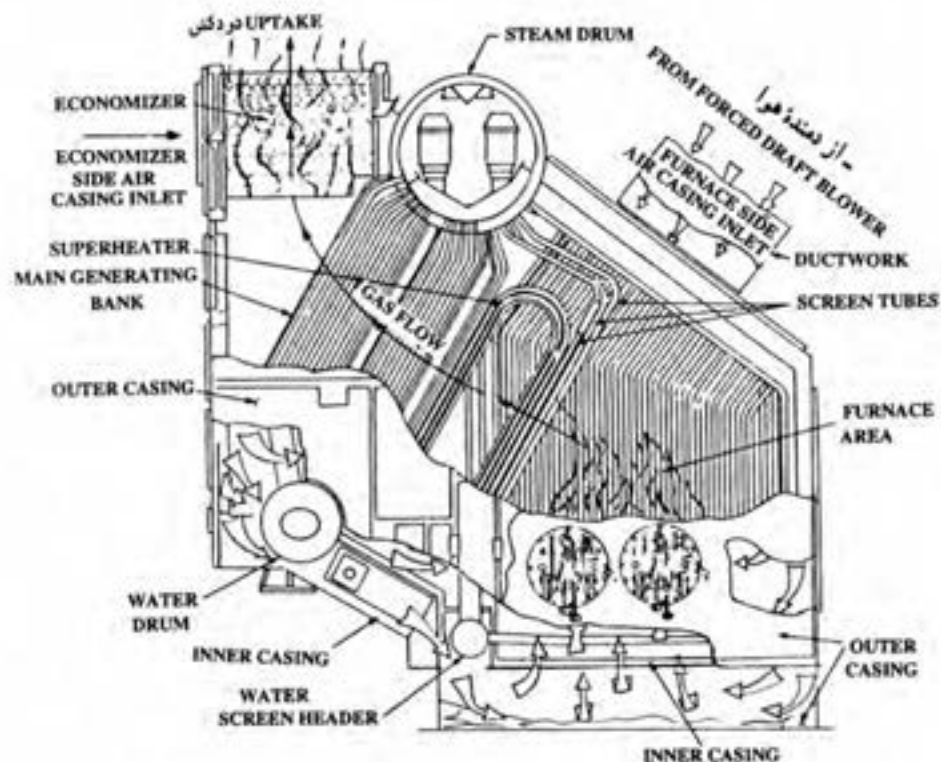
۴-۱- نگاهی کلی به جریان گاز احتراق و هوا

در این فصل اجزای بدنه، تجهیزات مربوط به احتراق سوخت و هوا، سیستمهایی که سوخت و هوا را برای مشعلها تأمین می‌کنند و عواملی که بر بازدهی احتراق یک دیگ بخار اثر می‌گذارند معرفی می‌شوند. همچنین از انواع دیگهای بخار، مثالهایی از مدرنترین دیگ بخار دریایی یعنی دیگ بخار یک کوره‌ای نوع D و برخی از دیگهای بخار دیگر آورده می‌شود. هوا به وسیله دمنده‌های هوا^۱ از فضای بین جداره داخلی و جداره بیرونی می‌گذرد تا به مشعلها می‌رسد. در هر دیگ بخار حداقل دو مشعل وجود دارد. دیگ بخار ۱۲۰ psi نوع D دارای چهار مشعل است. مشعلها در قسمت پایین دیواره جلویی نصب می‌شوند. مشعل دارای دو قسمت عمده است. یک قسمت سوخت را به ذرات ریزی تبدیل کرده برای مخلوط شدن با هوا و شعله‌ور شدن آن در مجاورت گرما آماده می‌کند و بخش دیگر هوا را مناسب احتراق می‌کند.

۱- Forced Draft Blowers (Forced Draft Fans)

۲- Fine mist

۳- Fuel Atomizer یا Atomizer یا Sprayer



شکل ۱-۴ جریان هوا و گازهای احتراق

۲-۴ اجزای بدنه و احتراق دیگ بخار (Boiler Components)

۲-۴-۱ دیگ‌ها (Casings): دیگهای بخار مدرن دو جداره دارند که بخشهای احتراق و دود را در خود جای می‌دهد. جنس جداره‌ها از فولاد است. هوای تازه که به وسیله دمنده‌های هوا تأمین می‌شود با فشاری که مقدار کمی از فشار اتمسفر بالاتر است، از فضای بین دو جداره عبور می‌کند. مجهز بودن دیگ بخار به دو جداره دارای مزایای زیر است:

- ۱- بخشهای احتراق و دود را گازبندی^۱ کرده از نشت گازهای احتراق به آتشخانه جلوگیری می‌کند.
- ۲- انتقال گرما از دیگ بخار به آتشخانه را کاهش می‌دهد و همزمان موجب پیش گرم شدن هوای تازه می‌شود.
- ۳- در صورت پس زدن شعله مشعل^۲ کارکنان را حفاظت می‌کند.

۴- وقوع حملات شیمیایی، میکروبی و هسته‌ای نمی‌تواند مانع کار دیگ شود.

جداره‌های دیگ بخار از صفحات فولادی مقاوم که به یکدیگر جوش داده می‌شوند تشکیل شده است. درجه‌های بازدید با پیچ و مهره بسته می‌شوند تا در مواقع لزوم برای بازدید و تعمیرات باز شوند.

۲-۴-۲ مواد نسوز و عایقکاری (Refractories and Insulation) برخی از مهمترین دلایل به کار بردن مواد نسوز و عایقکاری به شرح زیر است:

- ۱- کوره پوشش داده می‌شود تا حفظ درجه حرارت کوره میسر شود.
- ۲- از سوختن و بیش از حد داغ شدن جداره‌های فولادی کوره جلوگیری می‌شود. در دیگهای بخار قدیمی که دارای یک جداره هستند، از نشت گازهای احتراق به آتشخانه جلوگیری می‌کند.
- ۳- از برخورد مستقیم شعله با قسمت‌های بدون پوشش استوانه‌های آب و بخار جلوگیری می‌شود تا بیش از حد داغ نشوند.

۱- Air seal (Gas seal)

۲- Burner Flareback

نگیرد، در مقابل حرارت تا حدود ۸۲۰ درجه سانتیگراد مقاوم است.
۳-۲-۴ نگهدارنده ها و تکیه گاهها (Saddles):

(and Supports) هر استوانه آب و هر هدر آب بر روی حداقل دو نگهدارنده قرار دارد. یک نگهدارنده در قسمت جلو و دیگری در قسمت عقب استوانه با هدر تعبیه می شود.

فلنج فوقانی نگهدارنده به صورت مقعر است تا بدنه محدب استوانه با هدر بر روی آن سوار شود. فلنج فوقانی به بدنه استوانه با هدر جوش داده می شود.

نشیمنگاه فلنج پایینی نگهدارنده تخت و مسطح است. نشیمنگاه فلنج پایینی بر روی تیر آهن مقاوم و بزرگی که جزء سازه کشتی است قرار می گیرد. این تیر آهن تکیه گاه نامیده شده است. از هر دو نگهدارنده، فلنج پایینی یکی از آنها سوراخهایی دارد که با عبور دادن پیچ از این سوراخها بتوان فلنج را با استفاده از پیچ و مهره به تکیه گاه محکم کرد. فلنج پایینی نگهدارنده دیگر نیز با استفاده از پیچ و مهره به تکیه گاه بسته می شود، اما مانند فلنج اولی محکم نمی شود. این فلنج به جای سوراخ دارای شیارهای طولی است (موازی با محور طولی استوانه با هدر). وقتی که استوانه (با هدر) به علت تغییر درجه حرارت منبسط یا منقبض می شود، نگهدارنده مزبور بر روی تکیه گاه به جلو یا عقب می لغزد.

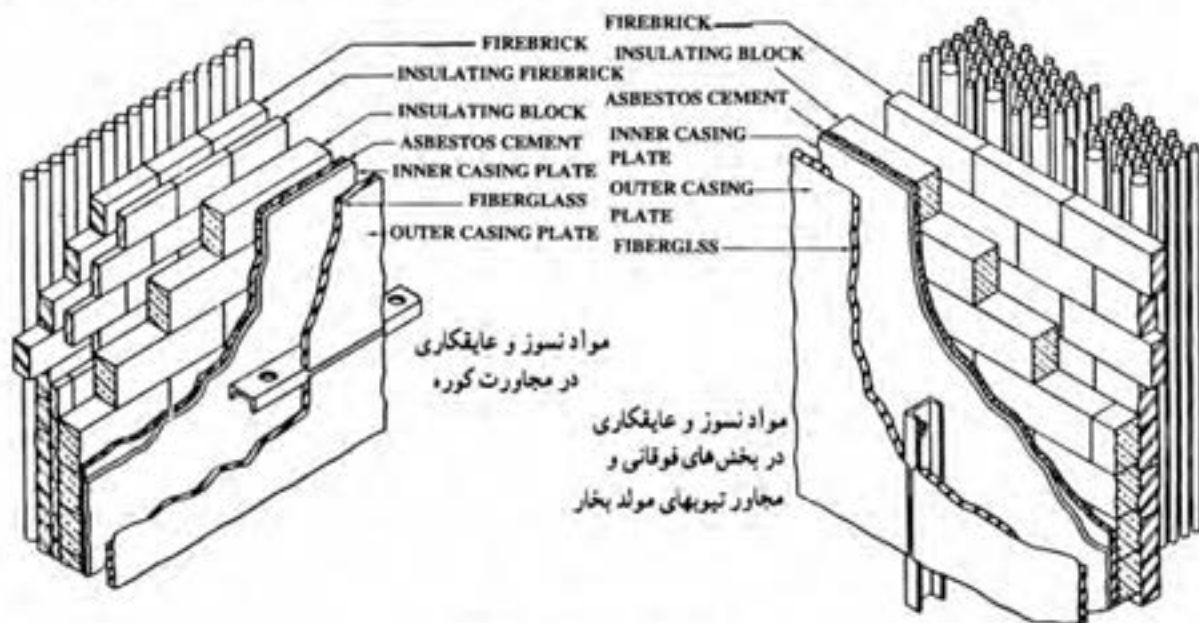
مواد نسوز حالت جامد خود را حتی در درجه حرارتهای خیلی زیاد حفظ می کنند. درجه حرارت کوره در برخی از دیگهای بخار دریایی تا ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد می رسد.

در شکل ۲-۴ نمونه ای از مواد نسوز و عایقکاری دیگهای بخار مدرن دیده می شود. نوع مواد نسوز و عایقکاری و همچنین ضخامت آنها با توجه به شرایط به وسیله طراح و سازنده تعیین می شوند.

اسامی مهمترین مواد نسوز و عایقکاری به شرح زیر است:
۱- آجر نسوز (Firebrick): در بخش داخلی کوره به کار برده می شود و تحت تأثیر مستقیم حرارت شعله تا حدود ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرد. خاصیت عایقکاری چندانی ندارد، اما در مقابل آتش مقاوم است.

۲- آجر نسوز و عایق (Insulating Firebrick): مابین آجرهای نسوز و فالبهای (بلوکهای) عایق در کف و دیواره های کوره قرار می گیرد. چنانچه تحت تأثیر مستقیم شعله قرار نگیرد، در مقابل حرارت تا حدود ۱۳۷۰ درجه سانتیگراد مقاوم است. خاصیت عایقکاری آن از آجر نسوز بیشتر و از قالب عایق کمتر است.

۳- قالب (بلوک) عایق (Insulating Block): خاصیت عایقکاری بسیار خوبی دارد. چنانچه تحت تأثیر مستقیم شعله قرار



شکل ۲-۴ مواد نسوز و عایقکاری

۱- Saddle

۲- Upper Flange

۳- Lower Flange

۴- Support

به صورتی مناسب و متساوی به سمت تیوپها ارسال می شود تا دوده ها زدوده شوند. بخار ارسالی به دوده زداها از سیستم بخار فرعی گرفته می شود. در دیگهای بخار مدرن که با گازوئیل کار می کنند، از دوده زداها به صورت زیر استفاده می شود:

۱- حداقل هفته ای یک مرتبه ۲- پس از خروج از بندر و قبل از ورود به بندر ۳- هر زمان که دیگ دارای دود سیاه است. دوده زداها یکی یکی و مطابق دستورالعمل به کار انداخته می شوند. به هنگام دوده زدایی فشار هوای دمنده های هوا افزوده می شود تا خروج دوده از دیگ تسریع شود.

دوده زداها در جاهای مناسب قرار داده می شوند تا سطوح کلیه تیوپها، استوانه ها و هدرهایی که در معرض دود قرار می گیرند، تمیز شوند. دوده زدایی را می توان با هوای فشرده نیز انجام داد. در اوقاتی که دوده زدایی انجام نمی شود، دوده بر روی سوراخهای لوله دوده زدایی می نشینند و آنها را مسدود می کنند. همچنین حرارت زیاد کوره موجب داغ شدن شدید و آسیب دیدن لوله دوده زدا می شود. برای جلوگیری از بروز این خرابیها همواره مقداری هوا به داخل دوده زدا هدایت می شود. هوای مزبور از سوراخهای لوله دوده زدا خارج شده وارد کوره می شود؛ بدین ترتیب نه تنها از نشستن دوده بر روی سوراخها جلوگیری می شود، بلکه مانع داغ شدن بیش از حد لوله دوده زدا نیز می شود.

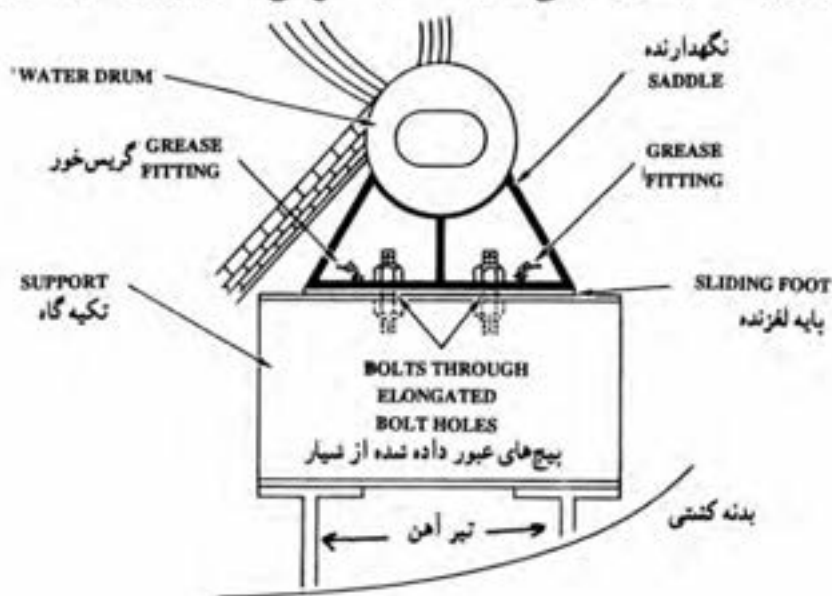
فلنجی که محکم بسته شده است، پایه ثابت^۱ و فلنجی که محکم بسته نشده است و به علت انقباض و انبساط بر روی تکیه گاه می لغزد، پایه لغزنده^۲ نامیده شده اند.

در شکل ۳-۴ نمونه ای از یک پایه لغزنده دیده می شود. پایه لغزنده مجهز به گریس خور است تا همواره سطح تماس بین پایه لغزنده و تکیه گاه چرب باشد و در نتیجه لغزش پایه به سهولت انجام پذیرد.

در برخی از دیگهای بخار قدیمی و سنگین، استوانه آب به سه تا چهار نگهدارنده مجهز است که معمولاً دو تا از پایه ها لغزنده هستند.

در دیگ بخار 120 psi نوع D هدر دیواره جانبی دارای دو پایه لغزنده است و پایه ثابت ندارد.

۴-۲-۴ دوده زداها (Soot Blowers): احتراق سوخت موجب نشستن دوده بر روی تیوپهای دیگ بخار می شود. خاصیت عایق کاری دوده قابل ملاحظه است، زیرا انتقال گرما را کاهش داده بازدهی دیگ بخار را کم می کند؛ بنابراین لازم است که دوده ها از روی تیوپها زدوده شوند. بدین منظور از وسیله ای که دوده زدا^۳ نام دارد استفاده می شود. فرآیند زدودن دوده از روی تیوپها دوده زدایی^۴ نامیده شده است. دوده زدا به یک لوله نسبتاً بلند و تعدادی نازل مجهز است. بخار از سوراخ نازلها



شکل ۳-۴ پایه لغزنده

- ۱- Stationary Foot
۳- Soot Blower

- ۲- Sliding Foot
۲- Blowing Tubes

ترتیب مسؤول آنشخانه به طور مرتب رنگ دود را مشاهده می کند. برای تمیز ماندن و خنک کردن لامپ و آینه ها مقدار کمی از هوای تازه که به وسیله دمنده های هوا تأمین می شود، به سوی لامپ و آینه ها هدایت می گردد. آینه ها قابل تنظیم^۴ هستند و متناسب با قد کارکنان تنظیم می شوند.

۴-۲-۶- مشعلهای سوخت (Fuel Oil Burners):

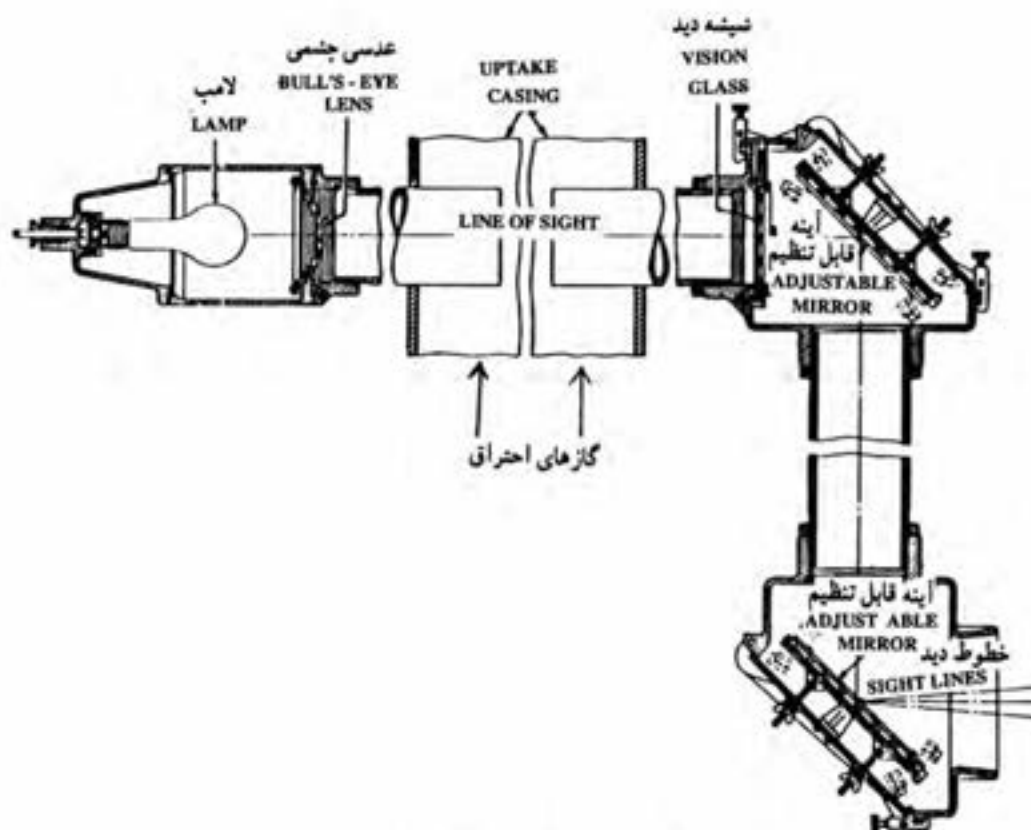
در دیگهای بخار دریایی، مشعلهای سوخت در دیواره جلویی دیگ^۵ نصب می شوند. مشعلهای سوخت دارای دو قسمت اصلی هستند. این دو قسمت عبارتند از: سوخت پاش^۶ یا پودر کننده و هواده یا توزیع کننده هوا^۷. سوخت پاش سوخت را به ذرات بسیار ریزی که شبیه به بخار پودر است تبدیل می کند و به همین دلیل «پودر کننده» نیز نامیده می شود. هواده یا توزیع کننده هوا، هوای احتراق را طوری به داخل کوره هدایت می کند که کاملاً با سوخت پودر شده مخلوط شود.

دوده زدایی در کنار اسکله و در داخل محوطه بندرگاهها ممنوع است. دوده زدایی به هنگام دریانوردی باید با پل فرماندهی کشتی هماهنگ شود تا در صورت نیاز کشتی تغییر جهت دهد و دوده بر روی عرشه نشینند.

برای دوده زدایی به هنگام دریانوردی سرعت کشتی کاهش داده می شود، زیرا مقدار نسبتاً قابل توجهی از بخار باید صرف زدودن دوده ها شود.

۴-۲-۵- دودنما (Smoke Indicator): برای اطمینان

یافتن از احتراق صحیح لازم است که همواره از چگونگی رنگ گازهای احتراق (دود) مطلع بود. بدین منظور از وسیله ای که دودنما^۱ نام دارد استفاده می شود. همان طور که در شکل ۴-۴ مشاهده می شود، روشنایی بخشی از دودکش به وسیله یک لامپ تأمین می شود. نور مزبور پس از عبور از شیشه دید^۲ به آینه فوقانی برخورد می کند. نور از آینه فوقانی به آینه تحتانی منعکس می شود و بدین



شکل ۴-۴- بخشهای مختلف دودنما

۱- Smoke Indicator

۲- Vision Glass

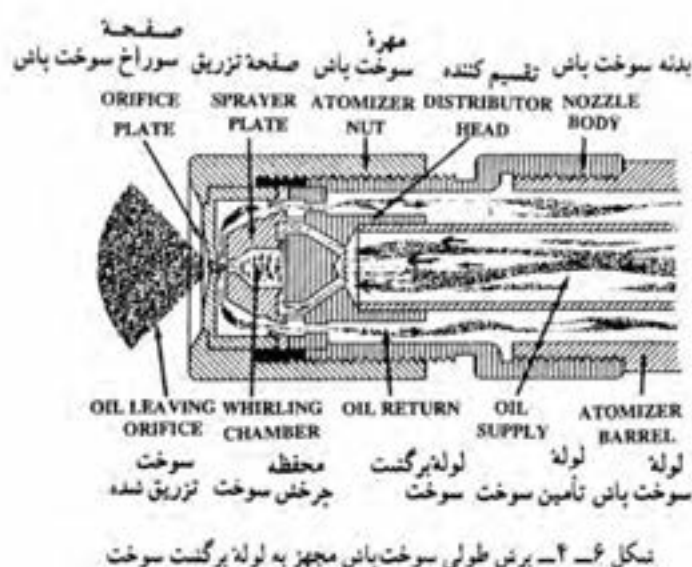
۳- Adjustable Mirror

۴- Boiler Front یا Boiler Front Wall

۵- Fuel Injector

۶- Air Register

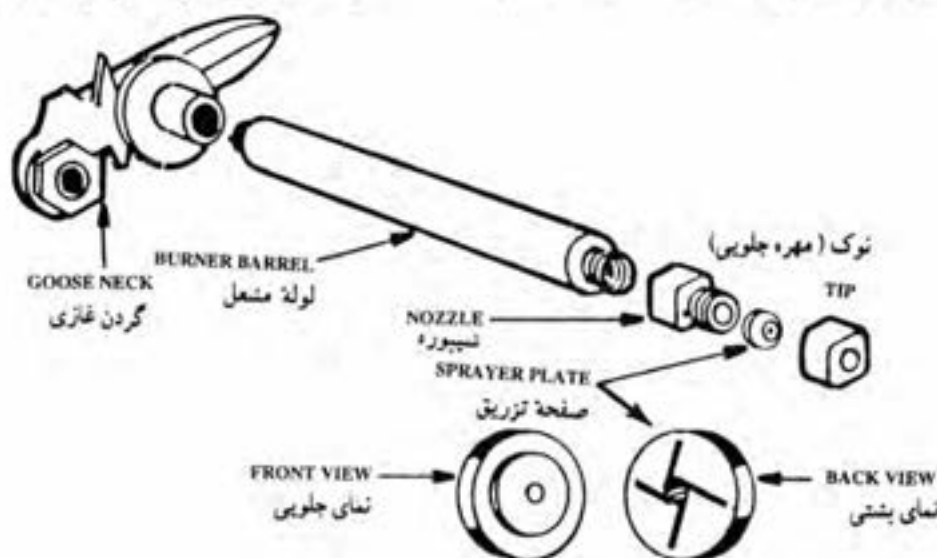
سوخت پاشهای استفاده شده است که در آنها بخشی از سوخت به دیگ تزریق نمی شود و به سیستم سوخت برمی گردد. این نوع سوخت پاش را سوخت پاش مجهز به لوله برگشت سوخت^۴ نامیده اند. این نوع سوخت پاش در دیگهایی که دارای کنترل احتراق خودکار^۵ هستند به کار می رود. در شکل ۴-۶ نمای از برش طولی این نوع سوخت پاش نشان داده شده است.



۱-۶-۲-۴ سوخت پاش: سوخت پاش وسیله ای است که سوخت مایع را به صورت پودر در کوره می پاشد تا احتراق کامل^۱ انجام پذیرد. به طور کلی پودر کردن سوخت در دیگهای نیروی محرکه بخاری با دو روش انجام می گیرد: ۱- روشی که در آن از شیپوره استفاده می شود و به روش مکانیکی^۲ معروف است. ۲- روشی که در آن از بخار استفاده می شود و به روش پودر کردن به کمک بخار^۳ معروف است.

در شکل ۵-۴ یک سوخت پاش که با استفاده از روش مکانیکی سوخت مایع را به پودر تبدیل می کند، نشان داده شده است. در این سوخت پاش، سوخت مایع از سیستم تأمین سوخت به لوله مشعل^۴ وارد می شود. در سر لوله مشعل یک شیپوره قرار می گیرد. در شیپوره فشار سوخت کاهش یافته سرعت آن افزایش می یابد. سوخت با سرعت زیاد وارد صفحه تزریق می شود. در این جا سوخت تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار گرفته به صورت پودر خارج می شود.

چون در این نوع سوخت پاش تمام سوخت به کوره تزریق می شود، به آن سوخت پاش جریان مستقیم^۵ نیز گفته می شود. این نوع سوخت پاش در دیگهای قدیمی و نه چندان بزرگ استفاده می شود. در بسیاری از دیگهای بخار نسبتاً جدید از



۱- Perfect Combustion

۲- Mechanical Atomization

۳- Steam Assisted Atomization

۴- Burner Barrel

۵- Straight - through Flow Atomizer

۶- Return Flow Atomizer

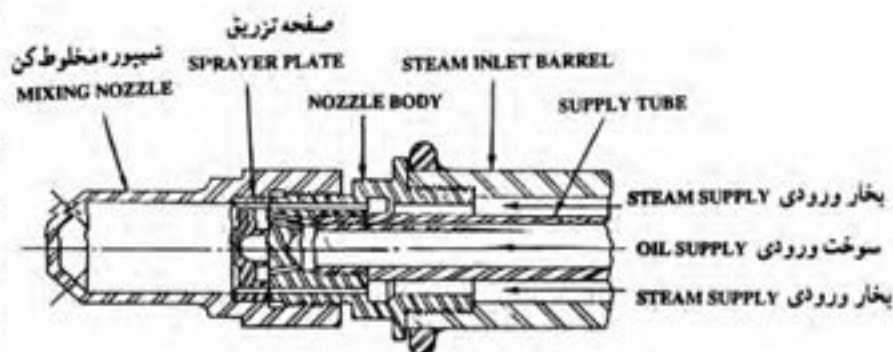
۷- Automatic Combustion control

۲-۶-۲-۴: هوا ده یا توزیع کننده هوای احتراق (Air Register) قسمتهای اصلی یک هوا ده عبارتند از: ۱- دریچه های متحرک هوا؛ ۲- کاهنده سرعت یا دیفیوزر؛ ۳- باله های آئرو دینامیکی ثابت؛ در شکل ۸-۴ این قسمتها نشان داده شده است. کارکنان با باز و بسته کردن دریچه های متحرک هوا موجب باز شدن و مسدود کردن هوا ده می شوند.

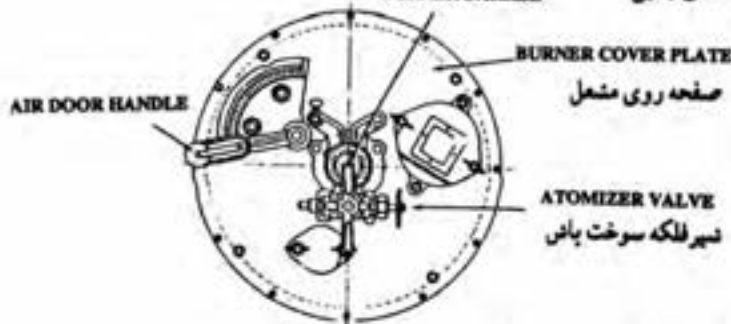
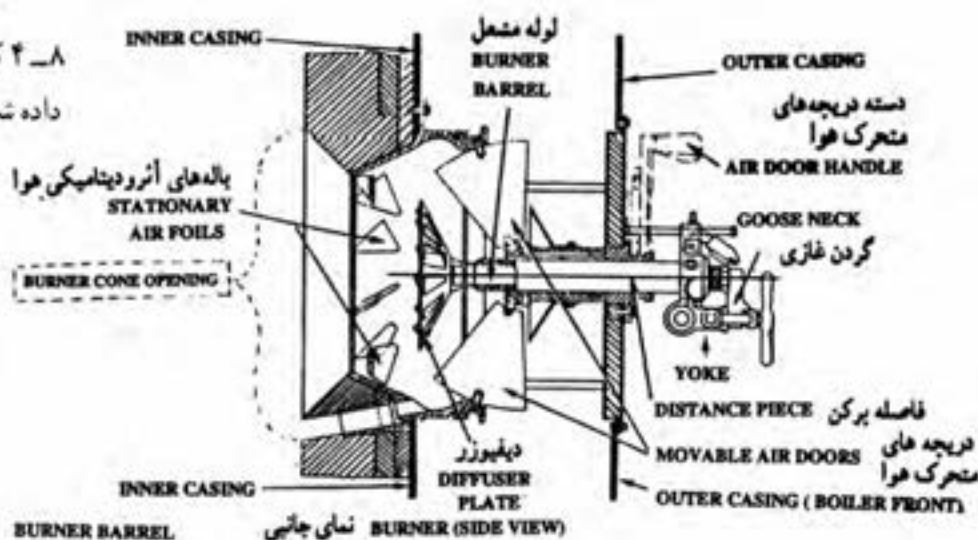
زمانی که دریچه های متحرک هوا باز هستند، هوا به داخل وارد می شود و پس از عبور از دیفیوزر دچار حرکت دورانی می گردد. حرکت دورانی هوا موجب مخلوط شدن مناسب هوا و سوخت می شود و از عقب زدن شعله نیز جلوگیری می کند. بخش عمده هوا به وسیله باله های آئرو دینامیکی ثابت به داخل کوره هدایت می شود؛ به طوری که با مقدار زیادتری از سوخت که دورتر از دیفیوزر پاشیده می شود، مخلوط شده شعله ور می شود.

در شکل ۹-۴ تصویری از مشعل شکل ۸-۴ که در جلوی دیگ بخار نصب گردیده نشان داده شده است.

در دیگهای بخار مدرن و بزرگ دریایی مانند دیگ بخار ۱۲۰۰ psi نوع D از سوخت پاش هایی استفاده شده است که با استفاده از بخار، سوخت مایع تبدیل به پودر می شود. این نوع سوخت پاش را پودر کننده سوخت یا کمک بخار نامیده اند. در شکل ۷-۴ نمایی از برش طولی این نوع سوخت پاش نشان داده شده است.



شکل ۷-۴: پودر کننده سوخت (سوخت پاش) با کمک بخار



نمای جلویی (FRONT VIEW) BURNER

شکل ۸-۴: نمایی از برش مشعل سوخت مجهز به سوخت پاش نوع جریان مستقیم

سبس سوخت به گرمکن هدایت می شود تا روانتر شود. با استفاده از لوله ها و شیر فلکه هایی که در عرشه قرار دارند، سوخت از ساحل یا کشتی دیگری دریافت شده به مخازن کشتی هدایت می شود. سیستمی که مربوط به این کار است، به شبکه سوخت گیری موسوم است. مخازنی که در نزدیکی دیگ بخار قرار دارند همواره بر نگاه داشته می شوند. این مخازن به مخازن روزانه^۴ موسوم هستند. گنجایش این مخازن تقریباً به اندازه بیست و چهار ساعت مصرف سوخت دیگهای بخار کشتی است.

۴-۴- دمنده های هوا (Forced Draft Blowers)

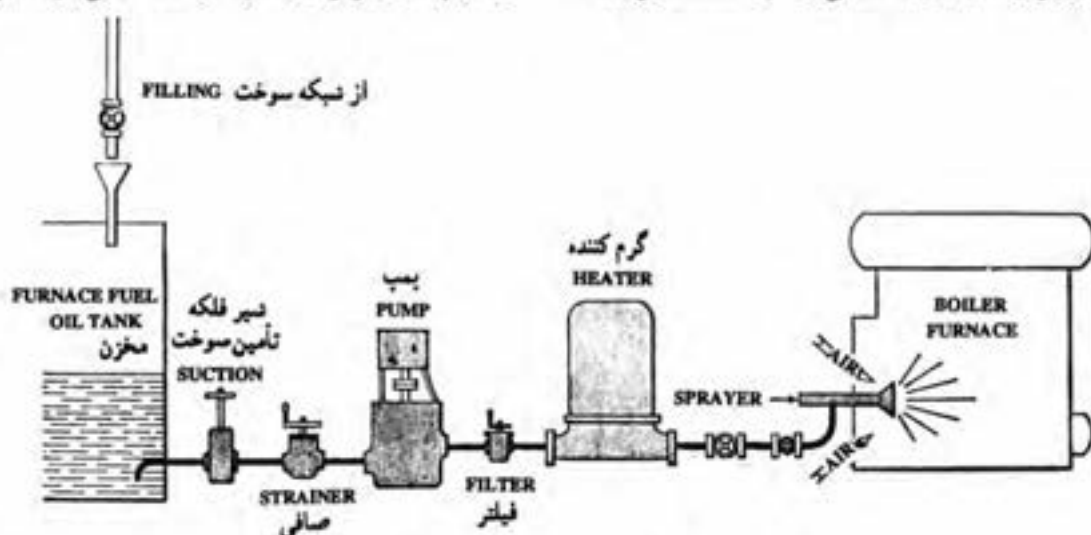
دمنده های هوا، شبکه کانال کشی و متعلقات دیگر آن به سیستم دمنده ها^۵ موسوم است. وظیفه این سیستم تأمین مقادیر زیادی از هوای مورد نیاز برای احتراق کامل سوخت است. در دیگهای بخار مدرن هر دیگ مجهز به دو دستگاه دمنده محوری^۶ است. هر دمنده اصلی به وسیله توربین بخار کوچکی کار می کند. در دیگ بخار ۱۲۰ psi نوع D که مجهز به چهار مشعل است، برای روشن داشتن سه مشعل فقط استفاده از یک دمنده هوا کافی است. برای آن که هوا از طریق دمنده دیگر هرز نرود، از دریچه های کرکره ای^۷ خودکار استفاده می شود. این دریچه ها



شکل ۴-۵

۴-۳- سیستمهای سوخت (Fuel Oil Systems)

در شکل ۴-۱۰ تصویری از یک شبکه ساده تأمین سوخت مورد نیاز احتراق نشان داده شده است (نوع سوخت شبکه نشان داده شده نفت کوره^۱ است). سوخت به وسیله یک پمپ مکیده می شود. قبل از پمپ یک صافی^۲ قرار دارد تا ناخالصیهایی سوخت را جذب کند. بعد از پمپ یک فیلتر قرار دارد تا ناخالصیهایی ریز را که به وسیله صافی جذب نشده اند بریابد؛



شکل ۴-۱۰- ترتیب ساده شبکه تأمین سوخت مورد نیاز احتراق

۱- Furnace Fuel (Furnace Fuel oil)

۲- Fuel Service Tanks

۷- Automatic Shutters

۲- Strainer

۵- Forced Draft Blower System

۳- Fuel Filling System

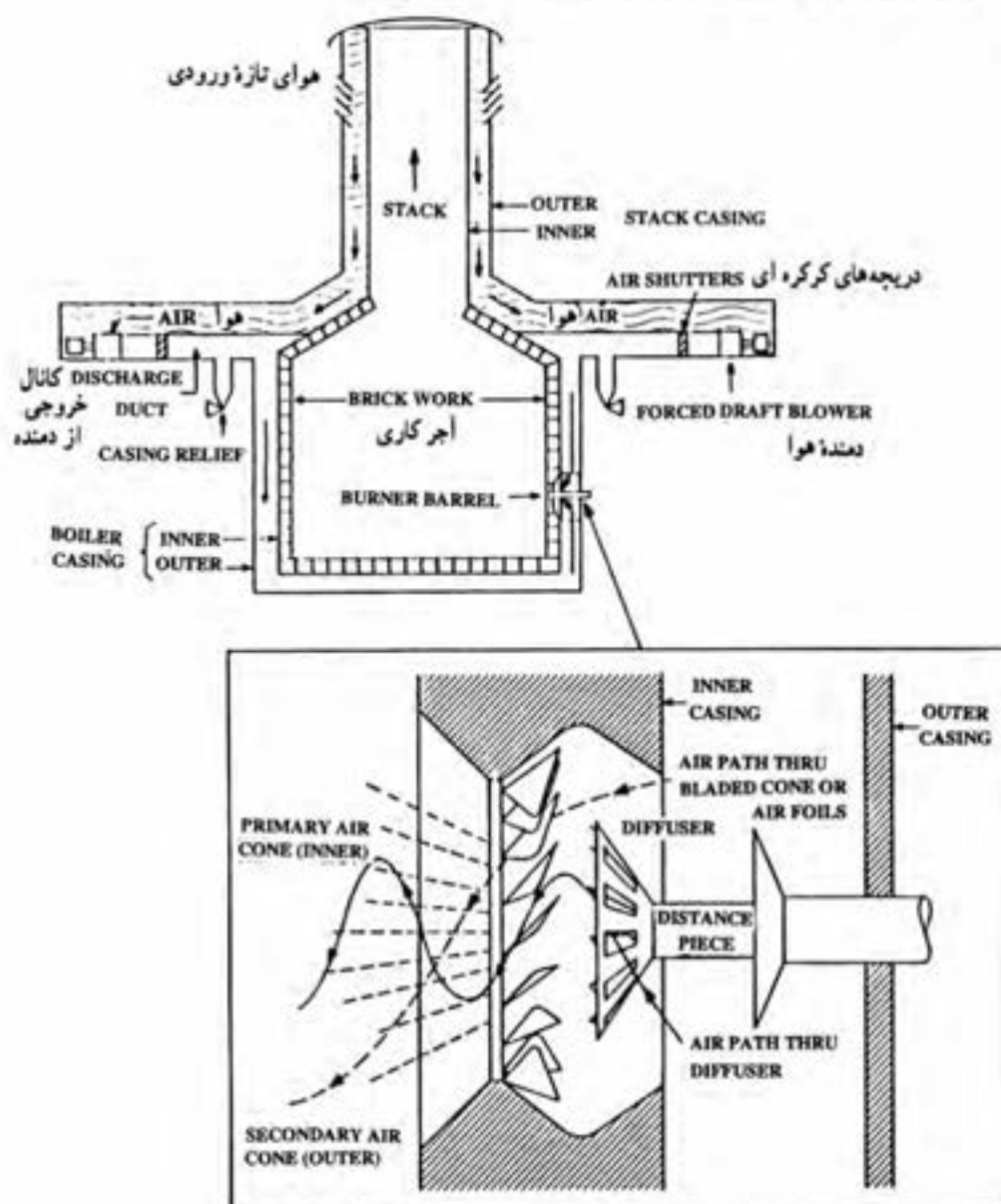
۶- Axial Flow Blower

خارجی مانند کاغذ، پارچه و غیره که موجب صدمه دیدن تیغه‌های دمنده هوا می‌شوند جلوگیری شود.

اکثر دیگهای بخار مجهز به یک دمنده هوای کوچک برقی نیز هستند. از این دمنده در ابتدای روشن کردن دیگ^۱ که کشنی فاقد بخار است استفاده می‌شود تا هوای مورد نیاز احتراق تأمین شود. در شکل ۴-۱۲ جریان هوا در ابتدای روشن کردن دیگ دیده می‌شود. به هنگام استفاده از دمنده هوای کوچک لازم است که دریچه‌های کرکره‌ای دستی^۲ به وسیله مسؤولان دیگ بخار باز شوند.

در خروجی دمنده قرار دارند و به محض آن که فشار هوا در خروجی دریچه‌ها بیش از قسمت ورودی شود، کرکره‌ها بسته می‌شوند. در شکل ۴-۱۱ دمنده‌های هوا، کانالها و تجهیزات مربوط برای هدایت هوا به فضای بین دو جداره دیگ نشان داده شده است.

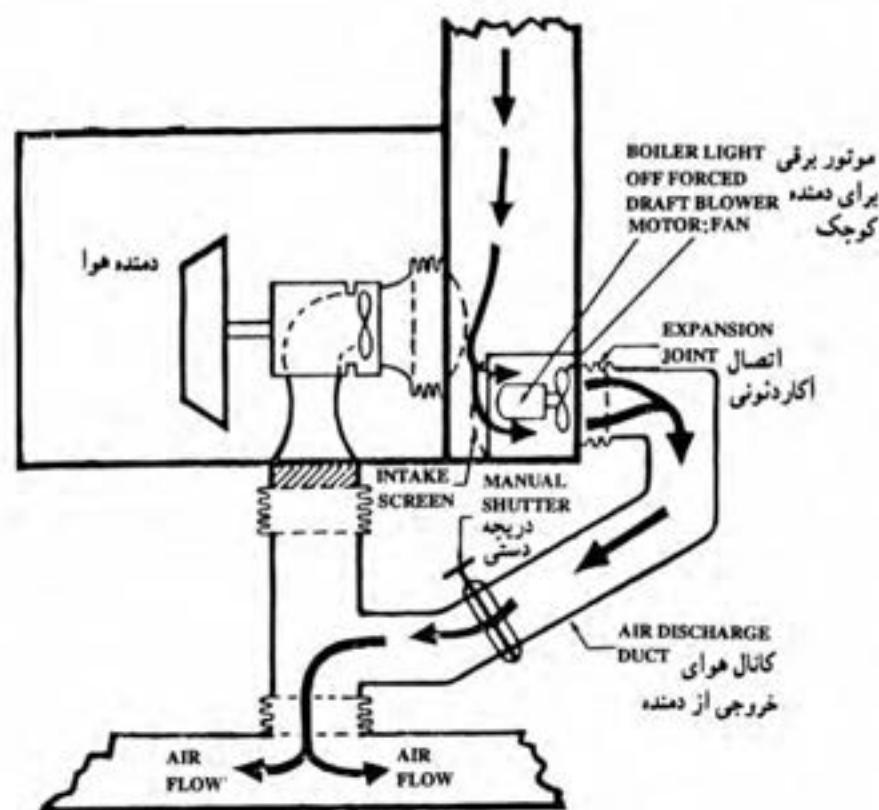
جریان هوا از طریق روزنه‌هایی که در بدنه دودکش قرار دارند آغاز می‌شوند. بدنه دودکش دارای دوجداره است. فضای مابین جداره داخلی و جداره بیرونی جزء سیستم دمنده‌های هوا است. روزنه‌ها مجهز به توری فلزی هستند تا از ورود اجسام



شکل ۴-۱۱ - جریان هوای دمنده‌های هوا

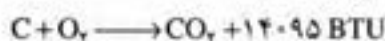
۱- Boiler Light Off

۲- Manual shutter

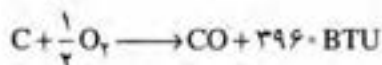


شکل ۱۲-۴- جریان هوا در سیستم دمنده هوا در ابتدای روشن کردن دیگ بخار

کربن به صورت ناقص می سوزد و در نتیجه منواکسیدکربن (CO) حاصل می شود.
احتراق کامل:



مقدار گرمای حاصل از احتراق هریک پائند کربن برابر با ۱۴۰۹۵ بی.تی.یو است.
احتراق ناقص:



مقدار گرمای حاصل از هریک پائند کربن در احتراق ناقص برابر با ۳۹۶۰ بی.تی.یو است.

روشن است که احتراق ناقص بشدت بر بازدهی دیگ بخار تأثیر منفی می گذارد، زیرا از تمام انرژی قابل تبدیل در سوخت استفاده نمی شود. در چنین وضعیتی گازهای احتراق به صورت دود سیاه^۱ از دودکش خارج می شوند. بعلاوه دوده زیادی بر سطح تیوبها می نشیند و کیفیت انتقال گرما را کاهش می دهد که آن نیز

۴-۵- احتراق (Combustion)

قبل از آن که احتراق حاصل شود برخی امور باید انجام پذیرد. سوخت باید تا درجه حرارت معینی گرم شود تا وپسکوزینه (لزجت) مناسبی برای پودر شدن پیدا کند. البته هرچه سوخت مرغوبتر باشد نیاز کمتری به گرم شدن دارد، زیرا سوختهای مرغوب دارای عدد لزجت پایینتری هستند. استفاده از سوخت سبک و مرغوب هزینه تعمیرات مشعلها و سایر اجزای بخش احتراق را کاهش می دهد، اما قیمت این گونه سوختها از سوختهای سنگین گرانتر است.

۴-۵-۱- نسبت هوا و سوخت (Air - Fuel Ratio):

شمعه و روشن شدن هوا و سوخت یک سری فعل و انفعالات شیمیایی گرمازا ایجاد می کند. درجه حرارت این فعل و انفعالات در حدود ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد (۳۰۰۰ درجه فارنهایت) است. در صورتی که اکسیژن به اندازه کافی تأمین شود کربن موجود در سوخت با اکسیژن ترکیب شده تشکیل گاز کربنیک (CO₂) می دهد؛ اما چنانچه اکسیژن به اندازه کافی تأمین نشود برخی از مولکولهای

۱- Exothermic chemical Reactions

۲- Black Smoke

موجب کاهش بازدهی دیگ بخار می شود.

می شود تا بهترین نتیجه حاصل شود. در این محدوده از نسبت تأمین هوا به سوخت دیگ بخار بهترین بازدهی را دارد.

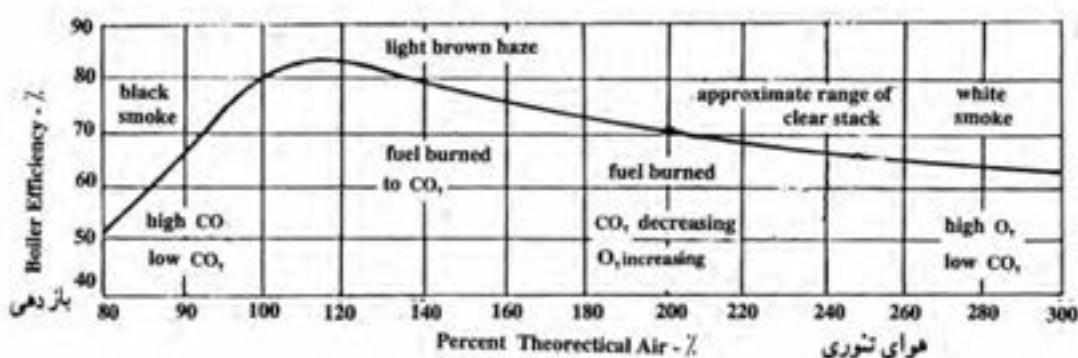
۴-۴ خلاصه

طراحی بخشهای احتراق دیگ بخار به منظور تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی گرمایی است. انرژی گرمایی برای تولید بخار داغ (سوپرهیت) لازم است. دیگهای بخار مدرن دارای دوجداره هستند. هوای مورد نیاز احتراق به وسیله دمنده های هوا از فضای بین دوجداره عبور می کند تا به درجه های مشعل هدایت شود. هوای تازه با سوخت که به صورت ذرات بسیار ریز (بودر) درآمده است مخلوط می شود. در داخل کوره، مواد نسوز و عایق کاری کوره موجب حفظ گرمای حاصل از احتراق می شوند. در دوده زداها برای زدودن دوده از روی سطوح بیرونی تیوبهای دیگ از بخار استفاده می شود. مجموعه قسمت های دیگ بخار بر روی نگهدارنده هایی قرار دارند که با استفاده از پایه لغزنده، انبساط مجموعه اجزای دیگ را که به علت گرما حاصل می شود میسر می سازد.

در این فصل به سیستمهای تولید گرما در دیگ بخار معمولی که با سوخت فسیلی کار می کند پرداخته شد. در فصل آینده به کلیات دستگاهی مشابه در کشتیهای مجهز به نیروی محرکه اتمی پرداخته می شود.

تجربه نشان داده است که تأمین هوای بیشتر برای احتراق در دیگ بخار از ایجاد دود سیاه جلوگیری می کند؛ اما تأمین هوای بیشتر به صورتی دیگر بازدهی را کاهش می دهد، زیرا گازهایی که در کوره نمی سوزند بخشی از گرما را جذب کرده یا خود از دودکش خارج می سازند (بدیهی است که گازهای مزبور عموماً نیتروژن و اکسیژن اضافی هستند) و بدین ترتیب انرژی بیشتری تلف می شود. علاوه بر این وجود گازهای نسوخته موجب رقیق شدن گازهای احتراق شده درجه حرارت کوره را پایین می آورد؛ در نتیجه سرعت انتقال گرما به بخشهای آب و بخار کاهش می یابد. چنانچه مقدار هوای اضافی در حدود دویست درصد باشد درجه حرارت کوره آنقدر کاهش می یابد که مقدار زیادی از سوخت محترق نمی شود. در این وضعیت نتیجه کار به صورت دود سفید از دودکش خارج می شود.

اشکالات مربوط به دود سفید و دود سیاه باید بررسی و رفع شود، زیرا در غیر این صورت می توانند موجب بروز انفجار و ایجاد خسارت شوند. در شکل ۱۳-۴ بازدهی تقریبی دیگ بخار^۱ در محدوده وسیعی از شرایط تأمین هوای احتراق نشان داده شده است. گرچه در تئوری برای احتراق کامل نسبت هوا به سوخت باید صددرصد باشد، اما در عمل نسبت هوا به سوخت بین صددرصد الی صد و بیست و پنج درصد هوای تئوری تنظیم



شکل ۱۳-۴ منحنی تغییرات بازدهی دیگ بخار با از زیاد نسبت هوای تئوری

پرسش

- ۱- مزایای مجهز بودن دیگ بخار دریایی به دوجداره را بنویسید.
- ۲- برخی از مهمترین دلایل به کار بردن موادنسوز و عایقکاری در دیگ بخار را بنویسید.
- ۳- اسامی مهمترین مواد نسوز و عایقکاری در دیگ بخار را نام برده برای هریک توضیح مختصری بنویسید.
- ۴- شکل ساده‌ای از یک استوانه آب، نگهدارنده‌ها و تکیه‌گاه آن رسم کرده هرکدام از اجزای آن را مشخص کنید.
- ۵- تفاوت بین پایه ثابت و پایه لغزنده را بنویسید.
- ۶- به چه دلیل دوده‌زدایی انجام می‌گیرد؟
- ۷- زمان دوده‌زدایی در دیگهای بخار مدرن را که با گازوئیل کار می‌کنند بنویسید.
- ۸- چرا به هنگام دوده‌زدایی فشار هوای دمنده‌های هوا افزوده می‌شود؟
- ۹- عبور مداوم هوای تازه از دستگاه دوده‌زدا چه محاسنی دارد؟
- ۱۰- درجه مواردی دوده‌زدایی ممتوع است؟
- ۱۱- قبل از دوده‌زدایی در اوقات دریانوردی چه اقداماتی از سوی مسئولان دیگ بخار انجام می‌گیرد؟
- ۱۲- نحوه کار دودنما را شرح دهید.
- ۱۳- اجزای اصلی یک مشعل سوخت را نام ببرید.
- ۱۴- روشهای پودر کردن سوخت در سوخت‌باش دیگهای بخار نیروی محرکه بخاری را نام برده برای هریک توضیحی بنویسید.
- ۱۵- اسامی انواع سوخت‌باشهای معرفی شده در این درس را بنویسید.
- ۱۶- تصویر ساده‌ای از یک شبکه تأمین سوخت برای دیگ بخار دریایی را رسم کرده اجزای آن را مشخص کنید.
- ۱۷- وظیفه سیستم دمنده‌های هوا چیست؟
- ۱۸- قسمتهای اصلی یک هواده را نام ببرید.
- ۱۹- هر دیگ بخار مدرن دریایی مجهز به چند دمنده هوا است؟
- ۲۰- از دمنده هوای کوچک و برقی در چه مواقعی استفاده می‌شود؟
- ۲۱- چرا احتراق ناقص بشدت از بازدهی دیگ بخار می‌کاهد؟
- ۲۲- معایب دود سیاه و دود سفید ناشی از بروز چه اشکالاتی است؟
- ۲۳- برابر تجربه و آزمایش، بهترین نسبت هوا به سوخت برای احتراق دیگهای بخار در چه محدوده‌ای است؟ نمودار مشابهی با نمودار معرفی شده در درس رسم کنید.

نیروی محرکه اتمی دریایی

Marine Nuclear Propulsion

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- اهمیت و کاربرد نیروی محرکه اتمی را بیان کند.
- راکتور اتمی را معرفی کرده چگونگی تبدیل انرژی اتمی به انرژی گرمایی را شرح دهد.
- اجزای نیروی محرکه بخاری اتمی را معرفی کرده کار هر یک را شرح دهد.
- مزایا و معایب نیروی محرکه اتمی را بیان کند.

۵ - نیروی محرکه اتمی دریایی

۱-۵- اهمیت و کاربرد نیروی محرکه اتمی

مرحله تولید در مدار بخار نیروی محرکه اتمی در اصول، مشابه مرحله تولید در مدار بخار نیروی محرکه بخاری معمولی است. تفاوت اصلی در منبع انرژی است که به منظور تأمین انرژی گرمایی لازم برای تولید بخار به کار می‌رود. در دیگهای بخار معرفی شده در فصلهای قبل، از انواع سوخت مایع، زغال سنگ و حتی چوب برای تأمین گرما استفاده می‌شد. در اوایل قرن بیستم، دانشمندان منبع انرژی جدیدی را یافتند و آن را توسعه دادند. این منبع نیروی هسته‌ای از اتم است. در میانه دهه ۱۹۵۰ میلادی استفاده موفقیت آمیز تکنیک تبدیل انرژی هسته‌ای به انرژی گرمایی موجب تحرک زیردریایی ناتیلوس^۱ شد. از آن زمان استفاده از نیروی هسته‌ای برای تحرک کشتیها و زیردریایها توسعه یافته است. بسیاری از ناوهای هواپیمابر، برخی از رزمناوهای بزرگ و اکثر زیردریایهای نیروی دریایی کشورهای صنعتی با استفاده از انرژی هسته‌ای حرکت می‌کنند. به دلایلی که در صفحات بعد خواهید دید، استفاده از این انرژی در کشتیهای بازرگانی و خدماتی

بسیار محدود است.

در نیروی محرکه اتمی، انرژی در مقادیر بسیار زیاد و بزرگ به علت شکافت هسته برخی از اتمها آزاد می‌شود. شکافت هسته‌ای در قلب راکتور اتمی حاصل می‌شود. راکتور اتمی مانند کوره دیگ بخار معمولی، انرژی شیمیایی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. منبع تبدیل انرژی در راکتور اتمی عمر بسیار طولانی دارد و توانایی تبدیل انرژی در مقادیر بزرگ را داراست؛ و انگهی به مواد مورد نیاز نیروی محرکه معمولی (مانند هوا) متکی نیست. اولین کاربرد راکتورهای اتمی در زیردریایها بود. چون حجم قابل استفاده در زیردریایی محدود است، مهندسان مجبور شدند که یک محفظه تحت فشار بیشتر از صد اتمسفر بسازند که با ابعاد نسبتاً محدود انرژی زیادی آزاد می‌کرد. این نوع راکتور که به نام راکتور آب سبک تحت فشار^۲ معروف شد، پایه اساسی تکنولوژی نیروگاههای هسته‌ای فعلی جهان و نیروی محرکه اتمی دریایی اکثر زیردریایها، ناوها و تعداد محدودی از کشتیهای تجارتی و خدماتی را تشکیل می‌دهد.

۵-۲- راکتور و چگونگی تبدیل انرژی اتمی به انرژی گرمایی

راکتور اتمی دستگاهی است که می‌تواند هسته اتم اورانیوم را بشکافد تا انرژی گرمایی آزاد شود. شکافت هسته پدیده‌ای است که طی آن یک اتم اورانیوم پس از برخورد با یک نوترون به دو اتم متفاوت و سبکتر تبدیل می‌شود. در این فرآیند مقدار زیادی انرژی گرمایی آزاد می‌شود. همچنین تعدادی نوترون از اتم اورانیوم منتشر می‌شوند. این نوترون‌ها نیز پس از برخورد با اتم‌های دیگر موجب شکافته شدن آنها می‌شوند و از این رو یک واکنش زنجیره‌ای به وجود می‌آید. در راکتور اتمی این واکنش با دقت زیاد کنترل می‌شود. فرمول ساده شکافت اتم اورانیوم به صورت زیر است:

انرژی: $^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{236}_{92}\text{U} \rightarrow \text{FF}_1 + \text{FF}_2 + 2/23n$
در شکل ۵-۱ فرآیند ساده شکافت هسته اورانیوم نشان داده شده است.

در فرمول مزبور اورانیوم ۲۳۵ با یک نوترون ترکیب و اورانیوم ۲۳۶ تشکیل می‌شود. اورانیوم ۲۳۶ یک ایزوتوپ ناپایدار است و خود به خود به دو هسته سبکتر تبدیل می‌شود. به این هسته‌های سبکتر (FF_1 و FF_2) محصولات شکافت^۱ گفته می‌شود. محصولات شکافت ممکن است شامل هشتاد جفت از عناصر بشوند. تعداد نوترون‌های آزاد شده متغیر است. میانگین

تعداد نوترون‌های آزاد شده در این گونه واکنشها ۲/۴۳ عدد نوترون است. در این جا به یک فرآیند شکافت که محصولات آن دو هسته اتم‌های زیرکونیم و سربیم و دو نوترون است، اشاره می‌شود:

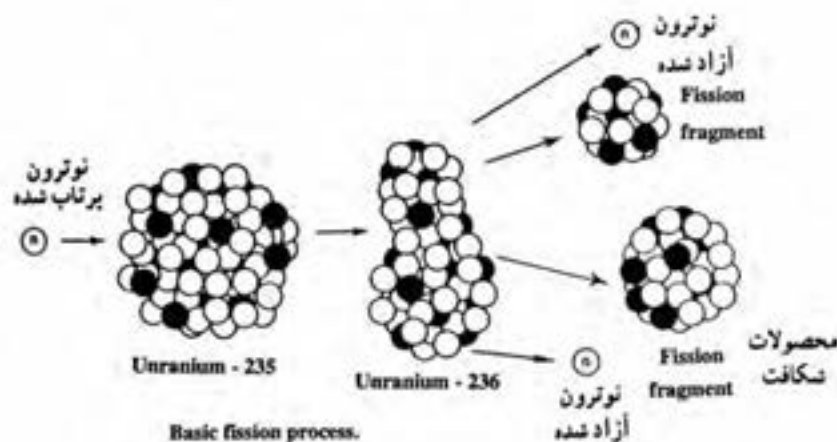
$$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{94}_{40}\text{Zr} + ^{140}_{52}\text{Ce} + 2n$$

اتم‌های حاصل راديو اکتیو هستند و از آنها اشعه گاما و ذرات آلفا و بتا منتشر می‌شود.

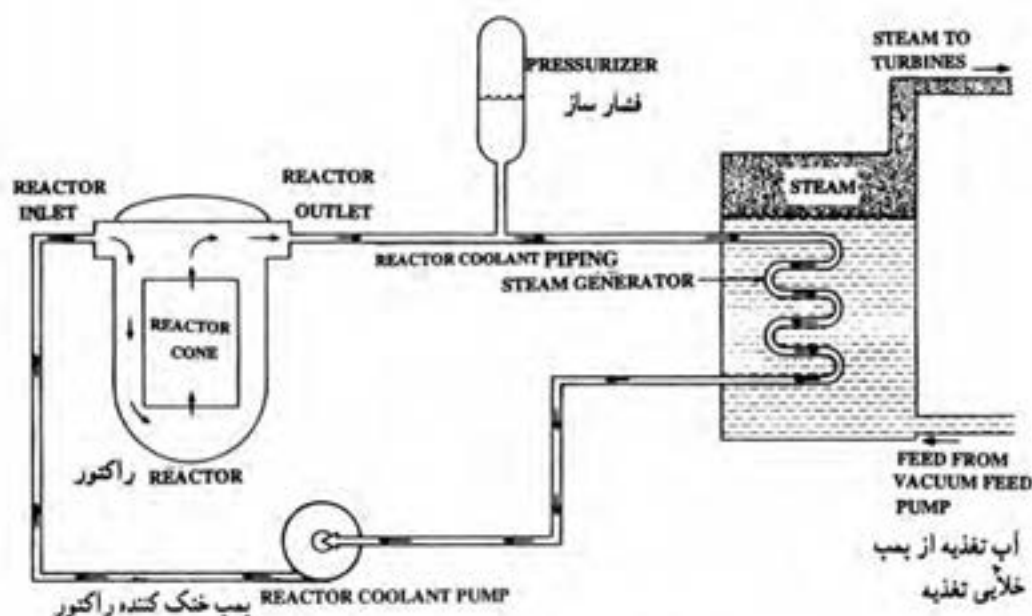
کوچکترین مقدار از جرم اورانیوم ۲۳۵ که برای شروع و ادامه واکنش زنجیره‌ای لازم است، جرم بحرانی^۲ نام دارد. به زبان دیگر یک جرم بحرانی از اورانیوم می‌تواند در اثر اصابت نوترون موجب واکنش زنجیره‌ای شود و به طور پایدار انرژی گرمایی آزاد کند.

۵-۳- اجزای نیروی محرکه بخاری اتمی (Reactor Plant Components)

در یک نیروی محرکه اتمی دستگاه‌هایی نصب می‌شود تا در مجموع از عهده فرآیند شکافت هسته و کنترل آن برآیند و در ضمن قادر باشند تا از گرمای آزاد شده برای تولید بخار استفاده کنند. در شکل ۵-۲ دستگاه‌های اصلی یک نیروی محرکه بخاری اتمی که مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار است، نشان داده شده است.



شکل ۵-۱- فرآیند کلی شکافت هسته اورانیوم



شکل ۵-۲- تصویر کلی نیروی محرکه مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار

هسته به وسیله آب جذب می شود.

۵-۳-۲- بدنه و درپوش راکتور (Reactor):

(Vessel and Closurehead) بدنه راکتور قلب راکتور را در خود جای می دهد و لوازم ضروری برای محکم نگاه داشتن آن در داخل بدنه وجود دارد. ضخامت جداره بدنه حدود پنج الی هشت اینچ (۱۲۷ الی ۲۰۳ میلیمتر) است تا در فشارها و درجه حرارت های زیاد مقاوم باشد. در بالای بدنه راکتور یک درپوش قرار دارد. درپوش به وسیله پیچ و مهره و جوشکاری به بدنه وصل می شود؛ به طوری که آب به بیرون نشت نکند. مکانیزم فروکردن و بالا کشیدن میله های کنترل^۱ در درپوش وجود دارد. (میله های کنترل نباید با میله های سوخت اشتباه گرفته شوند. در مورد میله های کنترل در صفحات بعد توضیح لازم داده می شود.) در شکل ۵-۳ نمونه ای از بدنه راکتور و درپوش آن دیده می شود.

۵-۳-۱- قلب راکتور (Reactor Core): قسمت

مرکزی راکتور، قلب راکتور نامیده شده است. در این قسمت سوخت، سیال کند کننده نوترونها^۲ و سیال خنک کننده^۳ وجود دارند. در راکتور آب سبک تحت فشار، از آب معمولی هم برای کند کردن نوترونها (کاهش دادن سرعت نوترونها^۴) و هم برای خنک کردن راکتور استفاده می شود؛ یعنی آب مدار اولیه برای این دو منظور به کار می رود. اورانیوم ۲۳۵ غنی شده به صورت دی اکسید اورانیوم (UO_2)، به شکل میله ساخته می شود که میله سوخت^۵ نام دارد. میله سوخت دارای یک غلاف^۶ نازک فلزی است. این غلاف از فرار ذرات و اشعه رادیواکتیو جلوگیری می کند. غلاف مزبور از خورده شدن میله سوخت به وسیله آب نیز جلوگیری می کند. برای ساختن غلاف از آلومینیم، زیرکونیوم و فولاد ضدزنگ استفاده می شود. آب در فواصل بین میله های سوخت در قلب راکتور قرار می گیرد. گرمای حاصل از شکافت

۱- Moderator

۲- Reactor Coolant

۳- برای ادامه واکنش زنجیره ای لازم است که سرعت نوترونها کاهش یابد تا نوترونها سریع به نوترونها گرمایی تبدیل شده سپس جذب هسته های بعدی شوند. در این میان انرژی جنبشی نوترونها سریع به گرما تبدیل می شود.

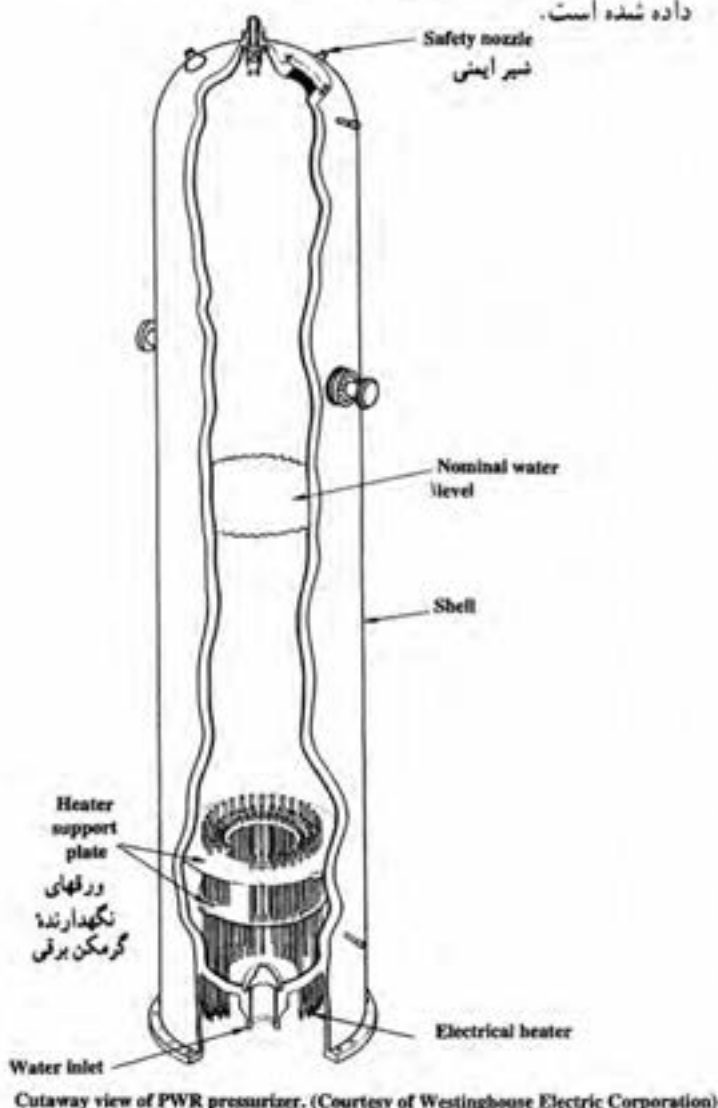
۴- Fuel Rod (Fuel Element)

۵- Cladding

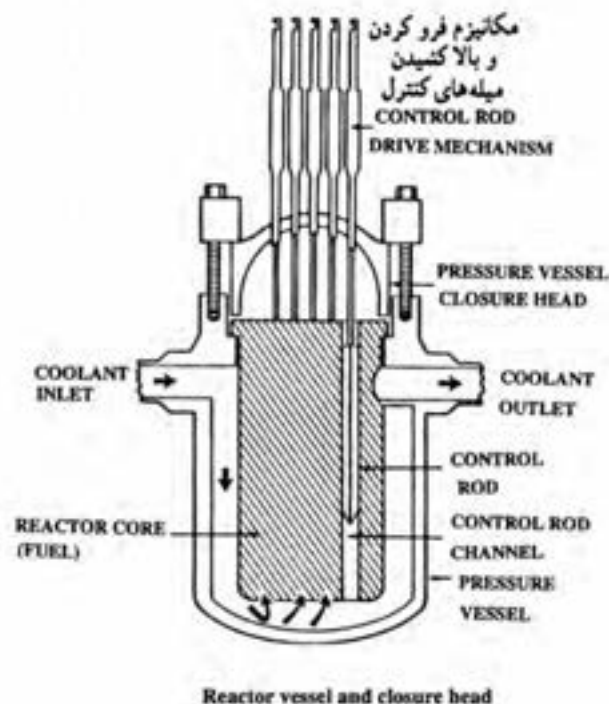
۶- Control Rods

قلب راکتور را جذب می کند؛ به همین دلیل این گونه راکتورها به راکتور آب سبک تحت فشار معروف هستند.

دستگاه فشارساز که آب مدار اولیه را تحت فشار زیاد قرار می دهد، دارای یک مخزن به شکل استوانه است که در شرایط اشباع (۲۰۰۰ و ۶۳۶ فارنهایت) کار می کند. در قسمت زیرین مخزن آب وجود دارد و در قسمت بالای مخزن بخار وجود دارد. فشار و درجه حرارت داخل دستگاه فشارساز به وسیله گرمکنهای برقی تأمین می شود. در زیرمخزن دستگاه فشارساز لوله ای وجود دارد که فشار دستگاه را به مدار اولیه منتقل می کند. بدین ترتیب مدار اولیه در فشار ۲۰۰۰ Psig نگهداری می شود. در شکل ۵-۴ برشی از یک دستگاه فشارساز نشان داده شده است.



شکل ۵-۴ دستگاه فشارساز



شکل ۵-۳ بدنه و درپوش راکتور

۵-۳-۲ دستگاه فشارساز (Pressurizer): در

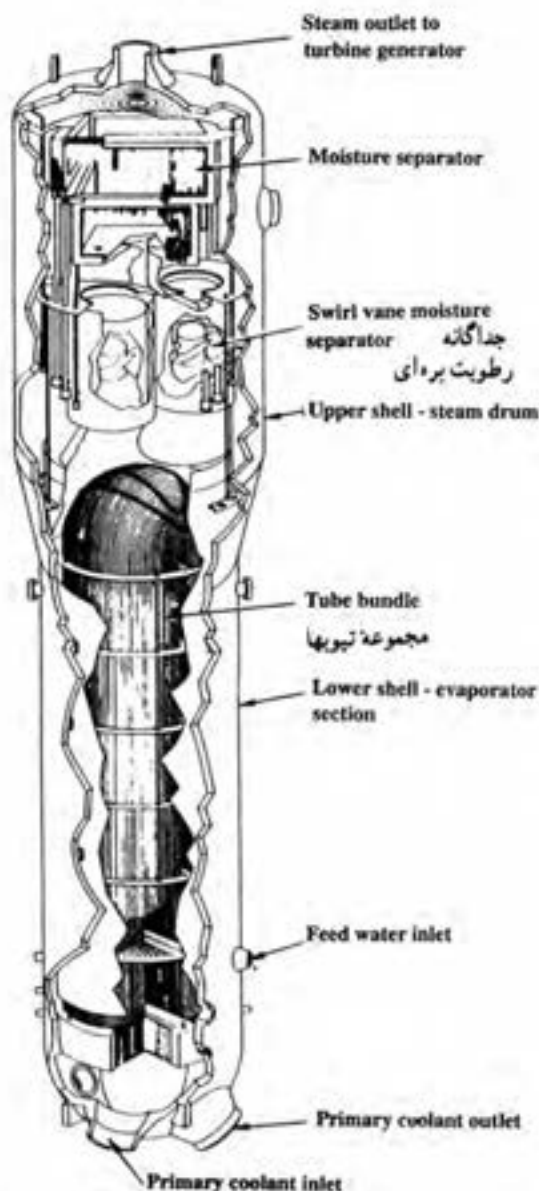
راکتور آب سبک تحت فشار، درجه حرارت آب باید از درجه حرارت اشباع کمتر باشد؛ بدین ترتیب آب مدار اولیه همواره در حالت مایع بوده قادر است گرمای حاصل از شکافت هسته را به طور دائم از میله های سوخت جذب کند. اگر آب راکتور بجوشد (درجه حرارت به نقطه اشباع برسد)، بخار حاصل موجب ذوب شدن میله های سوخت می شود، زیرا:

۱- بخار نمی تواند گرمای شکافت هسته را به اندازه کافی از میله های سوخت جذب کند.

۲- اگر بخار به پمپ مدار اولیه برسد کار پمپ را مختل کرده آب کافی به راکتور نمی رسد.

برای جلوگیری از به جوش آمدن آب راکتور، آب مدار اولیه همواره تحت فشار زیاد نگهداری می شود. در اکثر راکتورهای آب سبک تحت فشار، فشار آب حدود ۲۰۰۰ Psig (حدود ۱۳۶ اتمسفر) است. درجه حرارت اشباع آب در این فشار ۶۳۶ درجه فارنهایت (حدود ۳۳۵/۵ درجه سانتیگراد) است. پس اگر درجه حرارت آب مدار اولیه کمتر از ۶۳۶ درجه فارنهایت باشد، آب این مدار در حالت مایع به سر می برد و گرمای

۱- به این دستگاه، تنظیم کننده فشار هم گفته شده است.



۴-۳-۵- دستگاه مولد بخار (Steam Generator):

آب خنک کننده راکتور (که آب مدار اولیه نیز هست) نباید بجوشد. بخار مورد نیاز برای توربینها از آب مدار ثانویه تأمین می شود. بخار مورد نیاز توربینها به وسیله یک مبدل حرارتی که مولد بخار (یا بخارساز) نام دارد تأمین می شود. در شکل ۵-۵ نمونه ای از دستگاه مزبور نشان داده شده است. مبدل حرارتی مزبور از نوع تیوب و پوسته است. آب مدار اولیه با فشار حدود ۲۰۰۰ Psig و درجه حرارت حدود ۵۴۲ درجه فارنهایت از زیر وارد این دستگاه می شود و از داخل تیوبهای یو (U) شکل می گذرد و سپس از دستگاه خارج می شود. سطوح بیرونی این تیوبها با آب مدار دوم که در واقع آب تغذیه است، تماس دارد. آب تغذیه به وسیله پمپ اصلی تغذیه ارسال می شود. گرمای آب مدار اولیه از طریق جداره تیوبها به آب تغذیه مدار ثانویه منتقل می شود تا آب تغذیه به جوش آید و بخار تولید شود؛ سپس بخار مرطوب به جداکننده های رطوبت که در بخش فوقانی دستگاه مولد بخار قرار دارند هدایت می شود. در نهایت بخار انبساط از دستگاه خارج می شود.

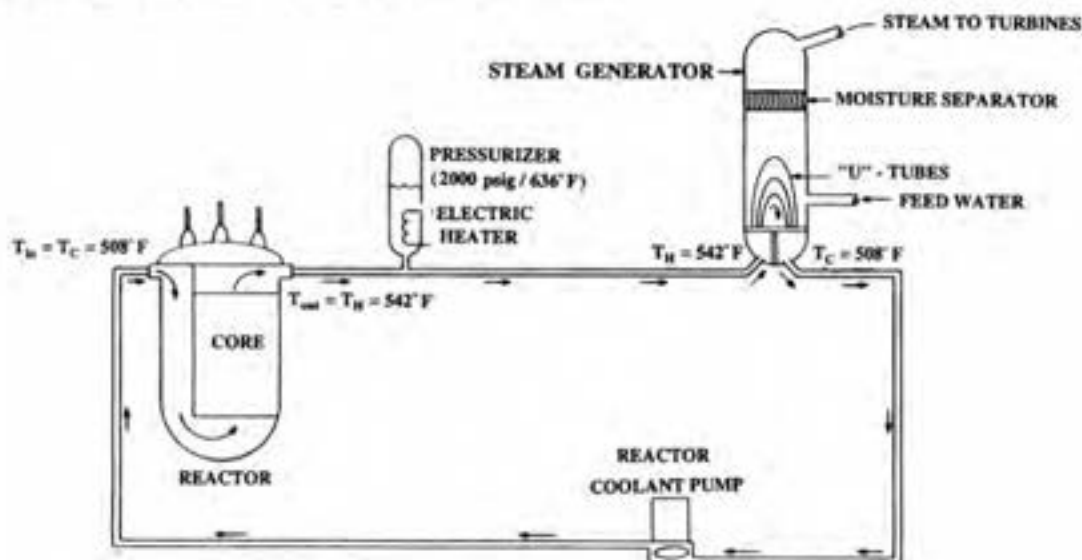
مدار ثانویه در واقع مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری اتمی است.

۵-۳-۵- مدار آب اولیه (مدار آب خنک کننده راکتور)

تجهیزات اصلی مدار آب اولیه نیروی محرکه مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار نشان داده شده است.

PWR steam generator. (Courtesy of Westinghouse Electric Corporation)

شکل ۵-۵- مولد بخار در نیروی محرکه اتمی مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار



شکل ۵-۶- تجهیزات اصلی مدار آب اولیه در نیروی محرکه اتمی مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار

فشارساز برای تمام شبکه کافی است. در شکل ۵-۷ تجهیزات اصلی نیروی محرکه‌ای که یک راکتور و چهار مدار اولیه دارد، نشان داده شده است.

در برخی از زیردریایها و شناورها برای افزایش قابلیت اطمینان به جای یک راکتور از دو راکتور یا بیشتر استفاده شده است.

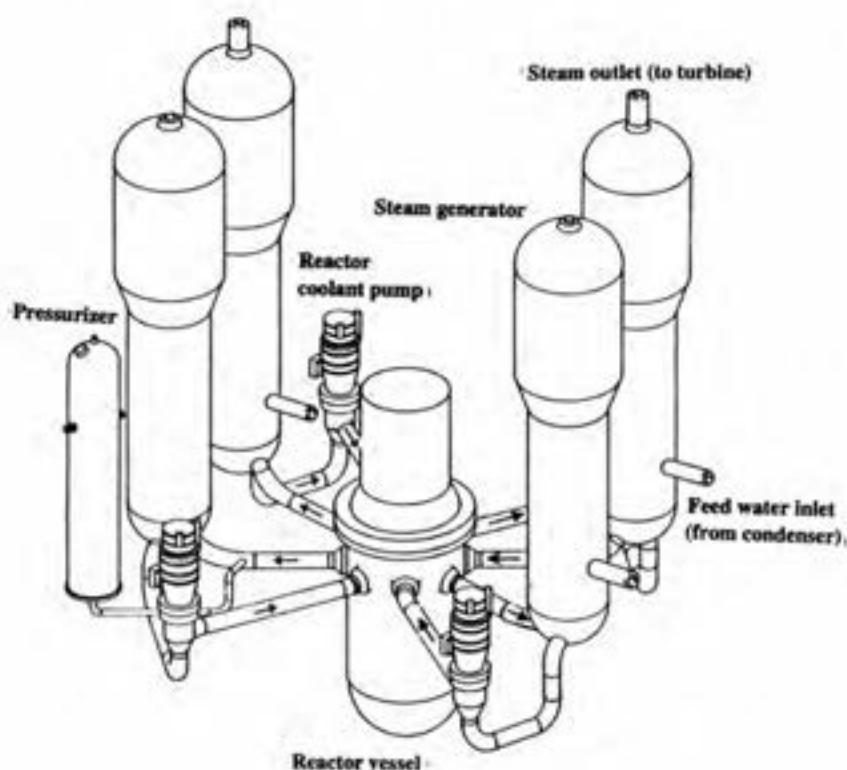
۵-۳-۶ پوشش و حفاظت در مقابل رادیواکتیویته

(Shielding): پوشش ضد هسته‌ای در یک کشتی مجهز به نیروی محرکه اتمی بسیار جامع و ضخیم است؛ به طوری که بزرگترین و تنها عامل افزایش وزن کشتی محسوب می‌شود.

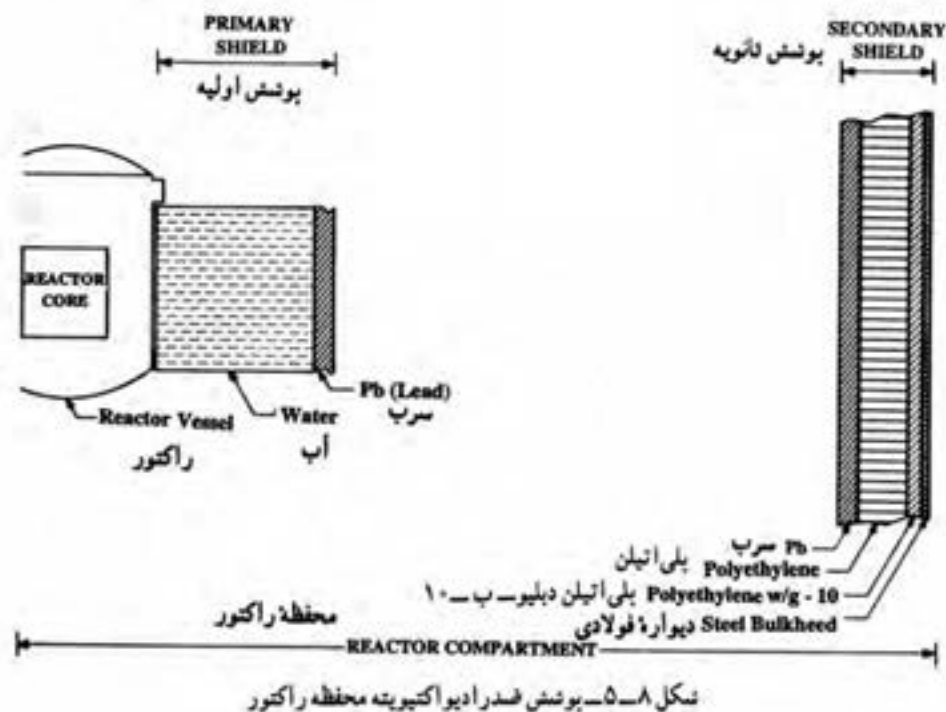
نیروی دریایی امریکا عقیده دارد که به علت پوشش کاملی که کشتیهای مجهز به نیروی محرکه اتمی آنها دارد، میزان تابش سالانه رادیواکتیویته به کارکنان این گونه کشتیها (اعم از زیردریایی و کشتیهای سطحی) کمتر از تابش رادیواکتیویته‌ای است که خورشید به اهالی شهر کوهستانی دنور واقع در ایالت کلرادو می‌تابد. در شکل ۵-۸ نمونه‌ای از پوشش محفظه راکتورهای مزبور دیده می‌شود.

آب به وسیله پمپ مدار اولیه به راکتور هدایت می‌شود. درجه حرارت آب به هنگام ورود به راکتور ۵۰۸ درجه فارنهایت (حدود ۲۶۴ درجه سانتیگراد) است. آب به مجاری بین میله‌های سوخت هدایت می‌شود. گرمای میله‌های سوخت به آب منتقل می‌شود و درجه حرارت آب به هنگام خروج از قلب راکتور ۵۴۲ درجه فارنهایت (حدود ۲۸۳ درجه سانتیگراد) است. آب از راکتور خارج شده به دستگاه مولد بخار هدایت می‌شود. در اینجا گرمای آب مدار اولیه از طریق جداریه تیوبهای مولد بخار به آب تغذیه که در مدار ثانویه جریان دارد، منتقل می‌شود. آب مدار ثانویه تبدیل به بخار اشباع می‌شود تا توربینها را بچرخاند. درجه حرارت آب مدار اولیه به هنگام خروج از مولد بخار ۵۰۸ درجه فارنهایت (۲۶۴ درجه سانتیگراد) است که به وسیله پمپ مدار اولیه به راکتور هدایت می‌شود.

دستگاه فشارساز، فشار مدار اولیه را در ۲۰۰۰ Psig حفظ می‌کند تا آب مدار اولیه در فشار مزبور به نقطه جوش نرسد. معمولاً نیروی محرکه دریایی اتمی مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار، دارای چندین مدار اولیه است تا قابلیت اطمینان نیروی محرکه بالا رود. در این گونه نیروی محرکه یک دستگاه



شکل ۵-۷- نیروی محرکه مجهز به چهار مدار اولیه



۷-۳-۵- میله‌های کنترل (Control Rods): میله‌های

کنترل از موادی ساخته شده‌اند که: (۱) با فرو رفتن کامل در قلب راکتور موجب متوقف شدن فرآیند شکافت هسته و در نتیجه خاموش شدن راکتور شوند؛ (۲) با بالا رفتن در درپوش راکتور اجازه می‌دهند تا آن قسمت از میله‌های سوخت که دیگر در فواصل میان آنها میله کنترل وجود ندارد، پس از پرتاب نوترون در فرآیند شکافت هسته و واکنش زنجیره‌ای شرکت کنند تا انرژی گرمایی آزاد شود. مکانیزم مخصوص بالا کشیدن و پایین دادن میله‌های کنترل در درپوش راکتور قرار دارد.

مکانیزم حرکت میله‌های کنترل طوری است که اگر خاموش کردن اضطراری راکتور لازم شود، میله‌های کنترل خیلی سریع رها می‌شوند و واکنش زنجیره‌ای متوقف می‌گردد.

۴-۵- مزایا و معایب نیروی محرکه اتمی

۱-۴-۵- مزایا: مزایای نیروی محرکه بخاری اتمی

به شرح زیر است:

(۱) توانایی دریانوردی بدون نیاز به سوخت‌گیری برای زمانها و فواصل بسیار بلند؛

(۲) نیاز نداشتن به هوای احتراق؛

(۳) تأثیر نداشتن سوخت‌گیری در وزن کشتی؛

(۴) داشتن قابلیت اطمینان؛

(۵) نیاز نداشتن به دودکش؛

(۶) نقش نداشتن در تولید گازهای گلخانه‌ای.

۲-۴-۵- معایب: معایب نیروی محرکه بخاری اتمی

به شرح زیر است:

(۱) نیاز به پوشش ضخیم و سنگین در مقابل رادیواکتیویته؛

(۲) هزینه زیاد ساخت و نگهداری؛

(۳) هزینه زیاد مربوط به کارکنان فوق العاده متخصص و

برنامه‌های آموزشی این گونه کارکنان؛

(۴) نیاز به زمان طولانی برای روشن کردن و به کار انداختن

راکتور؛

(۵) داشتن مسایل رادیولوژیکی؛

(۶) داشتن تعمیرات اساسی طولانی.

به علت معایب فوق استفاده از نیروی محرکه اتمی در

کشتیهای خدمانی و بازرگانی با استقبال چندانی مواجه نشده است و ناوگان خدمانی و بازرگانی کشورهای جهان به تعداد محدودی از این گونه کشتیها مجهز هستند.

اما به علت مزایای فوق، استفاده از نیروی محرکه اتمی در ناوها و زیردریایهای جنگی با استقبال زیادی روبرو شده است.

مانند عملکرد گازهای داغ کوره دیگ بخار است.

تفاوت عمده نیروی محرکه بخاری اتمی و نیروی محرکه بخاری معمولی این است که در نیروی محرکه اتمی تجهیزات برای سوپر هیت کردن (داغ تر کردن) بخار وجود ندارد. محصول نهایی از مرحله تولید یک نیروی محرکه بخاری اتمی، بخار اشباع با کیفیت مرغوب است.

مجموعه تجهیزات مدار اولیه در نیروی محرکه بخاری اتمی، وظیفه دیگ بخار در نیروی محرکه بخاری معمولی را دارد. قلب راکتور مانند کوره است. دستگاه مولد بخار همان کاری را انجام می دهد که مجموعه استوانه آب، تیوبها و استوانه بخار در دیگ بخار معمولی انجام می دهند. عملکرد پمپ آب مدار اولیه

پرسش

- ۱- وظیفه اصلی راکتور اتمی را در حداکثر یک سطر بیان کنید.
- ۲- پدیده شکافت هسته اتم اورانیوم را در حداکثر یک سطر بنویسید.
- ۳- فرمول کلی شکافت اتم اورانیوم را بنویسید و در مورد هر کدام از اجزای آن توضیح مختصری دهید.
- ۴- فرمول فرآیند شکافت هسته اورانیوم را که به دو هسته اتمهای زیرکونیم و سرب تبدیل می شود بنویسید و در مورد هر کدام از اجزای این واکنش توضیح مختصری دهید.
- ۵- جرم بحرانی را تعریف کنید.
- ۶- میله سوخت قلب راکتور از چه ماده ای ساخته شده است؟
- ۷- چرا میله سوخت دارای غلاف است؟ اهمیت غلاف در چیست؟
- ۸- در راکتور آب سبک تحت فشار، گرمای حاصل از شکافت هسته با چه چیزی جذب می شود؟
- ۹- مکانیزم فرو کردن و بالا کشیدن میله های کنترل در کجا قرار دارد؟
- ۱۰- اهمیت دستگاه فشارساز (تنظیم کننده فشار) را بنویسید.
- ۱۱- فشار و درجه حرارت داخل دستگاه فشارساز به وسیله چه وسایلی تأمین می شود؟
- ۱۲- کار دستگاه مولد بخار در نیروی محرکه بخاری اتمی چیست؟
- ۱۳- در نیروی محرکه بخاری اتمی، کدام مدار، مدار بخار اصلی است؟
- ۱۴- چه عاملی موجب افزایش وزن در یک کشتی مجهز به نیروی محرکه اتمی است؟
- ۱۵- کار میله های کنترل را بنویسید.
- ۱۶- مزایا و معایب نیروی محرکه بخاری اتمی را بیان کنید.
- ۱۷- چرا عملکرد پمپ آب مدار اولیه در نیروی محرکه بخاری اتمی مجهز به راکتور آب سبک تحت فشار، شبیه عملکرد گازهای داغ کوره دیگ بخار در نیروی محرکه بخاری معمولی است؟
- ۱۸- محصول نهایی مرحله تولید نیروی محرکه بخاری اتمی چیست؟

توربینهای بخار

Steam Turbines

هدفهای رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

- اهمیت و کاربرد توربینهای بخار دریایی را بیان کند .
- اصول اولیه توربینهای بخار را شرح دهد .
- طبقه‌بندی توربینهای بخار را بیان کند .
- تجهیزات توربینهای بخار را معرفی کرده کار هر یک را بیان کند .
- با نمونه‌ای از توربینهای نیروی محرکه آشنا شود و طرز کار آنها را بیان کند .
- توربینهای بخار فرعی را معرفی کند .
- با چرخ دنده‌های کاهنده آشنا شده اهمیت آنها را بیان کند .
- نیروی محوری را تعریف کند .
- با توربینهای نیروی محرکه انمی آشنا شده خصوصیات آنها را بیان کند .

۶- توربینهای بخار

۶-۱- اهمیت و کاربرد توربینهای بخار دریایی

توربین به عنوان موتور نیروی محرکه در مدار ترمودینامیکی بخار، انرژی گرمایی بخار را در مرحله انبساط به کار مکانیکی تبدیل می‌کند. کار مکانیکی با چرخش یک شافت انجام می‌شود که از آن می‌توان در یک کشتی برای مقاصد مختلف استفاده کرد :

(۱) پروانه کشتی را به چرخش در آورد تا کشتی حرکت

کند .

(۲) ژنراتورهای برق کشتی را به کار انداخت .

(۳) با راندن پمپ مایعات را به حرکت در آورد .

(۴) با راندن کمپرسورهای هوا، هوا را فشرده کرد.

(۵) دمنده‌ها و مکندوها را به کار انداخت .

در این فصل ابتدا اصول بهره برداری و ساختمان توربینهای بخار، تبدیل انرژی در توربینهای بخار، طبقه‌بندی و طرز کار آنها توضیح داده می‌شود ؛ سپس به طور مختصر طرز انتقال نیروی تولید شده به وسیله توربینهای بخار نیروی محرکه به پروانه تشریح می‌شود .

۶-۲- اصول اولیه (Basic Principles)

تبدیل انرژی گرمایی به کار در توربین بخار، در دو عمل پیاپی انجام می‌شود. در عمل اول، انرژی گرمایی به انرژی جنبشی و در عمل دوم انرژی جنبشی به کار تبدیل می‌شود. عمل اول

به وسیله یک شیبوره و عمل دوم به وسیله تیغه‌های توربین انجام می‌شود.

عمل اول: انرژی گرمایی —→ انرژی جنبشی

عمل دوم: انرژی جنبشی —→ کار

تمام توربین‌ها انرژی گرمایی « سیال عامل » را طی این دو عمل به کار تبدیل می‌کنند.

۶-۲-۱- شیبوره‌ها: شیبوره وسیله‌ای است مکانیکی با دهانه ورودی گشاد و دهانه خروجی تنگ^۱. در شکل ۶-۱ نمونه‌ای از یک شیبوره ساده دیده می‌شود. وقتی که یک سیال از داخل شیبوره عبور می‌کند، به سرعت سیال اضافه می‌شود. سیال عامل در توربین‌های بخار، بخار تولید شده به وسیله دیگ بخار یا بخار حاصل از تبدیل انرژی راکتور اتمی است. انرژی جنبشی بستگی به سرعت بخار دارد، زیرا

$Ke = \frac{1}{2} mV^2$: پس افزایش سرعت موجب افزایش انرژی جنبشی بخار می‌شود. برای افزایش انرژی جنبشی بخار و کاهش انرژی گرمایی، کافی است که شیبوره بین ناحیه پرفشار و ناحیه کم فشار قرار گیرد. وقتی بخار از شیبوره می‌گذرد و از ناحیه پرفشار به ناحیه کم فشار می‌رسد، به سرعتش اضافه شده از فشارش کاسته می‌شود. افزایش سرعت در طول شیبوره بستگی به کاهش فشار در همان شیبوره دارد، در هر درجه حرارت و فشار معین، بخار دارای انرژی گرمایی معینی است. انرژی گرمایی

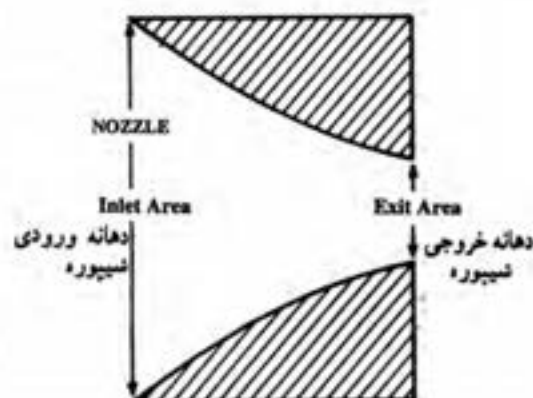


Figure 8-1. Simple nozzle.

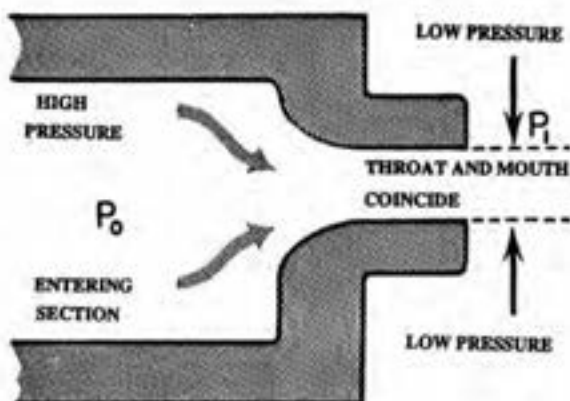
شکل ۶-۱- یک شیبوره ساده

بخار نیز متناسب با فشار و درجه حرارت آن کاهش می‌یابد؛ بنابراین عبور بخار از شیبوره موجب کاهش انرژی گرمایی و به همان نسبت افزایش انرژی جنبشی بخار می‌شود. در انتهای شیبوره اولین عمل مربوط به فرآیند تبدیل انرژی گرمایی به کار پایان می‌پذیرد و شیبوره انرژی گرمایی را به انرژی جنبشی تبدیل می‌کند.

شیبوره طوری ساخته می‌شود که بتواند بخار بر سرعت را به هنگام ترک شیبوره به صورتی مناسب به طرف تیغه‌های توربین هدایت کند تا تبدیل انرژی به کار نیز تحقق یابد.

شیبوره دارای یک دهانه ورودی بزرگ، یک گلوگاه باریک و دهانه خروجی است. یک شیبوره همگرا^۲ در شکل ۶-۲ نشان داده شده است. در این شیبوره اندازه دهانه خروجی و گلوگاه برابر یکدیگر است.

چنانچه اختلاف فشار بین ناحیه ورودی و ناحیه خروجی (به شکل ۶-۲ توجه شود) زیاد باشد ($P_1 < 0.55P_0$)، بخار خروجی از شیبوره با سرعت زیاد در همه جهتها حرکت می‌کند و موجب آشفتگی شدیدی^۳ می‌شود.



شکل ۶-۲- شیبوره همگرا

برای مهار این گونه آشفتگی، دهانه خروجی شیبوره طوری ساخته می‌شود که سطح مقطع از گلوگاه به بعد بتدریج گشاد شود. در شکل ۶-۳ این نوع شیبوره که شیبوره همگرا-واگرا^۴ نام دارد دیده می‌شود. در این گونه شیبوره، بخار بدون آشفتگی از دهانه خروجی بیرون می‌رود و کارایی بخار افزایش می‌یابد.

۱- Working fluid

۲- Nozzle

۳- منظور شیبوره همگرا است.

۴- Convergent Nozzle

۵- Extreme Turbulence

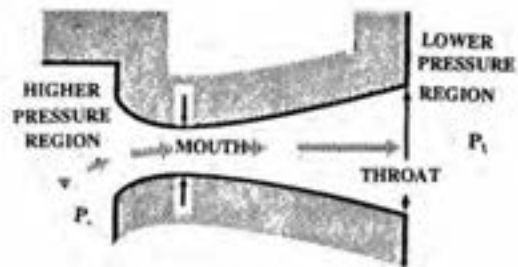
۶- Convergent - Divergent

توربین هدایت کند.

۲-۲-۶ تیغه‌ها (Blading): همان طور که قبلاً

گفته شد، تبدیل انرژی در توربین در دو عمل انجام می‌پذیرد. برای انجام عمل دوم بخار بر سرعت خروجی از شیبوره یا یک تیغه برخورد می‌کند. برخورد مزبور موجب حرکت تیغه‌ها شده کار تولید می‌شود. در توربین، تیغه‌ها در پیرامون صفحات مدوری که دیسک^۱ نام دارند نصب می‌شوند. پس از برخورد بخار با اولین تیغه، آن تیغه مجبور است که حرکت کند و چون بر روی دیسک قرار دارد به همراه دیسک حرکت می‌کند. بدین ترتیب تیغه دوم در مسیر حرکت بخار قرار می‌گیرد و بخار با تیغه دوم و متعاقب آن با تیغه‌های دیگر برخورد می‌کند. چون دیسک بر روی محور (شافت^۲) توربین قرار دارد، محور توربین نیز به همراه دیسک و تیغه‌ها می‌چرخد. بدین ترتیب تازمائی که بخار جریان دارد تیغه‌ها، دیسک و محور توربین می‌چرخند.

به طور کلی دو نوع تیغه وجود دارد: تیغه ضربه‌ای^۳ و تیغه عکس‌العملی^۴. تیغه ضربه‌ای با برخورد مستقیم بخار به حرکت

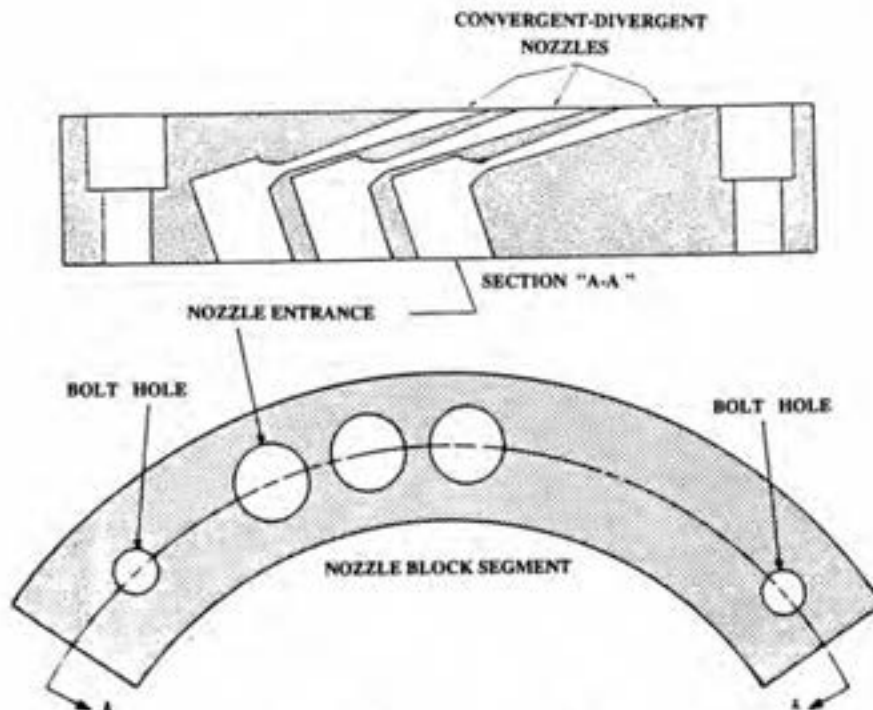


Convergent-divergent nozzle.

شکل ۳-۶- شیبوره همگرا-واگرا

شیبوره‌ها با استفاده از دو روش ساخته می‌شوند. در روش اول فلز را سوراخ کرده تراش می‌دهند (مانند شکل ۴-۶) و در روش دوم دو قطعه فلزی که قبلاً تراشیده و آماده شده‌اند، طوری در تزدیکی یکدیگر قرار داده می‌شوند که تشکیل یک شیبوره دهند. در شکل ۵-۶ شیبوره‌ای که با این روش ایجاد شده است دیده می‌شود.

در هر دو روش، اصول کار شیبوره این است که انرژی گرمایی را به انرژی جنبشی تبدیل کرده بخار را به طرف تیغه‌های



شکل ۴-۶- ساختمان شیبوره

۱- Disk

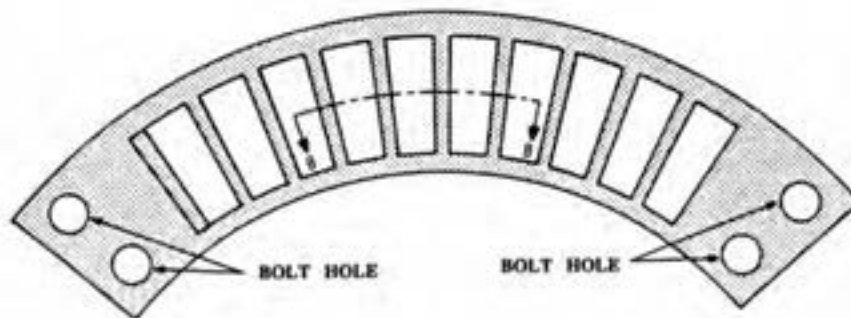
۲- Impulse Blade

۳- Shaft

۴- Reaction Blade

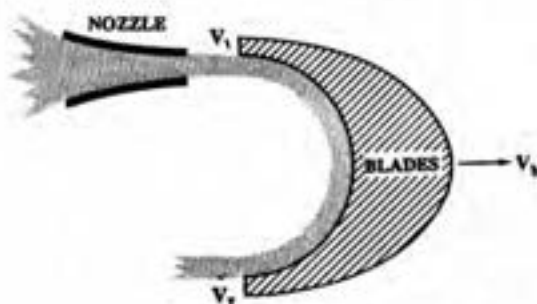


SECTION B-B



Vane Nozzle construction

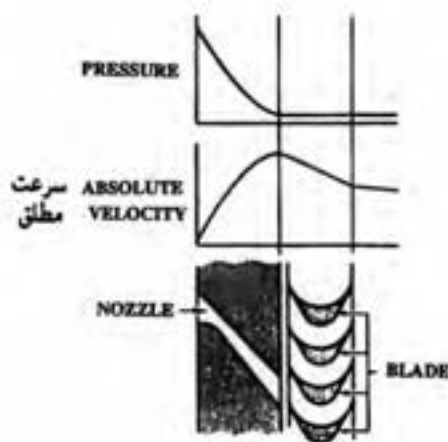
شکل ۵ - ۶ - ساختمان پره‌های شیبوره‌ای (توربین عکس‌العملی)



simple impulse turbine.

شکل ۷ - ۶ - توربین ضربه‌ای ساده

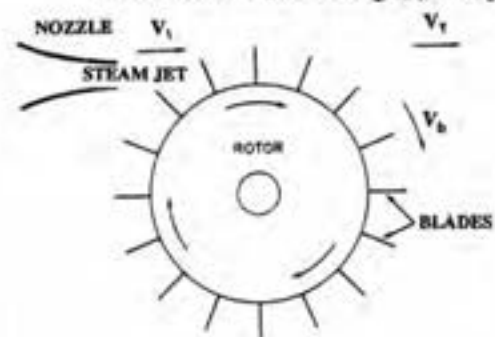
می‌شود. در شکل ۸ - ۶ نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین ضربه‌ای ساده نشان داده شده است.



Pressure vs velocity in an ideal

شکل ۸ - ۶ - نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین ضربه‌ای ساده و ایده‌آل

در می‌آید. تیغه عکس‌العملی با پدیده به عقب لگد زدن (پس زدن) ناشی از نیروی عکس‌العملی به حرکت در می‌آید. در شکل ۶ - ۶ تصویر یک توربین ساده نشان داده شده است.



Simple steam turbine.

شکل ۶ - ۶ - توربین بخار ساده

۱-۲-۲-۶ - تیغه‌های ضربه‌ای (Impulse Blading):

یک توربین ضربه‌ای ساده با نصب یک سری تیغه ضربه‌ای پیرامون روتور توربین، طوری که مستقیماً در مسیر بخار خروجی از شیبوره قرار گیرند، تشکیل می‌شود. در شکل ۷ - ۶ یک توربین ضربه‌ای ساده نشان داده شده است. بخار با سرعت V_1 از شیبوره خارج می‌شود و با تیغه ضربه‌ای برخورد می‌کند و آن تیغه را با سرعت V_2 به حرکت در می‌آورد. بخار با سرعت V_2 تیغه مزبور را ترک می‌کند. اکنون چون تیغه با سرعت V_2 حرکت می‌کند، کار انجام شده است. اندازه کار انجام شده متناسب با سرعت تیغه و کاهش سرعت بخار است. در یک توربین ایده‌آل فشار بخار از هنگام خروج از شیبوره تا وقتی که تیغه را ترک می‌کند ثابت فرض

۲-۲-۶- تیغه‌های عکس‌العملی (Reaction – Blading):

وقتی بخار از شیبوره می‌گذرد به سرعت آن افزوده می‌شود و انرژی گرمایی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. بنابراین اصل سوم نیوتون، برای هر نیرو یک نیروی عکس‌العملی مساوی در جهت مخالف، به وجود می‌آید. شیلنگ آبیاری مثال خوبی است. اگر سر شیلنگ در دست شما باشد، به محض باز شدن شیر آب و بیرون رفتن آب از سر شیلنگ، باید شیلنگ را محکمتر بگیرید، زیرا به هنگام خروج آب شیلنگ به عقب زده می‌شود. عقب زدن شیلنگ یک نیروی عکس‌العملی در مقابل نیروی خروج آب از سرشیلنگ است که با سرعت از شیلنگ خارج می‌شود. توربین را هم می‌توان طوری ساخت که با استفاده از نیروی عکس‌العملی بچرخد. حدود ۲۰۰۰ سال پیش هرو (Hero) ریاضیدان یونانی توربین عکس‌العملی بسیار ساده‌ای مطابق شکل ۹-۶ ساخت. در توربینهای مدرن به جای شیبوره‌های توربین هرو، تیغه‌هایی که فضای بین آنها مانند شیبوره است روی دیسک قرار می‌گیرند. قبل از تیغه‌های متحرک که روی دیسک قرار دارند

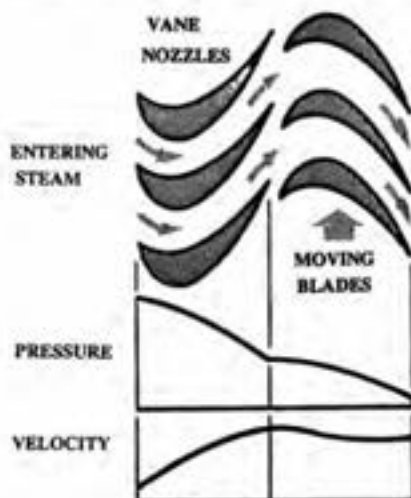


Hero's turbine.

شکل ۹-۶- توربین هرو

یک سری تیغه ثابت در پوسته توربین نصب می‌شوند. فضای بین این تیغه‌ها نیز شبیه شیبوره و عملکرد آنها نیز مانند شیبوره است. در توربین عکس‌العملی، فشار بخار پس از عبور از تیغه‌های ثابت کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود (چون سرعت بخار افزایش می‌یابد). فشار بخار به هنگام عبور از تیغه‌های متحرک نیز کاهش می‌یابد و دوباره به سرعت بخار افزوده می‌شود. افزایش سرعت بخار در تیغه‌های متحرک موجب می‌شود که به هنگام خروج بخار از تیغه‌های متحرک نیروی عکس‌العملی موجب لگد زدن به عقب شود. نیروی عکس‌العملی مزبور موجب حرکت تیغه‌های متحرک و به دنبال آن، حرکت دیسک و محور توربین می‌شود (دیسک و محور می‌چرخند). البته مقداری از انرژی جنبشی صرف ضربه زدن به تیغه‌های متحرک می‌شود. در واقع تیغه‌های متحرک در توربین عکس‌العملی، هم به علت نیروی عکس‌العملی و هم به علت نیروی ضربه‌ای می‌چرخند. (در توربین ضربه‌ای هم مقداری نیروی عکس‌العمل به وجود می‌آید، مگر آن که تیغه‌ها صددرصد تیغه ضربه‌ای باشند).

در شکل ۱۰-۶ نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین عکس‌العملی ساده نشان داده شده است. در توربین عکس‌العملی، چون تیغه‌های ثابت مانند شیبوره ثابت عمل می‌کنند به آنها نام «پره‌های ثابت شیبوره‌ای» اطلاق شده است.



Pressure vs velocity in a simple reaction turbine.

شکل ۱۰-۶- نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین عکس‌العملی ساده

۳-۶ طبقه بندی (Classification)

توربینهای بخار را می‌توان براساس پنج عامل اصلی طبقه‌بندی کرد. این طبقه‌بندیها به قرار زیر است:

۱-۳-۶- طبقه بندی براساس مرحله و ترکیب

:(Classification by staging and compounding)

دو عامل از پنج عامل طبقه بندی توربینهای بخار در این بخش شرح داده می شود. روشن است که یک عامل «مرحله» و عامل دیگر «ترکیب» است.

توربین شکل ۸-۶ یک توربین ضربه‌ای یک مرحله‌ای است، زیرا دارای یک (یا یک سری) شپیوره و یک سری تیغه متحرک است. به همین ترتیب توربین شکل ۱۰-۶ یک توربین عکس‌العملی یک مرحله‌ای است، زیرا دارای یک سری پره‌های ثابت شپیوره‌ای (یا به زبان ساده‌تر یک سری تیغه ثابت) و یک سری تیغه متحرک (که به آنها نام «تیغه‌های شپیوره‌ای متحرک»^۱ اطلاق می‌شود) است.

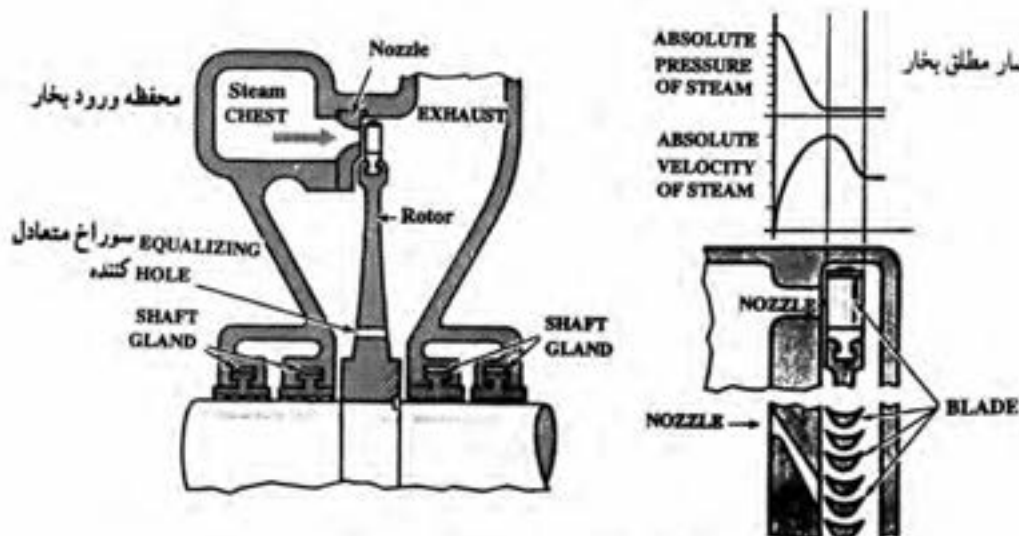
۱-۱-۳-۶- توربین ضربه‌ای ساده یا مرحله‌راتو: یک مرحله‌توربین ضربه‌ای عبارت است از یک سری شیبوره و یک یا چند سری تیغه‌های متحرک. از آنجا که در یک توربین ضربه‌ای

یک مرحله ای ساده، کاهش فشار فقط یک بار در شیوره ها انجام می شود، یک روش دیگر برای تعریف مرحله ضربه ای چنین است که: یک مرحله ضربه ای شامل شیوره ها و تمام تیغه هایی می شود که در آنها فقط یک مرتبه کاهش فشار رخ می دهد.

ساده‌ترین مرحلهٔ ضربه‌ای که شامل یک سری شیبوره و یک سری تیغه‌های ضربه‌ای متحرک است به «مرحلهٔ راتو» معروف است. در شکل ۱۱-۶ مرحلهٔ راتو و منحنی تغییرات سرعت و فشار آن نشان داده شده است. توریتهایی که دارای یک مرحلهٔ راتو هستند، در نیروی محرکه به کار برده نمی‌شوند و از آنها برای به کار انداختن دستگاههای کوچک استفاده می‌شود.

۱-۲-۳-۶- توربین عکس العملی ساده یا مرحله پارسونز:

توربین عکس‌العملی یک مرحله‌ای بدین شرح تعریف می‌شود :
توربینی که دارای یک سری پره‌های شبپوره‌ای ثابت و یک سری تیغه‌های شبپوره‌ای متحرک است. در یک مرحله ضربه‌ای تنها یک مرتبه کاهش فشار وجود دارد؛ اما در یک مرحله عکس‌العملی، دو مرتبه جداگانه کاهش فشار وجود دارد. ساده‌ترین مرحله عکس‌العملی شامل یک سری پره شبپوره‌ای و یک سری تیغه متحرک است که مرحله «بارسوئر» نام دارد.



Rateau Stage. ۱۱-۶-مرحلة راتو.

1. Compounding

r_Rateau Stage

†_ Nozzle shaped Moving Blades

†_Parsons stage

به این طرز قرار گرفتن «مرحله‌ها» واژه ترکیب اطلاق می‌شود. تا آنجا که به این درس مربوط می‌شود، ترکیبهای زیر بررسی می‌شوند:

(۱) توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای ترکیب سرعت^۱ یا مرحله

کرتیس^۲؛

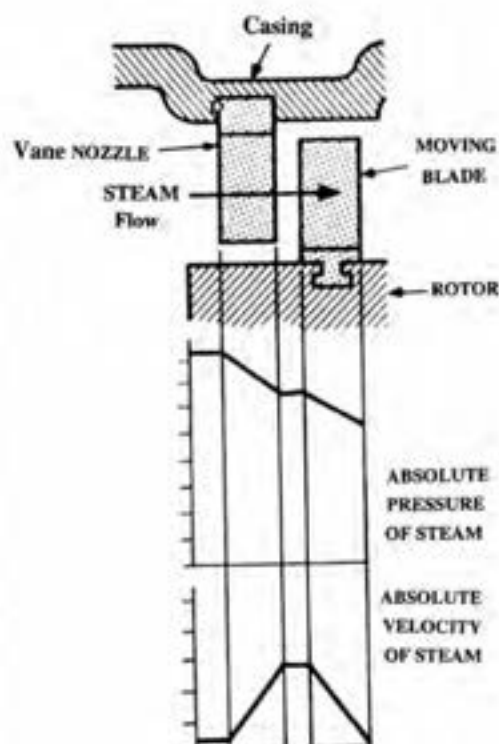
(۲) توربین ضربه‌ای ترکیب فشار^۳ یا توربین رانو^۴؛

(۳) توربین ضربه‌ای ترکیب سرعت - فشار^۵؛

(۴) ترکیب توربینهای ضربه‌ای و عکس‌العملی^۶؛

۱-۳-۱-۳-۶- توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای ترکیب

سرعت؛ برای افزایش راندمان در توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای، بخار خروجی از اولین سری تیغه‌های متحرک به یک سری تیغه‌های متحرک دیگر هدایت می‌شود تا از باقیمانده انرژی موجود در بخار استفاده شود. برای هدایت بخار به دومین سری تیغه‌های متحرک از تیغه‌های ثابتی که در پوسته توربین نصب می‌شوند استفاده می‌شود. در شکل ۱۳-۶ نمونه‌ای از این گونه توربین نشان داده شده است. یک توربین ضربه‌ای ترکیب سرعت را می‌توان بدین شرح تعریف کرد: توربین ضربه‌ای ترکیب سرعت توربینی است که دارای یک کاهش فشار و دو یا چند کاهش سرعت در هر مرحله است. در شکل

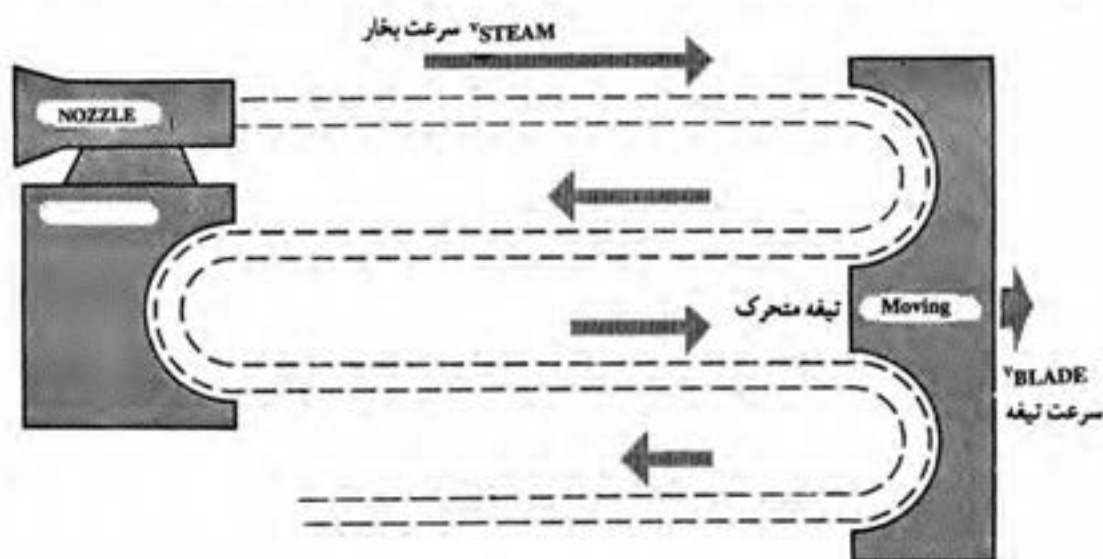


Parsons Stage

شکل ۱۳-۶ مرحله پارسونز

۱-۳-۱-۳-۶- ترکیب؛ به منظور بالا بردن راندمان

توربینها، دو یا چند «مرحله» پشت سرهم قرار داده می‌شوند.



Velocity-compounded impulse stage (Curtis stage).

شکل ۱۳-۶- توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای ترکیب سرعت (مرحله کرتیس)

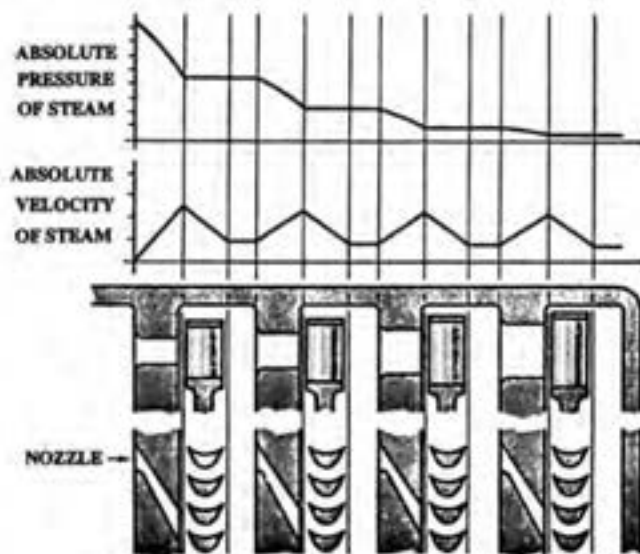
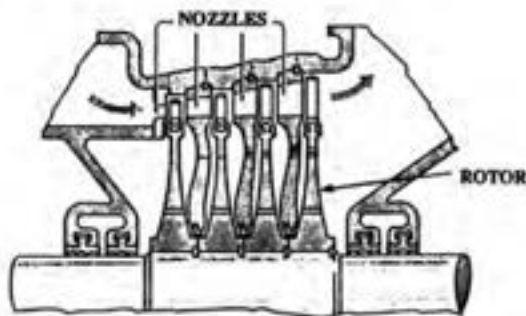
۱- Single stage Velocity - Compounded Impulse Turbine

۲- Pressure Compounded Impulse Turbine

۵- Velocity - Pressure Compounded Impulse Turbine

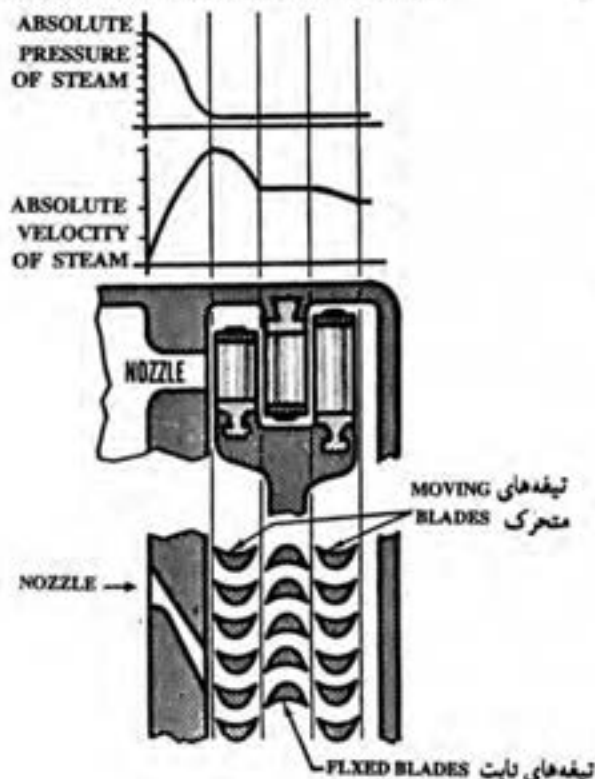
۲- Curtis stage

۴- Rateau Turbine



Four-stage Pressure-compounded impulse turbine.

شکل ۱۵ - ۶ توربین ضربه‌ای چهار مرحله‌ای ترکیب فشار



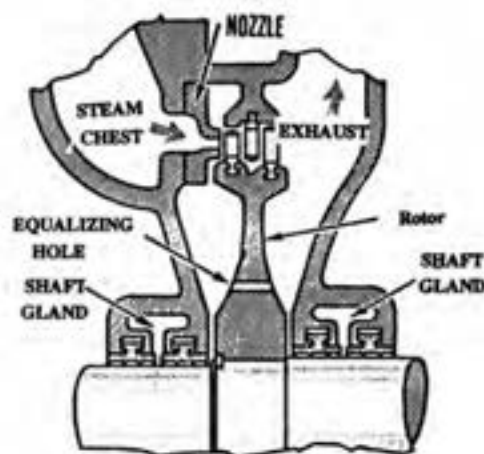
Pressure vs velocity in a velocity-compounded impulse stage.

شکل ۱۴ - ۶ نمودار تغییرات سرعت و فشار در توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای ترکیب سرعت

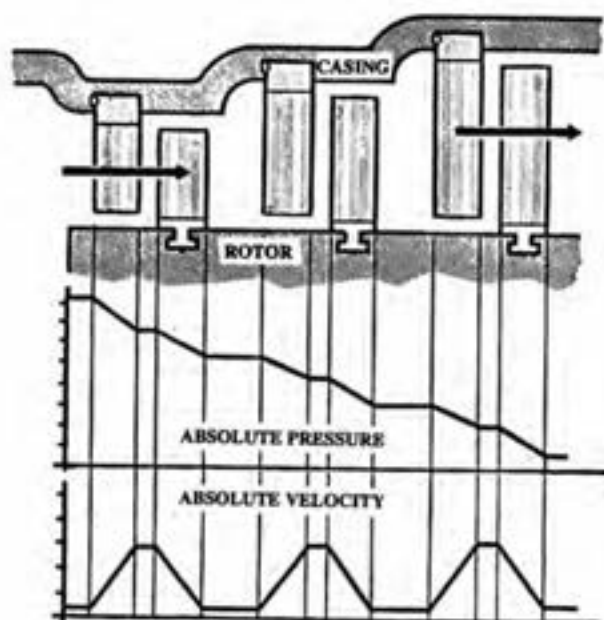
۱۴-۶ یک توربین ترکیب سرعت و نمودار تغییرات فشار و سرعت آن نشان داده شده است. این توربین یک مرحله دارد و در همان یک مرحله، بخار در دو مرتبه دچار کاهش سرعت می‌شود. این توربین «مرحله کرتیس» نامیده شده است.

۱۴-۳-۲-۱-۶ - توربین ضربه‌ای ترکیب فشار: اگر در داخل یک پوستهٔ توربین، چندین مرحله ضربه‌ای ساده پشت سر هم قرار گیرند، فشار بخار در هر مرحله تغییر می‌یابد. این گونه ترکیب را ترکیب فشار نام گذارده‌اند.

بخار خروجی از اولین مرحله به سیبوره‌های مرحله دوم هدایت می‌شود. کار در تیغه‌های متحرک مرحله دوم نیز انجام می‌شود؛ سپس بخار از این تیغه‌ها به سیبوره‌های مرحله بعدی هدایت می‌شود و این فرآیند تا آخرین مرحله ادامه می‌یابد. ترکیب فشار موجب می‌شود که انرژی گرمایی در تیغه‌های متحرک در چندین مرحله که همگی به یک محور (شافت) مشترک متصل هستند، به کار تبدیل شود. هر مرحله یک توربین ضربه‌ای ترکیب فشار، دارای یک کاهش فشار است و به علت استفاده از حداکثر انرژی بخار، راندمان توربین بالا می‌رود. در شکل ۱۵ - ۶ یک توربین ضربه‌ای ترکیب فشار نشان داده شده است. این گونه توربینها، توربین راتو نام دارند، زیرا از چندین مرحله راتو تشکیل یافته‌اند.



از پره‌های ثابت و تیغه‌های متحرک (یعنی در هر مرحله) کوچک است که نتیجه آن افزایش کمتر سرعت بخار در تمام مرحله‌های توربین و افزایش کمتر سرعت تیغه‌های توربین است. در شکل ۶-۱۷ یک توربین عکس‌العملی ترکیب فشار دیده می‌شود.



Pressure-compounded reaction turbine.

شکل ۱۷ - ۶ - توربین عکس‌العملی ترکیب فشار

۳-۳-۱-۶ - توربین ضربه‌ای ترکیب سرعت -

فشار :

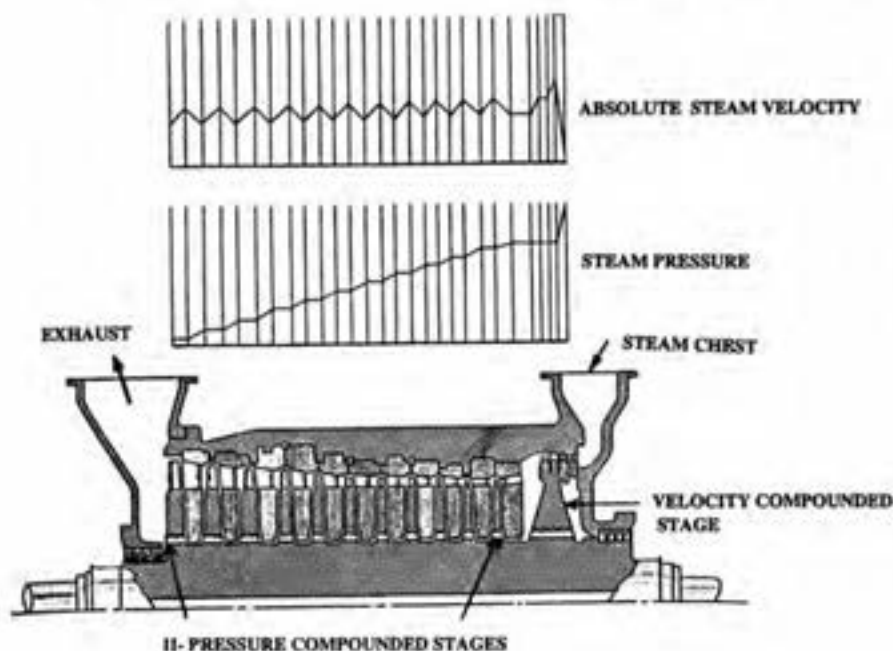
(Velocity - Pressure Compounded Impulse Turbine)

چنانچه یک مرحله ترکیب سرعت (کرتیس) و چند مرحله ترکیب فشار (راتو) کنار هم قرار گیرند، تشکیل یک توربین ترکیب سرعت - فشار داده می‌شود. در شکل ۶-۱۶ نمونه‌ای از این توربین دیده می‌شود. در این نوع توربین، سرعت تیغه‌های متحرک کمتر از سرعت تیغه‌های متحرک توربین ترکیب فشار است. به این دلیل در نیروی محرکه‌کنشی از توربین ترکیب سرعت - فشار استفاده می‌شود.

۴-۳-۱-۶ - توربین عکس‌العملی ترکیب فشار :

(Pressure - Compounded Reaction Turbine)

در فشار بخار مساوی، سرعت تیغه در یک توربین عکس‌العملی بسیار بیشتر از سرعت بخار در یک توربین ضربه‌ای است، زیرا در توربین عکس‌العملی دو نیرو بر تیغه متحرک اثر می‌گذارند (یک نیروی ضربه‌ای و یک نیروی عکس‌العملی). بدین ترتیب توربینهای عکس‌العملی معمولاً به صورت ترکیب فشار به کار برده می‌شوند، یعنی این که چندین مرحله ساده عکس‌العملی (پارسوتر) پشت سر هم قرار داده می‌شوند. پس مقدار کاهش فشار در هر گروه



II- PRESSURE COMPOUNDED STAGES

Pressure vs velocity in a velocity-pressure-compounded turbine.

شکل ۱۶ - ۶ - تغییرات فشار در مقابل سرعت در یک توربین ترکیب سرعت - فشار

۵-۳-۱-۶ ترکیب توربین ضربه‌ای و

عکس‌العملی:

(Combination Impulse and Reaction Turbine)

توربینهای ضربه‌ای مناسب تبدیل انرژی گرمایی به کار در فشارهای زیاد و عکس‌العملی توربینهای عکس‌العملی مناسب همین کار در فشارهای کم هستند. ترکیب کردن مرحله‌های ضربه‌ای و عکس‌العملی و قرار دادن آنها در یک توربین موجب افزایش راندمان می‌شود. در این گونه توربین یک مرحله ترکیب سرعت (مرحله کرتیس) در قسمت فشار زیاد توربین (یعنی در ابتدای ورود بخار به توربین) و چندین مرحله ترکیب فشار پس از آن قرار داده می‌شود (یعنی مرحله‌های پارسونز). در اولین مرحله ضربه‌ای، کاهش شدید فشار و درجه حرارت وجود دارد. مرحله‌های عکس‌العملی با راندمان خوبی از بقیه انرژی گرمایی بخار استفاده می‌کنند. از این نوع ترکیب در توربینهای نیروی محرکه استفاده می‌شود. در شکل ۶-۱۸ نمونه‌ای از توربین مزبور نشان داده شده است.

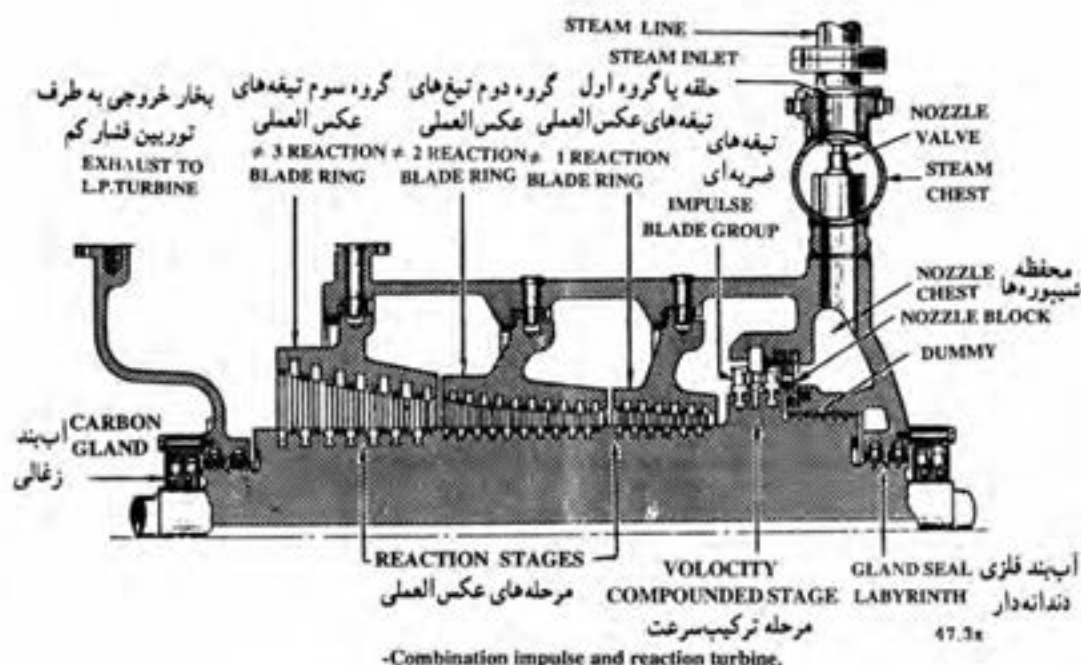
۲-۳-۶ طبقه‌بندی توربینهای بخار بر اساس جهت

حرکت جریان بخار:

(Classification of steam Turbines by Direction of Steam Flow)

جهت حرکت جریان بخار در تیغه‌های متحرک نسبت به خط مرکزی محور روتور^۱ ممکن است خطی^۲ یا موازی با محور شعاعی^۳ یا عمود بر محور و حلزونی^۴ یا مارپیچ^۵ باشد. جهت حرکت جریان بخار با نحوه استقرار شیبورها^۶ ها، تیغه‌های متحرک و تیغه‌های ثابت^۷ (یا تغییر دهنده جهت بخار^۸) تعیین می‌شود. در شکلهای ۶-۱۹، ۶-۲۰، ۶-۲۱، تصاویری از این گونه توربینها نشان داده شده است.

جهت حرکت جریان بخار در اکثر توربینها به صورت محوری (خطی) است. زیرا چند مرحله کردن و ترکیب دادن توربین را آسانتر می‌کند، مثلاً ساختن توربین محوری شکل ۶-۱۹ به مراتب آسانتر از توربینهای شکل ۶-۲۰ و ۶-۲۱ است.



شکل ۶-۱۸ ترکیب توربین ضربه‌ای و عکس‌العملی

۱- Rotor's Shaft axis

۲- Axial

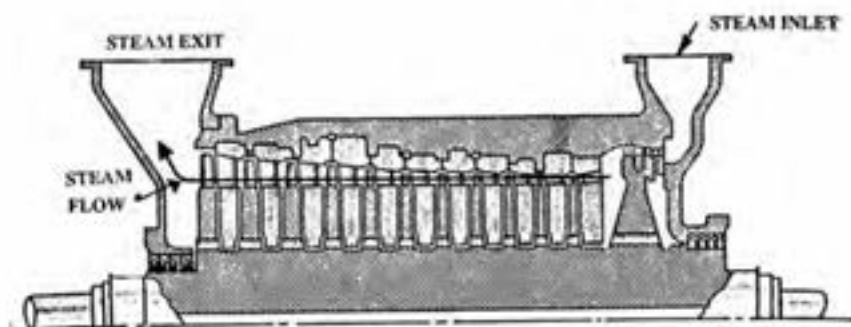
۳- Radial

۴- Helical

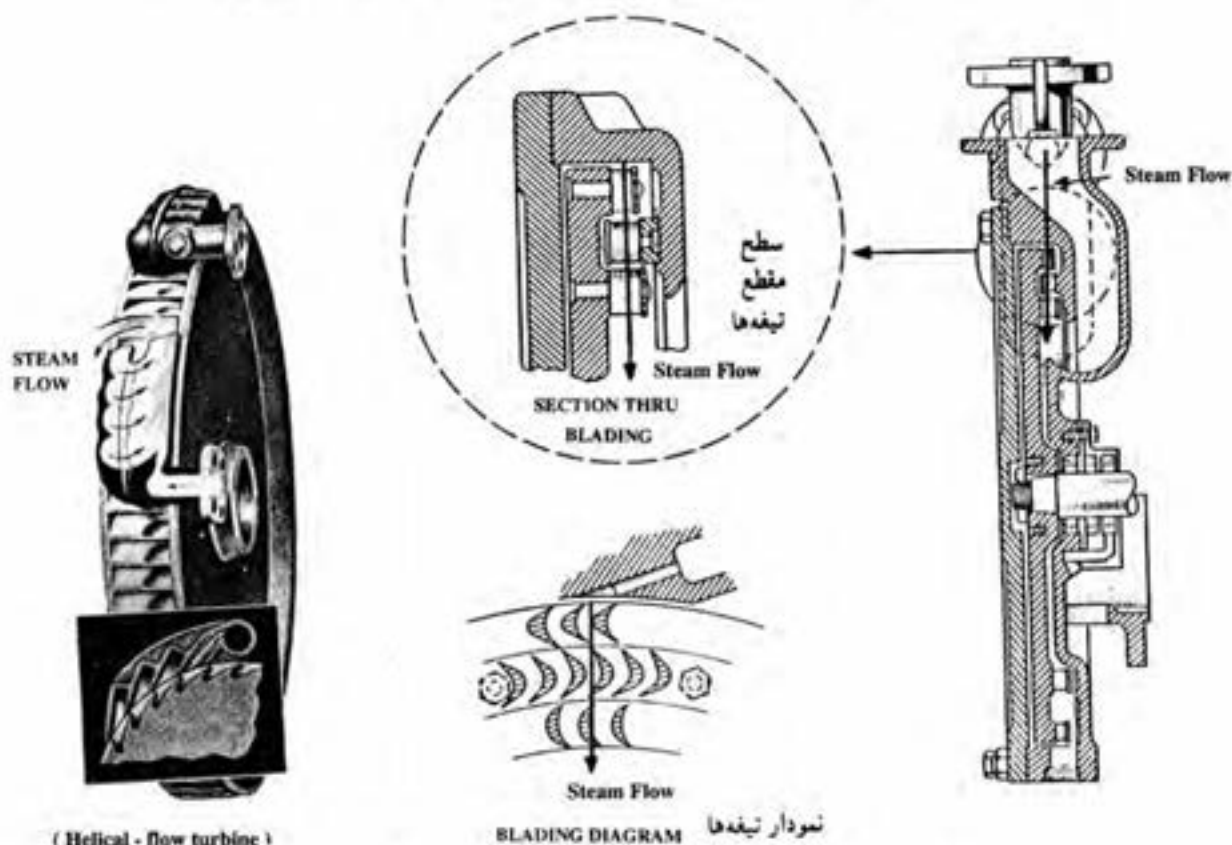
۵- Spiral

۶- Fixed Blades

۷- Redirecting Blades



شکل ۱۹ - ۶ جریان محوری یا خطی بخار در توربین محوری (Axial-flow turbine)



شکل ۲۱ - ۶ جریان حلزونی بخار در توربین حلزونی

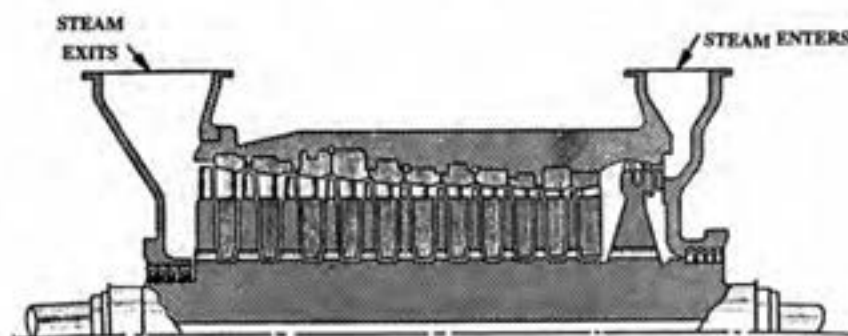
شکل ۲۰ - ۶ جریان شعاعی بخار در توربین شعاعی (Radial-flow turbine)

در این توربینها جریان بخار تنها یک مرتبه از تیغه های متحرک می گذرد. تمام توربینهای چند مرحله ای این گونه هستند. این گروه از توربینها که اکثریت آنها را تشکیل می دهند، جزء توربینهای «تک ورودی» هستند. اما در برخی از توربینهای کوچک، بخار بیش از یک مرتبه از تعداد معینی از تیغه های متحرک می گذرد. این گونه توربینها «باز ورودی» نام دارند.

۳-۳-۶ طبقه بندی توربینهای بخار بر اساس تکرار جریان بخار:

(Classification of Steam Turbines by Repetition of Steam Flow)

در توربینهایی که در این درس مطرح می شوند، بخار فقط یک مرتبه از ورودی توربین داخل و از خروجی آن بیرون می رود.



شکل ۲۲ - ۶ - توربین تک ورودی Single - entry turbine

۴ - ۳ - ۶ طبقه بندی توربینهای بخار بر اساس

تقسیم جریان بخار :

(Classification of steam Turbines by Division of Steam Flow)

توربینها یا «یک جریان» هستند یا «دو جریان»^۱. اگر بخار پس از ورود به توربین تنها در یک جهت حرکت کند، به آن توربین یک جریان گفته می شود. چنانچه بخار پس از ورود به توربین به دو قسمت تقسیم شود و در دو جهت حرکت کند، به آن توربین دو جریان اطلاق می شود.

در یک توربین یک جریان، بخار از ورودی آن داخل می شود و پس از عبور از همه مرحله ها به قسمت آخر توربین (یا قسمت تخلیه توربین)^۲ می رود.

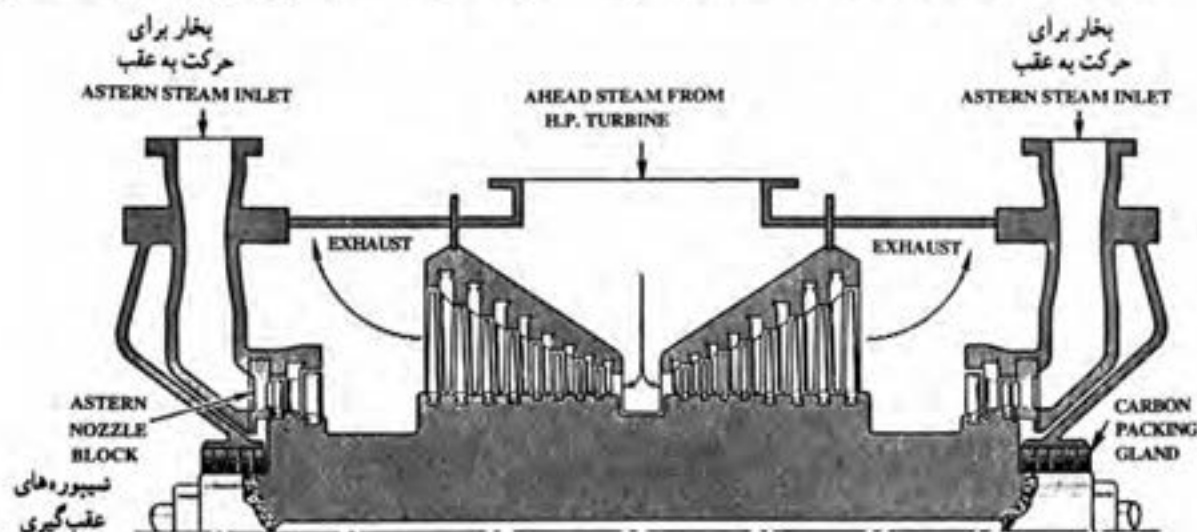
در یک توربین دو جریان، بخار از ورودی آن داخل

می شود، اما در دو جهت جداگانه از مرحله ها عبور می کند و به دو سر آخر توربین می رسد. در واقع یک توربین دو جریان از دو توربین یک جریان که از سر به یکدیگر وصل شده اند، دارای یک محور هستند و در درون یک پوسته قرار دارند تشکیل می یابد. در شکل ۲۳ - ۶ تصویری از یک توربین دو جریان دیده می شود. مزایای توربین دو جریان نسبت به توربین یک جریان به شرح زیر است :

(۱) اندازه توربین می تواند کوچکتر شود، زیرا تیغه های یک توربین دو جریان در مقایسه با تیغه های یک توربین یک جریان با ظرفیت مشابه کوناثر هستند.

(۲) نیازی به جذب نیروی محوری^۳ نیست، چون بخار در دو جهت مخالف حرکت می کند.

در نیروی محرکه بخاری از توربینهای عکس العملی دو جریان (شکل ۲۳ - ۶) به عنوان توربین فشار کم استفاده می شود.



شکل ۲۳ - ۶ - توربین عکس العملی دو جریان Double - flow reaction turbine

۱ - Single - flow

۳ - Exhaust - end

۲ - Double - flow

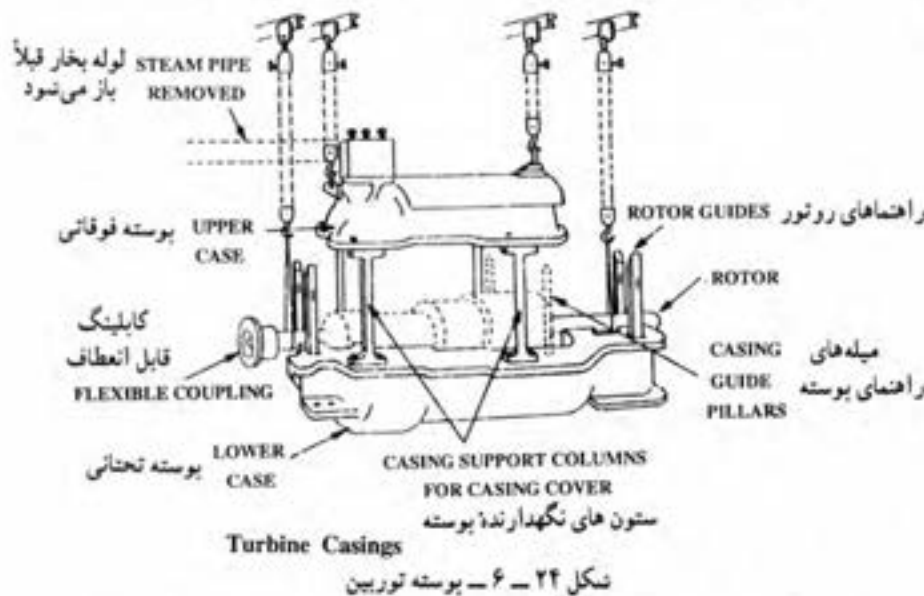
۴ - Axial Thrust

۴-۶- تجهیزات توربین بخار (Steam Turbine Components)

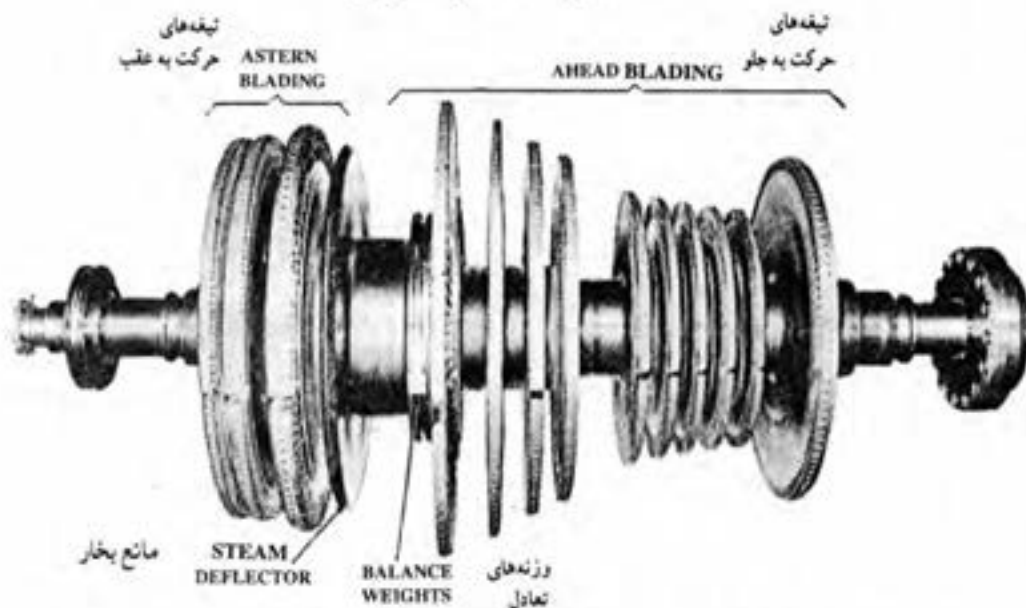
۴-۶-۱- پوسته Casing: پوسته توربین مانند ظرفی است که روتور را نگهداری می‌کند و طوری ساخته می‌شود که هدایت بخار در شیپوره‌ها و تیغه‌های متحرک میسر باشد. معمولاً پوسته توربین به دو نیمه فوقانی و تحتانی که به طور جداگانه ساخته می‌شوند، تقسیم می‌گردد که بدین ترتیب بازدید و تعمیرات آسانتر می‌شود. دو نیمه فوقانی و تحتانی دارای لبه‌هایی هستند که خوب صاف و صیقل شده‌اند تا پس از جفت شدن و محکم کردن

پیچ و مهره‌ها کاملاً آب بندی (در واقع بخار بندی) شوند. در شکل ۴-۶-۲ پوسته‌های فوقانی و تحتانی توربین بخار نشان داده شده است.

۴-۶-۲- مجموعه چرخنده (روتور) (Rotor): روتور توربین کار حاصل در توربین را برای چرخاندن پروانه کشتی به چرخ دنده‌ها منتقل می‌کند. روتور معمولاً به طور یکپارچه با محور توربین ساخته شده سپس تراشیده و صیقل داده می‌شود. تیغه‌های متحرک بر روی روتور نصب می‌شوند. در شکل ۴-۶-۲۵ نمونه‌ای از روتور توربین نشان داده شده است.

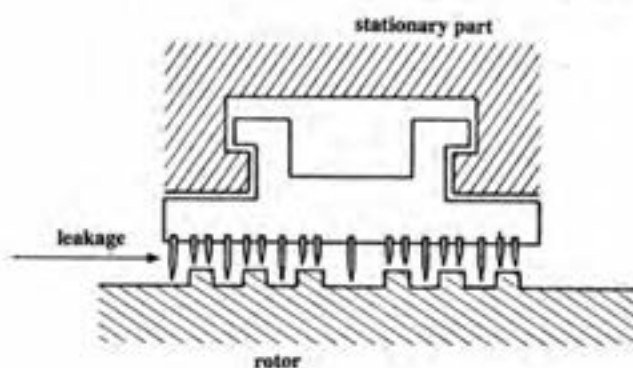


شکل ۴-۶-۲۴ - پوسته توربین



شکل ۴-۶-۲۵ - مجموعه چرخنده توربین (روتور توربین) Turbine Rotor

به طوری که نوک برخی از باریکه های آب بندی در داخل تیارها قرار می گیرد. بدین ترتیب کلرنس^۱ بسیار کوچکی بین نوارهای فلزی و محور به وجود می آید، طوری که تنها مقدار بسیار کمی از بخار به بیرون نشت می کند. در شکل ۲۶-۶ نحوه آب بندی یک آب بند دندان دار نشان داده شده است.



شکل ۲۶-۶ آب بند دندان دار Labirynth Packing

آب بندهای زغالی به شکل حلقه یا رینگ^۲ ساخته می شوند که دور تا دور محور روتور قرار گرفته به وسیله فتر در جای خود محکم می گردند. آب بند زغالی در روشی تقریباً مشابه آب بند دندان دار از نشت بخار جلوگیری می کند. در شکل ۲۷-۶ آب بند زغالی نشان داده شده است.

به محل خروج محور از پوسته واژه «گلند»^۳ اطلاق شده است (به شکل ۲۷-۶ مراجعه شود).

۶-۴-۶ شبکه آب بندی (Gland Sealing):
System در برخی از توربینها، آب بندهای محور روتور برای جلوگیری از نشت بخار به بیرون و نشت هوا به داخل توربین کافی نیستند. برای رفع این مشکل از شبکه ای که «شبکه بخار آب بندی»^۴ نام دارد، استفاده می شود.

فشار بخار آب بندی حدود $\frac{1}{4}$ تا ۲ Psig (حدود $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{12}$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) است که به محل آب بندی بین آب بند دندان دار و آب بند زغالی هدایت می شود. بدین ترتیب احتمال

۳-۴-۶ یاتاقانها (Bearings): روتور توربین به وسیله یاتاقانها نگهداری و تراز می شود. یاتاقانهای که «فاصله صحیح بین روتور و پوسته»^۵ را حفظ می کنند به «یاتاقانهای شعاعی»^۶ معروف هستند. یاتاقانهای که حرکت محوری یا طولی را جذب می کنند به «یاتاقان تراست»^۷ معروف اند.

توربینهای نیروی محرکه عموماً دارای یک یاتاقان شعاعی در دو سر محور روتور هستند. به این یاتاقانها، «یاتاقان ژورنال»^۸ نیز گفته می شود. توربینهای نیروی محرکه دارای یک یاتاقان تراست در یک سر محور روتور هستند تا حرکت محوری حاصل شده به علت حرکت بخار را جذب کند. این یاتاقانها معمولاً از فلز بایت^۹ ساخته می شوند و روغنکاری آنها با روش فنساری (یا کمک پمپ)^{۱۰} انجام می شود.

۴-۴-۶ شیر فلکه مانور (Throttles): سرعت و قدرت خروجی یک توربین با تنظیم مقدار بخاری که از آن عبور می کند کنترل می شود. برای تنظیم بخار از «شیر فلکه مانور»^{۱۱} استفاده می شود. دریاتوردان برای کم و زیاد کردن و تنظیم بخار ورودی به توربینهای نیروی محرکه از واژه «ترانل»^{۱۲} استفاده می کنند و در مجموع به شیر فلکه هایی که برای این منظور به کار می روند واژه ترانلز اطلاق می شود.

۵-۴-۶ آب بندهای محور توربین (Shaft — Glands):
برای کاهش نشت بخار به بیرون از پوسته توربین و نشت هوا به داخل آن، از آب بندهای محور استفاده می شود. آب بندها در محل خروج محور روتور از پوسته نصب می شوند. آب بندهای محور طوری ساخته می شوند که مزاحم گردش محور روتور نباشند. بدین منظور از دو نوع وسیله آب بندی استفاده می شود. این دو نوع «آب بند» عبارتند از:

(۱) آب بند دندان دار^۱، (۲) آب بند زغالی^۲

آب بند دندان دار شامل چندین نوار یا باریکه نرم فلزی است که به پوسته متصل است. محور روتور در محلی که باید به وسیله آب بند دندان دار آب بندی شود دارای چند شیار است:

۱- Radial Clearance

۴- Journal Bearing

۷- Throttle Valve (Throttling Valve)

۱۰- Carbon Packing

۱۳- Gland

۲- Radial Bearings

۵- Babitt

۸- Packing

۱۱- Clearance

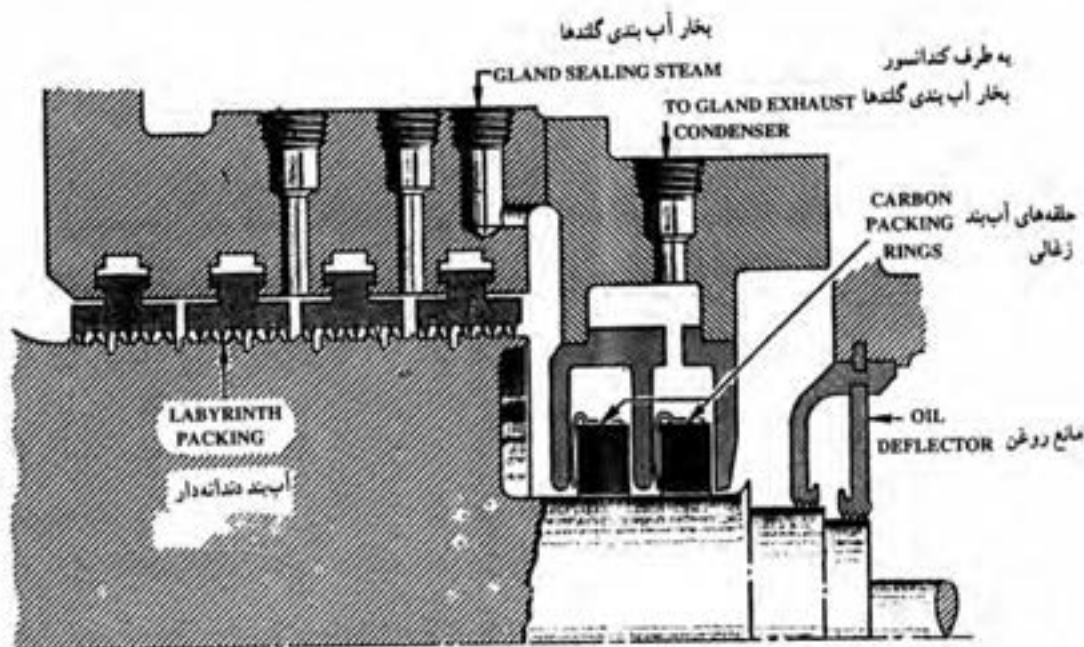
۱۴- Gland Sealing Steam System

۳- Thrust Bearing

۶- Force - fed Lubrication

۹- Labirynth Packing

۱۲- Ring



شکل ۲۷ - ۶ - نمونه ای از گلد توربین Typical Turbine Gland

طراحی توربینی که بتواند به تنهایی در این محدوده اختلاف فشار کار کند بسیار مشکل است؛ بنابراین معمولاً در نیروی محرکه بخاری از یک توربین فشار زیاد و یک توربین فشار کم استفاده می شود. نیروی حاصل از این دو توربین با استفاده از یک جعبه دنده کاهنده مشترک، محور اصلی (شافت اصلی) و پروانه^۱ کشتی را می گرداند.

توربین فشار زیاد یک «توربین ضربه ای ترکیب سرعت - فشار، با جریان محوری، تک ورودی و یک جریان»^۲ است. این توربین در شکل ۲۸ - ۶ نشان داده شده است. توربین فشار کم یک «توربین عکس العملی ترکیب فشار، با جریان محوری، تک ورودی و یک جریان»^۳ است. این توربین در شکل ۲۹ - ۶ نشان داده شده است.

این نیروی محرکه دارای توربین عقب نیز است. توربین عقب شامل دو مرحله کرتیس است که هر مرحله در یک سر توربین فشار کم قرار می گیرد. توربین عقب و توربین فشار کم دارای پوسته و محور (شافت) مشترک اند. توربین عقب یک «توربین ضربه ای ترکیب سرعت، با جریان محوری، تک ورودی و یک جریان»^۴ است. در دو سر توربین فشار کم شکل ۲۹ - ۶، توربین عقب نشان داده شده است.

هر گونه نشت هوا به داخل توربین برطرف می شود. بخار آب بندی پس از آب بندی دو سر توربین به «شیکه تخلیه بخار آب بندی»^۱ هدایت می شود. همان گونه که در شکل ۲۷ - ۶ نشان داده شده است، بخار آب بندی پس از عبور از آخرین آب بند زغالی به کندانسور مخصوصی که «کندانسور بخار آب بندی»^۲ نام دارد، هدایت می شود تا دوباره به صورت کندانسیت به شیکه آب تغذیه برگردد. اکثر توربینهای نیروی محرکه به این نوع شیکه بخار آب بندی مجهز هستند. در اکثر کشتیها به هنگام مانور با توربینها و در سرعتهای کم، از شیکه بخار آب بندی استفاده می شود و البته در سایر اوقات نیازی به این شیکه نیست.

۵ - ۶ - نمونه ای از توربینهای نیروی محرکه

(Typical Propulsion Turbines)

توربینهای نیروی محرکه کشتی طوری طراحی می شوند که ضمن داشتن راندمان خوب در محدوده وسیعی از اختلاف فشار کار کنند. این اختلاف فشار در جدیدترین نیروی محرکه بخار در محدوده ۱۲۰ - Psig در ورودی توربینها و فشاری کمتر از فشار اتمسفر (یعنی خلأ) در خروجی توربینها و ورودی به کندانسور است (بدین ترتیب تمام انرژی بخار به کار تبدیل می شود).

۱ - Gland exhaust System

۲ - Gland exhaust Condenser

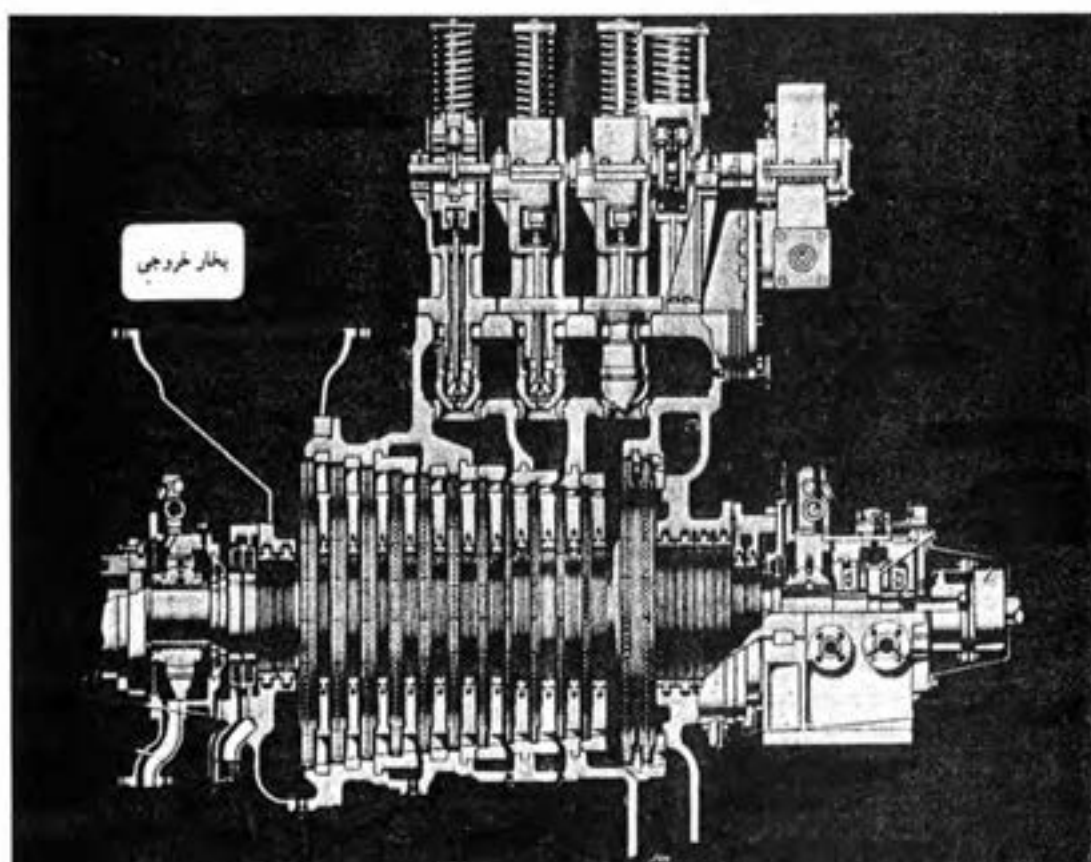
۳ - Propulsion Shaft (Main Shaft)

۴ - Propeller

۵ - Velocity - Pressure Compounded, Axial - Flow, Single - entry, Single Flow impulse turbine

۶ - Pressure Compounded, axial - flow, single - entry, double - flow reaction turbine

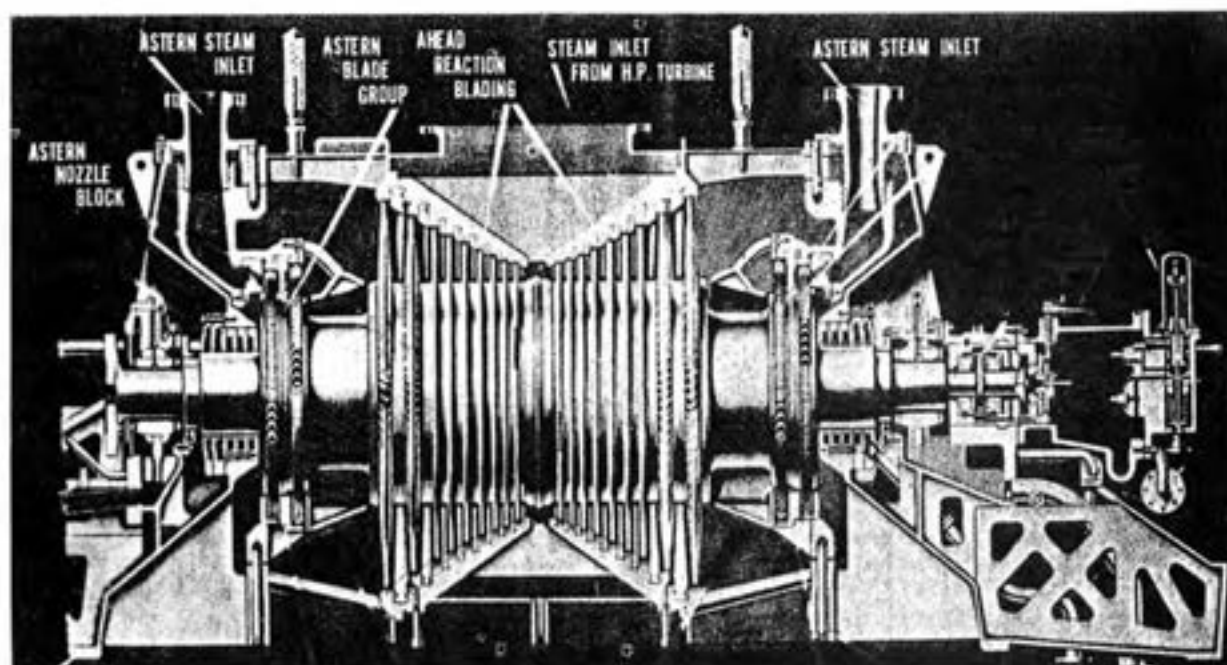
۷ - Velocity - Compounded, axial - flow, single - entry, single - flow impulse Turbine



بخار ورودی

HIGH PRESSURE TURBINE

شکل ۲۸-۶- توربین فشار زیاد



LOW PRESSURE TURBINE
(WITH ASTERN ELEMENTS)

شکل ۲۹-۶- توربین فشار کم (با توربین عقب)

۱- ۵- ۶- راهبری توربینهای نیروی محرکه :

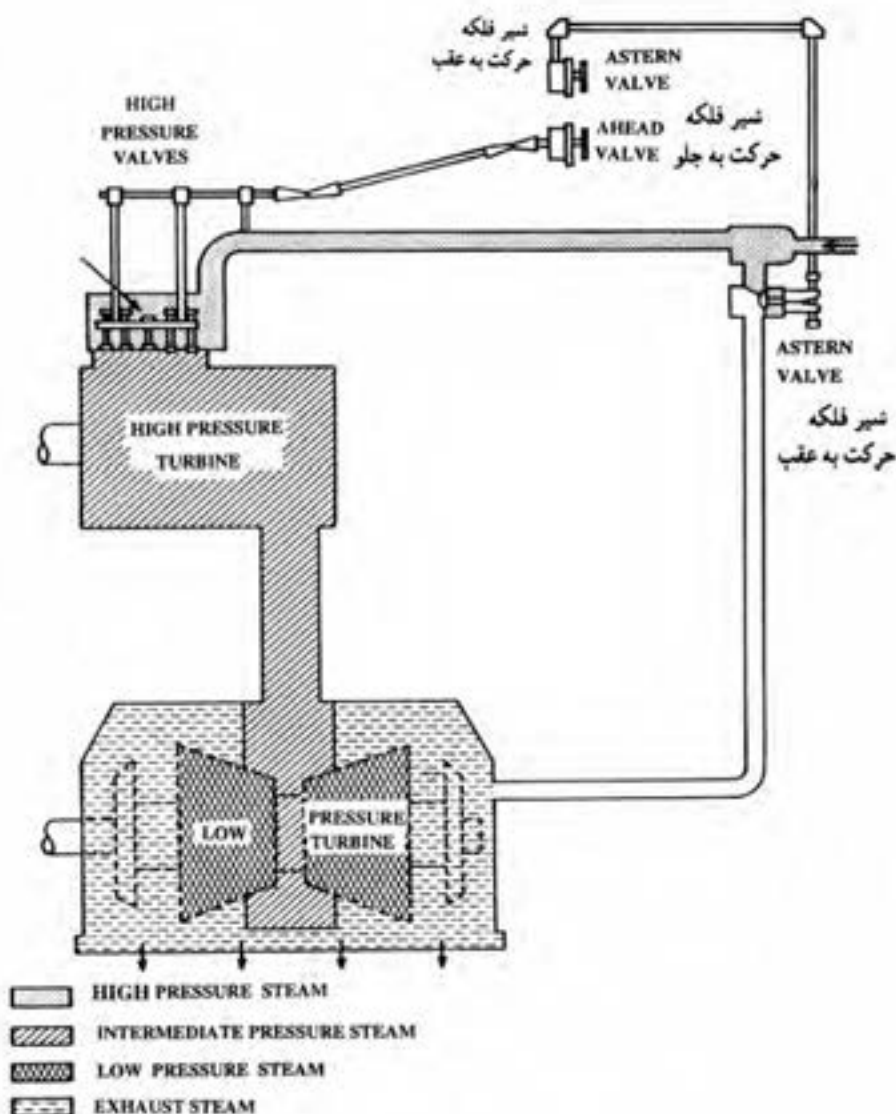
(Propulsion Turbine Operation)

در نیروی محرکه بخاری، توربینهای نیروی محرکه را «مونورهای اصلی» و توربینهای اصلی نامیده‌اند. ترتیب استقرار توربین فشار کم نسبت به توربین فشار زیاد طوری است که بخار خروجی از توربین فشار زیاد مستقیماً به توربین فشار کم وارد می‌شود. این گونه استقرار توربینها راندمان آنها را در حرکت به جلو به حداکثر می‌رساند، زیرا یک توربین ضربه‌ای (توربین فشار

زیاد) و یک توربین عکس‌العملی (توربین فشار کم) به اتفاق یکدیگر محور (شافت) اصلی را می‌چرخانند.

برای حرکت کشتی به عقب، جریان بخار به «توربینهای جلو» متوقف می‌شود و با استفاده از شیر فلکه‌ای که به «شیر فلکه عقب» یا «شیر فلکه مانور عقب» موسوم است، جریان بخار به توربین عقب هدایت می‌شود.

در شکل ۳- ۶ توربینهای این گونه نیروی محرکه دریایی در حالی که کشتی به جلو حرکت می‌کند، نشان داده شده است.



شکل ۳- ۶- مجموعه توربینهای اصلی Main engine assembly

۱- Ahead Turbines

۲- Astern Valve

۳- Astern Throttle

۶-۶- توربینهای بخاری فرعی

(Auxiliary Steam Turbines)

در کشتیهای مجهز به نیروی محرکه بخار، به جز توربینهای نیروی محرکه، تعداد قابل توجهی توربینهای بخاری کوچکتر برای رانش ژنراتورهای برق، پمپها، دمنده‌های هوا و کمپرسورهای هوای فشرده به کار می‌روند. این توربینها به «توربینهای فرعی» موسوم‌اند.

۱- ۶-۶- مشخصات توربینهای فرعی: اکثر

توربینهای فرعی از نوع ضربه‌ای هستند. به علت محدود بودن فضای کشتی و قدرت کم مورد نیاز، اکثر این توربینها دارای یک استیج ضربه‌ای هستند؛ بنابراین کاهش فشار بخار به مقدار زیادی در همان یک استیج به وقوع می‌پیوندد. در نتیجه سرعت بخار در اندازه بزرگی افزایش می‌یابد و توربین با سرعت زیاد می‌چرخد. به این دلیل معمولاً بعد از توربین فرعی یک جعبه دنده کاهنده وجود دارد تا دستگاهی که به وسیله توربین می‌چرخد در راندمان بالا و سرعت کمتری کار کند (توربین بخار در سرعت زیاد راندمان بالاتری دارد). البته بین برخی از توربینهای فرعی و دستگاهی که به وسیله توربین می‌چرخد، جعبه دنده مزبور وجود ندارد.

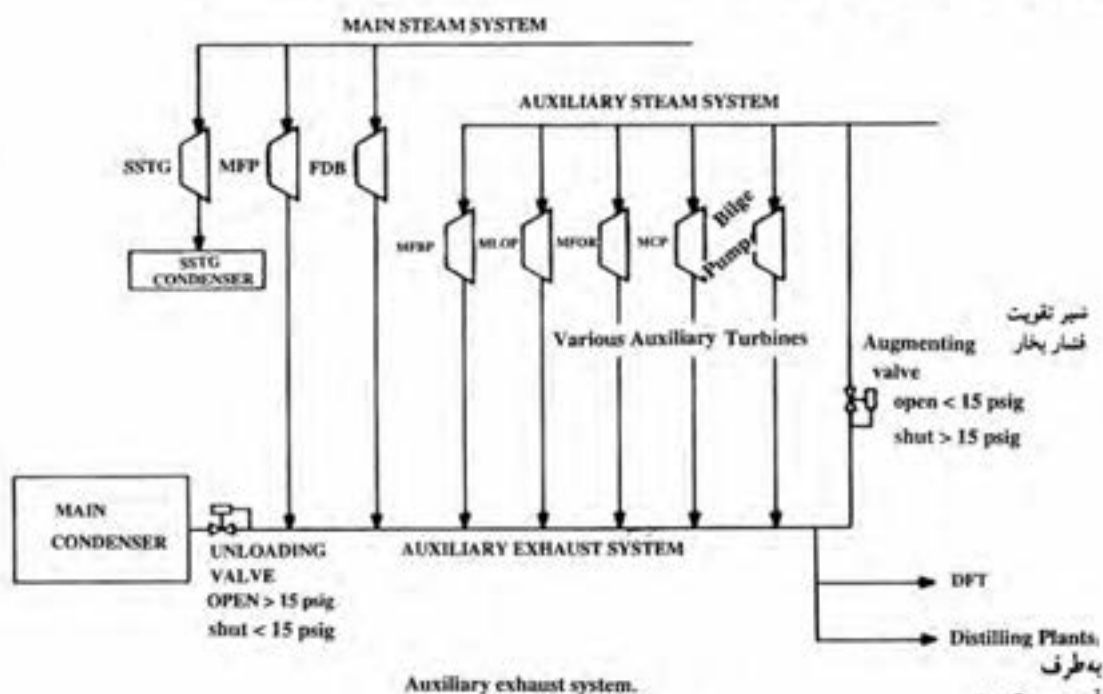
جریان بخار در اکثر توربینهای فرعی به صورت محوری است؛ اگر چه در برخی از توربینهای فرعی حرکت بخار به صورت

شعاعی و ماریجی است.

در کشتیهای مجهز به نیروی محرکه بخاری معمولی، توربینهای فرعی بزرگ مانند «توربینهای محرک ژنراتورها» «توربینهای دمنده‌های هوا» و «توربینهای پمپهای تغذیه» به وسیله بخار داغ یا بخار سوپر هیت و توربینهای دیگر با بخار دی سوپر هیت کار می‌کنند.

۲- ۶-۶- شبکه تخلیه بخار فرعی (Auxiliary Exhaust system)

Exhaust system بخار خروجی از توربینهای اصلی در کندانسور اصلی تخلیه می‌شود. توربینهای محرک ژنراتورهای برق کشتی (یا توربوژنراتورها) نیز توربینهای نسبتاً بزرگی هستند و بخار خروجی از آنها به کندانسورهای کوچکی که مربوط به خود آنها است تخلیه می‌شود (در برخی از کشتیها بخار این توربینها نیز در کندانسور اصلی تخلیه می‌شود). البته نمی‌توان برای تمام توربینهای کوچک کندانسور در نظر گرفت؛ به همین جهت از یک شبکه لوله کشی مخصوص برای جمع‌آوری بخار خروجی تمام توربینهای فرعی استفاده می‌شود. نام این شبکه «شبکه تخلیه بخار فرعی» است. فشار بخار در این شبکه ۱۵ psig است. از بخار ۱۵ psig برای اکسیژن زدایی در مخزن اکسیژن زدایی و گرم کردن آب شور در آب شیرین کن‌ها استفاده می‌شود. در شکل ۶-۳۱ تصویری از این شبکه دیده می‌شود.



شکل ۶-۳۱- شبکه تخلیه بخار فرعی

۱- Auxiliary Turbines

۲- Ship Service Turbine Generators (SSTG'S) یا S.S. Turbo-Generators

۳- Forced Draft Blower Turbine

۴- Main Feed pump Turbine

۵- Auxiliary Exhaust system

۷-۶- چرخ دنده‌های کاهنده (Reduction Gears)

بالا ترین راندمان توربینهای بخار در سرعت‌های زیاد حاصل می‌شود، اما بالا ترین راندمان پروانه کشتی در سرعت‌های کم می‌گردد؛ به همین جهت برای رسیدن به راندمان قابل قبول از «چرخ دنده‌های کاهنده سرعت»^۱ استفاده می‌شود. در نیروی محرکه 1200 Psig و بسیاری از نیروهای محرکه بخاری «جعبه دنده کاهنده»^۲ دارای دو سری چرخ دنده کاهنده است. به عبارت دیگر، سرعت توربینها در دو مرحله کاهش می‌یابد تا به شافت محرک پروانه می‌رسد. در شکل ۶-۳۲ چرخدنده‌های یاد شده نشان داده شده است.

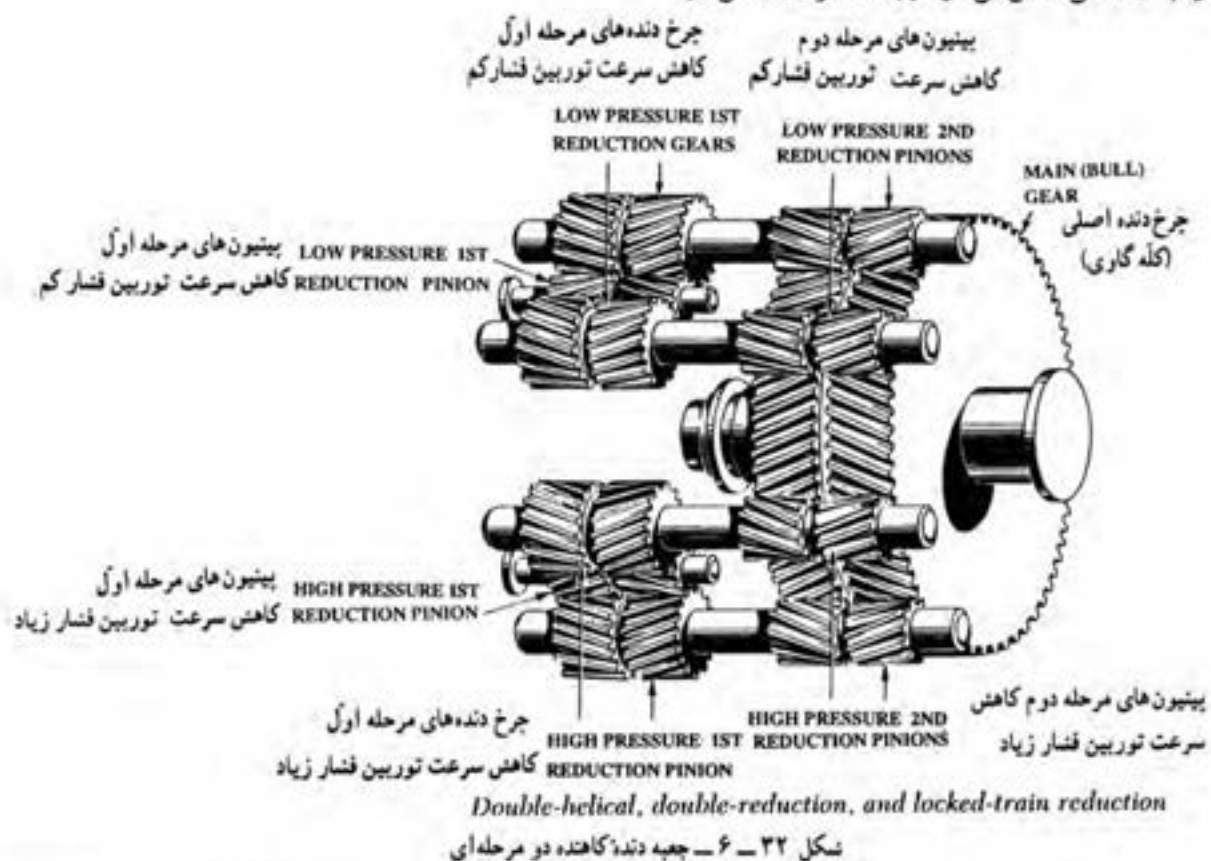
۸-۶- نیروی محوری (Thrust)

توربینها موجب تولید گشتاور پیچشی بزرگی به وسیله چرخدنده‌ها می‌شوند. این گشتاور پیچشی از طریق شافت محرک به پروانه منتقل می‌شود. بر اثر گردش پروانه در آب «نیروی محوری»^۳ به وجود می‌آید. نیروی محوری از طریق شافت محرک به ساختمان (بدنه) کشتی منتقل می‌شود و باعث حرکت کشتی در

آب می‌گردد. در شکل ۳۲-۶ نحوه انتقال نیروی محوری به بدنه کشتی نشان داده شده است.

۹-۶- توربینهای نیروی محرکه بخاری اتمی

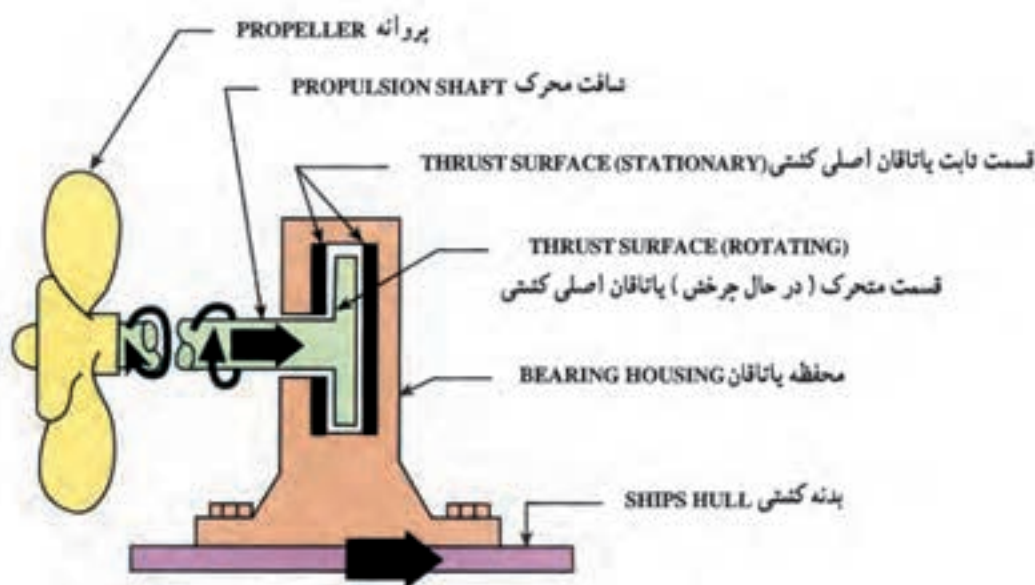
در فصل پنجم گفته شد که بخار تولید شده در نیروی محرکه بخاری اتمی از نوع اشباع است. اگر چه سعی می‌شود که رطوبت بخار جذب شود، اما به هر حال بخار ورودی به توربین در این نوع نیروی محرکه دارای مقداری رطوبت است. همان گونه که توربین بخار در مدار معمولی با مسایل مربوط به بخار سوپر هیت مواجه است، توربین بخار مدار اتمی با مسایل مربوط به بخار اشباع روبروست. برای جلوگیری از صدمه دیدن اجزای توربین در نیروی محرکه اتمی نه تنها سعی می‌شود که رطوبت به وجود آمده در توربین به هنگام تبدیل انرژی جذب شود، بلکه روتور و پوسته از فلزات مرغوبتر ساخته می‌شوند و تیغه‌ها روکش داده می‌شوند تا از بروز صدمه جلوگیری شود.





گشتاور بیجشی TORQUE

نیروی محوری THRUST



شکل ۲۳-۶ - نحوه انتقال نیروی محوری به بدنه کشتی

۱۰-۶- خلاصه

توربینهای بخار در واقع موتورهای مدار بخار هستند. آنها انرژی گرمایی بخار را به کار مکانیکی تبدیل می کنند. این تبدیل انرژی در دو مرحله انجام می گیرد. ابتدا در شیبوره ها انرژی گرمایی به انرژی جنبشی تبدیل می شود؛ سپس در تیغه ها انرژی جنبشی به کار مکانیکی تبدیل می شود. توربینها بنا بر نقشی که دارند، یا دارای تیغه های متحرک ضربه ای هستند و یا دارای تیغه های متحرک عکس العملی. برای رسیدن به حداکثر راندمان، ممکن است از چندین سری شیبوره و تیغه در یک توربین استفاده شود. تمام توربینها بر حسب مراحل، نوع ترکیب، جهت حرکت

جریان بخار، تکرار جریان بخار و تقسیم جریان بخار طبقه بندی می شوند. از توربینهای بزرگ برای تحرک کشتی استفاده می شود که به موتورهای اصلی یا توربینهای اصلی معروف هستند. آنها شامل یک توربین فشار زیاد، یک توربین فشار کم و یک توربین عقب هستند.

برای رانش دستگاههای فرعی از توربینهای کوچکی به نام توربینهای فرعی استفاده می شود. توربینهای اصلی از طریق چرخ دنده های کاهنده به شافت محرک و پروانه متصل هستند. چرخ دنده های کاهنده موجب می شوند که توربین و پروانه در محدوده ای که بهترین راندمان را دارند کار کنند.

پرسش

- ۱ - تبدیل انرژی گرمایی به کار در چند عمل انجام می شود؟ در هر عمل چه اموری انجام می پذیرد؟ هر عمل با چه وسیله ای انجام می شود؟
- ۲ - شکلی از یک شیپوره همگرا رسم کنید.
- ۳ - چنانچه فشار در ورودی یک شیپوره P_0 و در خروجی آن P_1 باشد، در چه صورتی بخار خروجی از شیپوره دچار آشفتگی شدید می شود؟
- ۴ - شکلی از یک شیپوره همگرا - واگرا رسم کنید. مزیت این شیپوره نسبت به شیپوره همگرا چیست؟
- ۵ - روشهای ساخت شیپوره ها را بنویسید.
- ۶ - دیسکها در کجا نصب می شوند؟ چه تجهیزاتی بر روی دیسک قرار می گیرد؟ اهمیت دیسکها در چیست؟
- ۷ - تیغه های متحرک ضربه ای چگونه به حرکت در می آیند؟ تیغه های متحرک عکس العملی چگونه به حرکت در می آیند؟
- ۸ - نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین ضربه ای ساده را رسم کنید.
- ۹ - نمودار تغییرات سرعت و فشار در یک توربین عکس العملی ساده را رسم کنید. تفاوت این تغییرات با تغییرات سرعت و فشار در یک توربین ضربه ای ساده چیست؟
- ۱۰ - پنج عامل اصلی طبقه بندی توربینهای بخار را نام ببرید.
- ۱۱ - ساده ترین مرحله ضربه ای شامل چه تجهیزاتی می شود و به چه عنوان معروف است؟
- ۱۲ - توربین عکس العملی یک مرحله ای ساده به چه عنوانی معروف است؟
- ۱۳ - نمودار تغییرات فشار و سرعت رادر توربین یک مرحله ای ترکیب سرعت را رسم کنید.
- ۱۴ - نمودار تغییرات فشار و سرعت در توربین ضربه ای ترکیب فشار را رسم کنید.
- ۱۵ - نمودار تغییرات فشار و سرعت را در توربین ضربه ای ترکیب سرعت - فشار، رسم کنید.
- ۱۶ - نمودار تغییرات فشار و سرعت را در توربین عکس العملی ترکیب فشار رسم کنید.
- ۱۷ - طبقه بندی توربینهای بخار را براساس جهت حرکت جریان بخار بیان کنید.
- ۱۸ - طبقه بندی توربینهای بخار را براساس تکرار جریان بخار شرح دهید.
- ۱۹ - طبقه بندی توربینهای بخار را براساس تقسیم جریان بخار شرح دهید.
- ۲۰ - مزایای توربین دو جریانه را نسبت به توربین یک جریانه بیان کنید.
- ۲۱ - تجهیزات توربین را نام برده وظیفه هرکدام از تجهیزات مزبور را شرح دهید.
- ۲۲ - وظیفه شبکه آب بندی توربین چیست؟
- ۲۳ - اسامی دستگاههایی را که به وسیله توربینهای فرعی کار می کنند بنویسید.
- ۲۴ - بزرگترین توربینهای بخاری فرعی برای کار کردن چه دستگاههایی به کار می روند؟
- ۲۵ - وظیفه شبکه تخلیه بخار فرعی چیست؟
- ۲۶ - چرا در کشتیهای بخاری مجهز به توربین بخار باید چرخنده کاهنده وجود داشته باشد؟
- ۲۷ - نیروی محوری چگونه به وجود می آید و با استفاده از چه وسیله ای به بدنه کشتی منتقل می شود؟
- ۲۸ - چه پیشگیریهایی برای جلوگیری از صدمه دیدن توربین بخار در نیروی محرکه بخاری اتمی به عمل می آید؟

شبکه کندانسیت اصلی

The Main Condensate System

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- کندانسیت را تعریف کند.
- با کندانسور اصلی و اجزای آن آشنا شده طرز کار کندانسور اصلی را بیان کند.
- با پمپ گردش آب دریا آشنا شود و طرز کار و وظایف آن را بیان کند.
- با پمپ کندانسیت اصلی آشنا شده طرز کار و وظایف آن را بیان کند.
- با مکنده‌های هوا آشنا شده وظیفه آنها را بیان کند.
- با پمپهای جت آشنا شده طرز کار آنها را شرح دهد.
- وظیفه و طرز کار مجموعه مکنده‌های هوا را شرح دهد.
- وظیفه کندانسور بخار آب‌بندی را بیان کند.

۷- شبکه کندانسیت اصلی

۱-۷- کندانسیت

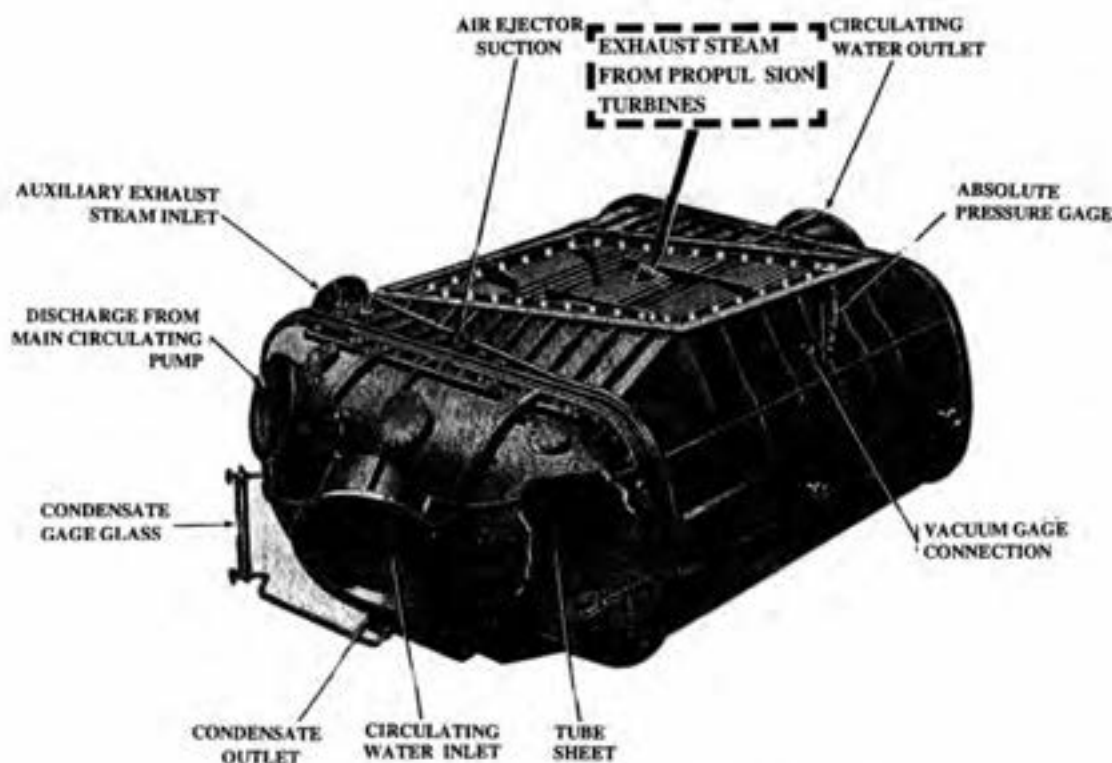
است. در شکل ۱-۷ تصویری از کندانسور اصلی و برش طولی آن نشان داده شده است. کندانسور اصلی یک نوع مبدل حرارتی است که طبقه‌بندی آن به شرح زیر است:

«مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم، جریان عمودی^۱، پوسته و تیوب^۲» است که در آن بخار تخلیه شده از توربین فشار کم پس از برخورد با تیوبهای کندانسور و گذر از محیط سرد داخل کندانسور منقبض می‌شود. از درون تیوبها آب دریا عبور می‌کند. بخار پس از تخلیه شدن از توربین فشار کم دارای درجه حرارت چندانی نیست، اما همین درجه حرارت باید آنقدر پایین بیاید و انرژی بخار به اندازه‌ای به آب دریا منتقل شود که بخار به مایع تبدیل شود.

در فصلهای قبل به دو مرحله اول و دوم مدار بخار اصلی، یعنی مرحله تولید و مرحله انبساط پرداخته شد. در این فصل مرحله سوم این مدار مهم یعنی «انقباض» شرح داده می‌شود. در کندانسور اصلی گرمای مدار بخار به وسیله آب دریا جذب می‌شود. کندانسور بخار را به مایع یعنی آب تبدیل می‌کند. این آب بنا بر تعریف «کندانسیت» نامیده شده است. در این فصل اجزای اصلی این مرحله مدار بخار اصلی و طرز کار آنها تشریح می‌شود.

۲-۷- کندانسور اصلی (Main Condenser)

کندانسور اصلی از لحاظ ابعاد فیزیکی دستگاهی بزرگ



شکل ۱-۷- کندانسور اصلی - cutaway view of main condenser.

۱-۲-۷- اهمیت کندانسور در مدار بخار اصلی:

اگر در نیروی محرکه بخار کندانسور وجود نداشته باشد و بخار خروجی از توربینها به اتمسفر تخلیه شود و اگر یک دیگ بخار معین در هر ساعت ۱۵۰۰۰۰ پاوند (برابر با ۶۷۹۵۰ کیلوگرم) بخار تولید کند، می توان اهمیت حیاتی کندانسور را در بازیافتن آب تغذیه درک کرد.

کندانسور اصلی در خلأیی حدود ۲۵ الی ۲۸/۵ اینچ جیوه (۶۳/۵ الی ۷۳ سانتیمتر) نگهداری می شود. عواملی که بر مقدار خلأ تأثیر می گذارند، عبارتند از: ۱- فشار خروجی بخار از توربین فشار کم ۲- مقدار بخاری که وارد کندانسور می شود ۳- درجه حرارت آب دریا ۴- کیفیت آب بندی کندانسور.

اگر گازهای خروجی از اگزوز یک موتور بنزینی به جای تخلیه در اتمسفر به ناحیه ای که فشار کمتری دارد (یعنی به خلأ) تخلیه شود، سرعت موتور بدون آن که مصرف سوخت بالا رود افزایش می یابد؛ در نتیجه کار بیشتری به وسیله موتور انجام می شود و راندمان موتور بالا می رود.

به طور مشابه هر قدر خلأ در کندانسور بیشتر باشد سرعت توربین بالاتر می رود، زیرا بخار خروجی از توربین به ناحیه ای که

فشار بسیار کمی (یعنی در واقع خلأ) دارد تخلیه می شود. در علم ترمودینامیک ثابت شده است که هر قدر تفاوت درجه حرارت سیال بین دیگ بخار (یعنی منبع گرفتن گرمای بخار) و کندانسور (یعنی منبع پس دادن گرمای بخار) بیشتر شود، راندمان مدار بخار افزایش می یابد. با نگاه داشتن کندانسور در خلأ، درجه حرارت انقباض بخار (یعنی درجه حرارت اشباع) کاهش می یابد و در نتیجه راندمان مدار بالا می رود.

کندانسور اصلی یک ظرف بزرگ کاملاً آب بندی شده است، طوری که هیچ گونه نشت هوا به داخل آن وجود ندارد و آب خنک دریا نیز از درون تیوبهای آن عبور می کند. خلأ کندانسور با انقباض بخار به وجود می آید و نگهداری می شود، زیرا حجم جرم معینی از بخار بسیار بزرگتر از حجم همان مقدار جرم از آب است؛ مثلاً حجم یک پاوند آب پس از تبدیل شدن به بخار چهل هزار برابر بزرگتر می شود. تبدیل حجم بزرگی از بخار به حجم کوچکی از آب سبب تشکیل خلأ می شود اما زمانی که نیروی محرکه بخار فعال نیست، هوا در داخل کندانسور وجود دارد و مقداری هوا هم به هنگام فعالیت توربینها وارد کندانسور می شود؛

چاه داغ نام دارد، جمع آوری می شود تا به وسیله «پمپ کندانسیت اصلی»^۱ پس از عبور از کندانسورهای مکنده هوا و کندانسور بخار آب بندی، به مخزن اکسیژن زدایی هدایت شود.

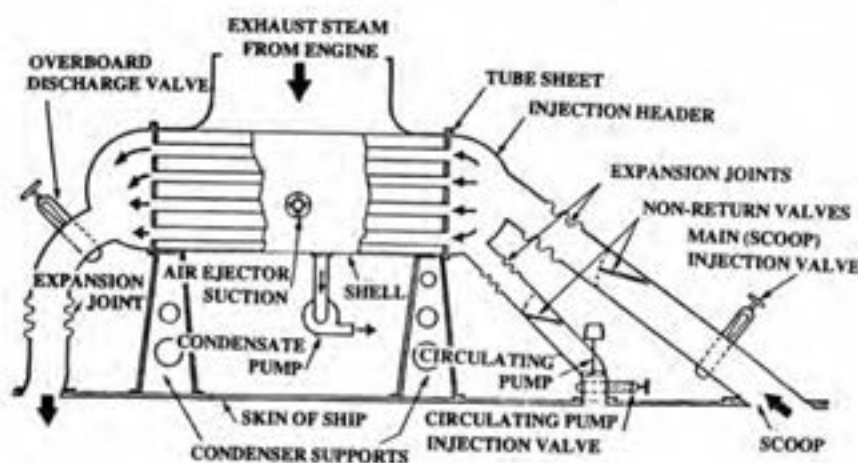
هوا و سایر گازهای غیر قابل انقباض که به همراه بخار تخلیه شده از توربین یا از طرق دیگری وارد کندانسور می شوند، با جریان بخار به پایین کندانسور رانده می شوند. این گازها قابل انقباض نیستند (در این فشار و درجه حرارت به مایع تبدیل نمی شوند). این گازها بتدریج در بخشهای کناری کندانسور و زیر مانعی فلزی که بافل هوا^۲ نام دارد جمع آوری می شوند (به شکل ۴-۷ مراجعه شود). در پوسته کندانسور بالاتر از سطح کندانسیت و نزدیک بافل پادشده سوراخی وجود دارد که به مکنده هوا از طریق یک لوله راه دارد. مکنده هوا از طریق این لوله هوا و گازهای غیر قابل انقباض موجود در کندانسور را می مکد.

جریان دوم آبی است که از تیوبهای کندانسور می گذرد. شبکه آب خنک کننده کندانسور مجهز به یک پمپ است که آب دریا را می کشد. این پمپ، «پمپ گردش آب دریا»^۳ نامیده شده است. هرگاه کشتی در اسکله، لنگرگاه، در حال مانور، حرکت به عقب و حرکت به جلو در سرعتهای کم باشد، از این پمپ استفاده می شود. اما در دریانوردی معمولی و با سرعتهای بالاتر از هشت گره^۴ از روش دیگری استفاده می شود که بدون نیاز به

بنابراین فقط با انقباض بخار نمی توان خلأ اولیه مناسبی ایجاد کرد. در تمام شرایط کاری نیروی محرکه نیز نمی توان به انقباض بخار در کندانسور متکی بود، زیرا برای مثال به هنگام مانور به توربینها است داده می شود و بخار وارد کندانسور نمی شود؛ در نتیجه در چنین شرایطی خلأ از دست می رود. برای نگهداری خلأ در این گونه شرایط و برای ایجاد خلأ اولیه در کندانسور وقتی که هنوز توربینها فعال نشده اند و برای کمک به کندانسور در نگهداری و حفظ خلأ، از دستگاه مکنده اصلی هوا استفاده می شود. مکنده هوا در بخشهای بعدی همین فصل شرح داده می شود.

وقتی که درجه حرارت آب دریا زیاد است، تیوبهایی که آب دریا در آنها جاری است نسبتاً گرم هستند و انتقال گرما از بخار به تیوبها کاهش می یابد. بدین ترتیب وقتی که کشتی در آبهای مناطق گرمسیری است، خلأ ایجاد شده در کندانسور کمتر از زمانی است که کشتی در آبهای مناطق سردسیر است.

در کندانسور اصلی دو جریان جداگانه و مشخص وجود دارد (به شکل ۲-۷ مراجعه شود). جریان اول عبارت است از بخار تخلیه شده از توربین که ضمن عبور از کندانسور به علت برخورد با سطوح بیرونی تیوبها و قرار گرفتن در محیط خنک تحت خلأ به قطرات کندانسیت تبدیل می شود؛ سپس کندانسیت به بخش پایینی کندانسور می ریزد و در پایینترین قسمت آن که



Flow paths of the main condenser.

شکل ۲-۷- جریانهای آب خنک کننده و بخار در کندانسور اصلی

۱- Main Condensate Pump

۲- Air Baffle

۳- Sea Water Circulating Pump

۴- این روش در مورد کندانسورهای که یک عبوره هستند و در کشتیهای سریع استفاده می شوند صادق است.

پمپ، آب دریا وارد کندانسور شود. بدین طریق که در بدنه کشتی روزنه نسبتاً بزرگی ایجاد می شود؛ طوری که به هنگام حرکت کشتی به جلو، آب به درون لوله بزرگی که از یک طرف به این روزنه و از طرف دیگر به «هدر تزریق آب» به کندانسور راه دارد جریان یابد. این روزنه «اسکوپ» نام دارد و شبکه ای که با این روش آب را به داخل کندانسور هدایت می کند «به شبکه تزریق اسکوپ» موسوم است. برای استفاده از این شبکه باید شیر فلکه بزرگی که «شیر فلکه تزریق اسکوپ» نام دارد باز شود. در هدر تزریق، آب متناسب با تیوپها تقسیم شده و وارد تیوپهای کندانسور می شود (به شکل ۲-۷ مراجعه شود).

پس از عبور از تیوپها، آب دریا از طریق لوله خروجی به دریا باز می گردد. به هنگام عبور آب خنک کننده دریا از تیوپها آنقدر گرمای بخار جذب آب دریا می شود که بخار به مایع (کندانسیت) تبدیل می شود.

هرگاه که تزریق آب از طریق شبکه تزریق اسکوپ میسر نباشد، پمپ گردش آب دریا روشن شده و با استفاده از لوله ورودی پمپ مزبور آب وارد کندانسور می شود.

چون آب شور به طور مرتب در تیوپهای کندانسور وجود دارد، مواد سخت موجود در آب دریا و موجودات دریایی به جداره تیوپها می چسبند. این امر تأثیری جدی بر جذب گرمای بخار می گذارد و راندمان مدار بخار را کاهش می دهد. برای رفع این مشکل و کاهش تأثیرات منفی رسوبات و خزه دریایی سطوح داخلی تیوپهای کندانسور طبق برنامه نوبه ای تمیز می شوند.

۳-۷- پمپ گردش آب دریا

(Sea Water Circulating Pump)

هرگاه ورود آب دریا به کندانسور از طریق شبکه تزریق اسکوپ ممکن یا کافی نباشد، از این پمپ استفاده می شود. این پمپ از نوع پروانه ای^۳ است که می تواند مقادیر زیاد آب را تحت فشار کم جابه جا کند. محرک این پمپ می تواند یک موتور برقی یا یک توربین بخار کوچک باشد.

در لوله ورودی شبکه تزریق اسکوپ یک «سوپاپ یک طرفه» وجود دارد که تنها اجازه می دهد تا آب از دریا به طرف کندانسور جریان یابد و نمی گذارد که در صورت استفاده از پمپ گردش آب دریا، آب از لوله ورودی اسکوپ به دریا برگردد. یک سوپاپ یک طرفه در خروجی پمپ گردش آب دریا وجود دارد تا به هنگام استفاده از شبکه تزریق اسکوپ، مانع برگشت آب به دریا از طریق لوله ورودی پمپ شود (به شکل ۲-۷ مراجعه شود).

از پمپ گردش آب دریا برای تخلیه خن^۴ نیز می توان استفاده کرد. بدین ترتیب که لوله ای در ورودی این پمپ آن را با خنها مرتبط می سازد. چون این پمپ می تواند مقادیر زیادی از آب را جابه جا کند، بهترین وسیله برای تخلیه خنها به هنگام آب گرفتگی موتورخانه است (این لوله ها در شکلها نشان داده نشده است).

۴-۷- پمپ کندانسیت اصلی

(Main Condensate Pump)

وظیفه پمپ کندانسیت اصلی کشیدن کندانسیت از چاه داغ کندانسور اصلی و هدایت آن به مخزن اکسیژن زدایی از طریق عبور از کندانسورهای مکنده هوا و کندانسور بخار آب بندی است. این پمپ معمولاً از نوع گریز از مرکز و مجهز به موتور برقی است. پایین ترین مقدار فشار در مدار بخار اصلی نیروی محرکه بخاری دریایی در ورودی پمپ کندانسیت اصلی است (به شکل ۴-۱ مراجعه شود). معمولاً برای هر کندانسور اصلی دو دستگاه پمپ کندانسیت اصلی در نظر گرفته می شود.

۵-۷- مکنده های هوا (Air Ejectors)

وظیفه اصلی مکنده هوا جذب هوا و گازهای غیر قابل انقباض از کندانسور اصلی است. مکنده هوا یک نوع «پمپ جت»^۵ است. پمپهای جت دارای قطعات متحرک نیستند و بنابر «اصل برنولی»^۶ کار می کنند. طبق اصل برنولی در جریانهای معینی، فشار و سرعت یک سیال با هم نسبت معکوس دارند. در قسمت ۶-۷ اصول کار پمپهای جت شرح داده می شود. محرک

۱- Injection Header

۴- Scoop Injection Valve

۷- Bilge

۲- Scoop

۵- Propeller Pump

۸- Jet Pump

۳- Scoop Injection System

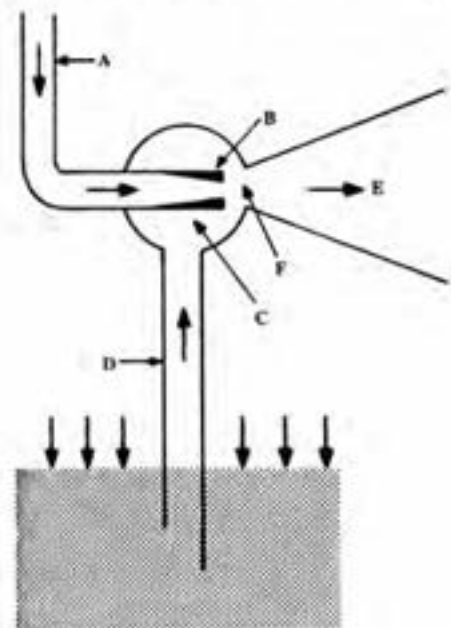
۶- Non - Return Valve

۹- Bernoulli's Principle

مکنده هوا معمولاً بخار $150 - 80$ psi است که از شبکه بخار فرعی گرفته می‌شود. در برخی از کشتیها مکنده های هوا با موتور برقی کار می‌کند.

۷-۶- پمپ جت (Jet Pump)

در شکل ۷-۳ یک پمپ جت نشان داده شده است. هیچ کدام از قطعات پمپ جت متحرک نیستند. در پمپ جت از حرکت سریع یک سیال برای مکیدن سیال دیگر استفاده می‌شود؛ در نتیجه مخلوطی از هر دو سیال به خروجی پمپ هدایت می‌شود.



شکل ۷-۳- پمپ جت . Jet pump

پمپهای جت به دو گروه تقسیم می‌شوند: اجکتورها و «اداکتورها». اجکتورها با استفاده از بخار (معمولاً بخار فرعی $150 - 80$ psi) برای مکیدن هوا و گازهای غیرقابل انقباض کار می‌کنند. اداکتورها با استفاده از فشار آب (که تبدیل به سرعت می‌شود) برای جابه‌جایی مایعات کار می‌کنند. از اداکتورها برای تخلیه خنثا، تخلیه اماکن آب گرفته و جابه‌جایی آب شور استفاده می‌شود. اصول کار هر دو پمپ شبیه یکدیگر است. طرز کار یک مکنده هوا را که یک پمپ جت و از گروه اجکتورها است می‌توان با توجه به شکل ۷-۳ به این شرح خلاصه کرد: جریان بخار (A) از شیبوره (B) که در داخل محفظه (C) قرار دارد عبور می‌کند.

همین که بخار از شیبوره عبور می‌کند سرعت آن افزایش یافته همزمان با آن فشار محفظه (C) کاهش می‌یابد. لوله (D) قسمت زیرین محفظه (C) را به کندانسور مرتبط کرده است. اختلاف فشار بین محفظه اجکتور (C) و کندانسور موجب حرکت هوا و گازهای غیرقابل انقباض از کندانسور به محفظه (C) با عبور از لوله (D) می‌شود؛ سپس مخلوط بخار، هوا و گازهای غیرقابل انقباض در دیفیوزر (E) تخلیه می‌شوند. لازم به ذکر است که اگرچه در کندانسور خلأ وجود دارد، اما در محفظه (C) که مرحله یکم مکنده هوا است خلأ بیشتری وجود دارد. یک اداکتور نیز مانند اجکتور کار می‌کند.

۷-۷- مجموعه مکنده هوا (Air Ejector Assembly)

مجموعه مکنده هوا در شکل ۷-۴ نشان داده شده است. این مجموعه، هوا و گازهای غیرقابل انقباض دیگر را از کندانسور اصلی می‌مکد. مجموعه مکنده از اجزای زیر تشکیل شده است:

– مکنده هوای مرحله یکم

(FIRST STAGE AIR EJECTOR)

– کندانسور مرحله یکم (کندانسور میانی)

(INTER CONDENSER)

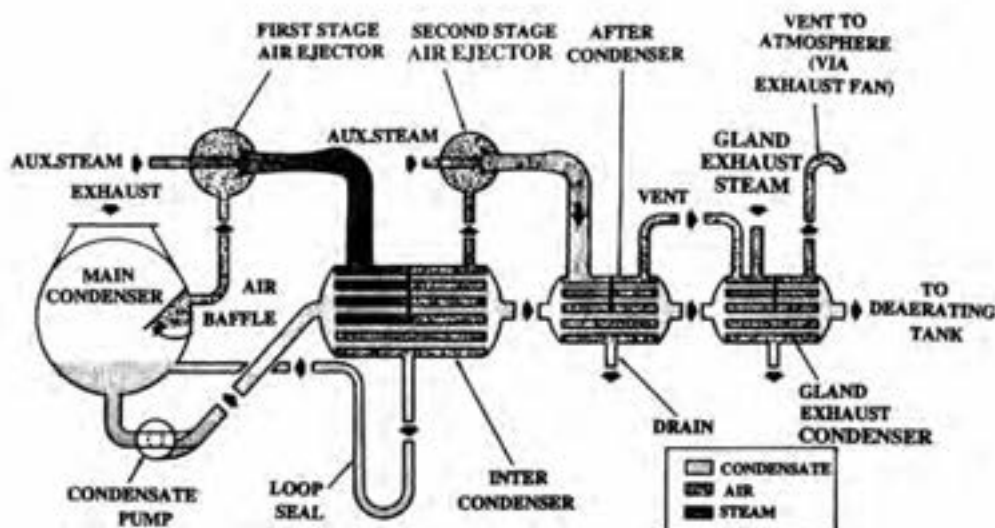
– مکنده هوای مرحله دوم

(SECOND STAGE AIR EJECTOR)

– کندانسور مرحله دوم (AFTER CONDENSER)

در اکثر کشتیها کندانسور بخار آب بندی بخشی از مجموعه مکنده هوا محسوب می‌شود، زیرا که به کندانسور مرحله دوم متصل است. اما در واقع یک دستگاه جداگانه است که در ادامه درباره آن شرح لازم داده می‌شود.

مکنده هوای مرحله یکم به طور مرتب هوا و گازهای غیرقابل انقباض موجود در فضای کندانسور اصلی را می‌مکد. مخلوط بخار، هوا و گازهای غیرقابل انقباض به کندانسور مرحله یکم تخلیه می‌شود. کندانسیت اصلی که از تیوپیهای کندانسور مرحله یکم عبور می‌کند نسبت به این مخلوط، انرژی بسیار کمتری دارد و درجه حرارت آن از درجه حرارت این مخلوط پایینتر است؛ به همین دلیل گرما از مخلوط به کندانسیت اصلی منتقل می‌شود و



Flow of steam, air and condensate in a main - air-ejector assembly .

شکل ۴-۷- جریان بخار، هوا و کندانسیت در مجموعه مکنده هوای مدار بخار اصلی

گرمایی موجب افزایش راندمان مدار بخار اصلی می شود. اگر ارتباط مستقیمی بین کندانسور اصلی و کندانسور مکنده مرحله یکم وجود داشت، خلأ در دو کندانسور مساوی می شد و در نتیجه کارایی کندانسور اصلی کاهش می یافت. ستون آب موجود در لوله «بو» شکل موجب آب بندی فضای دو کندانسور می شود.

۸-۷- کندانسور بخار آب بندی

(Gland Exhaust Condenser)

بخار آب بندی سروته توربین که معمولاً با مقداری هوا مخلوط است وارد این کندانسور می شود. این بخار به علت داشتن تماس غیر مستقیم با کندانسیت اصلی که از تئوبهای این کندانسور می گذرد، به مایع تبدیل می شود و به مخزن جمع آوری قطرات آب شیرین هدایت می شود و در نهایت به شبکه کندانسیت اصلی می پیوندد. بخشی از هوا و گازهای غیر قابل انقباض که به این کندانسور وارد می شوند باید از طریق یک لوله ونت به جو تخلیه شوند. لوله ونت به یک هواکش برقی کوچک راه دارد. این هواکش به «خارج کننده هوای همراه با بخار آب بندی» موسوم است. این هواکش کمک می کند تا هوا و گازهای دیگر از کندانسیت جدا شود.

بخار موجود در مخلوط تبدیل به مایع (کندانسیت) می گردد. کندانسیت مزبور به بخش پایینی کندانسور مرحله یکم می ریزد و از طریق یک لوله یو (U) شکل به کندانسور اصلی هدایت می شود. لوله «بو» شکل مانند شترگلو عمل می کند و موجب حفظ اختلاف خلأ کندانسور اصلی و کندانسور مرحله یکم می شود، زیرا همواره مقداری کندانسیت در شترگلو میزور وجود دارد.

هوا و گازهای غیر قابل انقباض موجود در فضای کندانسور مرحله یکم به وسیله مکنده مرحله دوم مکیده می شوند. مکنده مرحله دوم نیز مانند مکنده مرحله یکم با بخار فرعی ۱۵۰-۸۰ psi کار می کند. هوا و گازهای غیر قابل انقباض موجود در فضای کندانسور مرحله یکم به همراه بخار مرحله دوم وارد کندانسور مرحله دوم می شوند. در کندانسور مرحله دوم نیز بخار سرد شده، به کندانسیت تبدیل می شود و به مخزنی که به «مخزن جمع آوری قطرات آب شیرین» موسوم است، هدایت می شود و سپس به شبکه کندانسیت اصلی می پیوندد. هوا و گازهای غیر قابل انقباض یا از طریق لوله ونت^۲ به جو تخلیه می شوند و یا به کندانسور بخار آب بندی هدایت می گردند.

عبور کندانسیت اصلی از کندانسورهای مجموعه مکنده هوا بخشی از بخار فرعی را به کندانسیت تبدیل می کند که موجب صرفه جویی در مصرف آب می شود و در ضمن، با دریافت انرژی

^۱ Fresh Water Drain Collecting Tank

^۲ Vent

^۳ Gland Exhauster

کار تورینها افزایش یابد، بلکه انرژی گرمایی بخار زودتر جذب شود. در این فرآیند بخار متقبض شده به مایع (کندانسیت) تبدیل می شود. کندانسیت جمع آوری شده در چاه داغ به وسیله پمپ کندانسیت اصلی مکیده شده با عبور از مکنده های هوا به مخزن اکسیژن زدایی می رسد، مکنده های هوا پمپهای جت هستند که در ابتدا با مکیدن هوا و گازهای غیر قابل انقباض موجب ایجاد خلأ در کندانسور اصلی و کندانسور مرحله یکم مجموعه مکنده هوا می شوند و سپس نگهداری خلأ را مساعدت می کنند.

اگر جریان کندانسیت اصلی از درون تیوبهای کندانسورهای مرحله یکم و مرحله دوم قطع شود بخار فرعی محرک مکنده ها به هنگام گذر از تیوبها متقبض نمی شود. در این گونه شرایط، هواکش مزبور بخار را به جو می فرستد و از نفوذ بخار به موتورخانه (مانسین خانه) جلوگیری می کند.

۹-۷- خلاصه

در کندانسور اصلی انرژی گرمایی بخار به آب دریا منتقل می شود. کندانسور اصلی تحت خلأ کار می کند تا نه تنها بازدهی

پرسش

- ۱- وظیفه کندانسور اصلی چیست؟
- ۲- مشخصات طبقه بندی کندانسور اصلی نیروی محرکه بخاری دریایی را بنویسید.
- ۳- اگر کندانسور اصلی در نیروی محرکه بخار وجود نداشته باشد، چه مشکلاتی پیش می آید؟
- ۴- خلأ کندانسور اصلی در چه محدوده ای است؟
- ۵- چه عواملی در مقدار خلأ کندانسور اثر می گذارند؟
- ۶- چرا اگر خلأ در کندانسور بیشتر باشد، سرعت توربین بالایی رود؟
- ۷- چگونگی نشست هوا به داخل کندانسور را بیان کنید.
- ۸- چرا خلأ ایجاد شده در کندانسور در مناطق گرمسیر کمتر از مناطق سردسیر است؟
- ۹- در چه مواقعی از شبکه اسکوپ استفاده می شود؟
- ۱۰- طرز کار شبکه اسکوپ را بیان کنید.
- ۱۱- در چه مواقعی از پمپ گردش آب دریا استفاده می شود؟
- ۱۲- طرز کار پمپ گردش آب دریا جهت تأمین آب دریای مورد نیاز کندانسور را بنویسید.
- ۱۳- در چه موارد دیگری بجز تأمین آب دریای مورد نیاز کندانسور، از پمپ گردش آب دریا استفاده می شود؟
- ۱۴- وظیفه پمپ کندانسیت را بیان کنید.
- ۱۵- وظیفه اصلی مکنده های هوا و طرز کار یک پمپ جت را بنویسید.
- ۱۶- مکنده های هوا جزء کدام دسته از پمپهای جت هستند؟
- ۱۷- اجزای مجموعه مکنده هوا را نام برده کار هر یک را بیان کنید.
- ۱۸- وظیفه کندانسور بخار آب بندی را بنویسید.

شبکه تغذیه اصلی

The Main Feed System

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- وظیفه شبکه تغذیه اصلی را بیان کند.
 - مخزن اکسیژن زدایی را معرفی کرده وظیفه آن را بیان کند.
 - طرز کار مخزن اکسیژن زدایی را شرح دهد.
 - طرز کار شبکه تغذیه اصلی را بیان کند.
 - شبکه جمع‌آوری قطرات آب شیرین را معرفی کرده وظیفه آن را بیان کند.
 - شبکه رفع کمبود آب تغذیه و جذب آب تغذیه اضافی را معرفی کرده وظیفه آن را شرح دهد.

۸- شبکه تغذیه اصلی

وارد کند) تا خوردگی تیوبهای دیگ بخار محدود شود. این مخزن آب تغذیه را با کمک بخار فشار کم پیش گرم می‌کند و به عنوان انبار ذخیره آب تغذیه برای ارسال به موقع به دیگ بخار محسوب می‌شود. در شکل ۸-۱ نمونه‌ای از مخزن اکسیژن زدایی نشان داده شده است. این مخزن یک ظرف استوانه‌ای شکل است که سه بخش فوقانی، میانی و تحتانی دارد.

بخش فوقانی که وظیفه پیش گرم کردن کندانسیت (و تا حدودی هوازدایی کندانسیت) را به عهده دارد، شامل «کندانسور ونت»^۲، «فواره‌های پخش کننده کندانسیت»^۳، تعدادی پلیت و مانع است. بخش میانی شامل «مجموعه مهپاش آب»^۴ است که موجب آزاد شدن هوای محبوس در آب می‌شود. در بخش تحتانی آب تغذیه گرم و آزاد از اکسیژن به عنوان ذخیره آب دیگ نگهداری می‌شود.

۱- ۸- وظیفه شبکه تغذیه اصلی

مرحله تغذیه چهارمین و آخرین مرحله مدار بخار اصلی در نیروی محرکه بخاری است. در این فصل ملاحظه می‌شود که چگونه کندانسیت به آب تغذیه تبدیل می‌شود و به دیگ بخار (یا به بخار ساز در نیروی محرکه اتمی) برمی‌گردد تا دوباره برای پیمودن مسیر قبلی مهیا شود. همچنین اجزای اصلی مرحله تغذیه معرفی می‌شوند.

۲- ۸- مخزن اکسیژن زدایی

DFT^۱ (The Deaerating Feed Tank)

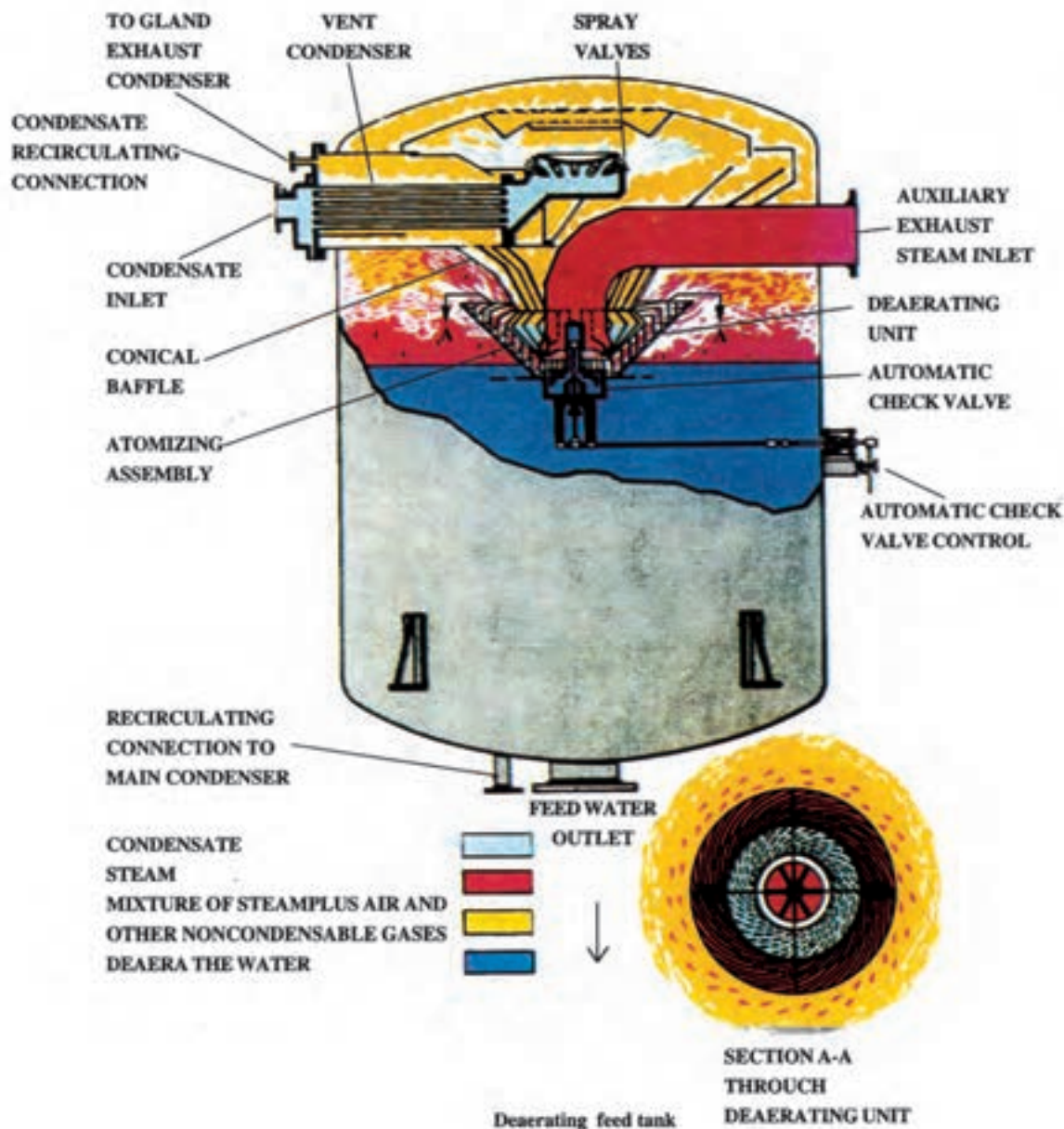
مخزن اکسیژن زدایی بزرگترین دستگاه در مرحله تغذیه است. در این مخزن، کندانسیت به آب تغذیه تبدیل می‌شود. وظیفه اصلی این مخزن زدودن هوا است (البته به مخزن اکسیژن زدایی معروف شده است، زیرا اکسیژن به بخشهای مختلف مدار بخار می‌تواند صدمه

۱- اسامی و عنوانهای دیگر این مخزن D.C. Heater, Deaerating Tank, Deaerator یا Direct Contact Heater (DCH) می‌باشد.

۲- Vent Condenser

۳- Spray Valves (Nozzles)

۴- Atomizing Valve Assembly



نکسل ۱-۸- مخزن اکسیژن زدایی

۳-۸- طرز کار مخزن اکسیژن زدایی

(DFT Operations)

چنانچه درجه حرارت آب به نزدیکی درجه حرارت اشباع برسد، هوا و گازهای غیر قابل انقباض محبوس در آن آزاد می‌شوند. به همین جهت مخزن اکسیژن زدایی طوری طراحی می‌شود که درجه حرارت کندانسیت را خیلی سریع تا زیر نقطه اشباع بالا ببرد تا گازهای محبوس در آن در زمانی کوتاه آزاد شوند.

کندانسیت پس از عبور از کندانسور ونت به چندین فواره وارد می‌شود تا در بخش فوقانی مخزن بخش بخش شود. به هنگام

عبور از فواره‌ها، کندانسیت به ذرات ریز تبدیل می‌شود. چون در بخش فوقانی بخار جمع‌آوری می‌شود (در ادامه خواهیم گفت که بخار از کجا تأمین می‌شود)، گرمای بخار به کندانسیت منتقل شده درجه حرارت کندانسیت افزایش می‌یابد. چون سطح مقطع ذرات کندانسیت در معرض گرمای قرار می‌گیرند نه تنها درجه حرارت آن تا حد امکان افزایش می‌یابد، بلکه اکسیژن و گازهای دیگر محبوس در ذرات کندانسیت آزاد می‌شوند و درعین حال بخشی از بخار منقبض شده به مایع تبدیل می‌شود. مجموعه آب مزبور در یک قیف که از تعدادی پلیت و مانع تشکیل شده است می‌ریزد و از آنجا به مجموعه مهباس آب هدایت می‌شود.

۴-۸- طرز کار شبکه تغذیه اصلی (The Main Feed System Operation)

پس از ترک بخش میانی مخزن اکسیژن زدایی، آب تغذیه آزاد از اکسیژن وارد مرحله تغذیه مدار بخار می شود. این مرحله مشتمل است بر بخش تحتانی مخزن، پمپ بوستر تغذیه اصلی، پمپ تغذیه اصلی، مجموعه لوله ها و شیر فلکه های هدایت آب تغذیه به دیگ بخار در حجم و فشار زیاد و دستگاه اکانامایزر (در صورتی که کشتی مجهز به اکانامایزر باشد). آب تغذیه ای که مخزن اکسیژن زدایی را ترک می کند تا نزدیک به درجه حرارت اشباع (در فشار مخزن) گرم می شود. اگر فشار کمی کاهش باید آب تغذیه بخار می شود. اگر این تبخیر در پمپهای تغذیه به وقوع بپیوندد توانایی پمپها در انتقال مایع از دست می رود. به این حالت خطرناک «ایست ناشی از وجود بخار» یا به طور ساده «ایست بخار»^۱ گفته می شود. برای جلوگیری از وقوع این پدیده اولین پمپ در مرحله تغذیه در زیر مخزن اکسیژن زدایی قرار می گیرد؛ طوری که همواره یک فشار مثبت در ورودی پمپ وجود دارد (ستون آب از مخزن تا ورودی پمپ فشار مثبت را ایجاد می کند). اولین پمپ که پمپ کمکی تغذیه اصلی است، از نوع یک مرحله ای، دو ورودی و گریز از مرکز است که در سرعت کم کار می کند تا اُفت (کاهش) فشار در ورودی پمپ به حداقل برسد. وظیفه این پمپ هدایت آب تغذیه با فشار کافی به ورودی پمپ تغذیه اصلی است، طوری که آب در پمپ تغذیه اصلی تبخیر نشود. پمپ تغذیه اصلی از نوع گریز از مرکز و چند مرحله ای است که با سرعت زیاد کار می کند تا آب تغذیه به اندازه کافی به دیگ ارسال شود. چون سرعت این پمپ بسیار زیاد است، اگر فشار آب در ورودی آن کمتر از فشار اشباع شود آب تغذیه ناگهان تبخیر می شود؛ بنابراین لازم است که همواره در ورودی پمپ تغذیه اصلی آب به اندازه کافی وجود داشته باشد که البته این مقدار آب به وسیله پمپ کمکی تغذیه تأمین می شود. در اکثر کشتیها پمپهای کمکی تغذیه اصلی با موتور برقی کار می کنند. پمپ تغذیه اصلی که یک پمپ گریز از مرکز چند مرحله ای است، با یک توربین بخار فرعی کار می کند. وظیفه این پمپ ارسال آب در حجم و فشار زیاد به داخل دیگ بخار است.

«بخار فرعی تخلیه شده» پس از عبور از یک شیر یک طرفه خودکار که در مرکز بخش میانی مخزن قرار دارد، در مجموعه مهپاش وارد می شود. شیر یک طرفه خودکار از ورود آب مخزن به لوله بخار فرعی تخلیه شده جلوگیری می کند.

آخرین فرآیند هوازدایی و انتقال گرما به وسیله مجموعه مهپاش انجام می شود. این مجموعه در نقطه تلاقی با بخار فرعی تخلیه شده قرار دارد. کندانسیت و آب در مجموعه مهپاش جمع می شود. وقتی فشار بخار آنقدر بالا می رود که بر فشار فنر پشت سوپاپ ورودی مهپاش فائق آید، دیسک پشت فنر پایین می رود و موجب باز شدن سوپاپ مهپاش می شود. مخلوط بخار، کندانسیت و آب با سرعت زیاد از مهپاش عبور می کنند؛ طوری که دوباره کندانسیت به ذرات ریز تبدیل می شود و هوا و گازهایی که هنوز در کندانسیت محبوس هستند آزاد می شوند. بخشی از بخار به قسمت های فوقانی مخزن صعود می کند.

آب گرم و بدون اکسیژن که در قسمت تحتانی مخزن اکسیژن زدایی جمع می شود، از این جا به بعد آب تغذیه نام دارد. قسمت تحتانی مخزن اکسیژن زدایی در واقع بخش ذخیره آب تغذیه است. در زیر مخزن، پمپ بوستر تغذیه اصلی قرار دارد. قبل از پمپ یک توری وجود دارد تا از ورود اجسام خارجی به پمپ جلوگیری شود.

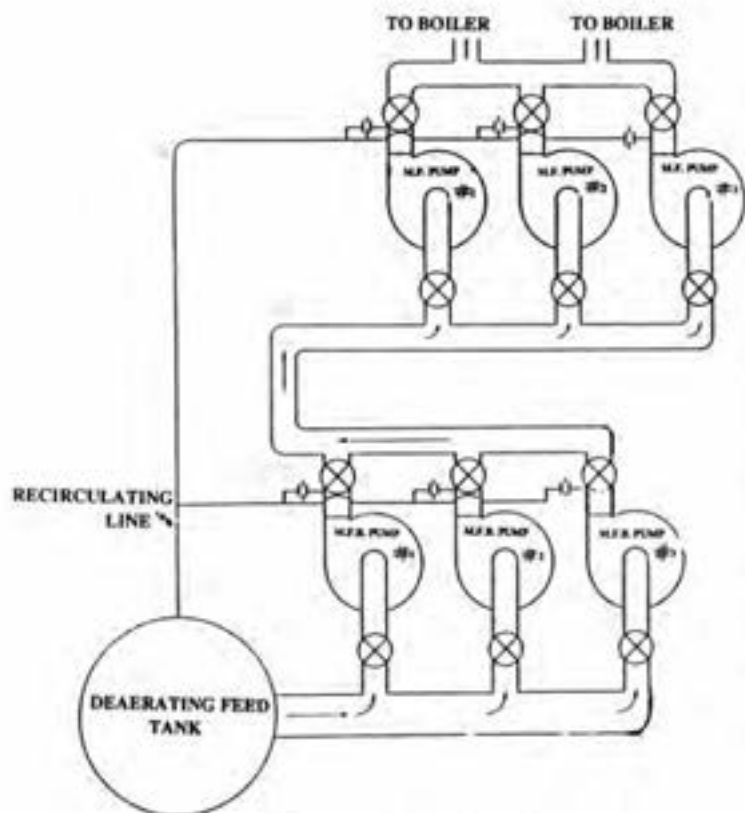
هوا و گازهای آزاد شده از طریق کندانسور ونت به کندانسور بخار آب بندی هدایت می شود. البته مقدار کمی از بخار نیز به همراه هوا و گازهای آزاد شده به کندانسور بخار آب بندی می رود. مخزن اکسیژن زدایی به تجهیزات ایمنی مجهز است. چنانچه فشار مخزن بیشتر از ۳۰ psig شود «شیر فشار شکن»^۲ که بر روی مخزن وجود دارد، باز شده فشار اضافی را تخلیه می کند. در برخی از شرایط ممکن است در این مخزن خلأ ایجاد شود. اگر ورود بخار به مخزن قطع یا کم شود، طوری که کندانسیت به اندازه کافی گرم نشود و فشار به حداقل ۱۴/۷ psia نرسد، همین که فشار به ۱۳ psia برسد یک «قطع کننده خلأ»^۳ باز شده اجازه می دهد که مقداری از هوای آزاد بیرون مخزن وارد شود تا فشار بالا رود.

۱- Auxiliary Exhaust Steam

۳- Vacuum Breaker

۲- Relief Valve

۴- Vapor Locked



شکل ۲-۸ - شبکه تغذیه اصلی

۸-۶ - شبکه رفع کمبود آب تغذیه و جذب آب تغذیه اضافی

(Make up and Excess Feed System)

به هنگام بهره‌برداری از نیروی محرکه بخار همواره لازم است که آب به مدار بخار اضافه یا از مدار جذب شود. این شبکه به طور خودکار با توجه به سطح آب در مخزن اکسیژن زدایی کار می‌کند و مخازنی برای این امر، در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۸-۴ نمونه‌ای از این شبکه به همراه شبکه جمع‌آوری قطرات آب شیرین و شبکه کندانسیت اصلی نشان داده شده است.

در «مخزن رفع کمبود آب تغذیه که در ضمن مخزن اضطراری^۲ آب تغذیه نیز به شمار می‌رود، آب تغذیه نگهداری می‌شود. هرگاه که شبکه مدار بخار اصلی دچار کم‌آبی شود، آب از این مخزن به مخزن اکسیژن زدایی هدایت می‌شود و هرگاه در مدار بخار اصلی، آب اضافی وجود داشته باشد، آب اضافی به این مخزن هدایت می‌شود.

فشار خروجی پمپ تغذیه اصلی باید از فشار بخشهای آب و بخار دیگ بیشتر باشد تا آب تغذیه به داخل استوانه بخار وارد شود؛ مثلاً در نیروی محرکه ۱۲۰-Psi پمپهای تغذیه اصلی طوری طراحی شده‌اند تا فشار خروجی شان بیش از ۱۳۰-Psig باشد (به شکل ۴-۱ مراجعه شود). معمولاً برای هر نیروی محرکه سه دستگاه پمپ تغذیه اصلی و سه دستگاه پمپ کمکی تغذیه اصلی در نظر گرفته می‌شود. مقدار آبی که پمپهای تغذیه باید تأمین کنند، صد و پنجاه درصد آب مورد نیاز در شرایط تمام قدرت به جلو است. در خروجی پمپهای تغذیه و پمپهای کمکی تغذیه یک لوله برگشت وجود دارد تا مقداری از آب به مخزن اکسیژن زدایی برگردد. بدین ترتیب در شرایطی که جریان آب تغذیه کم است از بیش از حد داغ شدن پمپها جلوگیری می‌شود. روانساز و خنک‌کاری پمپهای گریز از مرکز به وسیله همان مایعی که جابه‌جا می‌کنند انجام می‌شود؛ از این رو وجود آب به مقدار کافی در ورودی این پمپها بسیار ضروری است. لوله برگشت قبل از «شیر فلکه خروجی^۱» هر پمپ قرار دارد؛ به همین جهت اگر شیر فلکه خروجی ناگهان بسته شود و پمپ در حال کار باشد جریان کمی از آب تغذیه به وسیله پمپ جابه‌جا می‌شود که موجب جلوگیری از بروز صدمه به پمپ می‌شود. در شکل ۲-۸ تصویری از شبکه تغذیه اصلی دیده می‌شود.

۸-۵ - شبکه جمع‌آوری قطرات آب شیرین

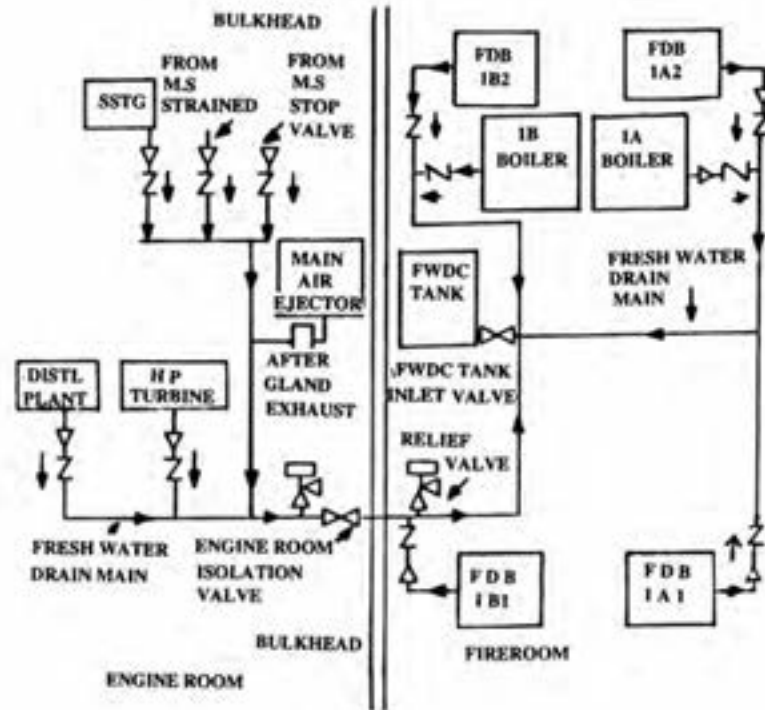
(Fresh Water Drain Collecting System)

بخار مصرف شده در شبکه‌های فشار کم و بخار مصرف شده در توربینهای کوچک بر اثر از دست دادن انرژی گرمایی به قطرات کندانسیت تبدیل می‌شوند. این قطرات با استفاده از نیروی جاذبه و ظروف آب‌بندی شده قیفی شکل، به مخزنی در بخش زیرین موتورخانه هدایت می‌شوند. این مخزن که مخزن جمع‌آوری قطرات آب شیرین نام دارد، در حدود ۱۵۰ الی ۳۰۰ گالن گنجایش دارد. در اکثر کشتیها آب این مخزن با پمپ به شبکه کندانسیت اصلی (قبل از ورود به مخزن اکسیژن زدایی) و در صورت از کار افتادن پمپ با استفاده از «مکش خلأ^۳» به جابه‌داغ کندانسور اصلی هدایت می‌شود. در شکل ۳-۸ نمونه‌ای از شبکه جمع‌آوری قطرات آب شیرین نشان داده شده است.

۱- Discharge valve

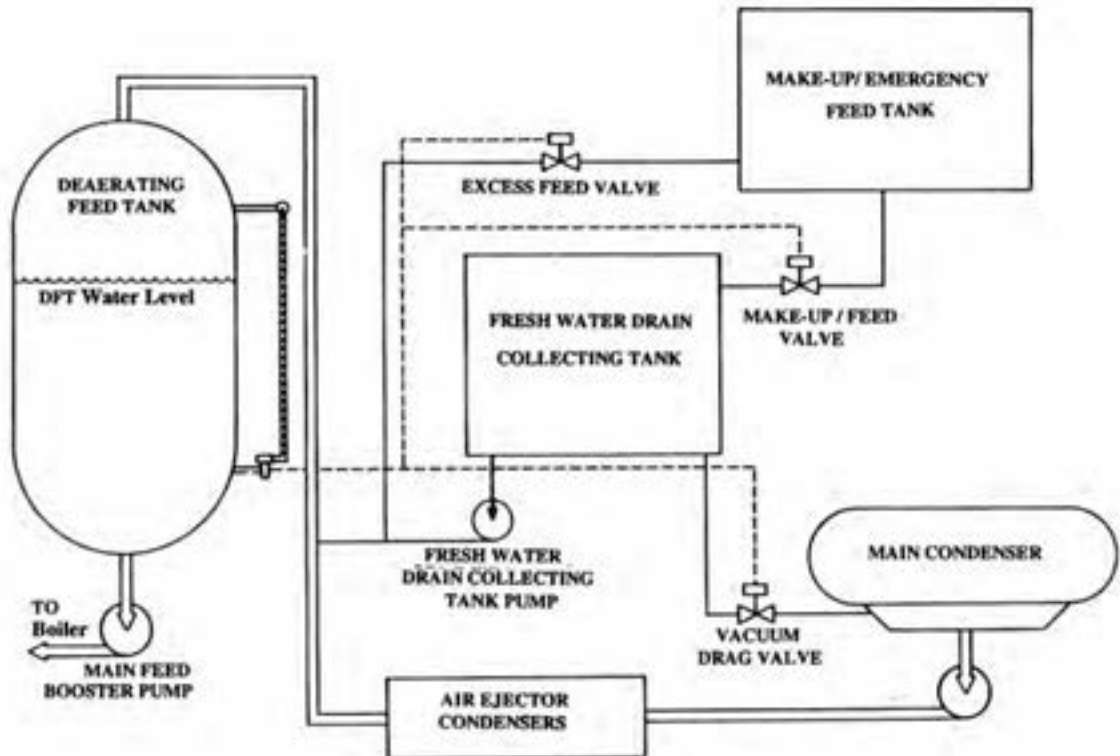
۲- Vacuum Drag

۳- Make - up / Emergency Feed Tank



Typical fresh - water drain system.

شکل ۳-۸ - شبکه جمع آوری قطرات آب شیرین



شکل ۴-۸ - شبکه رفع کمبود آب تغذیه و جذب آب تغذیه اضافی

شیرین بخشهای فشار کم نیز استفاده می شود و کندانسیت جمع آوری شده در این شبکه به شبکه کندانسیت اصلی و در نهایت، به شبکه آب تغذیه می پیوندد.

شبکه «رفع کمبود آب تغذیه و جذب آب تغذیه اضافی» هرگونه کمبود آب تغذیه مدار بخار را جبران و اضافی آن را جذب می کند.

کندانسیت در مخزن اکسیژن زدایی به آب تغذیه تبدیل می شود؛ سپس آب تغذیه در مقادیر و فشار کافی به وسیله پمپهای کمکی و پمپهای تغذیه اصلی به دیگ بخار هدایت می شود.

در نیروی محرکه بخار نهایت سعی در بازیافت بخار به عمل می آید؛ به همین جهت از یک شبکه جمع آوری قطرات آب

پرسش

- ۱- وظیفه اصلی و وظایف دیگر مخزن اکسیژن زدایی را بیان کنید.
- ۲- مخزن اکسیژن زدایی دارای چند بخش است؟ وظیفه و طرز کار هر بخش را شرح دهید.
- ۳- در چه درجه حرارتی، هوا و گازهای غیر قابل انقباض و محبوس در آب آزاد می شوند؟
- ۴- مرحله تغذیه مدار بخار اصلی از کجا آغاز می شود؟
- ۵- کدام تجهیزات ایمنی روی مخزن اکسیژن زدایی وجود دارند؟
- ۶- اهمیت پمپهای کمکی تغذیه را بنویسید.
- ۷- پمپهای تغذیه اصلی از چه نوع پمپهایی هستند؟
- ۸- پمپهای تغذیه اصلی به وسیله چه دستگاههایی کار می کنند؟
- ۹- فشار خروجی پمپهای تغذیه اصلی در مقایسه با فشار بخشهای آب و بخار دیگ بخار چقدر است؟ فشار خروجی پمپهای تغذیه اصلی در نیروی محرکه 120 psi چقدر است؟
- ۱۰- در شرایطی که آب تغذیه کم است، چگونه از بیش از حد داغ شدن پمپهای تغذیه جلوگیری می شود؟
- ۱۱- وظیفه شبکه جمع آوری قطرات آب شیرین را بنویسید. آیا این شبکه واقعاً قطرات آب شیرین که قابل آشامیدن است جمع آوری می کند یا کندانسیت فشار کم؟
- ۱۲- وظیفه شبکه رفع کمبود آب تغذیه و جذب آب تغذیه اضافی را بنویسید.
- ۱۳- در صورت نیاز شبکه تغذیه به آب تغذیه اضطراری، آب از کجا به شبکه تغذیه وارد می شود؟ چرا؟

تصفیه آب دیگ بخار

Boiler Water Treatment

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- دلایل تصفیه آب دیگ بخار را بیان کند.
- روشهای تصفیه آب دیگ بخار و آب تغذیه را معرفی کرده هریک را شرح دهد.
- رسوب را معرفی کرده دلایل ایجاد رسوب و خطرات آن و نحوه جلوگیری از رسوب را بیان کند.
- خوردگی را معرفی کرده دلایل بروز آن و نحوه جلوگیری از آن را شرح دهد.
- پدیده‌های پراپینگ و فومینگ را معرفی کرده عوامل بروز و روشهای مهار آنها را بیان کند.
- کامپاندها (مواد شیمیایی استاندارد) دیگ بخار را معرفی کرده نحوه استفاده آنها را بیان کند.
- منابع آلودگی آب تغذیه و آب دیگ بخار با مواد نفتی و روغنی را بیان کرده راههای جلوگیری و رفع آنها را بیان کند.
- نحوه نمونه برداری از آب تغذیه و آب دیگ بخار و نکات مهم در آزمایش آب را شرح دهد.

۹- تصفیه آب دیگ بخار

۹-۲- روشهای تصفیه (Treatment Methods)

روشهای زیادی برای تصفیه آب وجود دارد. این روشها به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- ۱- تصفیه مکانیکی^۱
- ۲- تصفیه شیمیایی^۲
- ۳- تصفیه گرمایی^۳

تصفیه مکانیکی عبارت است از صاف کردن آب دیگ بخار و تخلیه آن از طریق شبکه بلودان.

تصفیه گرمایی عبارت است از تقطیر آب تغذیه ذخیره.

۹-۱- دلایل تصفیه آب دیگ بخار

آبی که از لحاظ شیمیایی خالص باشد نادر است. از این رو باید همه گونه بررسی بعمل آید تا روش مناسبی برای تصفیه آب انتخاب شود. منظور اصلی از تصفیه آب^۱، افزایش فعالیت دیگ بخار، افزایش کارایی دیگ و بازدهی گرمایی آن و کاهش مخارج تعمیر و نگهداری است. برای تحقق این هدفها، ترکیب شیمیایی آب ذخیره تغذیه^۲، آب جبرانی^۳، کندانسیت و آب دیگ بخار کنترل می‌شود.

۱- Water Treatment

۲- Make up Feed

۳- Chemical Treatment

۴- Reserve Feed Water

۵- Mechanical Treatment

۶- Heat Treatment

این کار با استفاده از آب شیرین کن های کشتی انجام می پذیرد. تصفیه شیمیایی هم در داخل دیگ بخار و هم در خارج از دیگ و بیشتر از روشهای دیگر به کار برده می شود. تصفیه شیمیایی خارج از دیگ برای مناسب کردن آب تغذیه به منظور ورود به دیگ است. تصفیه شیمیایی داخلی دیگ پس از بررسی آب دیگ و با ورود مستقیم مواد شیمیایی به داخل دیگ بخار انجام می شود.

مهمترین مسائل در تصفیه آب دیگ بخار عبارتند از :
۱- مقاومت در مقابل خوردگی و آبله گون شدن قسمتهای فلزی
۲- رسوب زدایی ۳- کاهش مواد جامد محلول در آب.

۹-۳- رسوب (Scale)

از آنجا که تمام بخار به صورت کندانسیت (و سپس آب تغذیه) به دیگ بر نمی گردد، از آب جیرانی (یا آب رزرو) استفاده می شود. آب جیرانی به همراه املاح محلول در خود به آب تغذیه دیگ اضافه می شود. به علت تبخیر، غلظت^۱ مواد موجود در آب دیگ بالا می رود و پس از مدتی که از فعالیت دیگ می گذرد بتدریج غلظت مواد موجود در آب دیگ افزایش می یابد. برخی از این مواد در جداره های فلزی تیوبها، هدرها و استوانه ها رسوب می کنند. رسوب موجب داغ شدن نقطه ای و ناحیه ای می شود که بسیار خطرناک است (در بسیاری از موارد منجر به ترکیدن دیگ بخار شده است). رسوب بر شدت انتقال گرما اثر منفی می گذارد.

۹-۳-۱ جلوگیری از تشکیل رسوب (Scale Prevention)

نمکهای کلسیم و منیزیم ترکیباتی هستند که در آب تغذیه وجود دارند. وقتی این ترکیبات به همراه آب دیگ بخار در معرض گرما قرار می گیرند، به رسوبات سولفات و کربنات تبدیل می شوند. برای جلوگیری از تشکیل این رسوبات باید فسفات های مناسب به آب دیگ تزریق شود. پس از تزریق فسفات مناسب، سولفات و کربنات موجود در آب به فسفات کلسیم و فسفات منیزیم تبدیل می شود. این ترکیبات خاصیت چسبندگی ندارند و به صورت لجن درآمده با استفاده از شبکه بلودان از

دیگ خارج می شوند.

برای جلوگیری از تشکیل رسوب غیر از فسفاتهای مناسب [معمولاً NaPO_3 ، $(\text{NaPO}_3)_6$ ، Na_2HPO_4 و Na_2PO_4]، از کربنات سدیم^۲ (Na_2CO_3)، آلومینات سدیم، سیلیکات سدیم و برخی مواد آلی شیمیایی نیز می توان استفاده کرد.

۹-۴- خوردگی (Corrosion)

اکسیژن محلول در آب^۳ عامل اصلی خوردگی تیوبها، هدرها، استوانه ها، و لوله ها است. وقتی گاز کربنیک به همراه اکسیژن باشند، میزان خوردگی افزایش می یابد. اکسیژن و گاز کربنیک حمل شده به وسیله بخار در کندانسیت حل و موجب خوردگی مدار کندانسیت می شوند. خوردگی اکسیژن با اکسیداسیون فلز انجام می شود، طوری که سطوح فلز را آبله گون و حتی سوراخ می کند.

عامل مهم دیگر که در خوردگی فلزات دیگ بخار مؤثر است، pH نامناسب است. همان طور که در بخش ۱-۳-۳ ذکر شد، مناسبترین محدوده pH آب دیگ بخار از ۱۰/۲ الی ۱۱/۵ است.

۹-۴-۱ جلوگیری از خوردگی (Corrosion Prevention)

جلوگیری از خوردگی اکسیژن با زدودن اکسیژن و گاز کربنیک در مخزن اکسیژن زدایی آغاز می شود. برای مقابله با خوردگی اکسیژن در دیگ بخار باید از روشهای شیمیایی استفاده کرد. با تزریق سولفیت سدیم به آب دیگ بخار، این سولفیت با اکسیژن ترکیب و سولفات سدیم تشکیل می شود که از خوردگی جلوگیری می کند. برای جلوگیری از خوردگی مدار کندانسیت از آمونیاک استفاده می شود.

همانگونه که در بخش ۱-۳-۳ نیز گفته شد، تزریق فسفاتهای مناسب موجب افزایش pH آب دیگ می شود؛ منتهی باید مراقب بود تا در محدوده مناسب حفظ شود. بدین ترتیب از خوردگی به وسیله اسید و خوردگی در شرایط قلیایی قوی (یعنی وقتی که pH بیشتر از ۱۱/۵ باشد) جلوگیری می شود.

۱- Density

۲- نام تجاری آن Soda Ash است.

۳- Dissolved Oxygen

۹-۵- پرایمینگ و فومینگ

(Priming and Foaming)

در بخش ۱-۲-۱ تعریف مختصری از این دو پدیده مطالعه شد. پرایمینگ عبارت است از خروج ذرات آب به همراه بخار بر اثر شکسته شدن شدید حبابهای بخار. عوامل بروز پرایمینگ عبارتند از: ۱- ارتفاع زیاد آب در استوانه بخار (های واتر)؛ ۲- غلظت شدید مواد محلول در آب؛ ۳- وجود کثافات، مواد نفتی و روغنی در آب؛ ۴- بخارسازی بیش از ظرفیت دیگ. عوامل بروز فومینگ یا کف کردن سطح آب در استوانه بخار عبارتند از: ۱- مواد معلق و بسیار ریز، ۲- غلظت شدید مواد محلول در آب. فرار ذرات مواد شیمیایی و ناخالصیهای دیگر به همراه بخار موجب ایجاد رسوب در پره‌ها و تیغه‌های توربین و حتی اختلال کار توربین می‌شود.

۱-۵-۹- روشهای مهار پرایمینگ و فومینگ:

ابتدا باید دید که آیا دیگ دچار بخارسازی و فعالیت خارج از ظرفیت خود شده است یا خیر. اگر پاسخ منفی بود باید از فعالیت صحیح جدا کننده‌های رطوبت اطمینان حاصل کرد؛ سپس باید آزمایش اندازه‌گیری قلبایت^۱ و اندازه‌گیری «مجموع مواد جامد محلول در آب»^۲ را انجام داد.

اگر قلبایت زیاد بود باید تزریق موادی که قلبایت را بالا می‌برند کاهش داده شود (مثلاً کرینات سدیم در درجه حرارت و فشار زیاد به سود سوزآور که یک ترکیب قلبایی قوی است تبدیل می‌شود). اگر اندازه مجموع مواد جامد محلول در آب زیاد بود باید با عمل بلودان مقداری از آب دیگ تخلیه شود. برای مهار فومینگ از مواد شیمیایی ضدکف استفاده می‌شود.

برای خارج کردن مواد روغنی و نفتی و کثافات شناور دیگر، از تخلیه سطحی و برای خارج کردن کثافات سنگین، از تخلیه زیری استفاده می‌شود.

۹-۶- کامپاندهای دیگ بخار

(Boiler Compounds)

کامپاندها مواد مرکب شیمیایی هستند که برای تصفیه آب دیگ بخار به کار می‌روند. برای تهیه کامپاندها از مواد آلی یا غیرآلی مرکب به صورت مایع، خمیر، جامد و بودر استفاده می‌شود. معمولاً اجزای متشکله کامپاندها عبارت هستند از: نشاسته^۳، آگار-آگار^۴، پدیکتان^۵، سریشم^۶، سیلیکات سدیم، فسفات سدیم، کرینات سدیم و کرومات سدیم. استفاده از این مواد کمک زیادی به کارکنان دیگ بخار می‌کند. «کامپاندهای استاندارد»^۷ که استفاده از آنها و حمل و نقل آنها بسیار آسان است، تقریباً برای رفع هرگونه اشکال آب دیگ تهیه شده‌اند. برابر دستورات کارخانه‌های سازنده، پس از انجام آزمایشات مشخص می‌شود که چه مقدار از کدام کامپاند باید به آب دیگ تزریق شود.

۷-۹- منابع آلودگی روغن و مواد نفتی

در کشتیهای مجهز به نیروی محرکه بخار، آلودگی مواد روغنی و نفتی از نقاط زیر نشأت می‌گیرد: ۱- گرم کن‌های روغن و سوخت، ۲- پاناقانهای توربین فشار کم، ۳- پمپهای بیستونی که با بخار کار می‌کنند. این آلودگیها در ابتدا به همراه بخار و سپس بعد از انقباض بخار به همراه کندانسیت حمل می‌شوند.

در برخی از کشتیها برای جذب روغن از بخار، در مسیر حرکت بخار فیلترهایی نصب می‌شود. در برخی از کشتیها برای تشخیص آلودگی روغن، بخار منقبض شده (کندانسیت) به مخازن کوچکی هدایت می‌شود. این مخازن کوچک دارای شبشه بازدید هستند و ساعتی یک مرتبه از آنها بازدید می‌شود. اگر در مخزن روغن دیده شود، کندانسیت به‌طور مستقیم به مخزن جمع‌آوری آبهای آلوده کشتی هدایت می‌شود.

به هر حال کارکنان کشتی و دیگ بخار باید حداکثر تلاش خود را به عمل آورند تا از ورود روغن به دیگ بخار جلوگیری شود.

۱- Alkalinity Test

۳- Starch

۵- Flaxseed

۷- Standard Compounds

۲- Test For Total Dissolved Solids

۴- Agar یا Agar

۶- Gelatine

۸-۹- نمونه برداری و نکات مهم در آزمایش آب

تعداد دفعات نمونه برداری در هر روز و وسعت انجام آزمایشها بستگی به ظرفیت، نوع و فشار دیگ بخار دارد و در روشهای نگهداری تجهیزات نیروی محرکه کشتی درج می شود. برای کنترل کیفیت آب در نیروی محرکه بخاری از نقاط زیر نمونه برداری می شود:

۱- نمونه برداری از آب مقطر تولید شده به وسیله آب شیرین کن های کشتی: آب مقطر مورد نیاز دیگهای بخار کشتی به طور عمده از تقطیر آب دریا به دست می آید. اگرچه در اوقات استقرار در اسکله می توان از منابع ساحلی، آب مقطر دریافت کرد؛ اما تجربه نشان داده است که یک کشتی بخاری متکی به آب شیرین کن های خود است و منشأ آب تغذیه دیگ بخار کشتی، آب دریا است.

۲- نمونه برداری از آب تغذیه: همواره مقدار کمی از نمک دریا در آب تغذیه وجود دارد، اما غلظت آن باید در حدود

قابل قبول حفظ شود. این مسأله به آلودگی نمک نیز موسوم است. نمونه برداری از آب تغذیه، از آب تغذیه در مخزن اکسیژن زدایی و آب تغذیه موجود در مخزن جبرانی انجام می شود.

۳- نمونه برداری از آب دیگ بخار

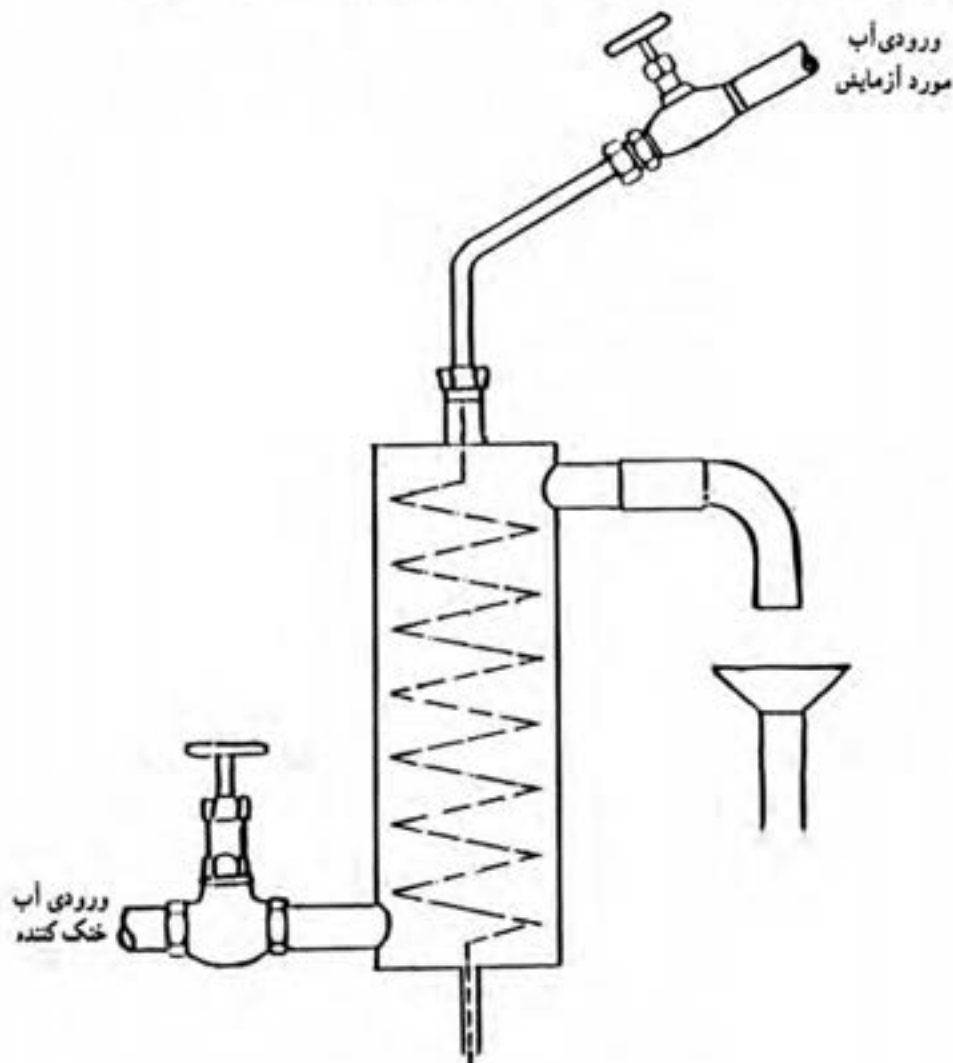
۴- نمونه برداری از کندانسیت

۵- نمونه برداری از بخار.

صحت هر آزمایش بستگی مستقیم به نمونه برداری صحیح دارد.

نمونه ای که آزمایش می شود باید دقیقاً دارای تمام صفات نمونه ای باشد که برداشته شده است. پس باید هنگامی نمونه برداری شود که تمام آبهای قبلی موجود در مسیر لوله ها کاملاً تخلیه شده باشند.

چون آب دیگ بخار و آب تغذیه دارای درجه حرارت زیادی هستند، نمونه های گرفته شده باید خنک شود. بدین منظور نمونه های داغ از مخزن خنک کننده ای شبیه مخزن نشان داده شده در شکل ۱-۹ عبور داده می شود.



شکل ۱-۹- مخزن خنک کننده نمونه های داغ

در هر کشتی بخاری، آزمایشگاهی وجود دارد که بسیاری از آزمایشها را می توان در آن جا انجام داد. البته آزمایشهای ساده تر در همان نزدیکی محل نمونه برداری انجام می شود. نتایج آزمایشها باید روزانه به اطلاع مدیر ماشین کشتی برسد و پس از تصویب وی، اقدامات لازم در اصلاح کیفیت و وضعیت آب به عمل آید.

معرفها و مواد شیمیایی باید با دقت آماده و تمیز نگهداری شوند. برخی از معرفها و مواد شیمیایی عمری معین دارند و باید بموقع تعویض شوند. مواد شیمیایی (به خصوص محلولها) باید در اماکن خنک نگهداری شوند. بطریهای مخصوص مواد شیمیایی قبل از پرکردن باید با همان محلولهای شیمیایی آبکشی شده سپس پر شوند. بسیاری از سازندگان دیگهای بخار توصیه می کنند که برابر

برنامه زمان بندی شده از یک شیمیدان یا مهندس شیمی مجرب برای بررسی نحوه آزمایشات معمولی که به وسیله کارکنان کشتی انجام می شود، استفاده شود. در هر کشتی نه تنها باید مطابق دستورات کارخانه سازنده نسبت به انجام آزمایشها اقدام کرد، بلکه تنها کارکنان صلاحیتدار مجاز به انجام آزمایشها هستند.

اسامی آزمایشهای معمولی مربوط به آب دیگ بخار بدین شرح است: ۱- آزمایش اندازه گیری کلرورها که به آزمایش اندازه گیری غلظت نمک نیز موسوم است؛ ۲- آزمایش اندازه گیری مقدار قلیائیت؛ ۳- آزمایش اندازه گیری سختی؛ ۴- آزمایش اندازه گیری اکسیژن محلول؛ ۵- آزمایش اندازه گیری سولفاتها؛ ۶- آزمایش اندازه گیری سولفیتها؛ ۷- آزمایش اندازه گیری فسفاتها.

پرسش

- ۱- منظور اصلی از تصفیه آب در نیروی محرکه بخاری چیست؟
- ۲- روشهای تصفیه آب در نیروی محرکه بخاری را نام برده برای هر کدام تعریف مختصری بنویسید.
- ۳- مهمترین مسایل در تصفیه آب دیگ بخار را نام ببرید.
- ۴- دلایل ایجاد رسوب در دیگ بخار را شرح دهید.
- ۵- ایجاد رسوب، دارای چه خطراتی است؟
- ۶- نحوه جلوگیری از تشکیل رسوب را بیان کنید.
- ۷- دلایل بروز خوردگی در دیگ بخار را بیان کنید.
- ۸- روشهای جلوگیری از خوردگی را شرح دهید.
- ۹- عوامل بروز پدیده پرایمینگ را بیان کنید.
- ۱۰- عوامل بروز پدیده فومینگ را نام ببرید.
- ۱۱- روشهای مهار پدیده های پرایمینگ و فومینگ را بیان کنید.
- ۱۲- کامپاندهای دیگ بخار به چه منظوری به کار می روند؟
- ۱۳- منابع آلودگی آب تغذیه و آب دیگ بخار با روغن و مواد نفتی را نام ببرید.
- ۱۴- نحوه جذب آلودگی روغن و مواد نفتی از آب تغذیه را بیان کنید.
- ۱۵- نحوه زدودن آلودگی روغن و مواد نفتی از آب دیگ بخار را بیان کنید.
- ۱۶- چرا همواره مقدار کمی نمک در آب تغذیه وجود دارد؟
- ۱۷- نمونه برداری از آب داغ تغذیه و آب داغ دیگ بخار چگونه انجام می شود؟
- ۱۸- نحوه نگهداری معرفها و مواد شیمیایی را بیان کنید.
- ۱۹- کدام یک از کارکنان کشتی مجاز به انجام آزمایش آب هستند؟
- ۲۰- اسامی آزمایشهای معمولی مربوط به آب دیگ بخار را نام ببرید.
- ۲۱- pH مناسب آب دیگ بخار در چه محدوده ای است؟

بخش دوم

موتورهای درونسوز

Reciprocating Internal Combustion Engines

موتورهای درونسوز

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- موتورهای درونسوز را معرفی کرده اهمیت و کاربرد آنها را بیان کند.
 - اصول کار و نحوه تبدیل انرژی در موتورهای درونسوز را بیان کند.
 - روشهای طبقه‌بندی موتورهای درونسوز دیزلی را معرفی کرده شرح دهد.
 - ساختمان موتورهای درونسوز دیزلی و بنزینی را معرفی کرده وظایف اجزای آنها را بیان کند.
 - شبکه‌های موتورهای درونسوز را معرفی کرده وظایف هرکدام را بیان کند.
 - نیروی محرکه دیزلی را معرفی کند.
 - بهره‌برداری از موتورهای بنزینی در شناورها را بیان کند.

۱- موتورهای درونسوز

محرکه برخی از کشتیهای بخاری رودخانه‌ای که با بخار کار می‌کنند، جزء موتورهای پیستونی و برونسوز هستند؛ به همین جهت موتورهای پیستونی دیزلی و بنزینی را می‌توان «موتورهای درونسوز پیستونی»^۱ یا «موتورهای درونسوز رفت و برگشتی»^۲ نامید.

موتورهای درونسوز پیستونی به عنوان نیروی محرکه بسیاری از وسایل نقلیه هوایی، زمینی و دریایی به کار برده شده‌اند. «موتورهای دیزلی»^۳ از «موتورهای بنزینی»^۴ قدرت بیشتری دارند و در اندازه‌های بسیار بزرگتری نسبت به موتور بنزینی ساخته شده‌اند؛ از این رو به عنوان نیروی محرکه بسیاری از قایقها، کشتیهای کوچک، متوسط و بزرگ، ناوهای جنگی در اندازه‌های مختلف و زیردریایها به کار برده شده‌اند. تمام کشتیهای مجهز به نیروی محرکه دیزلی دارای ژنراتورهای برق با محرک دیزل هستند.

۱-۱- معرفی موتورهای درونسوز و اهمیت و کاربرد آنها

یک «موتور درونسوز»^۱ دستگاهی است که در آن احتراق سوخت و تبدیل انرژی گرمایی به کار مفید، در درون موتور انجام می‌پذیرد. در توربین بخار احتراق انجام نمی‌گیرد، بلکه احتراق در دیگ بخار به وقوع می‌پیوندد؛ بدین دلیل توربین بخار یک «موتور برونسوز»^۲ نامیده شده است.

واژه موتور درونسوز معمولاً به موتورهای پیستونی دیزلی و بنزینی اطلاق می‌شود. (در فصل مربوط به توربینهای گاز ملاحظه خواهد شد که آن موتورها از یک لحاظ درونسوز و از لحاظ دیگر برونسوز هستند). به موتورهای دیزلی و بنزینی نمی‌توان منحصرأ واژه موتورهای پیستونی را اطلاق کرد، زیرا بسیاری از بمبهای پیستونی به کار رفته در کشتیهای بخاری و حتی نیروی

۱- Internal Combustion Engine

۲- Internal Combustion Piston Engines

۳- Diesel Engines

۴- External Combustion Engine

۵- Reciprocating Internal Combustion Engines

۶- Gasoline Engines

«شاتون»^۴ به همراه وسیله دیگری به نام «میل لنگ»^۵ نیروی وارد شده به پیستون را به «نیروی گردشی»^۶ تبدیل می کند.

۲-۱۰ اصول کار و نحوه تبدیل انرژی در موتورهای درونسوز

در موتورهای درونسوز بنزینی برای ورود مخلوط هوا و سوخت (و در موتورهای دیزلی برای ورود هوا) سوراخی در سر سیلندر وجود دارد که «مجرای ورودی»^۷ نامیده می شود. مجرای دیگری جهت خروج دود در سر سیلندر وجود دارد که به آن مجرای خروجی یا «مجرای تخلیه»^۸ گفته می شود. این دو مجرا باید در زمانهای معینی باز و سپس بسته شوند که این کار به وسیله «سوپاپ ورودی»^۹ و «سوپاپ خروجی یا تخلیه»^{۱۰} انجام می پذیرد. بالاترین نقطه ای که پیستون در داخل سیلندر به آن می رسد، «نقطه مرگ بالا»^{۱۱} یا نقطه توقف بالا نام دارد. پایینترین نقطه ای که پیستون در داخل سیلندر به آن می رسد، «نقطه مرگ پایین»^{۱۲} یا نقطه توقف پایین نام دارد. فاصله بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین «یک کورس»^{۱۳} نامیده می شود.

از لحظه ای که مخلوط معینی از هوا و بنزین (در موتورهای بنزینی) یا مقدار معینی از هوا (در موتورهای دیزلی) وارد سیلندر می شود تا لحظه ای که محصولات احتراق به صورت دود از سیلندر خارج می شوند، یک سری اتفاقات به وقوع می پیوندد که موجب تولید قدرت می شود. مجموع این «اتفاقات»^{۱۴} را یک «سیکل موتور»^{۱۵} نامیده اند. در هر سیکل پنج اتفاق به وقوع می پیوندد که به ترتیب در جدول صفحه بعد بیان شده اند.

بسیاری از ناوهای جنگی که دارای نیروی محرکه توربین گاز یا ترکیب توربین گاز و دیزل هستند نیز از ژنراتورهای دیزلی استفاده می کنند. در تمام کشتیهای مجهز به نیروی محرکه بخار حداقل یک دستگاه ژنراتور دیزلی و در بسیاری از آنها بین دو تا سه دستگاه ژنراتور دیزلی وجود دارد. محرک برخی از پمپها و کمپرسورهای هوای سیار و ثابت نیز موتور دیزلی است.

موتورهای بنزینی به عنوان نیروی محرکه در قایقهای کوچک تندرو به کار برده می شوند. اکثر «موتورهای یکپارچه»^{۱۶} از نوع بنزینی هستند (این گونه موتورها برای استفاده در عقب قایق نصب شده پس از پایان کار از قایق بیرون برده می شوند). در کشتیها از موتورهای بنزینی به عنوان محرک برخی از پمپهای سیار آب و برخی از ژنراتورهای کوچک برق استفاده می شود.

موتورهای درونسوز پیستونی انرژی ذخیره شده در سوخت را به کار تبدیل می کنند. این نتیجه از انبساط سریع گازهای احتراق یافته در داخل سیلندر به وجود می آید. پس در هر موتور درونسوز باید: ۱- جایی برای انجام عمل احتراق وجود داشته باشد؛ ۲- هوا و سوخت سوزانده شود؛ ۳- وسیله ای برای تبدیل انرژی حاصل از انبساط گازهای سوخته شده وجود داشته باشد؛ ۴- راهی برای خروج دودهای حاصل از احتراق وجود داشته باشد؛ ۵- قطعه متحرکی وجود داشته باشد که گازهای انبساط یافته بر آن نیرو وارد کند.

محفظه ای که عمل احتراق در آن صورت می گیرد، «سیلندر»^{۱۷} و قطعه متحرکی که در داخل سیلندر عمل رفت و برگشت را انجام می دهد، «پیستون»^{۱۸} نام دارد. وسیله ای به نام

۱- Outboard Engines

۳- Piston

۵- Crankshaft

۷- Intake Port

۹- Intake Valve

۱۱- Top Dead Center (TDC)

۱۳- Stroke

۱۵- Engine Cycle

۲- Cylinder

۴- Connecting Rod

۶- Turning Power

۸- Exhaust Port

۱۰- Exhaust Valve

۱۲- Bottom Dead Center (BDC)

۱۴- Events

ردیف اتفاق	عنوان اتفاق در موتور بنزینی	عنوان اتفاق در موتور دیزلی	عنوان اتفاق به زبان انگلیسی
۱	مکش هوا و بنزین	مکش هوا	Induction
۲	تراکم مخلوط هوا و بنزین	تراکم هوا	Compression
۳	جرقه زدن شمعها، شعله ور شدن و احتراق مخلوط هوا و بنزین	تزریق سوخت، شعله ور شدن و احتراق هوا و سوخت	Ignition and Combustion
۴	تولید قدرت (انبساط گازها)	تولید قدرت (انبساط گازها)	Power (Expansion of Gases)
۵	تخلیه دود	تخلیه دود	Exhaust

طرف بالا حرکت می کند به فشار مخلوط هوا و بنزین افزوده می شود؛ زیرا مخلوط بتدریج متراکم می شود.

ب. مرحله یا زمان قدرت: این مرحله را «مرحله انبساط»^۱ نیز می گویند. در انتهای مرحله تراکم مخلوط هوا و بنزین کاملاً فشرده می شود. در این لحظه «شمع»^۲ جرقه^۳ می زند و سبب احتراق مخلوط هوا و بنزین می شود. در اثر سوختن این مخلوط گازهای حاصل منبسط شده فشار حاصل از انبساط گازها، موجب راندن پیستون به سمت نقطه مرگ پایین می شود. برای آن که فرصت کافی برای سوختن این مخلوط وجود داشته باشند و قدرت بیشتری تولید شود، جرقه^۴ شمع کمی قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا زده می شود. در این مرحله هر دو سوپاپ بسته هستند. در اکثر موتورهای بنزینی مدرن حجم مخلوط در ابتدای مرحله تراکم نسبت به حجم مخلوط در انتهای این مرحله هشت به یک است. نسبت حجم مخلوط در ابتدای مرحله تراکم به حجم مخلوط در انتهای این مرحله را «نسبت تراکم»^۵ می گویند. در موتورهای یاد شده نسبت تراکم برابر هشت است. البته در برخی از موتورهای بنزینی دریایی نسبت تراکم برابر نه (۹) است.

ت. مرحله تخلیه: در مرحله قبل، پیش از آن که پیستون به نقطه مرگ پایین برسد سوپاپ تخلیه باز می شود و شروع به تخلیه دود می کند. البته از لحاظ تئوری، آغاز مرحله تخلیه پس از

در بعضی از موتورهای درونسوز این اتفاقات در چهار کورس پیستون (دو رفت و دو برگشت) به وقوع می پیوندد. این گونه موتورها را «موتورهای چهار زمانه»^۱ نامیده اند. در گروه دیگری از موتورهای درونسوز این اتفاقات در دو کورس پیستون (یک رفت و یک برگشت) انجام می شود. این نوع موتورها را «موتورهای دوزمانه»^۲ نامیده اند.

۱-۲-۱۰- موتورهای چهارزمانه بنزینی:

(Four Stroke Cycle Gasoline Engines)

این موتورها در هر سیکل چهار مرحله (یا چهار زمان) دارند که به شرح زیر است:

الف. مرحله مکش یا زمان تنفس: در این مرحله پیستون از نقطه مرگ بالا به طرف پایین حرکت می کند. به هنگام پایین آمدن پیستون مخلوط هوا و بنزین از طریق مجرا و سوپاپ ورودی به داخل سیلندر مکیده می شود. در این مرحله سوپاپ ورودی باز و سوپاپ تخلیه (سوپاپ دود) بسته است (به شکل ۱-۱۰ مراجعه شود).

ب. مرحله یا زمان تراکم: در این مرحله پیستون از نقطه مرگ پایین به طرف نقطه مرگ بالا حرکت می کند. در این مرحله هر دو سوپاپ بسته هستند. مخلوط هوا و بنزین بین پیستون و جداره داخلی سیلندر محصور می شود. همین طور که پیستون به

۱- Four Stroke Cycle Engines

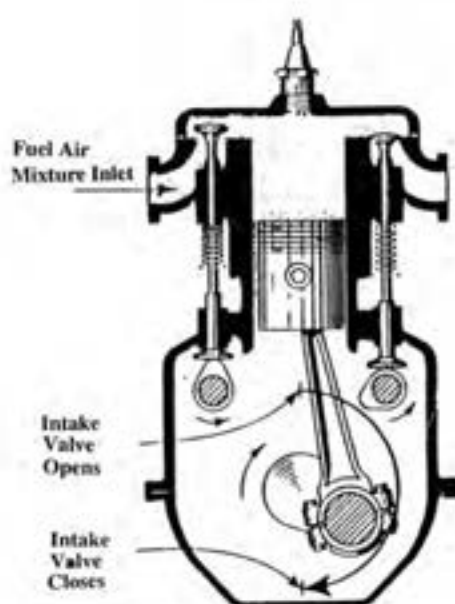
۲- Expansion Stroke

۵- Spark

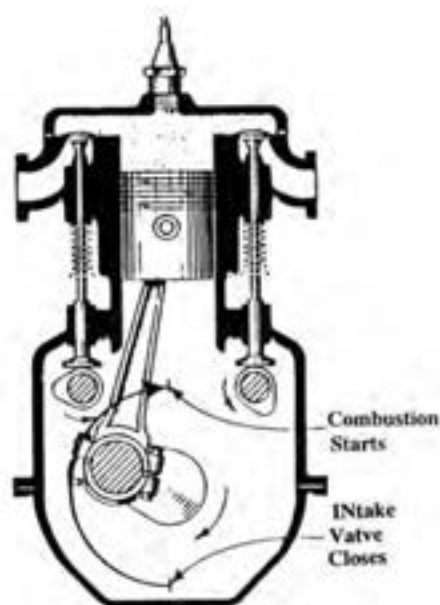
۲- Two Stroke Cycle Engines

۴- Spark Plug

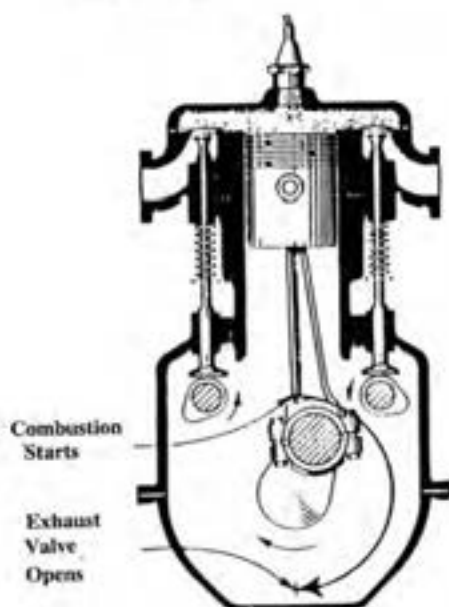
۶- Compression Ratio



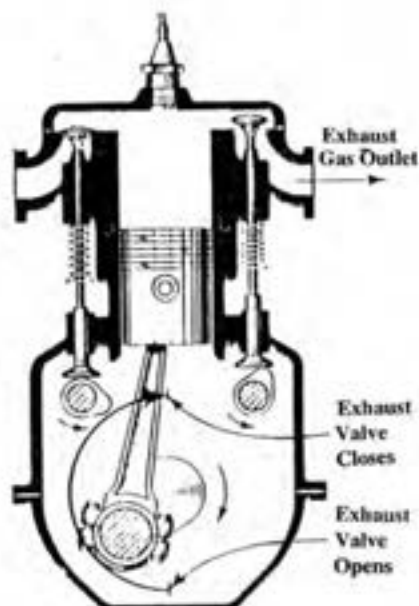
The intake stroke.



The Compression Stroke.



The power stroke.



The exhaust stroke.

شکل ۱-۱۰- چهار مرحله یک موتور بنزینی چهار زمانه

داخل مکیده شده و سیکل بعدی به وسیله مرحله مکش آغاز می شود. در هر چهار مرحله، شروع و خاتمه هر مرحله از نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین است، اما برای حصول بازدهی بیشتر، سوپاپها به شرحی که داده شد، قبل از رسیدن پیستون به این نقاط باز می شوند.

رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین است که در آن لحظه پیستون به طرف بالا حرکت می کند و در حین بالا رفتن دودهای موجود در سیلندر را به بیرون هدایت می کند. در این مرحله سوپاپ ورودی بسته است. در انتهای این مرحله و قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا سوپاپ ورودی هم باز می شود و مخلوط هوا و بنزین به

ملاحظه شد که در این چهار مرحله، پیستون دو مرتبه به طرف پایین و دو مرتبه به طرف بالا حرکت می‌کند. این حرکات به وسیله شاتون به میل لنگ منتقل می‌شود؛ بدین ترتیب حرکت خطی پیستون به حرکت دورانی میل لنگ تبدیل می‌شود. در هر کدام از این مراحل میل لنگ نیم دور یا یکصد و هشتاد درجه می‌چرخد؛ در نتیجه پس از طی چهار مرحله با یک سیکل میل لنگ در موتور چهار زمانه دو دور کامل یا هفتصد و بیست درجه می‌چرخد.

۲-۱-۲- موتورهای چهار زمانه دیزلی:

(Four Stroke Cycle Diesel Engines)

این موتورها نیز در هر سیکل دارای چهار مرحله هستند. سیکل با مرحله مکش آغاز می‌شود.

الف. مرحله مکش: در مرحله مکش سوپاپ ورودی باز می‌شود و هوا (فقط هوا) برای متراکم شدن وارد سیلندر می‌شود (به شکل ۲-۱ مراجعه شود).

ب. مرحله تراکم: مانند موتورهای چهار زمانه بنزینی، پیستون به طرف بالا حرکت می‌کند. چون فقط هوا در سیلندر وجود دارد، در این مرحله هوا متراکم می‌شود. قبل از آن که پیستون به نقطه مرگ بالا برسد، مقدار معینی سوخت به وسیله یک سوخت پاش با فشار زیاد و به صورت ذرات بسیار ریز (بودر)

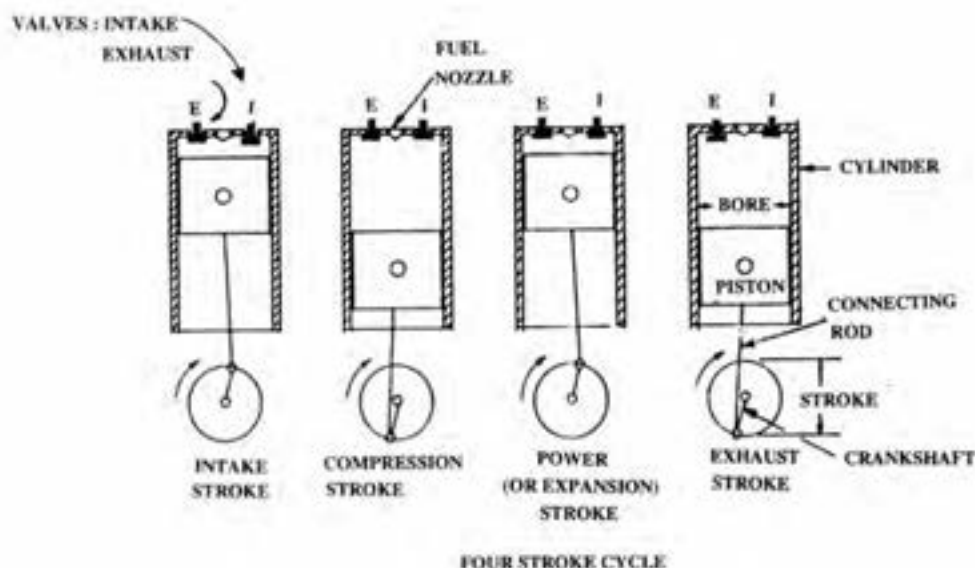
به داخل سیلندر تزریق می‌شود. نسبت تراکم موتورهای دیزلی بزرگتر از موتورهای بنزینی است؛ به این جهت درجه حرارت هوای فشرده در انتهای مرحله تراکم موتور دیزلی بیشتر از درجه حرارت مخلوط هوا و بنزین در انتهای مرحله تراکم موتور بنزینی است. در اکثر موتورهای دیزل دریایی نسبت تراکم حدود بیست (۲۰) است. در موتور دیزلی هوا آنقدر متراکم می‌شود تا درجه حرارت آن از درجه حرارت نقطه اشتعال سوخت بیشتر شود. هوای متراکم و داغ و محیط داغ سیلندر موجب شعله‌ور شدن مخلوط هوا و سوخت می‌شود و احتراق صورت می‌گیرد.

پ. مرحله قدرت: انبساط گازهای احتراق موجب حرکت پیستون به طرف پایین و تولید قدرت می‌شود.

ت. مرحله تخلیه: پس از پایان یافتن مرحله قدرت، همانند موتورهای چهار زمانه بنزینی تخلیه گازها انجام می‌شود.

در موتورهای چهار زمانه دیزل نیز در هر سیکل، میل لنگ دو دور کامل یا هفتصد و بیست درجه می‌چرخد؛ همچنین:

در تمام موتورهای چهار زمانه درونسوز دیزلی و بنزینی، برای هر دو مرتبه گردش میل لنگ (۷۲۰ درجه) یک کورس قدرت وجود دارد.



شکل ۲-۱-۲- مراحل چهارگانه در یک موتور دیزلی چهار زمانه

۳-۲-۱۰- موتورهای دوزمانه بنزینی:

(Two Stroke Cycle Gasoline Engines)

تفاوت این موتورها با موتورهای چهارزمانه بنزینی در تعداد کورسها در یک سیکل و طبقه هدایت مخلوط هوا و بنزین به داخل سیلندر است. موتورهای دوزمانه بنزینی از لحاظ مکانیکی از موتورهای چهار زمانه بنزینی ساده تر هستند، اما بازدهی آنها کمتر و روغنکاری آنها مشکلتر است.

در این موتورها نیز مانند موتورهای چهار زمانه پنج اتفاق رخ می دهد که به ترتیب همان مکش، تراکم، احتراق، قدرت و تخلیه هستند. در ابتدا با حرکت پیستون به طرف بالا، مخلوط هوا و بنزین از دریچه ورودی وارد سیلندر می شود. به هنگام بالا رفتن پیستون، مخلوط فشرده می شود تا جایی که دو دریچه موجود در سیلندر در مقابل پیستون قرار گرفته مسدود می شوند. وقتی پیستون به نقطه مرگ بالا می رسد، این مخلوط کاملاً فشرده می شود. پس از جرقه شمع، مخلوط شعله ور شده احتراق انجام می پذیرد. در اثر احتراق مخلوط، گازها منبسط می شوند و از این رو پیستون به طرف پایین رانده می شود. به محض آن که پیستون (در حین پایین رفتن) از دریچه دود می گذرد، دود به بیرون تخلیه می شود.

پیستون پس از رسیدن به نقطه مرگ پایین، دوباره به طرف بالا می رود. مخلوط هوا و بنزین دوباره به داخل سیلندر مکیده

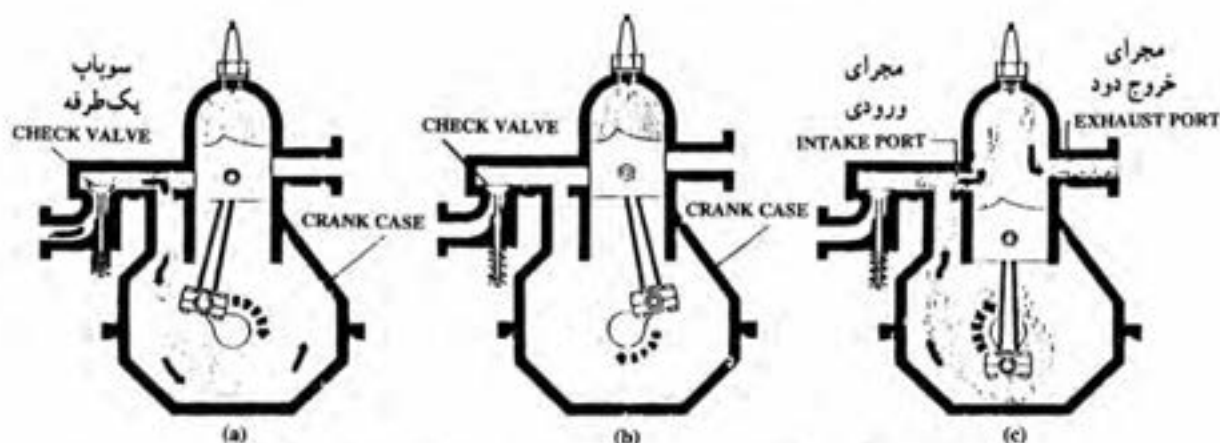
می شود و سیکل دیگری آغاز می گردد. همچنین ورود مخلوط جدید هوا و بنزین، بیرون راندن دودهای سیکل قبلی را تسریع می کند. پس در هر سیکل، پیستون یک حرکت رفت و یک حرکت برگشت دارد؛ یعنی در موتورهای دوزمانه، در هر سیکل موتور، پیستون تنها یک مرتبه بالا و پایین می شود و میل لنگ تنها یک دور می چرخد (به شکل ۳-۱۰ مراجعه شود).

برای روغنکاری و روان سازی اکثر موتورهای دوزمانه بنزینی، روغن به داخل باک بنزین ریخته می شود. قبل از ریختن روغن باید دستورات کارخانه سازنده مطالعه و نسبت صحیح مخلوط روغن و بنزین رعایت شود. روغن موجود در مخلوط هوا و بنزین پس از عبور از کاربراتور از طریق دریچه ورودی (به شکل ۳-۱۰ مراجعه شود) وارد «محفظه لنگ» می شود و قطعات متحرک را روغنکاری می کند.

۴-۲-۱۰- معایب موتورهای بنزینی دوزمانه:

بخشی از مرحله تخلیه و مرحله مکش همزمان هستند. به این دلیل مقداری از مخلوط هوا و بنزین قبل از احتراق به همراه دودهای سیکل قبلی از سیلندر خارج می شود و بدین ترتیب، مقداری از راندمان موتور کاهش می یابد.

مقدار منوکسیدکربن و کربن نسوخته به همراه دودهای تخلیه این نوع موتور بیش از موتورهای چهار زمانه است؛ بنابراین بهتر است که در اماکن سر پوشیده و محدود به کار برده نشوند، چون



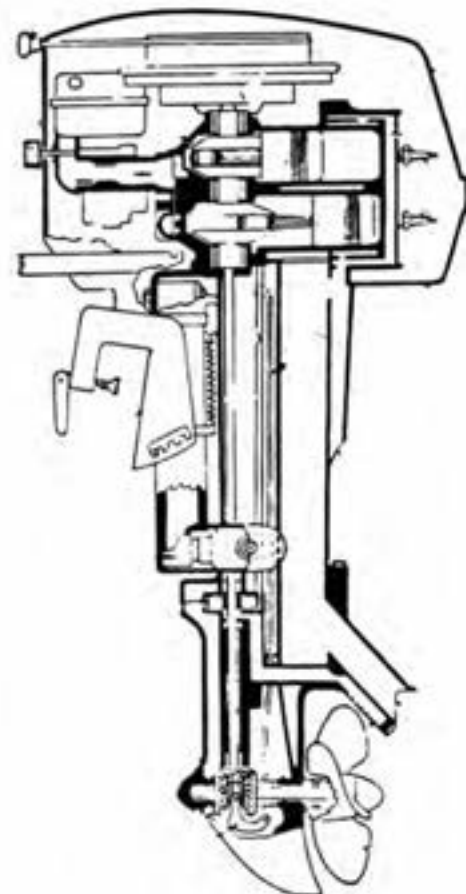
Operation of a two-stroke-cycle engine. (a) Compression event. (b) Ignition and power events. (c) Exhaust and intake events.

شکل ۳-۱۰- فرایند یک سیکل در موتور بنزینی دوزمانه

خیلی سریع آلودگی هوای پیرامون خود را افزایش می دهند. هرچه این موتورها بزرگتر باشند راندمان بیشتری از دست می دهند، زیرا مصرف سوخت آنها بالا می رود و مواد زاید در گازهای خروجی افزایش می یابد.

روغنکاری و روان سازی این گونه موتورها از موتورهای چهار زمانه بنزینی مشکلتر است، زیرا روغن با بنزین مخلوط می شود. در ضمن همواره مقداری از روغن سوخته از دریچه دود سیلندر خارج می شود و به آلودگی محیط می افزاید. موتورهای دوزمانه بنزینی بیشتر از موتورهای چهار زمانه بنزینی داغ می کنند، زیرا که در هر دور گردش میل لنگ، مخلوط هوا و بنزین یک مرتبه محترق می شود. (در موتورهای چهار زمانه در هر دو دور گردش میل لنگ، مخلوط هوا و بنزین یک مرتبه محترق می شود).

OUTBOARD - BASIC ENGINE, TWO CYCLE



شکل ۴-۱۰- موتور یکپارچه با بیرونی

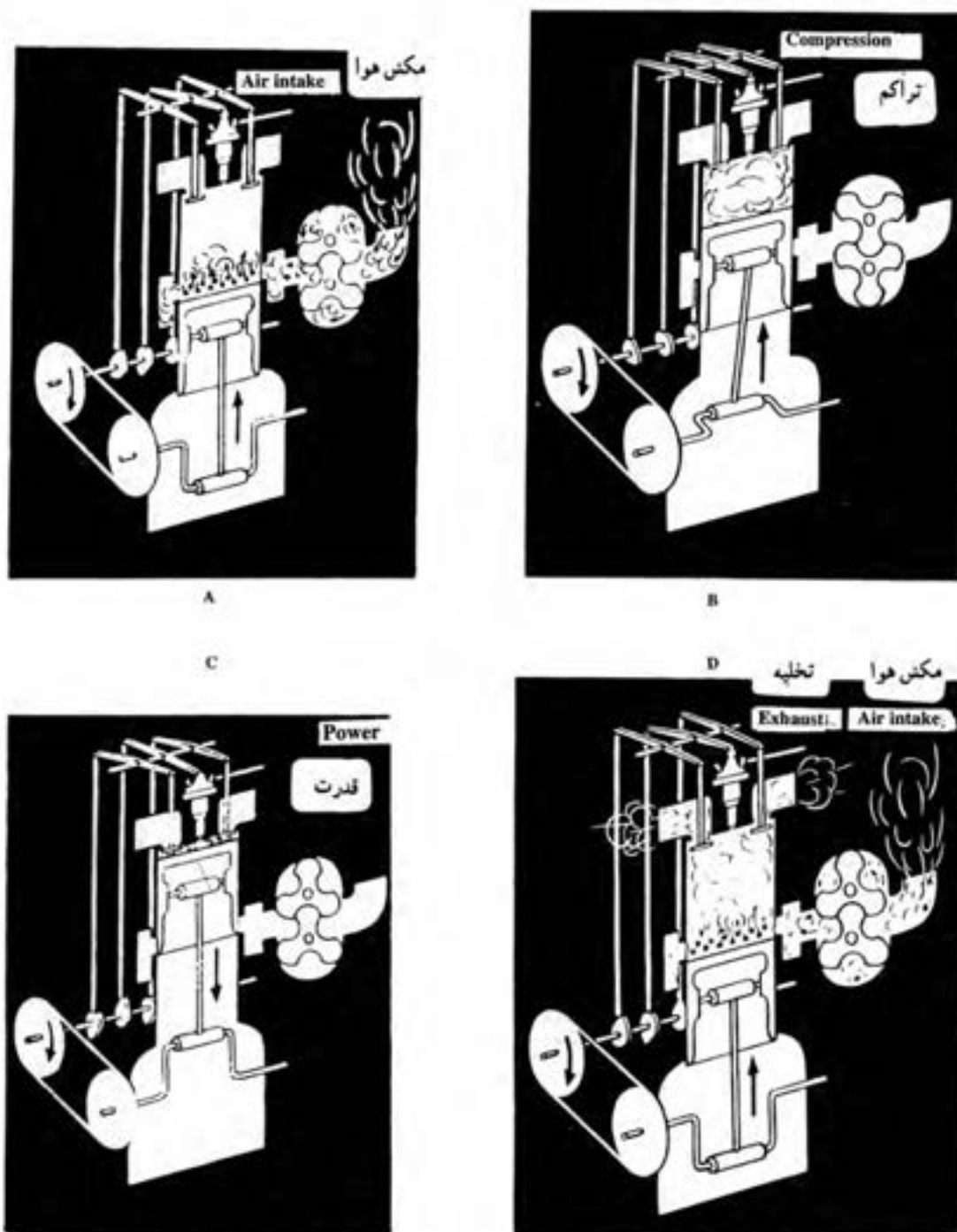
۵-۲-۱۰- موارد استفاده از موتورهای بنزینی

دوزمانه: بسیاری از موتورهای بنزینی کوچک از نوع دو زمانه هستند. معمولاً وقتی وزن کم و سرعت زیاد از عوامل اصلی هستند، از این موتورها استفاده می شود. برای مثال، می توان بمبهای اضطراری آب و موتورهای یکپارچه (موتورهای بیرونی) را نام برد. در شکل ۴-۱۰ تصویر از مقطع یک موتور دوزمانه یکپارچه نشان داده شده است (یا موتور قایق جیبی).

۶-۲-۱- موتورهای دوزمانه دیزلی (Two-Stroke Cycle Diesel Engines)

در شکل ۵-۱۰ مراحل انجام شده در یک سیکل موتور دوزمانه دیزلی نشان داده شده است. مجاری و سوپاپهای تخلیه در بخش فوقانی سیلندر قرار دارند و به جای مجاری و سوپاپهای ورودی دریچه هایی در بدنه سیلندر در نزدیکی نقطه مرگ پایین دیده می شوند. وقتی پیستون به نزدیکی نقطه مرگ پایین می رسد، سوپاپهای دود باز می شوند و زمانی که پیستون از دریچه ها می گذرد، دریچه ها نیز باز می شوند (چون باز شدن و مسدود شدن دریچه ها به وسیله بدنه پیستون انجام می شود). یک دمنده هوا (که در اکثر موتورهای پلوتور و در برخی از موتورهای کمپرسور و یا پمپ نامیده می شود) هوای ورودی به داخل سیلندر را تأمین می کند. دمنده هوا فشار هوای ورودی به سیلندر را قدری بالاتر از فشار اتمسفر می برد. هوای ورودی ضمن ورود به داخل سیلندر موجب تسریع در خروج دودهای احتراق می شود. فرآیند تسریع خروج دودها به وسیله هوای تازه را «اسکونجینگ» که به معنی جاروب کردن است، می نامند. (به بخش A شکل ۵-۱۰ مراجعه شود).

در بخش B شکل ۵-۱۰ پیستون، حرکت به طرف بالا را آغاز می کند. همزمان با حرکت پیستون، سوپاپهای تخلیه بسته و دریچه های ورودی نیز به وسیله بدنه پیستون مسدود می شوند و هوای موجود در سیلندر به وسیله پیستون متراکم می گردد. قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا، سوخت به وسیله سوخت پاش تزریق می شود. در این لحظه درجه حرارت هوای فشرده بالاتر از ۱۰۰۰ درجه فارنهایت یا ۵۳۷ درجه سانتیگراد است؛ از این رو ذرات پودر شده سوخت شعله ور می شوند و احتراق به وقوع می پیوندد و مرحله قدرت (بخش C از شکل ۵-۱۰) آغاز می شود.



Steps in the operation of a two - stroke - cycle engine.

شکل ۵-۱۰- مراحل کار در یک سیکل موتور دوزمانه دیزلی

موتورهای دوزمانه دیزلی در انواع اندازه‌ها و برای سرعت‌های مختلف ساخته شده‌اند. برخی از آنها آنقدر بزرگ هستند که تا ۵۰۰۰۰ اسب بخار قدرت تولید می‌کنند و سرعت بعضی از آنها آنقدر کم است که می‌توانند تنها صد دور در دقیقه بچرخند.

پiston برای تکمیل مرحله قدرت به طرف پایین حرکت می‌کند. همزمان با رسیدن تاج piston به درجه‌های هوا سوپاپهای تخلیه باز می‌شوند تا دود که دارای فشار زیادی است به اتمسفر تخلیه شود. با عبور piston از درجه‌های ورودی (هوا)، هوای اسکونجینگ با سرعت وارد می‌شود و خروج گازهای باقی مانده را سریع می‌کند.

۳-۱- طبقه بندی موتورهای درونسوز دیزلی

موتورهای دیزلی برای مقاصد مختلف به انواع متنوع طبقه بندی شده اند. این طبقه بندیها بسته به نوع کاری است که در یک نیروی محرکه دیزلی از موتور دیزل انتظار می رود.

۱-۳-۱- طبقه بندی از لحاظ سیکل کاری:

موتورهای دیزلی یا دوزمانه هستند، یا چهار زمانه که شرح آنها در بخشهای قبلی داده شده است.

۲-۳-۱- طبقه بندی از لحاظ نوع خنک کاری و

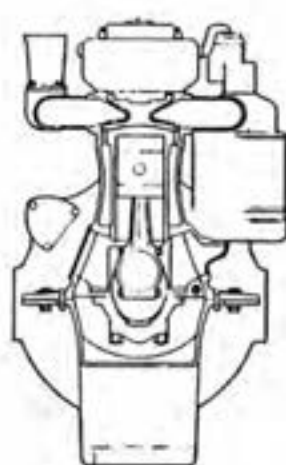
سیال خنک کننده: برخی از موتورهای دیزلی به وسیله هوا خنک می شوند؛ بدین ترتیب که شبکه بسته آب شیرین، روغن روان ساز و بدنه موتور را خنک می کند و آب شیرین در یک رادیاتور به وسیله هوا خنک می شود. استفاده از این گونه موتورها در نیروی محرکه کشتیها بسیار محدود است.

در موتورهای دیزل دریایی مدرن از آب دریا برای خنک کاری استفاده می کنند؛ بدین ترتیب که «شبه باز آب دریا» ممکن است فقط آب شیرین را در یک مبدل حرارتی خنک کند یا این که هم آب شیرین و هم روغن موتور را در دو مبدل حرارتی خنک کند. در برخی از دیزلها آب شیرین خنک کننده وجود ندارد و آب دریا، هم بدنه موتور را و هم روغن را خنک می کند. در برخی از دیزلها از آب شور دریا برای خنک کردن هوای ورودی

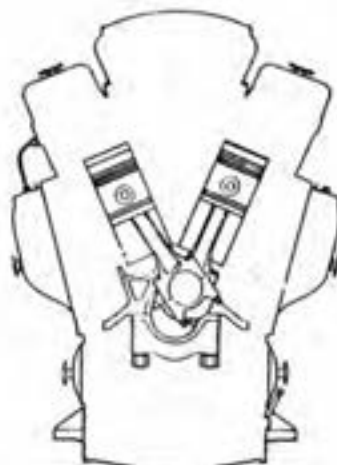
در نظر اول ممکن است این طور به ذهن خطور کند که قدرت تولید شده به وسیله یک موتور دوزمانه دوبرابر یک موتور هم اندازه چهار زمانه است. اما این ذهنیت صحیح نیست، زیرا برابر تجارب به عمل آمده مقدار قدرت واقعی بیشتری که یک موتور دوزمانه دیزلی نسبت به یک موتور چهار زمانه دیزلی و هم اندازه تولید می کند حدود $1/8$ برابر است؛ چون بخشی از قدرت تولید شده به وسیله موتور دوزمانه دیزلی برای رانش دمنده هوا مصرف می شود و مقداری از انرژی موتور به خاطر «اسکونجینگ ناقص» از دست می رود. به هر حال برای تولید قدرتهای مساوی اندازه یک موتور دوزمانه دیزلی می تواند کوچکتر از اندازه یک موتور چهار زمانه دیزلی باشد؛ بنابراین اگر قدرت تولیدی دو موتور دوزمانه و چهار زمانه دیزلی مساوی باشد، موتور دوزمانه دیزلی می تواند از موتور چهار زمانه دیزلی سبکتر باشد.

مکانیزم کنترل سوپاپهای موتور چهار زمانه پیچیده تر است. این مکانیزم در موتور دوزمانه وجود ندارد.

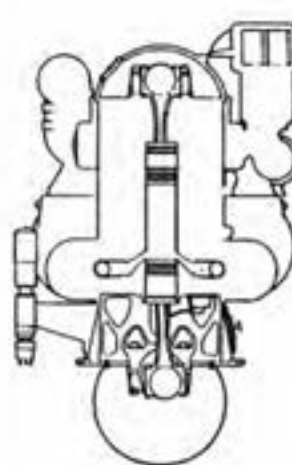
در بخش بعد طبقه بندی موتورهای درونسوز دیزلی دریایی توضیح داده می شود. در این طبقه بندی تأکید بر موتورهای نیروی محرکه است. چون موتورهای بتزینی نقشی در نیروی محرکه کشتیهای دریایی و اقیانوس پیما ندارند، نیازی به ارائه طبقه بندی موتورهای بتزینی نیست.



IN - LINE
ENGINE مستقیم



VEE ENGINE خورجینی



OPPOSED - PISTON
ENGINE بیستون متقابل

Common engine cylinder arrangements

شکل ۶-۱۰ سه نوع ترتیب استقرار سیلندرها در دیزلهای دریایی

به سیلندر که قبلاً کمی تراکم شده است استفاده می شود. در مورد شبکه های خنک کننده در بخشهای بعدی بیشتر توضیح داده می شود.

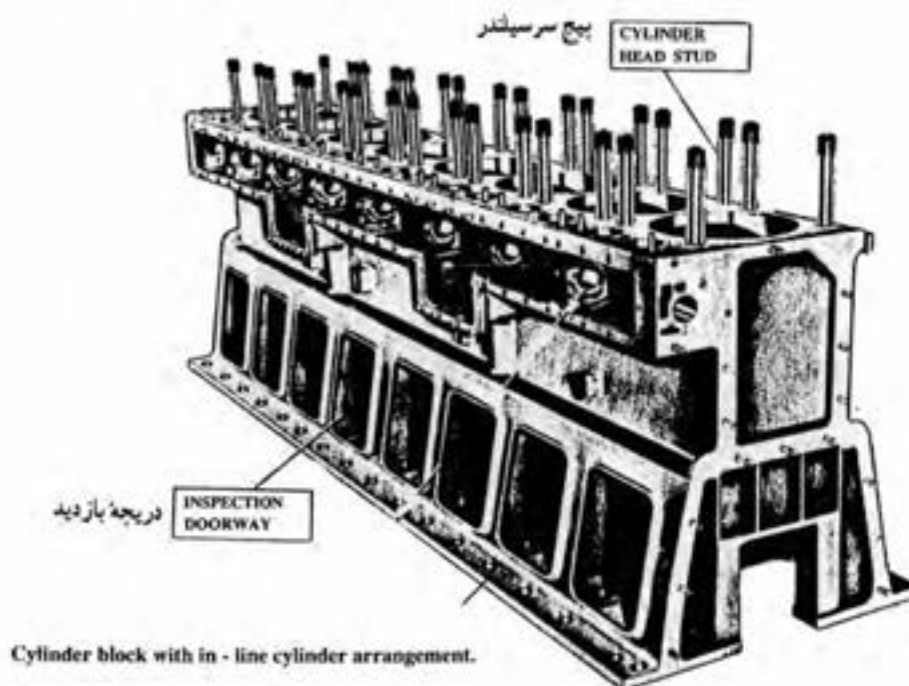
۳-۳-۱۰ طبقه بندی موتورهای دیزلی از لحاظ «ترتیب قرار گرفتن سیلندرها»: موتورهای دیزلی از نوع مستقیم^۱، خورجینی^۲ و «پستون متقابل»^۳ هستند. در شکل ۶-۱ تصاویری از مقطع این سه نوع موتور دیزل نشان داده شده است. در شکل ۷-۱ تصویری از بدنه یک موتور دیزلی مستقیم دیده می شود.

موتورهای پستون متقابل از نوع دوزمانه هستند. در هر سیلندر این موتورها دو پستون در یک سیلندر مشترک قرار دارند. تراکم بین دو پستون انجام می گیرد. این موتورها دارای سوپاپ نیستند، بلکه هر سیلندر آنها دو دریچه ورودی و دو دریچه تخلیه دارد. این موتورها دارای دو میل لنگ هستند. قدرت میل لنگ فوقانی به طور عموم به وسیله یک چرخدنده پیچیده و عمودی به میل لنگ تحتانی منتقل می شود.

۳-۴-۱۰ طبقه بندی موتورهای دیزل از لحاظ نحوه تأمین هوای تازه برای احتراق: در برخی از موتورهای

دیزلی هوای اتمسفر مستقیماً به داخل سیلندر مکیده می شود. این موتورها به موتورهای که «تنفس طبیعی»^۴ دارند معروف هستند. در بعضی از موتورهای دیزلی هوا به وسیله دمنده هوا (بلوئر) به سیلندرها فرستاده می شود. فشار هوای تأمین شده به وسیله بلوئر از فشار اتمسفر بالاتر است. بدین ترتیب فشار تراکم سیلندرها افزایش می یابد و قدرت تولید شده به وسیله موتور بیشتر می شود. بلوئر را می توان به وسیله گردش میل لنگ یا به وسیله گازهای تخلیه به گردش درآورد. این گونه موتورها را موتورهای مجهز به بلوئر می نامند.

هوای بسیاری از موتورهای دیزلی نیروی محرکه به وسیله «توربو شارژر»^۵ تأمین می شود. توربو شارژر به وسیله گازهای احتراق به گردش درمی آید. توربو شارژر فشار هوا را به مقدار قابل توجهی افزایش می دهد؛ در نتیجه قدرت تولید شده به وسیله موتورهای دیزلی مجهز به توربو شارژر بسیار بالاتر از موتورهای هم اندازه ای است که مجهز به توربو شارژر نیستند. در بخشهای بعدی توضیحات بیشتری در مورد توربو شارژر ارائه می شود. این گونه موتورها به «موتورهای مجهز به توربو شارژر»^۶ معروف هستند.



شکل ۷-۱۰ بدنه سیلندر موتور دیزلی دریایی از نوع مستقیم

۱- Cylinder Arrangement

۲- In Line

۳- Vee

۴- Opposed Piston

۵- Natural Aspiration

۶- Turbo - Charger (Turbo - Super charger)

۷- Turbo - Charged (Super - Charged) Engine

۵-۳-۱- طبقه‌بندی موتورهای دیزلی از لحاظ

نحوه روشن شدن موتور: برخی از موتورهای دیزلی به وسیله موتور برقی کوچکی که برق آن به وسیله باتری تأمین می‌شود، روشن می‌شوند (استارت زده می‌شوند). این گونه روشن کردن را «روشن کردن برقی»^۱ می‌گویند. بعضی از موتورهای دیزل با «موتور هیدرولیکی»^۲ استارت زده می‌شوند. این گونه روشن کردن را «روشن کردن هیدرولیکی»^۳ می‌گویند. در این روش دنده «موتور استارتر»^۴ با دنده‌های چرخ طیار درگیر می‌شود و میل لنگ را می‌چرخاند.

استفاده از هوای فشرده برای روشن کردن موتورهای دیزلی با دو روش انجام می‌شود. در برخی از دیزلها هوای فشرده مستقیماً به سیلندرها تزریق می‌شود و پیستونها را به حرکت درمی‌آورد. هوای فشرده قبل از ورود به هر سیلندر از یک سوپاپ یک طرفه می‌گذرد. این گونه استارت زدن موتورها را «استارت زدن مستقیم سیلندر»^۵ می‌گویند. در روش دوم، هوای فشرده به یک موتور کوچک هوایی هدایت می‌شود؛ بدین ترتیب که هوای فشرده موتور کوچک را می‌گرداند. چرخنده این موتور کوچک با دنده روی چرخ طیار موتور دیزل درگیر شده موجب حرکت پیستونها و استارت خوردن موتور دیزل می‌شود. موتور هوایی مزبور از «دنده پینیون بندیکس»^۶ استفاده می‌کند (برخی از استارترهای الکتریکی نیز از دنده پینیون بندیکس استفاده می‌کنند و به «استارتر بندیکس»^۷ معروف هستند).

به هوای فشرده در هر دو روش «هوای فشرده استارت»^۸ گفته می‌شود.

۶-۳-۱- طبقه‌بندی موتورهای دیزلی از لحاظ

گردش میل لنگ: در برخی از موتورهای دیزلی میل لنگ در هر دو جهت می‌تواند بچرخد. این موتورها از نوع دیزلهای بزرگ با سرعت کم هستند که بدون نیاز به جعبه دنده کاهنده، پروانه کشتی را می‌گردانند. جهت حرکت میل لنگ این گونه موتورها برای

حرکت کشتی به عقب تغییر می‌کند؛ بدین ترتیب که ابتدا موتور را خاموش کرده و سپس با تغییر دادن ترتیب احتراق سیلندرها، موتور برای چرخیدن در جهت مخالف استارت زده می‌شود. این گونه موتورها به موتورهای «مستقیم به عقب»^۹ معروف هستند. ترتیب استقرار سیلندرها در این نوع موتور از نوع مستقیم است. از این موتورها در کشتیهای غول پیکر و عمدتاً بازرگانی و برخی از ناوهای لجستیکی سنگین نیروهای دریایی استفاده می‌شود.

بخش اعظم موتورهای دیزلی را موتورهای تشکیل می‌دهند که با استفاده از جعبه دنده کاهنده پروانه کشتی را می‌چرخانند. میل لنگ این موتورها تنها در یک جهت می‌چرخد و به موتورهای «یک جهته»^{۱۰} معروف هستند. ترتیب استقرار سیلندرها در این گونه موتورها از انواع مستقیم، خورجینی و پیستون متقابل است.

۷-۳-۱- طبقه‌بندی موتورهای دیزلی از لحاظ

سرعت: موتورهای دیزلی را تحت عناوین «سرعت زیاد»^{۱۱}، «سرعت متوسط»^{۱۲} و «سرعت کم»^{۱۳} طبقه‌بندی کرده‌اند. البته محدوده دقیقی برای جدا کردن یک گروه از گروه دیگر وجود ندارد. «انجمن معماران کشتی و مهندسان دریایی»^{۱۴} آمریکا، موتورهای دیزلی نیروی محرکه کشتیها را به شرح زیر طبقه‌بندی کرده است:

سرعت چرخش میل لنگ - دور در دقیقه	نوع طبقه‌بندی
۵۱۴ - ۱۰۰	سرعت کم
۱۲۰۰ - ۷۰۰	سرعت متوسط
۴۰۰۰ - ۱۸۰۰	سرعت زیاد

اکثر موتورهای سرعت زیاد از نوع چهار زمانه و با ابعاد کوچک هستند. موتورهای با سرعت کم به کار گرفته شده در نیروی محرکه کشتیهای بزرگ، از نوع دوزمانه و بسیار پرقدرت هستند و به علت وزن زیاد و ابعاد بزرگی که دارند منحصراً در این گونه کشتیها استفاده می‌شوند. این موتورها به طور مستقیم پروانه کشتی را می‌گردانند و نیازی به جعبه دنده کاهنده نداشته و میل لنگ آنها در دو جهت می‌چرخد.

۱- Electric Starting

۴- Starter Motor (Starting Motor)

۷- Bendix Starter

۱۰- Unidirectional

۱۳- Low Speed

۲- Hydraulic Motor

۵- Direct Cylinder Starting

۸- High Pressure Starting Air

۱۱- High Speed

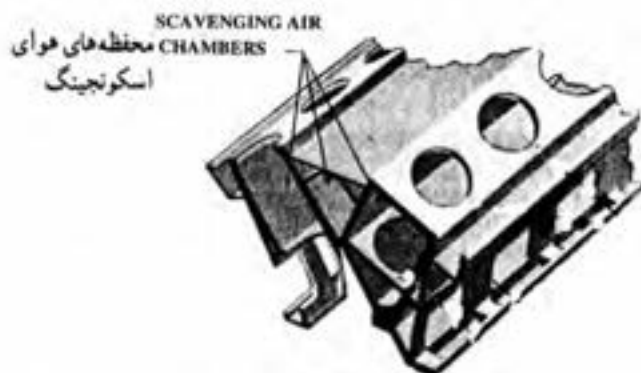
۱۴- Society of Naval Architects and Marine Engineers

۳- Hydraulic Starting

۶- Bendix Pinion

۹- Direct Reversing

۱۲- Medium Speed



An example of a V-type cylinder block construction.

شکل ۸-۱۰ بدنه سیلندر یک موتور خورجینی

محركه برخی از ناوها و زیردریایها ساخته است. موتورهای ده سیلندر مزبور شباهت زیادی به این ژنراتور دارند.

بخشی از اسکلت که میل لنگ را در خود نگاه می دارد به «محفظه لنگ» موسوم است. در برخی از موتورهای دیزلی، محفظه لنگ به همراه «کارت» و «بستر» موتور جزء بدنه سیلندر است و در برخی از موتورها، محفظه لنگ به طور جداگانه به بدنه سیلندر پیچ و مهره می شود. معمولاً بستر موتور، کارت و سرسیلندر جزئی از اسکلت محسوب می شوند. برخی از موتورها به جای کارت دارای «سینی روغن» هستند. بدنه سیلندر تمام «پیراهن سیلندرها» را در خود جای می دهد.

در برخی از موتورها کارت روغن با بستر و محفظه لنگ یکپارچه است؛ مثلاً بستر نشان داده شده در شکل ۸-۱۰ نه تنها حاوی محفظه لنگ است، بلکه با کارت روغن یکپارچه شده است. بدنه سیلندر موتور شکل ۸-۱۰ بر روی بستر موتور قرار می گیرد.

کارت روغن و سینی روغن را محل ذخیره روغن می گویند. موتورهای کوچکتر و اکثر موتورهای بنزینی دارای سینی روغن هستند. اگر کارت روغن محل ذخیره روغن باشد (مانند کارت روغن در شکل‌های ۸-۱ و ۸-۱۰) موتور را موتور «کارت» می گویند. در برخی از موتورها محل ذخیره روغن جدا از ساختمان موتور قرار دارد. به این موتورها موتور «کارت خشک» گفته می شود.

از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست که موتورهای سرعت زیاد و متوسط دیزلی تنها برای کشتیها ساخته شوند، زیرا که نسبت استفاده از آنها در دریا کمتر است؛ اما موتورهای بزرگ سرعت کم تنها برای استفاده در کشتی ساخته می شوند و از آنها در زمین و هوا استفاده نمی شود.

۴-۱- ساختمان موتورهای درونسوز دیزلی و بنزینی (Diesel and Gasoline Engine Structure)

اگرچه موتورهای درونسوز که به وسیله سازندگان مختلف تولید می شوند دقیقاً شبیه به یکدیگر نیستند، اما اجزای اصلی آنها شباهت زیادی به یکدیگر دارند. به طور کلی موتورهای بنزینی دارای ساختمانی مشابه موتورهای دیزلی هستند، اما سبکتر از آنها بوده نسبت تراکم کوچکتری دارند. بحث زیر مربوط به هر دو موتور است و هر جا که تفاوتی بین دو موتور باشد، توضیح لازم ارائه می شود.

۴-۱-۱ اجزای اصلی ساختمان موتورهای درونسوز:

(Internal Combustion Engines' Main Structural Components)

اجزای اصلی ساختمان موتور که از اجزای ثابت هستند، قطعات متحرک را در محل‌های صحیح نگهداری می کنند. مجموع اجزای ثابت که به یکدیگر متصل و محکم هستند، «اسکلت» نامیده می شود. اکثر اجزای متحرک و ملحقات موتور به وسیله اسکلت نگهداری می شوند. بزرگترین بخش اسکلت موتور را بدنه موتور یا «بدنه سیلندر» می گویند. شکل ۷-۱۰ تصویری از بدنه سیلندر در یک موتور مستقیم یا یک ردیفه را نشان می دهد. در شکل ۸-۱۰ تصویر بدنه سیلندر در یک موتور خورجینی نشان داده شده است. در شکل ۹-۱۰ بدنه سیلندر یک موتور دیزلی پیستون متقابل دیده می شود. (این موتور پیستون متقابل دارای شش سیلندر است و بعنوان ژنراتور برق در برخی از کشتیهای جنگی استفاده می شود. کارخانه سازنده این موتور، موتورهای ده سیلندر را برای نیروی

۱- Structure

۲- Frame

۵- Crankcase (Crankshaft Compartment)

۷- Base

۹- Cylinder Liners

۱۱- Dry Sump

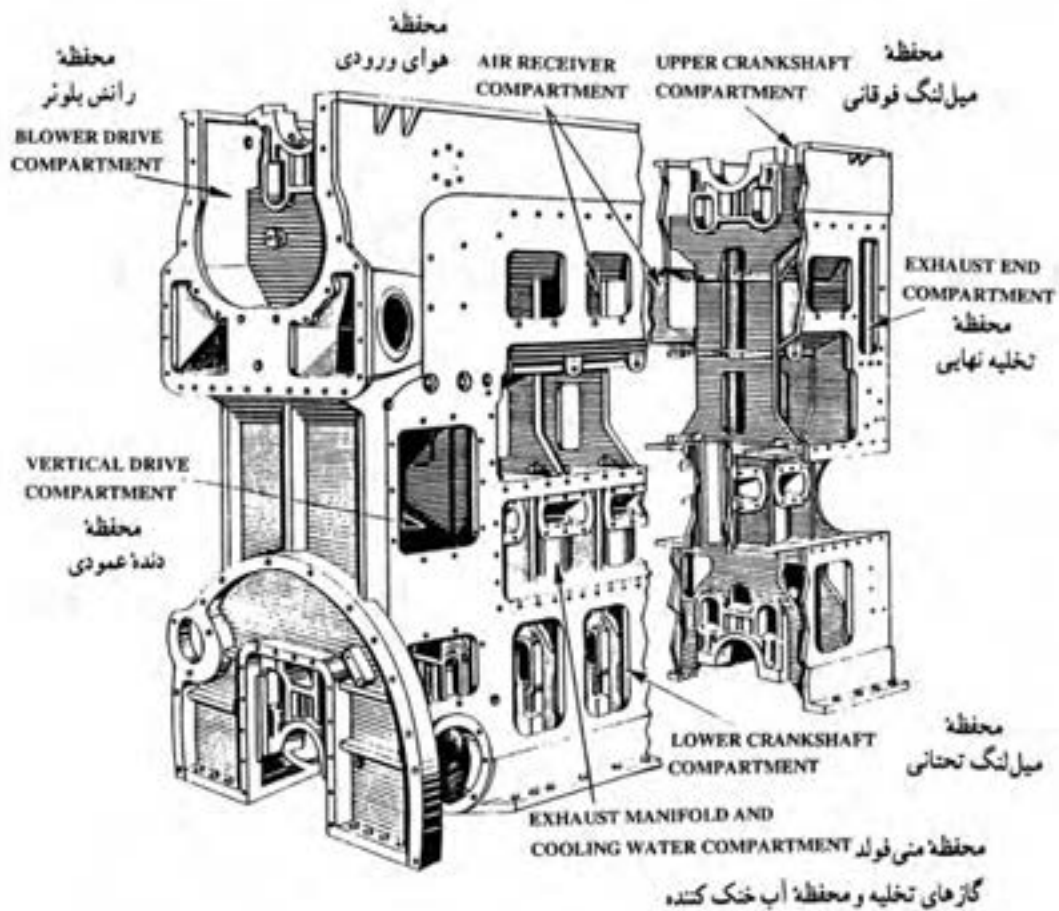
۲- Components

۴- Cylinder Block

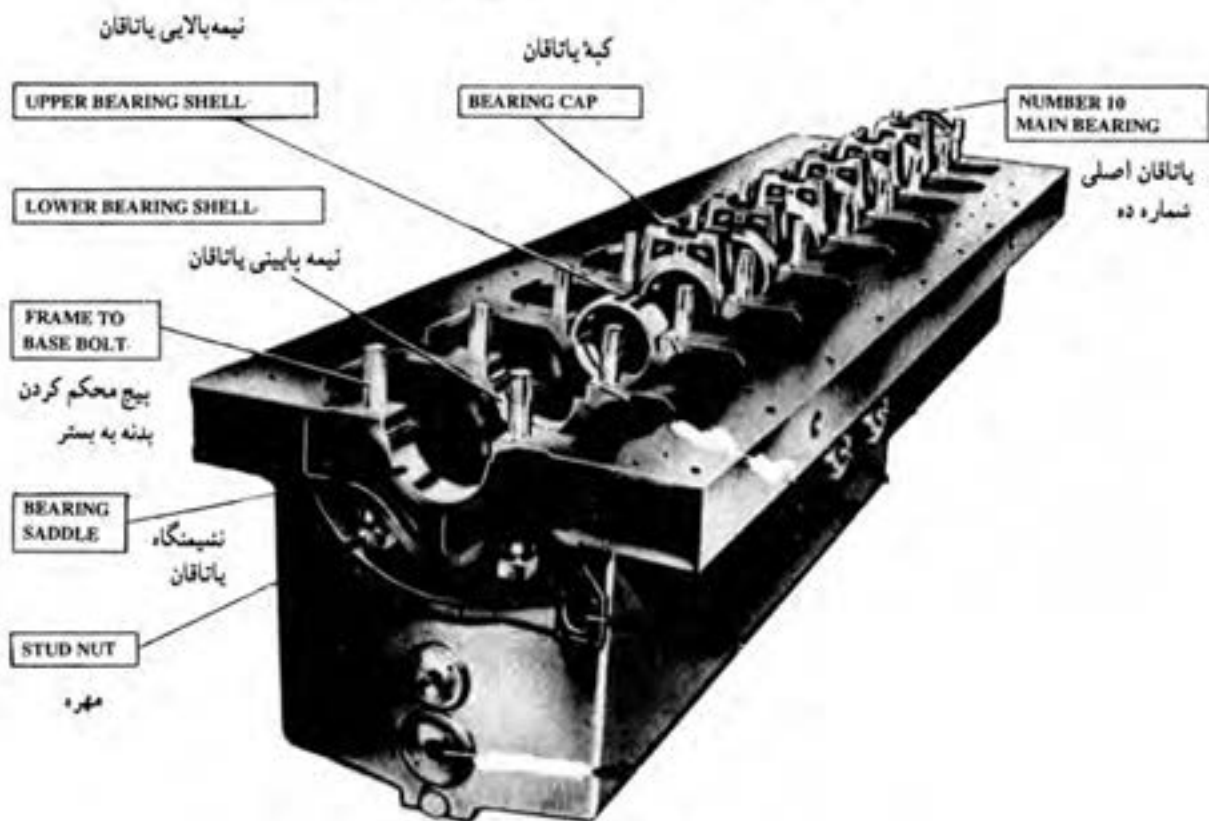
۶- Sump

۸- Oil Pan

۱۰- Wet Sump



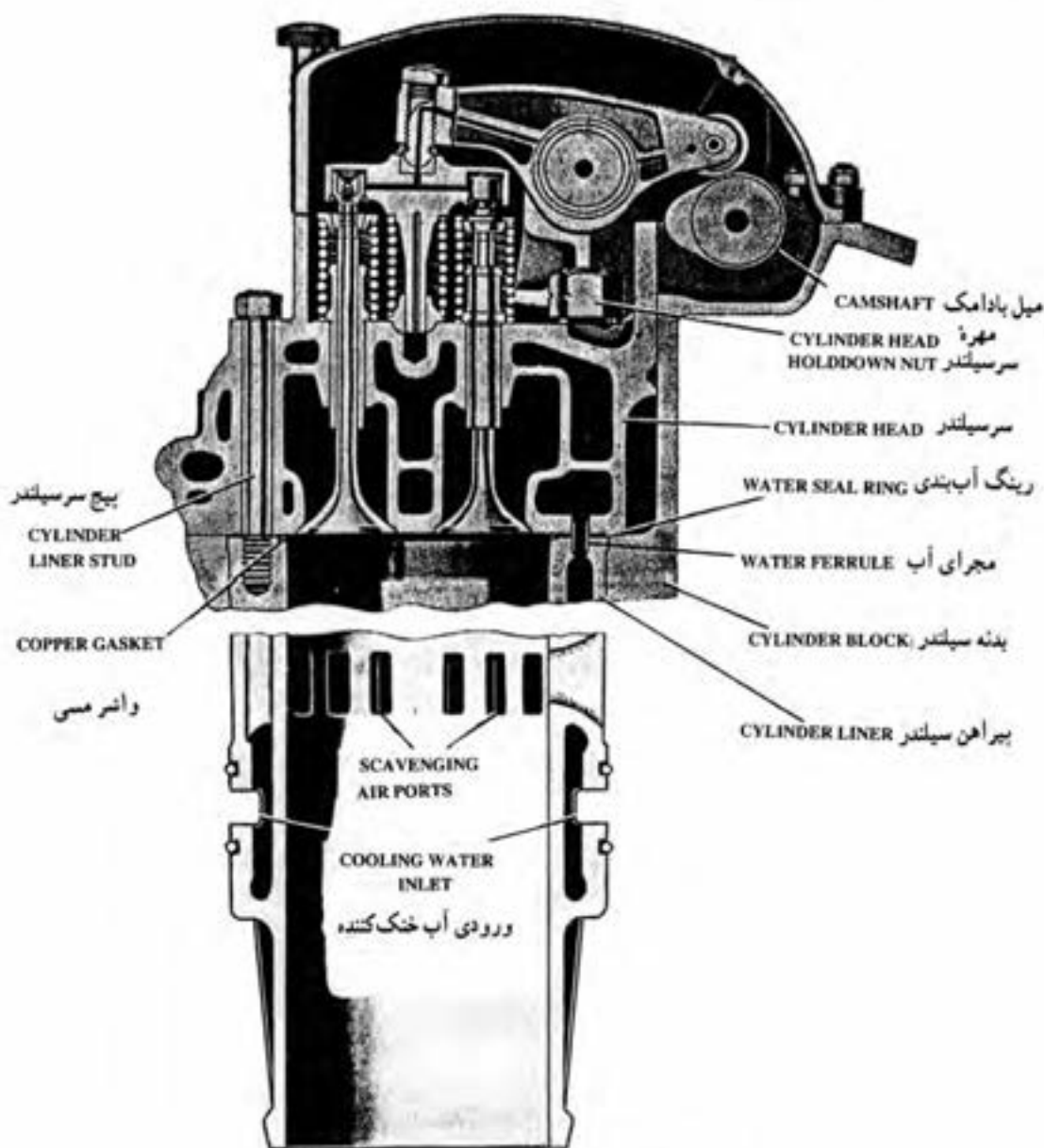
شکل ۹-۱۰- بدنه سیلندر در یک موتور دیزلی بیستون متقابل



شکل ۱۰-۱۰- بستر موتور (حاوی محفظه لنگ و کارتر تر به صورت یکپارچه)

روان سازی ندارند، بقیه موتورهای بنزینی و تمام موتورهای دیزلی دارای یک شبکه روغن هستند که به وسیله پمپ کار می کند. «مجموعه سیلندر» واژه ای است که شامل سرسیلندر، پیراهن سیلندر، پیچهای دوسر رزوه^۲ و واشر مربوط است. در شکل ۱۱-۱۰ قطعات ثابت و اصلی یک مجموعه سیلندر نشان داده شده است.

چون یک کار مهم برای کار کردن صحیح موتور انجام روغنکاری و روان سازی با استفاده از روغن است، یک «مخزن» برای جمع آوری و نگهداری روغن روان ساز به بدنه موتور متصل می شود. این مخزن ممکن است یک کارت برای موتورهای بزرگ و یک سینی روغن برای موتورهای کوچک باشد. بجز موتورهای دو زمانه بنزینی که سیستم جداگانه ای برای روغنکاری و



Principal stationary parts of a cylinder assembly.

شکل ۱۱-۱۰-۱۱ قطعات ثابت و اصلی یک مجموعه سیلندر

- ۱- Reservoir
- ۲- Cylinder Assembly
- ۳- Studs

۲-۴-۱۰- قطعات اصلی متحرک (Principal):

Moving Parts) برای تبدیل قدرت حاصل از احتراق به کار مکانیکی، باید حرکت خطی به حرکت گردشی تبدیل شود. اجزای متحرک که این تبدیل را ممکن می‌سازند به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- اجزایی که تنها دارای حرکت رفت و برگشتی یا خطی هستند (مانند پیستونها و سوپاپها)؛

۲- اجزایی که دارای هر دو حرکت خطی و گردشی هستند (مانند شاتونها)؛

۳- اجزایی که تنها دارای حرکت گردشی هستند (مانند میل لنگ و میل بادامک^۵).

این اجزا در شکل‌های ۱۳-۱۰ و ۱۴-۱۰ نشان داده شده است. شکل ۱۴-۱۰ مشخص می‌کند که با استفاده از «دنده‌های تنظیم»^۶ مراحل یک سیکل، منظم و کنترل می‌شود. اجزای نام برده شده در گروه‌های یک و دو فوق، جزء «مجموعه پیستون و شاتون»^۷ هستند. این مجموعه شامل پیستون، «رینگ‌های

محفظه‌ای که پیستون در آن حرکت می‌کند نیز سیلندر

نامیده می‌شود، اما اسامی دیگری نیز دارد. این اسامی عبارتند از «بَر» و «بارل»^۸. در اکثر موتورهای بنزینی «بارل» یا بدنه سیلندر یکپارچه است. در اکثر موتورهای دیزلی و برخی از موتورهای بنزینی یک «بوش»^۹ یا «اسلیو»^۹ با پیراهن سیلندر در داخل هر کدام از سیلندرها قرار می‌گیرد. اگر سیلندر با بدنه یکپارچه باشد قابل تعویض نیست. در شکل ۱۲-۱۰ شش نوع پیراهن سیلندر دیده می‌شود (بوش و اسلیو اسامی دیگر آن است، اما بطور کلی پیراهن سیلندرها ساده را بوش و اسلیو می‌گویند). موتورهایی که دارای پیراهن سیلندر هستند مشکل آب‌بندی دارند و گاه آب به داخل پیراهن سیلندر نشت می‌کند. البته چون پیراهن سیلندر قابل تعویض است و احتراق در داخل پیراهن سیلندر به وقوع می‌پیوندد، بدنه سیلندر معمولاً سالم می‌ماند و دارای عمر طولانی است. در موتورهایی که دارای پیراهن سیلندر نیستند، بدنه سیلندر زودتر فرسوده می‌شود.



Cylinder liners of diesel engines.

شکل ۱۲-۱۰- پیراهن سیلندرهایی چند نوع موتور دیزلی

۱- Bore

۲- Bush

۵- Camshaft

۷- Piston and Connecting Rod Assembly

۲- Barrel

۴- Sleeve

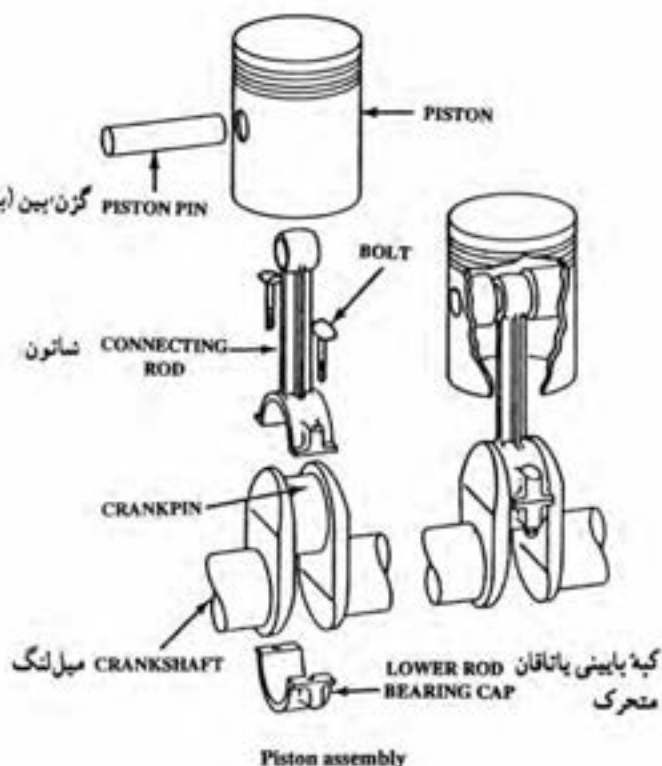
۶- Timing Gears

پیستون^۱، «گزن پین»^۲ یا پین پیستون، شاتون و پاتاقانهای متحرک است.

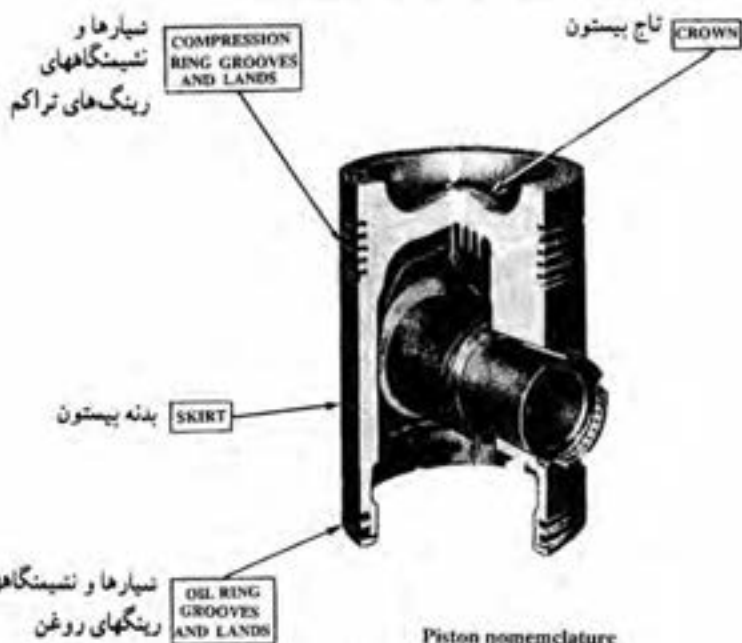
پیستون یکی از مهمترین قطعات برای انتقال قدرت است. پیستون باید طوری طراحی و ساخته شود که حرارت و فشار احتراق را تحمل کند. پیستون با کمک رینگها از فرار گازها به محفظه لنگ جلوگیری کرده بدین وسیله به آب بندی سیلندر کمک می کند. بخشی از گرمای پیستون به وسیله رینگهای پیستون به «جداره سیلندر»^۳ منتقل می شود.

در موتورهای دوزمانه، پیستون مانند یک سوپاپ موجب باز شدن و مسدود شدن درجه ها می شود. در شکل ۱۵-۱۰ اجزای یک پیستون موتورهای دیزلی پیستون متقابل نشان داده شده است.

رینگهای پیستون معمولاً از جنس فولاد ساخته می شوند. رینگهای پیستون از عهده انجام سه وظیفه مهم برمی آیند: ۱- سیلندر را آب بندی می کنند؛ ۲- روغن روان ساز را برای روغنکاری جداره سیلندر توزیع و کنترل می کنند؛ ۳- گرما را از پیستون به جداره سیلندر هدایت می کنند.



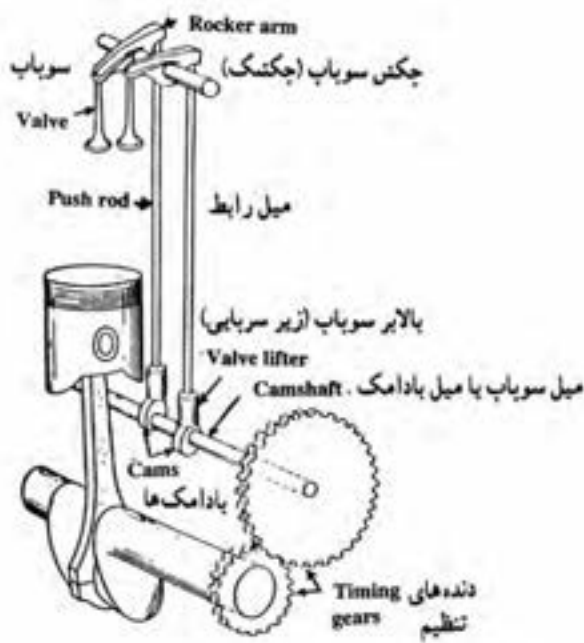
شکل ۱۰-۱۳ مجموعه پیستون و شاتون



Piston nomenclature

شکل ۱۵-۱۰ اجزای پیستون در یک پیستون موتور دیزلی

پیستون متقابل دریایی



Valve and piston assembly arrangement.

شکل ۱۴-۱۰ مجموعه پیستون، سوپاپها و دنده های تنظیم

۱- Piston Rings

۲- Piston Pin

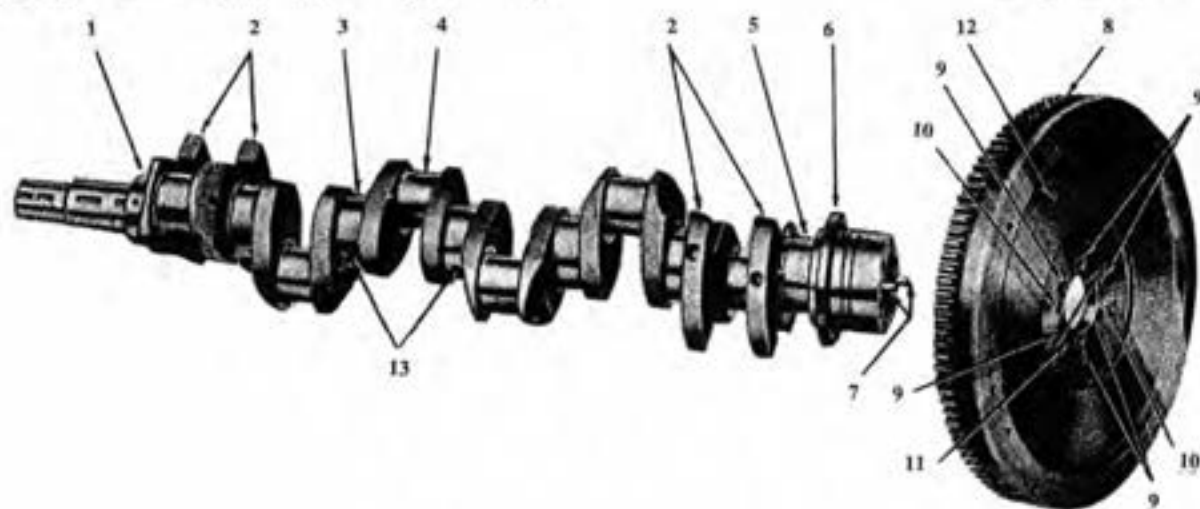
۳- Cylinder Wall

در موتورهای چند سیلندر زمانهای قدرت پشت سر هم به وجود می آید یا این که مقداری با هم اشتراک پیدا می کنند؛ یعنی هنوز یک زمان قدرته به پایان نرسیده، قدرت دیگر تولید می شود و به این ترتیب قدرت به طور یکنواخت تولید می شود. با این حال، جریان قدرت به اندازه مطلوب یکنواخت نیست. اگر قدرت موتور باز هم یکنواخت تر شود، موتور آرامتر کار می کند. برای رسیدن به این هدف از «جرخ طیار» استفاده می شود. در شکل ۱۶-۱۰ جرخ طیار که به عقب میل لنگ وصل می شود نشان داده شده است. برای این که بهتر به نقش جرخ طیار پی برده شود، یک موتور تک سیلندر چهار زمانه در نظر گرفته می شود. قبلاً گفته شد که در موتور چهار زمانه برای هر ۷۲۰ درجه گردش موتور یک کورس یا زمان قدرت وجود دارد. در ضمن زمانهای دیگر (تنفس، تراکم و تخلیه) موتور انرژی مصرف می کند؛ بنابراین در زمان قدرت، میل لنگ به وسیله پیستون و شاتون سرعت می گیرد و در زمانهای دیگر سرعت خود را از دست می دهد. هر جرخ یا فلکه ای که حرکت دورانی داشته باشد همیشه مایل است حالت حرکت خود را حفظ کند؛ یعنی در مقابل تغییر سرعت از خود مقاومت نشان می دهد، (این تمایل به حفظ حالت را اینرسی

آب بندی سیلندر با کمک رینگ تراکم انجام می گیرد. توزیع و کنترل روغن به جداره سیلندر به وسیله رینگ روغن انجام می شود. تمام رینگها در انتقال گرما به جداره سیلندر مؤثر هستند. اتصال بین پیستون و شاتون به وسیله بین پیستون برقرار می شود. در بین پیستون حرکت خطی پیستون به حرکات خطی و گردشی شاتون تبدیل می شود.

ارتباط بین پیستون و میل لنگ به وسیله شاتون برقرار می شود. برای آن که نیروهای حاصل از احتراق به میل لنگ منتقل شوند، شاتون حرکت خطی پیستون را به حرکت گردشی میل لنگ تغییر می دهد.

میل لنگ که فقط حرکت گردشی دارد، یکی از بزرگترین قطعات در موتور درونسوز است و وظیفه ای بسیار مهم به عهده دارد. میل لنگ نیروی تولید شده در موتور را با واسطه (جعبه دنده کاهنده) یا بی واسطه به پروانه کششی منتقل می کند. میل لنگ موجب رانش تجهیزاتی مانند میل بادامکها، پمپهای روغن و پمپهای آب نیز می شود. میل لنگ تمام نیروهای ایجاد شده در موتور را تحمل می کند. در شکل ۱۶-۱۰ تصویری از یک میل لنگ یکپارچه و جرخ طیار آن دیده می شود.



1. MAIN BEARING JOURNAL - FRONT
2. COUNTERWEIGHT
3. MAIN BEARING JOURNAL - INTERMEDIATE
4. CONNECTING ROD JOURNAL - NO.3

5. MAIN BEARING JOURNAL - REAR
6. BOLTING FLANGE - TIMING GEAR
7. DOWEL - FLYWHEEL
8. RING GEAR
9. RETAINING BOLT HOLE

10. DOWEL HOLE
11. PULLER SCREW HOLE
12. FLYWHEEL
13. LUBRICATING OIL HOLES

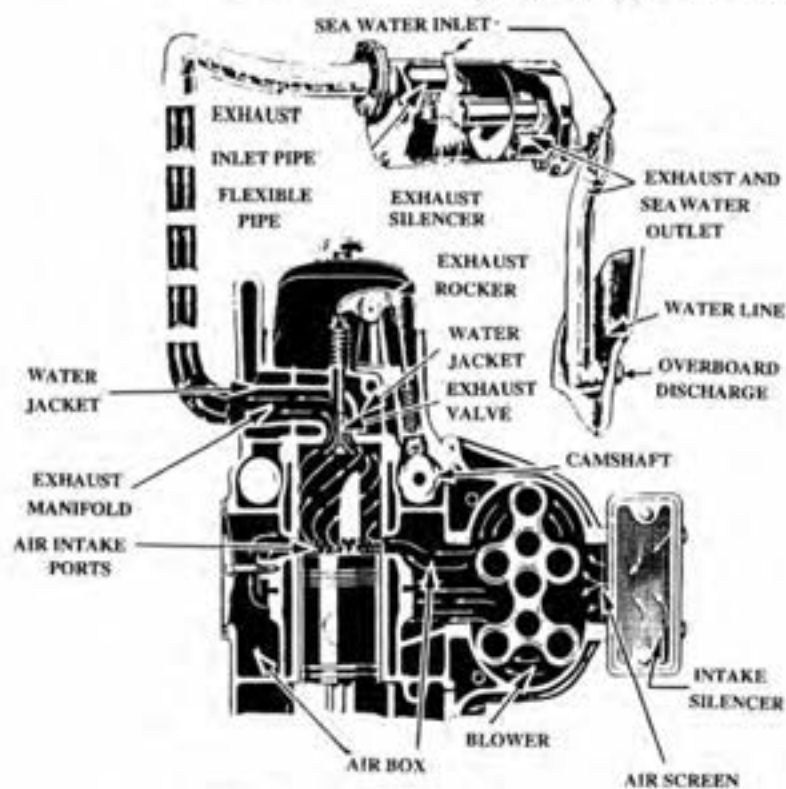
شکل ۱۶-۱۰ نمونه ای از یک میل لنگ و جرخ طیار

بر روی چرخ طیار دنده‌ای وجود دارد. در موتورهایی که با استارت برقی یا هوایی با هیدرولیکی روشن می‌شوند، دنده استارت بر دنده چرخ طیار درگیر می‌شود و موجب گردش میل لنگ و استارت خوردن موتور می‌شود.

۵-۱- شبکه‌های موتورهای درون‌سوز (Internal Combustion Engines' Systems)

۵-۱-۱- شبکه هوا: تجهیزاتی که هوای تازه مورد نیاز احتراق را برای سیلندره‌ای یک موتور تأمین می‌کنند، به «شبکه ورودی» معروف هستند. یک شبکه دیگر گازهای زائد حاصل از احتراق را به بیرون هدایت می‌کند که به «شبکه تخلیه» موسوم است. این دو شبکه ارتباطی نزدیک با هم دارند و بسیاری اوقات به «شبکه‌های (یا سیستم‌های) هوا» موسوم هستند. در شکل ۱۷-۱ نمونه‌ای از شبکه‌های هوا (شامل شبکه هوا و شبکه تخلیه) در یک «موتور دوزمانه دیزلی سرعت زیاد» نشان داده شده است.

می‌گویند، هنگامی که موتور به افزایش سرعت میل داشته باشد، چرخ طیار درمقابل آن مقاومت می‌کند. موقعی که موتور به کاهش سرعت میل داشته باشد، باز چرخ طیار درمقابل آن مقاومت می‌کند. با وجود این، در موتورهای تک سیلندر مقداری افزایش و کاهش سرعت وجود دارد؛ اما چرخ طیار این تغییرات سرعت را به حداقل ممکن می‌رساند. درواقع چرخ طیار مقداری از انرژی موتور را در زمان قدرت و افزایش سرعت در خود ذخیره می‌کند و سپس در زمانهایی که موتور قدرت تولید نمی‌کند آن را به موتور پس می‌دهد. بدین ترتیب در یک موتور چهار زمانه تک سیلندر که میل لنگ در هر سیکل ۷۲۰ درجه گردش می‌کند، چرخ طیار در ۱۸۰ درجه گردش انرژی ذخیره می‌کند و در ۵۴۰ درجه گردش، باقیمانده آن را به میل لنگ پس می‌دهد. در موتورهای چند سیلندر نیز چرخ طیار به همین روش عمل می‌کند و سرعت را یکنواخت می‌سازد و در مرحله تراکم کمک لازم را به پیستون می‌کند. هرچه تعداد زمانهای قدرت در یک گردش میل لنگ بیشتر باشد و هرچه جرم لوازمی که به میل لنگ اضافه می‌شوند افزایش یابد، نیاز به چرخ طیار کمتر می‌شود.



Air systems of a 2-stroke cycle engine.

شکل ۱۷-۱- شبکه‌های هوا در یک موتور دیزلی دوزمانه سرعت زیاد

۱- Intake System

۲- Exhaust system

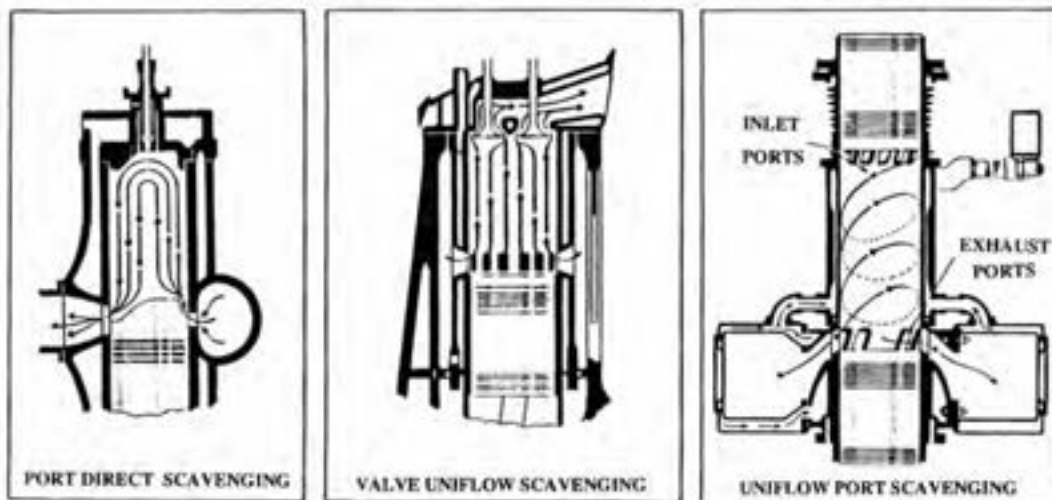
۳- Air Systems

۴- High Speed Two Stroke Cycle Diesel Engine

بحث زیر به طور عمده به موتورهای دیزلی مربوط می شود، اما کم و بیش درباره موتورهای بنزینی نیز صادق است.

در ورودی موتورهای دوزمانه و برخی از موتورهای چهارزمانه یک کمپرسور یا بلوتر یا پمپ هوا نصب می شود تا جریان هوا به سیلندرها را افزایش دهد. کار این کمپرسور یا بلوتر یا پمپ، متراکم کردن هوا است. هوای متراکم پس از عبور از یک لوله چند شاخه که «منی فولد هوا» نام دارد، به سیلندرها وارد می شود. به این نحوه تأمین هوای ورودی به موتور واژه «قوی کردن فشار هوای ورودی» یا سوپرشارژینگ اطلاق می شود. به کمپرسور یا بلوتر یا پمپ مزبور واژه «سوپرشارژر» اطلاق شده است. سوپرشارژر یا به وسیله موتور به گردش درمی آید و یا به وسیله یک توربین گاز کوچک که به وسیله گازهای تخلیه رانده می شود. سوپرشارژری که به وسیله گازهای اگزوز (تخلیه) رانده می شود، به توربو سوپرشارژر یا «سوپر شارژری که به وسیله گازهای تخلیه» کار می کند موسوم است. قوی کردن فشار هوای ورودی (سوپرشارژینگ) جرم هوا را افزایش می دهد، طوری که سیلندر با هوای تازه بیشتری پر می شود و از این رو، خروج گازهای احتراق تسریع می شود. فرایند تسریع در تخلیه گازهای احتراق به وسیله

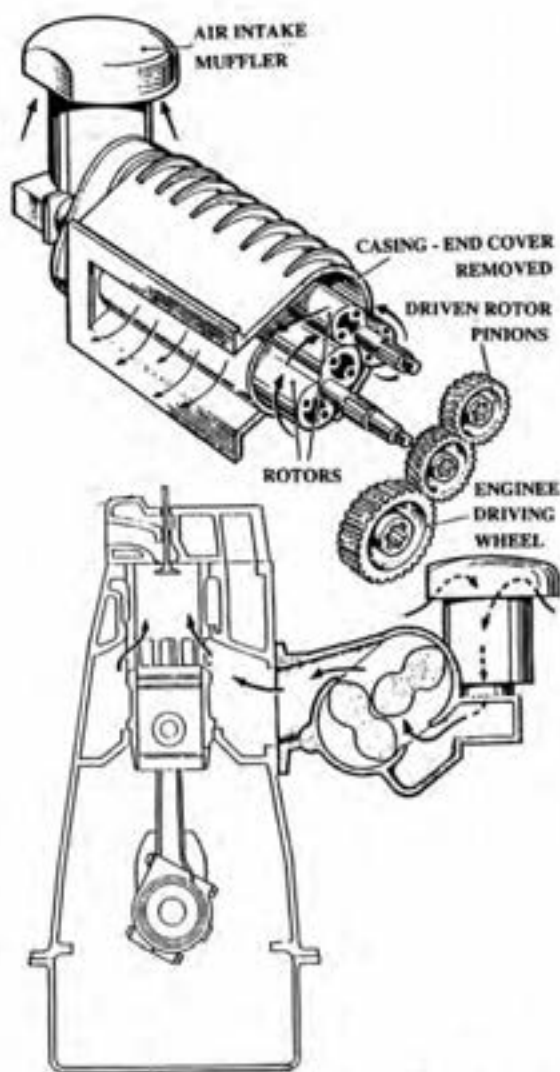
هوای تازه «اسکونجینگ» نامیده شده است. به شبکه هوای ورودی که با این روش کار می کند، «ت شبکه اسکونجینگ» و به هوایی که وارد سیلندر می شود، «هوای اسکونج» گفته می شود. درجه های ورود هوای اسکونج به «درجه های اسکونج» معروف هستند. اسکونجینگ در یک محدوده کوچکی از سیکل انجام می شود. به هنگام این فرایند، همه درجه های ورودی و درجه ها یا سوپاپهای خروجی برای مدتی بسیار کوتاه باز می شوند. «همزمان شدن» ورود هوا و خروج گازها اجازه می دهد تا هوا از سیلندرها عبور کرده به «منی فولد شبکه تخلیه» برسد. بدین ترتیب خروج گازهای احتراق تسریع شده درجه های موتور (یا سوپاپها) خنک می شوند. دو روش عمده اسکونجینگ وجود دارد: یک روش عمده به «اسکونجینگ درجه ای»^۱ و دیگری به «اسکونجینگ سوپایی»^۲ موسوم هستند. اسکونجینگ درجه ای ممکن است به دو طریق انجام شود. یکی از آنها «اسکونجینگ مستقیم»^۳ است که در آن درجه های ورودی و تخلیه روبروی هم قرار دارند و دیگری «اسکونجینگ درجه ای یکنواخت»^۴ است. موتورهای دیزلی یستون متقابل دارای اسکونجینگ درجه ای یکنواخت هستند. این روشها در شکل ۱۸-۱۰ نشان داده شده اند.



Methods of scavenging - diesel engines.

شکل ۱۸-۱۰ روشهای عمده اسکونجینگ در موتورهای دیزلی

- | | | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| ۱- Intake Manifold | ۲- Supercharging | ۳- Supercharger |
| ۴- Exhaust Driven Supercharger | ۵- Scavenging System | ۶- Scavenge Air |
| ۷- Scavenge Ports | ۸- Overlap | ۹- Exhaust Manifold |
| ۱۰- Port Scavenging | ۱۱- Valve Scavenging | ۱۲- Direct Scavenging |
| ۱۳- Uniflow Port Scavenging | | |



Scavenger blower — Roots type

شکل ۱۹-۱۰- بلوئر هوایی که به وسیله موتور به گردش درمی آید.

روزانه ۲- «صافی سوخت» ۳- پمپ سوخت موتور که به وسیله میل لنگ یا میل بادامک کار می کند، ۴- فیلتر اولیه، ۵- فیلتر ثانویه، ۶- منی فولد سوخت.

ب. شبکه تزریق سوخت شامل: ۱- پمپ تزریق یا پمپ انژکتور، ۲- سوخت پاشها.

کثافات، گردوخاک، رطوبت و ذرات فلزی و هرگونه آلودگی دیگر باید از سوخت جذب شود. مقدار کمی از این آلودگیها و ناخالصیها می تواند در مدت کوتاهی صدمات سنگینی به تجهیزات شبکه سوخت و موتور وارد کند.

همان طور که از شکل مشخص می شود، اسکونجینگ سوپاپی نیز به طور یکنواخت انجام می شود. در روش یکنواخت، جریان هوا از یک طرف به طرف دیگر حرکت می کنند، اما در جریان درجه ای مستقیم، گازها به هنگام حرکت پیستون به نقطه مرگ پایین به طرف پایین برمی گردند تا از درجه تخلیه خارج شوند (درواقع جریان به بالا رفته و سپس به پایین برمی گردد).

افزایش جریان هوا به داخل سیلندرها غیر از انجام فرآیند اسکونجینگ، قدرت ایجاد شده در موتور را نیز افزایش می دهد؛ بدین ترتیب که ابتدا جریان سوخت به موتور افزایش داده می شود. برای احتراق سوخت بیشتر، به هوای زیادتری نیاز است که با افزایش سرعت سوپرشارژر، هوای زیادتری تأمین می شود؛ بنابراین با افزایش جرم هوای تازه راندمان احتراق بهبود می یابد و از این رو، موتوری که سوپرشارژر می شود از موتور مشابهی که سوپرشارژر نمی شود قدرت زیادتری تولید می کند.

شبکه تخلیه، دود یا گازهای احتراق را از سیلندرها به بیرون هدایت می کند. وظایف بعدی این شبکه عبارتند از: ۱- خاموش کردن جرقه؛ ۲- خنک کردن برخی از قطعات موتور؛ ۳- پاک کردن مواد جامد در شبکه تخلیه؛ ۴- خفه کردن و کاهش صدای موتور؛ ۵- انتقال انرژی گرمایی به «دستگاههایی که با گازهای زاید» کار می کنند؛ ۶- راندن برخی از ملحقات موتور مانند توربو سوپرشارژر.

در شکل ۱۹-۱۰ یک بلوئر هوا که به وسیله موتور رانده می شود و در شکل ۲۰-۱۰ یک بلوئر (توربو بلوئر) که به وسیله گازهای احتراق به گردش درمی آید نشان داده شده است.

۲- ۵- ۱۰- شبکه سوخت در موتور دیزلی: (Diesel Engine Fuel System) در شکل ۲۱-۱۰ نمونه ای از شبکه سوخت موتورهای دیزلی کشتی نشان داده شده است. این شبکه دارای سه شبکه فرعی است که عبارتند از:

الف. شبکه انتقال و جابه جایی سوخت شامل: ۱- «پمپهای انتقال و جابه جایی سوخت»، ۲- «تصفیه کننده سوخت».

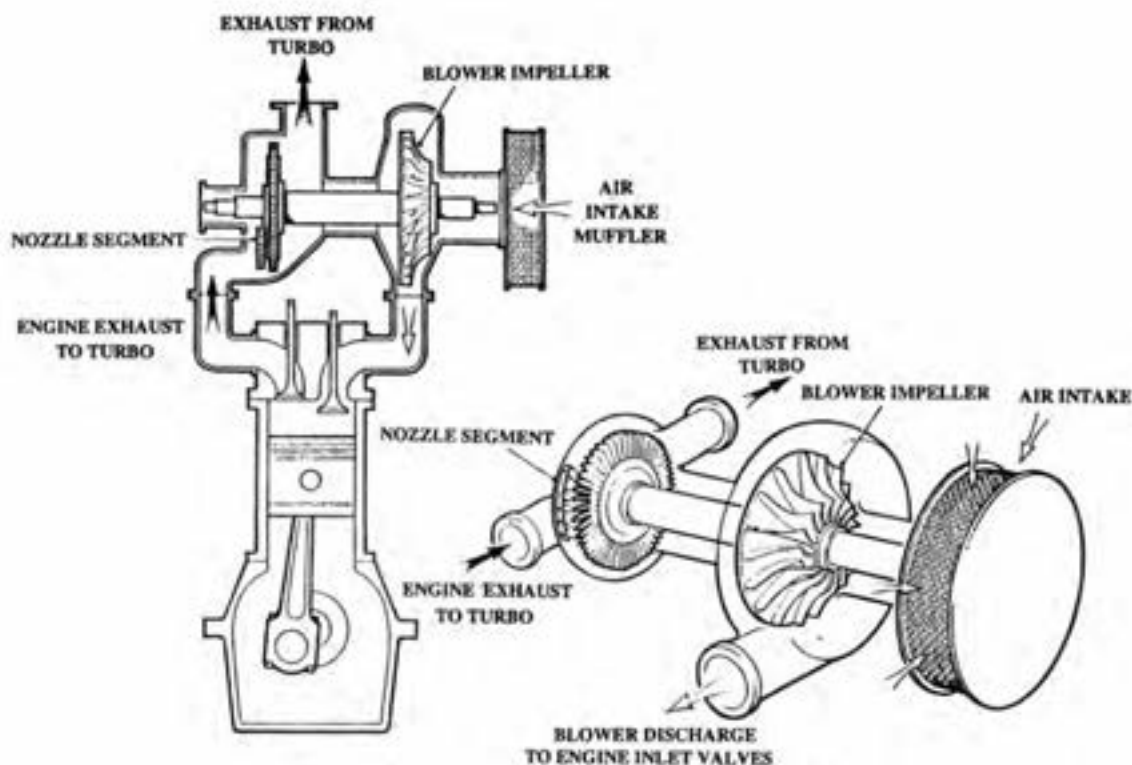
ب. شبکه سرویس سوخت شامل: ۱- مخزن سرویس یا

۱- Waste Heat Exhaust Devices

۲- Water Separator

۲- Fuel Transfer Pump

۲- Fuel Strainer



Turbo blower - centrifugal type driven by engine exhaust

شکل ۲۰-۱۰ توربو بلوئری که به وسیله گازهای تخلیه به گردش در می آید.

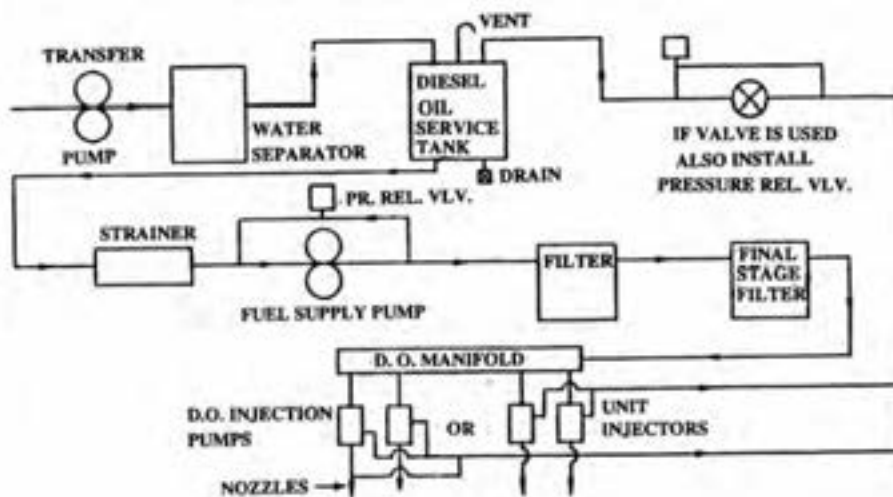


Diagram of a typical fuel system

شکل ۲۱-۱۰ دیاگرام نمونه ای از یک شبکه سوخت

در شبکه انتقال سوخت معمولاً از پمپهای گریز از مرکز استفاده می شود. در موتور دیزل از «پمپهای پلانجری»^۱ و «دنده ای»^۲ استفاده می شود که به وسیله میل لنگ یا میل بادامک کار می کنند.

تزریق نهایی سوخت در موتورهای دیزلی به وسیله سوخت پاش

آب یک آلوده کننده سوخت است که با روشهای معمولی از سوخت جدا نمی شود. یک روش جذب آب استفاده از «تصفیه کننده گریز از مرکز»^۱ است. روش دیگر استفاده از فیلترهای فشرده و مخصوصی است که کار تصفیه کننده را انجام می دهند. این فیلترها باید بموقع تعویض شوند.

۱- Centrifugal Purifier

۲- Plunger Pump

۳- Gear Pump

۴-۵-۱۰- مدار جرقه در موتور بنزینی:

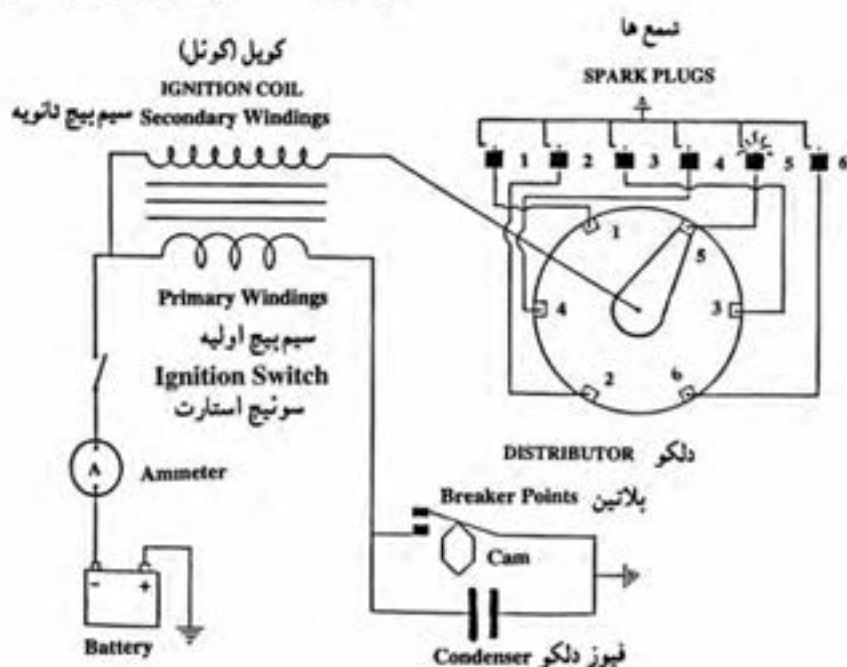
(Gasoline Engine Ignition System) در شکل ۱۰-۲۲ مدار جرقه موتور بنزینی نشان داده شده است. جرقه‌ای که موجب اشتعال مخلوط هوا و بنزین می‌شود به وسیله ولتاژ قوی تولید می‌گردد. این مدار در هر سیلندر به نوبت جرقه می‌زند. جرقه در فاصله تعیین شده تا پیستون زده می‌شود. برای ایجاد جرقه باید یک منبع انرژی وجود داشته باشد، در اکثر موتورهای بنزینی روی کشتی از باتری به عنوان منبع انرژی استفاده می‌شود. در برخی از موتورهای بنزینی از جرقه زن ماگنتی استفاده می‌شود. ولتاژ یک باتری یا ماگنت به اندازه کافی قوی نیست تا بتواند جرقه لازم را بین دو الکترود یک شمع ایجاد کند. در این مدار از دستگاهی استفاده می‌شود تا ولتاژ را افزایش دهد، به طوری که جرقه مناسب ایجاد شود. این دستگاه «کوئل» نامیده می‌شود. در مدار اولیه، یک پلاتین^۲ (قطع کننده ولتاژ) که به وسیله میل بادامک کار می‌کند قرار دارد. وقتی که پلاتین جریان مدار اولیه را قطع می‌کند، ولتاژ قوی ایجاد شده در مدار ثانویه به وسیله چکش برق^۳ دلوکو^۴ به شمع می‌رسد. در شمع الکترودهایی وجود دارد که با استفاده از ولتاژ قوی مدار ثانویه جرقه تولید می‌کنند.

انجام می‌شود. سوخت‌پاش قادر است که فشار سوخت را افزایش دهد تا به هنگام پودر شدن نتیجه بهتری گرفته شود. احتراق سوخت در موتور دیزل، به مقدار پودر شدن و فاصله‌ای که ذرات سوخت در محفظه احتراق طی می‌کنند بستگی دارد. هرچه سوخت فاصله بلندتر و میدان وسیع‌تری را در محفظه احتراق طی کند و مناسب‌تر پودر شود، بهتر و بیشتر با هوای متراکم و داغ می‌سوزد.

۳-۵-۱۰- شبکه سوخت در موتور بنزینی

(Gasoline Engine Fuel System): در موتورهای بنزینی از «پمپهای دیاگرامی»^۱ برای هدایت بنزین استفاده می‌شود. این پمپ به وسیله میل سوپاپ کار می‌کند. بادامک مخصوص میل سوپاپ ضمن گردش خود به طور مرتب به نوک شیطانک پمپ بنزین برخورد کرده آن را بالا و پایین می‌کند. انتقال این حرکت به دیاگرامم موجب ایجاد خلأ در جلوی دیاگرامم می‌شود، طوری که سوخت از مخزن مکیده می‌شود. با حرکت بعدی دیاگرامم، سوخت به طرف کاربراتور هدایت می‌شود.

تزریق نهایی سوخت در موتورهای بنزینی به وسیله کاربراتور انجام می‌شود. کاربراتور هوا و بنزین را مخلوط کرده این مخلوط را به سیلندرها می‌فرستد.



Circuit diagram for battery ignition system.

شکل ۱۰-۲۲- دیاگرام مدار ایجاد جرقه با کمک باتری

۱- Diaphragm Pumps

۲- Coil

۳- Breaker Points

۴- Distributor's Rotor

۵- Distributor

۵-۵-۱ شبکه های خنک کننده: (Cooling Systems)

به هنگام کار موتورهای درونسوز گرمای زیادی تولید می شود. منابع تولید گرما در موتورهای درونسوز به ترتیب عبارتند از: ۱- مرحله احتراق که بیشتر گرما را تولید می کند؛ ۲- مرحله تراکم؛ ۳- گرمای ناشی از اصطکاک قطعات متحرک.

درجه حرارتی که در مرحله احتراق ایجاد می شود بسیار زیاد است؛ به طوری که اگر بخشی از انرژی گرمایی که به کار تبدیل نمی شود از محیط موتور جذب نشود، موتور از کار می افتد. حدود یک سوم انرژی گرمایی به کار مفید تبدیل می شود و یک سوم دیگر به وسیله گازهای زائد به بیرون از موتور می رود؛ بنابراین تقریباً یک سوم گرمای باقیمانده باید به وسیله یک شبکه خنک کننده جذب شود.

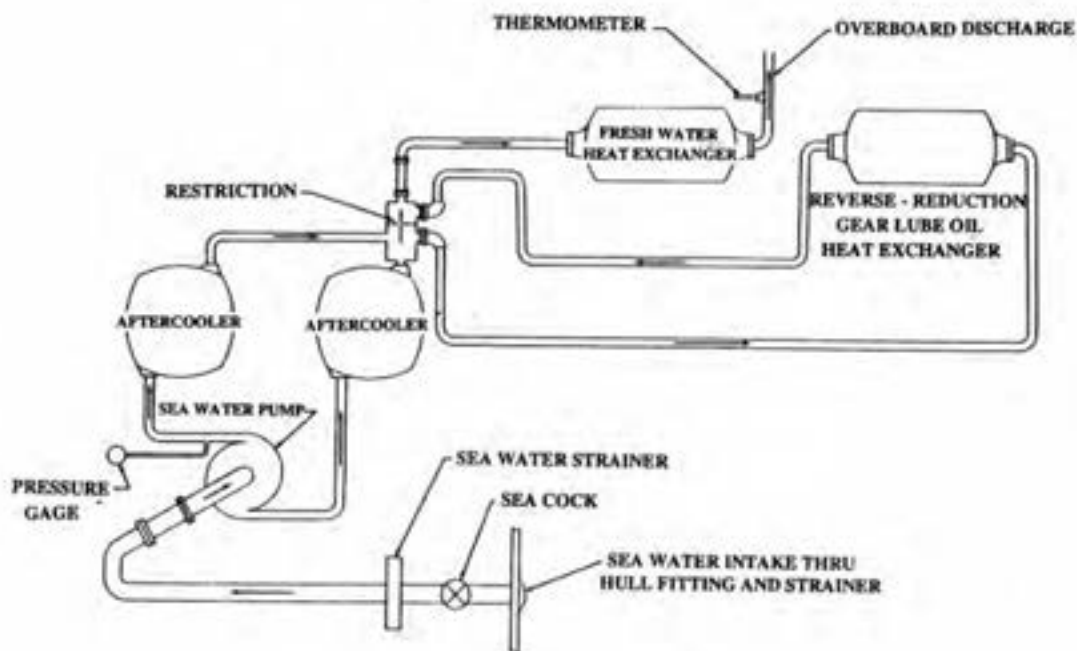
در موتورهای درونسوز مجموع خنک کننده ها که یک سوم گرما را جذب می کنند، عبارتند از: آب خنک کننده، روغن روان ساز، هوای طبیعی یا تحت فشار موتورخانه و سوخت موتور. بدین ترتیب موتور و اجزای آن در درجه حرارتهایی که خطرناک

نیستند کار خواهد کرد.

در شکل ۲۳-۱ مدار خنک کننده یک موتور دیزل دریایی نشان داده شده است. در این مدار آب دریا به وسیله «پمپ آب شور» مکیده می شود و پس از عبور از «صافی آب دریا» برای خنک کردن بخشهای مختلف مدار هدایت می شود. این شبکه خنک کننده به یک موتور دیزلی نسبتاً بر قدرت تعلق دارد که دارای توربوشارژر است. دو خنک کننده مربوط به هوای متراکم توربوشارژر تحت عنوان «خنک کننده بعدی» یا خنک کننده دوم در دو طرف موتور قرار دارند.

آب دریا پس از خنک کردن هوای متراکم سوپرشارژر، برای خنک کردن آب شیرین موتور به «خنک کننده آب شیرین» که با عنوان «مبدل حرارتی آب شیرین» در مدار مشخص شده است، هدایت می شود.

بخش دیگری از آب دریا برای خنک کردن روغن روان ساز جعبه دنده کاهنده به «مبدل حرارتی روغن جعبه دنده» هدایت می شود.



Salt water circuit of a closed cooling system.

شکل ۲۳-۱ مدار آب شور در یک شبکه خنک کننده بسته

۱- Sea Water Pump (Salt Water Pump)

۲- After Cooler

۵- Fresh Water Heat Exchanger

۲- Sea Water Strainer (Salt Water Strainer)

۴- Fresh Water Cooler

۶- Reduction Gear Lube Oil Heat Exchanger

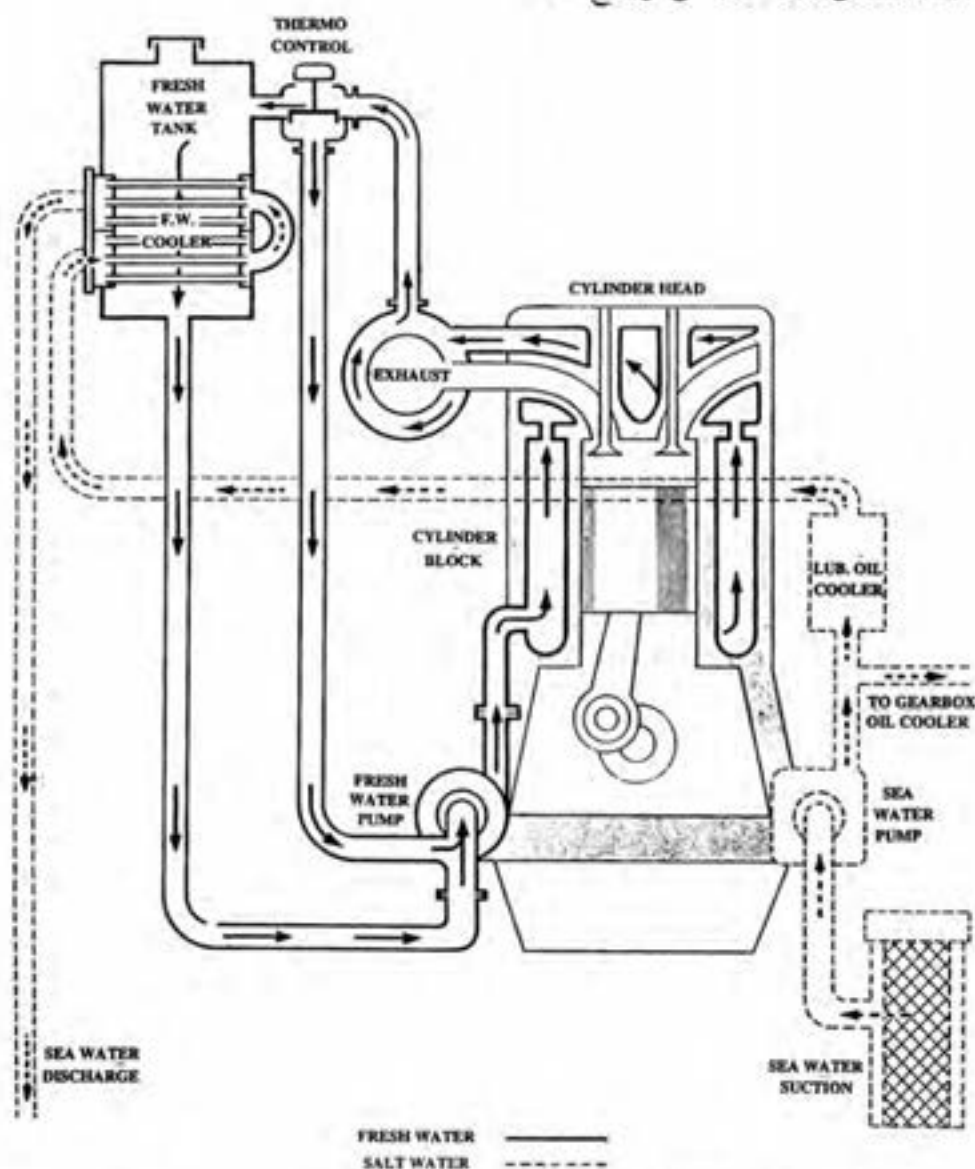
می‌شود که آب شیرین، خنک کردن بخشهای حساس مانند سرسیلندر و بدنه سیلندر را انجام دهد. خواص خوردگی آب شیرین بسیار کمتر از آب شور است؛ بدین ترتیب از ورود اجسام ریز دریایی و خزه به بخشهای حساس جلوگیری می‌شود.

در برخی از موتورهای دیزلی (مثلاً موتورهایی که در ناوچه‌های موشک‌انداز تندر و نصب شده‌اند) آب شیرین استعداد خنک کردن روغن موتور را ندارد؛ از این رو در این شناورها آب شور دریا به خنک‌کننده روغن موتور هدایت شده روغن را نیز خنک می‌کند (به شکل ۲۴-۱۰ مراجعه شود).

آب دریا پس از عبور از این دو مبدل حرارتی به دریا برمی‌گردد. آب دریا که به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌شود حتماً به دریا برمی‌گردد.

آب شیرین خنک‌کننده این موتور در یک «شبه‌بسته» قرار دارد. در این موتور آب شیرین عهده‌دار خنک کردن روغن در مبدل حرارتی مربوط یا «خنک‌کننده روغن موتور» است. پس از خنک کردن روغن موتور، آب شیرین ابتدا برای خنک کردن سرسیلندر و بدنه سیلندر و سپس برای خنک کردن منی فولد گازهای تخلیه هدایت می‌شود.

در اکثر کشتیهای بازرگانی و ناوهای جنگی ترجیح داده



شکل ۲۴-۱۰- شبکه خنک‌کننده در اکثر موتورهای درونسوز دیزلی. Cooling system I.C.E.

اهمیت روان‌سازی، روغنکاری و شبکه‌ای که روغن روان‌ساز را برای بخشهای مختلف موتور تأمین می‌کند کمتر از هوا و سوخت که برای احتراق لازم هستند نیست. قطعات حساسی از موتور دارای تماس لغزشی و غلظتی هستند که لحظه‌ای غفلت در بهره‌برداری صحیح از آنها، عمر موتور را بشدت کاهش می‌دهد. نه تنها «روان‌ساز» مناسب باید به کار برده شود، بلکه روان‌ساز باید در مقادیر صحیح، درجه حرارت مناسب و عاری از ناخالصیها به تجهیزات موتور برسد.

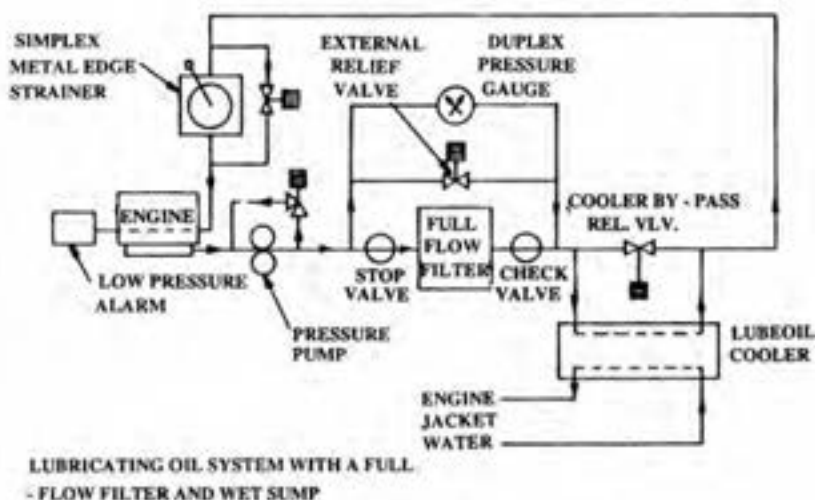
شبکه‌های روان‌سازی و روغنکاری دارای دو قسمت اصلی هستند. یک بخش در خارج از موتور و بخش دیگر در داخل موتور قرار دارد. آن قسمت که در بخش داخلی موتور است شامل گذرگاههای سوراخ شده و لوله‌کشی مخصوص است. بخش بیرونی شامل اجزایی است که روغن را در مقادیر مناسب، درجه حرارت مناسب و عاری از آلودگیها و ناخالصیها تأمین می‌کند. این اجزا شامل مخازن روغن، پمپها، صافیها، فیلترها، خنک‌کننده‌ها و تصفیه‌کننده‌ها است. نمونه‌هایی از شبکه‌های روان‌سازی و روغنکاری در شکلهای ۱۰-۲۵ و ۱۰-۲۶ نشان داده شده است. در موتورهای درونسوز مدرن، روغن روان‌ساز به وسیله پمپ به بخشهای مربوط هدایت می‌شود که به آن «روغنکاری تقویت شده»^۲ گفته می‌شود. اگرچه جزئیات شبکه‌های به کار رفته در موتورهای مختلف ممکن است دارای تفاوت‌هایی باشند، اما

در برخی از کشتیهای مدرن نیازی به خنک کردن منی فولد گازهای تخلیه نیست، زیرا از گرمای گازهای زائد تخلیه برای تولید آب گرم (و در برخی از کشتیهای سوپر مدرن برای تولید بخار) استفاده می‌شود.

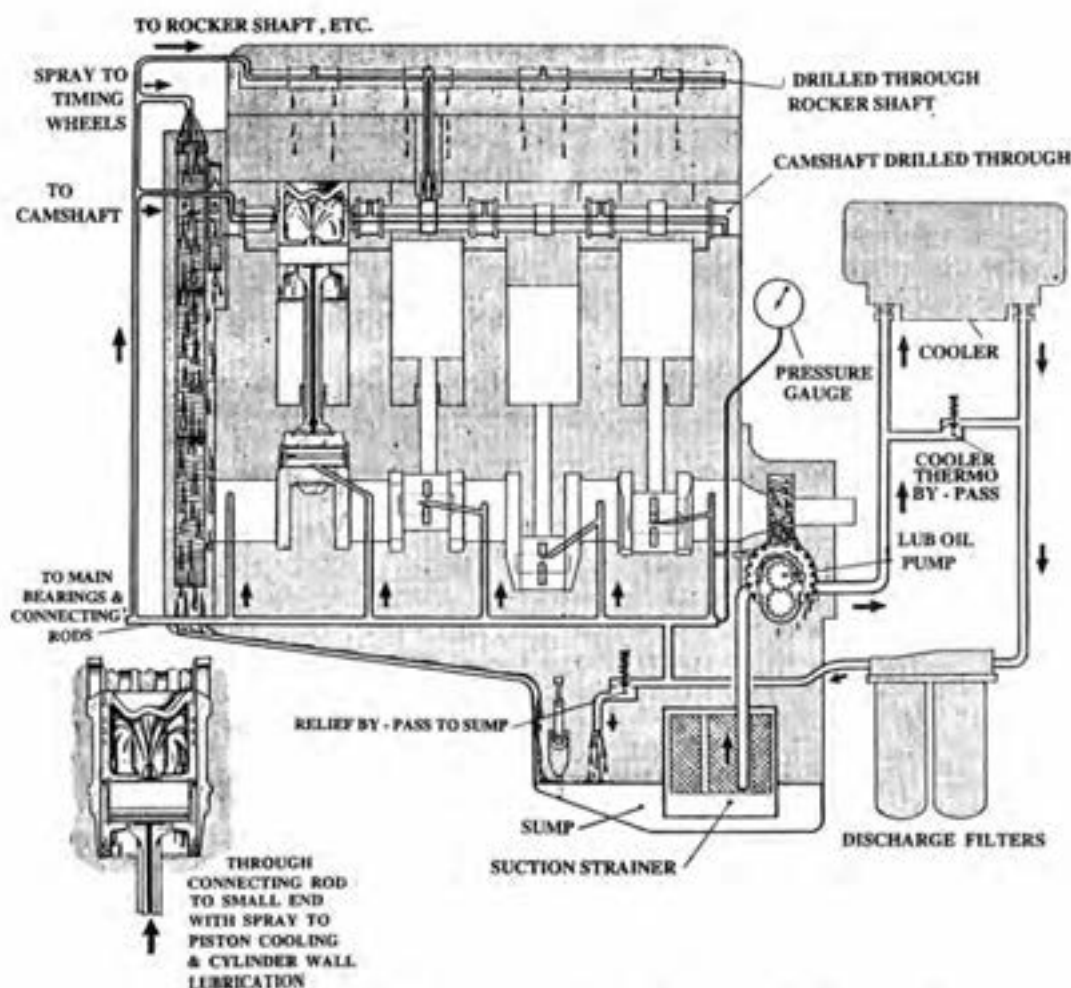
در بسیاری از کشتیهای قدیمی نیز نیازی به خنک کردن منی فولد گازهای تخلیه نیست، اما خنک کردن گازهای تخلیه در زیردریایهای دیزلی و ناوچه‌های جنگی بسیار حیاتی و ضروری است.

در لنجهای کوچک شبکه بسته آب شیرین وجود ندارد و آب دریا نه تنها خنک‌کننده روغن، بلکه سرسیلندر و بدنه سیلندر را نیز خنک می‌کند. این گونه موتورها دارای شبکه بسته نیستند و شبکه آب خنک‌کننده آنها «یک شبکه باز»^۱ است.

۶-۵-۱۰ شبکه‌های روغنکاری و روان‌سازی (Lubricating Systems): بهره‌برداری صحیح و مناسب از موتورهای درونسوز اقتضا می‌کند که سطوح تماس قطعات متحرک دچار ساییدگی و خراش نشوند و اصطکاک و استهلاک آنها در حداقل ممکن حفظ شود. وقتی دو سطح خشک فلزی تحت فشار بر روی یکدیگر بلغزند موجب اصطکاک، تولید گرما و استهلاک زیاد می‌شوند. به منظور کاهش بروز اصطکاک، گرما و استهلاک به هنگام تماس سطوح فلزی با یکدیگر، از قشر تمیزی از روغن در بین سطوح تماس استفاده می‌شود.



شکل ۱۰-۲۵ شبکه روغنکاری و روان‌سازی مجهز به کارتر تر

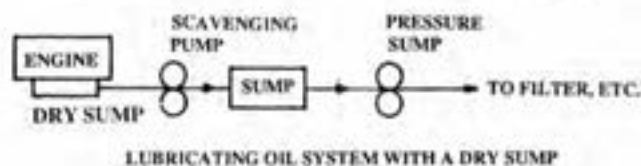


شکل ۲۶-۱۰ شبکه روغن روان سازی با کارتر تر مربوط به یک موتور درونسوز چهار سیلندر

Lubrication system - 4. Cylinder I.C.E.

بدک کشتیهای اقبانوس پیم و معمولی، کشتیهای نفتکش، فله بر، رورو، بسیاری از ناوهای لجستیکی (تا ۵۰۰۰۰ اسب بخار) نیروهای دریایی، ناوچه های کوچک، ناوچه های تندرو، برخی از ناوهای اسکورت پاسور، بسیاری از ناوهای گاردهای ساحلی کشتورهای مختلف و اکثر کشتیهای تحقیقاتی و ناوهای مین گذار و مین روب از نیروی محرکه دیزلی استفاده می کنند. هنوز بخش اعظم زیردریایهای جهان از نیروی محرکه دیزلی برخوردارند و هر سال بر تعداد آنها اضافه می شود. در برخی از مدرترین کشتیها، از موتورهای دیزل به همراه توربینهای گاز استفاده شده است تا با توجه به سرعت و قدرتی که در اکثر مواقع دریانوردی لازم است، از لحاظ اقتصادی بازدهی مناسبی داشته باشند. (از توربینهای گاز در سرعتهای زیاد و از دیزلها در سرعتهای متوسط و کم استفاده می شود).

اجزای اصلی و نحوه کار شبکه های روان سازی و روغنکاری شبیه یکدیگر است. در روغنکاری یک موتور مجهز به کارتر خشک، روغن پس از ریزش به کارتر به وسیله پمپ اسکونج به مخزنی که در خارج از موتور قرار دارد هدایت می شود (شکل ۲۷-۱۰).



شکل ۲۷-۱۰ شبکه روغن روان سازی و روغنکاری با کارتر خشک

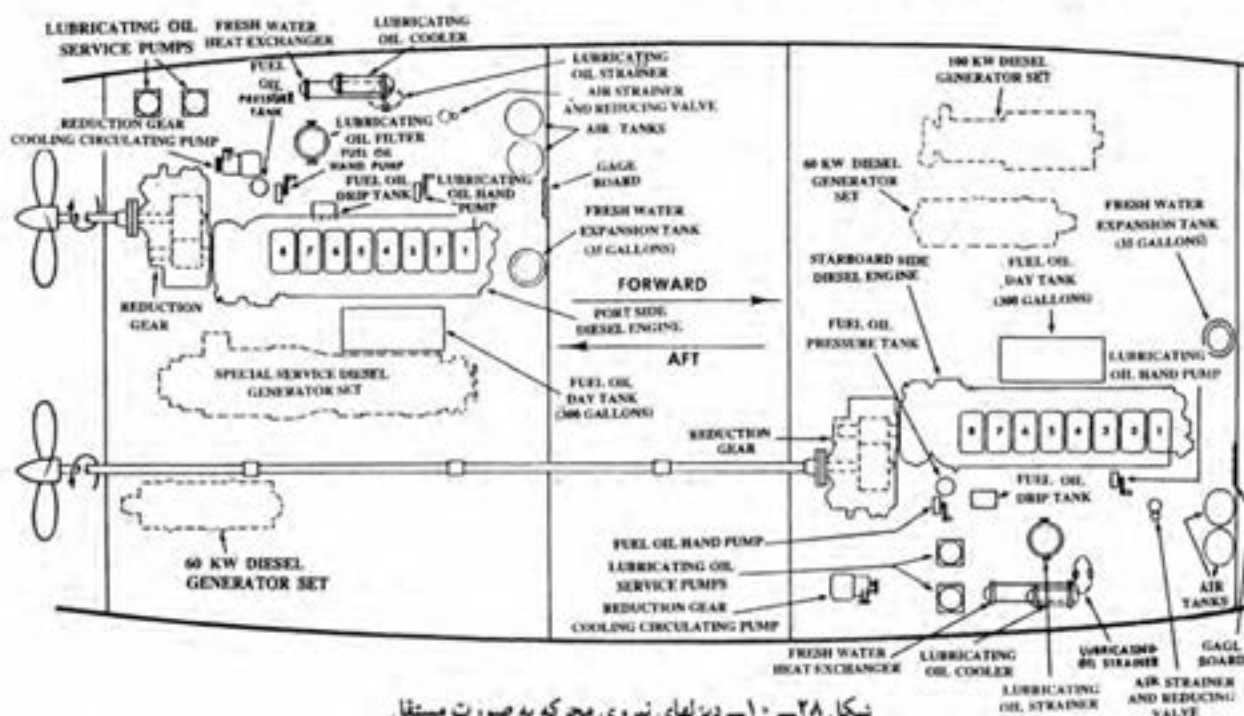
۶-۱- نیروی محرکه دیزلی

(Diesel Propulsion)

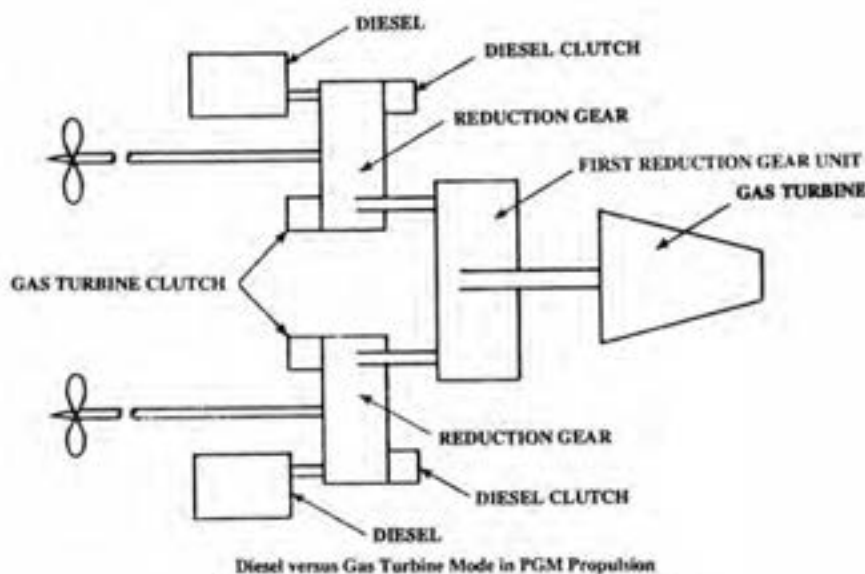
امروزه بخش اعظم کشتیهای جهان با استفاده از نیروی محرکه دیزلی کار می کنند. تقریباً تمام کشتیهای ماهیگیری،

موتورهای دیزلی به صورتهای متنوع برای نیروی محرکه دیزلی استقرار می‌یابند. نحوه استقرار آنها به مأموریت کشتی بستگی دارد. در شکل ۲۸-۱۰ نمونه‌ای از نیروی محرکه دیزلی با دو دستگاه دیزل هشت سیلندر مستقیم نشان داده شده است. در شکل ۲۹-۱۰ نمونه‌ای از یک نیروی محرکه مرکب توربین گاز و دیزل که مجهز به دو دستگاه دیزل نیروی محرکه و یک دستگاه توربین گاز است، دیده می‌شود.

برخی از موتورهای دیزلی آنقدر بزرگ هستند و سرعت دوران میل لنگ آنها آنقدر کم است که بدون نیاز به جعبه دنده کاهنده به طور مستقیم به پروانه کشتی متصل هستند. این گونه موتورها برای عقب رفتن کشتی، با از مکانیزم تغییر جهت گردش میل لنگ و یا از پروانه‌هایی که گام آنها قابل تغییر و قابل کنترل است استفاده می‌کنند. البته بسیاری از موتورهای دیزل دارای جعبه دنده کاهنده و چرخنده مخصوص عقب رفتن کشتی هستند.



شکل ۲۸-۱۰ دیزلهای نیروی محرکه به صورت مستقل



Diesel versus Gas Turbine Mode in PGM Propulsion

شکل ۲۹-۱۰ نیروی محرکه مرکب دیزلی و توربین گاز

۷-۱- بهره‌برداری از موتورهای بنزینی در شناورها

در بخش ۴-۲-۱۰ ملاحظه شد که مهمترین موتور بنزینی که در کشتی یافت می‌شود، موتور بیرونی یا موتور بکارچه است. در نیروی دریایی ایران به علت این که این موتورها را بیشتر با قایقهای جمینی استفاده می‌کنند، به آنها موتور قایق جمینی و حتی باختصار موتور جمینی گفته می‌شود. اما این موتورها را با قایقهای دیگر نیز می‌توان استفاده کرد. گفته شده است که هفتاد درصد قایقهای تفریحی کوچک جهان از این موتورها استفاده می‌کنند. اکثر این موتورها دو زمانه هستند و در آن، روغن روان‌ساز با بنزین مخلوط می‌شود. تفنگداران، تکاوران دریایی و نیروهایی که در آبهای داخلی و رودخانه‌ای فعالیت دارند، از این نوع موتور استفاده می‌کنند. برخی از بمبهای اضطراری آب و ژنراتورهای کوچک برق با موتور بنزینی کار می‌کنند.

۸-۱- خلاصه

موتورهای درونسوز پیستونی شامل موتورهای دیزلی و موتورهای بنزینی هستند. برای نیروی محرکه کشتیهای تجاری، جنگی و خدماتی از موتورهای دیزلی استفاده می‌شود. در موتورهای دیزل سوخت به صورت پودر به محفظه احتراق تزریق می‌شود. هوای محفظه احتراق به وسیله پیستون متراکم می‌شود، طوری که درجه حرارت هوا بالاتر از نقطه اشتعال سوخت باشد. مخلوط هوا و سوخت پس از شعله‌ور شدن محترق می‌شود. گازهای احتراق پیستون را به عقب سیلندر می‌رانند. شاتون متصل به پیستون است و موجب انتقال حرکت خطی پیستون به حرکت گردشی میل لنگ می‌شود. با گردش میل لنگ کار مکانیکی به وجود می‌آید. از موتورهای بنزینی به عنوان نیروی محرکه تنها در

پرسش

- ۱- تفاوت بین موتور درونسوز و موتور بیونسوز را بیان کنید.
- ۲- اسامی موتورهای بیونسوزی را که می‌شناسید بنویسید.
- ۳- تجهیزاتی که محفظه احتراق را تشکیل می‌دهند نام ببرید.
- ۴- عنوانهای پنج اتفاقی که در هر سیکل کاری به وقوع می‌پیوندد (در موتورهای بنزینی و دیزلی) بنویسید.

شناورهای استفاده می‌شود که موتور دیزلی برای آن شناورها مناسب نباشد (مانند قایق جمینی، قایقهای ورزشی، اسکی روی آب و...).

از موتورهای بنزینی برای رانش بمبهای اضطراری و سیار آب و ژنراتورهای کوچک استفاده می‌شود.

در بسیاری از کشتیها سرعت موتور دیزل بیش از سرعت قابل قبول پروانه است و به همین جهت از جعبه دنده کاهنده استفاده می‌شود.

از هوای فشرده، موتور الکتریکی و موتور هیدرولیکی برای استارت زدن موتورهای دیزل استفاده می‌شود.

از سوخت پاش برای هدایت سوخت تمیز به موتورهای دیزلی استفاده می‌شود. اکثر موتورهای بنزینی مجهز به کارپراتور برای مخلوط کردن هوا و بنزین قبل از ورود به سیلندر هستند. تمام موتورهای درونسوز انرژی شیمیایی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنند. تقریباً یک سوم انرژی گرمایی به کار مفید تبدیل می‌شود. بقیه انرژی گرمایی به وسیله گازهای زائد به اتمسفر تخلیه می‌شود و مقداری جذب شبکه خنک کننده می‌گردد.

روشهای متعددی برای خنک کردن موتور وجود دارد. از شبکه‌های آب شیرین (بسته) و آب شور (باز) برای خنک کردن بخشهای مختلف استفاده می‌شود.

تمام موتورهای درونسوز به وسیله روغنهای معدنی مخصوص که برای این موتورها ساخته می‌شوند، روغنکاری و روان‌سازی می‌گردند.

موتورهای درونسوز در سطحی وسیع به خدمت کشتیهای جنگی، بازرگانی و خدماتی گرفته شده‌اند. آنها تقریباً سبک بوده از لحاظ اقتصادی و مصرف سوخت بازدهی خوبی دارند و قابلیت اطمینان آنها زیاد است.

- ۵- چگونه انجام یک سیکل دوزمانه در موتورهای بنزینی و دیزلی را بنویسید.
- ۶- چگونه انجام یک سیکل چهار زمانه در موتورهای بنزینی و دیزلی را بنویسید.
- ۷- نسبت تراکم در موتورهای درونسوز را شرح دهید.
- ۸- در یک موتور چهار زمانه میل لنگ چند دور و چند درجه (برای هر سیکل) گردش می کند.
- ۹- در یک موتور دوزمانه میل لنگ چند دور و چند درجه (برای هر سیکل) گردش می کند.
- ۱۰- روغنکاری و روان سازی اکثر موتورهای بنزینی دوزمانه چگونه انجام می شود؟
- ۱۱- معایب موتورهای بنزینی دوزمانه را بیان کنید.
- ۱۲- طبقه بندی موتورهای دیزلی را از لحاظ خنک کاری و شبکه خنک کننده بیان کنید.
- ۱۳- طبقه بندی موتورهای دیزلی را از لحاظ ترتیب قرار گرفتن سیلندرها بنویسید.
- ۱۴- طبقه بندی موتورهای دیزلی را از لحاظ تأمین هوای تازه برای احتراق شرح دهید.
- ۱۵- طبقه بندی موتورهای دیزلی را از لحاظ روش روشن کردن موتور شرح دهید.
- ۱۶- طبقه بندی موتورهای دیزلی را از لحاظ سرعت، بیان کنید.
- ۱۷- کدام گروه از موتورهای دیزلی بدون نیاز به جعبه دنده کاهنده به طور مستقیم پروانه کشتی را می گردانند؟
- ۱۸- اجزای ثابت موتورهای درونسوز بنزینی و دیزلی را معرفی کنید.
- ۱۹- محفظه لنگ در کجا قرار دارد؟
- ۲۰- تفاوت بین موتور کارتر تر و موتور کارتر خشک را بیان کنید.
- ۲۱- قطعات اصلی متحرک موتورهای درونسوز را معرفی کرده کار هر یک را بیان کنید.
- ۲۲- دلایل به کار بردن چرخ طیار را بنویسید.
- ۲۳- شبکه های هوای موتورهای دیزلی (شامل شبکه هوا و شبکه تخلیه) را معرفی کرده شرح دهید.
- ۲۴- فرآیند اسکونجینگ را شرح دهید و اجزای شبکه اسکونجینگ را معرفی کنید.
- ۲۵- روشهای عمده اسکونجینگ را در موتورهای دیزلی شرح دهید.
- ۲۶- وظایف شبکه تخلیه را معرفی کنید.
- ۲۷- فرآیند سوپرشارژینگ را بیان کنید. چگونه سوپرشارژرها به حرکت درآورده می شوند؟
- ۲۸- اجزای شبکه سوخت موتورهای دیزل را معرفی کنید.
- ۲۹- اجزای شبکه سوخت موتورهای بنزینی را معرفی کنید.
- ۳۰- تفاوت تزریق سوخت در موتور بنزینی و موتور دیزلی را شرح دهید.
- ۳۱- اجزای مدار جرعه در موتور بنزینی را معرفی کنید.
- ۳۲- منابع تولید گرما در موتورهای درونسوز را معرفی کنید. چه مقدار از گرما به کار مفید، چه مقدار به شبکه خنک کننده و چه مقدار به اتمسفر داده می شود؟
- ۳۳- انواع شبکه های خنک کننده موتورهای دیزلی را معرفی کنید. کدام شبکه ها در کدام نوع کشتی و شناور استفاده می شود؟
- ۳۴- اجزای شبکه روغنکاری و روان سازی را معرفی کرده اهمیت آنها را بنویسید.
- ۳۵- بهره برداری از موتورهای دیزلی در نیروی محرکه دریایی را به طور مشروح بیان کنید.
- ۳۶- انواع بهره برداری از موتورهای بنزینی را در قایقها و کشتیها بنویسید.

بخش سوم

نیروی محرکه توربین گاز

**Gas Turbine
Propulsion**

توربینهای گاز

Gas Turbines

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :
- اهمیت و کاربرد توربین گاز را در نیروی محرکه دریایی بیان کند.
 - سیکل کاری توربین گاز را شرح داده تفاوت سیکل مزبور با سیکل کاری موتورهای درونسوز پیستونی را بیان کند.
 - اجزای توربینهای گاز را معرفی کرده کار هر یک را شرح دهد.
 - سیستمهای توربین گاز را معرفی کرده وظیفه و طرز کار هر یک را بیان کند.
 - بازیاب را معرفی کرده اهمیت آن را بیان کند.
 - مزایای بهره‌برداری از توربین گاز در نیروی محرکه دریایی را بیان کند.

۱۱ - توربینهای گاز

۱۱-۱- اهمیت و کاربرد توربین گاز در نیروی محرکه دریایی

موتور توربین گاز به عنوان محرک کشتی بسیار دیرتر از توربین بخار و موتور دیزل به کار گرفته شد. نسل اول توربینهای گاز دریایی از دهه ۱۹۶۰ میلادی در شناورهای کوچک نصب و راه‌اندازی شد. معایب اولیه بهره‌برداری از توربین گاز در کشتیها مصرف نسبتاً زیاد سوخت و خوردگی بخشهای داخلی این موتور به علت شرایط مرطوب و نمکین دریا بود.

از اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی نسل دوم توربینهای گاز دریایی به عنوان نیروی محرکه تعداد قابل توجهی از کشتیهای جنگی به کار گرفته شد. ترکیب توربینهای گاز در ناوهای نیروهای دریایی و نحوه استفاده‌ای که این شناورها از این موتور دارند

موجب شد که معایب نسل اول تا اندازه چشمگیری کاهش یابد. البته هنوز از توربین گاز به عنوان موتور نیروی محرکه کشتیهای تجاری بهره‌برداری چندانی نشده است. نیروی محرکه برخی از کشتیهای تجاری ترکیبی از توربین گاز و نیروی محرکه بخاری است، اما تعداد این گونه کشتیها بسیار کم است.

از توربینهای گاز نسل دوم هم اکنون در نیروی محرکه بسیاری از کشتیهای جنگی مدرن بهره‌برداری می‌شود. ناوشکنها^۱، پاسورها^۲، مین جمع‌کنها^۳، هاورکرافتها^۴، هیدروفویلها^۵، ناوچه‌های گشتی^۶ و قایقهای «نجس و نجات»^۷ در نیروی دریایی، گارد ساحلی و خدمات دریایی بسیاری از کشورها مجهز به نیروی محرکه توربین گاز یا ترکیبی از توربین گاز با دیزل یا توربین بخار است.

سرعت زیاد، یکپارچگی موتور، وزن کم، زمان کوتاه روشن

۱- Destroyers

۲- Frigates

۳- Minesweepers

۴- Hovercrafts

۵- Hydrofoils

۶- Patrol Boats

۷- Rescue Boats

شدن، سادگی در بهره‌برداری، قابل بهره‌برداری بودن موتور با فاصله زمانی بسیار کم پس از استارت خوردن و مهمتر از همه قابلیت اطمینان توربین گاز موجب شده است که طراحان و کشتی‌سازان این موتور را انتخاب خوبی برای شناورهای یاد شده بدانند.

مهمترین مزیت توربین گاز دریایی این است که با ایجاد کمی تغییرات، توربین گاز هوایی را می‌توان به توربین گاز دریایی مبدل کرد. از آنجا که برای رفع نیازهای امروز حمل و نقل، توربینهای گاز هوایی به طور مرتب بهبود و توسعه داده می‌شوند، هرگونه نتیجه خوبی که در توربینهای گاز هوایی گرفته می‌شود تأثیری مثبت بر توربینهای گاز دریایی می‌گذارد. بهره‌برداری از حاصل زحمات و پیشرفتهای صنایع هوایی موجب شده است که هم‌اکنون مواد مقاومتری در ساختمان توربینهای گاز دریایی به کار برده شود؛ در نتیجه این موتورها می‌توانند درجه حرارت و فشار بیشتری را نسبت به موتورهای قبلی تحمل کنند. بدین ترتیب بازدهی آنها افزایش یافته است.

توربینهای گاز مدرن مجهز به کمپرسورهایی شده‌اند که هوای بیشتری را مکیده نسبت تراکم بزرگتری دارند؛ در نتیجه، جرم هوای ورودی به محفظه احتراق زیاده‌تر شده و این مورد موجب افزایش بازدهی شده است.

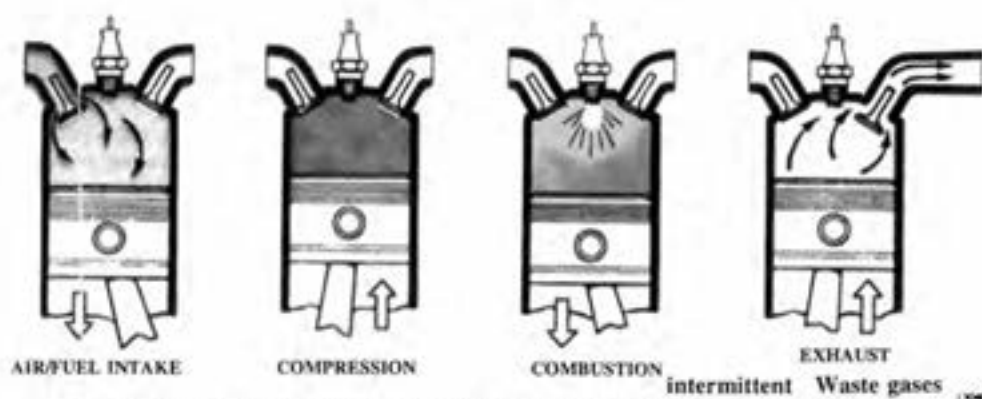
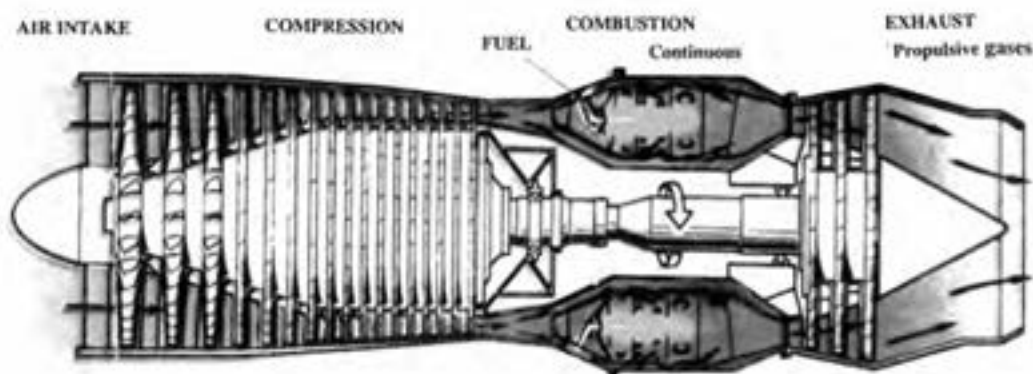
پیشرفتهای حاصل در طراحی محفظه‌های احتراق و سوخت پاشها به همراه افزایش تراکم هوا موجب شده است که توربین گاز دریایی بتواند از گازوئیل (سوخت دیزل) استفاده کند. به این جهت توربینهای گاز مدرن اقتصادی‌تر از توربینهای گاز قدیمی هستند.

در توربین گاز نحوه عمل تبدیل انرژی بدین صورت است که ابتدا مقادیر معتدلی از هوا به وسیله یک کمپرسور جذب و فشار آن چند برابر می‌شود. هوای فشرده سپس به داخل محفظه احتراق رانده می‌شود و در آنجا سوخت به هوا پاشیده شده محترق می‌گردد؛ در نتیجه گازی گرم و فشرده حاصل می‌شود که با عبور از میان تیغه‌ها و پره‌های یک توربین موجب گردش محور (شافت) آن می‌شود. توربین گاز دو قطعه چرخنده اصلی دارد که یکی از آنها کمپرسور و دیگری توربین است. کمپرسور، هوا را از طریق کانال و مجرای ورودی به داخل می‌کشد و ضمن عبور دادن هوا از خود، هوا را متراکم کرده به مرور بر فشار هوا می‌افزاید، هوای

فشرده وارد محفظه احتراق می‌شود و با سوخت می‌سوزد؛ بدین ترتیب احتراق به وجود می‌آید و انرژی شیمیایی به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود. گازهای گرم پس از عبور از شیبوره انبساط می‌یابند و به تیغه‌های متحرک توربین می‌رسند و موجب گردش توربین می‌شوند. توربین و کمپرسور به وسیله یک محور (شافت) به یکدیگر متصل هستند. چرخش توربین موجب گردش کمپرسور می‌شود. بخشی از قدرت حاصل در توربین می‌تواند برای تولید الکتریسیته، گردش ملخ یا گردش پروانه کشتی به کار رود. البته در بسیاری از توربینهای گاز بعد از توربینی که کمپرسور را می‌گرداند (که به «توربین کمپرسور»^۱ معروف است)، توربین دیگری وجود دارد. گازهای داغ پس از عبور از توربین کمپرسور به این توربین می‌رسند و موجب گردش آن می‌شوند. این توربین به «توربین قدرت»^۲ معروف است. بین توربین قدرت و توربین کمپرسور هیچ گونه ارتباط مکانیکی وجود ندارد. در کشتی، توربین قدرت به جعبه دنده کاهنده و پروانه کشتی متصل است و گردش توربین قدرت موجب گردش پروانه کشتی می‌شود.

۲-۱-۱ سیکل کاری و جریان هوا و گاز در توربین گاز (Gas Turbine Working Cycle and Air and Gas Flow)

توربین گاز یک موتور گرمایی است که از هوا به عنوان سیال عامل، جهت تولید قدرت استفاده می‌کند. برای رسیدن به قدرت باید سرعت هوا در موقع عبور از داخل موتور افزایش یابد. برای دست یافتن به این افزایش سرعت، در مرحله اول باید انرژی فشاری هوا به وسیله کمپرسور افزایش یافته سپس با تزریق سوخت در محفظه احتراق، انرژی گرمایی افزایش یابد. در توربینهای گاز دریایی، از این انرژی ابتدا برای گردش توربین کمپرسور و سپس برای گردش توربین قدرت استفاده می‌شود. بخشهای اصلی یک توربین گاز دریایی عبارتند از: (۱) کمپرسور، (۲) محفظه احتراق، (۳) توربین کمپرسور، (۴) توربین قدرت. برای روشن شدن نحوه کار توربین گاز، ابتدا طرز کار یک توربین گاز هوایی از نوع «توربوجت»^۳ ضمن مقایسه با طرز کار یک موتور درونسوز بنزینی چهارزمانه توضیح داده می‌شود (شکل ۱-۱۱).



A comparison between the working cycle of a piston engine and a turbo - jet engine

شکل ۱۱-۱- مقایسه سیکل کاری یک موتور بنزینی چهار زمانه با یک موتور توربین گاز از نوع توربوجت

اما در توربین گاز که سوخت به طور مرتب تزریق و هوا متراکم می شود احتراق پیوسته است. در واقع سوختن هوا و سوخت در محفظه احتراق توربین گاز مانند احتراق گاز در اجاق گاز خانگی است که تنها با یک جرعه اولیه به وسیله کبریت یا فندک عمل سوختن گاز شروع می شود و تا زمان قطع جریان گاز ادامه می یابد. **مرحله تخلیه:** گازهای تخلیه شده از موتورهای درونسوز پیستونی نقشی در تولید کار یا تبدیل انرژی گرمایی به کار ندارند، اما در توربین گاز انبساط این گازها در میان تیغه های توربین موجب چرخش محور (شافت) توربین کمپرسور و در نتیجه کمپرسور می شود. در شکل ۱۱-۱ مقایسه سیکل کاری یک موتور بنزینی با یک توربین گاز از نوع توربوجت نشان داده شده است. موتور توربوجت برای نیروی محرکه هواپیماهای سریع به کار می رود. سرعت گازهای تخلیه شده از توربین یک موتور توربوجت به هنگام عبور از دهانه خروجی موتور و ورود به اتمسفر افزایش می یابد. نیروی عکس العملی حاصل از افزایش سرعت گازها موجب حرکت هواپیما به جلو می شود. همه توربینهای گاز هوایی از نوع توربوجت نیستند، بلکه بسیاری از توربینهای گاز هوایی نیز به توربین قدرت مجهز هستند. در این نوع موتورها توربین

مرحله مکش: در موتور چهار زمانه بنزینی مخلوط هوا و سوخت وارد سیلندر می شود، اما در توربین گاز فقط هوا وارد کمپرسور می شود.

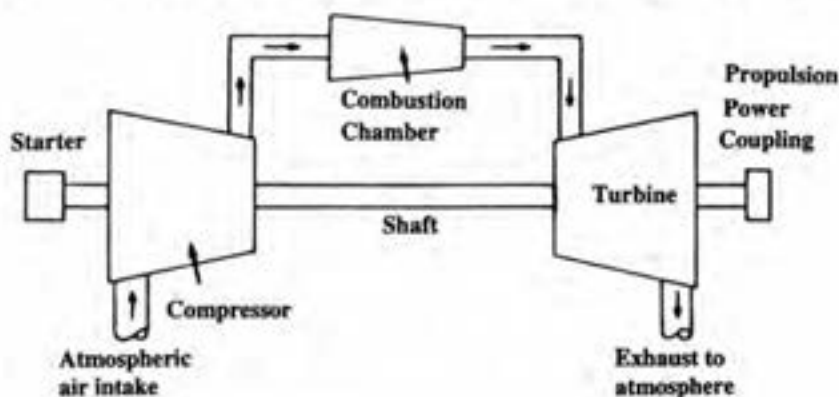
مرحله تراکم: در موتور چهار زمانه بنزینی حرکت پیستون به طرف نقطه مرگ بالا موجب تراکم مخلوط هوا و سوخت می شود. در توربین گاز با گردش محور کمپرسور و با کمک تیغه های آن هوا متراکم می شود.

مرحله احتراق و قدرت: در موتور چهار زمانه بنزینی در انتهای مرحله تراکم شمع جرقه می زند و مخلوط هوا و سوخت شعله ور می شود و احتراق انجام می گیرد. در توربین گاز هوای متراکم و داغ به محفظه احتراق هدایت می شود و در محفظه احتراق سوخت تزریق می شود. در زمان استارت زدن توربین گاز، شمعهای محفظه احتراق جرقه می زنند تا هوا و سوخت شعله ور شوند. پس از شعله ور شدن مخلوط و ایجاد احتراق در محفظه احتراق، مدار جرقه شمعها قطع می شود و دیگر نیازی به جرقه زدن شمعها نیست. تا زمانی که سوخت تزریق شود احتراق وجود دارد. یک تفاوت مهم و اساسی بین دو موتور در این جا است. در موتورهای درونسوز پیستونی احتراق ناپیوسته است،

به گردش درآوردن پروانه مصرف می‌شود (البته پمپهای روغن و سوخت را نیز می‌گرداند). این نوع توربین گاز به «توربین گاز یک شافت»^۲ موسوم است. از این موتور در شناورهای کوچک استفاده می‌شود. در شکل ۱۱-۳ یک موتور «توربین گاز دوشافت»^۳ دیده می‌شود. این توربین دارای دو بخش مستقل است. بخش اول «ژنراتور گاز»^۴ نام دارد که شامل توربین کمپرسور، محفظه احتراق و کمپرسور است. برای استارت زدن توربین از یک استارتر که کمپرسور را می‌گرداند استفاده می‌شود. توربین قدرت این موتور پروانه کشتی را می‌گرداند.

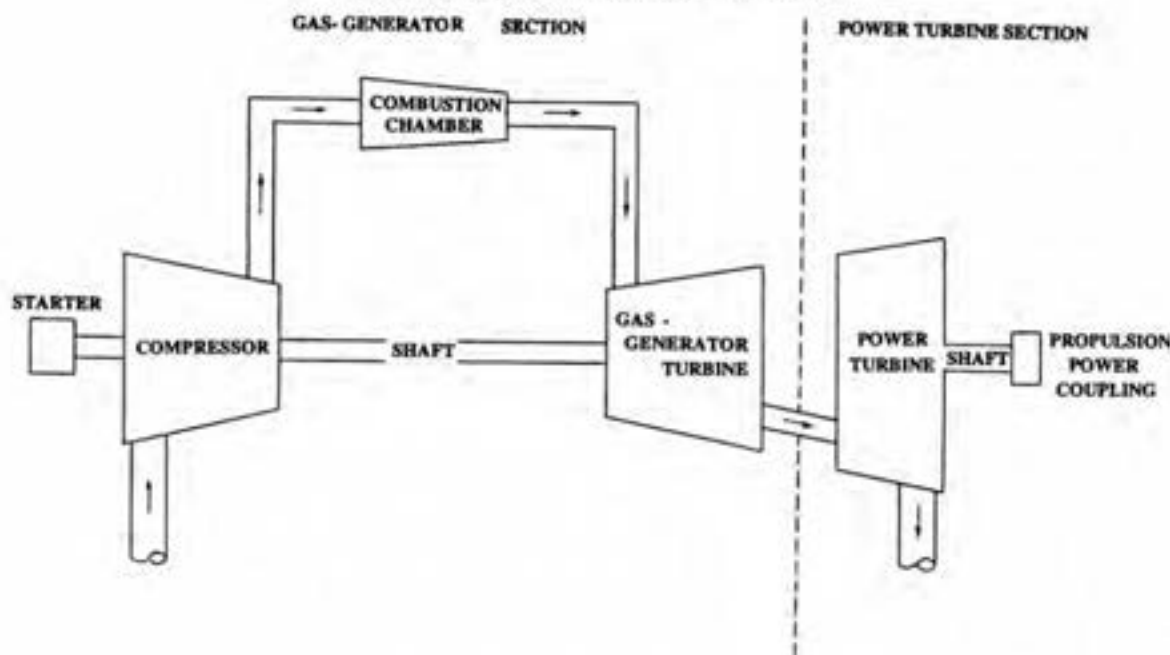
قدرت، ملخ هواپیما را به حرکت درمی‌آورد. این گونه توربینهای گاز را «توربوپراب»^۱ نامیده‌اند. توربینهای گازی که در هلیکوپتر، هاورکرافت، قطار و کشتی به کار می‌روند دارای ملخ نیستند، بلکه توربین قدرت یک شافت خروجی را می‌گرداند و موجب تحرک هلیکوپتر، هاورکرافت، قطار و کشتی می‌شود. این گونه توربینهای گاز را «توربو شافت»^۵ می‌گویند.

ساده‌ترین نوع توربین گاز دریایی در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است. این موتور فاقد توربین قدرت است. بخشی از قدرت توربین کمپرسور برای راندن کمپرسور و بخشی دیگر برای



Basic parts of a gas turbine.

شکل ۱۱-۲- توربین گاز ساده یا توربین گاز یک شافت



Schematic diagram showing relationship of parts in split-shaft gas turbine engine

شکل ۱۱-۳- توربین گاز دوشافت

۱- Turbo - Prop

۲- Turbo - shaft

۳- Single shaft Gas Turbine

۴- Split shaft Gas Turbine

۵- Gas Generator

۱۱-۳-۱ اجزای توربینهای گاز

(Gas Turbine Components)

سه قسمت مهم یک موتور توربین گاز عبارتند از: کمپرسور، محفظه احتراق و توربین. توربین گاز دارای تجهیزات، ملحقات و شبکه‌های سرویس (سوخت، روغن و ...) است. سه بخش اصلی توربین گاز در این قسمت و شبکه‌های سرویس در قسمت بعدی ارائه می‌شوند.

۱۱-۳-۱-۱ کمپرسور (Compressor): برای احتراق

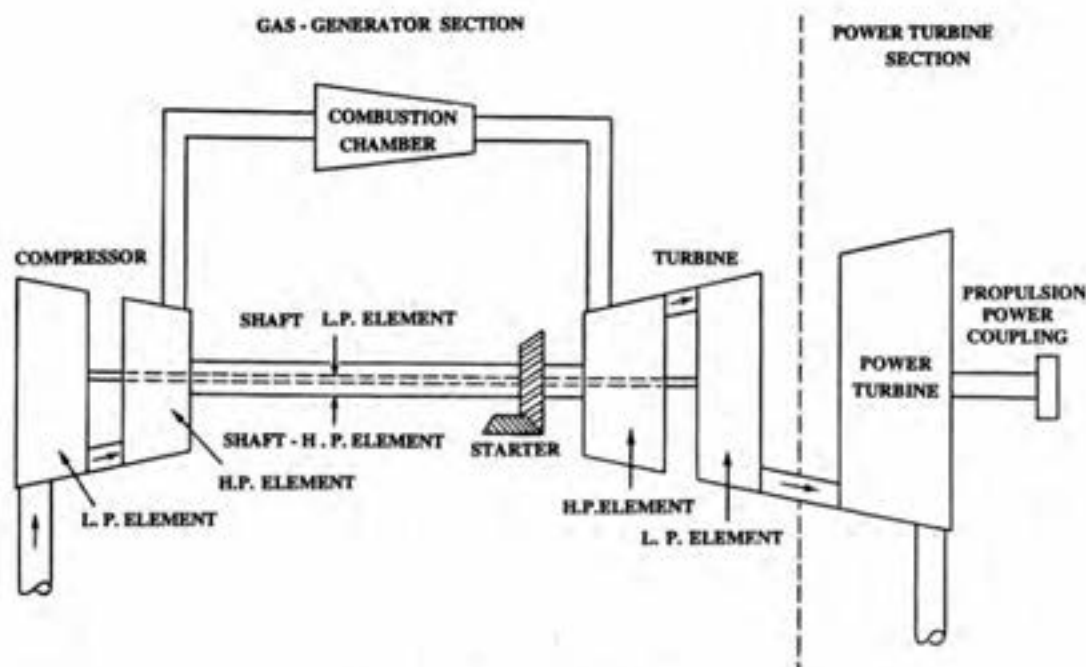
کامل سوخت به اکسیژن کافی نیاز است. تقریباً یک پنجم حجم هوا را اکسیژن تشکیل می‌دهد. برای افزایش مقدار اکسیژن در جرم و فشار مناسب از دستگاهی که کمپرسور یا متراکم کننده نام دارد استفاده می‌شود. هرچه هوا بیشتر متراکم شود احتراق بهتری انجام می‌شود و مصرف سوخت کاهش می‌یابد. در توربین گاز، کمپرسور هوا می‌تواند یکی از دو نوع زیر باشد:

(۱) کمپرسور گریز از مرکز، (۲) کمپرسور محوری.

در کمپرسور گریز از مرکز که حرکت جریان هوا تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرد، نوع جریان، «جریان شعاعی» است. حرکت جریان هوا در کمپرسور محوری موازی با محور (شافت) است.

توربین گاز شکل ۱۱-۴ از نوع دو کمپرسوره است و «توربین گاز دو کمپرسوره» نام دارد. به همان ترتیب موتور شکل ۱۱-۳ «توربین گاز یک کمپرسوره» نام دارد.

در توربین گاز دو کمپرسوره، کمپرسور اولی کمپرسور فشار کم و کمپرسور دومی کمپرسور فشار زیاد است. کمپرسور فشار کم به وسیله توربین فشار کم (توربین دوم) و کمپرسور فشار زیاد به وسیله توربین فشار زیاد (توربین اول) به گردش درمی‌آیند. توربین فشار زیاد بلافاصله پس از محفظه احتراق که در آن گازهای گرم دارای حداکثر انرژی جنبشی هستند قرار می‌گیرد. هم سرعت و هم فشار گازها در توربین فشار زیاد بیشتر از توربین فشار کم است. بدین ترتیب سرعت گردش کمپرسور فشار زیاد بیشتر از کمپرسور فشار کم می‌شود؛ در نتیجه کمپرسور فشار زیاد دچار خفگی نمی‌شود و هوای متراکم هدایت شده از کمپرسور فشار کم را فشرده تر کرده به محفظه احتراق هدایت می‌کند. استارت این نوع توربین گاز، کمپرسور فشار زیاد را می‌گرداند. پس از وقوع احتراق، گازهای گرم موجب چرخیدن توربین فشار کم می‌شوند و بالطبع کمپرسور فشار کم نیز می‌چرخد.



شکل ۱۱-۴-۱ توربین گاز دو کمپرسوره

۱- Twin spool Gas Turbine

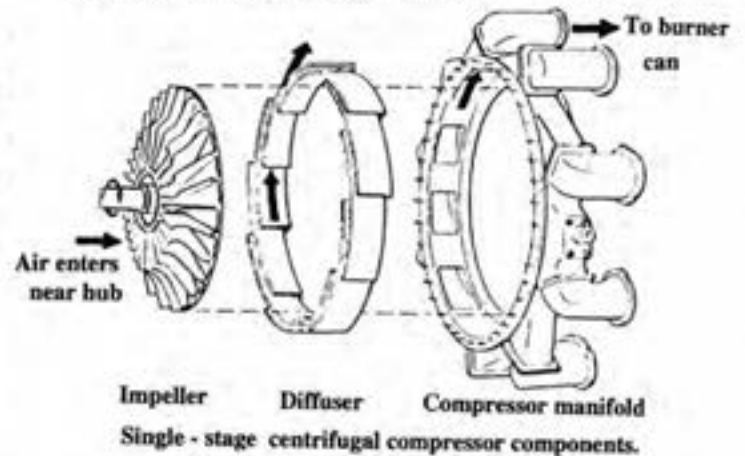
۲- Single spool Gas Turbine

۳- Radial Flow

۱-۱-۳-۱۱- ساختمان کمپرسور گریز از مرکز

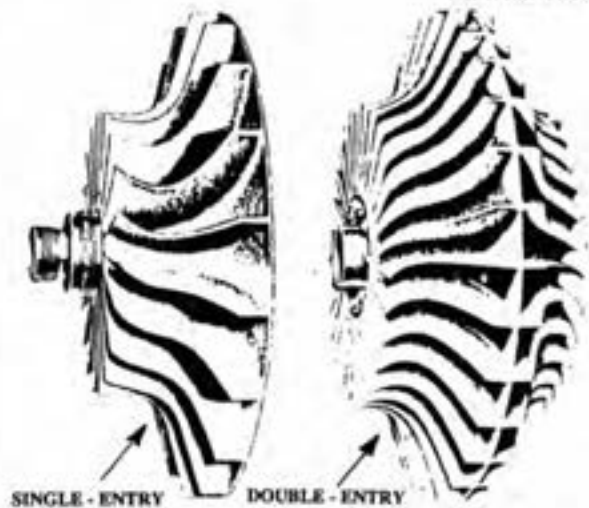
(Centrifugal Flow compressor construction): در شکل ۱۱-۵

اجزای یک کمپرسور گریز از مرکز یک مرحله‌ای نشان داده شده است. کمپرسور گریز از مرکز دارای اجزای زیر است: (۱) ایمپلر یا دیسکی که دارای چندین پره است؛ (۲) دیفیوزر که در آن فشار افزایش می‌یابد؛ (۳) پوسته بیرونی یا محل تقسیم هوای فشرده و هدایت آن به محفظه احتراق که «منی فولد کمپرسور» نامیده می‌شود.



شکل ۱۱-۵ اجزای کمپرسور گریز از مرکز

ایمپلر معمولاً از آلایز آلومینیوم ساخته می‌شود. پره‌های روی ایمپلر با دیسک یکپارچه هستند و مجرای بین هر دو پره به شکل واگرا است. ایمپلرها به دو صورت یک طرفه^۱ و دو طرفه^۲ ساخته می‌شوند. در شکل ۱۱-۶ این دو نوع ایمپلر نشان داده شده‌اند.

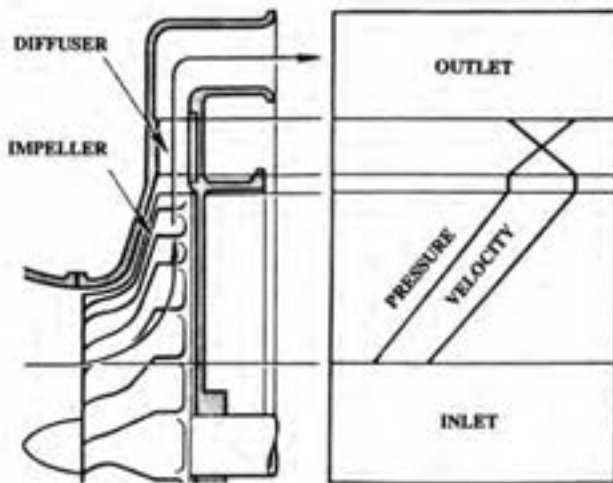


شکل ۱۱-۶ ایمپلرهای استفاده شده در کمپرسور گریز از مرکز

۲-۱-۳-۱۱- اصول کار کمپرسور گریز از مرکز

(C.C.Prin. Of OPeration): وقتی که ایمپلر با سرعت زیاد

می‌چرخد، هوا از قسمت مرکزی ایمپلر به داخل کمپرسور کشیده می‌شود. نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش سریع ایمپلر موجب شتاب دادن به هوا و حرکت شعاعی آن به طرف بیرون ایمپلر می‌شود (مطابق شکل ۱۱-۷). به هنگام عبور هوا از دیفیوزر فشار هوا افزایش می‌یابد؛ بنابراین فشار هوا هم در ایمپلر و هم در دیفیوزر افزایش می‌یابد (علت افزایش فشار هوا در ایمپلر واگرا بودن مجرای بین هر دو پره ایمپلر است). در شکل ۱۱-۷ چگونگی حرکت جریان هوا و تغییرات فشار و سرعت در کمپرسور گریز از مرکز نشان داده شده است.



Pressure and velocity changes through a centri-fugal compressor

شکل ۱۱-۷ تغییرات فشار و سرعت در کمپرسور گریز از مرکز

۳-۱-۳-۱۱- ساختمان کمپرسور محوری: (Axial)

flow Compressor Construction) کمپرسور محوری از دو

مجموعه ثابت و متحرک تشکیل شده است. مجموعه متحرک پاجر خنده «روتور» نامیده می‌شود. مجموعه ثابت را «استاتور کمپرسور» نامیده‌اند. استاتور دارای چند ردیف تیغه‌های ثابت است. «تیغه‌های ثابت» از داخل بر روی پوسته کمپرسور نصب می‌شوند. مجرای بین هر دو تیغه ثابت به صورت واگرا است. روتور نیز دارای چند ردیف تیغه‌های متحرک است. مجرای بین

۱- Impeller

۲- Double Entry Impeller

۳- Compressor Manifold

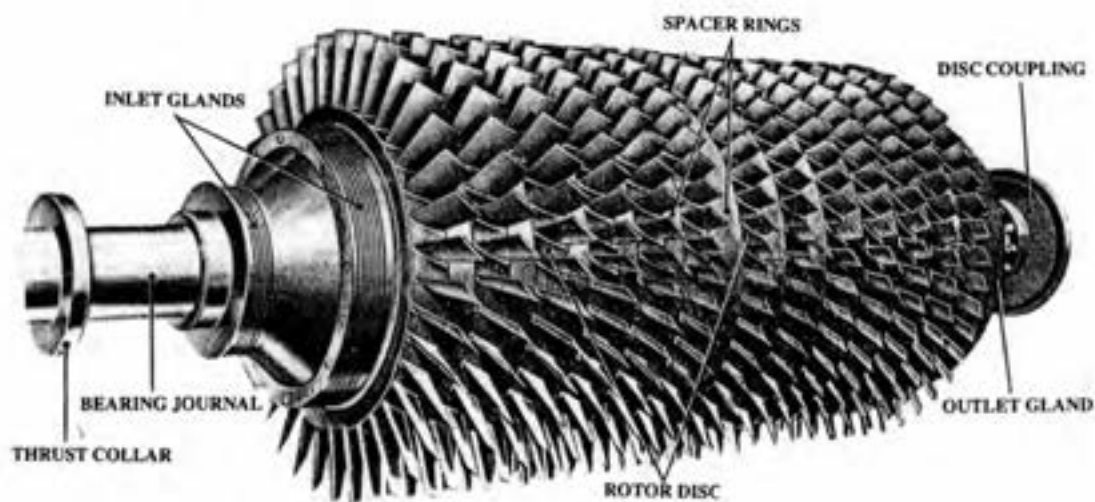
۵- Compressor Rotor

۴- Single Entry Impeller

۶- Compressor Stator

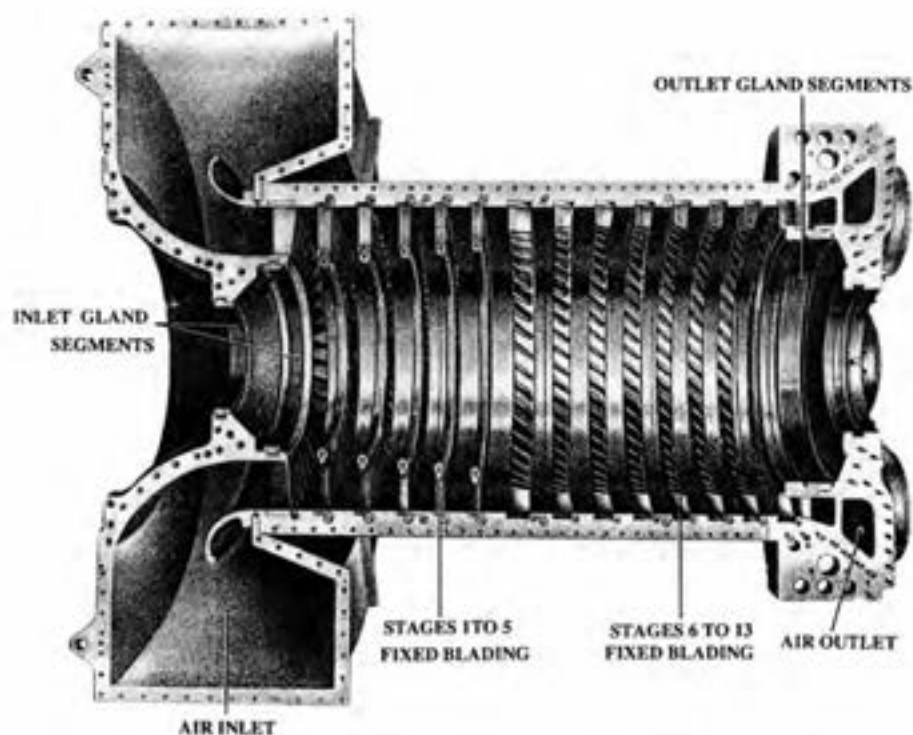
در شکل‌های ۸-۱۱ و ۹-۱۱ تصاویری از یک روتور و یک استاتور نشان داده شده است.

هر دو تیغه متحرک نیز به صورت واگرا است. هر یک ردیف تیغه متحرک با یک ردیف تیغه ثابت، یک مرحله را تشکیل می‌دهند.



Gas turbine Compressor- axial type rotor

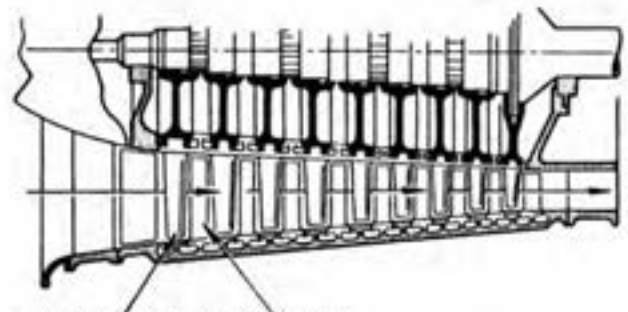
شکل ۸-۱۱- روتور کمپرسور محوری



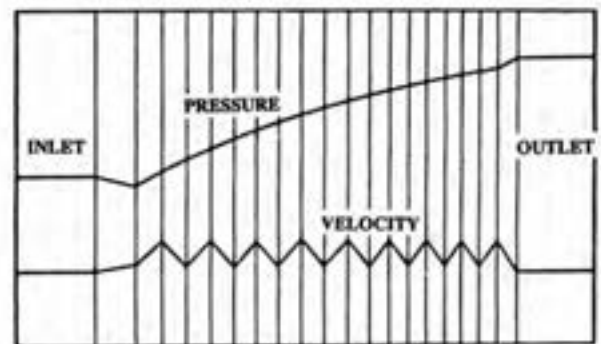
Gas turbine compressor rotor fixed blading

شکل ۹-۱۱- تیغه‌های ثابت «مجموعه ثابت» یا استاتور کمپرسور محوری

۱-۴-۱۱- اصول کار کمپرسور محوری: (Axial Compressor Prin. of Operation) در شکل ۱۱-۱۰ دیاگرام فشار و سرعت در کمپرسور محوری نشان داده شده است. تیغه‌های متحرک، سرعت و فشار هوا را افزایش می‌دهند. تیغه‌های ثابت فشار را افزایش و سرعت را کاهش می‌دهند. مقدار کاهش سرعت در تیغه‌های ثابت تقریباً برابر افزایش سرعت در تیغه‌های متحرک است. چون مجرای بین دو تیغه متحرک مجاور هم و دو تیغه ثابت مجاور هم واگرا است، فشار در آنها افزایش می‌یابد. هوایی که از انتهای کمپرسور می‌گذرد دارای فشاری چندین برابر فشار در ابتدای کمپرسور و سرعتی تقریباً برابر با سرعت در ابتدای کمپرسور است.



ROTOR BLADE STATOR BLADE



20994

Pressure and velocity changes through an axial compressor

شکل ۱۱-۱۰- تغییرات فشار و سرعت در کمپرسور محوری

پوسته کمپرسور از ابتدا به انتها به صورت همگرا است. طول تیغه‌های قسمت جلوی کمپرسور بلندتر از تیغه‌های قسمت انتهایی آن است. نسبت تراکم کمپرسور محوری بسیار بیشتر از کمپرسور گریز از مرکز است. (نسبت تراکم در کمپرسورهای توربین گاز عبارت است از فشار هوا در انتهای کمپرسور تقسیم بر فشار هوا در ابتدای کمپرسور).

تقسیم کردن کمپرسور به دو کمپرسور فشار کم و فشار زیاد موجب می‌شود که هر کمپرسور در سرعت مناسب خود بچرخد، طوری که موجب خفگی کمپرسور نشود. توربینهای گازی که دارای دو کمپرسور محوری هستند نسبت تراکم بیشتری تولید می‌کنند. افزایش نسبت تراکم موجب بهبود مصرف سوخت و بهبود رانندگی موتور می‌شود. در توربینهای گاز مدرن دریایی که مجهز به دو کمپرسور فشار کم و فشار زیاد هستند، نسبت تراکم انتهای کمپرسور دوم بر ابتدای کمپرسور اول تا بیست به یک می‌رسد؛ یعنی اگر فشار ورودی به کمپرسور فشار کم برابر با یک اتمسفر باشد، فشار خروجی از کمپرسور فشار زیاد به بیست اتمسفر می‌رسد.

۱-۵-۱۱- مزایای کمپرسور گریز از مرکز نسبت

به کمپرسور محوری:

- (۱) افزایش فشار در هر مرحله کمپرسور گریز از مرکز بزرگتر از افزایش فشار در هر مرحله کمپرسور محوری است.
- (۲) هزینه اولیه کمپرسور گریز از مرکز کمتر است.
- (۳) وزن کمپرسور گریز از مرکز نسبتاً کمتر است و به فضای کوچکتری نیاز دارد.
- (۴) عمر کمپرسور گریز از مرکز بیشتر از کمپرسور محوری است.

(۵) در صورت بلعیدن آشغال آسیب کمتری می‌بیند.

۱-۶-۱۱- معایب کمپرسور گریز از مرکز نسبت

به کمپرسور محوری:

- (۱) استفاده از دو مرحله یا بیشتر مشکل است، زیرا تلفات بین دو مرحله در کمپرسور گریز از مرکز بسیار زیادتر از کمپرسور محوری است و از این رو مناسب قدرتهای بالا نیست.
- (۲) نیاز به سطح ورودی بزرگتری دارد. اگر سطح جلوی هر دو کمپرسور با هم مساوی باشد، کمپرسور محوری هوای بیشتری را نسبت به کمپرسور گریز از مرکز می‌مکد.
- (۳) رانندگی کمپرسور گریز از مرکز کمتر از رانندگی کمپرسور محوری است.

اگرچه از هر دو نوع کمپرسور در توربینهای گاز دریایی استفاده شده است، اما از کمپرسور محوری استفاده و بهره‌برداری بسیار بیشتری می‌شود، زیرا در مجموع کمپرسور محوری پاسخگوی نیازهای نیروی محرکه است.

۲-۳-۱۱- محفظه‌های احتراق: فشار تراکم و فشار

احتراق در توربین گاز بسیار کمتر از فشارهای مزیور در یک موتور دیزلی هم قدرت است؛ از این رو در محفظه احتراق توربین گاز از مواد ساختمانی کمتری استفاده می‌شود و در نتیجه جداره دیواره‌های محفظه احتراق توربین گاز نازک‌تر و وزن محفظه احتراق در توربین گاز بسیار سبک‌تر از وزن محفظه احتراق در یک موتور دیزلی هم قدرت است.

۱-۲-۳-۱۱- ساختمان محفظه‌های احتراق: محفظه

احتراق دارای یک لوله داخلی یا «بسته داخلی»^۱ و یک «بسته بیرونی»^۲ است. بسته داخلی دارای تعدادی سوراخ به منظور مخلوط شدن هوا با گازهای احتراق است. محفظه احتراق مجهز به سوخت پاش است و به ترتیبی که بعد توضیح داده می‌شود، باید از شمع جرقه زن برخوردار باشد. در شکل ۱۱-۱۱ اجزای یک محفظه احتراق از نوع لوله‌ای نشان داده شده است.

۲-۲-۳-۱۱- طرز کار محفظه احتراق: حدود سی

درصد از هوای متراکم که به «هوای اولیه»^۳ موسوم است، به طور مستقیم وارد محفظه احتراق می‌شود و با ذرات سوخت که به وسیله سوخت پاش تزریق می‌شوند می‌سوزد (فقط برای استارت اولیه به جرقه شمع نیاز است). حدود هفتاد درصد هوای متراکم باقیمانده که «هوای ثانویه»^۴ نامیده می‌شود، از سوراخهای

بسته داخلی وارد می‌شود و با گازهای احتراق مخلوط می‌شود. این اختلاط به دو منظور انجام می‌شود:

(۱) قشری از هوا بین گازهای احتراق و بسته داخلی را می‌پوشاند و از داغ شدن بیش از حد بسته داخلی جلوگیری می‌کند.

(۲) درجه حرارت گازهای احتراق را به اندازه درجه حرارتی که مناسب توربین است پایین می‌آورد. اگر این کار انجام نشود، گازهای احتراق به تیغه‌های توربین صدمه وارد می‌آورند.

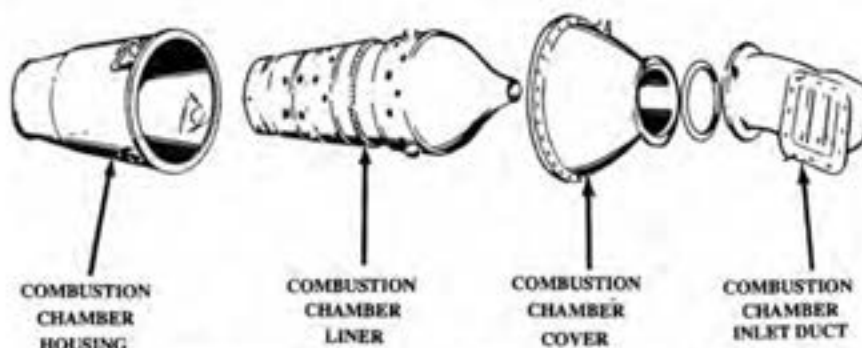
۲-۳-۱۱- انواع محفظه‌های احتراق: به طور کلی سه

نوع محفظه احتراق وجود دارد:

(۱) محفظه احتراق لوله‌ای چندتابی^۵ که از چند محفظه احتراق لوله‌ای (شکل ۱۱-۱۱) تشکیل می‌شود. این نوع محفظه احتراق بیشتر با کمپرسورهای گریز از مرکز در توربینهای گاز کوچک به کار می‌رود.

(۲) محفظه احتراق لوله‌ای حلقوی^۶ که در شکل ۱۱-۱۲ نشان داده شده است. این نوع محفظه احتراق معمولاً به همراه کمپرسور محوری در توربینهای گاز کوچک به کار می‌رود.

(۳) محفظه احتراق حلقوی^۷ که با موتورهای بزرگ و کمپرسورهای محوری استفاده می‌شود. در شکل ۱۱-۱۳ یک محفظه احتراق حلقوی نشان داده شده است.



Elements of tubular or can - type combustion chamber

شکل ۱۱-۱۱- اجزای یک محفظه احتراق لوله‌ای

۱- Combustion Chamber liner (Flame Tube)

۲- Combustion Chamber Housing (Air Casing)

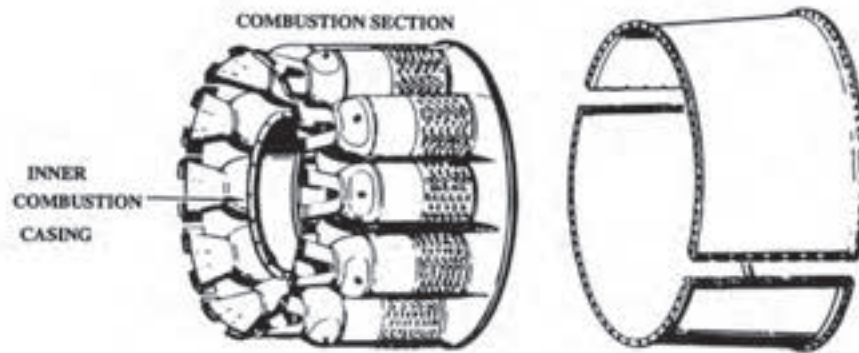
۳- Primary Air

۴- Secondary Air

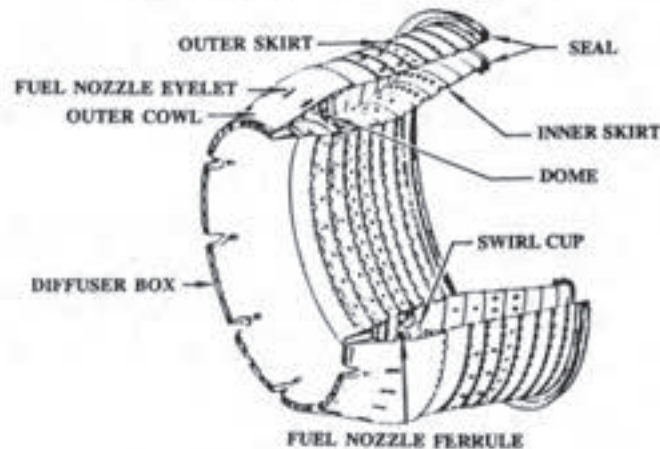
۵- Multiple Can or Tube Combustion Chamber

۶- Can annular Combustion Chamber (Tube annular Combustion Chamber)

۷- Annular Combustion Chamber



شکل ۱۲-۱۱ - محفظه احتراق لوله ای حلقوی



Annular combustion chamber.

شکل ۱۲-۱۱ - محفظه احتراق حلقوی



شکل ۱۵-۱۱ - موتور توربوپراپ

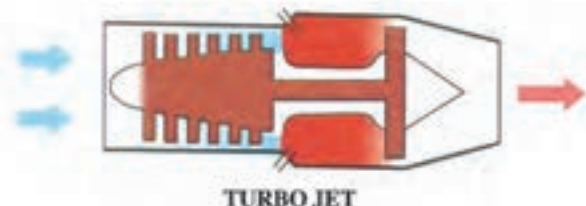
(۳) در موتور توربوشافت از توربین کمپرسور برای چرخاندن کمپرسور و ملحقات موتور و از توربین قدرت برای چرخاندن ملخ هلیکوپتر یا هاورکرافت و یا پروانه کنشی استفاده می شود (شکل ۱۶-۱۱). توربین گاز نیروی محرکه دریایی از نوع توربوشافت است.



شکل ۱۶-۱۱ - موتور توربوشافت

۳-۳-۱۱ - توربین: از توربین در موتورهای توربین گاز به صورت زیر استفاده می شود:

(۱) در موتور توربوجت که فاقد توربین قدرت است، از توربین کمپرسور برای چرخاندن کمپرسور و دستگاههایی از قبیل مولد برق، پمپ سوخت و پمپ روغن استفاده می شود (به شکل ۱۴-۱۱ مراجعه شود).



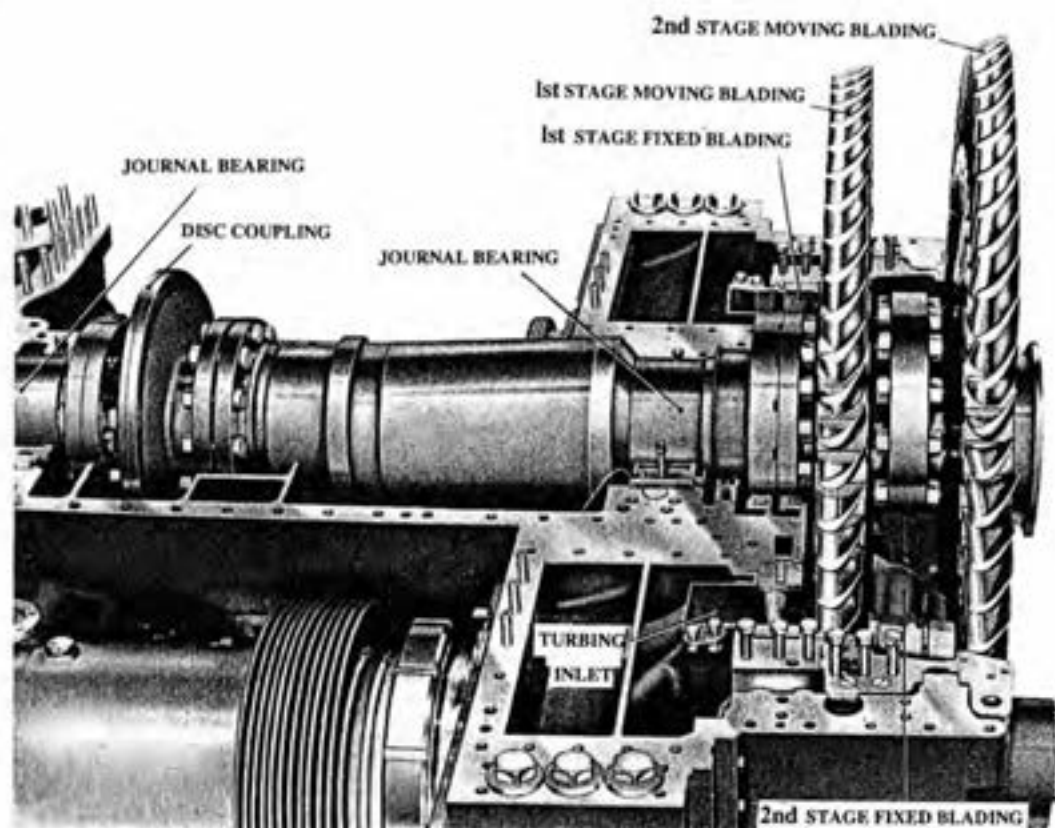
شکل ۱۴-۱۱ - موتور توربوجت

(۲) در موتور توربوپراپ از توربین کمپرسور برای چرخاندن کمپرسور و ملحقات موتور و از توربین قدرت برای چرخاندن ملخ هواپیما استفاده می شود (شکل ۱۵-۱۱).

۱-۳-۱۱- ساختمان توربین: توربین در توربین گاز از روتور و استاتور تشکیل می‌شود. تمام توربینهای گاز نیروی محرکه در بای از نوع محوری هستند. توربین کمپرسور و توربین قدرت ممکن است یک مرحله‌ای باشند یا برحسب نیاز دارای دو مرحله یا بیشتر باشند. روتور توربین شامل یک شافت، دیسک و تیغه‌هایی که روی دیسک سوار هستند می‌شود. تعداد دیسکها به بزرگی توربین بستگی دارد. تیغه‌های متحرک توربین تقریباً به صورت ۵۰-۵۰ ضربه‌ای و عکس‌العملی هستند. در شکلهای ۱۱-۱۷ و ۱۱-۱۸ تصاویری از یک توربین کمپرسور و یک توربین قدرت نشان داده شده است. عنوان دیگر توربین کمپرسور «توربین ژنراتور گاز» است.

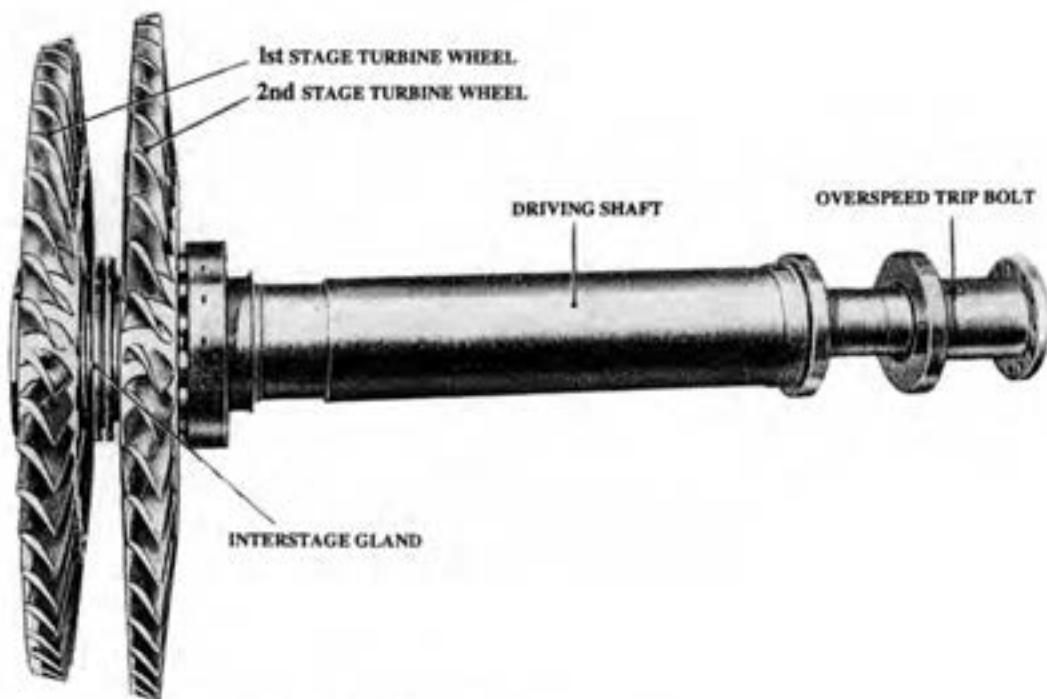
۱-۳-۳-۲- طرز کار توربین: سرعت گازهای احتراق پس از عبور از نازل (تیغه‌های ثابت) افزایش می‌یابد؛ سپس برخورد گازهای سریع با تیغه‌های متحرک موجب چرخش روتور

توربین می‌شود. چرخش روتور توربین موجب گردش کمپرسور و ملحقات آن و چرخش توربین قدرت سبب گردش پروانه می‌شود. ۱-۳-۳-۳- خنک کردن توربین: اولین قدم در خنک کردن توربین جلوگیری از داغ شدن پیش از حد اجزای آن است که با مخلوط کردن گازهای داغ با هفتاد درصد هوا که در محفظه احتراق نمی‌سوزد انجام می‌شود. دومین قدم هدایت پنج درصد هوای کمپرسور به توربین است. در توربینهای گاز مدرن این پنج درصد هوای کمپرسور که سنگینتر از گازهای گرم است، برای خنک کردن سطوح تیغه‌های ثابت و متحرک به کار می‌رود. به این روش خنک کردن تیغه‌ها روش «خنک کاری جابه‌جایی»^۱ گفته می‌شود. در برخی از توربینها، سوراخهای ریزی روی تیغه‌ها وجود دارد و چون تیغه‌ها توخالی هستند، هدایت هوا به داخل تیغه‌ها موجب خنک شدن آنها می‌شود. به این روش خنک کردن روش «نشر یا پخش هوای خنک کننده»^۲ گفته می‌شود. در



Gas Generator Turbine Rotor

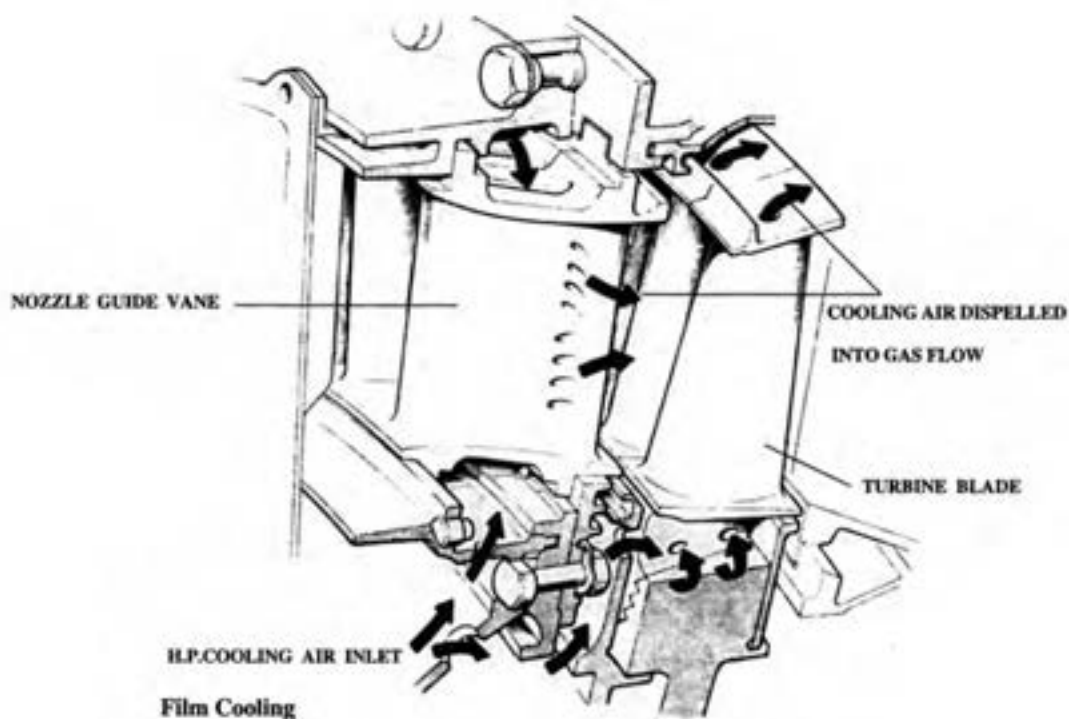
شکل ۱۱-۱۷- روتور توربین کمپرسور



Power turbine rotor

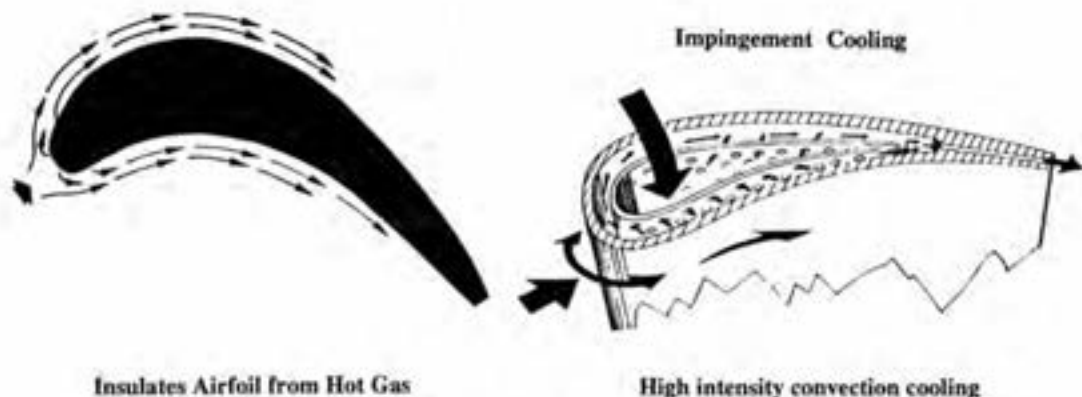
شکل ۱۱-۱۸- روتور توربین قدرت

شکل‌های ۱۱-۱۹ و ۱۱-۲۰ این دو روش خنک کاری تیغه‌های متحرک و ثابت نشان داده شده است.



Nozzle guide vane and turbine blade cooling

شکل ۱۱-۱۹- خنک کاری تیغه‌های ثابت و متحرک توربین



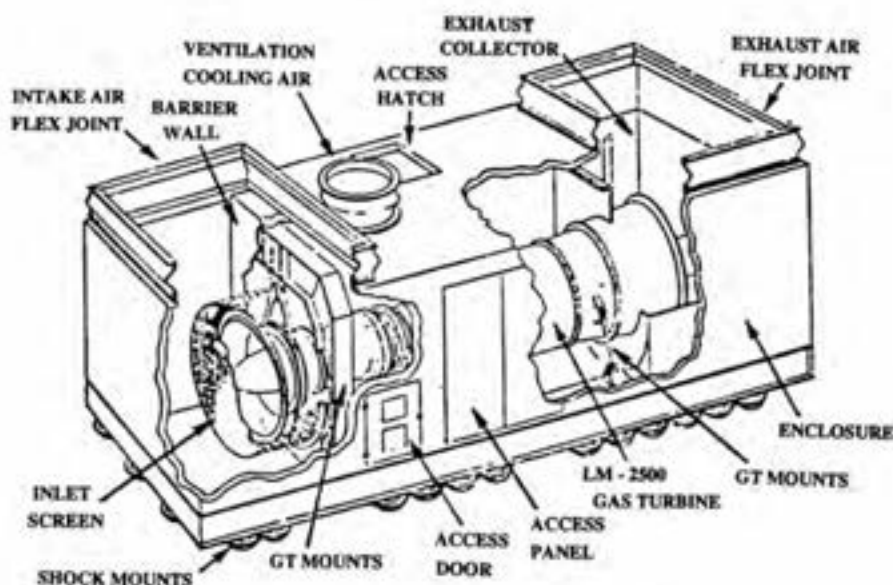
Film and convection cooling of gas turbine blades and vanes. (Courtesy of General Electric)

شکل ۱۱-۲۰ روشهای خنک کاری جابه جایی و نشر هوای خنک کننده

۱۱-۴ سیستمهای توربین گاز

۱۱-۴-۱ سیستم شبکه هوای ورودی: دهانه هوای ورودی به کمپرسور توربین گاز در بخش بالایی کشتی قرار دارد تا ذرات آب دریا و اجسام خارجی وارد نشوند. کانال هوای ورودی به توربین گاز طوری ساخته می شود که هوا چند مرتبه تغییر جهت دهد و از چندین صافی و فیلتر نیز عبور کند؛ بدین ترتیب هوای نسبتاً تمیز وارد کمپرسور می شود. در توربینهای گاز مدرن حدود ده درصد از هوای تازه به «محفظه مستقلی»^۱ که توربین را در

خود جای داده است، هدایت می شود. هوای مزبور محفظه را خنک و پالایش می کند. هوای خنک کننده و تمیزکننده محفظه به بیرون کشتی هدایت می شود. توربینهای گاز دریایی مدرن که در سالهای اخیر در کشتیها نصب شده اند، به طور عموم در داخل یک «محفظه ضد صدا»^۲ قرار دارند. محفظه مزبور مجهز به تجهیزات ضد حریق است و از سرایت صدای موتور به بیرون از محفظه تا مقدار زیادی جلوگیری می کند. در شکل ۱۱-۲۱ نمونه ای از محفظه مستقل توربین گاز دریایی نشان داده شده است.



LM 2500 engine showing mounting and enclosures [Rains and d, Arcy (1972)]

شکل ۱۱-۲۱ نمونه ای از محفظه مستقل توربین گاز دریایی

۱- Engine Containment Module

۲- Acoustic Enclosure

به محفظه های احتراقی که شمع ندارند سرایت می کند. موتور استارتر توربینهای گاز دریایی ممکن است با هوای فشرده کشتی، برق یا نیروی هیدرولیکی راه اندازی شود.

۱۱-۵- باز یاب (Regenerator)

بزرگترین تلفات انرژی در یک توربین گاز ساده مقدار انرژی گرمایی است که به اتمسفر تخلیه می شود. این اواخر قرار شده است که در برخی از کشتیها از دستگاهی به نام باز یاب که یک نوع مبدل حرارتی است، برای جذب بخشی از گرمای گازهای تخلیه استفاده شود. این دستگاه بین کمپرسور و محفظه احتراق قرار می گیرد؛ به طوری که هوای خروجی از کمپرسور قبل از رسیدن به محفظه احتراق به وسیله گازهای احتراق گرم شود. بدین ترتیب مصرف سوخت کاهش می یابد. در شکل ۱۱-۲۲ نیروی محرکه توربین گازی مجهز به باز یاب نشان داده شده است.

۱۱-۶- مزایای بهره برداری از توربین گاز در نیروی

محرکه دریایی

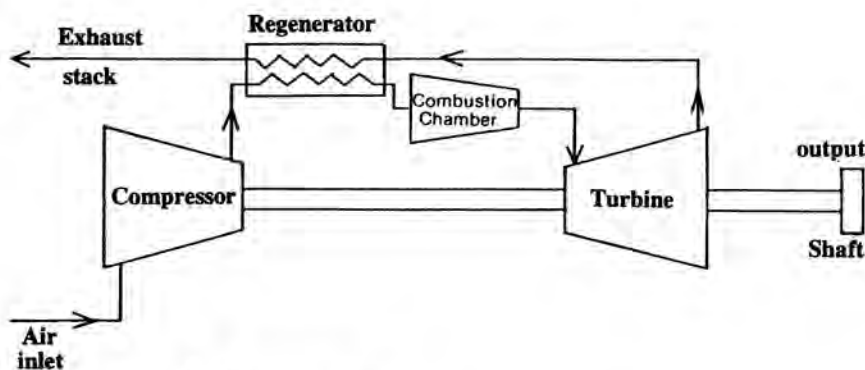
مزایای بهره برداری از توربین گاز به عنوان نیروی محرکه کشتی عبارت است از: (۱) وزن سبک و یکپارچگی؛ (۲) راندمان بالا در قدرتهای زیاد؛ (۳) زمان کوتاه استارت خوردن موتور؛ (۴) امکان بهره برداری از موتور پس از استارت خوردن؛ (۵) آرام کار کردن موتور به علت نداشتن قطعات رفت و برگشتی؛ (۶) نیاز نداشتن به شبکه خنک کننده آب؛ (۷) قابلیت تعویض به صورت یکپارچه و همچنین قابلیت تعویض ژنراتور گاز؛ (۸) قابلیت اطمینان.

گازهای تخلیه توربین گاز، حرارت زیادی دارند و حجم آنها زیاد است؛ به همین جهت برای خروج گازهای تخلیه از دالانهای بزرگی استفاده می شود. این دالانها معمولاً عایقکاری می شوند. بزرگی دالان گازهای تخلیه در شکل ۱۱-۲۱ مشهود است.

۱۱-۴-۲- شبکه سوخت: در توربینهای گاز دریایی از سوختهایی که قابل پودر شدن (اتمیزه شدن) هستند استفاده می شود. اکثر توربینهای گاز دریایی از سوخت موتور دیزل (گازوئیل) استفاده می کنند. شبکه سوخت شامل دو بخش عمده فشار کم و فشار زیاد است. سوخت فشار کم گرمای روغن روان ساز را در یک مبدل حرارتی جذب می کند.

۱۱-۴-۳- شبکه روغن روان ساز: سرعت گردشی زیاد و درجه حرارتهای بالا، روغنکاری مناسبی را برای تمام اوقات می طلبد. شبکه روغن روان ساز روغن تمیز با ویسکوزیته (لزجت) مناسب را برای یاتاقانها و چرخنده ها در درجه حرارت و فشار صحیح تأمین می کند. به علت بهره برداری در محیطهای داغ روغن توربین گاز از نوع مصنوعی است.

۱۱-۴-۴- مدار استارت (جرقه): در ابتدای کار توربین و هنگامی که موتور استارتر کمپرسور را می گرداند، جرقه شمع موجب شعله ور شدن مخلوط هوای م تراکم و ذرات سوخت می شود. پس از وقوع احتراق، گرمای موجود در محفظه احتراق برای تداوم احتراق مناسب است و نیازی به جرقه شمع نیست. در محفظه های احتراق لوله ای حلقوی و لوله ای چندتایی همه محفظه ها شمع جرقه زن ندارند، بلکه معمولاً دو محفظه مجهز به شمع است و شعله از طریق لوله های رابط



In - line regenerator .

شکل ۱۱-۲۲- نیروی محرکه توربین گازی مجهز به باز یاب

۷-۱۱- خلاصه

توربینهای گاز دریایی نسبت تراکم تا بیست برابر فشار هوای ورودی می‌رسد. توربین گاز ساده از یک کمپرسور، یک محفظه احتراق و توربین کمپرسور (یا توربین ژنراتور گاز) تشکیل می‌شود. توربین گاز نیروی محرکه کشتی از نوع توربو شافت و مجهز به توربین قدرت است. بجز مزایای ذکر شده در بند ۶-۱۱، یک مزیت دیگر توربین گاز تعداد قلیل کارکنان راهبری آن است.

توربین گاز را از لحاظ این که احتراق در محدودهٔ موتور انجام می‌گیرد می‌توان یک موتور درونسوز محسوب کرد. از طرف دیگر چون تبدیل انرژی گرمایی به کار در محفظه احتراق انجام نمی‌شود و در توربین که یک دستگاه برونسوز است صورت می‌گیرد، توربین گاز یک موتور برونسوز محسوب می‌شود. در

پرسش

- ۱- معایب توربینهای گاز نسل اول را بیان کنید.
- ۲- چرا طراحان و کشتی‌سازان، توربینهای گاز نسل دوم را برای تعداد قابل توجهی از انواع کشتیها مناسب می‌دانند؟
- ۳- مزایای تبدیل توربین گاز هوایی به توربین گاز دریایی را بیان کنید.
- ۴- سیکل کاری توربین گاز را شرح داده تفاوت آن را با سیکل کاری موتورهای درونسوز پیستونی بیان کنید.
- ۵- توربینهای گاز یک شافته، دو شافته، یک کمپرسوره و دو کمپرسوره را تعریف کنید.
- ۶- تفاوت ساختمان و اصول کار کمپرسورهای گریز از مرکز و محوری را بیان کرده مزایا و معایب هر یک را شرح دهید.
- ۷- مزایای داشتن دو کمپرسور محوری فشار کم و فشار زیاد را بیان کنید.
- ۸- ساختمان، طرز کار و انواع محفظه احتراق توربینهای گاز دریایی را بیان کرده علت سبک بودن آنها را شرح دهید.
- ۹- ساختمان، طرز کار و نحوه بهره‌برداری از بخش توربین را در توربین گاز بیان کنید و روشهای خنک کردن توربین را شرح دهید.
- ۱۰- تفاوت بین توربینهای گاز توربو جت، توربو شافت و توربو پراپ را بیان کنید. کدام یک در کشتی استفاده می‌شود؟
- ۱۱- بازیاب در توربین گاز چیست؟ در کجا نصب می‌شود و چه مزیتی دارد؟
- ۱۲- مزایای بهره‌برداری از توربین گاز را بنویسید.

بخش چهارم

سیستمهای خدماتی

Service Systems

تبرید و تهویه مطبوع دریایی

Marine Refrigeration and Air Condition

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- اهمیت و کاربرد سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع را بیان کند.
- تبرید و مدار تبرید را معرفی کند.
- طرز کار یخچال مکانیکی را شرح دهد.
- شرایط چهارگانه گاز مبرد در مدار تبرید تراکمی را بیان کند.
- اجزای اصلی مدار تبرید تراکمی دریایی را معرفی کرده، کار هر یک را بیان کند.
- تهویه مطبوع را معرفی کرده طرز کار انواع سیستمهای تهویه مطبوع دریایی را بیان کند.

۱۲- تبرید و تهویه مطبوع دریایی

۱-۱۲- اهمیت و کاربرد سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع

برای نخستین بار در طول تاریخ، طی سالهای ۱۸۷۶ و ۱۸۷۷ اولین محموله گوشت منجمد از آرژانتین به فرانسه و در سال ۱۸۸۰ از استرالیا به انگلستان حمل شد. از آن زمان حمل و نقل محصولات فاسد شدنی به وسیله کشتی آغاز شد و آنقدر توسعه یافت که در ابتدای قرن بیستم بیش از یکصد و پنجاه کشتی یخچالی مواد فاسد شدنی و به طور عمده گوشت را از استرالیا، نیوزیلند و آمریکا به اروپا حمل می‌کردند. امروز تخمین زده می‌شود که سالانه سی میلیون تن کالای فاسد شدنی در جهان پس از انجماد، حمل و نقل می‌شود که حمل حداقل هفتاد درصد آن به وسیله کشتیهای یخچالی صورت می‌گیرد. هم اکنون نه تنها گوشت بلکه میوه و سبزی نیز در حجم و وزن زیاد به وسیله کشتیهای یخچالی حمل می‌شود. از این میان موز محموله‌ای است که تقاضای زیادی برای حمل آن وجود دارد. برخی از

محموله‌ها مانند گوشت قبل از بارگیری سرد و منجمد می‌شود و برخی مانند مرکبات و موز روی کشتی سرد می‌شوند. استفاده از تجهیزات حیاتی کشتیهای جنگی مانند سیستم هدایت آتش، سونار، رادار و کامپیوترها که گرمازا هستند و خیلی سریع گرم می‌شوند، بدون تجهیزات خنک کننده امکان پذیر نیست. در کشتیهای تحقیقاتی نیز تعداد زیادی کامپیوتر و تجهیزات الکترونیکی گرمازا وجود دارد که محیط آنها نیز باید خنک شود. علاوه بر اینها، مخازن مواد غذایی کشتیهای تجاری، نفتکش، خدماتی، تحقیقاتی و جنگی باید سرد نگاه داشته شود. تجهیزات خنک کننده نه تنها مواد غذایی را سرد نگاه می‌دارند، بلکه هوای مطبوع را در هر جایی که لازم باشد تأمین می‌کنند؛ بدین صورت کشتیها می‌توانند برای اوقات طولانی در انواع شرایط آب و هوایی به سر برند. فرآیند تبرید و تهویه مطبوع با یکدیگر تفاوتی ندارند. فرآیند تبرید^۱ یک فرآیند خنک کننده است، اما فرآیند تهویه مطبوع^۲ متناسب کردن هوای اماکن از لحاظ دما^۳، رطوبت^۴ و تمیزی^۵ است.

۱۲-۲- تبرید و مدار تبرید (Refrigeration and Refrigeration Cycle)

تبرید عبارت است از خنک کردن یک جسم و حفظ دمای آن جسم در دمایی پایینتر از دمای محیط. برای ایجاد تبرید کافی است که جسمی را که قرار است سرد شود در معرض یک جسم سردتر یا در محیطی سردتر قرار داد و امکان انتقال گرما از جسم را به جسم یا محیط سردتر فراهم کرد. در کشتیه‌های مدرن از سیستمی که مدار «تبرید تراکمی» نام دارد استفاده می‌شود. مدار تراکمی در سیستم تبرید کشتیها شباهت زیادی به مدار تبرید یخچال خانگی دارد. مدار تبرید یخچالهای خانگی فعلی از نوع تراکمی است. چون در این مدار از کمپرسور استفاده می‌شود و کمپرسور کار مکانیکی انجام می‌دهد، مدار تراکمی به مدار مکانیکی نیز معروف است. در بخش بعدی طرز کار یک مدار تراکمی یا مدار مکانیکی تشریح می‌شود. در زیر دریاهای از «مدار جذبی» استفاده می‌شود که خارج از موضوع این فصل است.

۱۲-۳- طرز کار یخچال مکانیکی

کار یک یخچال مکانیکی مدرن عبارت است از جذب گرما از محیط داخل یخچال و آزاد کردن آن گرما در بیرون دستگاه یخچال. این کار را می‌توان با جذب آب از داخل یک قایق که دارای نشت آب است مقایسه کرد.

فرض شود که یک قایق دارای نشت آب بوده در حال رفتن به طرف ساحل است. اگر برای جمع‌آوری آب از یک اسفنج استفاده شود اسفنج آب را به خود جذب می‌کند. هریار پس از جذب آب باید اسفنج را برداشت و در کنار قایق فشار داد تا آب موجود در اسفنج بیرون ریخته شود. این کار را باید آنقدر ادامه داد تا قایق به ساحل برسد. در این فرآیند آب داخل قایق که به درون قایق نشت کرده است به بیرون برگردانده می‌شود. همان‌گونه که در قایق مزبور آب به بیرون منتقل می‌شود، گرمای درون یخچال به بیرون انتقال داده می‌شود. حال باید پرسید که چگونه گرما به درون یخچال وارد می‌شود؟

هرگاه که در یخچال باز می‌شود، گرما به درون آن وارد

می‌شود. بخشی از گرما نیز به طور طبیعی از عایقها عبور کرده وارد می‌شود. اجسامی که در داخل یخچال گذاشته می‌شوند نیز گرما را به درون آن می‌برند.

در داخل یخچال خانگی یک شبکه خنک‌کننده وجود دارد که اواپراتور^۲ نام دارد. میرد مایع^۳ در داخل تیوبهای شبکه اواپراتور جریان دارد. گرمای درون یخچال به وسیله میرد مایع جذب می‌شود (به شکل ۱-۱۲ مراجعه شود). میرد مایع پس از جذب گرمای درون یخچال تغییر حالت فیزیکی می‌دهد و به گاز تبدیل می‌شود. دستگاهی که کمپرسور نام دارد، موجب انتقال میرد از درون یخچال به بیرون یخچال می‌شود. کمپرسور نه تنها میرد را جا به جا می‌کند، بلکه آن را متراکم نیز می‌سازد. بدین ترتیب میرد در خروجی کمپرسور دارای فشار و حرارت زیاد است. در ادامه، گاز متراکم و داغ در یک کندانسور خنک می‌شود. عمل خنک کردن گاز متراکم و داغ آنقدر انجام می‌شود تا گاز تغییر حالت فیزیکی داده به مایع تبدیل شود. بدین صورت مدار مزبور کار می‌کند تا آنجا که دمای داخل یخچال به دمای دلخواه برسد. سپس کمپرسور خاموش می‌شود.

در تبرید گرما نابود نمی‌شود، بلکه از درون یخچال جذب شده در بیرون آن آزاد می‌شود.

در شکل ۱-۱۲ مدار ساده یک یخچال خانگی نشان داده شده است. مدار تبرید دریایی شباهت زیادی به این مدار دارد. در یخچال خانگی گرمای میرد به جداری تیوبهای کندانسور منتقل شده به وسیله هوای پیرامون کندانسور جذب می‌شود، به همین دلیل یخچال خانگی باید از دیوار فاصله داشته باشد. در یخچال (تبرید) دریایی گرمای جداری تیوبهای کندانسور به وسیله آب دریا جذب می‌شود. در شکل ۲-۱۲ مدار تبرید مکانیکی یا تبرید تراکمی دریایی نشان داده شده است.

۱۲-۴- شرایط چهارگانه میرد در مدار تبرید تراکمی
با توجه به شکل ۳-۱۲ آنچه را که تاکنون شرح داده شد می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

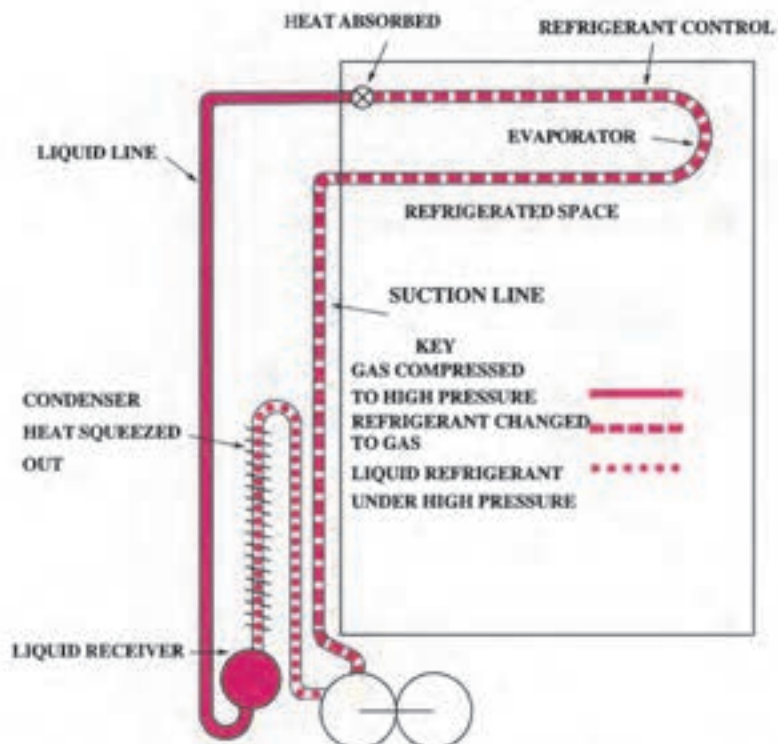
۱- در دستگاه انبساط (A) میرد منبسط می‌شود، طوری

۱- Vapor Compression Refrigeration Cycle

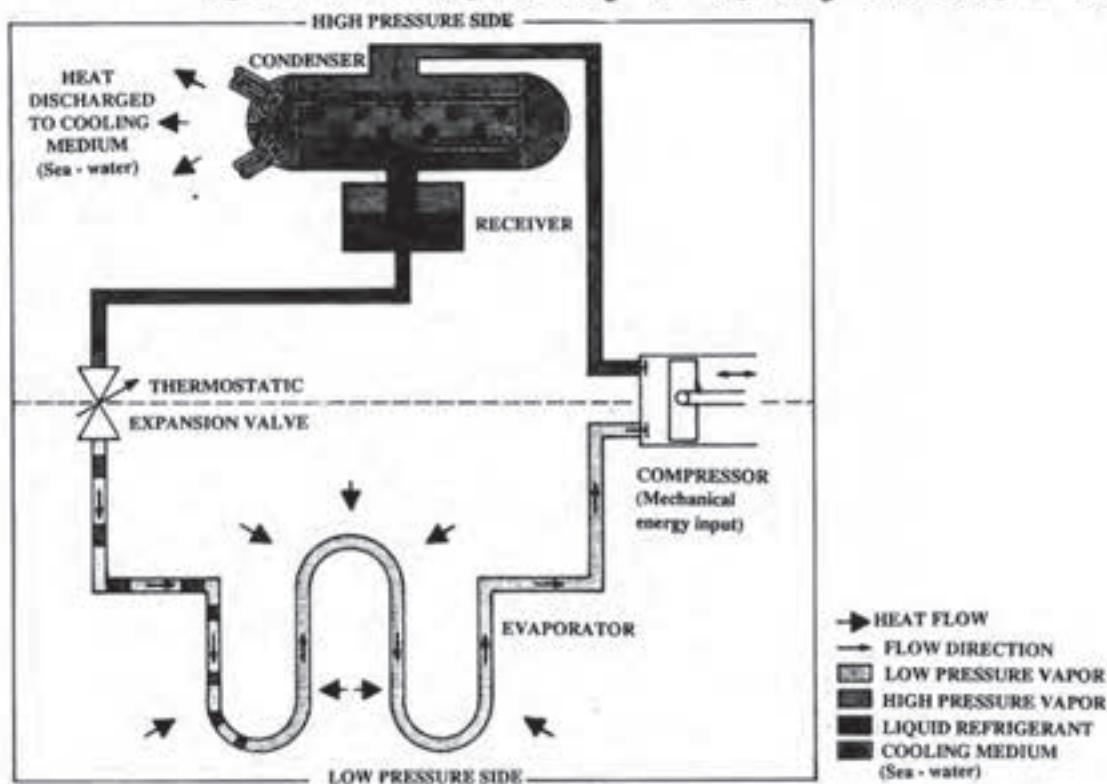
۳- Evaporator

۲- Vapor Absorption Cycle

۴- Liquid Refrigerant

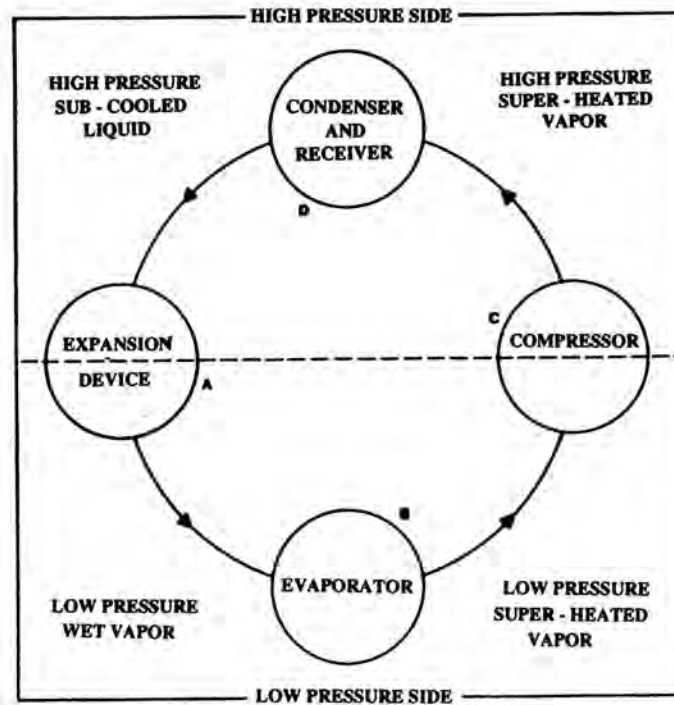


شکل ۱-۱۲ رایجترین نوع سیستم تبرید، دستگاه تبرید مکانیکی است. اکثر یخچالهای خانگی از نوع تبرید مکانیکی هستند. مبرد مایع با فشار زیاد (رنگ قرمز کشیده) از رسیپور تا دستگاه کنترل میرد جریان می یابد و سپس به کویل اوپراتور می رود. در اوپراتور، مبرد در حالت گاز است (قرمز بریده). گاز به وسیله کمپرسور مکیده شده به گاز فشار زیاد (دوایر قرمز) تبدیل می شود و دمای آن افزایش شدیدی می یابد. در کندانسور قسمت اعظم گرما به هوای محیط منتقل شده مبرد خنک می شود و دوباره به مایع تبدیل می گردد. مبرد مایع به رسیپور برمی گردد و مدار تبرید تکرار می شود.



Schematic of a Vapor - compression refrigeration cycle

شکل ۲-۱۲ شمای یک مدار تبرید تراکمی دریایی



شکل ۳-۱۲- شرایط چهارگانه مبرد و دو ناحیه فشار کم و فشار زیاد در مدار تبرید تراکمی

از دمای مایع اشباع کمتر می‌شود. به همین دلیل به آن «مایع مادون اشباع»^۱ گفته می‌شود. مدار تراکمی دارای دو بخش فشار کم و فشار زیاد است. بخش فشار کم از دستگاه انبساط شروع شده و تا ورودی کمپرسور ادامه دارد. بخش فشار زیاد از خروجی کمپرسور تا ورودی دستگاه انبساط است. مبرد چهار حالت دارد. این حالتها عبارتند از: ۱- بخار اشباع فشار کم، ۲- بخار سوپرهیت فشار کم، ۳- بخار سوپرهیت فشار زیاد، ۴- مایع مادون اشباع فشار زیاد.

۵-۱۲- اجزای اصلی مدار تبرید تراکمی دریایی

اجزای اصلی یک مدار تبرید تراکمی دریایی در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده است. اجزای اصلی عبارتند از: مبرد^۱، دستگاه انبساط^۲ (یا شیر انبساط^۳ یا شیر انبساط ترموستاتیکی^۴)، اواپراتور، کمپرسور، کندانسور و رسیور^۵. در شکل مزبور تنها یک اواپراتور، یک کندانسور و یک کمپرسور نشان داده شده است، اما سیستمهای تبرید دریایی معمولاً بیش از یک اواپراتور دارند و ممکن است دارای کمپرسور و کندانسورهای بیشتری باشند تا قابلیت انعطاف و اطمینان سیستم بالا رود.

که فشار آن کاهش می‌یابد. فشار آنقدر کاهش می‌یابد که مبرد تبدیل به بخار (یا گاز) می‌شود. در این فرآیند درجه حرارت مبرد نیز بشدت کاهش می‌یابد. در خروجی دستگاه انبساط مبرد، در فشار کم و به شکل بخار (یا گاز) اشباع است که در سیستمهای تبرید به آن گاز مرطوب هم گفته می‌شود.

۲- در اواپراتور (B) مبرد گرمای محیط را جذب می‌کند، طوری که درجه حرارت مبرد بالا می‌رود و چون از درجه حرارت اشباع بالاتر می‌رود سوپرهیت می‌شود. در خروجی اواپراتور مبرد در فشار کم و به شکل بخار (یا گاز) سوپرهیت است. در این فرآیند محیط اواپراتور سرد می‌شود.

۳- در کمپرسور (C) مبرد متراکم می‌شود و فشار آن افزایش می‌یابد. متناسب با افزایش فشار، دمای مبرد نیز افزایش می‌یابد. در خروجی کمپرسور مبرد در فشار زیاد و به شکل بخار (یا گاز) سوپرهیت است. در کمپرسور کار مکانیکی انجام می‌شود و انرژی گرمایی مبرد افزایش می‌یابد.

۴- در کندانسور بخشی از گرمای مبرد به محیط منتقل می‌شود؛ طوری که نه تنها مبرد به مایع تبدیل می‌گردد، بلکه دمای آن

۱- Sub Cooled Liquid

۲- Refrigerant

۳- Expansion Device

۴- Expansion Valve

۵- Thermostatic Expansion Valve

۶- Receiver

۱-۵-۱۲- میرد^۱ (Refrigerant): انتخاب یک ماده به عنوان میرد نیاز به ارزیابی دقیق چند خاصیت فیزیکی و شیمیایی آن دارد. یک میرد خوب باید دارای خواص زیر باشد:

۱- گرمای نهان تبخیر^۲ آن زیاد باشد: گرمای نهان تبخیر مقدار انرژی گرمایی است که میرد جذب می کند تا تغییر حالت فیزیکی داده از مایع به بخار تبدیل شود. هرچه مقدار انرژی که میرد مایع جذب می کند تا به بخار تبدیل شود بیشتر باشد گرمای بیشتری از ناحیه کم فشار جذب می گردد و در نتیجه ناحیه فشار کم سردتر می شود و بازدهی مدار افزایش می یابد. لازم به توضیح است که در شرایطی که میرد تغییر حالت فیزیکی می دهد و از مایع به بخار تبدیل می شود، دمای آن ثابت می ماند. (البته عکس آن نیز صادق است، یعنی در شرایطی که میرد از بخار به مایع تبدیل می شود دما ثابت می ماند. به این پدیده گرمای نهان انقباض^۳ گفته می شود).

۲- سمی نباشد: اگر میردی که به بیرون نشت می کند، سمی باشد موجب بروز صدمه به سلامت کارکنان می شود، پس باید سعی شود که میرد سمی نباشد.

۳- درجه حرارت های اشباع میرد مناسب باشند: همان طور که ملاحظه شد، میرد تحت یک فشار زیاد و یک فشار کم قرار می گیرد. هر کدام از این فشارها دارای دمای متناسب اشباع مربوط به آن فشارها هستند. این فشارها باید دمای اشباع مناسبی داشته باشند تا انتقال گرما به اندازه کافی هم در بخش فشار زیاد و هم در بخش فشار کم انجام شود.

مقدار فشار زیاد نباید آنقدر بالا باشد که به مواد ساختمانی سنگین در بخش فشار زیاد مدار (خروجی کمپرسور، کندانسور، رسیپور و ورودی دستگاه انبساط) نیاز باشد. مقدار فشار کم نیز نباید آنقدر پایین باشد که موجب نفوذ هوا به داخل مدار شود.

۴- پایداری: یک میرد باید از لحاظ شیمیایی پایدار باشد؛ آتش نگیرد و منفجر نشود. میرد نباید موجب فساد فلزات و مواد تشکیل دهنده سیستم تبرید شود.

۵- در صورت نشت به سهولت قابل تشخیص باشد.

۶- ارزان بوده در بازار به وفور قابل تهیه باشد.

تقریباً در تمام سیستمهای تبرید تراکمی از ترکیبات «هیدروکلروفلوروکربن» و «کلروفلوروکربن» به عنوان میرد استفاده می شود. این میردها بدون بو، غیر آتشگیر، غیر سمی و قابل عرضه هستند. این ترکیبات برای اولین بار به وسیله کمپانی شیمیایی کینتیک (Kinetic) تولید شدند. عنوان تجاری این ترکیبات فرون^۴ است. تمام میردها اکنون با اعداد استاندارد مشخص می شوند؛ بدین ترتیب که پس از کلمه میرد عددی آورده می شود، مانند میرد ۲۲^۵ و میرد ۱۲^۶ یا این که با حروف لاتین R و یک عدد مشخص می شوند، مانند R-۱۲ و R-۲۲. میردهایی که در سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع دریایی استفاده می شوند به همراه مشخصات کامل در جدول ۱-۱۲ معرفی شده اند.

جدول ۱-۱۲- مشخصات میردهای مصرف شده در تبرید و تهویه مطبوع دریایی^۷

فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	شماره میرد
Chemical Formula	Chemical Name	Refrigerant Number
CCl_3F	دی کلرو دی فلورمتان	R - 12
CHClF_2	منو کلرو دی فلورمتان	R - 22

۲-۵-۱۲- دستگاه انبساط (Expansion Device):

کنترل کاهش فشار میرد از بخش فشار زیاد به بخش فشار کم مدار به عهده دستگاه انبساط است. دستگاه انبساط مقدار میردی را که باید به اواپراتور وارد شود تنظیم می کند، طوری که درجه حرارت دلخواه اواپراتور حفظ شود. رایجترین دستگاه انبساط که شیر انبساط ترمواستاتیکی نام دارد، عبارت است از یک شیر کاهنده^۸ که درجه حرارت اواپراتور و مقدار میردی را که وارد اواپراتور می شود، برای هر مقدار مواد فاسد شدنی که در مخازن و یخچال قرار دارد کنترل می کند.

۱- به ضمیمه کتاب، به بحث راجع به گازهای میرد و آلودگی آزن مراجعه شود.

۲- Latent Heat of Vaporization

۳- Latent Heat of Condensation

۴- Freon

۵- Refrigerant 22

۶- Refrigerant 12

۷- Ashrae Handbook of Fundamentals, Page 245, Chapter 14 George Benta Co, Inc, Menasha Wisconsin U.S.A, 1972.

۸- Reducing Valve

۳-۵-۱۲- اواپراتور (Evaporator): اواپراتور یک مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم است (انتقال گرما بین مبرد و هوای محیط از طریق جداده اواپراتور انجام می پذیرد) که در آن مبرد گرمای محیط را جذب می کند. مبرد مایع دستگاه انبساط را ترک کرده با فشار کم و دمای اشباع مربوط به آن فشار وارد اواپراتور می شود. در اواپراتور گرمای مواد موجود در انبار یخچال به وسیله مبرد جذب می شود. با جذب گرما مبرد تبخیر می شود و عمل تبخیر آنقدر ادامه می یابد تا گرمای نهان تبخیر مبرد کاملاً جذب شود. پس از آن که مبرد کاملاً تبدیل به بخار شد، فرآیند جذب گرما باز هم ادامه پیدا می کند. از این لحظه به بعد گرمایی که به مبرد بخار شده اضافه می شود، گرمای محسوس^۱ نام دارد. جذب گرمای محسوس موجب افزایش دمای مبرد می شود. در مدار تبرید تراکمی معمولاً آنقدر گرمای محسوس جذب می شود تا مبرد حدود ده درجه فارنهایت سوپرهیت شود. با سوپرهیت شدن مبرد این اطمینان حاصل می شود که مبرد کاملاً بخار شده است؛ در نتیجه مبرد مایع وارد کمپرسور نمی شود.

۴-۵-۱۲- کمپرسور (Compressor): کمپرسور مبرد را از بخش فشار کم به بخش فشار زیاد انتقال می دهد. در ورودی کمپرسور مبرد در شرایط گازی، فشار کم و سوپرهیت است؛ یعنی این که دارای فشار کم و دمای کم می باشد، اما البته دمای آن بیشتر از دمای اشباع است. کمپرسور با مصرف کردن کار مکانیکی مبرد را از شرایط گاز سوپرهیت با فشار کم و دمای کم به شرایط گاز سوپرهیت با فشار زیاد و دمای زیاد می رساند. کمپرسور با حفظ اختلاف فشار بین دو قسمت فشار زیاد و فشار کم موجب گردش مبرد در مدار می شود.

در سیستمهای تبرید تراکمی از چندین نوع کمپرسور استفاده می شود. متداولترین آنها عبارتند از: کمپرسورهای پیستونی، روتوری و گریز از مرکز.

۵-۵-۱۲- کندانسور (Condenser): کندانسور مدار تبرید تراکمی یک نوع مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم

است که دو کار انجام می دهد: ۱- آنقدر گرمای مبرد را به محیط خنک کننده منتقل می کند تا مبرد از شرایط گاز فشار زیاد و سوپرهیت به شرایط مایع فشار زیاد و اشباع برسد. ۲- انتقال گرمای مبرد را آنقدر ادامه می دهد تا درجه حرارت مبرد به کمتر از دمای اشباع برسد. این شرایط، شرایط مادون اشباع است. برای تبدیل گاز سوپرهیت به مایع اشباع باید گرمای نهان تبخیر مبرد از مبرد به محیط خنک کننده کندانسور منتقل شود. این فرآیند عکس فرآیند جذب گرمای نهان تبخیر به وسیله مبرد است و به فرآیند جذب گرمای نهان انقباض موسوم است، چون در واقع گاز منقبض می شود.

کندانسور مدار تبرید تراکمی طوری طراحی می شود که دمای مبرد را به کمتر از دمای اشباع برساند. بدین ترتیب اطمینان حاصل می شود که تنها مبرد مایع به دستگاه انبساط می رسد تا پس از انبساط یافتن مبرد مایع در دستگاه انبساط، بازدهی مدار در سطح بالایی باشد.

۶-۵-۱۲- رسیپور (Receiver): مبرد از کندانسور تخلیه شده در مخزن مزبور جمع آوری می شود. رسیپور مبرد مایع را برای تغذیه دستگاه انبساط ذخیره می کند. رسیپور از عبور مبرد تبخیر شده جلوگیری می کند و فقط مبرد مایع را از خود عبور می دهد. در شکل ۴-۱۲ یک مدار تراکمی که از مبرد شماره دوازده (فرئون ۱۲) استفاده می کند نشان داده شده است.

۶-۱۲- تهویه مطبوع (Air Conditioning)

تهویه مطبوع عبارت است از حفظ هوای یک مکان مسدود در دما، رطوبت و تمیزی دلخواه آن مکان. برای رسیدن به این اهداف، یک سیستم تهویه مطبوع هوای در گردش را: ۱- خنک می کند؛ ۲- رطوبت زنی^۲ و با رطوبت زدایی^۳ می کند؛ ۳- تمیز می کند؛ ۴- با هوای تازه مخلوط می کند^۴.

در قلب هر سیستم تهویه مطبوع یک سیستم تبرید وجود دارد. تبرید موجب خنک کردن و جذب رطوبت هوا

۱- Sensible Heat

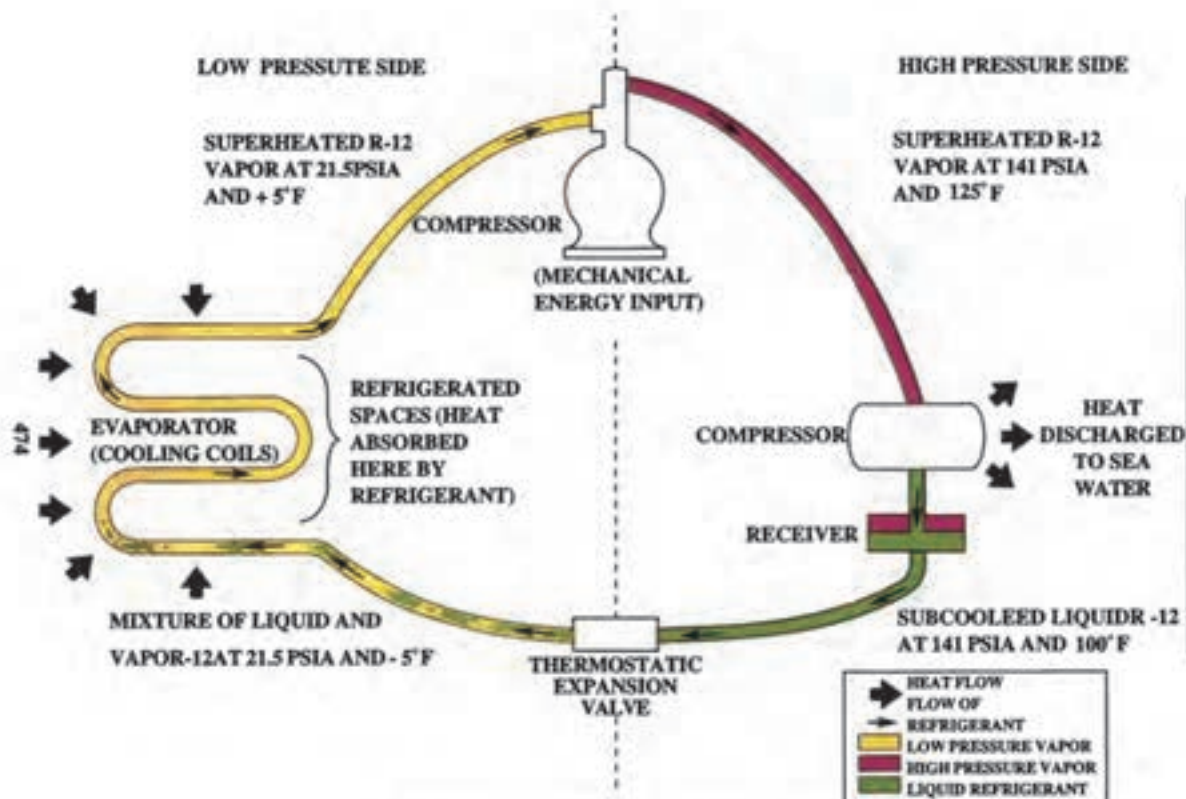
۲- معنی عام تهویه مطبوع شامل گرم کردن محیط در زمستانها نیز می شود، اما در این درس منظور از تهویه مطبوع هوا تأمین هوای خنک است.

۳- Humidify

۴- Dehumidify

۵- Purify

۶- Ventilate



Schematic representation OF R-12 refrigeration cycle.

شکل ۴-۱۲- مدار تبرید تراکمی فرئون ۱۲ به همراه مقادیر دما و فشار

از طریق جمع آوری در سینیهای مخصوص و لوله کشی مخصوص به بیرون از اواپراتورها هدایت می شود. هوای خشک و خنک به وسیله هواکشها به اماکن مورد نظر هدایت می شود. این گونه سیستم را «سیستم میرد در گردش» می گویند.

۲- سیستمی که در آن آب به وسیله اواپراتور خنک شده با پمپ به اماکن مختلف هدایت می شود و در رادیاتورهای که در آن اماکن وجود دارد به گردش درمی آید. هوای گرم از این رادیاتورها عبور داده می شود و بدین ترتیب اماکن خنک می شوند. رطوبت موجود در هوا به وسیله رادیاتورها جذب و سپس به خارج از آنها هدایت می شود. در این گونه سیستم تجهیزات تبرید به صورت متمرکز نگهداری می شوند و نیازی به هدایت میرد به اماکن دیگر نیست؛ از این رو هرگونه نشت میرد در همان مکان محدود مدار تراکمی امکان پذیر است. آب خنک این سیستم که مانند میرد ناتویه عمل می کند، به آب چیلر^۱ (آب خنک در گردش) معروف است. به این سیستم «سیستم آب چیلر در گردش»^۲ گفته می شود.

(رطوبت زدایی) می شود. در این درس به مباحث مربوط به تهویه مطبوع زمستانی پرداخته نمی شود، اما لازم به ذکر است که برای گرم کردن و رطوبت دادن (رطوبت زنی) از تجهیزات گرمای بخاری یا الکتریکی استفاده می شود. در این درس به تهویه مطبوع تابستانی که تأمین هوای خنک بدون رطوبت و تمیز است، پرداخته می شود. به طور کلی برای تأمین تهویه مطبوع کشتیها از سه نوع سیستم استفاده می شود:

۱- سیستمی که در آن میرد سرد به اواپراتورها هدایت می شود و اواپراتورها به طور مستقیم در مسیر هوا قرار می گیرند و بدین ترتیب هوا خنک می شود. قلب این سیستم یک مدار تبرید تراکمی است و چند اواپراتور برای کنترل درجه حرارت اماکن مختلف وجود دارد. هوای گرم و مرطوب از اواپراتورها عبور داده می شود. میرد سرد گرمای هوا را جذب کرده هوا را خنک می کند. رطوبت موجود در هوا به هنگام عبور از اواپراتورها منقبض شده بر روی تیوبهای اواپراتورها می نشیند. این رطوبت

۱- Refrigerant Circulating System

۲- Chilled Water

۳- Chilled Water Circulating System

۷-۱۲- خلاصه

فرآیند جذب گرما به وسیله میرد از بخش فشار کم (سرد) و پس دادن گرما در بخش فشار زیاد (داغ) به فرایند تبرید موسوم است. برای ایجاد تبرید از انرژی استفاده می‌شود. در سیستمهای تبرید دریایی انرژی وارد شده معمولاً به صورت کار مکانیکی است. در سیستم تبرید تراکمی کار مکانیکی به وسیله کمپرسور مصرف می‌شود. تهویه مطبوع عبارت است از تأمین و حفظ هوای یک مکان مسدود در دما، رطوبت و تمیزی مناسب و دلخواه. قلب هر سیستم تهویه مطبوع را یک سیستم تبرید تشکیل می‌دهد.

۳- سومین نوع سیستم تهویه مطبوع خنک دستگاههایی هستند که در یک کابینت قرار دارند. این دستگاههای تهویه مطبوع مجهز به یک مدار تراکمی نسبتاً کوچک هستند. این دستگاهها برای خنک کردن یک فضا یا مکان معین به کار می‌روند و معمولاً در کشتیهایی نصب می‌شوند که با دارای سیستم مرکزی تهویه مطبوع نیستند و یا این که سیستم مرکزی تهویه مطبوع قادر به تأمین هوای خنک برای همه اماکن نیست. این دستگاهها به تهویه مطبوع یکپارچه^۱، تکی^۲ یا پکیجی^۳ موسوم هستند.

پرسش

- ۱- اهمیت سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع را بیان کنید.
- ۲- تفاوت تبرید و تهویه مطبوع را بیان کنید.
- ۳- اصول تبرید و تهویه مطبوع را بیان کنید.
- ۴- طرز کار یخچال خانگی مجهز به مدار تبرید تراکمی را باختصار شرح دهید.
- ۵- چگونگی ورود گرما به درون یخچال را باختصار بیان کنید.
- ۶- تفاوت محیط خنک کننده کندانسورها در تبرید تراکمی دریایی و تبرید تراکمی خانگی در چیست؟
- ۷- در دستگاه انبساط چه اتفاقی می‌افتد و پس از عبور از دستگاه انبساط شرایط فیزیکی میرد چگونه است؟
- ۸- میرد در اواپراتور چه کاری انجام می‌دهد؟ شرایط فیزیکی میرد در اواپراتور چگونه است؟
- ۹- در کمپرسور چه کاری انجام می‌شود؟ شرایط فیزیکی میرد در خروجی کمپرسور چگونه است؟
- ۱۰- در کندانسور چه کاری انجام می‌شود؟ شرایط فیزیکی میرد در کندانسور چگونه است؟
- ۱۱- مدار تبرید تراکمی دارای دو بخش عمده است، آنها را نام برده محدوده هریک را بیان کنید.
- ۱۲- خواص فیزیکی و شیمیایی یک میرد خوب در سیستم تبرید تراکمی را بیان کنید.
- ۱۳- گرمای نهان تبخیر و گرمای نهان انقباض را تعریف کنید.
- ۱۴- عنوان تجاری ترکیبات هیدروکلوروفلوروکربن و کلروفلوروکربن را نام ببرید.
- ۱۵- رایجترین نوع دستگاه انبساط چه وسیله‌ای است؟
- ۱۶- در اواپراتور مدار تبرید تراکمی میرد در حدود چند درجه سوپرهیت می‌شود؟
- ۱۷- دمای میرد در شرایط مادون اشباع چه تفاوتی با دمای میرد در شرایط اشباع دارد؟
- ۱۸- تفاوت بین میرد در شرایط سوپرهیت با میرد در شرایط مادون اشباع چیست؟
- ۱۹- اعمالی را که یک سیستم تهویه مطبوع بر هوا وارد می‌کند نام ببرید.
- ۲۰- سه نوع سیستم تهویه مطبوع را که در کشتیهها استفاده می‌شود نام برده هرکدام را شرح دهید.
- ۲۱- تهویه مطبوع مجهز به سیستم آب چیلر در گردش چه امتیازی بر تهویه مطبوع مجهز به سیستم میرد در گردش دارد؟

شبکه برق کشتی

Ship's Electrical System

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- انواع برق کشتی را معرفی کرده کاربرد آنها را بیان کند.
- با شبکه برق کشتی آشنا شده جزئیات آن را بیان کند.
- با تأمین برق از ساحل آشنا شده نحوه استفاده از آن را بیان کند.
- مولدهای برق کشتی را معرفی کرده طرز کار آنها را بیان کند.
- شبکه‌های بدون اتصال بدنه را معرفی کند.
- با تابلوی اصلی برق آشنا شده کار آن را بیان کند.
- قطع کننده مدار را معرفی کرده وظیفه آن را بیان کند.
- با دستورات ایمنی مربوط به کار با تجهیزات برقی آشنا شود.

۱۳ - شبکه برق کشتی

توزیع برق شرح داده می‌شود؛ همچنین درباره رعایت ایمنی به منظور جلوگیری از بروز صدمات جانی و مادی مطالب لازم ارائه می‌شود.

۱۳-۲ - شبکه برق

در شکل ۱۳-۱ شمای کلی شبکه برق کشتیها نشان داده شده است. مولدهای برق یا ژنراتورهای برق نیروی الکتریکی تولید می‌کنند. مولدهای برق متناوب به آلترناتور^۱ معروف هستند. نیروی برق به «تابلوی اصلی کلیدها»^۲ می‌رسد و از آن جا به بخشهای مختلف توزیع می‌شود. در مواقعی که برق اصلی^۳ دچار اشکال شود و از دست برود، یک ژنراتور اضطراری^۴ و «تابلوی اضطراری»^۵، برق مورد نیاز کشتی را تأمین و توزیع می‌کنند. شبکه‌های برق در کشتیهای مختلف کاملاً شبیه یکدیگر نیستند، اما تفاوت چندانی با شکل ۱۳-۱ ندارند.

۱۳-۱ - انواع برق کشتی و کاربرد آنها

دراکثر قریب به اتفاق کشتیها از برق متناوب ۴۴۰ ولت، ۶۰ سیکل، سه فاز یا برق متناوب ۲۸۰ ولت، ۵۰ سیکل، سه فاز برای تأمین نیروی مورد نیاز دستگاههای برقی استفاده می‌شود. خدمات برقی عمومی که در تمام کشتیها وجود دارد، شامل راه‌اندازی پمپها، هواکشها، دوارهای عرشه، جرثقیلهای، موتورسکان، تبرید و تهویه مطبوع، تجهیزات آشپزخانه، روشنایی، جاپرو و رادار سطحی است. کشتیهای جنگی تجهیزات پیشرفته‌ای مانند رادار هوایی، سیستم هدایت تیر و سونار دارند که با برق کار می‌کنند.

شبکه برق شامل مولدهای برق، تابلوهای کلیدها، کانورتورها، ترانسفررها، قطع کننده‌های مدار، فیوزها و ... می‌شود. در این فصل تجهیزات و شبکه‌های برق کشتی و نحوه

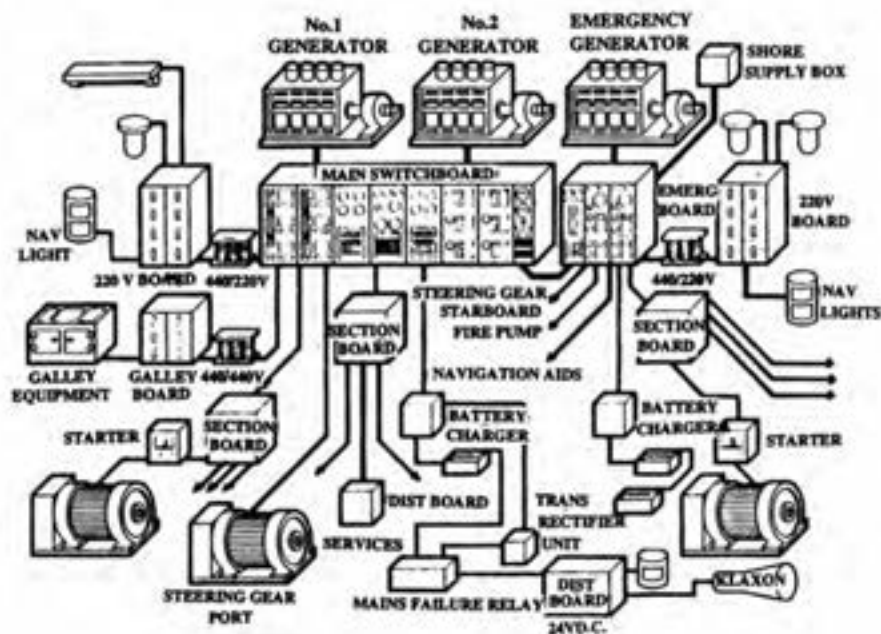
۱- Alternator

۲- Main Switchboard

۳- Main Power

۴- Emergency Generator

۵- Emergency Switchboard



شکل ۱-۱۳- تصویر (نما) کلی شبکه برق کشتی

اضطراری یک پدک کش معمولی ممکن است ده کیلوواتی و زراتور برق اضطراری یک کشتی باربری سیصد کیلوواتی باشد. کارخانه سازنده کشتی قدرت تولیدی مولدها را برای تمام شرایط کاری چه در دریانوردی و چه در بنادر در نظر می گیرد. برق تولید شده به وسیله مولدهای کشتیهای مدرن از نوع ۴۴۰ ولت، ۶۰ سیکل و از نوع ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل است. واژه «ولتاژ کم» برای ولتاژهای متناوب بین ۵۰ الی ۱۰۰۰ به کار می رود. روشنایی و سایر برقهایی داخلی معمولاً از برق ۱۱۵ یا ۲۲۰ ولت تک فاز استفاده می کنند. برای تأمین این نوع برق که در محدوده ایمنتری است از ترانسفرمر استفاده می شود. ترانسفرمرها برق ۴۴۰ یا ۳۸۰ ولت را به ۱۱۵ یا ۲۲۰ تبدیل می کنند. توصیه شده است که استفاده از تجهیزات سیار در اماکن خطرناک، داغ و مرطوب با برق ۵۵ ولت یا حتی ۲۴ ولت باشد تا از بروز صدمه جلوگیری شود. این برقهایی خیلی ضعیف نیز به وسیله ترانسفرمر تهیه می شوند. گاه از ترانسفرمرها برای افزایش ولتاژ استفاده می شود؛ مثلاً برای موتور «پروانه سینه» از برق ۳/۳ کیلوولت که منبع تأمین آن تابلوی اصلی و برق ۴۴۰ ولت است استفاده می شود.

مولدهای برق ممکن است به وسیله یک موتور دیزل، یک توربین گاز یا یک توربین بخار کار کنند. برخی از مولدهای برق به وسیله موتور نیروی محرکه به کار می افتند. نوع «موتور محرک» مولدهای برق با توجه به نوع کشتی و عوامل اقتصادی تعیین می شود. قدرت مولدها با توجه به قدرت مورد نیاز شبکه برق کشتی تعیین می شود. کشتیهای مسافربری بزرگ سه الی چهار مولد به قدرت ۲ مگاوات یا بیشتر دارند تا از عهده خدمات وسیع رفاهی کشتی که «خدمات هتل» نامیده می شود بآیند. یک کشتی تجاری باربری^۱ ممکن است دارای دو دستگاه مولد اصلی باشد که از ۲۵۰ الی ۱۰۰۰ کیلووات برق تولید می کنند. این مقدار برق برای مصارف دستگاههای موتورخانه در دریانوردی و جرثقیلها و ماشین آلات عرشه در بنادر کافی است. در مواقعی که مولدهای اصلی نتوانند برق تولید کنند، از مولدهای اضطراری استفاده می شود. مولدهای اضطراری حداقل برق مورد نیاز کشتی را تأمین می کنند و ممکن است در این گونه مواقع بسیاری از خدمات رفاهی قابل بهره برداری نباشند. برحسب مورد، مولدهای اضطراری از ده کیلووات الی سیصد کیلووات برق تولید می کنند؛ مثلاً زراتور برق

۱- Prime Mover

۲- Hotel Services (Hotel Load)

در هر کشتی اعم از جنگی، تجاری، مسافری و ... خدمات هتل شامل خدمات مربوط به آشپزخانه، گرمایش، سرمایش، غذاخوری، کابینها، سالن ورزش و ...

می شود.

۳- Cargo Ship

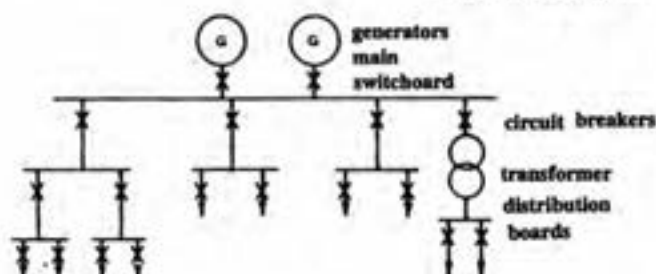
۴- Low Voltage

۵- Bow Thruster

می کنند.

۲-۲-۱۳- شبکه توزیع (Distribution System):

شبکه توزیع برای توزیع برق تولید شده به وسیله مولدها به موتورهای برقی، روشنایی، آشپزخانه، تجهیزات کمک ناوبری و ... است که روی هم «مصارف برق» یا بار شبکه را تشکیل می دهند. انرژی برق ابتدا به تابلوی اصلی می رود و سپس به وسیله کابل به قسمت ها و تابلوهای توزیع هدایت شده سپس به دستگاه های مختلف می رود. در شکل ۱۳-۳ نقشه ساده ای از شبکه توزیع برق کشتی نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۳- نقشه ساده ای از شبکه توزیع اصلی به همراه تابلوهای تقسیم

۲-۲-۱۳- برق اضطراری (Emergency Power):

هر کشتی باید به یک شبکه برق اضطراری مجهز باشد تا در صورت از دست دادن برق اصلی، بتوان دستگاه هایی را که برای مواقع اضطراری و خطرناک از جمله برای ترک کشتی مهم هستند به کار انداخت.

برای خدمات مختلف برقی در کشتیها از باتریهای ۱۲

ولت و ۲۴ ولت و برخی اوقات از باتریهای قویتر استفاده می شود.

۲-۲-۱۳- ولتاژ و فرکانس توزیع

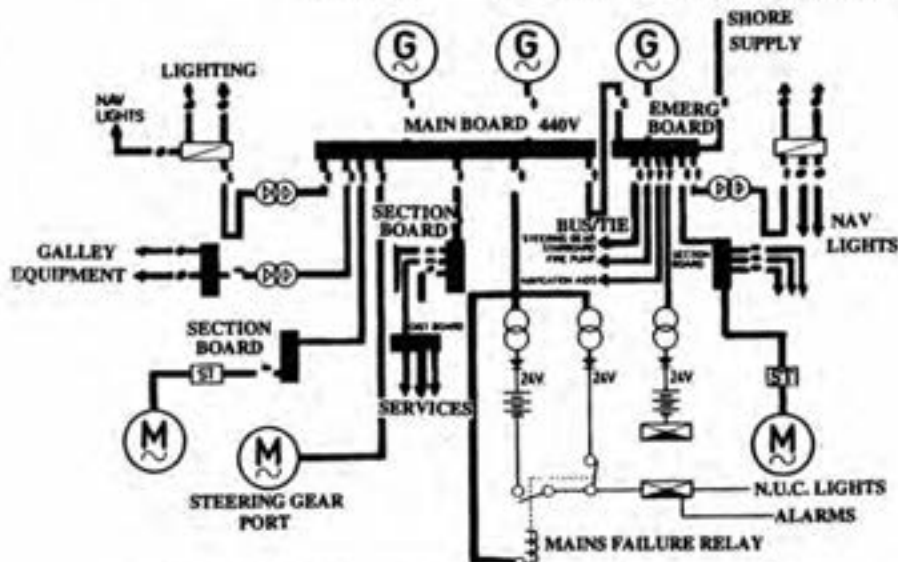
(Distribution Voltage and Frequency): در اکثر کشتیها

ترجیح داده شده است که از «جریان متناوب»^۱ و نه از «جریان مستقیم»^۲ استفاده شود. نصب و بهره برداری از «شبکه متناوب»^۳ ارزانتر از «شبکه مستقیم»^۴ است. یک شبکه متناوب نسبت به یک شبکه مستقیم با قدرت مساوی سبکتر است (هم مولد، هم شبکه توزیع و هم تجهیزات بهره برداری سبکتر هستند). شکل ۱۳-۲ شمای کلی شبکه های اصلی و اضطراری یک کشتی مجهز به دو مولد اصلی و یک مولد اضطراری را نشان می دهد.

شبکه توزیع برق کشتی مانند شبکه برق ساحل است؛ بدین ترتیب می توان تجهیزات صنعتی را به نوع دریایی تبدیل کرد. منظور از تبدیل به نوع دریایی این است که بتواند لرزش، رطوبت، دمای زیاد و آب دریا را تحمل کند.

اکثر کشتیها از برق ۴۴۰ ولت، سه فاز و ۶۰ سیکل که

استاندارد امریکایی است استفاده می کنند. در استاندارد اروپایی از برق ۳۸۰ ولت، سه فاز و ۵۰ سیکل استفاده می شود. استفاده از فرکانس ۶۰ موجب می شود که سرعت گردش موتورهای برقی بیشتر و در نتیجه اندازه آنها کوچکتر شود. روشنایی و دستگاه های برقی تک فاز در ولتاژهای پایین تر یعنی ۲۲۰ و ۱۱۰ ولت کار



شکل ۱۳-۲- شبکه توزیع برق ۴۴۰ ولت با تابلوی اصلی و تابلوی اضطراری

۱- Alternating Current

۲- Direct Current

۳- Alternating Current Distribution

۴- Direct Current Distribution

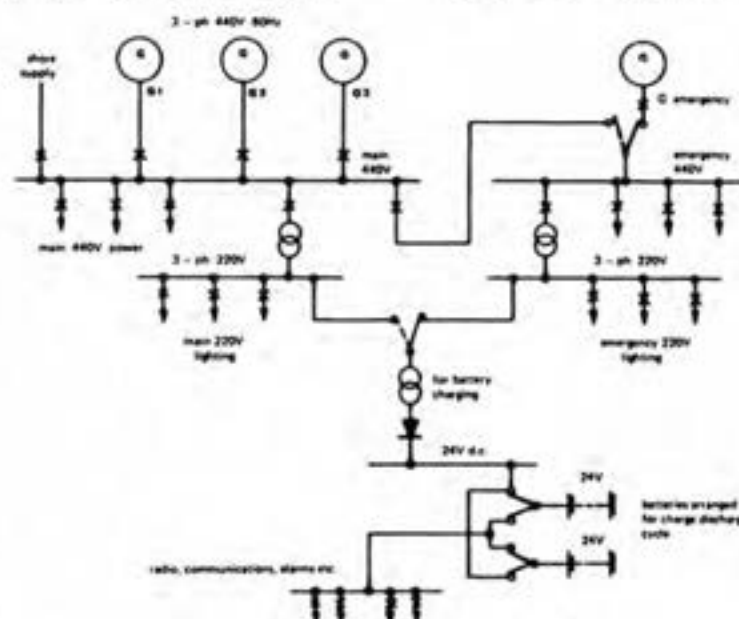
۵- Electrical Load

جراغهای اضطراری^۱، زنگ خطر^۲، مخاریات، دربهای آب نفوذناپذیر از این نوع دستگاهها هستند. راهاندازی دستگاههای فوق ایمنی لازم را برای تخلیه کشتی و استفاده از قابلهای نجات به وجود می آورد.

برابر مقررات منبع تأمین برق اضطراری باید از یک مولد یا تعدادی باتری و یا از هر دو تشکیل شود. منبع اضطراری باید خود اتکا بوده به منبع دیگر یا به موتورخانه وابسته نباشد. مولد اضطراری باید دارای یک موتور درونسوز به عنوان محرک باشد. محرک مزبور باید به مخزن سوخت مستقل، تجهیزات استارت و تابلوی کلید که همه باید در نزدیک مولد قرار گیرند مجهز باشد. منبع برق اضطراری باید بلافاصله پس از قطع برق اصلی به شبکه وصل شود. معمولاً این مولدها به طور خودکار به وسیله هوای فشرده یا یک باتری استارت زده می شوند بدین صورت از استارت خوردن فوری مولد اطمینان حاصل می شود. در شکل ۴-۱۳ شبکه اضطراری در کنار شبکه اصلی مشاهده می شود. اگرچه مقررات ممکن است اجازه دهد که تنها از یک باتری به عنوان منبع برق اضطراری استفاده شود، اما این باتری سنگین است و ابعاد بزرگی دارد. به همین جهت معمولاً از مولد برق دیزلی که با باتری یا هوا استارت می خورد استفاده می شود. در کشتیهای مسافری مقررات ایجاب می کند که یک مولد برق

دیزلی به عنوان منبع اصلی برق اضطراری به کار رود؛ اما باتریهای اضطراری نیز باید وجود داشته باشند تا از لحظه قطع برق اصلی تا تأمین برق اضطراری به وسیله مولد دیزلی یاد شده، روشنایی اضطراری به وسیله آنها تأمین شود. این باتریها باید توانایی تأمین روشنایی چراغهای اضطراری را برای حداقل سه ساعت داشته باشند. این باتریهای اضطراری موجب می شوند که از لحظه قطع برق اصلی تا لحظه وصل شدن برق اضطراری به وسیله مولد اضطراری، کشتی دچار خاموشی کامل نشود. خاموشی کامل ممکن است مسافران را هراسان و مضطرب کند البته کارکنان کشتی هرگز نباید هراسان و دستپاچه شوند. در شکل ۴-۱۳ نمونه ای از شبکه اضطراری در کنار شبکه اصلی نشان داده شده است.

برای شبکه برق کشتیها طرح یکنواختی وجود ندارد و همه کشتیها از این لحاظ تفاوتی با یکدیگر دارند. برق خدمات کشتی در شرایط کاری معمولی به وسیله مولدهای اصلی که «مولدهای اصلی سرویس» نام دارند، تأمین می شود. در مواقع اضطراری، مولد اضطراری تنها شبکه اضطراری را تأمین می کند. شبکه برق اضطراری باید در تمام اوقات آماده و قابل بهره برداری باشد؛ از این جهت لازم است که در نگهداری آن دقت شود. شبکه برق اضطراری و مولد آن باید طبق برنامه زمان بندی آزمایش



شکل ۴-۱۳ - شبکه اضطراری در کنار شبکه اصلی

شوند تا از عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل شود. آزمایش مزبور معمولاً هفته‌ای یک بار همزمان با «تمرین محل حریق» و تمرین «ترک کشتی با قایقهای نجات»^۱ انجام می‌شود. در این تمرین مولدهای اصلی را خاموش نمی‌کنند و برق شبکه اصلی قطع نمی‌شود، بلکه مولد اضطراری روشن می‌شود و در طول مدت تمرین به شبکه اضطراری وصل می‌گردد.

مقررات مربوط به برق اضطراری به طور مشروح در بیانیه کنوانسیون «ایمنی جان انسان در دریا»^۲ و مقررات «انجمنهای طبقه‌بندی»^۳ برای تجهیزات برقی و الکترونیکی قید شده است.

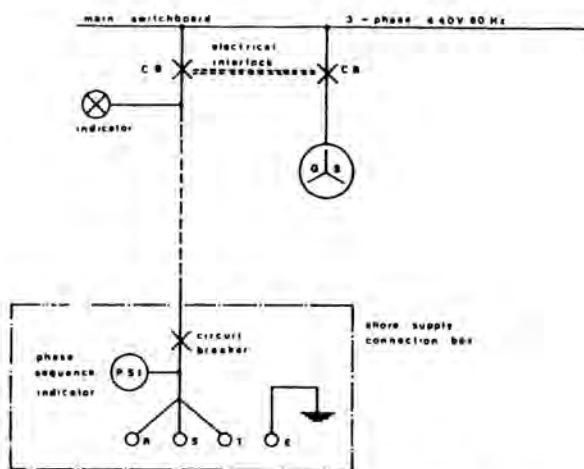
۳-۱۳- تأمین برق از ساحل (Shore Supply Connection)

هر کشتی دارای تجهیزات لازم برای تأمین برق از ساحل است تا در زمان تعمیرات اساسی و در حوض خشک مولدهای برق خاموش باشند. بدین منظور باید یک جعبه اتصال در کشتی وجود داشته باشد. جعبه اتصال معمولاً در موتورخانه مولد اضطراری قرار دارد. جعبه اتصال باید دارای ترمینالهای مناسب باشد تا کابل برق به آن وصل شود. یک ترمینال مخصوص اتصال به زمین باید وجود داشته باشد تا بدنه کشتی به زمین (در ساحل) متصل شود. جعبه اتصال باید یک قطع‌کننده مدار یا یک کلید و فیوزهای مربوط برای محافظت کابلی که جعبه اتصال را به تابلوی اصلی وصل می‌کند داشته باشد. یک پلیت حاوی اطلاعات مربوط به شبکه برق کشتی شامل نوع ولتاژ و فرکانس و نحوه اتصال کابل ساحل به کشتی نیز باید در جعبه اتصال وجود داشته باشد.

در تابلوی اصلی یک نشان‌دهنده (معمولاً یک لامپ کوچک) آماده بودن برق ساحل برای اتصال به تابلوی اصلی را نشان می‌دهد. معمولاً برق ساحل را نمی‌توان با مولدهای کشتی پارالل کرد؛ بنابراین هرگونه ارتباط مولدهای برق کشتی با تابلو باید جدا شود تا بتوان برق ساحل را به تابلوی اصلی رساند. معمولاً کلید برق ساحل در تابلوی اصلی با قطع‌کننده‌های مدار برق از مولدها درگیر است تا چنانچه مولدهای کشتی به تابلو وصل هستند، برق ساحل به تابلو وصل نشود. در شکل ۵-۱۳

نمونه‌ای از اتصال ساحل به کشتی نشان داده شده است. البته در برخی از کشتیها برق ساحل ابتدا به تابلوی اضطراری و سپس به تابلوی اصلی می‌رسد. مسئول اتصال برق ساحل باید مطمئن شود که کابلها به طور صحیح بسته شوند (ترتیب فاز^۴ صحیح باشد). اگر ترتیب فاز رعایت نشود و برعکس بسته شود، موتورهای برقی کشتی برعکس می‌چرخند و صدمات زیادی به آنها وارد می‌شود. برق ساحل ممکن است دارای فرکانس و ولتاژ پایینتر یا بالاتر از فرکانس و ولتاژ برق کشتی باشد. فرکانس بالاتر موجب می‌شود که موتورهای برقی سریعتر بچرخند، اورلود شده داغ شوند. ولتاژ بالاتر ممکن است موجب بالا رفتن شدت جریان و داغ کردن موتورها شود. ولتاژ پایینتر معمولاً ضرر کمتری از ولتاژ بالاتر دارد، اما می‌تواند موجب کاهش سرعت موتورها و گرم کردن آنها شود و حتی ممکن است باعث واماندگی موتورها شود.

اگر فرکانس برق ساحل با فرکانس برق کشتی فرق کند به همان نسبت ولتاژ ساحل با ولتاژ کشتی تفاوت خواهد داشت.



شکل ۵-۱۳- نمونه‌ای از اتصال برق ساحل به کشتی

۴-۱۳- مولد برق (مطالعه آزاد)

دستگاهی که انرژی مکانیکی را به انرژی برقی تبدیل می‌کند، مولد برق یا ژنراتور نام دارد. مولد جریان متناوب آلترناتور نام دارد. در درس فیزیک با اساس تولید جریان متناوب و دو نوع آلترناتور آشنا شده‌اید. این دو نوع آلترناتور عبارتند از آلترناتوری که سیم پیچ آرمیچر آن با روتور می‌چرخد و آلترناتوری که سیم پیچ

۱- Fire Drill

۲- Boat Drill

۳- Safety of Life At sea (solas)

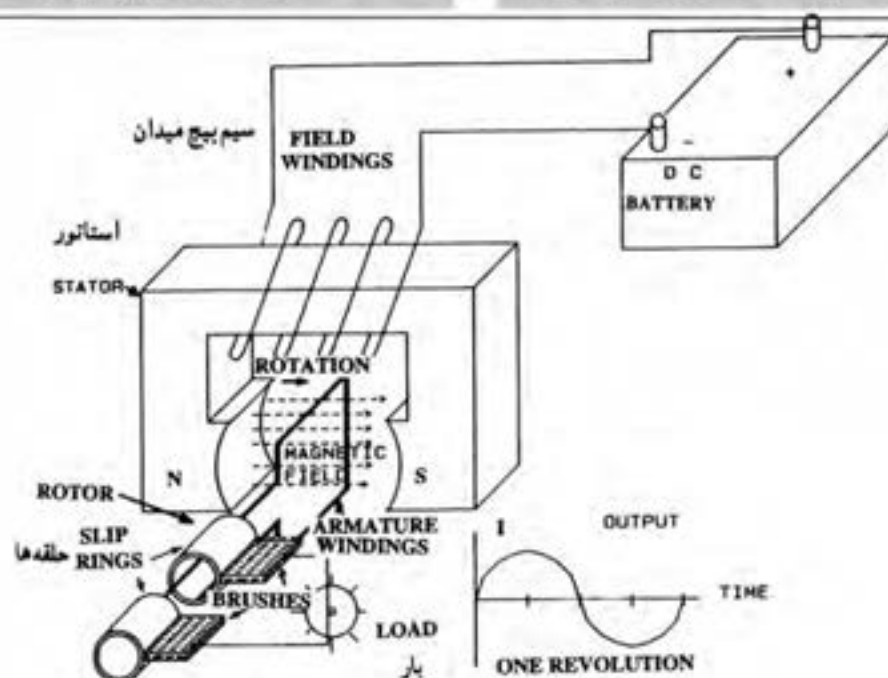
۴- Classification Societies

۵- Phase Sequence

۶- Revolving Armature AC generator

قطبین مغناطیسی آن در آرمیچر قرار دارد). در شکلهای ۱۳-۶ و ۱۳-۷ تصاویری از این دو نوع آلترناتور نشان داده شده است.

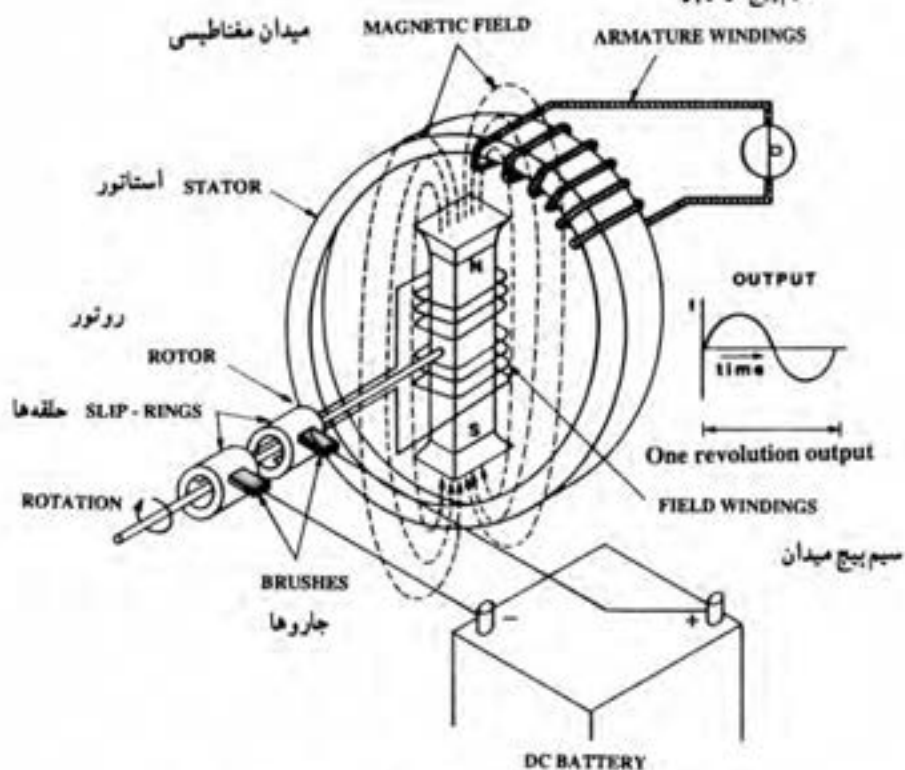
آرمیچر آن در استاتور قرار دارد و ثابت است^۱ (با به ترتیب آلترناتوری که قطبین مغناطیسی آن در استاتور و آلترناتوری که



Revolving-armature AC generator.

شکل ۱۳-۶ - آلترناتور مجهز به قطبین ثابت (آرمیچر گردان)

سیم بیج آرمیچر



Revolving-field AC generator.

شکل ۱۳-۷ - آلترناتور مجهز به قطبین متحرک (میدان گردان)

^۱ - Revolving Field AC generator

این معنی است که کابل‌هایی که تحت تأثیر ولتاژ قرار می‌گیرند، کاملاً از بدنه کشتی عایق شده‌اند. بدین ترتیب چنانچه بدنه کشتی صدمه ببیند، اختلالی در کار دستگاه‌های برقی به وجود نمی‌آید. در شکل به ترتیب یک شبکه تک فاز که دارای اتصال بدنه است و یک شبکه سه فاز که بدون اتصال بدنه است، نشان داده شده است. صدمه پذیری شبکه تک فاز بسیار بیشتر از شبکه سه فاز مزبور است، زیرا بارگی یا آسیب بدنه می‌تواند دستگاه‌های شبکه تک فاز را از کار بیندازد؛ اما از دست دادن یک فاز در شبکه سه فاز تنها باعث می‌شود که قدرت کمتری منتقل شود. البته آلترا تورها، موتورهای برقی و دستگاه‌های فلزی گردان برای تخلیه الکتریسته ساکن و حفظ ایمنی به بدنه کشتی متصل می‌شوند.

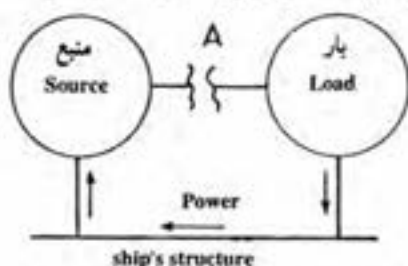
مزیت آلترا توری که قطبین آن متحرک است نسبت به آلترا توری که قطبین آن ثابت است، این است که در آلترا تور مجهز به قطبین متحرک قدرت تولید شده از ترمینال‌های ثابت خارج می‌شود، اما در آلترا تور مجهز به قطبین ثابت قدرت از طریق حلقه‌ها^۱ و جارو^۲ خارج می‌شود و جرعه ایجاد می‌کند. به همین جهت از آلترا تورهای مجهز به قطبین ثابت، تنها برای قدرتهای کم و ولتاژهای کم استفاده می‌شود.

۵-۱۳- شبکه‌های بدون اتصال بدنه

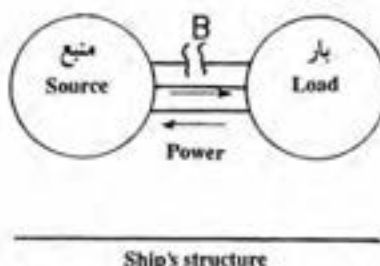
(Ungrounded Systems)

در کشتی از شبکه‌های بدون اتصال بدنه برای توزیع برق به دستگاهها استفاده می‌شود. منظور از «بدون اتصال بدنه»^۳ به

در شبکه تک فاز دارای اتصال بدنه قدرت از دست می‌رود.



قطع شدن یک فاز در شبکه سه فاز بدون اتصال بدنه فقط یا قطع شدن یک فاز قدرت را کاهش می‌دهد.



(A) single - Phase, grounded- Power system (uses ship's structure as part of distribution system). (B) Three - Phase, ungrounded system. (Note: In single - phase system, a break in the conductor interrupts all power to the load, but loss of one phase in three - phase system only reduces power carrying capability.)

شکل ۸-۱۳- مقایسه بین شبکه بدون اتصال بدنه و شبکه دارای اتصال بدنه

۷-۱۳- قطع کننده مدار (Circuit Breaker)

قطع کننده مدار وسیله‌ای برای قطع کردن مدار الکتریکی است. وقتی شدت جریان از اندازه تعیین شده بیشتر شود، قطع کننده مدار عمل کرده جریان را قطع می‌کند. در شکل ۱-۱۳ تصویری از یک قطع کننده مدار نشان داده شده است. در برخی از مدارها از قطع کننده مدار به عنوان یک کلید استفاده می‌شود.

۶-۱۳- تابلوی اصلی برق (Main Switch board)

تابلوی اصلی برق یک محفظه فلزی است که «آلات الکتریکی»^۴، «دستگاه‌های نشان دهنده»^۵، «دستگاه‌های محافظ»^۶ آلات کنترل و تنظیم مولدهای برق و توزیع الکتریسته را در خود جای می‌دهد. در شکل ۹-۱۳ یک سوئیچ برد نشان داده شده است. سوئیچ برد حاوی «میلچه توزیع برق»^۷ است که وظیفه انتقال نیروی برق از ژنراتور به تابلوی برق را به عهده دارد.

۱- Slip Rings

۲- Brush

۳- Ungrounded

۴- Electrical Instruments

۵- Indicating Devices

۶- Protective Devices

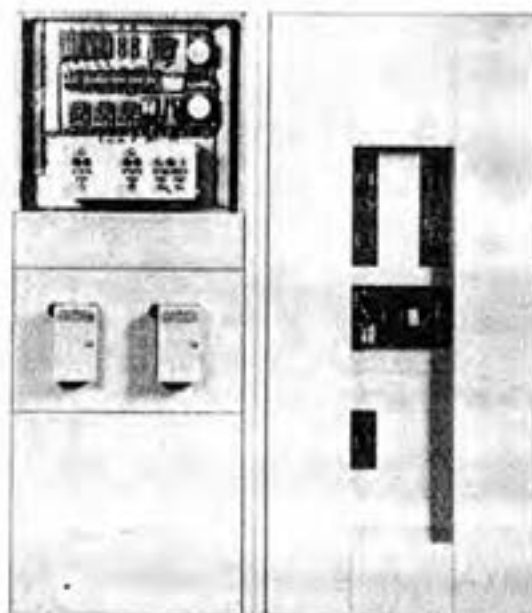
۷- Bus Bar

تجهیزات برقی بخوبی شناخته شده‌اند. شوک برقی و حریق می‌توانند موجب مرگ کارکنان و صدمه دیدن تجهیزات شوند. کارکنان هر کشتی کارهایی را که باید انجام دهند و کارهایی را که نباید انجام دهند (به هنگام کار با تجهیزات برقی) بایست به‌خاطر داشته به آنها عمل کنند. این کارها باختصار عبارتند از:

- ۱- سیستم برق کشتی و تجهیزات مربوطه خوب شناسایی شوند و مطابق با استانداردها نگهداری شوند. به شرایط عادی آنها هنگام بهره‌برداری دقت شود تا شرایط غیرعادی زود تشخیص داده شوند.
- ۲- از تجهیزات کشتی بنابر دستورات کارخانه سازنده استفاده شود و بنابر همان دستورات و دستورالعمل کشتی نگهداری شوند.
- ۳- تمام محافظها، پوششها، درجه‌های تجهیزات و تمام پیچ و مهره‌ها در جای خود محکم شوند.
- ۴- افسران، سرپرستان و کارکنان نگهبان قبل از خاموش کردن دستگاهها برای تعمیرات مطلع شوند.
- ۵- قبل از شروع به بازکردن پوشش تجهیزات برای تعمیرات و غیره کلیدهای دستگاه از روی تابلوی اصلی و تابلوهای فرعی قطع و در صورت امکان قفل زده شوند. فبوزها را برداشته تابلوی اعلان خطر بر تابلوی برق و کلیدها گذاشته شود.
- ۶- با استفاده از ولت متر از نبودن برق در دستگاه اطمینان حاصل شود.
- ۷- در هیچ شرایطی به هادیهای لخت دست زده نشود.
- ۸- قطعات در حال چرخش لمس نشوند.
- ۹- هادیهای لخت و قطعات در حال چرخش بدون پوشش رها نشوند.
- ۱۰- از تجهیزات پیش از محدوده مجاز ظرفیت آنها بهره‌برداری نشود.

۱۳-۹- خلاصه

نیروی برق کشتیها به وسیله جریان متناوب سه فاز، ۴۴۰ ولت، ۶۰ سیکل یا جریان متناوب سه فاز، ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل تأمین می‌شود. نیروی برق در شرایط عادی به وسیله مولدهای برق کشتی تولید و در مواقع اضطراری به وسیله مولد اضطراری دیزلی تأمین می‌شود. نیروی برق از طریق شبکه توزیع اصلی به تجهیزات کشتی می‌رسد. شبکه برق اضطراری نیروی مورد نیاز را از مولد اضطراری دیزلی دریافت و در شبکه توزیع می‌کند. برای پیشگیری از حوادث برقی همواره باید در ذهن کارکنان تداعی شود که هیچ چیز مهمتر از رعایت ایمنی نیست.



Typical switchboard. (Courtesy of General Electric)

شکل ۹-۱۳- نمونه‌ای از تابلوی برق



شکل ۱۰-۱۳- قطع‌کننده مدار

۸-۱۳- دستورات ایمنی مربوط به کار با تجهیزات برقی

قبل از انجام هرگونه کار با تجهیزات برقی باید موارد ایمنی را در نظر گرفت. خطرات احتمالی ناشی از استفاده نامناسب از

- ۱- وظایف تابلوهای اصلی و اضطراری را بیان کنید.
- ۲- چه عواملی نوع موتور محرک مولدهای برق را تعیین می کنند؟
- ۳- مولد اضطراری با چه نوع موتور محرکی کار می کند؟
- ۴- مشخصات برق تولید شده به وسیله مولد کشتیهای مدرن را بیان کنید.
- ۵- مزایای جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم را شرح دهید.
- ۶- استفاده از فرکانس ۶۰ نسبت به فرکانس ۵۰ چه تأثیری بر اندازه موتورهای برقی می گذارد؟
- ۷- مصارف برق (بار شبکه) یک کشتی را بیان کنید.
- ۸- برق چه دستگاههایی باید به وسیله مولد اضطراری در شرایط اضطراری تأمین شود؟
- ۹- مولد اضطراری دارای چه تجهیزاتی باید باشد؟
- ۱۰- چرا باتریهای اضطراری کشتیهای مسافری باید حداقل به مدت سه ساعت روشنایی اضطراری کشتی را تأمین کنند؟
- ۱۱- شبکه برق اضطراری و مولد آن چگونه و در چه زمانی آزمایش می شوند؟
- ۱۲- مقررات مربوط به برق اضطراری به وسیله چه مراجعی تعیین می شود؟
- ۱۳- پلیت حاوی اطلاعات درجعه اتصال برق ساحل به کشتی دارای چه نوع اطلاعاتی است؟
- ۱۴- آیا برق ساحل را می توان با برق ژنراتورهای کشتی پارالل کرد؟
- ۱۵- نامناسب بودن برق ساحل چه ضررهایی برای تجهیزات کشتی دارد؟
- ۱۶- کدام نوع آلترناتور برای قدرت و ولتاژ زیاد مناسب است؟
- ۱۷- تفاوت آلترناتور مجهز به قطبین ثابت با آلترناتور مجهز به قطبین متحرک را بیان کنید.
- ۱۸- در تابلوی اصلی برق چه تجهیزاتی وجود دارد؟
- ۱۹- موارد ایمنی مربوط به کار با تجهیزات برقی را بیان کنید.

بخش پنجم

دروس کارگاهی

کارگاه دیگ بخار

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:
- با اقدامات لازم به منظور آماده سازی دیگ برای روشن شدن آشنا شود.
 - با روشن کردن دیگ بخار آشنا شود.
 - با خاموش کردن دیگ بخار آشنا شود.
 - با بازدید از دیگ بخار پس از خاموش کردن دیگ آشنا شود.

۱۴- کارگاه دیگ بخار

لازم است که برای انجام این اقدامات در کشتی به دستورالعملهای مصوب مراجعه شود.

دستورالعملهای مصوب به صورت چک لیست برای متصدیان دیگ بخار تهیه می شوند. چک لیست روشن کردن به Lighting off sheet موسوم است. متصدی قاعدتاً پس از هر اقدام، محل مربوطه را علامت می زند تا نشان دهد هر اقدام مطابق دستورالعمل انجام شده است.

۱-۱۴- اهمیت و کاربرد دستورالعملها

برای دیگ بخار نیروی محرک کشتی دستورالعملهایی توسط سازنده تهیه می شود و پس از موافقت کشتی ساز، انجمن طبقه بندی و مالک کشتی به عنوان دستورالعمل اجرایی پذیرفته می شود.

در این درس نحوه روشن و خاموش کردن و بهره برداری از دیگهای بخار نیروی محرک کشتی به طور کلی بیان می شود و

احتیاط

از مهم ترین امور در ارتباط با بهره برداری دیگ، صحیح روشن کردن و خاموش کردن آن است. آمار نشان می دهد هشتاد درصد انفجارهای کوره بهنگام روشن کردن و عملکرد دیگ در شرایط کم باردهی بوده است.

بنابراین توجه مخصوص کارکنان در این مواقع کاملاً ضروری است تا از انفجار کوره جلوگیری شود.

۲-۱۴- روشن کردن دیگ بخار

آماده سازی دیگ بخار

کوره و محل های عبور گاز داغ باید کاملاً سالم و تمیز باشند. چنانچه تعمیراتی انجام شود همه ابزار و لوازم از کوره و قسمتهای مختلف دیگ بیرون برده شوند.

صفحه ها (پلیت ها)ی دست رو و آدم رو باید کاملاً محکم

بوده، درپچه ها نیز محکم و همه درزها آب بندی باشند.

اگر دیگ دارای گرمکن هوا است، در آغاز کار در مسیر گازهای داغ قرار نگیرد (با انجام بای پاس این کار انجام می شود).
۱-۲-۱۴- آماده کردن شیر فلکه ها: همه شیر فلکه ها

بررسی شوند تا تنظیم آنها صحیح باشد. شیر فلکه های زیر باید بسته باشند:

شیر فلکه های درین^۱ گیج های آب
شیر فلکه های درین گیج های بخار
شیر فلکه های درین تیوپهای دیواره ها
شیر فلکه های بلودان (تخلیه) سطحی و زیری
شیر فلکه های تغذیه مواد شیمیایی
شیر فلکه های ونت و درین اکانامایزر
شیر فلکه های گیج های آب
شیر فلکه های گیج های بخار
شیر فلکه های ونت های هوا
شیر فلکه های ورین سوپرهیتر

شیر فلکه های ونت های لوله های عبوری سوپرهیتر
۳-۲-۱۴- شبکه های خروجی: معمولاً دیگ بخار نیروی محرکه دارای سه خروجی است. از صحیح کار کردن شیر فلکه های این سه خروجی باید مطمئن شد. این خروجی ها عبارتند از:

بخار سوپرهیت به توربین های اصلی
بخار سوپرهیت به توربوژنراتورها
بخار دی سوپرهیت برای مصارف فرعی
۴-۲-۱۴- ارسال آب تغذیه به دیگ بخار:
آب تغذیه باید تصفیه شده بوده و هوازدایی (اکسیژن زدایی) شده باشد.

دمای آب تغذیه باید تقریباً مساوی با دمای فلزات استوانه بخار باشد.

با استفاده از پمپ فرعی تغذیه و لوله تغذیه آب به دیگ ارسال شود. از سالم بودن شیر فلکه ها اطمینان یابید.
اجازه دهید آب در آب نما ظاهر شده و تا حدود ۵ سانتی متر (دو اینچ) از ته آب نما بالا بیاید. این مقدار آب برای شرایطی که آب به جوش می آید و منبسط می شود و نیز برای خارج کردن هوا توسط بخار از طریق همه و تنها لازم است.

۵-۲-۱۴- احتراق کوره: قبلاً نسبت به انتخاب و

نصب صفحه تزریق^۲ مناسب شروع احتراق با توجه به دستورالعمل سازنده دیگ اقدام شود.

احتراق دقیقاً مطابق دستورالعمل سازنده انجام شود (روشهای مختلف احتراق بستگی به نوع سوخت مصرفی دارد. اینک اکثر دیگهای بخار مدرن از گازوئیل و سوخت Distillate که خصوصیات آن بین گازوئیل و نفت کوره است استفاده می کنند. دیگهایی که در کشتی های حمل گاز طبیعی و نفت گاز استفاده می شوند به ترتیب از این گازها استفاده می کنند).

۶-۲-۱۴- فشارسازی: پس از احتراق و مراقبت از شعله ها (با توجه به توصیه های سازنده) به تدریج فشار دیگ بخار بالا می آید.

پس از رسیدن فشار به مقداری که در دستورالعمل سازنده درج شده است (معمولاً یک اتمسفر فشار گیج) شیر فلکه ونت استوانه بخار را ببندید. شیر فلکه ونت سوپرهیتر کاملاً باز باشد (شیر فلکه های درین سوپرهیت مقداری باز بماند). بدین ترتیب بخار از سوپرهیت عبور می کند و موجب خنک شدن سوپرهیتر می شود. مرتباً عملکرد فشارسنج ها و آب نماها بررسی شود. دمای دودکش نیز کنترل شود.

همه درزها بازدید شده و کنترل شوند که هیچ گونه نشتی وجود نداشته باشد. در تمام این اوقات از سطح معین آب در استوانه بخار مراقبت شود و بخارسازی ادامه یابد.

۷-۲-۱۴- شروع استفاده از بخار: در فشاری که سازنده تعیین کرده است می توان از بخار برای مصارف فرعی (از طریق دی سوپرهیتر) و توربوژنراتورها (از طریق سوپرهیتر) استفاده کرد.

ابتدا شیر فلکه های درین سوپرهیتر به فن را کاملاً باز کنید (مطمئن شوید کسی در فن نباشد). سپس شیر فلکه ها را ببندید. شیر فلکه های خروجی از دی سوپرهیتر را باز کنید (معمولاً یک شیر فلکه یک طرفه و سپس یک شیر فلکه متوقف کننده باید باز شود) شیر فلکه متوقف کننده را به آرامی و آهسته باز کنید. استفاده از بخار فرعی برای به کارگیری تجهیزات را می توانید شروع کنید.

شیر فلکه های خروجی سوپرهیتر به توربوژنراتورهای کشتی

را به ترتیب باز کنید (معمولاً یک شیر فلکه یک طرفه و یک شیر فلکه متوقف کننده).

۸-۲-۱۴- آماده سازی دیگ برای تولید بخار

بیشتر:

حال همه شیر فلکه های درینها را ببندید.

شیر فلکه ونت سوپرهیتر را ببندید.

شیر فلکه یک طرف آب تغذیه و شیر فلکه متوقف کننده باید باز باشند تا متناسب با تولید بخار (و مصرف آن) آب تغذیه تأمین شود طوری که سطح معین آب در استوانه بخار حفظ شود. تعداد مشعلهای روشن را افزایش دهید (بدیهی است متناسب با افزایش نفت افشانها و مصرف سوخت، هوای بیشتری باید به کوره دمیده شود). ممکن است به توصیه سازنده صفحه تزریق (Sprayer plate) نفت افشانها را به نوبت با صفحات بزرگتر تعویض کنید.

چنانچه سازنده توصیه کرده است می توانید از سیستم کنترل خودکار آب تغذیه استفاده کنید.

۹-۲-۱۴- ارسال بخار به توربین اصلی نیروی

محركه: شیر فلکه درین لوله بخار اصلی از خروجی سوپرهیتر به توربین اصلی را باز کنید تا لوله گرم شده و همه قطرات کندانسیت از آن تخلیه شوند (در صورت وجود لوله و شیر فلکه های بای پاس دستورات سازنده را اجراء کنید).

وقتی که شیر فلکه ها و لوله کاملاً گرم شوند به آرامی و آهستگی شیر فلکه خروجی سوپرهیتر را باز کنید.

در این اوقات شیر فلکه درینها کمی باز بمانند (وقتی که توربین اصلی شروع به حرکت کرد شیر فلکه درینها را ببندید). سایر مطالب مربوط به به کارگیری بخار برای توربین اصلی در کارگاه توربین بخار بیان خواهد شد.

۳-۱۴- خاموش کردن دیگ بخار^۱

۱-۳-۱۴- دوده زدایی: در صورت امکان قبل از

خاموش کردن دیگ عملیات دوده زدایی از بخشهای احتراق و دود انجام شود تا این بخشها تمیز شوند (بدیهی است دوده زدایی در کنار اسکله و نزدیکی بندرگاهها قدغن است).

۲-۳-۱۴- انتقال بار: شدت آتش مشعلها را در

دیگ بخار دیگری که قرار است بار این دیگ روی آن قرار داده شود بالا ببرید.

۳-۳-۱۴- قطع سوخت و هوا: ارسال سوخت

به نفت افشانها را قطع کنید.

دریچه های هوا به مشعلها را ببندید (البته ارسال هوا را تا آنجا که سوخت باقیمانده را بسوزاند و گازهای احتراق را به بیرون هدایت کند ادامه دهید).

اگر دمنده هوا برای دیگ بخار دیگری هوا نمی فرستد، آن را خاموش کنید. نفت افشانها را بیرون آورده، پس از تمیز کردن در محل مربوطه بگذارید.

۴-۳-۱۴- سایر اقدامات: وقتی که فشار دیگ

کمتر از فشار عملیاتی لوله های بخار اصلی شد شیر فلکه های بخار خروجی را ببندید.

شیر فلکه های ونت سوپرهیتر را کمی باز کنید.

شیر فلکه های درین سوپرهیتر را باز کنید تا هور سوپرهیتر از هرگونه کندانسیت تخلیه شود.

بگذارید تا آب تغذیه به دیگ وارد شود طوری که سطح عادی آب حفظ شود، وقتی که ورود آب لازم نیست شیر فلکه های ورود آب به دیگ را ببندید.

برای جلوگیری از ایجاد تنش های حرارتی در استوانه بخار بگذارید فشار دیگ به تدریج کاهش یابد لذا با شیر فلکه ونت سوپرهیتر و شیر فلکه های درین آن طوری کار کنید که کاهش فشار حدود چهار ساعت طول بکشد (مگر آنکه کارخانه سازنده دستور دیگری داده باشد).

وقتی که فشار به حدود یک اتمسفر فشار گیج می رسد، شیر فلکه ونت استوانه بخار را باز کنید که به علت انقباض بخار خلأ ایجاد نشود. چون خلأ در دیگ موجب نشستی از درزها می شود (البته باز شدن شیر فلکه ونت و درین سوپرهیتر از ایجاد خلأ جلوگیری می کند ولی این اقدامات احتیاطی بهتر است انجام شود).

۴-۱۴- بازدید از قسمت های داخلی دیگ بخار

۱-۴-۱۴- بازدید از بخشهای احتراق و دود: اگر

۲-۴-۱۴- بازدید از بخشهای آب و بخار: اگر قرار است از بخشهای آب و بخار بازدید شود، آب دیگ موقعی خالی شود که دمای آن نزدیک به دمای محوطه است. اگر آب دیگ در حالی که هنوز داغ است تخلیه شود اجزاء فلزی بخصوص دیواره‌های ضخیم استوانه‌ها و هورها دچار تنش حرارتی می‌شوند. بازدید دقیق از تیوبها بسیار مهم و حیاتی است. در شکلهای ۳-۱۴ الی ۶-۱۴ برخی پارگیها و ترکهای تیوبهای سوپر هیترو تولید نشان داده شده‌اند.



شکل ۲-۱۴- ترکهای موازی دیواره اطراف مشعلها

قرار است از کوره و بخشهای احتراق و دود بازدید شود هیچ وقت قبل از خنک شدن تدریجی و کامل همه آجرها و عایق‌ها درجه‌های کوره را باز نکنید. صبر کنید تا دمای آجرها و عایق‌ها با دمای محوطه مساوی شود. با این کار از ایجاد تنش در آجرها و عایق‌ها جلوگیری شده و عمر آنها افزایش می‌یابد (همواره آجرها و عایق‌ها باید به تدریج و آهسته داغ شده و به همان صورت خنک شوند). در شکلهای ۱-۱۴ و ۲-۱۴ و ۳-۱۴ به ترتیب انقباض آجرهای کوره و ترک‌های دیوار اطراف مشعلها نشان داده شده‌اند.



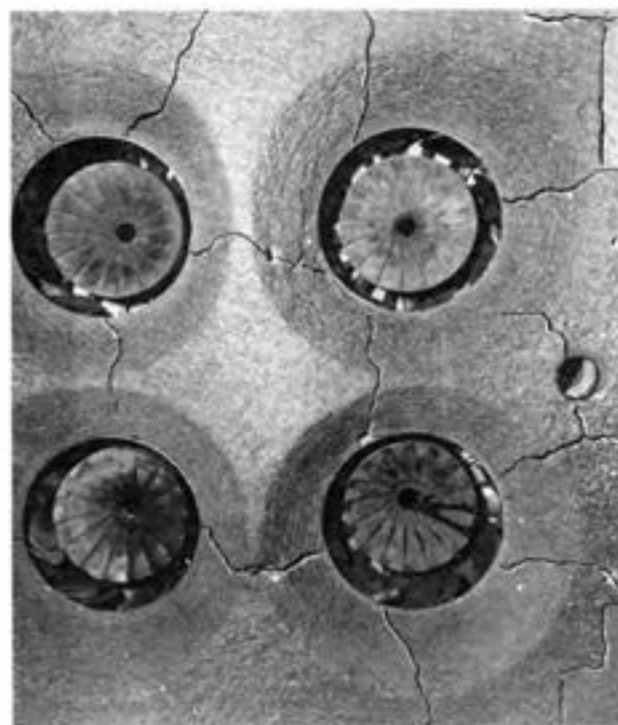
شکل ۱-۱۴- انقباض آجرهای کوره



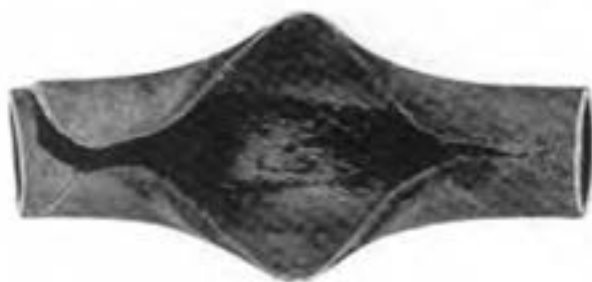
شکل ۴-۱۴- پارگی شدید تیوب سوپر هیترو



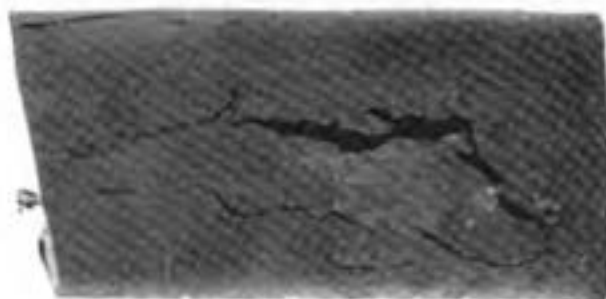
شکل ۵-۱۴- پارگی تیوب تولید



شکل ۳-۱۴- ترکهای شعاعی دیواره اطراف مشعلها



شکل ۷-۱۴- بارگی شدید در تیوب تولید



شکل ۶-۱۴- ترک ناشی از تنش شدید گرمایی در تیوب سوپر هیت

۵-۱۴- برنامه نگهداری و تعمیرات

دارد که عمدتاً در اوقاتی که کشتی کنار اسکله است انجام می پذیرد. توصیه می شود فراگیران به این برنامه توجه خاصی نمایند.

برنامه نگهداری و تعمیرات دیگهای بخار پس از هر سفر دریایی و برای زمان بندیهای متناسب با ساعات کارکرد وجود

پرسش

۱- شکل کلی دیگ بخار کارگاه یا کشتی خود را رسم کرده تجهیزات اصلی و تیوبهای دیگ را در شکل نشان دهید. شیر فلکه درین تیوبها و اکانامایزر را نشان دهید.

۲- دیاگرام کامل سوپر هیت دیگ بخار خود را رسم کنید. کلیه عبورها، ونت ها و شیر فلکه درینها را نشان دهید.

۳- دیاگرام کامل لوله های بخار اصلی سوپر هیت از خروجی سوپر هیت به توربین ها و توربوزنراتورها را رسم کنید. همه شیر فلکه ها اعم از شیر فلکه های ارسال بخار، ونت و درین را نشان دهید.

۴- دیاگرام شبکه کامل تخلیه سطحی و زیری دیگ بخار خود را رسم کنید.

۵- دیاگرامی رسم کنید که در آن کلیه گیج های فشار و دما و آب نما نشان داده شده و شیر فلکه های ورودی و درین آنها نیز نشان داده شود.

۶- دیاگرام شبکه دوده زدایی دیگ بخار خود را رسم کنید.

۷- دیاگرام سیستم تزریق سوخت به مشعلهای دیگ بخار خود را رسم کنید.

۸- دیاگرام سیستم هوای دمنده به مشعلها را رسم کنید.

۹- دیاگرام سیستم سوخت رسانی دیگ بخار خود از مخازن سوخت تا پمپ سوخت را رسم کنید. گرمکنها، صافیها و فیلترها را نشان دهید.

۱۰- در دیاگرامی محلهای تخلیه کلیه درینهای دیگ بخار خود را (بجز درینهای تخلیه سطحی و زیری) نشان دهید.

کارگاه توربین بخار

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- با اقدامات لازم برای راه‌اندازی توربین بخار آشنا شود.
- با اقدامات لازم برای گرم کردن توربین بخار آشنا شود.
- از توربین برای شرایط آماده برای حرکت مراقبت کند.
- از توربین در حین دریانوردی مراقبت کند.
- از تجهیزات توربین در حین دریانوردی نگهداری کند.
- با بهره‌برداری از توربین عقب برای مدت‌های طولانی آشنا شود.
- عملیات پس از متوقف کردن توربین بخار را انجام دهد.

۱۵- کارگاه توربین بخار

۲- ۱۵- اقداماتی که به طور کلی قبل از راه‌اندازی

توربین بخار انجام می‌شود

مطمئن شوید روغن روانساز به مقدار کافی در سیستم وجود دارد.

قبل از اینکه دستگاه به گردش در آید دمای روغن روانساز باید به درجه حرارتی که کارخانه سازنده اعلام کرده است برسد (معمولاً ۳۲ درجه سانتی‌گراد یا ۹۰ درجه فارنهایت).

هرگونه آب و رطوبت که در کف مخازن روغن وجود دارد تخلیه شود.

مطمئن شوید آب خنک کننده قابل ارسال به خنک کننده روغن است. اگر دمای روغن به طور خودکار کنترل نمی‌شود از ارسال آب خنک کننده به خنک کننده (کولر) روغن خودداری شود (بدیهی است در دمای کم نیازی به خنک کردن روغن نمی‌باشد و اگر کنترل دمای روغن به طور خودکار انجام شود تا زمانی که دما پایین است آب خنک کننده به خنک کننده روغن ارسال نمی‌شود). پمپ روغن روانساز را روشن کنید. مطمئن شوید روغن

۱- ۱۵- اهمیت و کاربرد دستورالعملها

در این کارگاه فراگیر با روشهای کلی راه‌اندازی، مراقبت و بهره‌برداری، متوقف کردن و نگهداری توربین اصلی نیروی محرکه بخاری معمولی (که توربین به جعبه دنده کاهنده مجهز و متصل است) آشنا می‌شود. بدیهی است جزئیات راه‌اندازی، بهره‌برداری، متوقف کردن و نگهداری توربین اصلی در شناورهای مختلف دارای تفاوت‌هایی است. از این رو لازم است که دستورالعملهای کارخانه سازنده دقیقاً اجرا شوند. این دستورالعملها معمولاً به صورت چک لیست تهیه شده و استفاده می‌شوند.

راه‌اندازی، بهره‌برداری و نگهداری توربین‌های بخار فرعی (به عنوان موتور محرک توربوژنراتورهای برق، پمپ‌های تغذیه، پمپ‌های جابجایی نفت خوار نفت کشتها) به طور کلی شباهتهایی با توربین بخار اصلی دارند. فراگیر معمولاً پس از آشنایی با توربین بخار اصلی توانایی مشابه در مورد توربین‌های بخار فرعی را می‌یابد.

بدون هیچ مشکلی به همه باتاقانها، کاپلینگها و روغن‌باشها^۱ می‌رسد.

برای اطمینان از تراز بودن روتورها از «نشان دهنده موقعیت روتور»^۲ استفاده می‌شود [فعالیت این بند جزء اموری نیست که فراگیر در شروع کار در کشتی مستقیماً و بدون دخالت سرپرستان انجام دهد. این کار از وظایف رده‌های بالاتر است].

برای به چرخش درآوردن توربین قبلاً با پل فرماندهی هماهنگ کنید و برای چرخش پروانه اجازه بگیرید. پل فرماندهی باید مطمئن شود هیچ مانعی برای گردش پروانه وجود ندارد.

موتور برقی «به گردش درآورنده توربین»^۳ را درگیر کرده و روشن کنید. حال باید مطمئن شوید توربینها و دنده‌ها آزادانه می‌چرخند. با دقت گوش کنید و مطمئن شوید هیچ گونه صدای غیر عادی ناشی از سائیده شدن قطعات فلزی وجود ندارد و یا نشانه‌ای از غیر عادی بودن گردش روتورها و دنده‌ها دیده نمی‌شود.

توربینها به طور مداوم توسط موتور گرداننده چرخیده شوند.

مطمئن شوید شیر فلکه‌های بخار اصلی به توربینهای نیروی محرک کاملاً بسته بوده و نشتی نداشته باشند. مطمئن شوید در لوله بخار به توربینها فشار بخار وجود ندارد. حال شیر فلکه مانور توربین به جلو را کاملاً باز کرده و ببندید. سپس شیر فلکه مانور توربین به عقب را کاملاً باز کرده و ببندید. بعد، «شیر فلکه‌های محافظ توربین عقب»^۴ را نیز کاملاً باز کرده و ببندید. بدین ترتیب مطمئن می‌شوید این شیر فلکه‌ها (قبل از آن که بخار به توربین ارسال شود) به طور صحیح کار می‌کنند.

۳-۱۵- گرم کردن توربینها

اگر چه ممکن است یک توربین (چنانچه روتور آن کاملاً تراز باشد) را از شرایط سرد بدون گرم کردن راه‌اندازی کرد اما اینگونه راه‌اندازی به بهره‌برداری توأم با موفقیت در یک دوره طولانی منجر نمی‌شود و عمر توربین را کاهش می‌دهد لذا گرم کردن توربین همواره توصیه شده و راه‌اندازی سرد فقط در شرایط

اضطراری که کشتی یا اسکله در خطر قرار می‌گیرند اجازه داده شده است.

برای گرم کردن توربینها به شرح زیر اقدام کنید. همه درینهای لوله‌های بخار اصلی، پوسته توربینها و شبکه بخار آب‌بندی را باز کنید تا هرگونه رطوبت و کندانسیت از این خطوط خارج شود.

«هواکش تخلیه هوای مخلوط با بخار آب‌بندی»^۵ را روشن کنید. شبکه بخار آب‌بندی را راه بیاندازید و فشار بخار آب‌بندی را در محدوده نیم تا دو Psig (یا معادل آن در سیستم اندازه‌گیری متریک) نگهدارید.

سیستم کندانسیت را راه‌اندازی کنید و اندازه‌ی آن را در ده اینچ (۲۵ سانتی‌متر) حفظ کنید. اگر مقدار خلأ، بیشتر شود دوره گرم کردن توربین طولانی‌تر می‌شود و ممکن است موجب تفاوت دما در قسمت‌های مختلف روتورها شده و باعث کج شدن آنها شود.

به مدت پانزده دقیقه دیگر از موتور گرداننده توربینها استفاده کنید.

برای راندن توربینها از پل فرماندهی اجازه بگیرید. پل فرماندهی باید مطمئن شود قدری گردش پروانه موجب پاره شدن طنابهای مهار کشتی به اسکله نمی‌شود و چنانچه کشتی در لنگر است موجب کشیده شدن لنگر نمی‌شود.

موتور گرداننده توربینها را متوقف کرده، آن را از درگیری خارج و در جای خود محکم کنید.

شیر فلکه بخار اصلی را باز کنید تا بخار به شیر فلکه‌های مانور برسد.

شیر فلکه مانور جلو را به اندازه کافی باز کنید تا توربینها چند ثانیه آهسته بچرخند. سپس شیر فلکه را ببندید. حال شیر فلکه مانور عقب را به اندازه‌ای باز کنید تا توربینها به طرف دیگر چند ثانیه آهسته بچرخند. اکنون شیر فلکه را ببندید. اینگونه چرخاندن توربین موجب می‌شود تا کشتی حرکت محسوسی نکند و بر طنابهای عرشه فشار نیاید و اگر کشتی در لنگر است مشکلی پیش نیاید.

۱ - Oil Spray Nozzles

۲ - Rotor Position Indicator

۳ - Motor Driven Turning Gear (Jacking Gear)

۴ - Astern Gauging valves

۵ - Gland Exhauster Fan

این روش چرخاندن را هر پنج دقیقه تکرار کنید. حداقل بیست الی سی دقیقه این کار را ادامه دهید تا کشتی آماده حرکت شود.

قبل از حرکت دادن کشتی، خلأ در کندانسور را به اندازه پیشنهادی سازنده بالا بیاورید.

۴-۱۵- مراقبت از توربین در شرایط «آماده برای حرکت»^۱

در این شرایط درینهای توربین را باز نگهدارید و حداقل هر پنج دقیقه یک مرتبه توربین را به جلو و عقب بگردانید. در این شرایط که شبکه بخار آب بندی فعال است روتورها نباید بیش از پنج دقیقه بی تحرک بمانند. بی تحرک ماندن روتور موجب تجمع گرما در قسمت فوقانی و اختلاف دما در روتور می شود. این اختلاف دما به طور موقت روتور را کج می کند و وقتی که روتور می چرخد موجب سائیدگی و استهلاک آب بندها می شود. لذا برای سالم ماندن آب بندها روتور باید حداقل هر پنج دقیقه یک مرتبه به چرخش در آید.

۵-۱۵- حرکت در دریا

پس از پایان عملیات مانور^۲ و شروع دریانوردی؛ تمام درین های توربین را ببندید. از کاملاً بسته بودن شیر فلکه مانور عقب و عدم نشستی آن مطمئن شوید.

از کاملاً بسته بودن شیرهای محافظ عقب و عدم نشستی آنها مطمئن شوید.

حال می توانید سرعت را تا نیمی از حداکثر سرعت توربینها افزایش دهید.

سرعت را به تدریج افزایش دهید. برای رسیدن به حداکثر سرعت حداقل پانزده دقیقه باید با توربینها دریانوردی کنید (مگر در شرایط اضطراری).

تراز بودن روتورها را بررسی و بازرسی کنید، این بازرسی حداقل روزی یک مرتبه باید انجام شود.

همه فشارها، دماها، سطوح روغن و «نشان دهنده های جریان»^۳ را بررسی و بازرسی کنید و از طبیعی بودن مقادیر و اندازه ها مطمئن شوید.

چنانچه در هر یک از یاتاقانها نشانه ای از گرمای غیرعادی یا تغییر دما وجود دارد قدری سرعت را پایین بیاورید و دلیل اشکال را بیابید.

۶-۱۵- نگهداری توربینها در حین حرکت

روزانه از صافیهای روغن بازدید کرده و آنها را تمیز کنید. هرگونه مواد خارجی که در صافی روغن مشاهده می شود باید آزمایش شده و منشأ آن پیدا شود.

هرگونه رطوبت و آب باید با راه اندازی دستگاه تصفیه کننده^۴ برطرف شود. از دستگاه تصفیه روغن مطابق دستور سازنده نیروی محرکه استفاده کنید.

برابر توصیه سازنده در دوره های زمانی معین، نمونه های روغن برای تجزیه و تحلیل و بررسی pH، ویسکوزیته، مواد افزودنی، مقدار آب و سایر خواص آزمایش شود.

چنانچه به هر علتی، فشار روغن از دست رود، «تریپ فشار کم روغن»^۵ جریان بخار به جلو را قطع می کند. چون کشتی به طرف جلو در حال حرکت است، حرکتش به جلو تا مدتی ادامه می یابد. پروانه می چرخد و گردش آن موجب چرخش دنده ها و توربینها می شود. برای جلوگیری از خراب شدن یاتاقانها لازم است با ارسال بخار به توربین عقب، توربینها و پروانه به طرف عقب گردش داده شوند تا در نتیجه آن، کشتی زودتر متوقف شود. البته چنانچه در همین مدت فشار روغن تأمین شود حرکت در دریا را می توان برابر برنامه ادامه داد.

شرایط بخار ورودی را مرتباً بررسی کنید. اگر به مدتی طولانی بخار با دمای زیاد و غیر طبیعی به توربین وارد شود موجب صدمه دیدن اجزای توربین می شود. اگر دمای بخار ورودی خیلی کم باشد خوردگی رطوبتی در مراحل آخر توربین فشار کم، بیشتر می شود.

کارکنان توربین باید در تمام اوقات نسبت به تغییرات صوتی

۱ - Stand - by (استند بای)

۲ - Maneuvering

۳ - Flow Indicators

۴ - Purifier (oil purifier)

۵ - Low oil pressure Trip

۸ - ۱۵ - عملیاتی که پس از متوقف کردن توربین انجام می‌شود

همه شیر فلکه‌های کنترل توربین و شیر فلکه‌های لوله ورودی بخار به توربین را ببندید.

همه دریهای توربین را باز کنید.

موتور گرداننده توربین را درگیر کرده و روشن کنید. بدین ترتیب روتورهای توربین به تدریج و به طور یکنواخت خنک می‌شوند و در حین اینکه گردش روغن گرمای یاتاقانها را جذب می‌کند از صدمه دیدن پوشش بایت یاتاقانها جلوگیری می‌شود. فعالیت شبکه‌های بخار آب بندی و تخلیه بخار آب بندی را متوقف کنید.

از پمپهای کندانسیت و پمپ گردش آب خنک کننده کندانسور در سرعت پایین (سرعت پایین پمپها) بهره‌برداری کنید تا وقتی که همه رطوبت از توربینها تخلیه شود. سپس پمپها را خاموش کنید.

مکنده هوای مرحله یکم را متوقف کنید. مکنده مرحله دوم را برای چند ساعت بهره‌برداری کنید تا هوا از توربینها مکیده شود. این عمل را هر دو یا سه روز تکرار کنید تا توربینها کاملاً خشک نگهداری شوند.

وقتی توربینها کاملاً خنک شوند شرایط تجهیزات را به حالت قبل از بند یک در آورید.

در بندر، هر دو یا سه روز مدتی (طبق دستور سازنده) سیستم روغن روانساز را راه‌اندازی کرده و موتور گرداننده را درگیر و روشن کنید تا روغن به همه یاتاقانها و قسمتها برسد و از زنگ‌زدن آنها جلوگیری شود.

هوشیار باشند. این تغییرات شامل تغییر در میزان صوت و صداهای غیرعادی است. همچنین باید با دقت مراقب هرگونه افزایش در لرزش باشند. مراقبت از سرو صدا و لرزش مخصوصاً در اوقات مانور اهمیت دارد.

در صورت وجود سرو صدا و لرزش سرعت باید کاهش داده شود تا سرو صدا یا لرزش متوقف شود. به مدت ده الی پانزده دقیقه در این سرعت از توربینها بهره‌برداری شود. سپس به آهستگی، سرعت افزایش داده شده تا به تدریج در مدت پانزده دقیقه به سرعت عملیاتی برسد.

چنانچه به علت افزایش دما، روتور موقتی کج شود و آب‌بندها ساییده شوند، گرما در سطح شافت (روی سطح کوچکی از شافت) تجمع می‌یابد. در نتیجه کجی شافت بیشتر شده و سایش آب‌بندها شدیدتر می‌شود. این پدیده به بدتر شدن شرایط و خرابی شدیدتر می‌انجامد. لذا لازم است، در اینگونه مواقع، سرعت کاهش داده شود و فرصتی داده شود تا دماها در شافت متعادل شده و شافت در طول محور تراز شود.

۷ - ۱۵ - بهره‌برداری طولانی از توربین عقب

بطور کلی توربینهای اصلی نیروی محرکه کشتیهای بخاری قادرند تا یک ساعت و تا هفتاد درصد سرعت جلو به طرف عقب کار کنند. این در صورتی محقق می‌شود که مقدار خلأ در نزدیکی اندازه طراحی شده باشد و به علاوه هیچ‌گونه نشتی به توربین جلو از طریق شیر فلکه مانور جلو و سایر شیر فلکه‌ها وجود نداشته باشد. اگر دماها در توربین فشار زیاد و لوله‌های واسطه بیشتر از حد مجاز شد، سرعت باید کاهش داده شود.

- (پرسشهای ۱۱ به بعد با نظارت مربیان انجام می‌شود)
- ۱- دیاگرام شبکه روغن روانساز توربینهای بخار را رسم کنید.
 - ۲- شکل ساده‌ای از پوسته توربینهای بخار رسم کرده، درینهای توربین را در آن شکل نشان دهید.
 - ۳- پمپ روغن روانساز توربینها و دنده‌ها را روشن کنید.
 - ۴- شبکه خنک کننده روغن روانساز را رسم کنید.
 - ۵- شبکه بخار آب‌بندی را رسم کنید.
 - ۶- شبکه تخلیه بخار آب‌بندی را رسم کنید.
 - ۷- سیستم کندانسیت را راه‌اندازی کنید.
 - ۸- با نظارت مربی، شیر فلکه‌های مانور را بدون این که بخار به آنها ارسال شده باشد کاملاً باز کرده و ببندید.
 - ۹- در یک جدول مقادیر دماها، فشارها و در دوره‌های چرخش معینی (سرعت‌های معین توربین) را تهیه کرده و ارائه کنید.
 - ۱۰- صافیهای روغن روانساز را تمیز کنید.
 - ۱۱- در کشتی، در یک کار گروهی سیستم کندانسیت را برای کار در شرایطی که توربین گرم شود راه‌اندازی کنید.
 - ۱۲- در کشتی، در یک کار گروهی توربینها را برای دریانوردی آماده کنید.
 - ۱۳- در کشتی، در یک کار گروهی عملیات مانور با توربین را برای خروج از بندر انجام دهید.
 - ۱۴- پس از خروج از بندر با توربینها به تدریج برای رسیدن به نصف حداکثر سرعت عملیاتی کار کنید.
 - ۱۵- در دریانوردی، عملاً از توربین نگهداری کنید.
 - ۱۶- با نظارت مربی کارگاهی، تصفیه کننده روغن را روشن کنید.

کارگاه دیزل

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:

- ۱- اقدامات لازم قبل از راه‌اندازی دیزل کشتی را به کار بیندد.
- ۲- اقدامات لازم جهت روشن کردن دیزل کشتی را انجام دهد.
- ۳- اقدامات لازم را ضمن بهره‌برداری و پس از بهره‌برداری از دیزل به کار بیندد.
- ۴- تعمیر و نگهداری رده‌سازمانی روزانه - هفتگی و ماهانه دیزل را انجام دهد.
- ۵- نحوه فیلرگذاری و تنظیم نفت‌افشان را توضیح دهد.

۱۶- کارگاه دیزل

۱-۱۶- نحوه راهبری دیزل اصلی کشتی

۱-۱-۱۶- تعریف: آشنایی با مکانیزم صحیح نحوه بهره‌برداری از دیزلها برای هنجریان ضروری است. لذا در این درس سعی شده به اقدامات عمومی و رایج در کشتیها اشاره شود. شایان ذکر است که بر روی هر نوع کشتی یک چک لیست دقیق و مصوب الزاماً باید وجود داشته باشد که راهبران اقدامات آماده‌سازی و راهبری را قدم به قدم برابر دستورات آن انجام دهند.

۱-۱-۱۶- اقداماتی که قبل از روشن نمودن دیزل باید صورت پذیرد:

۱-۱-۱۶- سیستم آب شیرین: مطمئن شوید مخزن آب شیرین پر باشد.

با نگاه کردن به کلیه لوله‌های آب شیرین مطمئن شوید که نشتی وجود ندارد و در ضمن کلیه شیر فلکه‌های شبکه آب شیرین را در وضعیت صحیح خود (بسته و یا باز) قرار دهید.

۱-۱-۱۶- سیستم آب شور: شیر فلکه اصلی ورودی آب دریا را ببندید و سپس صافیهای آب دریا را خارج کرده آن را

کاملاً تمیز نمایید. در پایان همه چیز را به حالت اول برگردانید با نگاه کردن به کلیه لوله‌های آب شور مطمئن شوید که نشتی وجود ندارد، مطمئن شوید، شرایط لوله‌های باریک خنک کننده روغن و خنک کننده آب شیرین دیزل خوب بوده و زینکهای قربانی که در خنک کننده روغن و آب شیرین به منظور جلوگیری از خوردگی نصب می‌گردند، کماکان سالم باشند.

۱-۱-۱۶- سیستم روغن روانساز: با نگاه کردن به کلیه لوله‌های روغن روانساز از وضعیت خوب آنان مطمئن شوید و کلیه شیرهای این سیستم را در حالت صحیح خود قرار دهید. آلمانهای درون فیلتر روغن را خارج نموده و آنها را بنا به شرایط تمیز و یا تعویض نمایید.

سطح روغن درون کارتل^۱ دیزل را چک نمایید. نمونه‌ای از روغن کارتل برداشته و آزمایش گردد. چنانچه شرایط آن تغییر کرده و قابل قبول نبود، روغن کارتل را با روغن نو و تعیین شده برای دیزل، تعویض نمایید.

۱-۱-۱۶- سیستم هوای استارت: با نگاه کردن به شبکه لوله‌کشی هوای استارت، از سلامت لوله‌ها مطمئن شده و

۱ - Sump

در ضمن کلیه شیرهای شبکه استارت را در وضعیت صحیح خود قرار دهید.

مطمئن شوید کلیه مخازن هوای فشرده از هوا پر باشند. شیر درین مخازن هوای فشرده را باز کرده تا آب و مواد زاید موجود در کف مخازن هوا با فشار تخلیه گردند.

۵-۲-۱-۱۶- سیستم سوخت: با نگاه کردن به شبکه لوله کشی سوخت، از سلامت لوله ها مطمئن شده و کلیه شیرهای شبکه را در وضعیت صحیح خود (بسته یا باز) قرار دهید. مطمئن شوید که عمل تغذیه سوخت به مخزن روزانه به طور صحیح صورت می پذیرد.

درب فیلتر سوخت موتور را باز نموده و صافی درون آن را تمیز نمایید.

شیر درین و یا پلاگ زیرین پمپ سوخت را جهت تخلیه سوخت قدیمی باز نموده و پس از بستن مجدد شیر یا پلاگ، پمپ را هواگیری نمایید.

فشار سوخت درون سیستم را به کمک پمپ پرایم دستی بالا ببرید.

در حالی که فشار را بالا برده اید با دست شیر تخلیه سرعت زیاد را تحریک نموده و مطمئن شوید فشار سوخت با باز شدن شیر تخلیه سرعت زیاد سقوط می نماید.



شکل ۱-۱۶- آماده کردن پمپ نفت افشان

۶-۲-۱-۱۶- موتور: شیرهای تخلیه سیلندر^۱ هوای محفظه سیلندرها را باز نمایید.

مکانیزم چرخاندن میل لنگ را (که یا جک چرخان و یا دپلم است) به موتور وصل نمایید.

دریچه های بازدید محفظه میل لنگ را برداشته و در حالی که میل لنگ را با دست می چرخانید، وضعیت درون محفظه میل لنگ را با بررسی پیچ های اصلی دسته شاتونها، کپه پاتاقهای متحرک، شرایط پاتاقهای ثابت، و وضعیت پوسته پیراهن سیلندرها را بازرسی نمایید.

مکانیزم چرخاندن دستی موتور را از موتور جدا نموده و دریچه های بازدید را ببندید.

با بسته نگاه داشتن شیر اصلی هوای استارت موتور، دسته مانور (که یا در کنار موتور و یا در اطاق کنترل و یا پل فرماندهی قرار دارد) را به جلو داده و مطمئن گردید که میله های رابط سیستم کنترل سوخت که به گاورنر و پمپهای سوخت متصل می گردند در شرایط ارتباط خوب قرار داشته و خم نگردیده اند.

تمام نقاط و اتصالاتی که لازم است با دست روغنکاری و یا گریسکاری شوند با دقت انجام دهید.

قبل از استارت موتور مطمئن شوید هیچ گونه شیمی خارجی، چه در موتورخانه و چه در درون آب (نظیر طناب و یا سیم بگسل) به شافت اصلی متصل نباشد.

۳-۱-۱۶- روشن کردن دیزل اصلی کشتی: باید پس از کسب اجازه از فرمانده کشتی (یا مدیر ماشین) دقیقاً برابر چک لیستی انجام پذیرد که برای هر نوع کشتی متناسب با سیستم تحرک آن تهیه و قبلاً به تصویب رسیده است.

۴-۱-۱۶- اقداماتی که در ضمن بهره برداری از دیزل باید صورت پذیرد:

کلیه لوله های متصل به دیزل از نظر نشتی باید مرتباً بررسی شوند.

قطعات متصل به دیزل باید از نظر نشتی مرتباً بررسی شوند. مقادیر گنجها و نشاندنده ها باید هر یک ساعت یکبار در دفتر مخصوص ثبت گردند.

به صدای کارکرد موتور و توریوشارزهای آن باید مرتباً

۱ - Cylinder Relief valves

توجه و از کارکرد صحیح آنان مطمئن گردید.
در صورت امکان رنگ اگزوز دیزل را بررسی کنید (باید

خاکستری باشد).

احتیاط در هنگام راهبری

- ۱- مقدار باری که بر روی موتور دیزل می‌اندازید باید همواره متناسب با شرایط موتور باشد و حد مجاز آن را می‌توانید از روی درجه حرارت اگزوزها تشخیص دهید.
- ۲- هرگز موتوری را که فشار روغن آن کاهش یافته است به کار نگیرید.
- ۳- هرگز موتوری را که دمای آب شیرین خروجی آن نرمال نیست به کار نگیرید.
- ۴- هرگز موتوری را که صدای غیر طبیعی در آن ظاهر شده است به کار نگیرید زیرا که این صدا می‌تواند نشانه‌ای از بروز اشکال عظیمی باشد. بلکه همواره موتور را خاموش نموده و منبع صدا را با تحقیق مشخص نمایید.

۵- ۱۶- اقداماتی که پس از خاموش کردن دیزل اصلی و یا بازگشت از دریانوردی باید صورت پذیرد:
پس از خاموش کردن موتور به صدای توقف حرکت روتور توربوشاژر دیزل گوش دهید و زمان توقف کامل حرکت آن را محاسبه کنید (حداقل ۲ دقیقه باید باشد).
شیر فلکه اصلی ورودی آب دریا را ببندید.
شیر فلکه‌های سیستم سوخت را ببندید.
شیر فلکه هوای فشرده سیستم استارت را ببندید.
برق سیستم یعنی دیزل را قطع نمایید.
سطح روغن کارتل دیزل و جعبه دنده را بازدید نمایید.
شیرهای تخلیه هوای محفظه سیلندرها را باز نمایید.
به منظور جلوگیری از خوردگی می‌توان سیستم آب‌شور موتور اصلی را تخلیه نمود.

۲- ۱۶- تعمیر و نگهداری رده‌سازمانی

۱- ۲- ۱۶- تعریف: اگر چه به برخی از نکات مربوط به برنامه تعمیر و نگهداری رده‌سازمانی در آغاز این درس کارگاهی نظیر ثبت کلیه دماها، فشارها، رنگ اگزوز خروجی و غیره اشاره شده و لازم است در هنگام بهره‌برداری از موتور دیزل هر ساعت بازدید و در دفاتر ثبت موتور کشتی (کتاب لاگ) درج گردند، معیناً لازم است برنامه‌ای نظیر آنچه که اشاره می‌گردد منطبق با دستورالعمل

کتاب نگهداری^۱ دیزل تهیه و به مورد اجرا گذارده شود. این برنامه به عنوان یک راهنما برای بازرسی ادواری از قطعات دیزل به مورد اجرا گذارده می‌شود تا همان‌طور که عمل بازرسی و بازدید جلو می‌رود، قطعاتی که دچار ساییدگی و خوردگی در طول عمر مفید خود می‌گردند قبل از آن که ایجاد نشستی نموده و یا سبب صدمه کلی به سایر قطعات گردند، شناسایی و جایگزین گردند و همین‌طور قطعاتی که عمر مفید آنان تمام نگردیده لیکن به علت کثیف شدن و کربن گرفتگی شرایطی را ایجاد می‌نمایند که سبب صدمه خوردن سایر قطعات می‌گردند به موقع شناسایی و تمیز گردند. ضمناً با گنجاندن یک سری فعالیت روغنکاری و روانسازی برای پاره‌ای از قطعات از روانسازی به موقع آنان اطمینان حاصل می‌گردد. لازم به تذکر است که جامعیت یک برنامه موقعی حاصل می‌گردد که در طول عمر مفید دیزل نکات قابل ملاحظه از سوی مدیر ماشین و یا متصدی دیزل به برنامه اضافه گردد.

۲- ۲- ۱۶- برنامه تعمیر و نگهداری روزانه: از سطح روغن کارتل دیزل بازدید نموده و در صورت لزوم از روغن مربوطه، به آن اضافه نمایید، مقدار اضافه شده را در دفتر (لاگ) ثبت نموده تا مقدار روغن مصرفی موتور را بعداً بتوان محاسبه نمود. ضمناً با نگاه کردن مطمئن شوید که نشستی روغن وجود نداشته باشد. همچنین پس از هر تعویض نگهداری دو بار دستگیره شانه تمیز کننده فیلترهای روغن و سوخت را بچرخانید.

^۱ - Maintenance

سطح آب داخل مخزن آب شیرین را بازدید نموده و در صورت لزوم بر نمایید، ضمناً با نگاه کردن مطمئن شوید که این سیستم نشتی آب شیرین نداشته باشد.

سیستم سوخت موتور را از نظر نشتی بازدید نموده، ضمناً آب کف مخزن روزانه سوخت را درین نمایید.

پس از خاموش کردن دیزل، در حالی که بدنه آن هنوز گرم می باشد با پارچه تمام موتور را تمیز نمایید.

۲-۱۶- برنامه تعمیر و نگهداری هفتگی:

مکانیزم توقف اضطراری موتور را آزمایش نموده و مطمئن شوید که سالم و فعال است.

آب جمع شده در شبکه هوای فشرده استارت موتور را تخلیه نمایید.

مطمئن شوید که کشوییهای چرخ دنده ای پمپ تزریق سوخت^۱ متصل به موتور در مکان تنظیمی خود قرار دارند و از تنظیم خارج نگردیده اند.

افت فشار روغن در دو طرف فیلتر روغن را چک نمایید. افت فشار سوخت در دو طرف فیلتر سوخت را چک نمایید.

از آزاد حرکت نمودن کشوییهای پمپهای تزریق سوخت به موتور و گاورنر آن مطمئن شوید، و کلیه اتصالات را از نظر سایدگی بازدید نمایید.

۲-۱۶- برنامه تعمیر و نگهداری ماهانه (یا

۲۰۰ ساعته): نمونه ای از روغن درون کارتل دیزل را برداشته و آزمایش نمایید. اگر مقدار لزجت روغن از حد مجاز گفته شده در کتاب راهبری دیزل مربوطه خارج شده باشد، تمام روغن کارتل را تعویض نمایید هر چند که مقادیر مواد زاید، کربن و آب موجود در روغن در حد مجاز باشد. اصولاً دفتر لاگ موتور زمان کارکرد دیزل را از آخرین تعویض روغن نشان می دهد.

به محض آن که موتور را خاموش کردید، درجه های بازدید محفظه میل لنگ را از یک سمت باز نموده و دمای یاتاقانهای میل لنگ را چک نمایید، داغ بودن غیر متعارف یک یاتاقان نشانه اشکال بوده و لذا نیاز به باز نمودن و بازدید و بازرسی یاتاقان است.

درون محفظه میل لنگ را بازدید و مطمئن شوید که مهره ها شل نبوده و لوله های روغن درون محفظه شکسته و یا شل نباشند و همین طور نشت آب از اطراف قطعات به درون محفظه وجود ندارد.

درپوش روی سر سیلندرها را برداشته و چکش سوپاپها، شیرهای هوا استارت و نازل های سوخت را بازدید نمایید.

فیلر سوپاپها را چک و در صورت لزوم تنظیم نمایید. متعلقات روی موتور را از نظر شل بودن مهره ها، پیچها و کلمپها چک نمایید.

صافی فلزی درون فیلتر سوخت را تمیز و ذرات جذب شده توسط فیلتر را بازدید نمایید.

المانهای فیلتر روغن را چک و در صورت لزوم تعویض نمایید.

شیرهای تخلیه هوای سیلندرها را باز و میل لنگ را چندبار بچرخانید.

فلزات قربانی خنک کننده آب شیرین و خنک کننده روغن موتور را بازدید و در صورت لزوم تعویض نمایید.

شیر کف مخازن هوای فشرده را برای تخلیه آب و مواد زائد کف مخزن باز و آنها را تخلیه کنید.

رابط ها و اتصالات کنترل سوخت را روغنکاری نمایید. درپوش یکی از میل بادامکها را برداشته و وضعیت بادامکها و غلطکها را بازدید نمایید.

فیتینگهای محل اتصال شبکه هوای فشرده به موتور را گریس بزنید.

با باز نمودن درجه نظافت منبع جمع آوری دوده در مسیر اگزوز دیزل این منبع را تخلیه و دوده های باقی مانده را با جاروب نمودن خارج نمایید.

با افزایش (کنترل شده) دور موتور از صحت مکانیزم ایمنی اوراسپید گاورنر^۲ و همین طور شیر تخلیه سوخت مطمئن شوید.

با تخلیه مواد جذب شده در فیلتر روغن و آزمایش و بازدید این مواد از عدم وجود فلز بابت که متعلق به پوشش یاتاقانهای ثابت و متحرک میل لنگ می باشد اطمینان حاصل نمایید. چرا که وجود بابت نشانه تخریب یاتاقانها بوده و باید

توسط متخصصان و مهندسين در ساحل انجام پذيرند و لذا مطالب آنان از سطح اين درس خارج است.

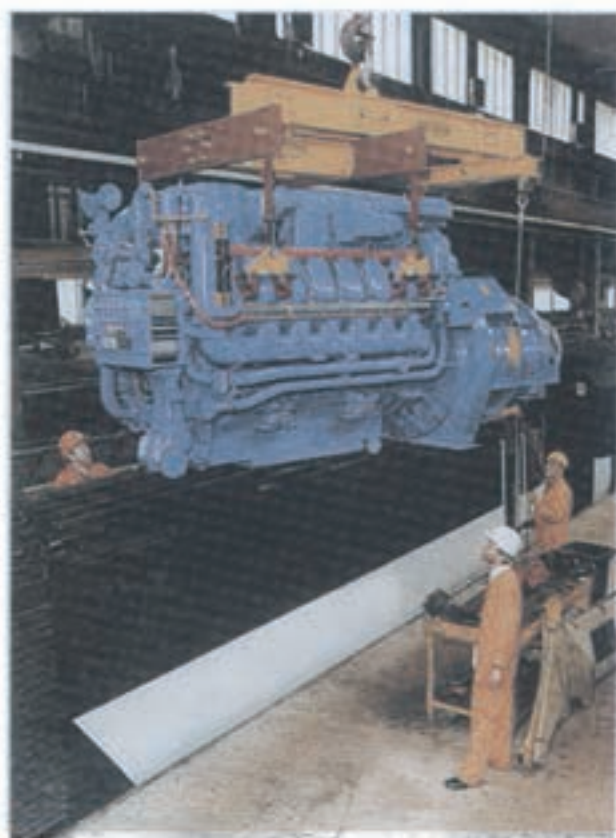


شكل ۲-۱۶- بازديد از تركه‌های احتمالی بدنه موتور

اقدام اساسی صورت پذيرد. سونجه‌های ایمنی کاهش فشار روغن و افزایش دمای آب شیرین را آزمایش نموده و از سالم بودن آنان اطمینان حاصل نمائید.

با توجه و مقایسه ارقام مندرج در دفتر لاگ برای دمای آگروز هر سیلندر در صورت نیاز نفت افشان سیلندر مربوطه را خارج و تنظیم نمائید.

۵-۲-۱۶- برنامه تعمیر و نگهداری برای زمانبندیهای ۳ ماهه، ۶ ماهه، ۹ ماهه و یکساله و همین‌طور بالاتر برای دیزل وجود دارند که قسمت اعظم این برنامه‌ها از رده سازمانی خارج بوده و در رده‌های تعمیراتی میانی و دیویی قرار دارند و بعضاً باید



شكل ۲-۱۶- جابجایی موتور دیزل



شكل ۳-۱۶- بازديد به روش ذرات مغناطیسی از هرگونه ترك در شاتون

- ۱- دیاگرام شبکه روغن دیزل را رسم نمائید.
 - ۲- دیاگرام شبکه آب شور دیزل را رسم نمائید.
 - ۳- دیاگرام شبکه آب شیرین دیزل را رسم نمائید.
 - ۴- دیاگرام شبکه سوخت دیزل را رسم نمائید.
 - ۵- دیاگرام شبکه هوای فشرده استارت را رسم نمائید.
 - ۶- دیاگرام شبکه هوای مصرفی دیزل را رسم نمائید.
 - ۷- دیاگرام شبکه برق سوئیچهای ایمنی و سوئیچهای کنترل دیزل را رسم نمائید.
 - ۸- فهرستی از مقادیر آلارم سوئیچهای ایمنی موتور و جعبه دنده را بنویسید. در یک جدول مقادیر:
- (۱) دمای کارکرد مطلوب
 - (۲) حد مجاز دمای کارکرد
 - (۳) فشار کارکرد مطلوب
 - (۴) حد مجاز فشار کارکرد
- برای کلیه آگزوز سیلندرها، آگزوز هر بنک^۱ (سمت) موتور، پمپهای واقع در شبکه‌های یاد شده موتور، فیلترهای شبکه‌ها و ... درج و ارائه نمائید.
- نحوه فیلرگذاری سوپاپهای یکی از سیلندرها را توضیح دهید.
 - نحوه باز کردن، تنظیم نمودن و بستن یک نفت افشان را توضیح دهید.
 - فهرستی از اشکالاتی تهیه نمائید که قادرند دیزل را به‌طور اتوماتیک خاموش نمایند.

کارگاه توربین گاز

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- با اقداماتی که قبل از راه‌اندازی توربین گاز انجام می‌شود آشنا شود.
 - با روشن کردن توربین گاز آشنا شود.
 - با نحوهٔ مراقبت و بهره‌برداری از توربین گاز آشنا شود.
 - با نحوهٔ خاموش کردن توربین گاز آشنا شود.
 - با مراقبتهای مؤثر در طول عمر توربین گاز آشنا شود.
 - با برنامه نگهداری و تعمیرات توربین گاز آشنا شود.

۱۷- کارگاه توربین

۱۷-۱- اهمیت و کاربرد دستورالعملها

در این کارگاه روشهای کلی راه‌اندازی، مراقبت، بهره‌برداری، متوقف کردن و نگهداری توربین گاز نیروی محرکه کشتی توضیح داده می‌شود. بدیهی است جزئیات راه‌اندازی، بهره‌برداری، مراقبت، متوقف کردن و نگهداری در شناورهای مختلف و مدل‌های مختلف توربین دارای تفاوت‌هایی می‌باشد. از این‌رو لازم است دستورالعملهای کارخانه سازنده که مورد تأیید سازنده کشتی، انجمن طبقه‌بندی و مالک قرار گرفته است دقیقاً اجرا شوند، این دستورالعملها به صورت چک لیست تهیه شده و استفاده می‌شوند.

۱۷-۲- اقداماتی که قبل از راه‌اندازی توربین گاز انجام می‌شود

مطمئن شوید ارتباط بین توربین گاز و شافت اصلی قطع است و چنانچه طراحی و ساخت نیروی محرکه طوری است که این ارتباط قابل قطع نمی‌باشد و به معنی گردش توربین، شافت و پروانه اصلی به چرخش درمی‌آیند مطمئن شوید زاویه تیغه‌های پروانه روی صفر باشد (اینگونه شناورها معمولاً دارای پروانه‌های

مجهز به سیستم کنترل زاویه تیغه پروانه هستند). چنانچه زاویه تیغه پروانه روی صفر درجه باشد گردش پروانه موجب جابه‌جایی کشتی نمی‌شود.

مطمئن شوید دریچه‌های ورود هوا به توربین باز هستند. مطمئن شوید در مسیر هوای ورودی هیچ‌گونه مانع، قطعه و ابزار وجود ندارد.

مطمئن شوید هوای موتورخانه (و چنانچه توربین دارای محفظه مستقل است هوای محفظه مزبور) عاری از آلودگی است و هواکشها روشن هستند.

مطمئن شوید روغن و سوخت به اندازه کافی در مخازن مربوطه وجود دارد.

مطمئن شوید فیلترهای روغن و سوخت سرویس شده و آماده بهره‌برداری هستند.

مطمئن شوید آب خنک‌کننده برای خنک‌کننده روغن تأمین شده است.

مطمئن شوید هوای فشرده به اندازه کافی برای استارت زدن توربین وجود دارد.

مطمئن شوید تمام تجهیزات در جای خود محکم هستند.
مطمئن شوید همه شیرفلکه‌های سوخت باز هستند.
مطمئن شوید شیرفلکه هوای استارت باز است.
از سالم بودن پایه‌ها و تکیه گاههای موتور مطمئن شوید.
مطمئن شوید سیستم تشخیص دود و آتش آماده بهره‌برداری بوده و سالم است.

کلیه لوله‌ها و اتصالات را بازدید کنید تا هیچ کدام شل نبوده و نشانه‌ای از نشتی نداشته باشند.
شبکه سیم‌کشی را کاملاً از نظر سالم و محکم بودن بازدید کنید.

دستگاه «تریب سرعت زیاد»^۱ [دستگاهی که در صورت بالا رفتن بیش از حد توربین به طور خودکار توربین را خاموش می‌کند] را آزمایش کرده و از صحیح کار کردن آن مطمئن شوید.
پمپ فرعی روغن روانساز^۲ را روشن کنید تا قسمت‌ها و قطعات توربین روغنکاری شوند.
توربین گاز را توسط موتور گرداننده^۳ بگردانید (قبلاً موتور

گرداننده را به توربین مطابق دستور سازنده درگیر کنید). مطمئن شوید توربین آزادانه می‌چرخد.
قبل از شروع به عملیات استارت زدن توربین، موتور گرداننده را خاموش کرده و آن را از درگیری خارج کنید.

۳-۱۷- روشن کردن توربین گاز

کلید استارت را روی روشن قرار دهید. دکمه استارت^۴ را فشار دهید. دکمه را آنقدر فشار دهید تا نیروی لازم به استارت برسد و کمپرسور را بگرداند و سرعت گردش کمپرسور را به اندازه لازم برساند.

اکنون فشار سوخت بالا می‌رود تا احتراق میسر شود (همزمان شمع‌های استارت جرقه می‌زنند). پس از احتراق سرعت توربین معمولاً تا حدود یک چهارم سرعت عملیاتی بالا می‌رود. انگشت خود را از دکمه استارت بردارید و کلید استارت را روی خاموش بگذارید (بدین ترتیب جرقه زدن شمع‌ها قطع می‌شود).

احتیاط

اگر سرعت توربین بالا نرفت قوری موتور را خاموش کنید. شیر فلکه‌های تخلیه محفظه‌های احتراق را باز کنید تا هر چه سوخت محترق نشده وجود دارد تخلیه شود. پس از شناسایی اشکال و رفع آن، توربین را روشن کنید.

پمپ فرعی روغن روانساز را خاموش کنید. حال مطمئن شوید که فشار روغن به اندازه کافی توسط پمپ‌های اصلی روغن روانساز تأمین می‌شود.

بگذارید توربین در سرعت خلاصی کار کند. در این حال، همه فشارها، دماها و اتصالات را کنترل کنید، مطمئن شوید هیچ‌گونه نشتی در سیستم‌های سوخت، روغن، هوا و گازهای احتراق وجود ندارد.

حال می‌توانید با استفاده از شیر فلکه ماتور سرعت توربین را بالا ببرید.

کنترل توربین را به اطاق کنترل مرکزی نیروی محرکه منتقل

۴-۱۷- خاموش کردن توربین گاز

ابتدا سرعت توربین را به پایین‌ترین سرعت عملیاتی (سرعت خلاص) کاهش دهید. در این سرعت دمای قسمت‌های داخلی توربین به پایین‌ترین مقدار می‌رسد. پس از خاموش کردن توربین، پمپ فرعی روغن روانساز و موتور گرداننده توربین را راه‌اندازی کنید. بدین ترتیب تمام قسمت‌های توربین گاز به تدریج و یکنواخت خنک شده و بخار سوخت کاملاً تخلیه می‌شود.

۱ - Overspeed Trip

۲ - Barring Motor

۳ - Auxiliary Lubricating Pump

۴ - Starter Button

۵-۱۷- مراقبت و بهره‌برداری از توربین گاز

مراقبت از موتور توربین گازی شامل مواظبت از عوامل عملیاتی موتور می‌باشد بدین ترتیب که اطلاعات کلیه عوامل عملیاتی مرتباً بازدید و ثبت می‌شود. هرگونه اشکال شناسایی شده و رفع می‌شود. ممکن است رفع کردن برخی اشکالات در حین کار کردن موتور امکان‌پذیر نباشد ولی نیاز فوری هم به خاموش کردن موتور نباشد و با اینکه به دلایل مهم‌تر صلاح نباشد موتور خاموش شود. برای اینگونه اشکالات غالباً سازنده توصیه‌هایی دارد که با رعایت آنها هم اشکال مورد مراقبت قرار می‌گیرد و هم اینکه موتور به کار خود ادامه می‌دهد. بنابراین لازم است کارکنان ضمن کسب تجربه همواره دستورالعملها و توصیه‌های سازنده را مطالعه کنند.

مطابق چک‌لیست کلیه عوامل عملیاتی (دما، فشار، صدا، ارتعاش) را کنترل کنید. اگر این عوامل به‌طور خودکار توسط کامپیوتر ثبت نمی‌شود آنها را در برگه‌های مخصوص کارکرد موتور ثبت کنید.

مقادیر ثبت شده را با مقادیر معمولی مقایسه کرده و هرگونه عوامل غیرعادی را شناسایی کنید.

علت عامل (عوامل) غیرعادی را شناسایی کرده و آنها را رفع کنید. البته عواملی که غیرعادی بودن آنها موجب تریب (خاموش شدن) توربین می‌شود معمولاً دارای هشدار دهنده‌های چشمی یا صوتی هستند تا کارکنان سریع مطلع شوند. معمولاً این هشدار دهنده‌ها مقداری پایین‌تر از نقطه تریب تنظیم می‌شوند. مراقبت از توربین گاز معمولاً به همراه مراقبت از سایر عوامل عملیاتی نیروی محرکه است. لذا همزمان شرایط کاری و عملیاتی زاویه پروانه (شامل اندازه زاویه، فشار روغن، دمای روغن، شرایط و وضعیت کاری پمپها، عدم نشی از لوله‌ها و شیر فلکه‌ها)، سرعت گردش شافت اصلی، بانافانهای شافت اصلی، کلاچها و جعبه دنده کاهنده (مخصوصاً فشار روغن جعبه دنده) را مراقبت کنید. معمولاً کاهش فشار روغن جعبه دنده کاهنده موجب تریب توربین گاز می‌شود.

۶-۱۷- مراقبتهای مؤثر در طول عمر توربین گاز

بروز برخی خرابیهای تدریجی توربین گاز اجتناب ناپذیر

هستند و به همین دلیل برنامه بازدید از قسمتهای مختلف و متعاقب آن انجام عملیات نگهداری ضروری است.

برای آن که یک توربین گاز بتواند حداکثر بازدهی را داشته باشد شرایط زیر را تامین کنید.

فقط هوای تمیز به عنوان هوای احتراق به کمپرسور وارد شود. از ورود کثافات، نمک دریا، اجسام ریز و درشت و بخارات و قطرات روغن به همراه هوا جلوگیری کنید.

مطمئن شوید که فقط سوخت تمیز به محفظه احتراق تزریق می‌شود. هرگونه ناخالصی جامد، مایع، محلول و شناور در سوخت را با استفاده از دستگاههای تصفیه کننده، صافی و فیلتر برطرف کنید.

سوخت باید فاقد گوگرد و وانادیوم باشند.

از توربین در سرعت اسمی خود بهره‌برداری کنید. بهترین بازدهی توربین در این سرعت است.

سوخت باید به‌طور یکنواخت و مساوی به همه محفظه‌های احتراق تزریق شود. سعی کنید دمای هر کدام از محفظه‌های احتراق در محدوده میانه‌گین دماها حفظ شود. چنانچه سوخت تزریقی به یک محفظه احتراق پیش از بقیه محفظه‌ها باشد دمای آن محفظه احتراق پیش از بقیه بالا می‌رود.

لازم است هرگونه لرزش در کاپلینگ شافت، پایه‌ها و ارتباطات لوله‌ای رفع شود.

مطمئن شوید روغن روانساز دارای استحکام و انسجام است.

۱-۶-۱۷- تستشوی تیغه‌های کمپرسور: چون معمولاً تیغه‌های کمپرسور توربین گاز با نمک همراه با هوا آلوده می‌شوند، این بدیده موجب کاهش شدید کارایی سیستم می‌شود. لذا تستشوی تیغه‌های کمپرسور پس از مدتی کارکرد ضروری است. به‌طور کلی تجهیزات تستشو عبارت است از یک مخزن کوچک آب مقطر که با لوله‌کشی به سوراخهای کوچکی در محفظه ورودی هوا مرتبط است. بخشی از آب پس از تستشو از طریق یک لوله خروجی تخلیه می‌شود. شیر فلکه این لوله را قبل از آغاز عملیات تستشو باز کنید.

مطمئن شوید شیر فلکه سوخت بسته است.

خود هستند که توسط سازنده با توجه به طراحی و تجربه تنظیم می شود. این برنامه شامل بازدیدها، تنظیمها، آزمایش و تعویض قطعات پس از مدت معینی کارکرد می باشد.

برای بازدید، نگهداری و تعمیرات از تجهیزات مخصوصی استفاده می شود که غالباً توسط سازنده توربین تأمین و یا توصیه می شوند.

برای ارائه یک نمونه برنامه بازدید، نگهداری و تعمیرات پیش بینی شده، برنامه ارائه و توصیه شده توسط کارخانه جنرال الکتریک برای توربینهای گاز «جان سخت»^۱ بیست هزار تا سی هزار اسب بخار نشان داده می شود. بدیهی است در هر شناور باید مطابق دستورات سازنده عمل کرد.

۱- ۷-۱۷- برنامه پیش بینی شده ضمن خدمت^۲:

به طور کلی برنامه پیش بینی شده در نگهداری و تعمیرات ضمن خدمت توربینهای گاز مطابق الگوی داده شده در جدول زیر انجام می شود.

دریچه ها و کانالهای ورود هوا به کمپرسور باز باشد. دکمه استارت را فشار دهید تا سرعت کمپرسور به مقدار توصیه شده توسط سازنده برسد. بگذارید کمپرسور چند دقیقه کار کند تا آب از تیغه ها بگذرد و در محفظه احتراق بخار شود.

چنانچه توربین گاز در محیط های آلوده به دود و کثافات کار کند (مانند کنار برخی اسکله ها و کارخانجات تعمیراتی) ذرات موجود در دود بر روی تیغه های کمپرسور رسوب می کند. چون این رسوب موجب کاهش بازدهی توربین گاز می شود در این موارد معمولاً دو مرتبه شستشو انجام می شود. در مرتبه اول از مخلوط آب و نفت و در مرتبه دوم از آب استفاده می شود.

۷-۱۷- نگهداری و تعمیرات

هر کدام از توربینهای گاز دارای برنامه نگهداری مناسب

شرح کار	تفر ساعت پیش بینی شده	کارکرد توربین (ساعت)
۱- سوخت پاشها را باز کرده و تمیز کنید	۶	۴۰۰۰
۲- از پوسته داخلی محفظه های احتراق و قطعات رابط بازدید کنید. با دستگاه بوریسکوپ ^۳ از نازل های مرحله اول توربین بازدید کنید.	۶	۶۰۰۰
۳- سوخت پاشها را باز کرده و تمیز کنید	۶	۸۰۰۰

عملیات فوق را پس از اجرای برنامه جزئی تکرار کنید.



شکل ۱-۱۷- استفاده از بوریسکوپ در بازدیدهای داخلی

۱ - Heavy Duty

۳ - Boreoscope

۲ - Estimated Service Schedule

ملاحظه می‌شود در این توربین پس از هر چهار هزار ساعت سوخت پاشها باز شده و تمیز می‌شوند و پس از هر ۶۰۰۰ ساعت کار از محفظه احتراق بازدید می‌شود.

۲-۷-۱۷ برنامه جزئی^۱: به طور کلی برنامه نگهداری و تعمیرات جزئی توربینهای گاز مطابق الگوی داده شده در جدول زیر انجام می‌شود.

شرح کار	نفر ساعت پیش‌بینی شده	کارکرد توربین (ساعت)
۱- پوسته داخلی محفظه‌های احتراق و قطعات رابط را تعویض کنید (قطعات قدیمی را تعمیر کرده و به عنوان بدک استفاده کنید).	۲۴	۱۲۰۰۰
۲- نازل‌های مرحله یکم توربین را تعویض کنید (از نازل‌های قدیمی پس از تعمیر به عنوان بدک استفاده کنید).	۶۴	۱۲۰۰۰
۳- پمپ سوخت را باز کرده و برای تعمیر به تعمیرگاه دارای صلاحیت ارسال کنید.	۱	۱۲۰۰۰
۴- تقسیم کننده سوخت را باز کرده و برای تعمیر به تعمیرگاه دارای صلاحیت ارسال کنید.	۱	۱۲۰۰۰
۵- سوخت پاشها را باز کرده و تمیز کنید.	۶	۱۲۰۰۰

عملیات فوق را پس از اجرای برنامه کلی تکرار کنید.

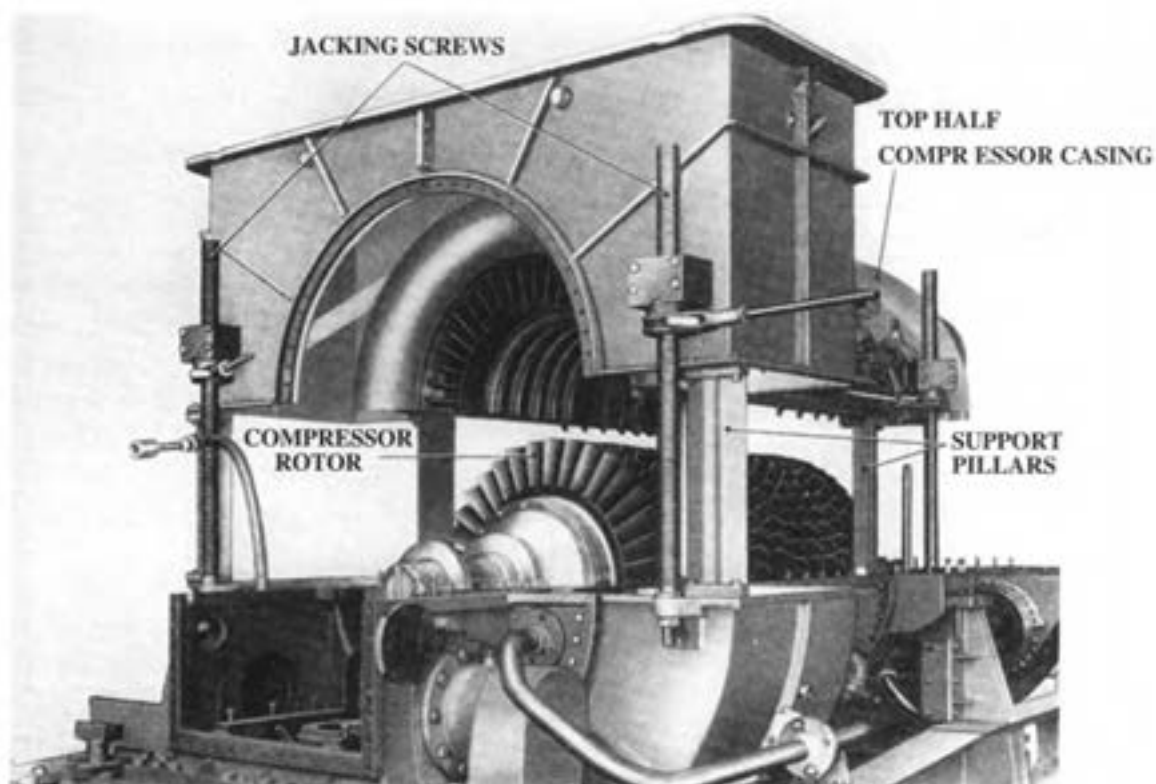
بدیهی است پس از اجرای تعمیرات فوق و گذشتن به ترتیب ۴۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ ساعت کار توربین، برنامه بند ۱-۷-۱۷ اجرا می‌شود.

۳-۷-۱۷ برنامه کلی^۲: در جدول زیر برنامه کلی نگهداری و تعمیرات توربینهای گاز به عنوان راهنما نشان داده شده است.

ملاحظه می‌شود در این توربین پس از هر ۱۲۰۰۰ ساعت

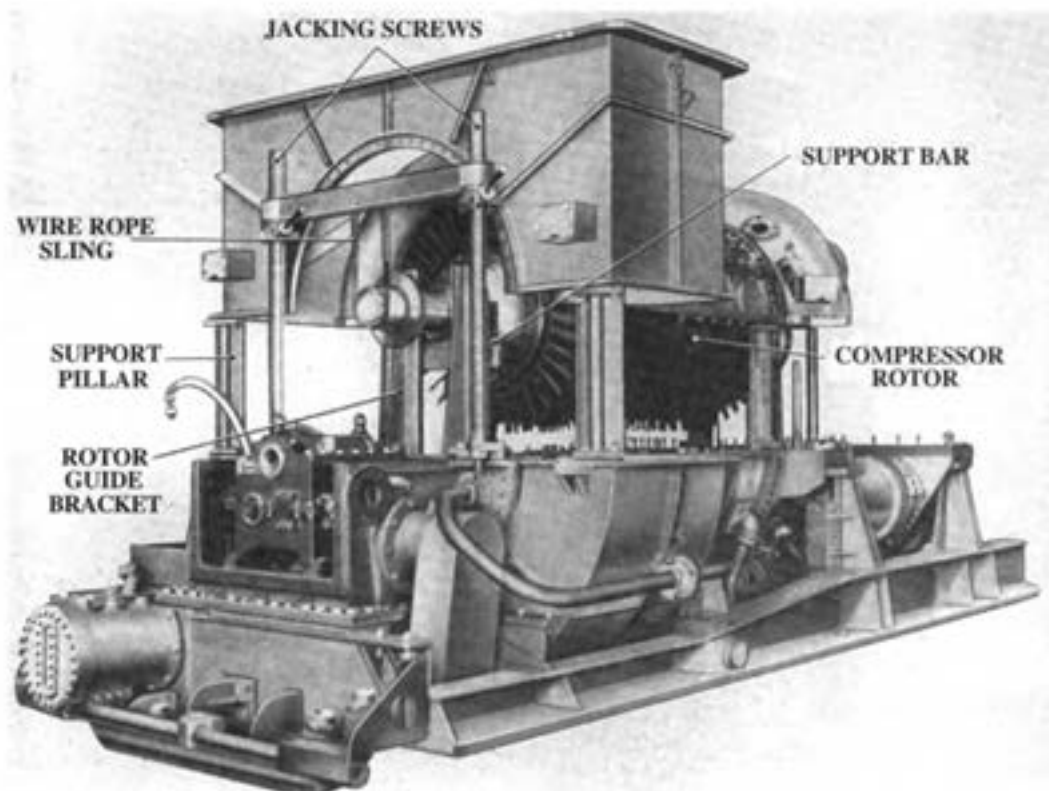
شرح کار	نفر ساعت پیش‌بینی شده	کارکرد توربین (ساعت)
۱- سوخت پاشها را باز کرده و تمیز کنید.	۶	۲۴۰۰۰
۲- پوسته داخلی محفظه‌های احتراق و قطعات رابط را تعویض کنید (قطعات قدیمی را تعمیر کرده و به عنوان بدک استفاده کنید).	۲۴	۲۴۰۰۰
۳- نازل‌های مرحله یکم و دوم توربین را تعویض کنید (از نازل‌های قدیمی پس از تعمیر به عنوان بدک استفاده کنید).	۱۲۸	۲۴۰۰۰
۴- پوسته بالایی کمپرسور را بلند کنید. از همه تیغه‌ها و باناقانها بازدید کنید. از تمام قسمتهای مرحله یکم توربین بازدید کرده و تعمیرات لازم را انجام دهید.	۳۰۰	۲۴۰۰۰

عملیات فوق را پس از هر دوره ۲۴۰۰۰ ساعته تکرار کنید.



Gas turbine - jacking gear - compressor casing lifted

شکل ۱۷-۲ - روش برداشتن پوسته فوقانی



Gas turbine - compressor rotor lifted

شکل ۱۷-۳ - روش برداشتن روتور

- ۱- دیاگرام شبکه سوخت توربین گاز را رسم کنید.
- ۲- دیاگرام شبکه روغن روانساز توربین گاز را رسم کنید.
- ۳- دیاگرام شبکه هوای مصرفی و گازهای احتراق توربین گاز را رسم کنید.
- ۴- دیاگرام شبکه هوای فشرده استارت را رسم کنید.
- ۵- دیاگرام شبکه جرقه زن توربین گاز را رسم کنید.
- ۶- فهرست هشدار دهنده‌های توربین گاز و جعبه دنده شناور خود را تهیه کنید.
- ۷- در فهرست تمرین ۶ مقادیری را که هشدار دهنده‌ها عمل می‌کنند درج کنید.
- ۸- در یک جدول مقادیر دما، فشار، ارتعاش مجاز و سرعت‌های گردشی مطلوب را تهیه کنید.
- ۹- فهرست اشکالاتی که می‌توانند به طور خودکار توربین را خاموش کنند تهیه کنید.
- ۱۰- پمپ روغن روانساز را راه‌اندازی کنید.
- ۱۱- در شناور، در یک کار گروهی توربین گاز را برای روشن کردن آماده کنید.
- ۱۲- در شناور، در یک کار گروهی کمپرسور توربین گاز را تست‌شو دهید.
- ۱۳- مطابق چک لیست از توربین گاز در حال کار نگرهبانی کنید.
- ۱۴- دستورات سازنده توربین گاز خود را در نظر گرفته و جداولی مانند بندهای ۱-۷، ۲-۷، ۱۷-۷ و ۳-۷، ۱۷-۷ تهیه کنید. هر کدام از عملیات نگهداری پیش‌بینی شده را که تکرار می‌شوند مشخص کنید.

کارگاه تهویه

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- اقدامات لازم قبل از راه‌اندازی تهویه مطبوع کشتی را به کار بیند.
 - اقدامات لازم ضمن راه‌اندازی تهویه مطبوع کشتی را انجام دهد.
 - اقدامات لازم در ضمن بهره‌برداری از تهویه مطبوع کشتی را انجام دهد.
 - نحوه تزریق گاز، تزریق روغن، هواگیری و نشت‌یابی را توضیح دهد.

۱۸- کارگاه تهویه مطبوع

۱- ۱۸- تهویه مطبوع اصلی کشتی

- ۱-۱-۱۸- نحوه راهبری: اقداماتی که قبل از روشن نمودن تهویه اصلی باید صورت پذیرد:
- حصول اطمینان از باز بودن کلیه شیرهای مدار گاز سیستم تهویه
- حصول اطمینان از سالم بودن کلیه تجهیزات، لوله‌ها، رابط‌ها و گجها

- حصول اطمینان از باز بودن شیرهای مدار آب شور و تمیز بودن فیلتر مدار مربوطه
- حصول اطمینان از باز بودن شیرهای مدار آب سرد و تمیز بودن فیلتر مدار مربوطه
- حصول اطمینان از تمیز بودن فیلترهای هوا در شبکه هوای مطبوع
- اعلان روشن شدن تهویه مطبوع و درخواست بستن کلیه دریهای که با هوای آزاد ارتباط دارند.

۲- ۱۸- روشن نمودن سیستم تهویه هوای مطبوع کشتی

- جهت روشن نمودن سیستم تهویه مطبوع لازم است دقیقاً برآورد دستورالعمل مصوبه فنی کشتی با کسب اجازه از مدیر مانشین و اطلاع متصدی ژنراتور و اطاق کنترل اقدام گردد.

۳- ۱۸- بهره‌برداری

- اقداماتی که در ضمن بهره‌برداری از تهویه مطبوع باید صورت پذیرد:
- کلیه لوله‌ها و متعلقات مدار گاز سیستم تهویه از نظر



شکل ۱-۱۸- تمیز کردن تیوبهای کندانسور: استفاده از روش جت برای

نستی - گرم بودن غیر متعارف - لرزش زیاد و ... باید مرتباً بازدید
 کردند.
 مقادیر گيجها و نشاندنده‌ها باید هر یک ساعت یکبار در دفتر
 کارکرد^۱ ثبت گردند (شامل مدارهای گاز، آب سرد - آب شور و
 هواساز).
 کلیه کاپیتنهاي هواساز باید از نظر کارکرد صحیح فن
 مربوطه، رادیاتور آب سرد - درین آبهای تقطیر شده هر ساعت
 یکبار بازدید شوند.
 حصول اطمینان از بسته بودن دربهای منتهی به هوای
 آزاد به صورت مستمر.

پرسش

- ۱ - دیاگرام شبکه هوای مطبوع سیستم تهویه را رسم نمائید.
- ۲ - دیاگرام شبکه آب سرد سیستم تهویه را رسم نمائید.
- ۳ - دیاگرام شبکه آب شور سیستم تهویه را رسم نمائید.
- ۴ - دیاگرام شبکه گاز فریون سیستم تهویه را رسم نمائید.
- ۵ - فهرستی از سونیجهای ایمنی و سونیجهای کنترل مدار سیستم تهویه و مقادیر تنظیم هر سونیج را بنویسید.
- ۶ - نحوه تزریق گاز به سیستم تهویه را در آزمایشگاه، کارگاه، واحد شناور تمرین نمائید.
- ۷ - نحوه تخلیه هوا از سیستم تهویه را تمرین نمائید.
- ۸ - نحوه تزریق روغن به کمپرسور سیستم تهویه را تمرین نمائید.
- ۹ - نحوه تعویض فیلتر آلوده مدار گاز سیستم تهویه را با رعایت نکات احتیاطی پیشگیرانه از ورود هوا به سیستم، تمرین نمائید.
- ۱۰ - نحوه تشخیص نستی گاز فریون از مدار سیستم تهویه را تمرین نمائید.
- ۱۱ - فهرستی از اشکالاتی تهویه نمائید که می‌توانند موجب کاهش راندمان و در نتیجه عدم توانایی تهویه هوای مطبوع سیستم تهویه گردند.

بخش ششم

ضمیمه‌ها

ضمیمه الف: مبدل‌های حرارتی (Heat Exchangers)

الف - ۱ - مقدمه

در انواع نیروی محرکه دریایی، در بسیاری از موارد لازم است که انرژی گرمایی از یک جسم به جسم دیگری انتقال یابد. وسیله‌ای که این تبادل گرما در آن به وقوع می‌پیوندد، مبدل حرارتی نام دارد. در مبدل‌های حرارتی، انتقال گرما همواره بین دو سیال انجام می‌پذیرد. انتقال گرما در صورتی انجام می‌شود که دو سیال در دو درجه حرارت مختلف بسر برند؛ به عبارت دیگر باید دو سیال دارای اختلاف در درجه حرارت باشند. برای مثال، چنانچه یک مایع در درجه حرارت صد سانتیگراد و یک گاز در درجه حرارت صد سانتیگراد باشند، هیچ گونه تبادل گرمایی بین آنها انجام نمی‌شود؛ زیرا ΔT (اختلاف درجه حرارت) یا $(100 - 100 = 0)$ برابر صفر است. از مبدل‌های حرارتی می‌توان:

۱- برای گرم کردن یک سیال از سیالی گرم‌تر یا داغ‌تر استفاده کرد.

۲- برای کاهش درجه حرارت یک سیال، از سیالی خنک‌تر استفاده کرد.

۳- برای تغییر حالت فیزیکی یک سیال از سیالی داغ‌تر یا خنک‌تر استفاده کرد.

روشنای طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی به شرح زیر است:

۱- جهت حرکت جریان دو سیال نسبت به یکدیگر (موازی، مخالف، عمود برهم)*؛

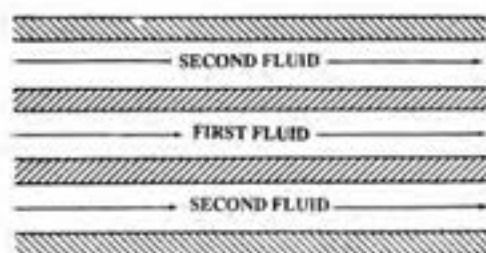
۲- تعداد دفعاتی که یک سیال از سیال دیگر عبور می‌کند (یک عبور، چند عبور)؛

- ۳- نوع تماس دو سیال با یکدیگر (مستقیم، غیرمستقیم)؛
۴- شرایط و حالات فیزیکی سیال (مایع - مایع، مایع - بخار، بخار - بخار).

الف - ۲ - طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی

(Classification of Heat Exchangers)

الف - ۲ - ۱ - طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی از لحاظ جهت جریان دو سیال نسبت به یکدیگر: همان‌طور که قبلاً گفته شد، جهت حرکت جریان دو سیال نسبت به یکدیگر می‌تواند به سه روش باشند. در یک «مبدل حرارتی جریان موازی» دو سیال در یک جهت مشابه و موازی حرکت می‌کنند (شکل الف - ۱).



Parallel flow in a heat exchanger.

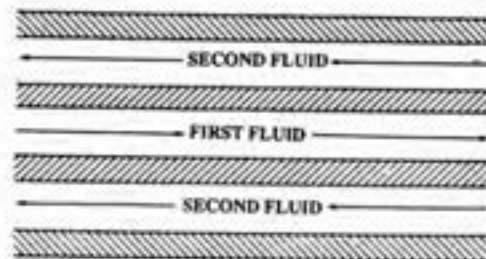
شکل الف - ۱ - دو جریان موازی در یک مبدل حرارتی

در یک «مبدل حرارتی جریان مخالف» دو سیال در دو جریان مخالف و موازی حرکت می‌کنند (شکل الف - ۲).

۱ - Parallel flow H. E.

۲ - Counter flow H.E.

* - به این نوع مبدل‌ها، مبدل‌های جریان صلیبی نیز گفته می‌شود.

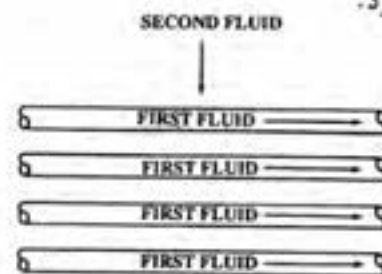


counter flow in a heat exchanger.

شکل الف-۲ - دو جریان مخالف در یک مبدل حرارتی

معمولاً در این دو نوع مبدل حرارتی هیچ کدام از دو سیال دچار تغییر حالت فیزیکی نمی‌شوند. کارایی مبدل حرارتی جریان مخالف بیشتر از مبدل حرارتی جریان موازی است.

در «مبدلهای حرارتی جریان عمودی»^۱ یک سیال با زاویه ۹۰ درجه از سیال دیگر عبور می‌کند (شکل الف-۳). در این گونه مبدلهای حرارتی معمولاً یک سیال دچار تغییر حالت فیزیکی می‌شود.



cross flow in a heat exchanger.

شکل الف-۳ - دو جریان عمود بر هم در یک مبدل حرارتی

الف-۲-۲ طبقه‌بندی مبدلهای حرارتی از لحاظ تعداد عبور یک سیال از سیال دیگر: اگر یک سیال تنها یک مرتبه از سیال دیگر عبور کند، مبدل حرارتی به مبدل یک عبوره موسوم می‌شود. اما اگر یک سیال چندین مرتبه از سیال دیگر عبور کند، مبدل حرارتی به مبدل چند عبوره موسوم می‌شود. در شکل الف-۴ یک مبدل حرارتی چند عبوره نشان داده شده است.

الف-۲-۳ طبقه‌بندی مبدلهای حرارتی از لحاظ نوع تماس: مبدلهای حرارتی با از نوع «تماس غیرمستقیم»^۲ هستند و یا از نوع «تماس مستقیم»^۳. در نوع تماس غیرمستقیم (با تماس سطحی)^۴ هیچ گونه تماس مستقیم بین دو سیال وجود ندارد و هدایت گرما از یک سیال به سیال دیگر پس از عبور از

جداره فلزی تیوب میسر می‌شود. اکثر مبدلهای حرارتی از نوع غیرمستقیم هستند. در مبدل نوع مستقیم دو سیال با یکدیگر مخلوط می‌شوند؛ مثلاً مخزن اکسیژن زدایی یک مبدل حرارتی از نوع تماس مستقیم (و یا از نوع مستقیم) است که در آن بخار با آب مخلوط می‌شود.

الف-۲-۴ طبقه‌بندی مبدلهای حرارتی از لحاظ تغییر

حالت فیزیکی سیالات: هر کدام از دو سیال ممکن است تغییر حالت فیزیکی دهند (مثلاً در دستگاه مولد بخار یا بخارساز نیروی محرکه انمی آب تبدیل به بخار می‌شود). در همه مبدلهای گرما از سیال گرم (داغ) به سیال سرد (با خنک) منتقل می‌شود؛ بنابراین مبدلهای حرارتی در انواع مایع-مایع، مایع-گاز (بخار)، بخار (گاز)-بخار (گاز) هستند. وقتی که یکی از دو سیال در طول فرآیند انتقال گرما تغییر حالت می‌دهد، مبدل حرارتی بنابر حالت تغییر یافته نامگذاری و طبقه‌بندی می‌شود؛ مثلاً در دستگاه بخارساز نیروی محرکه انمی، گرمای آب مدار اولیه به آب مدار ثانویه منتقل و آب مدار ثانویه تبدیل به بخار می‌شود. به همین دلیل نام دستگاه مزبور بخارساز یا مولد بخار است و یک مبدل حرارتی مایع-بخار محسوب می‌شود.

الف-۳- نحوه انتقال گرما در اکثر مبدلهای حرارتی کشتیهای بخاری

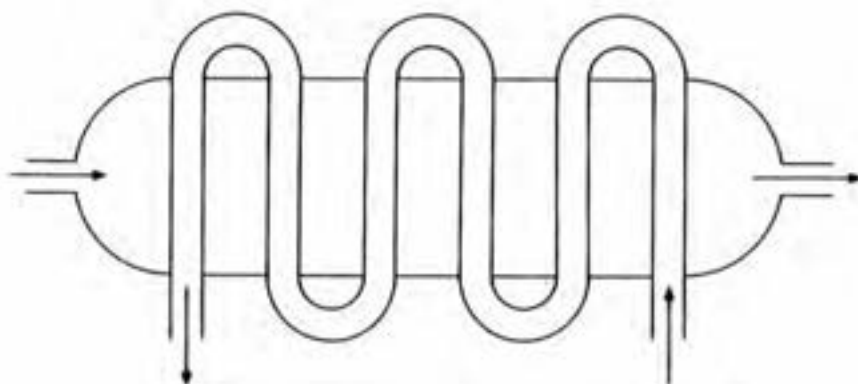
برای رسیدن به حداکثر مقدار انتقال گرما و در نتیجه حداکثر راندمان، مبدلهای حرارتی باید از موادی ساخته شوند که سرعت گرما را هدایت کنند و نیز طوری طراحی شوند که با استفاده از تیوبهای فراوان یا تیوبهایی با سطوح گسترده سطح تماس در حداکثر اندازه ممکن باشند. بعلاوه باید سرعت و حرکت جریان کنترل شود تا زمان کافی برای انتقال گرما وجود داشته باشد. همان طور که قبلاً گفته شد، متداولترین نوع مبدلهای حرارتی در کشتیها، مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم (با تماس سطحی) است. اکثر مبدلهای حرارتی تماس سطحی دارای پوسته و تیوب هستند (و از لحاظ ساختمانی به مبدلهای پوسته و تیوب معروف اند) که از یک گروه تیوبهای فلزی که در داخل یک پوسته قرار می‌گیرند تشکیل می‌شوند. یک سیال در داخل و سیال دیگر در

۱ - Cross flow H.E.

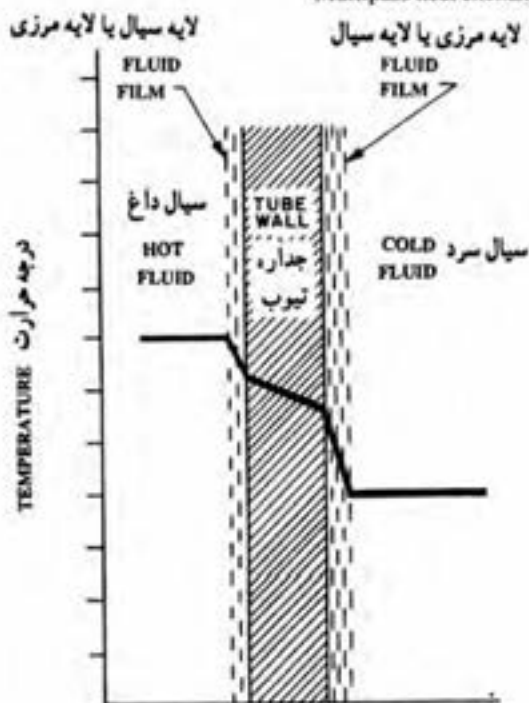
۲ - Direct Contact H.E.

۳ - Indirect Contact H.E.

۴ - Surface Contact H.E.



شکل الف - ۴ - مبدل حرارتی چند عبوره Multipass heat exchanger



Effect of fluid film on heat transfer.

شکل الف - ۵ - تأثیر لایه سیال بر انتقال گرما

حرارت در لایه‌های مرزی دو سیال به وقوع می‌پیوندد و نه در جداره تیوب. همچنین ملاحظه می‌شود که لایه مرزی ضخیم‌تر نسبت به لایه مرزی نازک‌تر دارای مقاومت بیشتری در مقابل انتقال گرما است. چون افزایش سرعت جریان و همچنین آشفته‌گی جریان (حرکت نامنظم ذرات سیال)، موجب تغییر ضخامت لایه مرزی می‌شوند و آن را نازک می‌کنند می‌توانند بر انتقال گرما تأثیر مثبت بگذارند.

افزایش سرعت جریان و افزایش آشفته‌گی یا هر دو، ضخامت لایه مرزی سیال را کم کرده موجب افزایش انتقال حرارت می‌شوند. اگرچه آشفته‌گی شدید زیانهای دارد، اما بسیاری از مبدلهای حرارتی طوری ساخته می‌شوند که جریان سیال نا اندازه‌ای آشفته باشد تا ضخامت لایه‌های مرزی در پایینترین اندازه ممکن بماند.

بیرون تیوبها حرکت می‌کنند.

انتقال گرما در یک مبدل حرارتی غیرمستقیم بدین طریق است که ابتدا گرما از سیال داغتر به فلز جداره تیوب و سپس از جداره تیوب به سیال سردتر منتقل می‌شود. به‌علاوه گرما باید از دولایه ساکن سیال عبور کند (یک لایه در داخل تیوب و یک لایه در بیرون تیوب). هیچ کدام از این لایه‌ها با بقیه سیال حرکت نمی‌کنند، بلکه تقریباً ساکن است. این لایه‌های نسبتاً ساکن که «لایه‌های مرزی» یا «لایه‌های سیال» نامیده می‌شوند، بسیار نازک هستند، اما تأثیری مهم در فرآیند انتقال گرما می‌گذارند. اکثر سیالات ساکن گرما را بخوبی منتقل نمی‌کنند. سیالی که حرکت می‌کند به علت جابه‌جایی و مخلوط شدن مولکولها، گرما را با سرعت سریعتری منتقل می‌کند. در دو مبدل حرارتی، اگر تمام عوامل مساوی باشند، اما سرعت حرکت جریان سیال در یکی از دو مبدل سریعتر باشد، در مبدلی که سرعت جریان بیشتر است مقدار انتقال گرما افزایش می‌یابد.

لایه سیال چسبیده به جداره تیوب تقریباً ساکن است؛ در نتیجه انتقال گرما در آن لایه با کیفیت خوبی انجام نمی‌پذیرد. تأثیر لایه‌های مرزی بر انتقال گرما در یک مبدل حرارتی در شکل الف - ۵ نشان داده شده است. خط کلفت مشخص‌کننده تغییرات درجه حرارت است. انتقال گرما به صورت زیر انجام می‌شود:

- ۱- انتقال گرما از سیال داغ به لایه مرزی همان سیال؛
- ۲- انتقال گرما از لایه مرزی سیال داغ به جداره تیوب؛
- ۳- انتقال گرما از جداره تیوب به لایه مرزی سیال سرد؛
- ۴- انتقال گرما از لایه مرزی سیال سرد به سیال سرد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، قسمت عمده کاهش درجه

ضمیمه ب: دما، فشار و خلأ

Temperature, Pressure and Vacuum

ب - ۱ - دما (Temperature)

در درس فیزیک آموخته‌اید که درجه گرمی هر جسم، دمای آن جسم نامیده می‌شود و نباید دما یا درجه گرمی را با گرما که شکلی از انرژی است اشتباه کرد. همچنین با دماسنجها آشنا شده‌اید، در دنیای امروز چهار روش درجه بندی دما وجود دارد. دو روش بر مبنای نقاط جوش و انجماد آب در فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه (با ۲۹/۹۲ اینچ جیوه) است که به درجه بندی سلسیوس و فارنهایت موسوم اند.

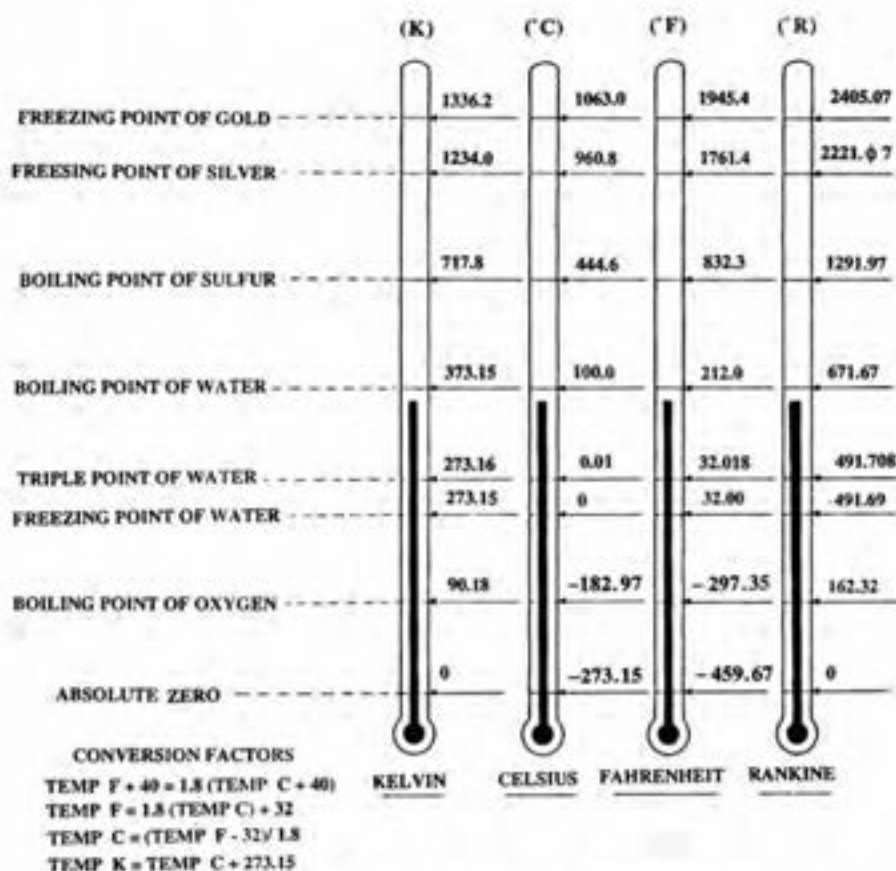
در درجه بندی سلسیوس از علامت °C استفاده می‌شود. در این درجه بندی نقطه انجماد آب صفر درجه سلسیوس (°C) و نقطه جوش آب صد درجه سلسیوس (°C) نمایش داده می‌شود و بین صفر و ۱۰۰ به صد قسمت مساوی تقسیم می‌شود. در درجه بندی فارنهایت از علامت °F استفاده می‌شود. در این درجه بندی نقطه انجماد آب ۳۲ درجه فارنهایت (°F) و نقطه جوش آن ۲۱۲ درجه فارنهایت (°F) نمایش داده می‌شود و بین ۳۲ و ۲۱۲ به صد و هشتاد قسمت مساوی تقسیم می‌شود. ارتباط بین درجه سلسیوس و درجه فارنهایت با رابطه‌های
$$C = \frac{5}{9}(F - 32) \text{ و } F = \frac{9}{5}C + 32$$
 برقرار شده است.

در کارهای علمی و مهندسی از درجه بندی دمای مطلق استفاده می‌شود. در این درجه بندی، پایینترین دمای ممکن به صفر مطلق معروف است. در دمای صفر مطلق حرکت مولکولها کاملاً متوقف می‌شود و انرژی درونی ماده به کمترین مقدار خود می‌رسد. در درجه بندی سلسیوس صفر مطلق برابر با ۲۷۳/۱۵°C است. در درجه بندی فارنهایت صفر مطلق برابر با ۴۵۹/۶۷°F است. صفر مطلق مبنای درجه بندی دیگری است که به آن «درجه بندی کلون» گفته می‌شود. یک درجه کلون معادل یک درجه سلسیوس است. درجه کلون با علامت اختصاری K

نمایش داده می‌شود، بین درجات کلون و درجات سلسیوس رابطه $K = \text{Temp } C + 273/15$ یا $273/15 + \text{Temp } C$ دمای جسم به سلسیوس = دمای جسم به کلون) برقرار است. مبنای دیگر درجه بندی صفر مطلق «درجه بندی رنکین» است. یک درجه رنکین برابر با یک درجه فارنهایت است. درجه رنکین با علامت اختصاری R نشان داده می‌شود، صفر مطلق در درجه بندی رنکین برابر صفر است و در درجه بندی فارنهایت برابر ۴۵۹/۶۷- است. بین درجات فارنهایت و درجات رنکین نیز رابطه مشابهی برقرار است. این رابطه $R = \text{Temp } F + 459/67$ یا $459/67 + \text{Temp } F$ دمای جسم به فارنهایت = دمای جسم به رنکین) است. در شکل ب-۱ چهار نوع درجه بندی کلون، سلسیوس، فارنهایت و رنکین نشان داده شده است.

در صنایع، از جمله صنایع دریایی استفاده از درجه بندی فارنهایت و رنکین بتدریج کاهش یافته است و در آینده کمتر نیز خواهد شد، اما هنوز بخش عمده‌ای از تجهیزات کشتیها بر مبنای فارنهایت، درجه بندی شده اند.

اخیراً در درجه بندی مطلق در هر دو روش درجه بندی مطلق، یک نقطه مشترک صفر مینا انتخاب شده است. نقطه مینا نقطه سه گانه‌ای است که آب منجمد، آب سرد و بخار آب در تعادل هستند. این شرایط در دمای ۰/۰۱°C برقرار است. در درجه بندی کلوین این دما برابر است با: $273/16^\circ C = 0/01^\circ C + 273/15^\circ C = \text{Temp } K$. نمایش درجه بندی مزبور با K نشان داده می‌شود (نه با K°، نشانه K° درجه کلون خوانده می‌شود، اما K فقط کلون خوانده می‌شود). به این روش، درجه بندی دمای بین‌المللی یا مقیاس درجه حرارت بین‌المللی گفته می‌شود. در این درجه بندی از پنج نقطه ثابت دیگر نیز استفاده می‌شود. این نقاط در فشار جو عبارتند از نقاط انجماد طلا و نقره و نقاط جوش گوگرد، آب و اکسیژن.



Comparison of Kelvin, Celsius, Fahrenheit, and Rankine temperature.

شکل ب-۱ - مقایسه دمای کلوین، سلسیوس، فارنهایت و رنکین

ب-۲ - فشار (Pressure)

فشار نیز یکی از کمتهایی است که به طور مرتب در کشتی اندازه گیری می شود. فشار عبارت است از اندازه نیرویی که به طور عمودی بر واحد سطح وارد می شود. فشار بخار و گاز به علت حرکت دائمی مولکولهای سیالات است که به طور مرتب با جداره های ظرفی که درون آن قرار دارند برخورد می کنند. بدین ترتیب فشار گاز یا بخار به دو عامل بستگی دارد. این عوامل عبارتند از جرم و سرعت مولکولها.

آلت اندازه گیری فشار به فشارسنج^۱ موسوم است. واحد فشار در دستگاه انگلیسی که در کشتیها استفاده می شود، پوند بر اینچ مربع است که با PSI نشان داده می شود. واحد فشار در دستگاه بین المللی که در کشتیها استفاده می شود، کیلوگرم بر سانتیمترمربع است که با kg/cm^2 نشان داده می شود. البته از

فشار اتمسفر^۲ (جو) که برابر با $1/0.333 \text{ kg/cm}^2$ است نیز استفاده می شود. نقطه صفر در بسیاری از فشارسنجها مشخص کننده فشار جو است؛ اما در بسیاری از ماشین آلات کشتی از «فشار مطلق»^۳ و فشارهایی که کمتر از فشار جو هستند، استفاده می شود. در بحث زیر با استفاده از شکل ب-۲ سعی می شود که معانی مختلف فشار توضیح داده شود. واژه های «فشار نسبی»^۴ یعنی فشاری که اکثر فشارسنجها نشان می دهند و دریانوردان به آن فشار گیج نیز می گویند، فشار مطلق، فشار جو و خلا^۵ توضیح داده شده روابط بین آنها بیان می شود. در فشار صفر مطلق هیچ گونه حرکت مولکولی وجود ندارد و به همین جهت، هیچ فشاری بر هیچ جسمی وارد نمی شود. وقتی حرکت مولکولی وجود دارد، یک فشارسنج فشار مطلق، مقدار فشار را نسبت به فشار صفر برحسب پوند بر اینچ مربع مطلق^۶ (PSIA) یا

۱ - Pressure gauge (gage)

۲ - Gauge Pressure

۳ - Atmospheric Pressure

۴ - Vacuum

۵ - Absolute Pressure

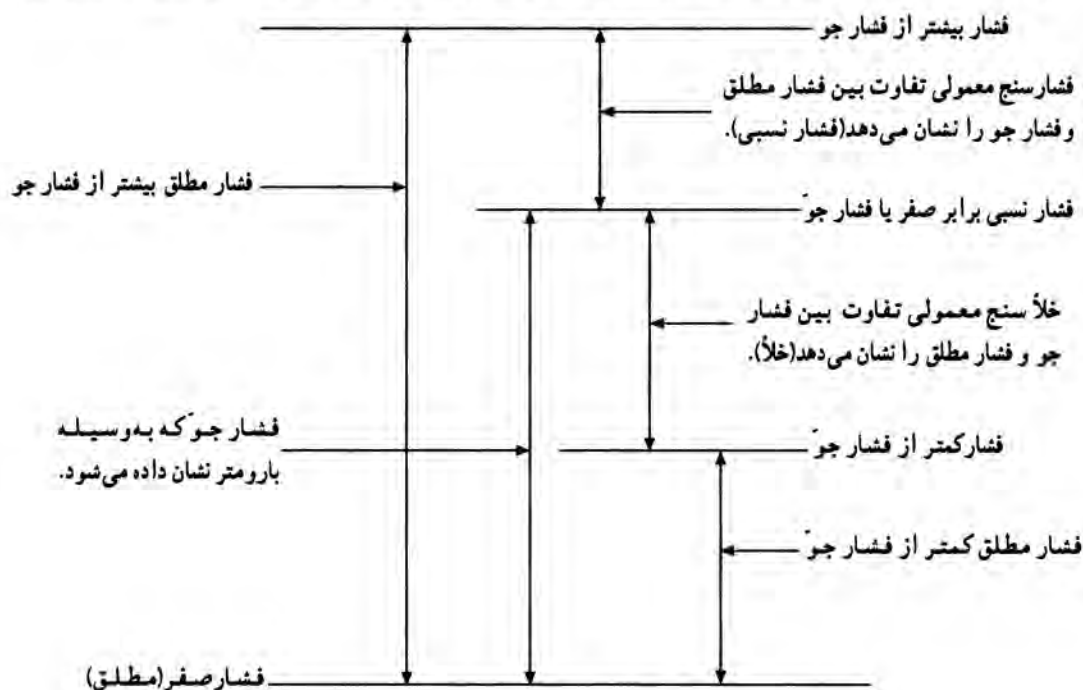
۶ - Pounds per Square Inch Absolute

دهد، به این معنی است که فشار برابر فشار جو است. اگر فشار نسبی را بیش از صفر نشان دهد، معلوم می شود که اندازه فشار بیش از فشار جو است: فشار جو - فشار مطلق = فشار نسبی. برای مثال، اگر فشار نسبی برابر با صفر باشد، فشار مطلق برابر فشار جو می شود. در دیگ بخار فصل یکم، فشار دیگ برابر ۱۲۰۰ PSIG است؛ یعنی این که: ۱۴/۷ - فشار مطلق = ۱۲۰۰ PSIG و بنابراین در دیگ بخار معرفی شده در فصل یکم، فشار مطلق برابر با ۱۲۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع مطلق است (PSIA ۱۲۱۴/۷).

فشار نسبی فشاری است که در فشارسنج معمولی نشان داده می‌شود. اگر عقربه فشار، فشار نسبی را برابر صفر نشان

ب۔ ۳۔ خلأ (Vacuum)

خلأ در وضعیتی است که فشار در یک مکان یا دستگاه کمتر از فشار جو باشد. فشار خلأ معمولاً برحسب ستون جیوه به اینچ یا پوند بر اینچ مربع خلأ (PSI Vac) نشان داده می‌شود. خلأ را می‌توان در مقایسه با فشار جو برابر با فشار منفی دانست. در سطح دریا و شرایط استاندارد هوا، خلأ کامل یا ۲۹/۹۲ اینچ جیوه خلأ برابر با فشار صفر مطلق است. در فشار استاندارد جو اندازه خلأ برابر با صفر ستون جیوه است. رابطه خلأ با فشار مطلق و فشار جو عبارت است از: فشار مطلق - فشار جو = خلأ



شکل ب- ۲- روابط بین فشار نسبی، فشار جو، خلأ و فشار مطلق

ضمیمه پ: گازهای مبرد و آلودگی ازن

یو- دو) در اختیار داشتند. هر دو هواپیما می توانستند به درون ناحیه استراتسفر پرواز کنند. ابزار نصب شده در هواپیمای ای. آر. دو یکی از مولکولهای مشکوک یعنی مونواکسید کلر را در حین ترکیب با اتم اکسیژن جمع آوری کرد. گزارش نهایی این تیم به همراه مدارک محکم برای اثبات ارتباط کلر و در نتیجه سی. اف. سی. ها با پدیده تخریب ازن منتشر شد.

البته تحقیقات دیگری نیز به وسیله سازمانهای جهانی هواشناسی و فضایی امریکا و برنامه محیط زیست سازمان ملل به عمل آمد و همه خطر سی. اف. سی. و اچ. سی. سی. را تأیید کردند. در واقع حدود دو هفته قبل از گزارش نهایی تیم مستقر در پونتا آریئاس، ۵۵ کشور جهان در حضور ناظرانی از چند کشور دیگر و ناظرانی از سازمان ملل، مؤسسات تخصصی و سازمانهای دولتی و غیردولتی، پروتکل ۱۹۸۷ مونترال را در پی کنفرانس ۱۹۸۵ وین امضا کردند. در این پروتکل از همه دولتها و سازمانهای اقتصادی منطقه ای به طور جدی دعوت شده بود تا نه تنها به پروتکلهای ۱۹۸۵ وین و ۱۹۸۷ مونترال پیوندند، بلکه تولید و پخش و استفاده مواد سی. اف. سی. را تا حداکثر ممکن کنترل کنند.

استفاده از گازهای سی. اف. سی. که جزء محصولات شیمیایی و از گروه هیدروکربنهای هالوژنه است، از دهه ۱۹۳۰ میلادی آغاز شد. این گازها در مجاورت زمین شکسته نمی شوند و پس از آزاد شدن بتدریج در جو صعود می کنند. در طول چند دهه این مواد به طبقات فوقانی جو رسیده اند. در آنجا تشعشعات شدید اشعه ماوراء بنفش موجب شکست این مواد و آزاد کردن اتمهای کلرین شده است. یک اتم کلرین می تواند یک مولکول ازن را در هم شکند. تحقیقات نشان می دهد که اگر از همین امروز استفاده از این مواد و آزاد شدن آنها در سطح زمین متوقف شود، چندین دهه وقت لازم است تا لایه ازن به حالت اولیه خود باز گردد.

جو کره زمین از لایه های متعددی تشکیل یافته است که تشعشعات خطرناک خورشیدی را تصفیه می کند و از انتقال گرمای زمین به بیرون از جو جلوگیری می کند. در فاصله ۱۲ تا ۵۰ کیلومتری از سطح زمین گاز ازن (O_3) لایه استراتسفر (پوشکره) را تشکیل می دهد. این لایه موجب جذب اشعه ماوراء بنفش و حفاظت موجودات زنده در مقابل تابش این اشعه می شود. در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی، دانشمندان متوجه شدند که بر فراز قطب جنوب سوراخی در لایه ازن شکل گرفته است. از آن موقع تحقیقات زیادی برای یافتن علل ایجاد سوراخ در لایه ازن انجام گرفته است. نتایج تحقیقات حاکی از آن است که این سوراخ در اثر کلرین آزاد شده از مواد سی. اف. سی. و اچ. سی. سی. ایجاد شده است. سی. اف. سی. مخفف انگلیسی واژه «کلروفلوروکربن»^۲ و اچ. سی. سی. مخفف انگلیسی واژه «هیدروکلروفلوروکربن»^۳ است.

البته در سال ۱۹۷۴ میلادی، دو دانشمند به نامهای اف. اس. رولاند^۴ و ام. ج. مولینا^۵ در مقاله ای تحت عنوان «اتم کلرین کاتالیزوری برای تخریب ازن» اعلام کردند که اتم کلرین موجود در مواد سی. اف. سی. موجب از بین رفتن ازن می شود. در آن زمان نظریه این دو دانشمند که در واقع یک هشدار به تمام جهانیان بود، چندان جدی گرفته نشد، اما موجب آغاز مباحثات زیادی بین دانشمندان و شرکتهای سازنده این مواد شد. شرکتهای سازنده این گونه مواد در ابتدا نظریه مزبور را تنها یک ادعا تلقی می کردند، چون بیم داشتند که با جدی گرفتن این نظریه به وسیله دولتها دچار ضرر و ورشکستگی شوند.

عاقبت در ماههای اوت و سپتامبر ۱۹۸۷ یک تیم بین المللی متشکل از یکصدوپنجاه دانشمند، محقق، مهندس، تکنیسین و خلبان و خدمه هواپیما در پونتا آرناس^۶ در جنوب کشور شیلی مستقر شدند. این گروه یک هواپیمای دی. سی. هشت و یک هواپیمای ای. آر. دو (نوع اصلاح شده هواپیمای جاسوسی

۱ - CFC

۲ - HCFC

۳ - Chlorofluorocarbons

۴ - Hydrochlorofluorocarbons

۵ - F.S. Rowland

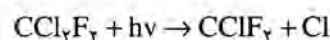
۶ - M.J. Molina

۷ - Punta Arenas

با تخریب لایه ازن راه برای ورود اشعه‌های خطرناک به لایه‌های پایینتر و سطح زمین باز می‌شود. افزایش تشعشعات مضر نه تنها جانوران زمینی بلکه جانوران دریایی و موجودات زنده گیاهی را نیز تهدید می‌کند. برای مثال، ازدیاد سرطانهای پوستی در اروپا را یکی از اثرات ازدیاد تشعشعات اشعه ماوراء بنفش می‌دانند.

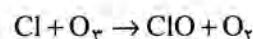
از سی.اف.سی و اچ.سی.اف.سی در تبرید و تهویه مطبوع، در ساخت مواد پاک‌کننده و برخی مواد ساختمانی^۱ استفاده می‌شود. فرئون ۱۲ یک نوع سی.اف.سی است که در کانتینرهای یخچال استاندارد در صنعت حمل و نقل دریایی و در سیستم تبرید بسیاری از کشتیهای تجاری و جنگی و یخچالهای خانگی و صنعتی استفاده می‌شود. از فرئون ۲۲ که یک نوع اچ.سی.اف.سی است، به عنوان مبرد اولیه در بسیاری از کشتیهای یخچالی استفاده می‌شود. در سیستم تهویه مطبوع بسیاری از کشتیها نیز از فرئون ۲۲ استفاده می‌شود.

در فرمولهای زیر طرز تخریب گاز ازن به وسیله فرئون ۱۲ در مجاورت اشعه ماوراء بنفش نشان داده می‌شود. در مرحله اول اشعه ماوراء بنفش موجب شکسته شدن فرئون ۱۲ و آزاد شدن کلرین می‌شود.

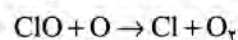


$h\nu$ نماینده یک فوتون نور خورشید است.

در مرحله بعد کلرین آزاد شده به یک مولکول ازن حمله‌ور می‌شود؛ در نتیجه کلروموناوکسید و یک مولکول اکسیژن حاصل می‌شود:



در مرحله سوم کلروموناوکسید و یک اتم اکسیژن معلق در جو با یکدیگر ترکیب می‌شوند و دوباره کلرین آزاد می‌شود:



دوباره اتم کلرین به مولکولهای ازن حمله می‌کند، طوری که موفق می‌شود صدها هزار مولکول ازن را تخریب کند.

بنابراین برای حفظ محیط زیست جهان، استفاده از سی.اف.سی و اچ.سی.اف.سی باید متوقف شود. صنایع دریایی نیز موازی با سایر صنایع جهان باید استفاده از مبردهای فعلی را

متوقف کنند.

اما تجارت جهانی، امنیت راههای دریایی و نیاز بشر به منابع عظیم اقیانوسها، وابستگی زیادی به سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع دریایی دارد. زندگی بخش بزرگی از جمعیت جهان به دریا، صنایع دریایی و منابع دریایی وابسته است. از سوی دیگر نگهداری کشتیها در دریا و حفظ منابع غذایی دریایی در کشتی و ساحل بدون سیستمهای تبرید و تهویه مطبوع امکان‌پذیر نیست. طبق مواد پروتکل مونترال که در سال ۱۹۸۷ به تصویب بسیاری از کشورها رسید، به منظور حفظ لایه ازن از اثرات مخرب مبردهای مزبور و سایر مواد سی.اف.سی و اچ.سی.اف.سی این مواد به طور وسیع در حال خارج شدن از صنایع است.

در نشست نوامبر ۱۹۹۳ با شرکت ۹۳ کشور جهان از جمله جمهوری اسلامی ایران در مواد پروتکل ۱۹۸۷ مونترال تجدیدنظر شد. به موجب این تجدیدنظر توقف استفاده از مبردهای سی.اف.سی و اچ.سی.اف.سی تسریع شد و زمان بندی معینی برای خارج کردن تدریجی این مبردها در نظر گرفته شد. زمان بندی کنار گذاردن مبردهای سی.اف.سی. به شرح زیر است:

اول ژانویه ۱۹۹۴ – میزان مصرف به میزان مصرف در سال ۱۹۸۶ تقلیل داده شود.

اول ژانویه ۱۹۹۵ – میزان مصرف به بیست و پنج درصد میزان مصرف در سال ۱۹۸۶ تقلیل یابد.

اول ژانویه ۱۹۹۶ – استفاده از سی.اف.سی به کلی ممنوع شود.

طبق گزارش یک مؤسسه معتبر، در سال ۱۹۹۲ مصرف جهانی به زیر پنجاه درصد مصرف سال ۱۹۸۶ تقلیل یافته است. بنابر مصوبه‌های نشست ۱۹۹۳ زمان بندی تعیین شده برای کنار گذاری اچ.سی.اف.سی.ها به شرح زیر است:

تا سال ۱۹۹۶ – کاهش مصرف به سطح مصرف گزارش شده در سال ۱۹۸۹؛

تا سال ۲۰۰۴ – کاهش مصرف به شصت و پنج درصد سطح مصرف گزارش شده در سال ۱۹۸۹؛

تا سال ۲۰۱۰ – کاهش مصرف به سی و پنج درصد سطح

مصرف گزارش شده در سال ۱۹۸۹؛

تا سال ۲۰۱۵ - کاهش مصرف به ده درصد سطح مصرف گزارش شده در سال ۱۹۸۹؛

تا سال ۲۰۲۰ - کاهش مصرف به نیم درصد سطح مصرف گزارش شده در سال ۱۹۸۹؛

تا سال ۲۰۳۰ - کنارگذاری کامل ا.ج.سی.اف.سی.ها البته زمان بندی بالا به صورت موقت بوده امکان دارد که مهلت های فوق با توجه به اهمیت موضوع و گستردگی تحقیقات و وضعیت صنایع تسریع شود.

هم اکنون تحقیقات وسیعی برای جایگزین کردن مبردهای سی.اف.سی و ا.ج.سی.اف.سی به عمل می آید. مبردهای جایگزین شونده نه تنها باید خواص مبردهای فعلی را در سطح زمین داشته باشند (در فصل دوازدهم خواص مبردهای فعلی درج شده است) بلکه نباید در طبقات بالای جو موجب تخریب ازن شوند.

استفاده از چند گاز از جمله فرئون ۱۳۴- آ^۱ در مرحله آزمایشی* است. گازهایی که تاکنون به عنوان جایگزین مبردهای فعلی تهیه و آزمایش شده اند، سرمایه کمتری ایجاد می کنند؛ به همین جهت طراحی سیستم های تبرید و تهویه باید تغییر کند. برای مثال، برای استفاده از فرئون ۱۳۴- آ کمپرسورهای جدیدی طراحی شده است و برای تسریع انتقال گرما مبدل های حرارتی ای ساخته شده است که ساختار پیچیده تری نسبت به مبدل های فعلی دارد تا ضریب انتقال گرمای سیالات در مبردهای جدید بالا رود. بشر با گسترش صنایع موجب آزاد کردن کلر شده است و با دست خود لایه ازن را تخریب کرده است. موازی با آن افزایش

گاز کرینیک موجب ایجاد شرایط گلخانه ای شده است. افزایش شرایط گلخانه ای باعث افزایش دمای کره زمین می شود. بنابر اعتقاد اکثر دانشمندان افزایش شرایط گلخانه ای و دمای کره زمین نیز نتایج زیانباری دارد.

برخی از گزارش ها حاکی از آن است که لایه ازن بر فراز اروپا نیز به میزان قابل توجهی نازک شده است. دانشمندان عقیده دارند که عوامل طبیعی مانند فوران کوه های آتشفشان^۲ و وزش بادهای در نیم کره شمالی، در نازک تر کردن لایه ازن بر فراز اروپا مؤثر بوده است.

مشاهدات ماهواره های علمی و مأموریت تحقیقات جوی فضایی دیسکاوری، مؤید از دست رفتن قابل توجه ازن بر فراز نیم کره شمالی است.

البته برخی از تحقیقات حاکی از کاهش تجمع گازهای مخرب ازن است. یک گزارش حاکی از آن است که میزان تجمع گازهای مخرب ازن تا سال ۱۹۹۴ در حدود پنجاه درصد نسبت به دهه ۱۹۸۰ کاهش یافته است. اف.اس. رولاند یکی از دو محقق که برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ نظریه تخریب ازن به وسیله کلرین را اعلام کرده بود، در سال ۱۹۹۳ از تعهد کشورهای جهان در اجرای توافق نامه های بین المللی برای حفظ لایه ازن اظهار رضایت کرده است.

برابر اظهارات محققان سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران سهم کشور ما در تخریب لایه ازن در مقایسه با بسیاری از کشورهای دیگر ناچیز بوده است. اما به هر حال رعایت استانداردهای جهانی در استفاده نکردن از مواد تخریب کننده لایه ازن امری ضروری است.

۱ - Freon - 134 a (R-134 a)

* تا آخرین مراحل چاپ این کتاب از گاز فرئون ۱۳۴- آ در ساخت یخچال های خانگی و تهویه مطبوع خودروها استفاده شده است.

۲- این نظریه اخیراً از سوی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) مردود اعلام شده است.

واژه نامه

Astern Turbine	توربین عقب	«A»	
Astern Valve	شیر فلکه عقب - شیر فلکه مانور عقب		
Atomizer	سوخت پاش - پودر کننده و تزریق کننده سوخت	Absolute Pressure	فشار مطلق
Atomizing Valve Assembly		Acoustic Enclosure	
	مجموعه مهپاش آب در مخزن اکسیژن زدایی		اطفاکی که صدا را جذب می کند - محفظه ضد صدا
Atmospheric Pressure	فشار جو	Adjustable Mirror	آینه قابل تنظیم
Automatic Combustion Control	کنترل احتراق خودکار	After Cooler	خنک کننده بعدی (دوم)
Automatic Shutters	درچه های کرکره ای خودکار	Agar Agar	آگار آگار - ماده ژلاتین مانند که از پاره علفهای
Auxiliary Boiler	دیگ بخار فرعی		دریا گرفته می شود.
Auxiliary Exhaust	شبهه تخلیه بخار فرعی	Ahead Turbines	توربینهای جلو
Auxiliary Exhaust Steam	بخار فرعی تخلیه شده	Air Baffle	بافل هوا
Auxiliary Lubricating Pump	پمپ فرعی روشن روانساز	Air Conditioning	تهویه مطبوع
Auxiliary Steam	بخار فرعی	Air Ejector	مکنده هوا
Auxiliary Steam Piping System	شبهه لوله کشی بخار فرعی	Air Ejector Assembly	مجموعه مکنده هوا
Auxiliary Turbines	توربینهای فرعی	Air Ejector Condensers	کندانسورهای مکنده هوا
Auxiliary Use	مصارف فرعی	Air Register	هواده - توزیع کننده هوا
Axial	خطی - موازی با محور - محوری	Air Systems	شبهه های هوا - (در موتور درونسوز شامل
Axial Flow Blower	دمنده محوری		شبهه هوا و شبهه تخلیه می شود)
Axial Thrust	نیروی محوری	Alarm	زنگ خطر
		Alkalinity Test	آزمایش اندازه گیری قلیائیت
«B»		Alternator	آلترناتور - مولد با ژنراتور برق متناوب
Babitt	بایت - فلز ساخته شده از چند آلیاژ	Alternating Current	جریان متناوب
Balance	بالانس	Alternating Current Distribution	شبهه متناوب - شبهه توزیع برق متناوب
Barrel	سوراخ - لوله - قطر داخلی - سوراخ مدور	Annular Combustion Chamber	محفظه احتراق حلقوی
Barring Motor	موتور گرداننده توربین گاز	Approximate Boiler Efficiency	بازدهی تقریبی دیگ بخار
Base	بستر - قاعده - بخش زیرین	Astern Guarding Valves	شیر فلکه محافظ توربین عقب
Basic Fission Process	فرآیند ساده (کلی) شکافت اتم	Astern Throttle	شیر فلکه مانور عقب - شیر فلکه عقب

Can Annular Combustion Chamber	محفظه احتراق لوله‌ای حلقوی	Bendix Pinion	دنده پنیون بندیکس
Carbon Packing	آب بند زغالی	Bendix Starter	استارتر بندیکس
Cargo Ship	کشتی باربری	Bilge	خن کشتی
Carry Over	حمل آب توسط بخار (در دیگ بخار)	Black Smoke	دود مشکی
Centimeters of Mercury Absolute	ارتفاع ستون جیوه برحسب سانتیمتر مطلق	Bleed Off Pipe	لوله تخلیه
Centrifugal	گریز از مرکز	Blow Down System	شبکه بلودان یا تخلیه دیگ بخار
Centrifugal Purifier	تصفیه کننده گریز از مرکز	Blowing Tubes	دوده زدایی تیوب های دیگ بخار
Certified Boiler Inspector	بازرس صلاحیت دار دیگ بخار	Boat Drill	تمرین محل فایده های نجات
CFC	سی.اف.سی	Boiler	دیگ بخار
Chelkman	نگهبان بخش آب دیگ بخار	Boiler Front	دیواره جلویی دیگ بخار
Chemical Treatment	تصفیه شیمیایی	Boiler Front Wall	دیواره جلویی دیگ بخار
Chief Engineer	مدیر ماشین، مدیر بخش مهندسی و فنی در کشتیهای بازرگانی	Boiler Light Off	روشن کردن دیگ بخار
Chlorofluorocarbons	کلروفلوروکربنها	Boiler Pressure	فشار دیگ بخار
Circulation	چرخش - گردش	Boiler Water	آب دیگ بخار
Cladding	غلاف	Booster Pump	پمپ کمکی
Classification Societies	انجمنهای طبقه بندی	Bore	قطر داخلی - سوراخ مدور - سوراخ
Cleanliness	تمیزی	Borescope	بوروسکوپ
Clearance	کلرنس	Bottom Blow	تخلیه زیری - زیر آب زدن
Closed System	شبکه بسته	Bottom Blow Nozzles	شیر فلکه های تخلیه زیری
Coil	کویل	Bottom Blow Valves	شیر فلکه های تخلیه زیری
Combustion	احتراق	Bottom Dead Center (BDC)	نقطه مرگ پایین
Combustion Chamber Liner	پوسته داخلی محفظه احتراق توربین	Boundary Layers	لایه های مرزی
	گاز	Bow Thruster	پروانه سینه
Combustion Chamber	پوسته بیرونی	Breaker Points	پلاتین
Housing	محفظه احتراق توربین گاز	Brickwork	آجر نسوز
Components	اجزاء	Brush	جارو (در آلترناتور)
Compounding	ترکیب	Bus Bar	میلچه توزیع برق
Compression Ratio	نسبت تراکم	Burner Barrel	لوله مشعل
	نسبت حجم مخلوط در ابتدای مرحله تراکم به حجم مخلوط در انتهای مرحله تراکم در موتورهای درونسوزیستونی - نسبت فشار در خروجی کمپرسور به فشار در ورودی کمپرسور در توربین های گاز	Burner Flareback	پس زدن شعله مشعل
		Bush	بوش
			«C»
		Camshaft	میل سوپاپ - میل بادامک

Deaerating Feed Tank	مخزن اکسیژن زدایی
Dehumidify	رطوبت زدایی
Density	غلظت - جرم حجمی
Deposites of Sludge	باقی مانده ها یا رسوبات لجن
Destroyer	ناوشکن
Desuperheated Steam	بخار دی سوپر هیت (بخار داغ خنک شده)
Desuperheater	دی سوپر هیت (خنک کننده بخار داغ)
Diaphragm	دیافرام
Diaphragm Pumps	پمپهای دیافرامی
Diesel Engines	موتورهای دیزلی
Diffuser	دیفوزر - کاهش دهنده سرعت
Direct Contact Heat Exchanger	مبدل حرارتی از نوع تماس مستقیم - مبدل حرارتی از نوع مستقیم
Direct Current	جریان مستقیم
Direct Current Distribution	شیکه توزیع جریان مستقیم
Direct Cylinder Starting	استارت زدن مستقیم سیلندر (با استفاده از هوای فشرده)
Direct Reversing	مستقیم به عقب
Direct Scavenging	اسکونجینگ مستقیم
Discharge Valve	شیر فلکه خروجی
Disk	دیسک
Dissolved Oxygen	اکسیژن محلول در آب
Distributor	دلکو
Distributor's Rotor	چکش برق
Double Entry Impeller	ایمپلر دو طرفه
Double Flow	دو جریان
Double Furnace	دو کوره ای
Down Comer	پایین بر
Down Comer Pipes	لوله های پایین بر
Drain	مجرا یا کانالی که با استفاده از نیروی ثقل مایعات را تخلیه کند (آب رو)

Compressor Manifold	منی فولد کمپرسور
Compressor Rotor	روتور کمپرسور
Compressor Stator	استاتور کمپرسور
Compressor Turbine	توربین کمپرسور در توربین گاز
Condensation Phase	مرحله انقباض
Conduction	هدایت مستقیم (در انتقال گرما)
Connecting Rod	شاتون
Continuous Surface Blowdown	تخلیه سطحی دائم
Control Rods	میله های کنترل
Controlled Superheat	سوپر هیت کنترل شده
Convection	جابجایی (در انتقال گرما) - همرفت
Convection Type Superheater	سوپر هیت نوع جابه جایی
Conventional Steam Plant	نیروی محرکه بخاری معمولی
Convergent - Divergent	همگرا، واگرا
Convergent Nozzle	شیبوره همگرا
Counter Flow Heat Exchanger	مبدل حرارتی جریان مخالف
Crack	ترک - شکاف
Crankcase	محفظه لنگ
Crankshaft	میل لنگ
Critical Mass	جرم بحرانی
Cross Flow Heat Exchanger	مبدل حرارتی دو جریان عمود برهم (صلیبی)
Cross Over Pipes	لوله های واسطه
Curtis Stage	مرحله کرتیس
Cyclone Steam Separator	جدا کننده بخار و رطوبت از نوع گردبادی
Cylinder	سیلندر
Cylinder Arrangement	نحوه استقرار سیلندرها
Cylinder Assembly	مجموعه سیلندر
Cylinder Block	بدنه سیلندر
Cylinder Liner	پیراهن سیلندر
Cylinder Relief Valves	شیر تخلیه سیلندر
Cylinder Wall	جداره سیلندر

Exothermic Chemical Reactions

فعل و انفعالات شیمیایی گرمازا

Expansion Device

دستگاه انبساط

Expansion Phase

مرحله انبساط در مدار بخار

Expansion Stroke

مرحله انبساط (مرحله قدرت) در موتور

درونسوز پیستونی

Expansion Valve

شیر انبساط

Extended Surfaces

سطوح گسترده

Extreme Turbulance

آشفته‌گی شدید

External Combustion Engines

موتورهای برونسوز

«F»

Feed Phase

مرحله تغذیه

Feed Pumps

پمپهای تغذیه

Feed Water

آب تغذیه

Film Cooling

روش خنک کاری جابه جایی

Fin

فن

Fine Mist

سوخن تبدیل شده به ذرات بسیار ریز یا پودر

Fire Drill

تمرین محل حریق

Fire Room

آتش خانه دیگ بخار

Firesides

بخش‌های آتش یا احتراق و دود

Fire Tube Boiler

دیگ بخار دود در تیوب (دیگ بخار آتش در تیوب)

Fission

شکافت هسته‌ای

Fission Fragments

محصولات شکافت هسته

Fixed Vane Nozzles

بردهای ثابت سیبوره‌ای

Fixed Blades

تیرهای ثابت

Flaxseed

بذر کتان

Flow Indicators

نشان دهنده‌های جریان

Fluid Films

لایه‌های سیال

Flywheel

جرخ طیار - جرخ لنگر

Foaming

فومینگ - کف کردن

Forced Draft Blowers

دمنده‌های هوا

Drum

درام

Drumhead

کلیگی سر و ته آب استوانه آب (با استوانه بخار)

Drum Type Boiler

دیگ بخار از نوع درام

Dry Pipe

لوله خشک

(Dry Box)

Dry Steam

بخار خشک

Dry Sump

کارتر خشک

«E»

Economizer

اکانایزر

Eductor

اداکتور (پمپ جت که با آب کار می‌کند)

Electric Starting

روشن کردن موتور درونسوز با استفاده از برق

Electrical Instruments

آلات الکتریکی

Electrical Load

مصارف برق (بار برق)

Emergency Generator

مولد یا ژنراتور برق اضطراری

Emergency Lighting

روشنایی اضطراری - چراغهای اضطراری

Emergency Switchboard

تابلوی اضطراری کلیدهای برق - تابلوی اضطراری

Engine Containment Module

محفظه مستقل موتور

Engine Cycle

سیکل موتور

Engine Room

موتورخانه

Erosion

ساییدگی (خوردگی مکانیکی)

Estimated Service Schedule

برنامه پیش‌بینی شده ضمن خدمت

Evaporator

اواپراتور

Events

انقادات

Exhaust Driven Super Charger

سوپرشارژری که توسط

گازهای تخلیه کار می‌کند

Exhaust End

قسمت تخلیه

Exhaust Manifold

منی فولد شبکه تخلیه - چندراهه تخلیه

Exhaust Port

مجرای تخلیه - مجرای خروجی

Exhaust Stack

دودکش

Exhaust System

شبکه تخلیه

Exhaust Valve

سوپاپ تخلیه - سوپاپ خروجی

Gauge Glass	آب‌نمای شیشه‌ای - گیج گلاس
Gauge (gage) Pressure	فشار گیج - فشار نسی
Gear Pump	پمپ دنده‌ای
Gelatine	سرسیم
Generation Phase	مرحله تولید
Generating Tubes	نیوهای مولد بخار - نیوهای تولید
Gland	گلند - محل خروج محور روتور از توربین - محل خروج محور از پوسته
Gland Exhaust Condenser	کندانسور بخار آب‌بندی
Gland Exhauster	خارج‌کننده هوای مخلوط با بخار آب‌بندی
Gland Exhauster Fan	هواکش تخلیه هوای مخلوط با بخار آب‌بندی
Gland Exhaust System	شیبکه تخلیه بخار آب‌بندی
Gland Sealing System	شیبکه بخار آب‌بندی
Gravity	نیروی جاذبه

«H»

Hand Hole	منفذ هدر (منفذ دست رو)
Hand Hole Plate	دریچه هدر (دریچه دست رو)
Hover craft	هاورکرافت - هواناو
Header	هدر
Header Type Boiler	دیگ بخار از نوع هدر
Heat Transfer	انتقال گرما
Heat Treatment	تصفیه گرمایی
Heavy Duty	جان سخت
Helical	حلزونی
High Pressure Starting Air	هوای فشرده استارت
High Pressure Turbine	توربین فشار زیاد
High Speed	سرعت زیاد
High Speed Two Stroke Cycle Diesel Engine	موتور دو زمانه دیزلی سرعت زیاد

High Water	پدیده افزایش سطح آب - بالارفتن سطح آب در دیگ بخار - های واتر
Hotel Services	خدمات هتل

Forced Draft Blower Systems	سیستم دمنده‌های هوا
Forced Draft Blower Turbine	توربین محرک دمنده هوا
Force Feed Lubrication	روغنکاری تقویت شده - روغنکاری تحت فشار (به کمک پمپ)
Force - Fed Lubrication	روغنکاری تحت فشار - روغنکاری به کمک پمپ

Four Stroke Cycle Engine	موتور چهار زمانه - موتوری که یک سیکل کامل آن در چهار کورس انجام می‌شود.
--------------------------	---

Frame	اسکلت
Freon	فرتون
Fresh Water Cooler	خنک‌کننده آب شیرین

Fresh Water Drain Collecting Tank	مخزن جمع‌آوری قطرات آب شیرین
-----------------------------------	------------------------------

Fresh Water Heat Exchanger	مبدل حرارتی آب شیرین
Frigate	فریگت - پاسور

Fuel Atomizer	سوخت پاش - پودر کننده و تریق کننده سوخت
Fuel Filling System	شیبکه سوخت گیری

Fuel Injector	سوخت پاش
Fuel Rod (Fuel Element)	میله سوخت

Fuel Service Tanks	مخازن روزانه سوخت
Fuel Strainer	صافی سوخت

Fuel Transfer Pump	پمپ انتقال و جابه‌جایی سوخت
Full Power	تمام قدرت به جلو

Furnace	کوره
Furnace Fuel (Furnace Fuel Oil)	نفت کوره (سوخت کوره)
Furnace Roof	سقف کوره

«G»

Gas Generator	ژنراتور گاز (در توربین گاز)
Gas Generator Turbine	توربین ژنراتور گاز (در توربین گاز)
Gasket	واشر - گاسکت
Gasoline Engines	موتورهای بنزینی

Inspection	بازدید - بازرسی
Intake Manifold	منی فولد هوا - چندراهه هوا
Intake Port	مجرای ورودی
Intake System	شبکه ورودی
Intake Valve	سوپاپ ورودی
Intermediate Header	هدر میانی - هدر وسطی
Internal Combustion Engine	موتور درونسوز
Internal Combustion Piston Engine	موتور درونسوز پیستونی
Internal Feed Pipe	لوله ورودی آب تغذیه

«J»

Jacking Gear	موتور گرداننده توربینها و دنده ها
Jet Pump	پمپ جت
Journal Bearing	باتاقان زورنال

«K»

Kelvin Scale	درجه بندی کلوین
kg/cm ² Absolute	کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مطلق

«L»

Labyrinth Packing	آب بند فلزی دندانه دار
Latent Heat of Condensation	گرمای نهان انقباض
Latent Heat of Vaporization	گرمای نهان تبخیر
Lighting - Off Sheet	چک لیست روشن کردن دیگ بخار
Liquid Refrigerant	مبرد مایع
Log	دفتر ثبت کارکرد
Low Oil Pressure Trip	ترپ فشار کم روغن
Low Pressure Turbine	توربین فشار کم
Low Speed	سرعت کم
Low Voltage	ولتاژ کم

Hot Well	چاه داغ
Humidify	رطوبت زنی
Humidity	رطوبت
Hydraulic Motor	موتور هیدرولیکی
Hydraulic Starting	روشن کردن یک موتور با استفاده از موتور و نیروی هیدرولیکی
Hydrocarbon Fuel	سوخت حاوی ترکیبات هیدروژن و کربن
Hydrochloro Fluoro Carbons	هایدرو کلروفلوروکربنها
Hydrofoil	هیدروفویل - یک نوع شناور که روی آب سر می خورد
Hydrostatic Test	آزمایش هیدرواستاتیک

«I»

Impeller	ایمپلر
Impingement Cooling	روش پخش یا نشر هوای خنک کننده تیغه های توربین گاز
Impulse Blade	تیغه ضربه ای
In Line	مستقیم - در یک ردیف
Inches of Mercury Absolute	ارتفاع ستون جیوه بر حسب اینچ مطلق
Indicating Devices	دستگاههای نشان دهنده
Indirect Contact Heat Exchanger	مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم

Indirect Contact, Cross Flow, Shell and Tube Heat Exchanger	مبدل حرارتی از نوع تماس غیرمستقیم، جریان عمودی، پوسته و تیوب
Indirect (Remote) Reading Gauge	نشان دهنده (گیج) سنجش از راه دور
Injection Header	هدر تزریق
Injection Pump Rack	کنسویی پمپ تزریق
Inlet - Outlet Header	هدر ورودی، خروجی
Inner and Outer Casings	پوسته های داخلی و بیرونی - جداره های داخلی و بیرونی

Manhole Plate در استوانه بخار که بزرگی اش آنقدر هست که برای بازدید و تعمیرات کارکنان بتوانند وارد استوانه شوند - در آدم‌رو

Manual Shutter دریچه کرکره‌ای دستی

Marine Steam Boiler دیگ بخار دریایی

Mechanical Atomization ریز کردن سوخت به طوری که شبیه اسیری شود و تزیین آن به روشن مکانیکی

Mechanical Treatment تصفیه مکانیکی

Medium Speed سرعت متوسط

Minor Schedule برنامه جزئی

Minesweeper ناو مین جمع کن یا مین روب

Moderator کند کننده - آرام کننده

Moisture Separator جدا کننده رطوبت

Motor Driven Turning Gear موتور گرداننده توربینها و دنده ها

Movable Air Doors دریچه های متحرک هوا

Mud Drum درام لجن، نام دیگ استوانه یا درام آب

Multiple Can or Tube Combustion Chamber محفظه احتراق از نوع لوله ای چندتایی

«N»

Natural Aspiration تنفس طبیعی در موتورهای درونسوز

Non - Return Valve سوپاپ یک طرفه

Nozzle نپیوره

Nozzles or Valves شیر فلکه ها

Nozzle Shaped Moving Blades تیغه های نپیوره ای متحرک

Nuclear Reactor راکتور اتمی

Nuclear Steam Plant نیروی محرکه بخاری اتمی

«O»

Oil Pan سینی روغن

Oil Spray Nozzles روغن پاشها

Open Seawater Cooling System شبکه آب خنک کننده که از دریا به داخل کشنی وارد شده و پس از

Low Water بدیده کاهش سطح آب - پایین

Low Water Level رفته سطح آب در دیگ بخار

Low Water Level ارتفاع آب در سطحی پایین

Lower Flange فلنج پایینی

Lower Rear Wall Header هدر پایینی دیواره عقب

Lube Oil Cooler خنک کننده روغن، کولر خنک کننده روغن

Lubricant روانساز

«M»

Machinery Control Console تابلو (کنسول) مانعین خانه

Main Air Ejector مکندۀ اصلی هوا

Main Boiler دیگ بخار اصلی

Main Condensate کندانسیت اصلی - مایعی که از انقباض بخار در کندانسور بدست می آید

Main Condensate Pump پمپ کندانسیت اصلی

Main Condensate System سیستم کندانسیت اصلی

Main Condenser کندانسور اصلی

Main Engines موتورهای اصلی (در ناوهای بخاری به توربینهای اصلی اطلاق می شود)

Main Feed Pump پمپ تغذیه اصلی

Main Feed Pump Turbine توربین پمپ اصلی تغذیه

Main Feed System سیستم تغذیه اصلی

Main Power برق کشنی حاصل از کار ژنراتورهای اصلی

Main Service Generators مولدهای برق کشنی

Main Shaft محور یا شافت اصلی کشنی

Main Steam Cycle مدار بخار اصلی

Main Steam System Piping لوله کشنی شبکه بخار اصلی

Main Switchboard تابلوی اصلی کلیدهای برق

Maintenance نگهداری

Make - Up / Emergency Feed Tank مخزن رفع کمبود آب تغذیه و مخزن اضطراری آب تغذیه

Make Up Feed آب تغذیه جبرانی

Maneuvering عملیات مانور

Pounds Per Square Inch Absolute (PSIA)

پاوند بر اینچ مربع مطلق

Power Plant Main Turbines

توربین‌های نیروی محرکه - توربین‌های اصلی نیروی محرکه

Power Turbine

توربین قدرت

Pre - heat

پیش گرم کردن

Pre - heater

پیش گرم کننده

Pressure Compounded , Axial Flow, Single

Entry, Double Flow, Reaction Turbine

توربین عکسی العملی ترکیب فشار، با جریان محوری، تک ورودی و دو جریان

Pressure Compounded Impulse Turbine

توربین ضربه‌ای ترکیب فشار

Pressurized Water Reactors

راکتورهای آب سبک تحت فشار

Pressure Gauge (gage)

فشارسنج

Prime Mover

محرک اصلی

Priming

بدیده برایمینگ

Primary Air

هوای اولیه

Primary Loop

مدار اولیه

Propeller Pump

پمپ پروانه‌ای

Propulsion Shaft شافت یا محور اصلی کشتی که گردش موتورها را به پروانه انتقال می‌دهد

Protective Devices

دستگاهها و تجهیزات محافظ

Pump

پمپ

Purify

تمیز کردن

Purifier

تصفیه کننده

«R»

Radial

شعاعی

Radial Bearing

پایان‌افان شعاعی

Radial Clearance کلرنس شعاعی، فاصله صحیح بین روتور و پوسته

Radial Flow

جریان شعاعی

خنک کاری خارج می‌شود. این گونه شبکه را شبکه باز می‌گویند.

Open System

شبکه باز

Opposed Piston

پیستون متقابل

Outboard Engines

موتورهای یکپارچه که در قایق‌ها نصب شده و پس از انجام کار از قایق برداشته می‌شوند - موتور قایق جمینی

Overheat

فوق العاده داغ (داغ تر از حد مجاز)

Overlap

هم زمان شدن

Over Speed Governor

گاورنر سرعت زیاد

Over Speed Trip

تریب سرعت زیاد

«P»

Packaged Air Conditioner

دستگاه تهویه مطبوع تکی یا یکجایی یا یکپارچه

Packing

آب بند

Parallel Flow Heat Exchanger

مبدل حرارتی با دو جریان موازی یا مبدل حرارتی جریان موازی

Parsons Stage

مرحله پارسونز

Pass

عبور - گردش

Patrol Boat

ناوچه گشتی

Perfect Combustion

احتراق کامل

Perfect Vacuum

خلأ کامل

Phase

مرحله - فاز

Phase Sequence

ترتیب فازها - ترتیب مراحل

Piston

پیستون

Piston and Connecting Rod Assembly

مجموعه پیستون و شاتون

Piston pin

گزن پین - پین پیستون

Plunger Pump

پمپ پلانجری

Piston Ring

رینگ پیستون

Pitting

آبله گون شدن

Port Scavenging

اسکونجینگ دریچه‌ای

Return Flow Atomizer	سوخت پاش مجهز به لوله برگشت سوخت	Radiant Type Superheater	سوپرهیتر نوع تابشی
Revolving Armature AC Generator	آلترناتوری که سیم پیچ آرمیچر آن می چرخد (قطبین آن ثابت هستند)	Radiation	تابش
Revolving Field AC Generator	آلترناتوری که سیم پیچ آرمیچر آن ثابت است و قطبین متحرک هستند.	Rankine Scale	درجه بندی رنکین
Ring	حلقه	Rateau Stage	مرحله راتو
Riser Pipes	لوله های بالا رونده، لوله های رایزر	Rateau Turbine	توربین راتو
Riser Tubes (Risers)	تیوب هایی که از داخل آنها بخار و آب از یک هدر فوقانی وانروال به استوانه بخار می رود	Reaction Blade	تیغه عکس العملی
Rotor	روتور	Reactor Coolant	خنک کننده راکتور
Rotor Position Indicator	نشان دهنده موقعیت روتور	Reactor Coolant Pump	پمپ خنک کننده راکتور
Rotor's Shaft Axis	خط مرکزی محور روتور - خط مرکزی شافت روتور	Rear Wall Header	هدر دیواره عقب
		Receiver	ریسیور
		Reciprocating Internal Combustion Engine	موتور درونسوز رفت و برگشتی
		Redirecting Blades	تیغه های تغییر دهنده جهت
		Reducing Valve	شیر کاهنده
		Reduction Gears	چرخ دنده های کاهنده
		Reduction Gear Box	جعبه دنده کاهنده
		Reduction Gear Lube Oil Heat Exchanger	مبدل حرارتی
			روغن جعبه دنده کاهنده
Saddle	نگهدارنده	Re - Entry	باز ورودی
Safety Valve	سوپاپ ایمنی - شیر ایمنی	Refractories	آجرهای نسوز
Saturated Steam	بخار اشباع	Refrigerant	مبرد
Scale	رسوب	Refrigerant 12	مبرد ۱۲
Scavenge Air	هوای اسکونج	Refrigerant 22	مبرد ۲۲
Scavenge Ports	دریچه های اسکونج	Refrigerant Circulating System	سیستم با شبکه مبرد در گردش - سیستم تبرید با تهویه مطبوعی که مبرد آن گردش می کند و بخش های مختلف را خنک می نماید.
Scavenging	تسریع خروج گازهای احتراق با کمک هوای تازه که با سرعت وارد سیلندر می شود، جارو کردن فضای سیلندر از گاز احتراق - اسکونجینگ	Reliability	قابلیت اطمینان - قابلیت اعتماد به احتمال عملکرد صحیح یک دستگاه در یک دوره زمانی معین
Scavenging System	شبکه اسکونجینگ	Relief Valve	شیر فشار شکن
Scoop	اسکوپ	Remote (Indirect) Reading Gauge	نشان دهنده (گیج) سنجش
Scoop Injection System	شبکه تزریق اسکوپ		از راه دور
Scoop Injection Valve	شیر فلکه تزریق اسکوپ	Rescue Boat	قایق نجات و نجات
Screen Header	هدری که تیوبهای محافظ به آن وصل هستند - هدر محافظ	Reserve Feed Water	آب تغذیه رزرو
Screen Tubes	تیوبهای محافظ	Reservoir	مخزن ذخیره
Scrubber	جارو یک (در جدا کننده رطوبت و بخار نوع گردبادی)		

Spark	جرقه	Sea Water Circulating Pump	پمپ گردش آب دریا
Spark Plug	شمع - شمع جرقه زن	Sea Water Pump (Salt Water Pump)	
Speed	سرعت		پمپ آب دریا (پمپ آب شور)
Spray Nozzles (Spray Valves)	فواره‌های پخشی کننده	Sea Water Strainer (Salt Water Strainer)	
	کندانسیت در مخزن اکسیژن زدایی		صافی آب دریا (صافی آب شور)
Spiral	مارپیچ	Secondary Air	هوای ثانویه
Sprayer Plate	صفحه تزریق نفت افشان	Securing The Boiler	
Stack	دودکش		متوقف کردن فعالیت دیگ بخار شامل توقف ارسال بخار به توربینها، خاموش کردن متعلها و جلوگیری از تزریق آب تغذیه به دیگ بخار
Stage	مرحله	Self Contained System Air Conditioner	
Stand By	آماده برای حرکت		دستگاه تهویه مطبوع یکپارچه
Standard Compounds	کامپاندهای استاندارد	Sensible Heat	گرمای محسوس
Starch	نشاسته	Shaft	محور - شافت - شافت اصلی محرک پروانه کشتی
Starter Button	دکمه استارت	Side Wall Header	هدر جانی - هدر کناری
Starter Motor (Starting Motor)	موتور استارتر		هدری که تیوبهای دیواره جانی به آن متصل هستند.
Stationary Foot	پایه ثابت	Side Wall Tubes	تیوبهای دیواره جانی
Stationary Air Foils	باله‌های آئرو دینامیکی ثابت	Single Entry	نک ورودی
Steam Assist Atomizer	بودر کننده سوخت که با کمک بخار کار می‌کند	Single Entry Impeller	ایمپلر یک طرفه
Steam Assisted Atomization	بودر کردن سوخت با کمک بخار	Single Flow	یک جریان
Steam Boiler	دیگ بخار	Single Furnace	یک کوره‌ای
Steam Drum	استوانه بخار در دیگ بخار (درام بخار در دیگ بخار)	Single Shaft Gas Turbine	توربین گاز یک شافت
		Single Spool Gas Turbine	توربین گاز یک کمربند
Steam Drum Baffle	باقل استوانه بخار	Single Stage Velocity Compounded Impulse Turbine	
Steam Escape Piping System	سیستم فرار بخار - شبکه تخلیه بخار به جو (بیرون فضای موتورخانه)		توربین یک مرحله‌ای ضربه‌ای ترکیب سرعت
Steam Generator	مولد بخار - بخارساز - بخارساز در نیروی	Ship Service Turbine Generators	
	محرکه بخاری انمی - بخارساز (دیگ بخار) در نیروی محرکه بخاری معمولی	(Ship Service Turbo Generators)	
			توربوژنراتورها - توربینهای محرک ژنراتورهای برق کشتی
Steam Pressure	فشار بخار	Shut Down	خاموش کردن
Steam Tight	بخار بندی - جایی که بخار نتواند نفوذ کند (مانند آب بندی)	Sleeve	پیراهن سیلندر
Steam Separators	جدا کننده‌های بخار	Sliding Foot	پایه لغزنده
Straight - Through Fuel Atomizer	بودر کننده سوخت جریان مستقیم، سوخت پاش جریان مستقیم	Smoke Indicator	دودنما
		Society of Naval Architects and Marine Engineers	
			انجمن معماران کشتی و مهندسين دریایی
		Soot Blower	دوده زدا

Thrust Bearing	باتاقان تراست	Strainer	صافی
Timing Gears	دنده‌های تنظیم	Stroke	کورس (فاصله بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین در موتور پیستونی)
Top Dead Center	نقطه مرگ بالا	Structure	ساختمان - سازه
Tube Annular Combustion Chamber	محفظه احتراق لوله‌ای حلقوی	Stud	پیچ دوسر رزوه
Tube Sheet	ورق نحانی در استوانه بخار و ورق فوقانی در استوانه آب	Sub - Cooled Liquid	مایع مادون اشباع (مایع سرد شده که درجه حرارت آن کمتر از درجه حرارت اشباع است)
Turbo - Charged Engine (Supercharged Engine)	موتور مجهز به توربوشارژر (موتور مجهز به سوپرشارژر)	Sump	کارتر
Turbo Charger (Turbo Supercharger)	توربوشارژر (توربوسوپرشارژر)	Supercharger	سوپرشارژر
Turbo Jet	توربوجت	Supercharging	قوی کردن فشار هوای ورودی - سوپرشارژینگ
Turbo Prop	توربوپراپ	Superheated Steam	بخار سوپرهیت - بخار داغ که درجه حرارت آن از بخار اشباع بیشتر است.
Turbo Shaft	توربوشافت	Superheater	سوپرهیتر - داغ کننده بخار
Turning Power	نیروی گردشی	Superheater Elements	المان‌های سوپرهیتر
Twin Spool Gas Turbine	توربین گاز دو کمپرسور	Superheater Screen Tubes	سوپرهیتر با تیوبهای محافظ
Two Stroke Cycle Engine	موتور دو زمانه (موتوری که یک سیکل آن در دو کورس انجام می‌شود)	Support	تکیه‌گاه
«U»		Surface Blow	تخلیه سطحی - سرآب زدن
Uncontrolled Superheat	بدون کنترل سوپرهیت. دیگ بخاری که دارای کنترل در سوپرهیتر نباشد و بخار به هرحال سوپرهیت می‌شود.	Surface Blow Pipe	لوله تخلیه سطحی
Underside of the Ship	زیرخط آب خور کشتی	Split Shaft Gas Turbine	توربین گاز دوشافته (توربین گازی که مجهز به توربین قدرت است)
Ungrounded	بدون اتصال	Slip Rings	حلقه‌ها در آلترناتور
Unidirectional	یک جهته	Safety of Life At Sea (SOLAS)	ایمنی جان انسان در دریا
Uniflow Port Scavenging	اسکونجینگ درجه‌ای یکسواخت	Surface Contact Heat Exchanger	مبدل حرارتی از نوع تماس سطحی (هدایت گرما از طریق جداده تیوبها)
Unit Air Conditioner	دستگاه تهویه مطبوع تکی یا یکجی	«T»	
Upper Flange	فلنج فوقانی	Temperature	دما - درجه حرارت
Upper Rear Wall Header	هدر فوقانی دیواره عقب	Test for Alkalinity	آزمایش اندازه گیری قلیانیت
Upper Water Wall Header	هدر فوقانی واتروال - هدرهای فوقانی تیوبهای دیواره‌ها	Test for Total Dissolved Solids	آزمایش اندازه گیری مجموع مواد جامد محلول در آب
		Thermostatic Expansion Valve	شیر انبساط ترمواستاتیکی
		Throttle Valve (Throttling Valve)	شیر فلکه مانور
		Thrust	نیروی محوری

Vent Condenser

کندانسور ونت - کندانسوری که برای دفع هوا و گازهای دیگر از کندانسیت و مخزن اکسیژن زدایی بکار می رود.

Ventilate

هو دادن

Vision Glass

شیشه دید - شیشه بازدید

«W»

Waste Heat Exhaust Devices

دستگاههایی که با گازهای زاید احتراق کار می کنند.

Water Drum

درام آب - استوانه آب

Water Separator

جدا کننده آب

Water and Steam Sides

بخشهای آب و بخار

Water Screen Tubes

توبهای محافظ (در درون این توبها آب در جریان است و با جذب گرما توبهای سوپر هیت را محافظت می کنند)

Water Tender

نگهبان بخش آب دیگ بخار

Water Tube Boiler

دیگ بخار نوع آب در توب

Water Treatment

تصفیه آب - اموری که با آب

انجام می شود تا برای کار مشخصی مناسب گردد.

Water Wall Tubes

توبهای دیواره ها

Wet Steam

بخار خیس

Wet Sump

کارتر تر

Working Fluid

سیال عامل

Wrapper Sheet ورق فوقانی در استوانه بخار و تحتانی در استوانه آب

«V»

Vacuum Breaker

قطع کننده خلأ

Vacuum Drag

مکش خلأ

Valves or Nozzles

شیر فلکه ها (واژه نازل گاهی اوقات معنی شیر فلکه هم می دهد)

Valve Scavenging

اسکونجینگ سوپایی (اسکونجینگ در موتورهای که مجهز به سوپاپ است)

Vapor Absorption Cycle

مدار جذبی

Vapor Compression Cycle

مدار تراکم بخار

Vapor Comprssion Refrigeration

تبرید تراکمی

Vapor Locked

ایست نایی از وجود بخار

Vee

خورجینی

Velocity Compounded, Axial Flow, Single

Entry, Single Flow, Impulse Turbine

توربین ضربه ای ترکیب سرعت، با جریان محوری، تک ورودی و یک جریان

Velocity Pressure Compounded, Axial Flow,

Single Entry, Single Flow, Impulse Turbine

توربین ضربه ای ترکیب سرعت - فشار، با جریان محوری، تک ورودی و یک جریان

Velocity Pressure Compounded Impulse Turbine

توربین ضربه ای ترکیب سرعت - فشار

Vent

ونت - لوله، سوپاپ و یا مجموعه لوله و سوپاپ

برای خارج کردن بخار، هوا و گازهای دیگر به جو (بیرون اماکن کشتی)

فهرست منابع و مآخذ

فهرست فارسی

- ۱- امراللهی، رضا، توسعه، تحول و چشم انداز نیروگاه های هسته ای در جهان، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ۱۳۷۲
- ۲- اوحدی، محمد، محمدحسن سعیدی، محمود صالحی، تحقیق پیرامون جایگزینی فرتون ۲۲ در کاربردهای تبرید و تهویه مطبوع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۷۱
- ۳- خجسته، ع، آبهای صنعتی برای دیگهای بخار، گروه صنایع شیمیایی سازمان صنایع ملی ایران، تهران، ۱۳۶۴
- ۴- خلیلی، جمشید، روش جدید در سیستم پرودتی کشتیهای یخچالی، ماهنامه پیام دریا، شماره پانزدهم، تهران، آذر ۱۳۷۲
- ۵- دیری، علی، ترمودینامیک مهندسی، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی تهران، تهران، ۱۳۵۸
- ۶- کیکی، وار، حفظ لایه ازن: مشکلات و خطرات، مترجم علی ضرغام، مجله دانشمند، ضمیمه ۲۶، تهران، مهر ۱۳۷۰
- ۷- میر، اسحاق علی، کشتیهای یخچالی تهدیدی علیه ازن، ماهنامه پیام دریا، شماره هفدهم تهران، بهمن ۱۳۷۲
- ۸- نبوی، سید محمد، نیروده اتوموبیل، مؤلف، تهران ۱۳۵۲
- ۹- نیروی دریایی امریکا، تکنیسین دیگ بخار، گروه موتور نیروی دریایی، فرماندهی آموزش نیروی دریایی، بندر اتزلی ۱۳۵۳
- ۱۰- نیروی دریایی امریکا، تکنیسین ماشین بخار، گروه موتور نیروی دریایی، فرماندهی آموزش نیروی دریایی، بندر اتزلی ۱۳۵۳

- 1 - Admiralty, Naval Marine Engineering Practice, Volume II, Second edition , Admiralty, ship Department, London 1962.
- 2 - Althouse, D.Andrew, Carl, H.Turnquist, Alfred F. Bracciano, Modern Refrigeration and Air Conditioning, The Goodheart - Willcox Company, Inc. Publishers, Homewood, Illinois, U.S.A, 1968.
- 3 - Blank, A.David ; Arthur E.Bock, David J.Richardson, Introduction to Naval Engineering, Second Edition, Naval Institute Press, Annapolis, Maryland, 1985.
- 4 - Busev, I.A ; I.P.Efimov, Chemistry: Definitions, Notions, Terminology ; Translated from The Russian by V.A. Sipachev, Mir Publishers, Moscow 1984.
- 5 - Elonka, Michael, Stephen ; Standard Plant Operators ' Manual, Second Edition, Mc Graw - Hill Book Company, U.S.A.1975.
- 6 - Fox, J.W ; S.C.Mc Birnie, Marine Steam Engines and Turbines, Third Edition, Newnes - Butterworths, London, England 1970.
- 7 - Gillmer, C. Thomas, Modern Ship Design, United States Naval Institute, Annapolis, Maryland, U.S.A. 1972.
- 8 - A group of Authors, Sea Exploring Manual, Exploring Division, Boy Scouts of America ; North Brunswick, New Jersey, U.S.A, 1966.
- 9 - Guthrie, John ; A History of Marine Engineering ; Hutchinson Educational Ltd, London 1971.
- 10 - Hall, T.Dennis, Practical Marine Electrical Knowledge ; Witherby and Co. Ltd ; London 1984.
- 11 - Harrington, L.Roy and a group of Authorities, Marine Engineering, Society of Naval Architects and Marine Engineers ; New york 1971.
- 12 - Henshall, H. S, Medium and High Speed Diesel Engines For Marine Use, The Institute of Marine Engineers, London 1972.
- 13 - Jackson, Leslie, Thomas D.Morton ; Reed's General Engineering Knowledge For Engineers ; Thomas Reed Publications Limited ; London 1971.
- 14 - Latham F.Robert ; Introduction To Marine Engineering, Fifth Printing, U.S. Naval Institute Annapolise, Maryland 1972.
- 15 - Avallone & Baumeister Marks' Standard Handbook For Mechanical Engineers, Tenth Edition, Mc Graw - Hill, 1997.
- 16 - Mokinley L. James, Ralph D.Bent ; Power Plants for Aerospace Vehicles, Third Edition, Mc Graw - Hill Book Company, New york 1965.

- 17 - Milton, H.J., Marine Steam Boilers, First Edition, Newnes - Butterworths, London 1970.
- 18 - Ohadi, M.M. M.A. Faani, The Ozone Layer Depletion Problem and the Green House Effect - Current Status and Future Impact on Power and Refrigeration Industries, Department of Mechanical Engineering, University of Maryland, College Park, Maryland, U.S.A. 1992.
- 19 - Osbourne, Alan ; A.Bayne Neild, Jr and a group of Editors ;Modern Marine Engineer's Manual, Volume I ; Cornell Maritime Press, Inc. Maryland, U.S.A. 1965.
- 20 - Pounder, C.C. Marine Diesel Engines, Newnes - Butterworths, London 1975.
- 21 - Rolls - Royce ; The Jet Engine, Rolls, Royce Ltd, London - 1971.
- 22 - Training Publications Division, Principles of Naval Engineering, Bureau of Naval Personnel, Washington, D.C. 1970.
- 23 - Training Publications Division, Boilermaker 1 and c, Bureau of Naval Personnel, Washington, DC. 1969.
- 24 - Wennagel, G. Norman Boilers, Class Notes, 1976 Suny Maritime College.
- 25 - Woodward, B. John, Marine Gas Turbines ; John Willy and Sons ; New York 1975.

