

بخش دوم : ماشینهای فرعی در کشتی:

به کلیه سیستمهای کشتی ، به غیر از موتور اصلی و بویلر اصلی ماشینهای فرعی (AUXILIARY MACHINERY) می گویند.

تجهیزات روی عرشه و سیستم سردخانه را جزء ماشینهای فرعی به حساب نمی آورند و به آنها معمولاً hull machinery گویند.

وظایف ماشینهای فرعی :

- 1- تامین آب سردکننده موتورها (Engine cooling system) و سایر دستگاهها که لازم است سرد شوند.
- 2- تامین آب مولد بخار.
- 3- تامین روغن روانساز برای عملیات روغن کاری بقیه تجهیزات.
- 4- تامین روغن تحت فشار برای سیستم های هیدرولیک.
- 5- سیستم انتقال و بهسازی (و آماده سازی) سوخت برای مصرف.
- 6- تامین هوای فشرده. (برای راه اندازی موتور اصلی ، دیزل ژنراتورها ، تمیزکاری و ...)
- 7- تامین آب شیرین توسط آب شیرین کن.
- 8- عملیاتی بودن سیستمهای تعادل و خن.
- 9- آماده به کار بودن سیستمهای اطفاء حریق.(پمپهای حریق ، آب و خن باید به هم مرتبط باشند تا در صورت لزوم از یکی در جای دیگری استفاده شود.
- 10- سیستم انتقال قدرت به پروانه و محور پروانه.
- 11- سیستم انتقال قدرت به سکان.
- 12- سیستم stabilizer شناور.
- 13- آماده به کار بودن سیستمهای نجات افراد.
- 14- آماده به کار بودن دربهای نفوذ ناپذیر.
- 15- آماده به کار بودن کلیه تجهیزات پنوماتیکی هیدرولیکی الکتریکی و کنترلها.
- 16- ثبت و ضبط عملکرد کامل کشتی در طول سفر دریایی.

سیستمهای موجود در موتورخانه :

- 1) کوپلینگ و کلاچ قابل انعطاف
- 2) جعبه دنده (gear box) (هیچ جعبه دنده ای نیست که نسبت ورودی به خروجی آن یک عدد روند باشد).
- 3) یاتاقانهای میانی (intermediate bearing)
- 4) جعبه دنده کاهنده (reduction gear)
- 5) سیستم فرمان جهت تغییر گام پروانه
- 6) سیستم گردش آهسته موتور (turning gear)
- 7) موتورهای فرعی (auxiliary Engines)
- 8) آبگرمکنها (calory fire)
- 9) مولد بخار سوخت سوز
- 10) بویلر دود (exhaust gas boiler)
- 11) سردخانه (برای مواد منجمد و مواد غذایی مانند میوه)
- 12) سیستم تهویه مطبوع
- 13) دستگاه تصفیه سوخت (separator)
- 14) دستگاه تصفیه روغن روانساز
- 15) گرمکن ها

16) آب شیرین کن

17) هایدروفرور : دستگاه فشار ساز : (hydrophore)

18) کارگاه ماشین ابزار

سیستمهای لوله کشی در یک شناور :

به طور کلی سیستمهای لوله کشی در یک شناور به سه دسته عمده زیر تقسیم می شوند :

- 1- سیستم لوله کشی موتورخانه
- 2- سیستم لوله کشی خدماتی و عمومی
- 3- سیستم لوله کشی مربوط به بار (cargo piping system)

سیستم لوله کشی موتور اصلی :

- 1- سیستم هوای فشرده
 - 2- سیستم لوله کشی سوخت مصرفی
 - 3- سیستم لوله کشی روانکاری
 - 4- سیستم لوله کشی بخار و هواگیری دیگ بخار
 - 5- سیستم دود یا اگزوز
 - 6- سیستم خنک کننده آب شور
 - 7- سیستم خنک کننده آب شیرین
- در صورتی که هر کدام از این هفت سیستم دارای اشکال شوند ، موتور اصلی از کار می افتد.

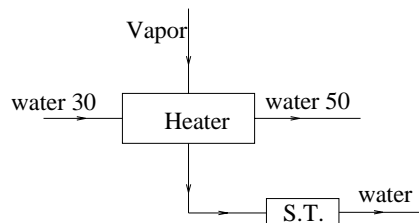
فهرست کامل سیستمهای لوله کشی در کشتی :

- 1- سیستم لوله کشی خن (bilge)
- 2- سیستم تعادل (ballast) : حدود 40 درصد DWT یک کشتی در هنگام خالی بودن ، برای حفظ تعادل ، آب بالاست است.
- 3- سیستم تخلیه (draining) : زائدات کشتی بایستی در مخزنی ذخیره شود تا در اسکله توسط بارج تخلیه شود.
- 4- سیستم تخلیه و بارگیری بارهای مایع ، گاز و مواد شیمیایی
- 5- سیستم بخار و هواگیری دیگ بخار
- 6- سیستم آب تغذیه بخار و هواگیری کندانسور
- 7- سیستم سوخت رسانی به موتور ، بویلر و زیاله سوز (Incinerator)
- 8- سیستم روغنکاری
- 9- سیستم هوای فشرده
- 10- سیستم خنک کاری دستگاهها و موتورها : شامل موتور اصلی ، ژنراتورهای مولد برق ، کمپرسورهای هوای فشرده ، توربوشارژر و یاتاقانها.
- 11- سیستم لوله کشی جهت اندازه گیری سطح مایعات (Sounding)
- 12- سیستم لوله های سرریز (Overflow System)
- 13- سیستم تخلیه هوا یا گاز از مخازن (Venting Pipe)
- 14- سیستم لوله کشی دود اگزوز
- 15- سیستم تهویه مطبوع (Ventilation)
- 16- سیستم تهویه ساده (Circulation)
- 17- سیستم تمیز کردن و شستشوی مخزن : آب بالای 50 درجه سانتی گراد برای شستشو توسط نازل بخش می شود.
- 18- سیستم هیدرولیک
- 19- سیستم آتش نشانی

- 20- سیستم لوله کشی سردخانه
 21- سیستم بهداشتی : شامل آب گرم سرد و شور
 22- سیستم آب مصرفی پرسنل
 23- سیستم ویژه در برخی از کشتیهای خدماتی
عمده ترین اجزاء یک سیستم لوله کشی :

- 1) لوله
- 2) اتصالات : اتصالات لوله ها به همدیگر یا به سایر دستگاهها.
- 3) اجزاء انبساطی : در جایی که سیال عبوری تغییر دما می دهد و یا برای جلوگیری از انتقال ارتعاش در مسیر هایی که خط لوله در معرض نور خورشید قرار دارد از یک خم U شکل در مسیر لوله کشی استفاده می کنند تا در هنگام انبساط لوله این خم جمع شود و برعکس.
- 4) تله بخار : (steam trap) : به بخار ، قبل از اینکه کاملا تبدیل به مایع نگردیده اجازه عبور نمی دهد. در خروجی تمام گرمکنهای بخاری نصب می شود و دو وظیفه دارد :

- 1- به ما اطمینان می دهد که خروجی از heater ، تک فازی (مایع اشباع) است.
- 2- از تمام انرژی گرمای نهان تبخیر h_{fg} استفاده می کند.



- 5) فیلتر و صافی (filter & strainer) : فیلتر نسبت به صافی سوراخهای ریزتری دارد به عنوان مثال برای ورودی آب از صافی استفاده می شود ولی برای روغن موتور از صافی استفاده می شود.
- 6) شیرآلات

لوله ها :

لوله ها عمدتاً به دو قسمت pipe و tube تقسیم می شوند.
 Pipe: لوله هایی که قطر خارجی آنها از قطر اسمی آنها بیشتر است. در لوله کشی ها برای انتقال سیال به کار می رود.
 Tube: لوله هایی که قطر اسمی آنها با قطر خارجی آنها یکسان است. مورد استفاده : در بویلر یا مبدل حرارتی (به علت جداره نازک)

تقسیم بندی لوله ها از نظر استحکام :

- 1- لوله های استاندارد یا 40 : این لوله ها فشار کاری 47 – 74 bar را تحمل می کنند
- 2- لوله های 80 یا Extra Strong : این لوله ها فشار کاری 58-110 bar را تحمل می کنند.
- 3- لوله های Double Extra Strong : این لوله ها فشار کاری 170 bar را تحمل می کنند.

انواع لوله ها از نظر جنس :

- جنس لوله ها تقریباً متنوع است ولی عمده آنها عبارتند از :
- 1- فولادی : که اکثر لوله ها در کشتی از این نوع هستند.
 - 2- ضد زنگ : بیشتر در کشتی های نظامی کاربرد دارد.
 - 3- مسی : در سیستم drain استفاده می شود.
 - 4- کونیفورم (آلیاژ مس و قلع)

5- پلاستیکی

لوله ها از نظر سرعت سیال و پدیده خوردگی :

- 1- آلیاژهای تیتانیوم (بسیار سبک و مقاوم در برابر خوردگی) و آلیاژ کرم نیکل مولیبدن در هر سرعت از سیال مقاوم هستند.
- 2- اغلب آلیاژهای نیکل و بعضی فولادهای ضد زنگ برای سرعت زیاد مقاومت خوبی داشته ولی در سرعتهای متوسط و کم دچار خوردگی موضعی می شوند.
- 3- آلیاژهای مس که در سرعتهای کم مقاوم به خوردگی هستند ولی در سرعتهای زیاد و متوسط دچار خوردگی و فرسایش می شوند.

روش های محافظت لوله ها از خوردگی :

- 1- گالوانیزه گرم : لوله های آب اعم از شور ، شیرین ، گرم و سرد. (پیچ و مهره ها گالوانیزه سرد می شوند).
- 2- فسفات کردن : لوله های سوخت و روغن فسفات می شوند.
- 3- رنگ کردن : داخل لوله های فاضلاب (بیرون اکثر لوله ها با هر محافظی ، رنگ خواهد شد)
- 4- مغروق کردن لوله در لاستیک مذاب : مسیر Sea Water اصلی دارای این پوشش می باشد.

برای خم کردن لوله ها :

- لوله های Blow off بویلر : شعاع خم بزرگتر از 3.5 برابر قطر داخلی
لوله های مسی و فولادی که تحت فشار بیش از 5bar و دمای 60 c قرار دارند شعاع خم باید بی=بزرگتر از 2.5 برابر قطر داخلی لوله باشد.
در مورد جنرال و کلی شعاع خم 1.5 برابر قطر داخلی لوله می باشد.

رنگ سیستمهای لوله کشی :

- 1- بخار : سفید
 - 2- روغن روانساز : زرد
 - 3- مدار تصفیه روغن : نوارهای زرد و سیاه
 - 4- سوخت : زرد
 - 5- سوخت جت : ارغوانی
 - 6- هوای فشرده :
 - 7- آب آشامیدنی : آبی پررنگ
 - 8- آب دریا: سبز پررنگ
 - 9- فاضلاب ، نشستی جمع کن و خن : طلایی
 - 10- آب سرد : آبی
 - 11- آتش نشانی: قرمز
 - 12- سیستمهای هیدرولیک : نارنجی
- 1000-5000 psi: خاکستری تیره
150-1000 psi: قهوه ای مایل به زرد

عوامل موثر در انتخاب لوله :

- نوع سیال
- فشار سیال
- دما

- جنس لوله
- روش تولید
- ضخامت
- قطر داخلی خارجی و اسمی
- هزینه نصب و نگهداری
- قیمت اولیه
- فراوانی

انواع اتصالات:

- 1- فلنج : برای اتصال دو لوله به همدیگر و یا لوله به تجهیزات به کار می رود.
- 2- Sleeve : لوله ای برای عبور لوله ای دیگر از یک دیواره
- 3- Double Plate : فلنجی بدون سوراخ که برای عبور لوله ای از یک دیواره ، به لوله و دیواره جوش می شود.
- 4- Spool : لوله ای دو سرفلنج با یک double plate به طول 280 تا 300 میلیمتر برای عبور از دیواره
- 5- U-bolt : بستنی برای اتصال لوله به سازه
- 6- Clamp : همان کار U-bolt را انجام می دهد ولی برای لوله های کوچکتر به کار می رود.
- 7- Tee : سه راهی
- 8- Branch : در لوله های کونیفورم همان کار سه راهی را انجام می دهد.
- 9- Elbow : زانویی
- 10- Reducer : برای اتصال دو لوله با ضخامتهای متفاوت به کار می رود.
- 11- Gasket : که برای آب بندی ، ما بین دو فلنج قرا می گیرد.
- 12- Socket : (بوشن) : برای اتصال دو لوله به یکدیگر که رزوه دارند.
- 13- straub coupling : وقتی نتوانیم از فلنج استفاده کنیم از این بستهای لاستیکی استفاده می کنیم این کوپلینگها از نظر نوع لاستیک و محل کاربرد به دو قسمت تقسیم می شوند:
الف: کوپلینگهای NBR : برای سیستم سوخت.
ب: کوپلینگهای EPDM : برای سیستم آب شور.
- 14- Stabilizer : برای سیستم Exhaust
- 15- Expansion Loop :
- 16- Expansion Joint : که به دو قسمت تقسیم می شود :

الف: لاستیکی

ب: فلزی : Compensator : برای سیستم Exhaust

نکته : در لوله های کونیفرم ، فلنج را به لوله جوش نمی دهند بلکه لبه لوله را با دستگاه مخصوصی (Luffing) برمی گردانند

انواع فلنج :

- 1- فلنج تخت : کاربرد عمومی
- 2- فلنج Raised face : اکثرا به شیرآلات متصل می شوند.
- 3- فلنج Weld neck : در سیستمهای حساستر مثل سیستم سوخت استفاده می شود.

کجا از فلنج استفاده می کنیم:

- 1- طول لوله (spool) نباید بزرگتر از 4 متر باشد.
- 2- هنگام عبور از دیواره (و استفاده از spool)
- 3- اتصال به یک equipment
- 4- در محل مرز دو section (استفاده از pass pipe)

5- برای اتصال دو مسیر فیکس شده در یک سیستم هستند ، می بایستی از pass pipe استفاده نمود.



straub coupling



فلنج نوع تخت



سیبسیبسیب



Spool

انواع شیرآلات :

وظیفه شیرآلات :

- 1- قطع و وصل جریان
- 2- تنظیم جریان
- 3- کنترل جهت مسیر حرکت جریان

انواع شیر آلات :

1- Gate Valve : شیر فلکه = شیر دروازه ای = شیر کشویی:

جریان را صد در صد قطع نموده و یا وصل می کند. کمترین افت فشار را دارد بنابراین جایی که افت فشار اهمیت زیادی دارد استفاده می شود. به مقدار زیاد در کشتی استفاده می شود و تا سایز 55" مورد استفاده قرار می گیرد.

2- Glob Valve : شیر توپی :

دارای افت فشار بیشتر است. تنظیم جریان نیز ممکن است. قیمت آن گرانتر است.

مقدار استفاده در کشتی: زیاد

محل استفاده : شیرهای معمولی دستشویی

مقدار سایز : تا 55"

3- Needle Valve : شیر سوزنی :

جایی که کنترل دقیق جریان لازم است.

مقدار استفاده: کم

محل استفاده : کنترل سوخت
سایز 2 تا 3 میلیمتر

4- Ball Valve : شیر کروی :



افت فشار پایین

محل استفاده :

مقدار سایز : تا 55"

5- Butterfly Valve : شیر پروانه ای

قطع و وصل جریان

تنظیم جریان

مقدار استفاده در کشتی زیاد

محل استفاده :

6- Chock Valve : شیر سماوری

تنظیم و قطع و وصل جریان

مقدار استفاده :

محل استفاده :

7- Non-Return Valve : Check Valve : شیر یک طرفه :

جهت جریان را می توان تنظیم کرد. جهت فلش روی شیر ، مسیر حرکت جریان را نشان می دهد. با این شیر قادر به تنظیم یا قطع و وصل جریان نمی باشیم

8- Stop Check Valve : Screw Down Non-Return VALVE : SDNR Valve : از نوع Glob Valve است اما

کار Check Valve را هم انجام می دهد.

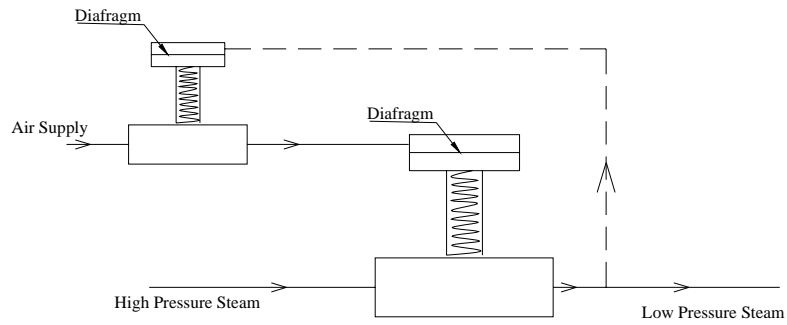
9- Quick Closing Valve : با کشیدن یک اهرم در موقع اضطراری مانند آتش سوزی عمل می کند. بر سر راه سوخت قرار

گرفته است ، ممکن است برقی باشد ولی برای باز کردن شیر بایستی بالای سر شیر رفت و اهرم آن را آزاد کرد تا شیر باز شود.

10- Diaphragm Valve :

11- شیر کنترل :

مثال :



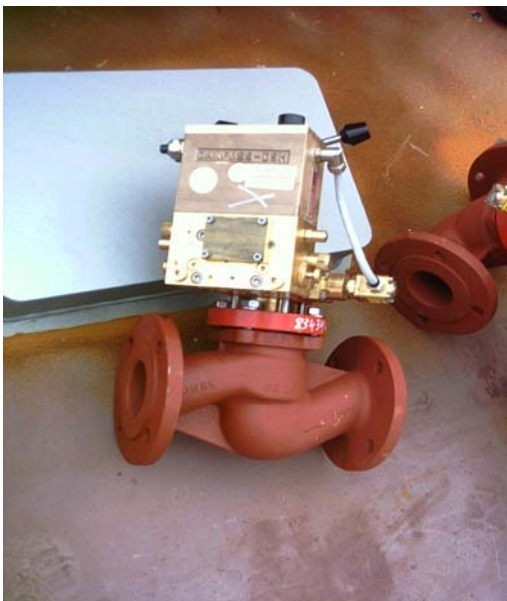
- VALVE MANIFOLD: مجموعه ای از شیر آلات که درون یک پوسته قرار گرفته و ارتباط بین مخازن (عمدتاً مخازن سوخت) را فراهم می کنند.



نمونه ای از شیر Glob



ترکیبی از شیر Cock و Glob



شیر Glob با کنترل هیدرولیکی



نمونه ای از شیر Butterfly

پمپها (PUMPS):

پمپ یک ماشین دوار یا نیمه دوار برای ایجاد فشار روی مایعات می باشد.
ایجاد فشار دو خاصیت دارد :

الف : از آن فشار ، جایی که می خواهیم استفاده می کنیم. مثل استفاده از روغن تحت فشار در سیستمهای هیدرولیک
سکان یا باز و بسته کردن دریها

ب : جهت جبران افت فشار در مسیر سیال: مانند استفاده از پمپ ، جهت انتقال سوخت از Double bottom.

نکته : کار کمپرسور شبیه کار پمپ است با این تفاوت که در کمپرسور ، سیال منتقل شده گاز است نه مایع.

عناصر اصلی پمپ :

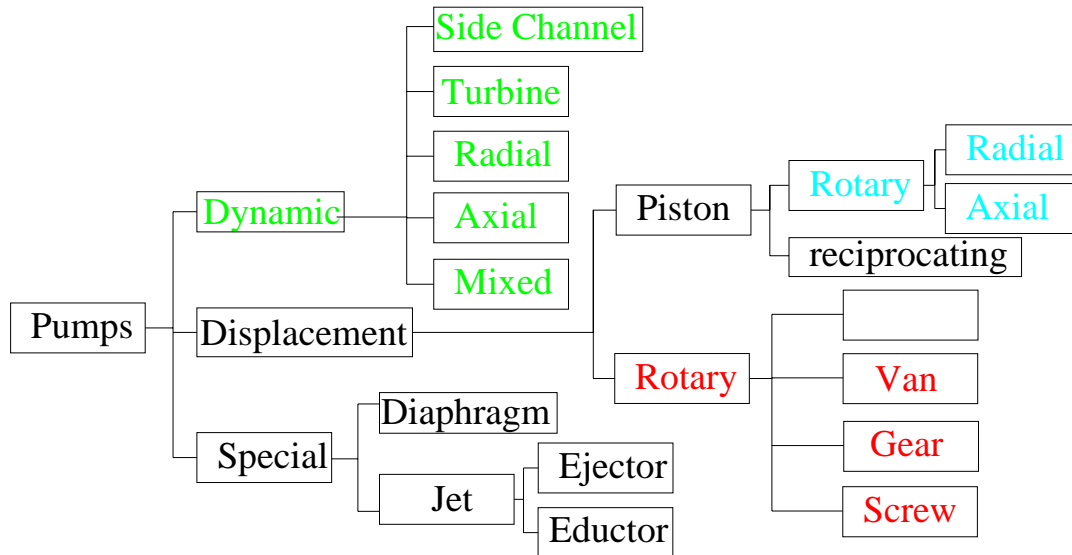
- 1- Flow یا دبی حجمی (m^3/h)
- 2- ارتفاع یا فشار (Head or Pressure)
- 3- فشار خالص دهانه ورودی پمپ (NPSH= Net Positive Suction Head)
- 4- اندازه قطر ورودی و خروجی پمپ
- 5- نوع پمپ
- 6- جنس شفت ، پوسته و ... پمپ
- 7- کلاس پمپ

نکته : همواره ورودی پمپ از خروجی پمپ بزرگتر می باشد. چون در مدخل ورودی ، فشار از خروجی کمتر است. برای کاهش افت فشار ، مدخل ورودی را بزرگتر در نظر می گیریم. ممکن است ورودی و خروجی پمپ با هم برابر باشند
نکته: در پمپهای دینامیکی ، استفاده از حلزون و یا تیغه های ثابت باعث می شود فشار افزایش پیدا کند. با چرخیدن پره ها ، در اثر نیروی گریز از مرکز ، سیال را به سمت بیرون پرت می کند.
حاصل جمع فشار دینامیکی و استاتیکی ثابت است (با فرض عدم وجود اصطکاک و افت فشار)
مدخل ورودی پمپ می بایستی کمترین افت فشار را داشته باشد و کمترین طول لوله را داشته باشد تا هزینه لوله کشی کاهش پیدا کند.

هر چه قدر در مدخل ورودی پمپ میزان فشار کاهش پیدا کند میزان NPSH در دهانه ، کاهش پیدا کرده و پدیده کاویتاسیون بوجود می آید.

سوال : فشار روی مایع 1 atm ارتفاع هد پمپ 1 atm و طول لوله ورودی 5m می باشد پمپ چه مقدار آب را بالا می برد؟

انواع پمپها :

**1- پمپ Dynamical:** در کشتی زیاد استفاده می شود. شاخص پمپهای دینامیکی ، پمپ سانتریفیوژ است. معمولا فضای

بین روتور و استاتور در پمپهای دینامیکی زیاد می باشد و نیز بین مرحله مکش و دهش ، سیال بطور لحظه ای محصور نمی شود و همیشه رابطه بین سیال داخل پمپ و بیرون برقرار است و دارای انواع زیر می باشد:

(1) Radial Flow: برای دبی کم و هد زیاد مورد استفاده قرار می گیرد. در نوع Radial جهت جریان از مرکز به

محیط است و در اثر نیروی گریز از مرکز سیال را به پیرامون Impeller دفع می کند. پمپهای

Sea Water, Jacket Water و Fire از نوع Radial می باشد. پمپهای محوری ، در

کشتی ، برای جلوگیری از Roll، استفاده می شود.

(2) Axial Flow: برای هد کم و دبی زیاد به کار می رود. سرعت دورانی محور پمپ حدود 200-800psi می

باشد حرکت جریان در نوع Axial در امتداد محور پروانه می باشد و در امتداد شعاع ، جریان صفر و یا قابل

صرف نظر کردن می باشد. پمپهای Bow Thruster و Stern thruster از نوع Axial می باشند.

(3) Side Channel: در کشتی زیاد استفاده می شود. قبل از پروانه ، پره های ثابت است. پمپهای Side

Channel عمدتا به عنوان Feed Water و یا آب تغذیه بویلر در کشتی استفاده می شوند.

(4) Turbine

(5) Mixed Flow: ترکیبی از پمپهای نوع Radial و Axial می باشد.

2- Positive Displacement: برای سیالات لزج و فشار بالا به کار می رود و هیچ کدام نیازی به هواگیری

ندارند و به انواع زیر تقسیم می شود:

(1) Reciprocating: رفت و برگشتی

(2) Rotary: که به دو نوع Vane و Piston تقسیم می شوند. پمپهای پیستونی هم ، به دو نوع Radial و

Axial (بر حسب چیدمان پیستونها) تقسیم می شوند.

(3) Screw Pump: یک پوسته است که داخل آن به شکل حلزون می باشد. screw ها یا المانهای دوار هیچ

تماس فیزیکی با هم ندارند بلکه حرکت ، از طریق چرخنده ها منتقل می شود. این پمپ

به دو نوع Single Screw و Double Screw موجود است. در نوع Double Screw ،

جهت گام دو screw با هم متفاوت است. برای جابجایی سیالات ویسکوز (مثل نفت کوره)

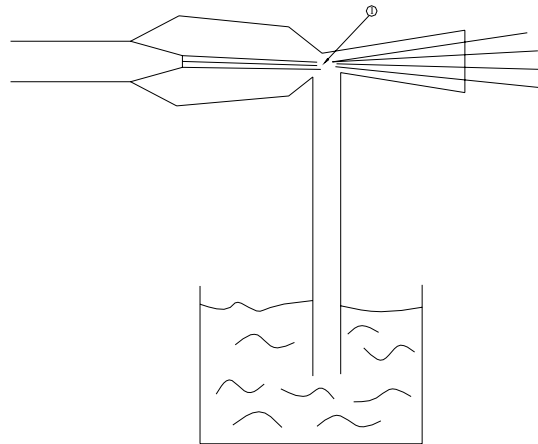
برای روانکای چرخ دنده ها در پمپهای مارپیچی از خود سیال استفاده می شود ولی اگر سیال

با ویسکوزیته پایین باشد حتما باید چرخنده ها بیرون باشند (External) و روغن جهت روانکاری در آن ریخته شود. چرخ دنده ها برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند که انتقال حرکت بطور مستقیم از یک Screw به Screw دیگر نباشد بلکه از طریق چرخنده ها صورت می گیرد.

4) Gear Pump: انواع مختلفی دارد و المانها به شکل چرخنده و در یک پوسته در هم درگیر هستند. در سایزهای کوچک یک چرخ دنده محرک است و دیگری متحرک. مثل Lub. Oil Pump ولی در سایزهای بزرگ نباید چرخنده ها در گیر باشند. این پمپها برای فشار بالا و سیالات لزج مورد استفاده قرار می گیرند.

3 – Special Pumps : که شامل انواع زیر می باشد:

1) Jet Pump: وقتی سیال مایع باشد به آن Eductor و وقتی سیال گاز باشد به آن Ejector گومی گویند. با توجه به شکل زیر با عبور سیال از نقطه (1) فشار استاتیکی افت پیدا می کند در حالیکه فشار دینامیکی بدلیل افزایش سرعت زیاد می شود. با پایین آمدن فشار استاتیکی خلاء نسبی بوجود آمده باعث مکش از مخزن می شود.



2) Diaphragm Pump :



یک نمونه از پمپ سانتریفیوژ

تفاوت اصلی پمپهای دینامیکی و جابجایی مثبت:

- شاخص پمپهای دینامیکی ، پمپ سانتریفیوژ است. معمولا فضای بین روتور و استاتور در پمپهای دینامیکی زیاد می باشد و نیز بین مرحله مکش و دهش ، سیال بطور لحظه ای محصور نمی شود و همیشه رابطه بین سیال داخل پمپ و

بیرون برقرار است ، در حالیکه پمپهای جابجایی مثبت ، بوسیله المانهای موجود در پمپ ، سیال را حبس می کند و آن را تحت فشار قرا می دهند.

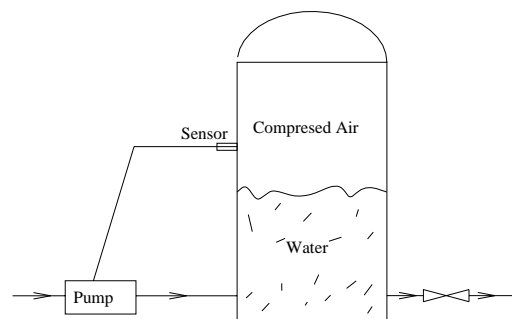
- تمام پمپهای جابجایی مثبت برای تولید فشار بالا و سیال لزج می باشد.
- تمام پمپهای جابجایی Self priming هستند یعنی نیازی به هواگیری ندارند ، چون لقی ها ناچیز است ولی تمام پمپهای دینامیکی به جز یک مورد (Side Channel) Non Self Priming هستند.
- پمپهای جابجایی به دلیل وجود فاصله کم ایجاد خلاء کرده و سیال را به راحتی بالا می کشند.

نکته ها :

- پمپ محوری ، در جاییکه Flow زیاد و فشار کم نیاز است ، استفاده می شود و در حالت عکس ، از پمپ سانتریفیوژ استفاده می شود و بین این دو حالت از پمپ Mixed استفاده می شود.
- در کشتی ، پمپهای Radial Flow و Side Channel زیاد استفاده می شود.
- در پمپها از Impeller استفاده شده و در کاربریهای مربوط به رانش از Propeller استفاده می شود.

هایدرفر (Hydrophore) :

با پایین آمدن سطح آب افت فشار در هوا ایجاد شده و با فرمان سنسور آب مجددا وارد مخزن خواهد شد.



: NPSH

$$NPSH = \frac{P_a - P_{va}}{\rho g} - h_f \pm h_s$$

P_a : فشار حاکم بر سطح مایعی که قرار است پمپ شود

P_{va} : فشار بخار همان سیال

ρ : جرم حجمی

h_f : افت فشار

ارتفاع ستون آب یا فاصله قائم دهنه پمپ تا سطح آزاد سیالی که باید پمپ شود: h_s

نکته : وقتی مخزن پایین تر از پمپ باشد از علامت منفی در NPSH استفاده می شود.

فرمول : $NPSH_{av} > NPSH_{reg}$

$NPSH_{reg}$ را کارخانه سازنده به ما می دهند و مقدار $NPSH_{av}$ را از فرمول بالا بدست می آوریم.

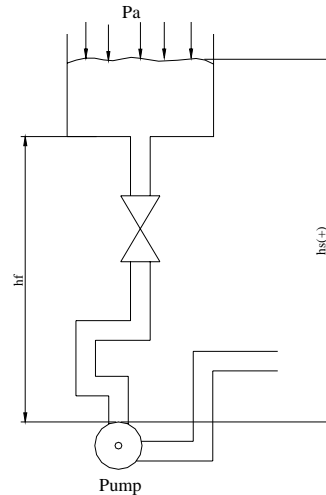
هر چقدر NPSH مورد نیاز پمپ کمتر باشد برای ما بهتر است.

نکته: هر چقدر ساخت پمپ با دقت بیشتری انجام شده باشد ، NPSH آن کمتر خواهد بود.

نکته : بهتر است آب خروجی از کولر را وارد پمپ کنیم چون 10 تا 15 درجه سانتی گراد دمای آن کمتر است بنابراین احتمال

تبخیر آب در دهانه پمپ کمتر خواهد بود و نامساوی بالا برقرار خواهد بود.

اگر در ورودی پمپ ، سیال تبخیر شود اصطلاحاً می گویند پمپ هوا گرفته است.



توان پمپ :

برای تعیین قدرت ، افت فشار خروجی از پمپ در محاسبات در نظر گرفته می شود که در حالت دقیقتر باید افت فشار بخش مکش را هم در نظر بگیریم. در مداری که مسیر خروجی زیاد است افت فشار مسیر ورودی زیاد به حساب نمی آید.

$$Power_{pump} = \frac{Q_s \rho g}{\eta_{pump}}$$

$$Power_{electromotor} = \frac{power_{pump}}{\eta_{EM}}$$

$$\eta_{pump}=50\% - 60\%$$

$$\eta_{electro}=90\%$$

مثال : توان الکترو پمپ تغذیه نیروگاه بخار چقدر است ؟

$$P=80\text{bar}$$

$$T = 540 \text{ c بخار داغ قبل از توربین و خروجی بویلر}$$

$$\text{Power}= 1000000\text{KW توربین}$$

$$T= 80\text{c ورود به پمپ}$$

$$\text{LHV}=40000 \text{ KJ/Kg}$$

تعدادی از مشخصات اصلی پمپهای دینامیکی :

1- قیمت ارزان پمپ نسبت به قدرت مصرفی: اگر موتور محرک پمپ دینامیکی 10KW بوده و موتور محرک یک پمپ غیر

دینامیکی هم 10KW باشد قیمت پمپ دینامیکی کمتر است چون راحت تر ساخته می شود.

2- سادگی اتصال پمپ به ماشین محرک : با یک کوپلینگ راحتی می توان شفت آن را بدون نیاز به جعبه دنده ، به ماشین

محرک وصل نمود.

- 3- جریان یکنواخت سیال : نوسانی در جذب و دفع سیال وجود ندارد و بطور پیوسته جریان سیال موجود بوده و ارتعاش سیستم ناچیز است.
 - 4- نسبت به توان مصرفی فضای کمتری را اشغال می کند.
 - 5- هزینه تعمیر و نگهداری کم.
 - 6- راندمان نسبتا بالا : حدود 60% (بدلیل کم بودن اصطکاک)
 - 7- دامنه کاربری وسیع
- یکی از ویژگیهای منفی این نوع پمپها این است که سیال لزج (مانند سوخت سنگین) را نمی تواند منتقل کند ، بنابراین باید ابتدا سوخت گرم شود سپس توسط پمپهای دینامیکی ، آن را منتقل نمود.
- پمپهای دینامیکی از نوع non self priming بوده و باید ابتدا جابجا شوند.
- پمپ موجود در کشتیهای water jet از نوع محوری است.

تعدادی از ویژگیهای پمپهای رفت و برگشتی :

- 1- سرعت کم (سرعت دورانی شفت) : می دانیم که قطعات محرک ، دارای شتاب می باشند و چون پیستون پمپهای رفت و برگشتی تغییر سرعت دارند پس به این قطعات نیرو وارد می شود ، به همین دلیل نمی توان سرعتشان را زیاد گرفت.
- 2- ظرفیت کم : (حدود $200\text{m}^3/\text{h}$) : چون سرعت پیستون کم است برای کاهش نیروی اینرسی مجبور هستیم از پیستون کوچکتر استفاده کنیم.
- 3- فشار خروجی پمپ زیاد است: به عنوان نمونه نوعی پمپ پیستونی که به عنوان انژکتور استفاده می شود حدود 1400atm فشار تولید می کند.
- 4- جریان غیر یکنواخت : چون عمل دهش و مکش بطور تناوبی صورت می گیرد و جریان تناوبی خود تولید ارتعاش می کند.
- 5- راندمان بالا : شاید راندمان بالا بدلیل بالاتر بودن راندمان حجمی باشد. فرار سیال از بین تیغه ها و برگشت به محل اولیه در پمپهای دینامیکی وجود دارد.
- 6- گرانتز بودن

مشخصات پمپهای دوار :

- 1- ظرفیت کم
 - 2- فشار خروجی متوسط
 - 3- مناسب برای مایعات لزج و غیر ساینده (ذرات جامد و خورنده نداشته باشد).
- نکته : حتی الامکان از پمپهای دینامیکی برای مایعات ساینده استفاده شود
- عمدتا از Gear برای پمپ روغن و یا انتقال سوخت استفاده می شود.

آب شیرین کن :

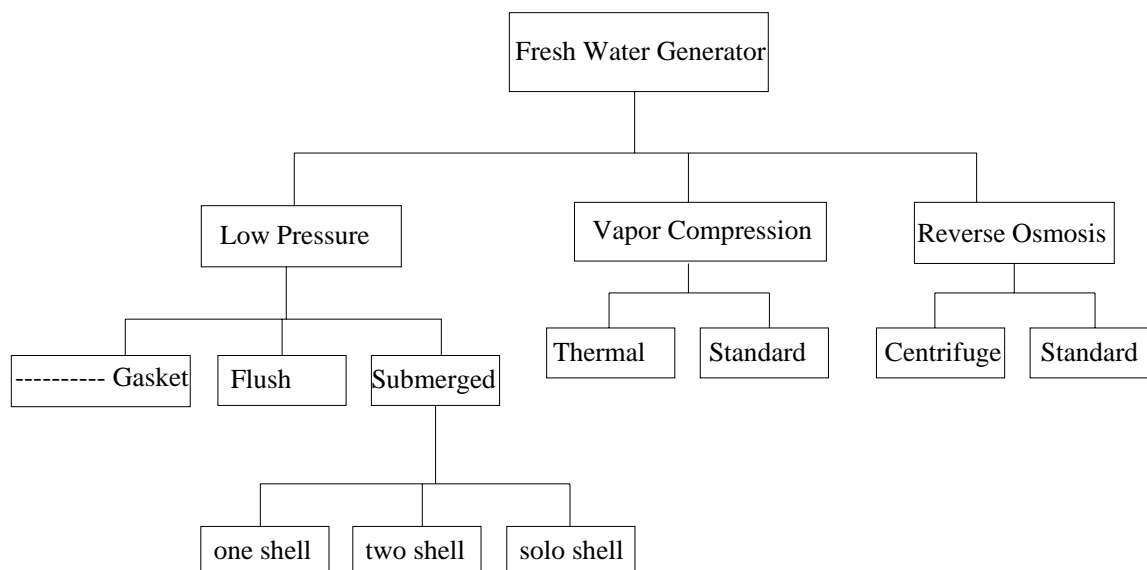
منطقی ترین وسیله حصول آب شیرین در کشتی ، آب شیرین کن است. با این روش می توان بجای اشغال کردن مخازن برای ذخیره آب شیرین ، آنها را با آب بالاست و یا سوخت پر نمود.

آب شرب تا حدود 200-300PPM (Part Per Million) می تواند املاح داشته باشد و طعم بدی هم نخواهد داشت.

برای تامین آب بویلر باید آب شیرین کن در کشتی موجود باشد ، حتی آب خنک کاری موتور هم نمی تواند row water باشد.

املاح Sea water < املاح Row water < املاح Fresh Water

دسته بندی آب شیرین کن ها :



در قایقهای نجات ممکن است از آب شیرین کن اسموزی استفاده شود (در مقیاس خیلی کم) چون نیاز به قدرت ندارد. بدلیل وجود املاح در آب دریا با گرم کردن آب به شکل رسوب، روی دیواره و کف ظرف ظاهر می شود (چون از حالت محلول خارج می شود). نکته: بطور متوسط در سراسر کره زمین میزان املاح آب دریا را 32000ppm در نظر می گیرند.

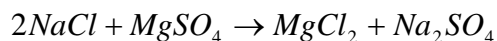
مشخصات املاح در نمونه ای از آب دریا:

79%	2500 ppm	NaCl
10%	3000 ppm	MgCl ₂
6%	2000 ppm	MgSO ₄
4%	1200 ppm	CaSO ₄
1%	200 ppm	Ca(HCO ₃) ₂

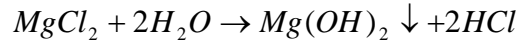
مشخصات نمونه ای از آب شرب :

50 ppm	NaCl
35 ppm	NaNO ₃
30 ppm	MgSO ₄
90 ppm	CaSO ₄
200 ppm	CaCO ₃

نمک طعام موجود در آب دریا رسوب نمی کند. آب دریا (و آبی که حاوی کلرید سدیم است) در اثر گرم شدن فقط کف می کند (بطور ظاهری) مثل امواجی که به ساحل برخورد می کنند.

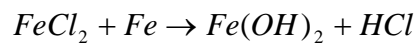
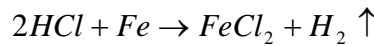


کلرید منیزیم ، فقط در شرایطی خاص (اگر املاحی برای اصلاح خواص آب به آن اضافه شود و یا تحت فشارهای مختلف) با آب واکنش می دهد.



$Mg(OH)_2$ یک رسوب سفید رنگ می باشد. رسوب سفید رنگ حاصل را می توان با اضافه کردن برخی مواد شیمیایی ، آنرا به صورت لجن در آورده و سپس آنرا جمع کرد.

کلرید منیزیم نیز در اثر ترکیب با آب تولید اسید کلریدریک می کند که ایجاد خوردگی می نماید. اسید کلریدریک حاصل نیز با فولاد ترکیب می شود.



کلور آهن دوباره با آهن ترکیب شده و مجددا تولید اسید می کند. بنابراین تا زمانی که فولاد وجود داشته باشد این واکنش مرتب انجام می شود و اگر تمهیدات خاصی برای حفاظت قطعات فولادی اتخاذ نکنیم (مثل بدنه کشتی و یا پایه سکو و یا قطعات آب شیرین کن) باعث تخریب آنها خواهد شد.

بنابراین نباید اجازه دهیم دمای آب دریا از حدود 50-55C بالاتر رود.

سولفات منیزیم هم اگر به حالت اشباع برسد تشکیل رسوب می دهد.

سولفات کلسیم بدترین نوع رسوب است . این رسوب روی سطوح انتقال حرارت رسوب می کند و چون قابل جدا شدن نیست به شدت ضریب انتقال حرارت را کاهش می دهد. بعضی از نمکها از جمله سولفات کلسیم اگر درجه حرارت محیط افزایش پیدا کند از حالت انحلال خارج می شوند و رسوب می کنند.

بی کربنات کلسیم: این ماده در



اثر گرم شدن و تجزیه رسوبی

تحت عنوان کربنات کلسیم

بدست می آید.

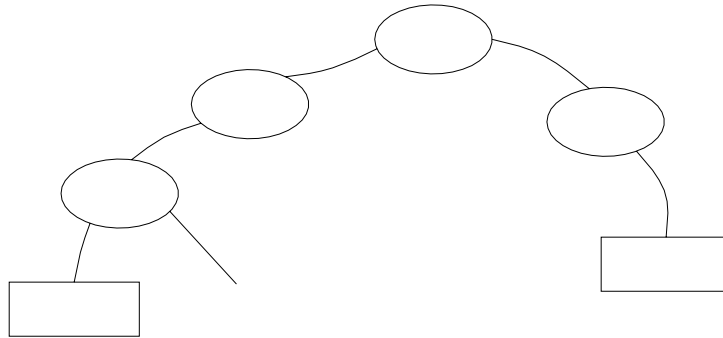
در اثر گرم شدن آب دریا این سه رسوب بوجود می آیند:

CaCO₃ -1

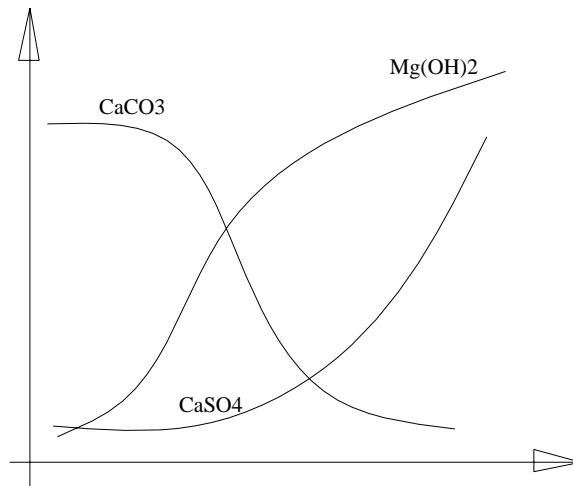
Mg(OH)₂ -2

-3 CaSO₄: این رسوب سخت ترین است.

اگر از آب شیرین هم استفاده شود رسوباتی در مبدل‌های حرارتی ممکن است بوجود آید که مقدار آن کم است (آب بویلر-2 (10ppm



طرز کار آب شیرین کن



دیاگرام مقدار رسوب بر اساس درجه حرارت

برای جلوگیری از ایجاد رسوب بهتر است آب را در دمای پایین (40-45C) تبخیر نماییم (با کاهش فشار سطح مایع) اشکال این روش این است که چون دما پایین است یکسری باکتریها موجود در آب باقی مانده و کشته نمی شوند و برای انسان مضر می باشد بنابراین لازم است با کلر زدن و استفاده از اشعه ماوراء بنفش آن را استریلیزه نمود.

نکته: Distillate: آبی که از آب شیرین کن به دست می آید.
 Condensate: آبی که در بویلر مصرف می شود.

عوامل موثر بر عملکرد آب شیرین کن:

- میزان تبخیر آب دریا در آب شیرین کن بستگی به میزان انرژی حرارتی است که به آب دریا داده می شود دارد. (برخی از آب شیرین کن ها مثل Revers Osmosis فقط به انرژی مکانیکی نیاز دارد) و عوامل مهم دیگر عبارتند از :
- 1- فشاری که در آن انتقال حرارت صورت می گیرد: در دستگاه آب شیرین کن و در بخش تبخیر کننده هر چقدر فشار بیشتر باشد میزان آب شیرین تولیدی کاهش پیدا می کند.
 - 2- اختلاف درجه حرارت دو سیال (بخار و آب دریا) : این مربوط به بخش تقطیر شدن است . درجه حرارت آب دریا همواره می باید کمتر از درجه حرارت بخار باشد.
 - 3- سطح انتقال حرارت بین دو سیال: هم مربوط به تبخیر کننده و هم چگالنده.

- 4- ضرایب انتقال حرارت در سیال و نیز موادی که مبدلها از آنها ساخته شده اند : برخلاف تصور ظاهری جنس مواد فلزی در ارتباط با ضریب انتقال حرارت کلی ضریب تاثیر کوچکی دارند. عمده عامل موثر سرعت سیال، ویسکوزیته سیال، ضخامت لایه مرزی و ... می باشند.
- 5- دبی یا سرعت (هر دو سیال)
- 6- تمیز بودن سطوح انتقال حرارت

محدودیتهای استفاده از آب شیرین کن : (در جهت حفظ سلامت افراد)

- 1) در مصب رودخانه ها (محل ورود رودخانه به آب دریا) و یا حتی رودخانه ها بدلیل آلودگی آب ، وجود فاضلاب و یا مواد نفتی.
- 2) در شعاع حدود 12 مایلی از ساحل آب شیرین کن نباید کار کند.
- 3) در محلهایی که آب محدود و محصور است و یا جریان آب کند است : مثل دریاچه های کوچک.

ظرفیت آب شیرین کن مورد نیاز یک شناور :

$$M = 0.013P_M + 12.62$$

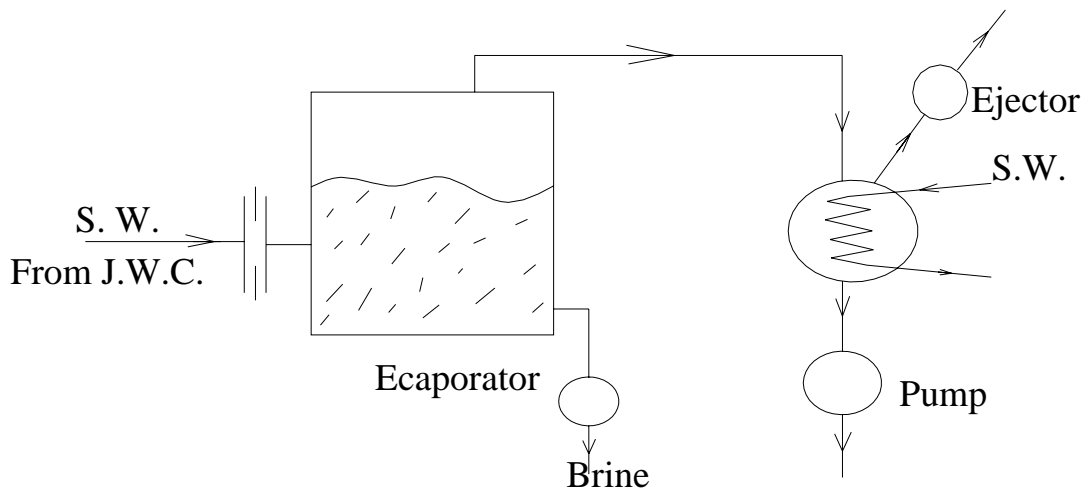
M : ظرفیت آب شیرین کن بر حسب کیلوگرم بر ساعت

P_M : توان موتور بر حسب کلو وات

Z : تعداد پرسنل و خدمه

آب شیرین کن کم فشار (نوع Flash) :

چون دمای آب دریا بالاتر از دمای اشباع فشار موجود می باشد آب دریا به سرعت تبخیر می شود.



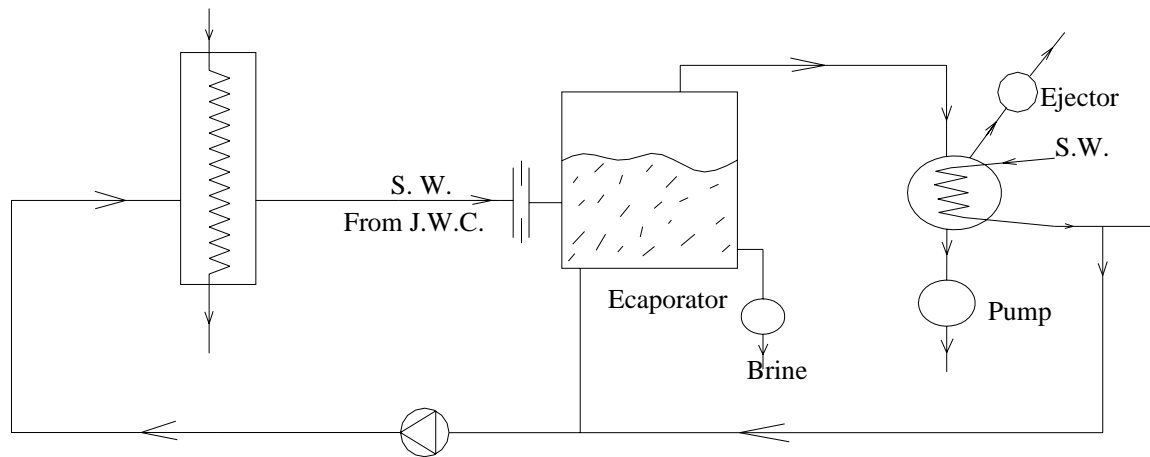
چون آب دریا حاوی اکسیژن و یکسری گازهای غیر قابل تقطیر می باشد از پمپ خلاء استفاده می کنیم چون وجود گازها روی لوله های تبخیر کننده باعث کاهش ضریب انتقال حرارت و همچنین افزایش خوردگی می شود.

علت وجود Throttle Disk این است که فشار کمتر از فشار $S.W.$ Pump گردیده و جریان از مخزن تبخیر کننده به طور عکس حرکت نکند.

راندمان سیستم تقریبا 2.5% است (راندمان پایین) و باید از یک پمپ قوی جهت تخلیه آب نمک استفاده کرد. مزایای این سیستم رسوب کم آن است.

مثال : درجه حرارت آب دریا ورودی به آب شیرین کن (تبخیر کننده) 50c است فشار داخل تبخیر کننده 0.06bar است . 2ton آب شیرین در ساعت نیاز داریم چه مقدار آب دریا باید وارد سیستم شود؟

نوعی دیگر از آب شیرین کن نوع Flash :



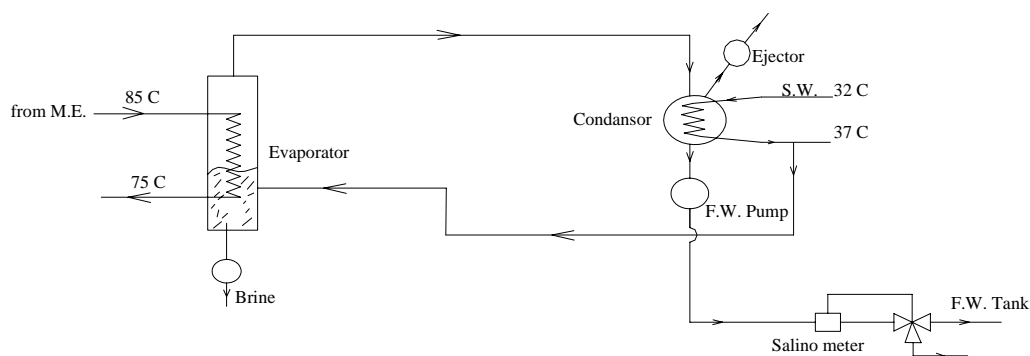
از مزایای آب شیرین کنهای کم فشار رسوب گذاری کم است. حداکثر دمای آب دریا 50c است. برای سیستم بالا حدود 25٪ از آب تغذیه به آب شیرین تبدیل می شود. نوع دیگری از آب شیرین کن Flash وجود دارد که دومرحله است و اساس کار آن با نوع قبلی یکی است فقط تنها تفاوت آن بیشتر بودن ظرفیت آب شیرین تولیدی است. راندمان آب شیرین کن: نسبت وزن آب شیرین کن تولیدی به میزان سوخت مصرفی می باشد.

$$\eta_{FWG} = \frac{m\dot{Q}_{FW}}{m\dot{Q}_{fuel}} \quad (13-200)$$

- 13 Flash Single Stage
- 50 Flash Double stage
- 75 Flash Three Stage
- 200 Vapor Compression

گاهی اوقات یک شوری سنج پس از کندانسور قرار می گیرد که اگر میزان شوری زیاد باشد آن آب را به مخازن آب شیرین جهت استفاده در شستشو، هدایت می کند.

آب شیرین کن نوع (Boiling) Submerged :



مسئله : با توجه به شکل بالا و اطلاعات زیر موارد خواسته شده را بدست آورید.

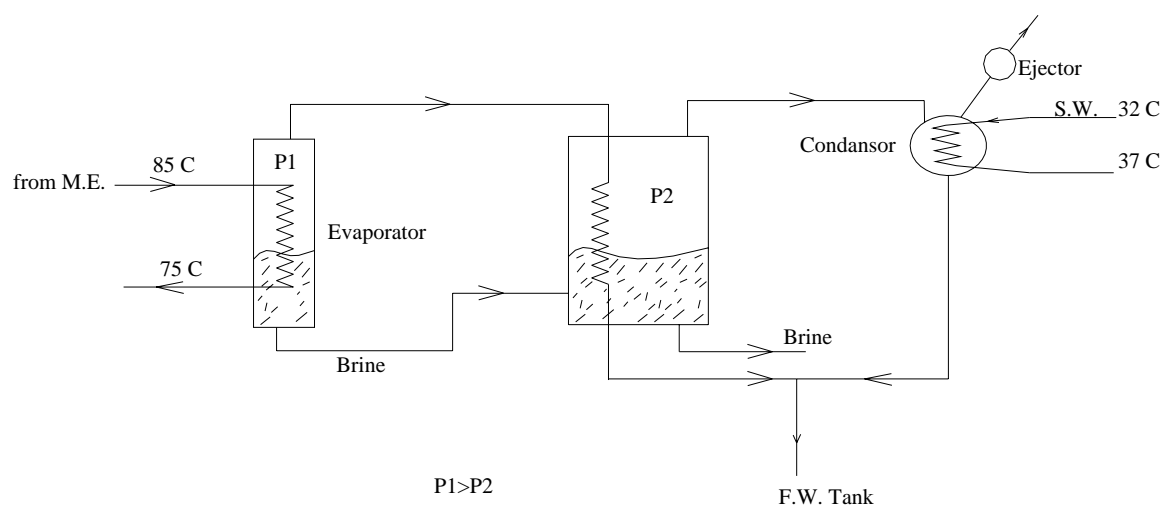
$$\rho_{S.W.} = 1019 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\rho_{F.W.} = 975 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$C_p = 4.18 \text{ kJ} / \text{kg}$$

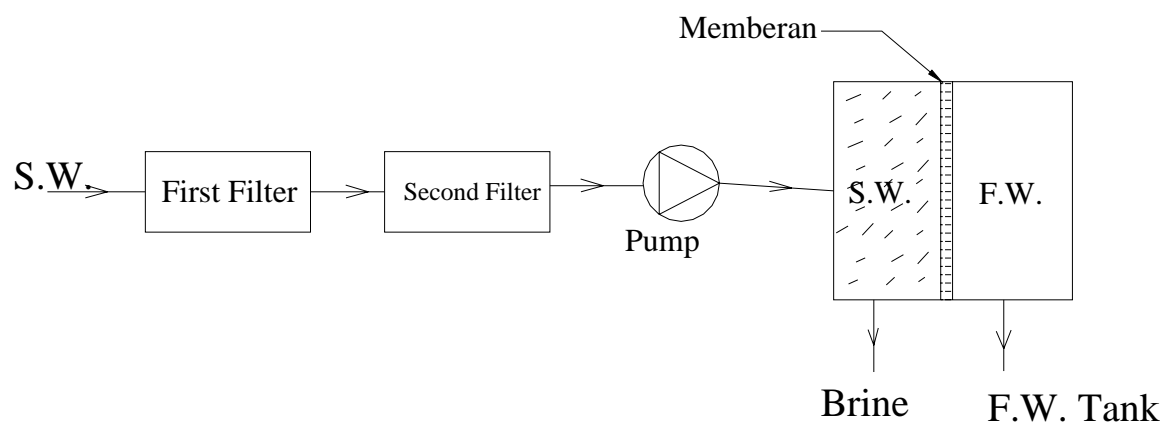
- 1- توان حرارتی مورد نیاز؟
- 2- دبی حجمی آب گرم کننده؟
- 3- دبی آب دریا در ورود به کندانسور؟

برای افزایش قابلیت آب شیرین کن ، از آب شیرین کن چند مرحله ای استفاده می شود:



آب شیرین کن RC (Reverse Osmosis F.W.G.):

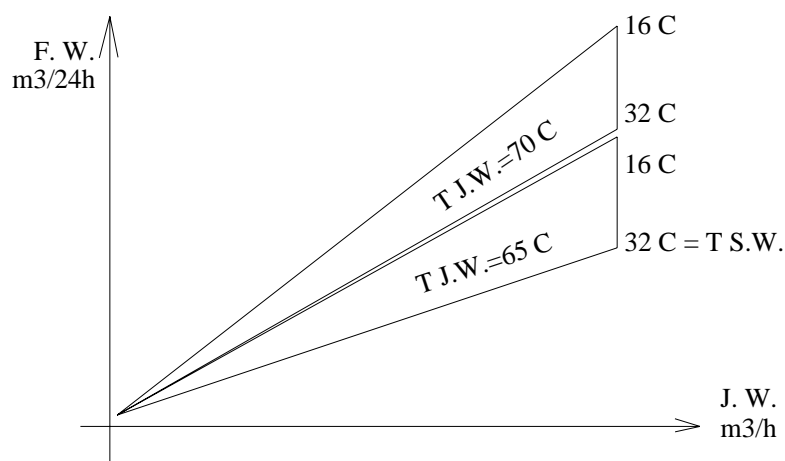
این سیستم در محلی استفاده می شود که بخار موجود نباشد. پوسته آن به صورت کارتریج است و باید پس از مدتی تعویض شود. تعمیر و نگهداری این آب شیرین کن راحت است ، این آب شیرین کن تنها 45 تن آب در روز تولید می کند. چون در این روش آب دریا حرارت نمی بیند ، احتمال آلودگی وجود دارد. در نوع گریز از مرکز این آب شیرین کن بجای پمپ از یک پوسته استوانه ای دوار که آب وارد آن می شود استفاده می گردد.



عامل کاهش بیشتر شوری آب دریا در آب شیرین کن ، بالا بردن فشار پمپ آب است. به ازاء 1ppm شوری ، باید مقدار 0.01psi فشار پمپ را افزایش دهیم.

با توجه به نمودار زیر داریم:

- افزایش دبی J. W. میزان F. W. را افزایش می دهد.
- کاهش دمای S. W. باعث افزایش F.W. می شود.
- افزایش دمای J. W. باعث افزایش F.W. می شود.



Compressed Vapor F.W.G.

در این روش ابتدا بخار توسط یک کویل الکتریکی تولید می شود سپس بخار تولید شده وارد یک کمپرسور می شود و بخار خروجی از کمپرسور که فشار و دمای بالاتری دارد ، در بازگشت باعث تبخیر کردن آب دریای ورودی به آب شیرین کن شده و خود مایع می شود. این آب شیرین کن فقط برای راه اندازی اولیه کمپرسور نیاز به انرژی دارد. در مناطقی که آب دریا سرد است گاهی اوقات یک یا دو المنت را روشن می گذارند.

محدودیت‌های استفاده از آب شیرین کن:

- 1- محدوده راه‌های آبی داخلی
 - 2- در شعاع 10 مایلی ساحل
 - 3- در مصب و در داخل وردخانه‌ها
 - 4- آبهای محصور و خلیج‌های کوچک که جریان تازه آب در آن کم است.
- حسن آب شیرین کن های کم فشار ، کم بودن میزان رسوب و کمتر مورد نیاز بودن انرژی جهت تولید بخار است. ضعیف شدن کارایی دستگاه در اثر کاهش خلاء در تبخیر کننده باعث می شود که : (افزایش فشار ددر دستگاه)
- 1) مقدار تولید آب شیرین کاهش پیدا کند.
 - 2) درجه حرارت تبخیر کننده و در نتیجه میزان رسوب افزایش پیدا کند.
 - 3) کاهش کیفیت آب تولید شده : اگر دما را زیاد نکنیم آب دریا بخوبی تبخیر شده و ذرات آب دریا و بخار با هم آمیخته نمی شوند.
- اگر Flow آب دریا زیاد شود سرعت آب در کویل ها و مسیرها افزایش پیدا کرده و کیفیت آب تولیدی کاهش پیدا می کند چون ذرات ریز آب دریا با آب شیرین آمیخته می شود. (پدیده تداخل) عامل دیگر ایجاد تداخل کاهش خلاء در تبخیر کننده است. افزایش سرعت در لوله ها باعث خوردگی زیاد و سرو صدا در لوله ها و افزایش توان پمپ بدلیل زیاد شدن افت فشار می شود.

کمپرسور و هوای فشرده (Compressor & Compressed Air) :

از هوای فشرده در کشتی برای شیرهای کنترل ، باز کردن مجاری مسدود شده ، تمیز کردن و نظافت ، در برخی از جنگ افزارها در شناورهای نظامی ، در کشتیهای لوله گذار جهت قرار دادن لوله در آب در کشتیهای لوله گذار آب موجود در STRINGEAR را توسط هوای فشرده تخلیه می کنند. کاربرد عمده هوای فشرده در کشتی به عنوان استارت موتور اصلی و یا دیزل ژنراتور است. همه موتورهای توسط هوای فشرده استارت نمی خورند.

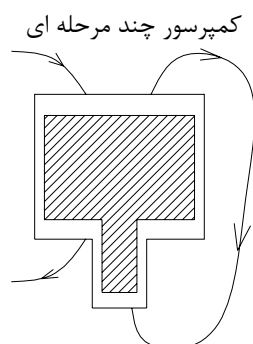
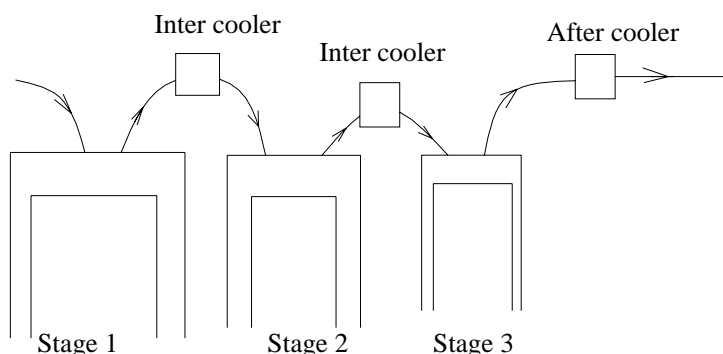
وسایل مورد استفاده جهت تولید هوای فشرده :

مولد هوای فشرده (کمپرسور):

دبی ایجاد شده توسط کمپرسور برای مصارف لحظه ای کفایت می کند ، بنابراین می توان از مخزنی جهت ذخیره هوای فشرده استفاده نمود. برای روغن کاری کمپرسور از روغنهایی از جنس مواد هیدروکربنی استفاده می شود. این روغن اندکی در جریان هوا قرا می گیرد بنابراین ، فیلترهایی در مسیر هوا قرار می دهند تا ذرات روغن را از هوا جدا نماید. کمپرسورها معمولا از نوع پیستونی یا Screw هستند. البته می توان از نوع دیگر هم استفاده نمود. در کشتیهای تجاری بدلیل وجود Flow یا حجم کم معمولا از کمپرسور پیستونی استفاده می شود. توان کمپرسور جهت حرکت و میزان ظرفیت هوای تحت فشار آن در زمان مورد نظر از فاکتورهای مهمی است که باید در مورد آن آگاه باشیم.

از فاکتورهای دیگر کمپرسور یک مرحله ای و یا چند مرحله ای بودن آن است. ممکن است یک کمپرسور دو مرحله ای باشد یعنی در یک سیلندر هوا متراکم شده و در مرحله بعد در یک سیلندر دیگر متراکم تر شود. در مرحله دوم و ... قطر سیلندر باید کمتر باشد. مثلا اگر در مرحله اول ، قطر پیستون 150mm در مرحله دوم قطر پیستون 80mm و در مرحله سوم حدود 40mm است. البته لازم است که بین مراحل تراکم کولر وجود داشته باشد.

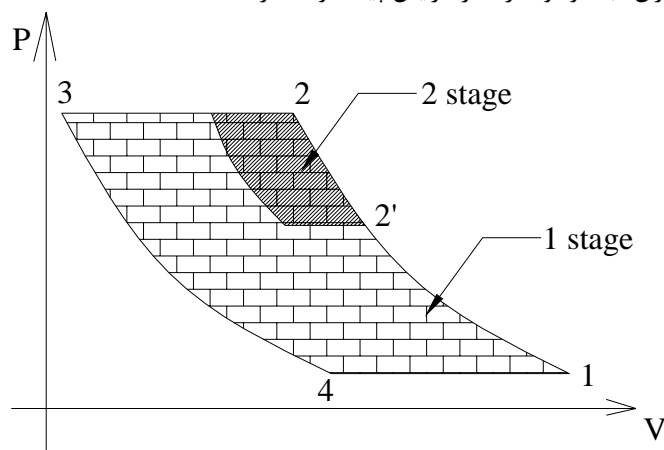
علت کوچکتر شدن قطر سیلندر بالانس کردن نیروهای وارده بر میل لنگ است. چون فشار افزایش پیدا می کند سطح مقطع باید کاهش پیدا نموده تا نیرو ثابت بماند. ($F=PA$)



نوعی دیگر از کمپرسور دو مرحله ای

چون با افزایش فشار دمای هوا هم افزایش پیدا می کند لازم است تا بدنه کمپرسور با هوا یا آب خنک شود. بنابراین Intercooler بین مراحل نصب می شود و در خروجی از آخرین مرحله After cooler نصب می شود. سرد شدن هوا این خاصیت را دارد که توان مصرفی کمپرسور را در بین مراحل پایین می آورد. و دیگر اینکه اگر هوای گرم وارد پیستون شود باعث تبخیر روغن روانساز شده که ممکن است منجر به انفجار شود. علت نصب After cooler در آخرین مرحله این است که لوله های خروجی عایق نیستند و ممکن است باعث سوختن دست افراد شود و علت دیگر این است که هوا به نقطه شبنم می رسد و بخار آب بوجود آمده در هوا به مایع تبدیل شده و از لاین خارج می شود.

مقداری از بخار آب هم ممکن است وارد مخزن اصلی شود و در کف مخزن جمع شود که هر از چند گاهی باید تخلیه آب در مخزن صورت بگیرد تا خوردگی صورت نگیرد. اگر خوردگی هم صورت نگیرد این آب از حجم مفید مخزن کم می کند و اگر هم با هوا خارج شود و وارد وسایل که هوای فشرده در آن استفاده می شود وارد گردد باعث خوردگی و زنگ زن آنها خواهد شد که اگر خنک کردن در انتها انجام نگیرد میزان آب موجود در مخزن افزایش پیدا خواهد کرد.



نموداری فشار - حجم

$$N = \frac{nL_{iso}}{\eta_{iso}\eta_m} = \frac{p_1 Q_1 \ln \frac{p_2}{p_1}}{\eta_c}$$

$$PV^n = cte$$

$$n = 1.32 \text{ (Compression)}$$

$$n = 1.2 \text{ (Expansion)}$$

$$\eta_m = 0.8 - 0.93$$

$$\eta_{isothermal} = 0.65 - 0.85$$

n = دور کمپرسور

$$Q = V.n = n[1 - a(\varepsilon^{1/ne} - 1)]\lambda_{th}\lambda_L\lambda_V\lambda_d$$

$$n_e = 1.2$$

V = حجم کل

n = دور

λ = حجم جابجایی

λ_{th} = ضریب گرم شدن هوای ورودی به سیلندر کمپرسور (در اثر تماس با سوپاپ و جداره سیلندر) (0.9-0.95)

λ_L = ضریب نشتی (هوا از جداره سیلندر فرار می کند)

λ_V = سیلندر به دلیل افت فشار مسیر کاملا پر از هوا نمی شود. (0.7-0.9)

α = حجم مرده

ε = نسبت فشار ورودی به خروجی (P2/P1)

$$\alpha = \frac{V_{cl}}{V_d}$$

در صورتی که سوپاپ ورودی و خروجی داخل سر سیلندر است = 0.02-0.06

در صورتی که سوپاپ روی بدنه سیلندر باشد (افت فشار بیشتر) = 0.2

$$V_d = \frac{\pi D^2}{4} S = \text{حجم جابجایی}$$

S = کورس پیستون

D = قطر سیلندر

مثال : ظرفیت و توان را برای یک کمپرسور تک مرحله ای با مشخصات زیر ، تعیین کنید.

$$\text{Bore} = D = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Stroke} = h = 300 \text{ mm}$$

$$n = 400 \text{ RPM}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 600 \text{ kpa} = 6 \text{ atm}$$

$$a = 0.04$$

$$\lambda_{th} = 0.95$$

$$\lambda_L = 0.97$$

$$\eta = 0.85$$

$$\eta_{iso} = 0.75$$

$$\eta_e = 0.75$$

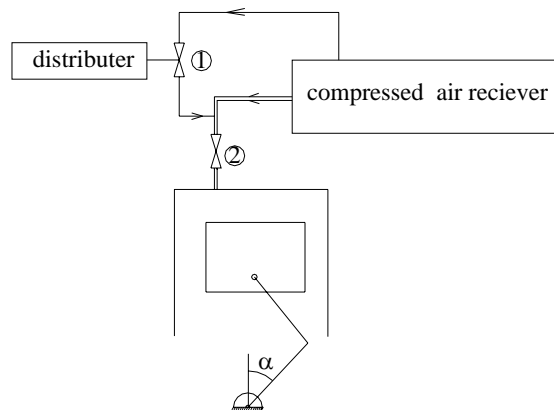
$$\eta_v = 0.75$$

راه اندازی موتور دیزل به کمک هوای فشرده بصورت مستقیم :

در کشتی ، دیزل ژنراتور و موتور اصلی به طریق زیر راه اندازی می شود :

برای هر سیلندر یک ورودی هوای فشرده وجود دارد. میل لنگ باید در موقعیتی قرار بگیرد که پیستون در حال پایین آمدن (کورس قدرت در موتور چهار زمانه) باشد.

حداقل تعداد سیلندر برای موتور دو زمانه که نیازی به تنظیم نداشته باشد 3 سیلندر و برای موتور 4 زمانه 6 سیلندر است. در غیر این صورت باید فلاپویل را آنقدر بچرخانیم تا پیستون در وضعیت مورد نظر قرار بگیرد.



توزیع کننده ها از طریق چرخ دنده به میل لنگ متصل است تا اگر میل لنگ در شرایط مناسب (آلفا بین 2 تا 10 درجه) باشد توزیع کننده شیر 2 را باز می کند و شیر 2 باعث می شود شیر 1 باز شود. (شیر 2 شیر فرمان است) البته وقتی پیستون پایین رفت شیر 1 قطع می شود و اگر موتور روشن نشد دوباره پیستون بالا می آید و دوباره این کار تکرار می شود.

اگر شناور سیستم Revers داشته باشد دیگر لازم نیست سوخت را قطع کرد و با کلاچ ارتباط شفت و موتور را قطع می کنیم.

زمان مورد نیاز برای ترمز کردن کشتی : (!)

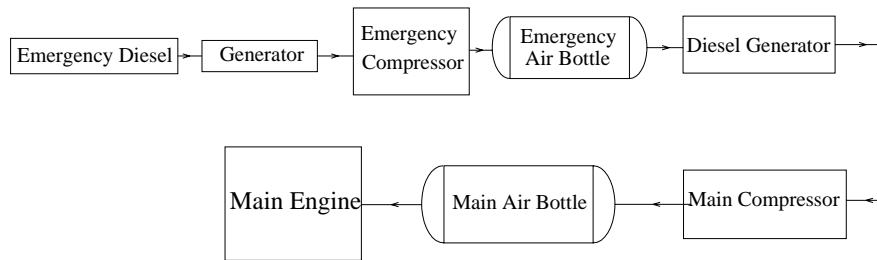
نوع شناور	سرعت	فاصله پیمودن در هنگام ترمز کردن	زمان ترمز کردن کشتی
Oil Tanker 16000 ton	7	1.4 mile	32 minute
Oil Tanker 65000 ton	17	6 mile	60 minute

موتور Low Speed کراس هد به صورت چپ و راست کار می کند ، بنابراین در هنگامی که مانعی در مقابل کشتی قرار بگیرد یک سیستم هیدرولیک جهت حرکت بادامکهای پمپ انژکتور ، سوپاپ دود و توزیع کننده را معکوس می نماید ، قبل از اینکه سیستم هیدرولیکی بکار بیفتد ارسال سوخت متوقف شده و موتور خاموش می شود.

مجموعه هوای قابل استفاده در مخزن هوای فشرده باید مقداری باشد که برای موتور با دور معکوس ، قادر باشد برای 12 بار استارت ، تامین هوای فشرده کند.

مجموعه هوای قابل استفاده برای موتور Non Rev. باید بتواند هوای فشرده برای 6 بار استارت زدن را تامین کند.

در صورت خاموش شدن موتور اصلی و دیزل ژنراتور سیکل پایین باید طی شود :



حداکثر فشار هوای لازم مخزن برای موتور کم سرعت کراس هد ، 30atm است و حداقل فشار لازم 12atm. فشار مورد نیاز برای مصارف جانبی (نظافت ، باز کردن لوله ها ، آچار بادی و...) 7bar است. حداقل دو دستگاه کمپرسور که ظرفیت هر کدام برای شارژ مخزن در یک ساعت کافی باشد نیاز است. ممکن است چندین کمپرسور در موتور خانه وجود داشته باشد که بزرگترین آنها باید در طول یک ساعت مخزن را شارژ کند. ظرفیت کمپرسور اضطراری باید مقداری باشد که تا سه بار بتواند هوای استارت دیزل ژنراتور را فراهم کند. شرایط وارد کار شدن کمپرسور اضطراری :

- 1- کلیه مخازن ، خالی باشد.
 - 2- دیزل ژنراتور خاموش باشد.
 - 3- کمپرسورهایی که با الکتروموتور کار می کنند قادر به کار نباشند.
- کمپرسور اصلی بین محدوده 26 تا 30 اتمسفر عمل می کند. (26 شروع به کار و 30 قطع می کند). به عنوان یک ضریب ، حدود 3 تا 5 برابر حجم سیلندرهاى موتور ، هوا جهت یکبار استارت زدن مورد نیاز است. با افزایش تعداد سیلندرها از این مقدار کاهش پیدا می کند و از دشواری کار کاسته می شود.
- همچنین داریم :

$$I = 5.4 - 0.13Z$$

اگر I را در حجم کلی موتور ضرب کنیم عدد بدست آمده میزان هوای لازم برای یک بار استارت زدن است. همچنین داریم :

$$I = 6.8 e^{-0.1Z}$$

$$V_s = V_d * I = (\pi B^2 / 4) * S * Z * I$$

$$V_{total} = K V_s = K (\pi B^2 / 4) * S * Z * I \quad [m^3]$$

$$Q = V' = V_{total} / t \quad [m^3/h]$$

K = 6 non Rev.

K=12 Rev.

B = قطر سیلندر

Z = تعداد سیلندر

S = کورس پیستون

$$\text{حجم مخزن} = V_R = P_0 / (P_{\max} - P_{\min}) * V_{\text{tot}} [\text{m}^3]$$

تصفیه سوخت و روغن در کشتی :

روغن مورد استفاده در روغن کاری موتور ، پس از مدتی استفاده ، ناخالصیهایی مثل براده های فلزی (مانند چدن ، فولاد ، بابت و ...) به آن اضافه می شوند. ذرات کربن ناشی از احتراق هم می توانند وارد روغن شوند. در بعضی از موارد ، مثل موتور کم سرعت ، این روغن با اتاق احتراق ممکن است در تماس باشد و وارد کارترنشود. همچنین آب هم ممکن است در اثر چگالش آب وارد روغن شود که تمام اینها باعث ایجاد خوردگی در موتور خصوصا سیلندر و انژکتور سوخت می گردد. بنابراین بایستی روغن را تصفیه نمود.

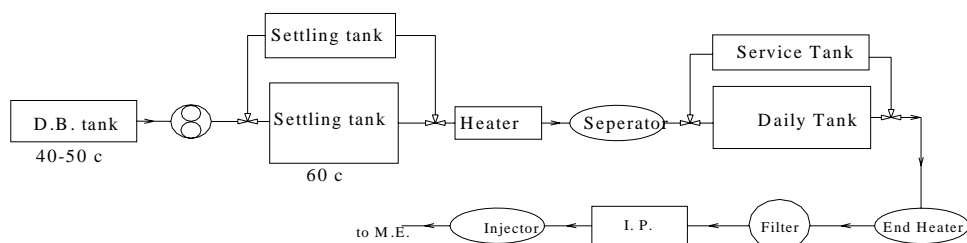
روشهای تصفیه روغن و سوخت در کشتی

1- استفاده از مخازن رسوب گیر (settling tank)

2- فیلتر

3- دستگاه مکانیکی سانتریفیوژ که دو نوع است : clarifier و purifier

فیلتر نمی تواند مانع از عبور آب شود و فقط ذرات جامد را می گیرد. مخازن رسوب گیر هم 24 ساعت سوخت را در آن نگه می دارند و چنانچه املاح (چه مایع و چه جامد) اگر جرم مخصوصی بیشتر از روغن داشته باشند از طریق شیری در کف مخزن از روغن و سوخت جدا می شوند. اگر حدود 6 ماه ، سوخت و یا روغن را در مخزن رسوب گیر قرار دهیم حد 90 تا 95 درصد ناخالصیها را می تواند جدا کند ولی در مدتا 24 ساعت ، زیاد نمی تواند این کار را انجام دهد.

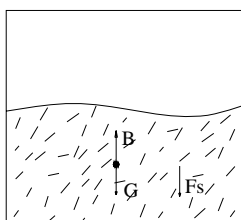


نکته:

سوخت خیلی پست با قیمت ارزان : $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$ تصفیه کردن این سوخت خیلی سخت تر است. سوخت متوسط $\rho = 991 \text{ kg/m}^3$

24 ساعت فرصت داریم تا سوخت را در settling tank راکت بگذاریم تا ناخالصی رسوب پیدا کند. (که فرصت زیادی نیست).

حداقل 2 عدد تانک سوخت در کشتی وجود دارد.



$$F_s = G - B = \pi d^3 / 6 * \rho_i (\text{impurity}) g - \pi d^3 / 6 * \rho_0 g \Rightarrow F_s = \pi d^3 / 6 * g (\rho_i - \rho_0)$$

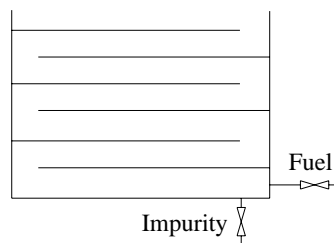
$$F_r = 3\pi\mu V_v d$$

وقتی ذره پایین تر می آید با سرعت بیشتری به سمت پایین می آید. زمانی که F_s و F_r مساوی شوند ، ذره با سرعت ثابت V_v به سمت پایین می آید :

$$F_r = F_s \Rightarrow V_v = d^2 (\rho_i - \rho_0) g / 18\mu$$

هر چقدر μ کمتر باشد سرعت رسوب کردن بیشتر است و زمان رسوب کردن کوتاهتر ، در نتیجه می توان **Settling Tank** را با کویل گرم کرد.

این اصل (گرم کردن با کویل) اساس کار **Settling Tank** می باشد.



داریم :

$$V' = A [d^2 (\rho_i - \rho_0) g / 18\mu] \text{ [m}^3/\text{Sec]}$$

با توجه به فرمول بالا ، می توان نتیجه گرفت هر چه سطح تانک بیشتر باشد ، حتی رسوبهایی با قطر خیلی کم هم رسوب می کنند. چون محدودیت جا داریم ، برای رفع این مشکل می توان مخزن را طبقه بندی کرد. این کار ظرفیت تصفیه را بیشتر می کند.

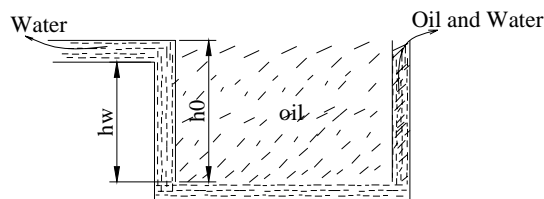
(البته تانکهای واقعی اینسور نیست و **Separator**ها چیزی شبیه این هستند).

حجم مخزن **Settling Tank** باید طوری باشد که مقدار حجم سوخت یک شبانه روز مصرف شناور را داشته باشد.

دستگاه Oily Water Separator: این دستگاه آب و سوخت را از هم جدا می کند. همانطور که می دانید روغن مصرف شده

را در **Dirty Tank** ذخیره کرده و در بندرگاه به بارج تحویل داده و یا آنرا در کوره زباله سوزی سوزانیم. آب را هم که

باید حداکثر 100ppm ناخالصی داشته باشد به دریا می ریزند.



مزیت‌های Separator نسبت به Settling Tank

1- مقدار سطوحی که برای **Separator** وجود دارد بیشتر از یک تانک معمولی است. (صد تا از این کاسه ها وجود دارد).

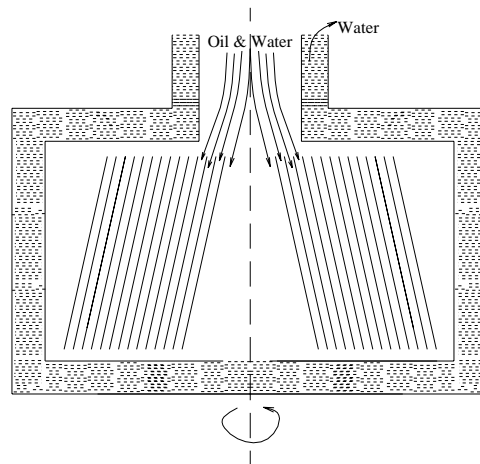
از شکل 1 داریم :

$$\rho_w = h_w g = \rho_0 h_0 g \Rightarrow h_w = \rho_0 / \rho_w * h_0$$

Gravity Disk: اگر روغن یا سوخت چگالی اش زیاد شود:

اگر ρ_0 زیاد شود h_w زیاد می شود و از خروجی آب ، روغن هم که به آب فشار آورده نیز نشت می کند. برای از بین بردن این مشکل h_w را به جای پایین ، از بالا اضافه می کنیم.

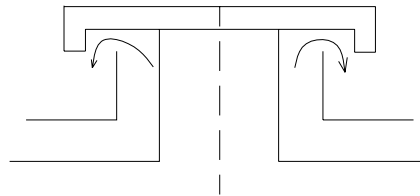
2- به جای گدر تانک در **Separator** از $(r\omega^2)$ استفاده می شود.



کاسه Clary fire سوراخ ندارد (چون جامدات را جدا می کند).

کاسه Pure fire سوراخ دارد چون آب را هم جدا می کند.

Gravity disk: قطر داخلی این دیسکها فرق می کند و با مشکل گفته شده ، می توان از یک دیسک تنگ تر استفاده کرد.



قبل از اینکه فصل مشترک بین آب و روغن ایجاد نشده ، از خروجی آب ، روغن هم خارج می شود. پس برای رفع این مشکل ، در ابتدای کار separator ، به طور عمودی آب اضافه می کنند تا فصل مشترک ایجاد شود. هر چه flow ورودی به دستگاه بیشتر باشد خروجی ناخالص تر است. و هر چه flow کمتر شود امکان رسوب گیری ذرات بیشتر می شود.

$$V' = A[d^2(\rho_i - \rho_0)g / 18\mu]$$

که از فرمول بالا نتیجه می گیریم که اگر V' افزایش پیدا کند d نیز افزایش پیدا کند. سوخت قبل از این که وارد Separator شود بایستی گرم شود.

به عنوان یک رابطه تجربی داریم :

$$V'_{opt} = N * V * S / 24$$

که در آن :

N = توان موتور بر حسب اسب بخار (موتوری که می خواهید روغن آنرا تصفیه کنید).

V = مقدار حجم روغن موتور را به ازای هر اسب بخار (1-2 lit/hp)

S = تعداد دفعاتی که کل روغن موتور در یک شبانه روز تصفیه می شود

$$1.5 < S < 5$$

مثال : موتوری با 6000hp ، $V=1$ (موتور medium speed است با Tbn بالا)

از جدول داریم : $S=5$

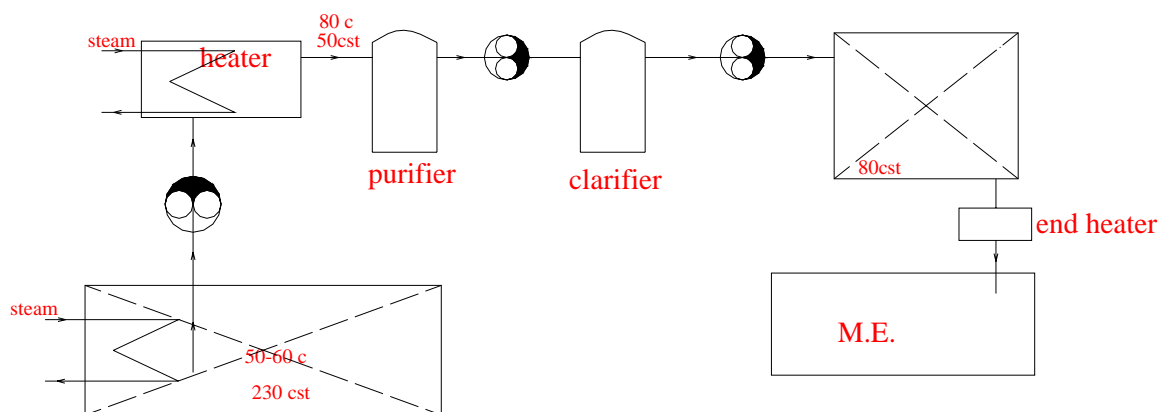
$$V' = 6000 * 1 * 5 / 24 = 1250 \text{ lit/h}$$

تصفیه روغن موتور به دو روش صورت می گیرد :

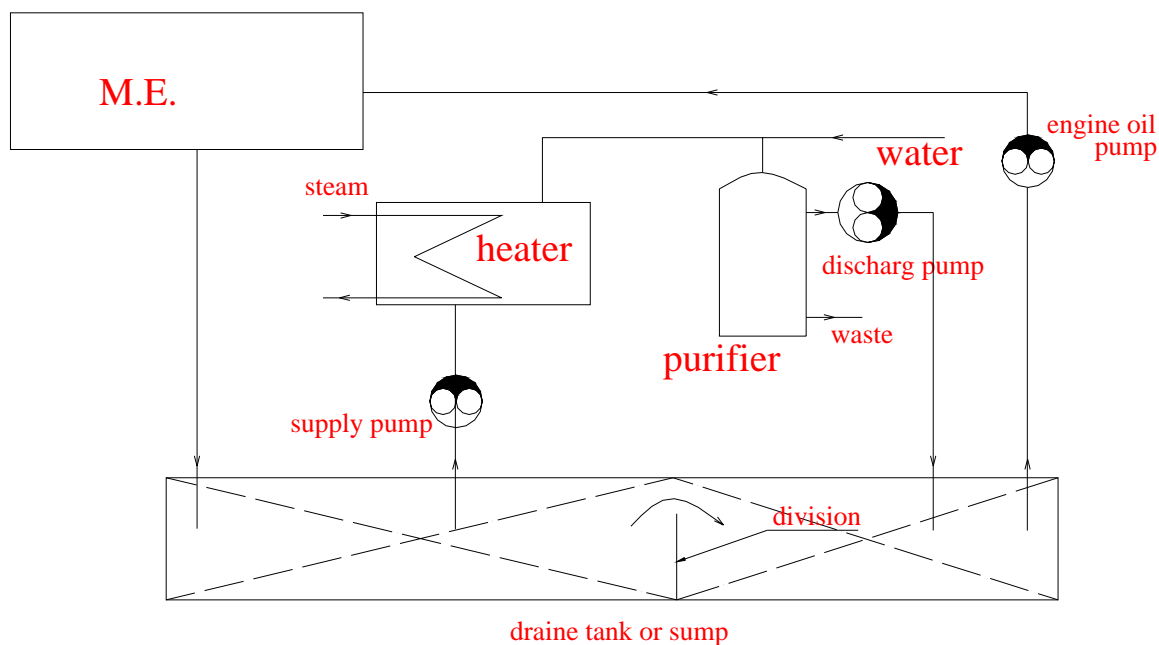
Continues-1 برای موتور اصلی (M.E.) : برای روغن موتور اصلی Pure fire حتی پس از خاموش شدن موتور نیز نیم

ساعت باید روشن بماند.

Batch-2 تکه تکه: برای دیزل ژنراتور ، سوخت را تصفیه می کنند، سپس برای مصرف ، به دیزل ژنراتور منتقل می کنند ، بعد که کثیف شد ، دوباره آنرا عوض کرده ، روغن تمیز را وارد می کنند و روغن کثیف را به Separator منتقل می کنند.



سیستم سوخت رسانی موتور اصلی



سیستم تصفیه روغن موتور اصلی

برخی امکانات زیر ، با تعداد تقریبی ، بطور متوسط در کشتی های تجاری نصب می شوند که به شرح زیراند :

- | | |
|-----------|--|
| دستگاه 26 | 1- پمپهای بزرگ : |
| دستگاه 18 | 2- پمپهای کوچک : |
| عدد 450 | 3- شیر آلات مختلف (باری و نفتکش بطور متوسط) |
| دستگاه 4 | 4- کولر |
| دستگاه 20 | 5- مبدلهای حرارتی (سردکن و گرم کن و ...) |
| عدد 35 | 6- مخازین بار ، تخلیف ، لجن و |
| دستگاه 3 | 7- دیزل ژنراتور |
| دستگاه 3 | 8- کمپرسور هوای فشرده (2 تا اصلی و 1 دستگاه اضطراری) |
| دستگاه 1 | 9- آب شیرین کن |
| دستگاه 4 | 10- Purifier های مختلف (سوخت ، روغن) |

در این قسمت فهرست عمده دستگاه ها و ماشین آلات یک فروند کشتی حمل مسافر و بار (Ferry) بعنوان نمونه و آشنایی ، ارائه می گردد :

- 1- موتور اصلی (Maine Engine)
- 2- کوبلینگ و کلاچ قابل انعطاف (Flexible clutch coupling)
- 3- جعبه دنده های کاهنده (reduction gear)
- 4- یاتاقانهای میانی (intermediate bearing)
- 5- واحدهای فرمان تغییر گام پروانه (servo unit for cpp)
- 6- یاتاقانهای محور پروانه (shaft bearing)
- 7- سیستم و مکانیزم گردش آهسته موتور (turning gear)
- 8- موتورهای کمکی (auxiliary engines)
- 9- ژنراتورها (alternators)
- 10- آب گرم کن (calorifire)
- 11- مولد بخار سوخت سوز (oil burning unit)
- 12- دیگ بخار دود مصرف (exhaust gas boiler)
- 13- پمپهای خنک کاری آب دریا (sea water cooling pump)
- 14- پمپهای خنک کاری آب شیرین (fresh water cooling pump)
- 15- پمپهای گردش روغن روانساز (lub. Oil circulation pumps)
- 16- پمپهای آب شیرین خنک کاری انژکتورهای موتور دیزل اصلی (fresh water cooling pumps for fuel valves)
- 17- پمپهای روغن روانساز جعبه دنده ها (lub. Oil pumps for for reduction gear)

- 18- پمپهای کمکی سوخت در سیستم سوخت رسانی موتورهای اصلی (fuel booster pump for main engine)
- 19- پمپهای آب دریا برای خنک کاری موتورهای فرعی (sea water cooling pump)
- 20- ورودیهای آب دریا (sea water inlet)
- 21- پمپ آتش نشانی (fire pump)
- 22- پمپ اطفاء حریق سیستم آب افشان (sprinkler pump)
- 23- پمپ اطفاء حریق سیستم آب افشان برای عرشه استقرار اتومبیلها (sprinkler pump for car deck)
- 24- پمپهای خن و آتش نشانی (bilge and fire pump)
- 25- پمپ آب برای مخازن تعادل (ballast pump)
- 26- پمپ خن ، آماده بکار و پمپ اژکتور سیستم Sewage (sewage ejector pump and stand-by bilge pump)
- 27- پمپ اژکتور سیستم (sewage ejector pump Sewage)
- 28- پمپ مخازن آب ضد غلطش کشتی (heeling tank pump)
- 29- پمپ خن برای اسخر شنا (bilge pump for swimming pool)
- 30- پمپهای خن برای قسمت تحتانی مخازن سیستم (bilge pumps for bottom sewage tank Sewage)
- 31- پمپ خن (bilge pump)
- 32- پمپ انتقال سوخت (fuel transfer pump)
- 33- پمپهای هیدرولیک پروانه های گام متغیر (pressure oil pumps for cpp)
- 34- پمپ هیدرولیک پروانه رانش عرضی کشتی (pressure oil pump for bow thruster)
- 35- پمپهای هیدرولیک دربهای ورودی کشتی برای اتومبیل (pressure oil pump for car gate)
- 36- پمپهای هیدرولیک نفوذ ناپذیر (pressure oil pump for watertight cooler)
- 37- پمپ خنک کاری برای سردخانه (cooling water pump for refrigeration plant)
- 38- پمپ خنک کاری برای تهویه مطبوع (cooling water pump for air conditioning plant)
- 39- پمپ پیش گرم کن موتور اصلی (circulating pump for main engine heating)
- 40- پمپ های دستگاه فشار ساز آب شیرین (fresh water hydrophore pumps)
- 41- پمپهای دستگاه فشار ساز آب دریا (sea water hydrophore pumps)
- 42- پمپ های گردش آب دریا برای رادیاتورها (circulating pumps for radiators)
- 43- پمپ آب شیرین برای E.G.B. (circulating pumps for exhaust as boiler)
- 44- پمپهای گردش آب گرم برای سیستم بهداشتی (circulating pumps for warm sanitary water)
- 45- پمپهای انتقال سوخت (fuel transfer pumps)
- 46- پمپهای اژکتور برای آب شیرین کن (ejector pumps for fresh water evaporator)
- 47- پمپهای آب چگالنده آب شیرین کن (condenser water pumps for evaporator)
- 48- کمپرسورهای اصلی هوای فشرده (main engine compressors)
- 49- کمپرسورهای اضطراری هوای فشرده (emergency compressors)
- 50- سردخانه (refrigerating plant)
- 51- کمپرسورهای سردخانه (compressors for refrigerating plant)
- 52- کمپرسورهای تهویه مطبوع (compressors for air conditioning plant)
- 53- دستگاه تصفیه سوخت دیزل (diesel oil purifier)
- 54- دستگاه تصفیه سوخت سنگین (intermediate fuel purifier)
- 55- دستگاه تصفیه روغن روانساز موتورهای اصلی (lub. Oil purifier for main engine)
- 56- دستگاه تصفیه روغن روانساز موتورهای کمکی (lub. Oil purifier for aux. engine)
- 57- جداساز روغن از لجن (sludge oil cleaner)
- 58- گرمکن سوخت دیزل قبل از تصفیه کننده (heater for diesel oil purifier)

- 59- گرمکن های سوخت سنگین قبل از تصفیه کننده (heater for intermediate oil purifier)
- 60- گرمکنهای روغن روانساز موتورهای اصلی قبل از تصفیه کننده (heater for lub. Oil purifier main engine)
- 61- گرمکن های روغن روانساز موتورهای کمکی قبل از تصفیه کننده (heater for lub. Oil purifier aux. engine)
- 62- گرمکن های سوخت موتورهای اصلی (heater for fuel purifier main engine)
- 63- گرم کن آب شیرین موتور اصلی (heaters of circulating fresh water main engines)
- 64- گرمکن آب گرم (warm water heater)
- 65- مبدل حرارتی روغن روانساز موتورهای اصلی (heat exchanger for lub. Oil main engine)
- 66- مبدلهای حرارتی آب سرد کننده موتورهای اصلی (heat exchanger for cooling water main engine)
- 67- مبدلهای حرارتی انژکتورهای موتورهای اصلی (heat exchanger for fuel valves main engine)
- 68- مبدلهای حرارتی برای روغن جعبه دنده ها (heat exchanger for lub. Oil gearing)
- 69- مبدل حرارتی برای گردش آب در استخر شنا (heat exchanger for circulating water swimming pool)
- 70- آبشیرین کن (fresh water generator)
- 71- مخازن فصولات مستراح (sewage tank)
- 72- مخازن دستگاه فشارساز آب شیرین (hydrophore tanks , fresh water)
- 73- مخازن دستگاه فشارساز آب دریا (hydrophore tanks , sea water)
- 74- آب گرم کن ها (calorifiers)
- 75- فیلترهای روغن موتور اصلی (lub. Oil filters main engine)
- 76- لزجت سنج (viscometer)
- 77- مخازن اصلی هوای فشرده (main air reservoirs)
- 78- مخازن هوای فشرده برای اتصالات هوایی قابل انعطاف (air reservoirs for pneumatic coupling)
- 79- ماشین تراش (lathe)
- 80- ماشین برقو (boring machine)
- 81- ماشین سنگ (grinding machine)
- 82- واحد فرمان راه انداز سیستم مخازن ضد غلطش کشتی (gyro controlled servo-heeling tank)