

# تاسیسات صنعتی (۱)

## پمپ و پمپاژ



- ✓ پمپ و انواع آن
- ✓ اجزا پمپ ها
- ✓ کاربرد پمپ ها
- ✓ نحوه انتخاب پمپ و مفهوم منحنی ها
- ✓ نکات اجرایی و بهره برداری در پمپاژ
- ✓ عیب یابی و سرویس و نگهداری پمپ ها

## تعریف

به طور کلی پمپ به دستگاهی گفته می‌شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی اخذ و به سیال مایعی که از آن عبور می‌کند، انتقال می‌دهد. در نتیجه انرژی سیال پس از خروج از این دستگاه (پمپ) افزایش می‌یابد. در پمپ ها تغییرات انرژی سیال همواره به صورت تغییر فشار سیال مشاهده می‌گردد. از پمپها برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین و یا جا به جایی آن در یک سیستم لوله کشی و یا هیدرولیک استفاده می نمایند. به عبارت کلی تر از پمپ برای انتقال سیال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌کنند.

## انواع پمپ

پمپها دارای انواع مختلفی هستند. دسته بندی های گوناگون، پمپ ها را بر پایه ویژگی های گوناگون طبقه بندی می کنند. در یکی از رایج ترین این طبقه بندی ها، برپایه نحوه انتقال انرژی از پمپ به سیال، پمپ ها به دودسته تقسیم می شوند:

**پمپ های دینامیکی:** در این پمپ ها انتقال انرژی به سیال به طور دایمی است. انواع پمپ های دینامیکی عبارت اند از:

- پمپ های گریز از مرکز
- پمپ های محیطی
- پمپ های خاص

**پمپ های جابجایی مثبت:** در این پمپ ها انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب یا پریودیک صورت می پذیرد. انواع پمپ های جابجایی مثبت عبارت اند از:

- پمپ های رفت و برگشتی
- پمپ های گردشی

## پمپ های دینامیکی

### پمپ گریز از مرکز

یک پمپ گریز از مرکز بر اساس تبدیل انرژی جنبشی یک سیال جاری به فشار ایستا کار می‌کند. این نحوه عمل بوسیله قانون برنولی توصیف می‌شود. قاعده عملکرد پمپ گریز از مرکز را می‌توان با ملاحظه تاثیر تکان دادن یک سطل آب بر روی یک مسیر دایره‌ای شکل توسط یک طناب، نشان داد. نیرویی که آب را به کف سطل فشار می‌دهد، نیروی گریز از مرکز است. اگر یک سوراخ در کف سطل تعبیه شود، آب از طریق این سوراخ جریان می‌یابد. از این گذشته اگر یک لوله ورودی در بالای سطل تعبیه شود، جریان آب به بیرون سوراخ منجر به تولید یک خلاء موضعی در داخل سطل خواهد شد. این خلاء آب را از یک منبع در سمت دیگر لوله ورودی به داخل سطل خواهد کشید. بدین روش یک جریان پیوسته از منبع و به بیرون سطل بوجود می‌آید.

در رابطه با پمپ های گریز از مرکز، سطل و سرپوش آن متناظر با قاب پمپ، سوراخ و لوله ورودی متناظر با ورودی و خروجی پمپ هستند و طناب و بازو متناظر کار پروانه را انجام می‌دهد.

پمپ گریز از مرکز پمپی است که از یک پروانه گردان بمنظور افزودن فشار یک سیال استفاده می نماید. پمپ های گریز از مرکز عموماً برای جابجا کردن سیال از طریق یک سیستم لوله کشی کاربرد دارد. سیال در امتداد یا نزدیک محور چرخان وارد پروانه پمپ گشته و بوسیله این پروانه شتاب می‌گیرد و به سرعت به سمت بیرون و به داخل یک پخش کننده یا محفظه حلزونی جریان می‌یابد که از آنجا به درون سیستم لوله کشی پائین جریان خارج می‌گردد.

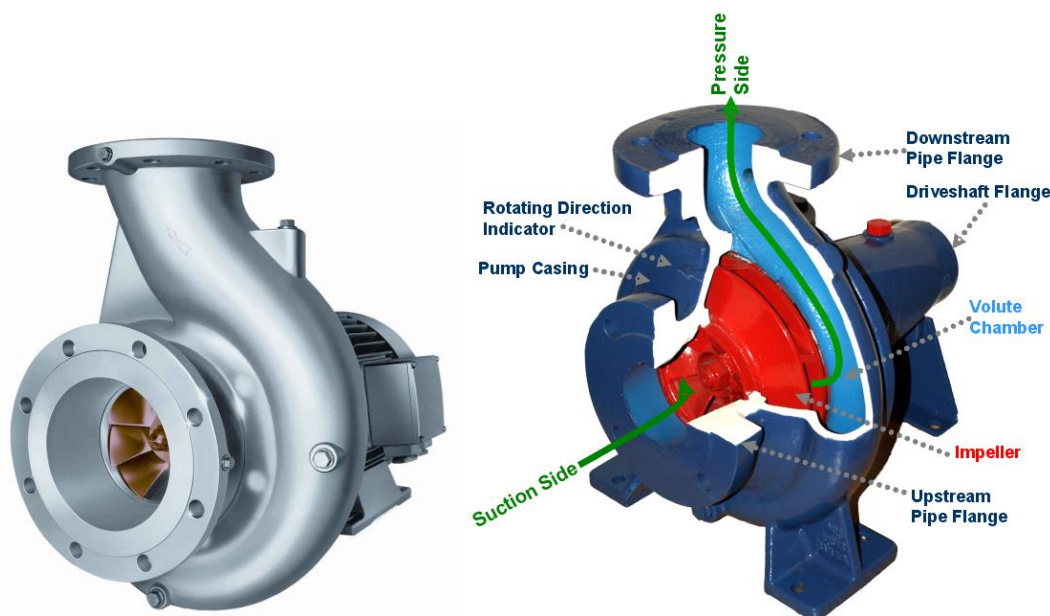
تیغه‌های روی پروانه بطور تصاعدی از مرکز پروانه پهن می‌شوند که سرعت را کاهش داده و فشار را افزایش می‌دهد. این امکان به پمپ گریز از مرکز اجازه می‌دهد تا جریان های پیوسته با فشار بالا ایجاد نماید.

پمپ های سانتریفوژ دارای یک محفظه هستند که حلزونی شکل است و پوسته یا کیسینگ نامیده می‌شود و درون آن یک یا چند چرخ قرار دارند که روی یک محور (شفت) نصب شده اند. هر چرخ مجهز به تعدادی پره می‌باشد. انتقال انرژی به سیال در این قسمت انجام می‌شود. برای اینکه از محل خروج شفت از کیسینگ پمپ سیالی خارج نشود و اصطلاحاً نشتی به خارج نداشته باشیم از ابزاری به نام مکانیکال سیل استفاده شده است. نکته بسیار مهم در مورد این نوع پمپها هواگیری یا پرایم کردن پمپ پیش از روشن کردن آنها می‌باشد. یعنی پس از لاین آپ نمودن پمپ و اطمینان از ورود سیال به داخل پمپ، باید از خروج کامل هوا یا گاز حبس شده در داخل پمپ نیز اطمینان حاصل نمود. از این نوع پمپها در ابعاد و اندازه‌های مختلف برای مصارف گوناگون ساخته می‌شوند.

### دسته بندی پمپ های گریز از مرکز

پمپ های گریز از مرکز را می‌توان به چند صورت دسته بندی نمود. یک شیوه دسته بندی، بر پایه جریانی است که بوجود می‌آورند. در این شیوه پمپ های گریز از مرکز به سه دسته تقسیم می‌شوند:

پمپ های جریان شعاعی: در این پمپ ها فشار سیال تنها با اعمال نیروی گریز از مرکز افزایش می یابد. پمپ های این دسته، با یک سری پروانه های ورودی دارای سرعت مخصوص کمتر از ۴۲۰۰ و با دو سری پروانه های مکشی دارای سرعت مخصوص کمتر از ۶۰۰۰ هستند. در این پمپ ها سیال به طور معمول از طریق تویی وارد پروانه شده و به صورت شعاعی به محیط جریان می یابد.



پمپ های جریان مختلط: در این پمپ ها فشار تا حدودی با اعمال نیروی گریز از مرکز و تا حدودی نیز با اعمال نیروی بالابری (lift) که از جانب تیغه ها اعمال می شود افزایش می یابد. این دسته از پمپ ها دارای یک سری پروانه ورودی با جریان خروجی محوری هستند و تخلیه در راستاهای محوری و شعاعی انجام می شود. پمپ های این دسته به صورت معمول دارای سرعت مخصوصی مابین ۴۲۰۰ تا ۹۰۰۰ هستند.

پمپ های جریان محوری: پمپ های این دسته که گاه پمپ های پروانه ای هم نامیده می شوند بیشترین افزایش فشار سیال را از طریق اعمال پروانه ها و یا عملیات بالابری تیغه ها اعمال می کند. این گروه یک سری پروانه ورودی به همراه جریان ورودی محوری و خروجی تقریباً محوری دارند. پمپ های این گروه غالباً دارای سرعت های مخصوص بیش از ۹۰۰۰ هستند. در حالت کلی از پمپ های جریان محوری هنگامی که افزایش فشار لازم باشد استفاده می کنند و از پمپ های جریان شعاعی به منظور تولید دبی سود می برند.

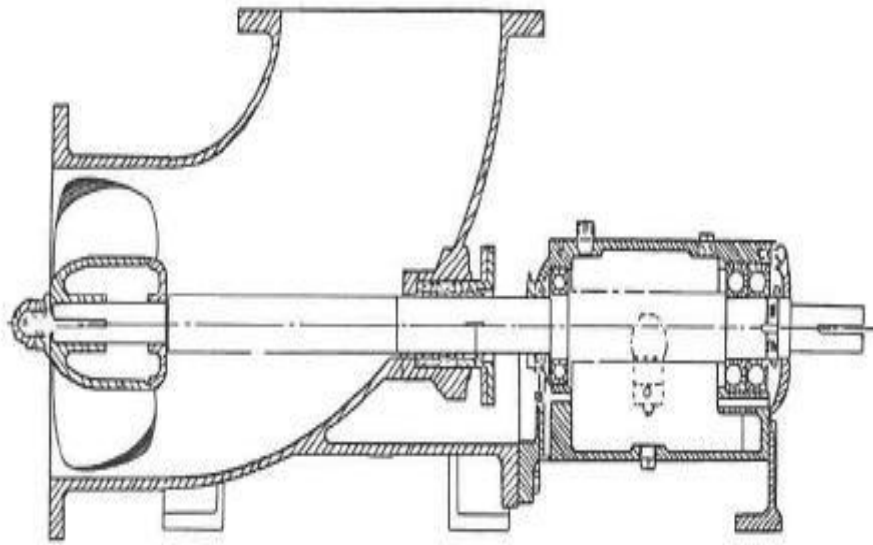


Figure 10-2. Axial flow pump.



## اجزای تشکیل دهنده پمپ گریز از مرکز

قسمت های اساسی یک پمپ گریز از مرکز عبارتند از:

- **الکتروموتور:** که شامل قسمت الکتریکی پمپ است.
- **کوپل یا هم محور سازی:** که متصل کننده الکترومتر به شافت (محور) پمپ است.
- **هاوس برینگ:** که محل قرار گیری برینگها می باشد.
- **مکانیکال سیل:** که محل آب بندی پمپ و جدا کننده سیال پمپاژ شده و قسمت مکانیکی پمپ است.
- **پره های پمپ:** که با توجه به نوع کاربرد دارای انواع گوناگون هستند.

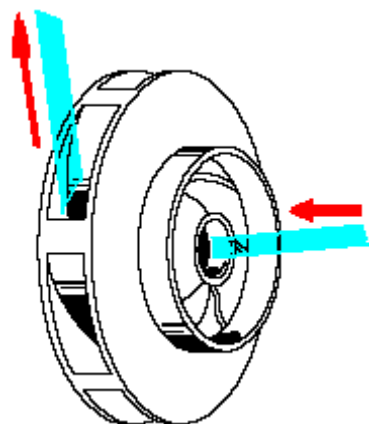
دو جزء اصلی پمپ های گریز از مرکز پروانه و تیغه هستند

- **پروانه:** نقش پروانه ها در پمپ گریز از مرکز تامین انرژی لازم برای سیال می باشد. در پمپ ها دو نوع پروانه پایه ای وجود دارند:

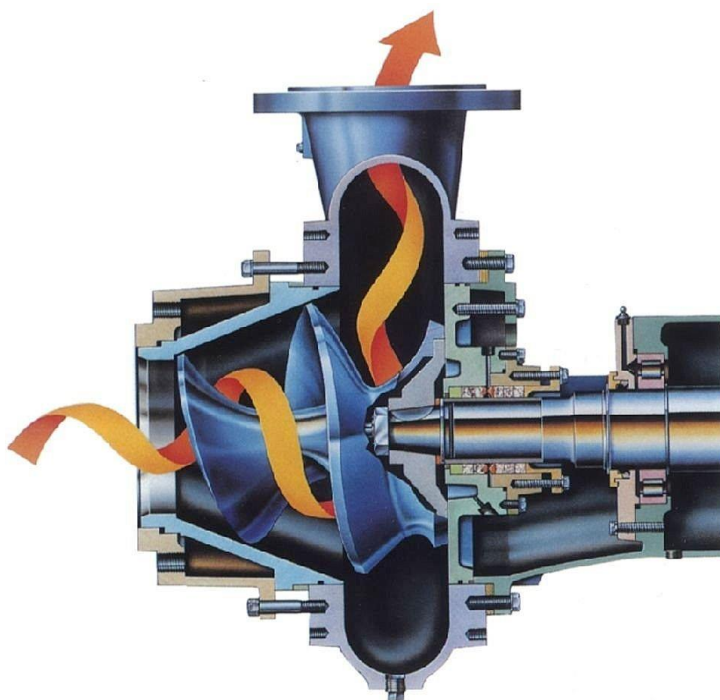


- مارپیچی
- توربینی

پروانه های توربینی با تیغه های پخش کننده ای احاطه شده اند که مسیرهای بتدریج پهن شونده ای فراهم می آورند تا سرعت آب را به آهستگی کاهش دهند. بنابراین هد سرعت به هد فشار تبدیل می شود.



پروانه مارپیچی با ویژگی نداشتن تیغه‌های پخش کننده مشخص می‌شوند. در عوض پروانه آن درون محفظه‌ای که حلزونی شکل است قرار گرفته و سرعت آب به دلیل ترک کردن پروانه کاهش می‌یابد که همراه با افزایش فشار می‌باشد.



انتخاب بین این دو نوع پروانه بسته به شرایط استفاده تغییر می‌کند. نوع مارپیچی بدلیل ظرفیت بالا و هد مصرفی پائین در چاه‌های کم عمق معمولا ترجیح داده می‌شوند. نوع توربینی در چاه‌های آب عمیق استفاده می‌شود.

- **تیغه:** تیغه نقش راندن مایع به خروجی پمپ را دارد که سرعت را به فشار تبدیل می‌نماید. جزء تیغه در داخل پمپ که معمولا به پروانه متصل است به نوبه خود

دارای شکل‌های گوناگونی است. دسته بندی شکلی تیغه‌ها را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم نمود:

○ صاف

○ مارپیچ

که این دسته بندی نیز می تواند منجر به دسته بندی کلی در مورد پروانه ها گردد.

## مزایا و معایب پمپ گریز از مرکز

از مزایای پمپ گریز از مرکز می توان به ویژگی تولید یک جریان هموار و یکنواخت اشاره نمود. برخی انواع پمپ های گریز از مرکز مقداری شن نیز پمپ می کنند و در کل مطمئن و دارای عمر کاری خوبی می باشند.

از معایب این پمپ های می توان به از دست دادن سطح کیفی راه اندازی اشاره نمود که بعد از راه اندازی رخ می دهد. همچنین راندها این پمپ ها وابسته به کار تحت هد و سرعت طراحی می باشد.

در راه اندازی یک پمپ گریز از مرکز از آنجاییکه این پمپ ها از مکش استفاده می کنند قابلیت پمپ کردن هوا را ندارند. پس بعنوان یک نتیجه پمپ و لوله بایستی از آب پر باشند تا مشکلی در پمپ آب بروز نکند.

## نابالانسی در پمپ های گریز از مرکز

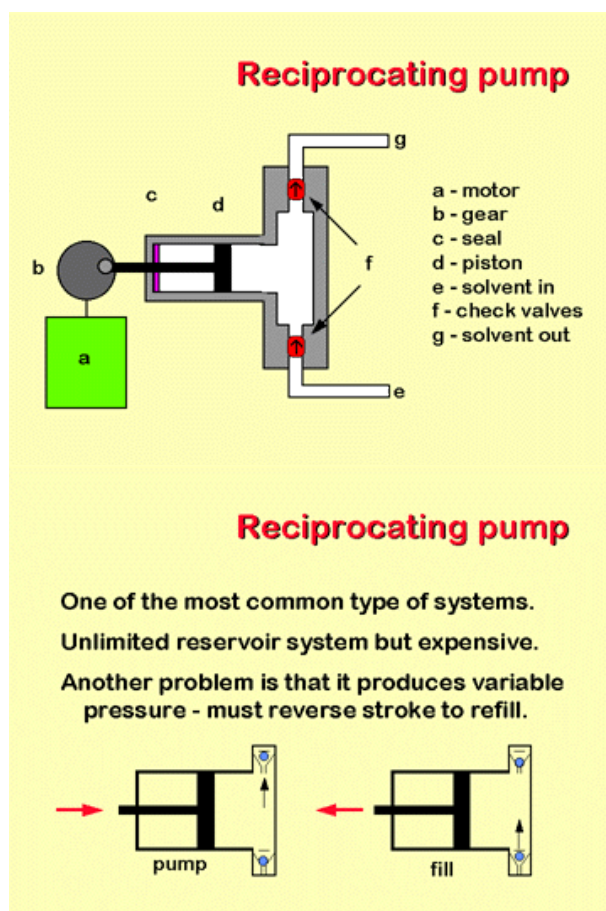
وقتی اجزای چرخان پمپ نابالانس باشند، ارتعاش حاصل از عضو چرخان نابالانس می تواند ترسناک باشد. این ارتعاش می تواند موجب لرزش سطح زمینی که دستگاه روی آن قرار گرفته است شود، دستگاه های اطراف آن در جای خود تکان می خورند، پیچ های نگه دارنده شل می شوند و قطعات می شکنند. یک عضو چرخان نابالانس بر روی یاتاقان های خود نیرو اعمال می کند و آنرا از طریق سازه خود به بیرون منتقل می نماید و نهایتا این نیرو به فندانسیون می رسد. دلایل بروز نابالانسی:

- خمش یا قوس برداشتن بین یاتاقان های تکیه گاهی
- وزن معلق تحت نیروی ثقل محور محرک را خمیده می کند
- ماده یا سیال غیریکنواخت توزیع شده در روتور
- قطعات هرز و لق شده بر روی روتور
- قطره های مختلف الکرکز بر روی روتور که ناشی از ساخت می باشد و قطعات روی روتور هم مرکز نشده
- هم تراز نبودن مسیر رانش با محور روتور
- کوپلینگ های راننده لق از پشت هم پرش می کنند
- از بین رفتن تفرانس های بین قطعات مونتاژ شده بر روی روتور
- شانه های روی روتور خارج از میدان محور دوران ساخته شده اند
- خلل و حفره های روی روتور
- هم تراز نبودن یاتاقان ها به محور نیرو وارد کرده و آنرا قوس می دهد

## پمپ های جابجایی مثبت

### پمپ های رفت و برگشتی

این نوع پمپها وسایلی هستند که انتقال انرژی از آنها به سیال به صورت پریودیک و دوره ای می باشد. نیروی محرکه این نوع پمپها نیز غالباً توسط موتورهای الکتریکی تامین می گردد. در این نوع پمپها حرکت چرخشی میل لنگ

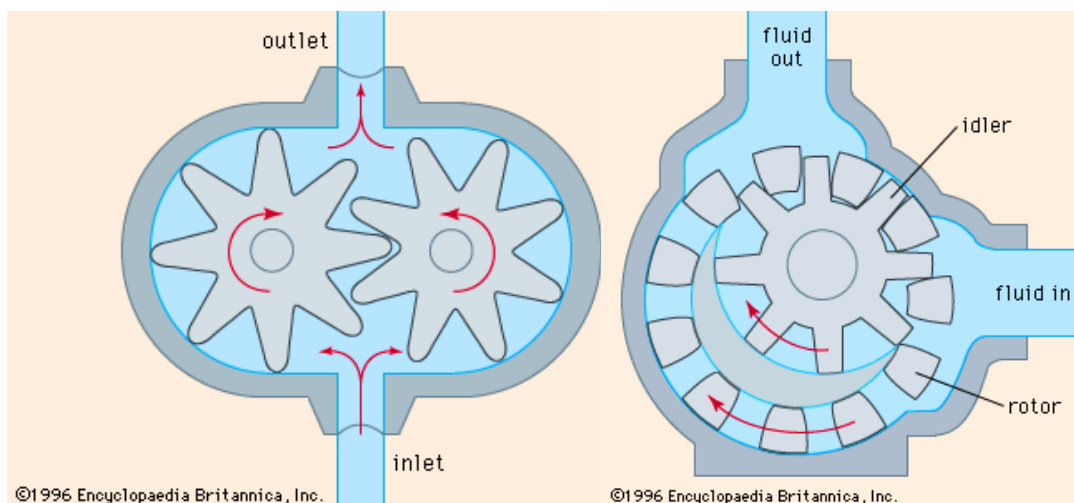


تبدیل به حرکت رفت و آمدی پیستونی در یک سیلندر می شود. با عقب رفتن پیستون در سیلندر ایجاد مکش شده و در نتیجه مایع از طریق شیر ورودی داخل سیلندر می گردد. با حرکت پیستون به طرف جلو دریچه ورودی بسته و مایع از طریق شیر خروجی به خارج هدایت می گردد. شیرهای ورودی و خروجی یکطرفه بوده و طوری ساخته شده اند که در مراحل رفت و آمد پیستون، از ورود مایع داخل سیلندر به قسمت کم فشار و بالعکس ممانعت شود. اگر بجای پیستون، پلانجر در داخل سیلندر رفت و آمد کند در این حالت به آن پمپ پلانجری می گویند. در ضمن چنانچه پلانجر دیافراگمی را حرکت دهد پمپ از نوع دیافراگمی است. فرق میان پیستون و پلانجر در این است که طول سر پیستون کوتاه تر از مسافتی است که پیستون درون سیلندر طی می نماید، در حالی که طول پلانجر بیشتر از طول مسافت طی شده توسط آن در داخل سیلندر می باشد. از طرفی در پمپهای پیستونی از حلقه یا رینگ جهت آب بندی پیستون و

سیلندر استفاده شده است که روی بدنه پیستون قرار گرفته و همراه آن حرکت می کند، در حالیکه در پمپهای پلانجری این رینگ روی سیلندر قرار دارد و ثابت است. این پمپها معمولاً کم ظرفیت هستند ولی فشار خروجی سیال را می توانند تا مقدار زیادی افزایش دهند. بنابراین از این پمپها در جاهایی که نیاز به جا به جا کردن سیال با حجم کم ولی فشار بالا می باشد استفاده می کنند. در ضمن باید به این نکته نیز توجه داشت که جریان سیال در این پمپها به صورت غیر یکنواخت می باشد. نکته بسیار مهم در مورد این پمپ ها آن است که هرگز نباید آنها را در حالیکه شیر خروجی پمپ (دیسچارج پمپ) بسته است روشن نمود.

## پمپ های چرخ دنده ای یا گی پر پمپ

این پمپها نوعی از پمپهای گردشی یا روتاری می باشند. پمپ های چرخ دنده ای از دو قسمت متمایز تشکیل شده اند، یکی قسمت جداره ثابت و دیگری قسمت دوار که شامل یک محور گردان با چرخ دنده می باشد. در پمپ های چرخ دنده ای مقداری مایع بین دنده های چرخ دنده پمپ به اصطلاح به تله می افتد و در اثر چرخیدن چرخ دنده ها این مایع به قسمت خروجی پمپ رانده می شود. این پمپ ها به گونه ای ساخته می شوند که در آنها فاصله میان اجزاء گردنده و جداره ثابت بسیار کم می باشد. کار برد این پمپها برای جا به جایی مایع با حجم کم و فشار متوسط می باشد. نکته مهم در مورد این پمپها آن است که هرگز نباید آنها را در حالیکه شیر خروجی پمپ (دیسچارج پمپ) بسته است روشن نمود؛ چرا که در این حالت، اگر هیچ شیر اطمینانی (سیفتی ولو) در مسیر دیسچارج پمپ



وجود  
نداشته  
باشد، یا  
خود پمپ  
از بین  
می رود و یا  
اینکه لوله  
دیسچارج  
می شکند.

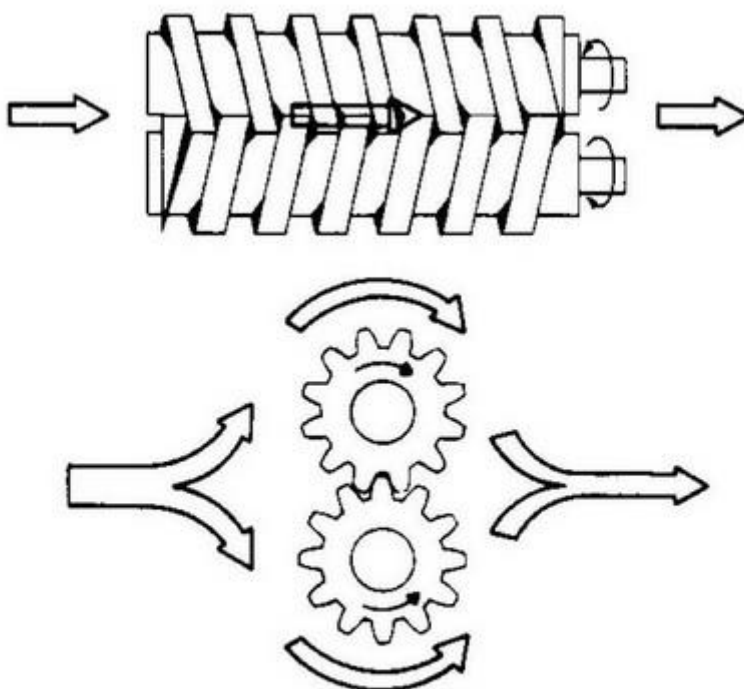
## محفظه آب بندی

این محفظه شامل آب بندها و اجزای مربوطه است و برای رسیدن به بازدهی مناسب در قطعات هیدرولیک وجود آب بندی کامل و مناسب ضروری است. آب بندی بین قطعات در هیدرولیک بوسیله آب بندها انجام می شود. آب بندها براساس استفاده به دو نوع کلی ثابت و متحرک تقسیم می شوند:

- آب بند ثابت: به صورت واشر بین قطعات غیر متحرک به کار می رود.
- آب بند متحرک: برای آب بندی قطعات متحرک بکار می رود و برطبق شکل انتخاب می گردد. نوع آب بندهرقطعه توسط سازنده تعیین می گردد و در زمان تعویض باید به این موضوع توجه داشت.

## پمپ اسکرو

پمپهای اسکرو در رنج های مختلف فشار و دبی، می توانند سیالات با ویسکوزیته بالا را جابجا کنند. در پمپ اسکرو با چرخش یک یا چند حلزونی (ماردونی)، سیال بین دنده ها به صورت محوری جابجا می گردد. در میان پمپهای جابجایی مثبت روتاری، جریان سیال فقط در پمپهای اسکرو محوری است و در سایر پمپهای روتاری، سیال به شکل دایره ای جابجا می گردد، به همین دلیل جریان سیال درون پمپهای اسکرو مغشوش نمی شود.

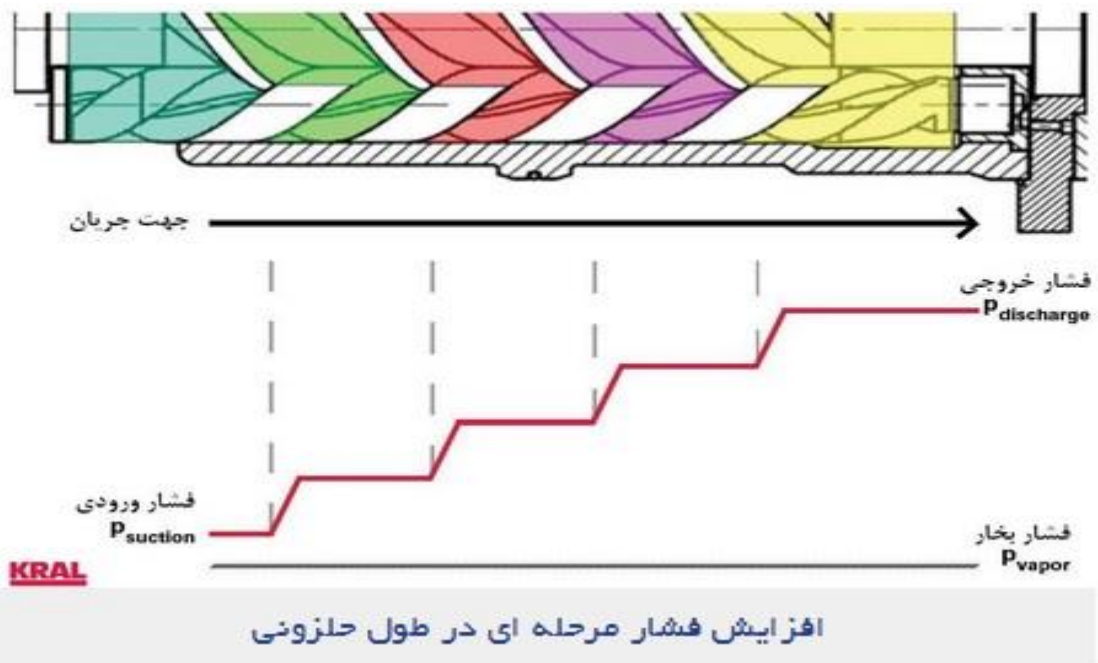
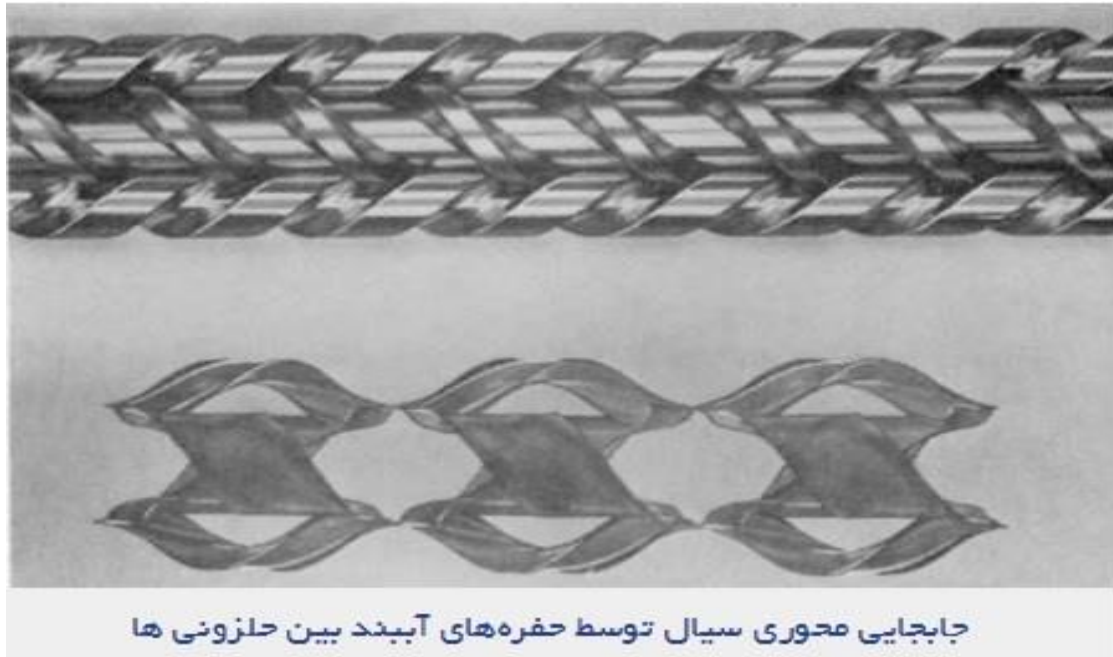


جریان محوری سیال درون پمپ اسکرو  
و جریان دایره ای درون پمپ دنده های

نحوه کارکرد:

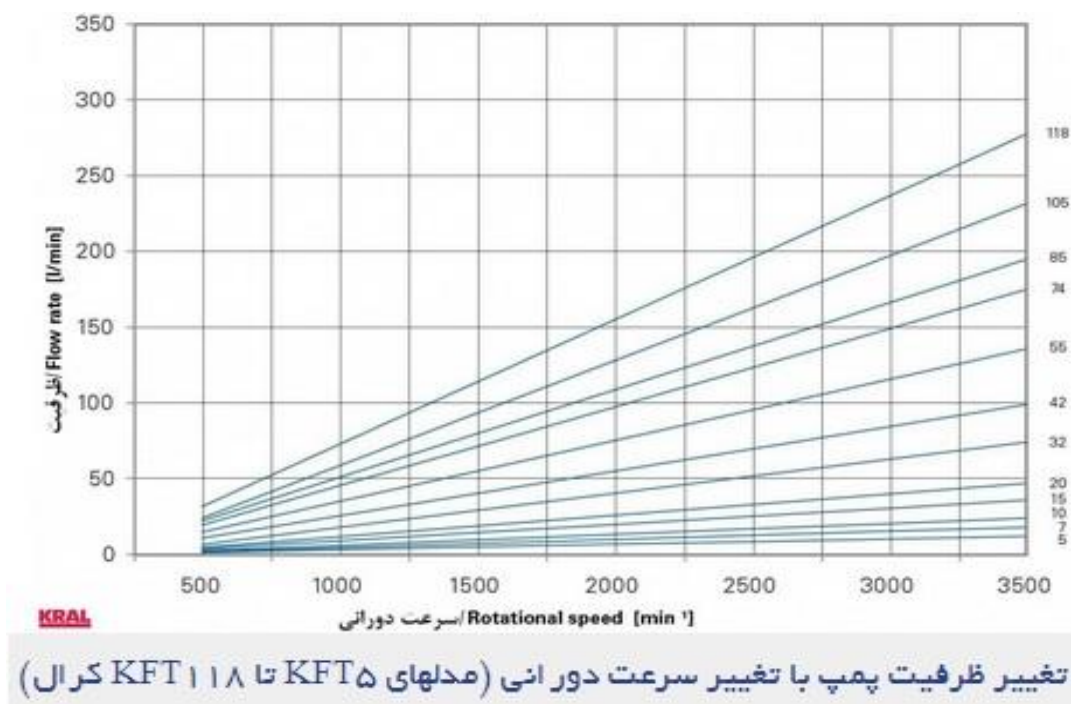
با درگیر شدن حلزونیهای پمپ اسکرو و با تیلانس بسته بین آنها و محفظه، یک یا چند دسته حفره مجزا که نسبت به یکدیگر آبند هستند بوجود می آید. این دسته حفره ها به صورت پیوسته و پشت سر هم از ورودی تا

خروجی پمپ در حال حرکت هستند. سیال درون این حفره‌ها به دام می‌افتد و آرام و بدون نوسان تا خروجی پمپ جابجا می‌شود.



پمپهای اسکرو رنج وسیعی از فشار را پوشش می‌دهند و این موضوع یکی از عوامل موثر در انتخاب آنها است. پمپهای اسکرو به تنهایی فشار ایجاد نمی‌کنند بلکه سیال را از ورودی به خروجی جابجا می‌کنند و فشار خروجی

پمپ ناشی از مقاومت در برابر جریان در خطوط خروجی است. برای دستیابی به فشارهای بالا ضروری است کیفیت آببندی حفره‌ها افزایش یافته و تعداد حفره‌ها اضافه شود. با حرکت حفره‌ها به سمت خروجی پمپ، فشار درون هر حفره به تدریج و مرحله به مرحله از ورودی تا خروجی بالا می‌رود.



پمپ اسکرو یک پمپ جابجایی مثبت است، به همین دلیل با هر دور گردش، حجم مشخصی سیال جابجا می‌گردد. لذا با افزایش سرعت دورانی دبی سیال نیز افزایش می‌یابد. در تمام پمپهای اسکرو سرعت چرخش پمپ با توجه به ویسکوزیته سیال تعیین می‌گردد. در صورت افزایش ویسکوزیته سرعت پایین‌تری برای گردش پمپ انتخاب می‌شود.

## انواع آب بندها

- اورینگها:



معمولی ترین آب بند مورد استفاده در ماشین آلات می باشد. اورینگ ها به عنوان سیل ثابت و متحرک استفاده می شوند و جنس آنها معمولا از ترکیبات لاستیک های مصنوعی می باشند. موارد استفاده اورینگ برای آب بندی پیستون در سیلندر و شیرهای هیدرولیکی محل اتصال شلنگ ها و پمپ ها استفاده می شود. طرح اورینگ طوری است که برای نصب در شیارها ساخته شده است و زمان نصب تا ۱۰ درصد فشرده می شود. در موارد استفاده متحرک عمر اورینگ به صافی سطح

قطعه ها و اندازه بودن آن مربوط می شود. اورینگ ها در مواردی که محل آب بندی دارای گوشه و زاویه است استفاده نمی شود. اگر اورینگ در قطعه ای تحت فشار زیاد نصب شود، با گذاشتن یک رینگ فیبری در پشت آن از خارج شدن اورینگ از شیار خود جلوگیری می کند. همیشه باید یک رینگ فیبری در طرف کم فشار اورینگ نصب شود. در صورت استفاده از دو رینگ فیبری اورینگ در وسط آنها قرار می گیرد.

- آب بندهای V شکل و U شکل:

V پک ها و U پک ها از سیل های متحرکی هستند که برای آب بندی پیستون و شافت پمپ ها استفاده می شوند. جنس آنها معمولا از چرم یا لاستیک طبیعی و مصنوعی یا پلاستیک می باشد. طرز نصبشان طوری است که فشار سیال لبه آب بند را به دیواره بچسباند و آب بندی را بهتر و کامل تر کند. برای آب بندی قطعات پمپ بایستی حداقل یک بسته از این نوع آب بند را بکار برد و چند آب بند را همراه هم در یک شیار قرار داد.



V型油封 (V SEALS)



- سیل های فلنجی و گردگیرها:

گردگیرها سیل های متحرکی از جنس چرم یا لاستیک مصنوعی یا پلاستیک بوده که معمولا در پیستون ها بکار می روند. عمل آب بندی بوسیله باز شدن لبه آنها و چسبیدن به سطح قطعه انجام می شود.

### ● آب بندهای فلزی:

از نظر شکل و ساختمان مانند رینگ های پیستون موتور بوده و ممکن است که فلزی یا غیرفلزی باشند. جنس آنها عموما از فولاد بوده و دارای نشتی زیاد می باشند، مگر اینکه خیلی دقیق نصب شوند. سیل های فلزی به دو صورت بازشونده (پیستونی) و جمع شونده (شف ت جک) وجود دارند و در جاهایی بکار می روند که میزان حرارت بسیار بالا است. این آب بندها به دلیل نشتی زیاد با کاسه نمد و کانال تخلیه به مخزن در سیستم بکار می روند.

### ● واشر کمپرسی:

این واشرها فقط برای کاربرد ثابت مثل کوپلینگ، لوله ها ، پوسته پمپ و امثال آنها با پرکردن قسمت های ناصاف آب بندی را انجام می دهد و ممکن است فلزی یا غیر فلزی باشند.

### ● کاسه نمدها:

در جاهایی که شافت از پوسته خارج می شود کاسه نمدها نصب می شوند. اگر فشار اتمسفر از فشار کاسه نمد بالاتر باشد از عبور هوا به داخل و اگر فشار پشت کاسه نمد بالاتر از فشار جو باشد از نشت سیال یا بخار به بیرون جلوگیری می کند. بهترین نوع قابل استفاده برای پمپ یک رینگ فانوسی است که بداخل آن آب تزریق می شود. این تزریق آب یا از خروجی خود پمپ تامین می شود یا اگر سیال پمپ غیر آب باشد از یک منبع مستقل آب را لوله کشی می کنند. اگر مایع آب بندی کننده دارای ذرات جامدی باشد که به غلاف های کاسه نمد آسیب برساند بهتر است که سر راه آن فیلتر قرار گیرد.

- **گلندها:**

بوش های یکپارچه ای هستند، که به منظور سفت کردن پکینگ ها جهت آب بندی بیشتر از آنها استفاده می شود. میزان سفت کردن پیچ های آن به طور تجربی به اندازه ای است، که مابین اصطکاک ، آب بندی ، روغن کاری و خنک کاری تعادل حفظ شود.

- **پکینگ کمپرسی:**

از این نوع آب بند میتوان به جای وی پک ویو پک ها استفاده کرد. جنس آن معمولا از پلاستیک یا نخ نسوزو یا لاستیک نخ دار با روکش فلزی می باشد. این آب بندها برای قسمت های با فشار کم بکار می روند. در حقیقت عامل آب بندی کننده براساس افت فشار سیال در طول غلاف می باشند. علت اینکه پکینگ ها باید دارای خواص پلاستیکی ( فرم پذیری ) باشند این است تا مقدار فشردگی روی اسلیو (غلاف ها) را تنظیم کنند و نیز خواص الاستیک جهت جذب انرژی و آسیب نرساندن به جزء دوار را داشته باشند و به صورت رینگ هایی در داخل محفظه آب بندی قرار گیرند. انرژی اصطکاکی (گرما) تولید شده در اثر گردش شافت از طریق نشت مقدار کمی مایع از پوسته یا توسط محفظه خنک کاری پشت آن و یا استفاده از هر دو دفع می شود. پکینگ ها از مواد گوناگون تشکیل شده و انواع گوناگونی دارند:

- **آزبستوس:** که برای درجه حرارت های پایین از آن استفاده می کنند. این پکینگ ها قبلا بوسیله گرافیت یا روغن ، روغن کاری می شوند.
- **متالیک:** این پکینگ ها برای فشارها و دماهای بالا استفاده می شوند. پکینگ های متالیک ترکیبی از فویل فلزی (مس، آلومینیم، باییت و...) با گرافیت یا مواد چرب کننده دیگر می باشند. روغنکاری نقش مهمی در این آب بند دارد زیرا اگر خشک کار کند روی سطح تماس مثلا سیلندر خط می اندازد.

- **آب بند های مکانیکی:**

آب بند هایی که تاکنون توصیف شد عمدتا از نوع پکینگ بودند. استفاده از پکینگ ها به عنوان آب بند همیشه مناسب و عملی نیست. با محکم کردن پیچ های گلند اصطکاک و انرژی ایجاد شده سبب کاهش عمر و خراب شدن

غلاف ها می گردد. از طرف دیگر بعضی از مایعات مثل بوتان و پروپان حلال مواد چرب کننده پکینگ ها هستند که در این صورت دقت آب بندی از بین می رود. به دلایلی که گفته شد و همچنین زمانی که میزان نشت باید حداقل باشد از آب بندهای مکانیکی استفاده می کنند.

سطح آب بندی در مکانیکال سیل ها عمود بر امتداد محور بوده ، در حالی که در کاسه نمدها سطح آب بندی در تماس با خود شافت یا اسلیو قرار می گیرد. اگرچه مکانیکال سیل ها در انواع گوناگون ساخته می شوند اما اصول کارشان یکسان و دارای دو جزء ثابت و متصل به پوسته و یک جزء دوار متصل به شافت (یا غلاف) می باشند و یک فنر دو قسمت را به یکدیگر محکم می کند. یک دیافراگم یا رینگ لاستیکی برای حرکت جانبی (مماسی) نیز وجود دارد. مکانیکال سیلها معمولاً از دو قسمت فلزی و لاستیکی هستند. بعضی اوقات قسمت چرخان آب بند از زغال با روکش فولادی ساخته می شود. البته سطح بین رینگهای دوار و ثابت ، بسیار صیقلی و در اصل از دو جنس متفاوت سیلیکون و کاربید کربن می باشد.

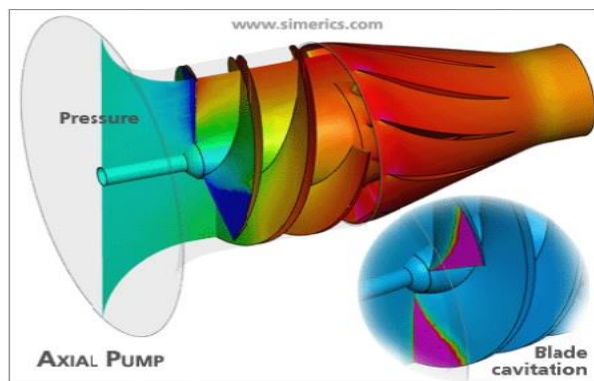
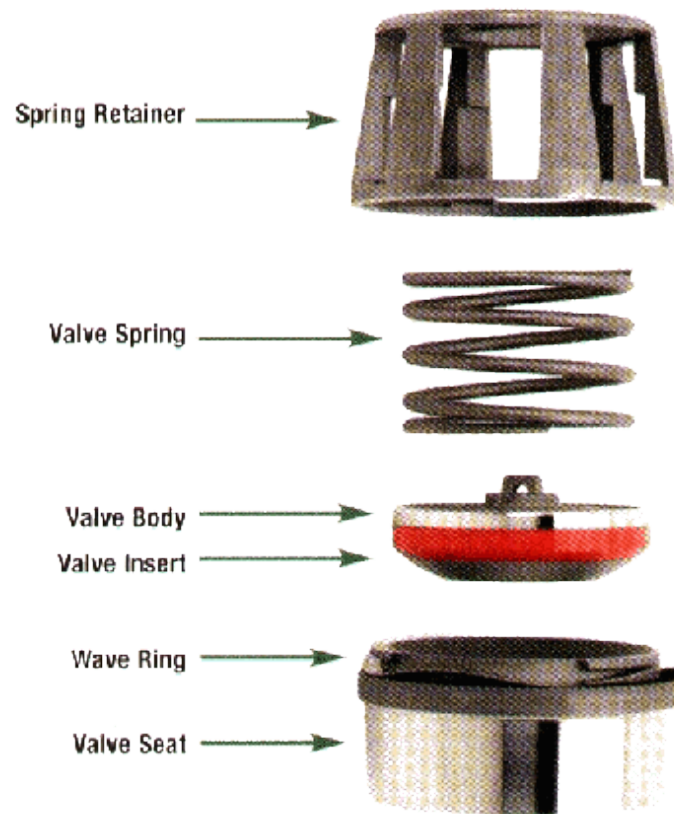
لایه ای از مایع با خاصیت خنک کنندگی و روانکاری اصطکاک را به حداقل میرساند. رینگ های مکانیکال (سیل رینگ ها) در دو وضعیت نسبت به پمپ قرار می گیرند که ممکن است رینگ دوار در سمت داخل و به طرف ایمپلر باشد، و یا در قسمت بیرون قرار گرفته و با مایع پمپ شونده تماس نداشته باشد. در هر دو وضعیتی که گفته شد فقط سه نقطه مهم وجود دارد که در آب بندی موثر است:

- مابین رینگ ثابت و پوسته
- مابین رینگ دوار و شافت (غلاف شافت)
- مابین رینگ ثابت و متحرک (بخش های ثابت و متحرک مکانیکال)

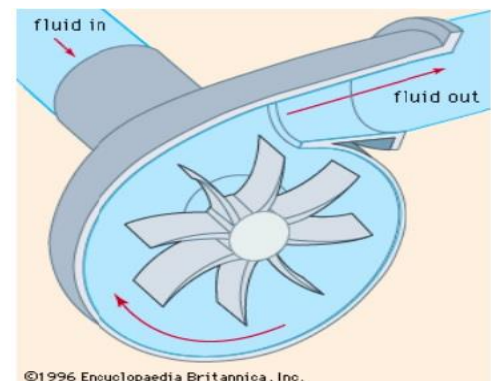
آب بندی در حالت اول توسط گسکت ها و اورینگ ها صورت می گیرد. در حالت دوم توسط رینگ ها و در حالت سوم با تماس مستقیم و تنگاتنگ دو رینگ که همواره توسط فنری به به هم فشرده می شوند انجام می شود.

موضوع قابل توجه در مورد رینگ ها این است که این رینگ ها با جنس ویژه خود در مقابل نیروی (بار) محوری ضعیف هستند و دچار آسیب می شوند، اما در مقابل سایش بسیار مقاوم هستند و با مقداری سایش دوباره توسط فنری که میان آنها قرار دارد ساییده می شوند. به همین دلیل یکی از عوامل خراب شدن آنها وارد شدن نیروی محوری است. با توجه به جنس آنها نیز معمولاً ترد و شکننده هستند.

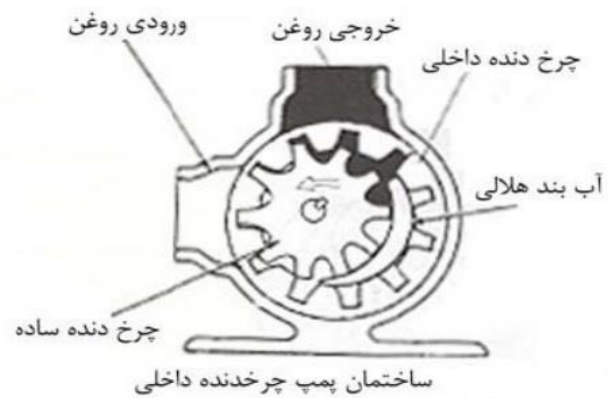
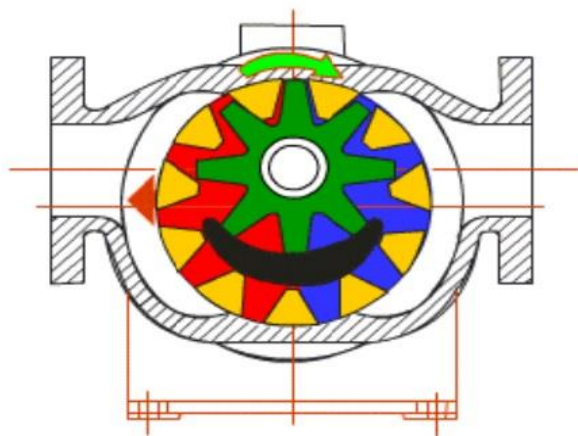
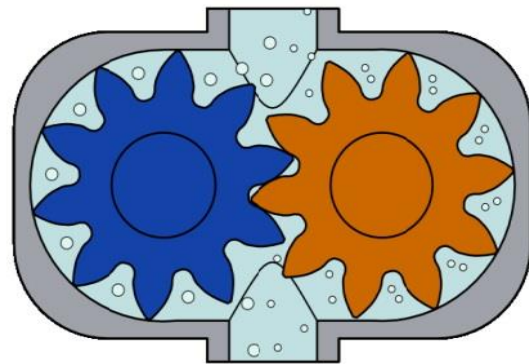
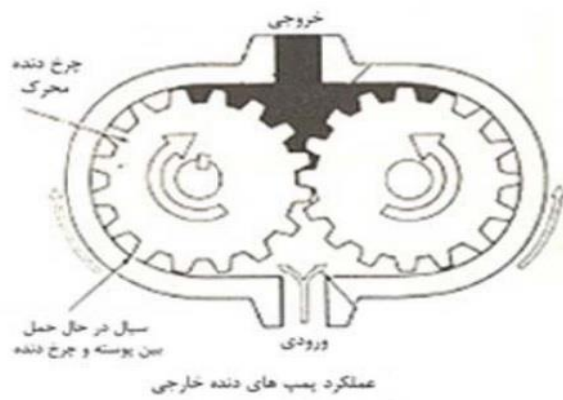


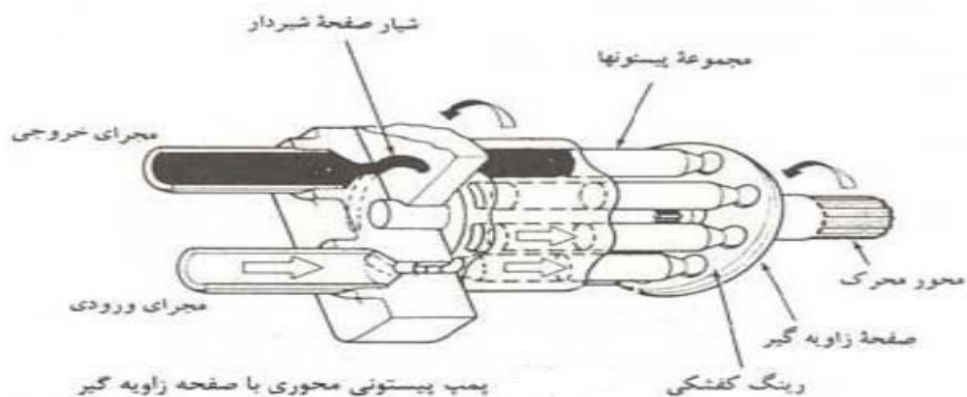
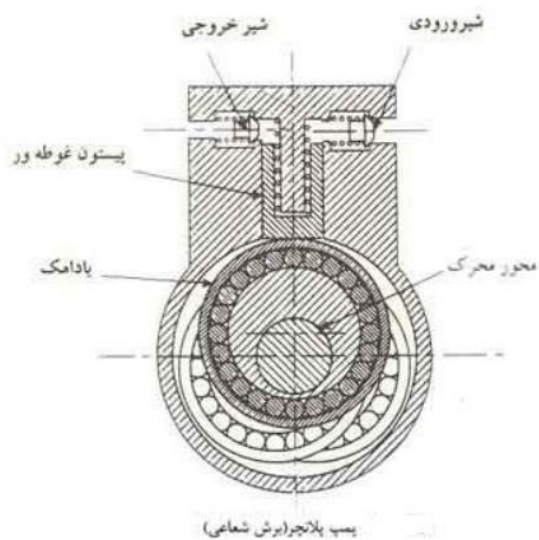
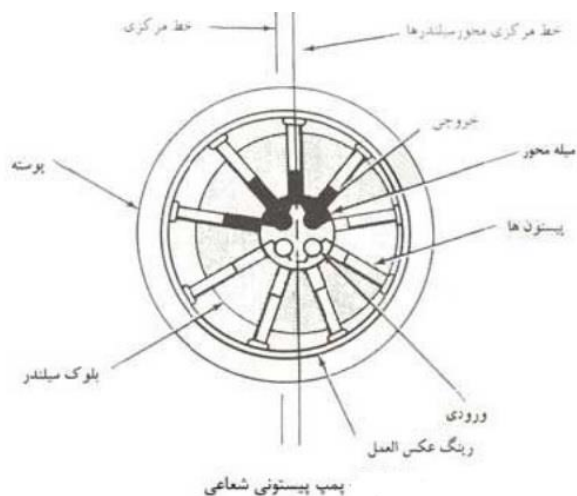
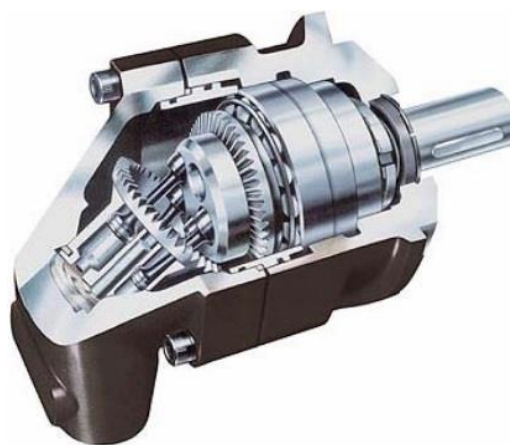
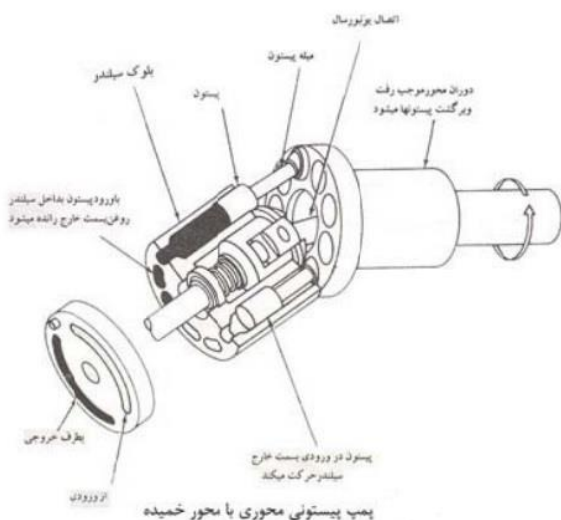


پمپ محوری



پمپ سانتریفوژ





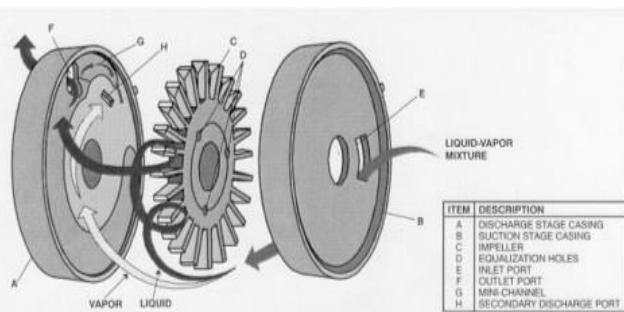


قطعات یک پمپ گریز از مرکز



Damage due to discharge recirculation

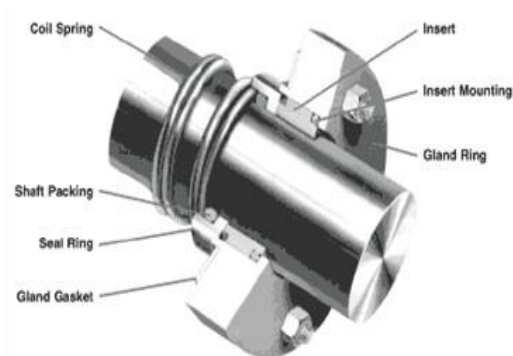
پروانه بسته



پروانه باز



پروانه نیمه باز



مکانیکال سیل

## انتخاب پمپ

✓ **دبی پمپ:** عبارت است از مقدار مایعی که در واحد زمان از آن خارج میشود و واحد های آن متر مکعب در ثانیه و لیتر در ثانیه و یا متر مکعب در ساعت هستند. که آن را با  $Q$  نشان میدهند.

✓ **هد پمپ:** ارتفاع پمپ عبارتست از انرژی مکانیکی که در رابطه با وزن مایع توسط پمپ به مایع منتقل میشود و به متر بیان میگردد. لازم به ذکر است ارتفاع مایع به دانسیسته مایع بستگی ندارد به طور مثال یک پمپ سانتریفیوژ برای همه مایعات به یک اندازه ارتفاع تولید خواهد کرد که به دانسیته آنها بستگی نخواهد داشت. هد را با  $H$  نشان می دهند.

✓ **ارتفاع کلی سیستم:** ارتفاع کلی سیستم  $H_A$  به شرح زیر می باشد:

ارتفاع استاتیکی ، همان اختلاف ارتفاع سطح مایع در دو منبع و دهش سیستم پمپاژ می باشد. ارتفاع استاتیکی خود از دو بخش تشکیل می گردد ، ارتفاع استاتیکی دهش و ارتفاع استاتیکی مکش . در چنین حالتی ، دهانه مکش پمپ به عنوان خط مرجع در نظر گرفته می شود . اگر سطح مایع در منبع مکش پایین تر از پمپ قرار داشته باشد ، اصطلاحاً  $Lift$  نامیده و اگر بالاتر از پمپ قرار گرفته باشد ، اصطلاحاً آن را  $Head$  می نامند .

$$H_{geo} = H_{sd} \pm H_{ss}$$

$H_{geo}$  = ارتفاع استاتیکی کل

$H_{sd}$  = ارتفاع استاتیکی دهش

$H_{ss}$  = ارتفاع استاتیکی مکش

در حالت  $Lift$  علامت بین دو بخش مثبت و در حالت  $Head$  منفی در نظر گرفته می شود .

○ اختلاف فشار بین قسمت ورودی و خروجی در سیستم های بسته

$$\frac{P_a - P_e}{\rho - g}$$

○ مجموع افت فشارها ( اصطکان در لوله ها و اتصالات و ... )  $\sum H_v$

○ اختلاف در ارتفاع ناشی از سرعت در قسمت خروجی و ورودی ، که عملاً می شود از مورد صرف نظر کرد.

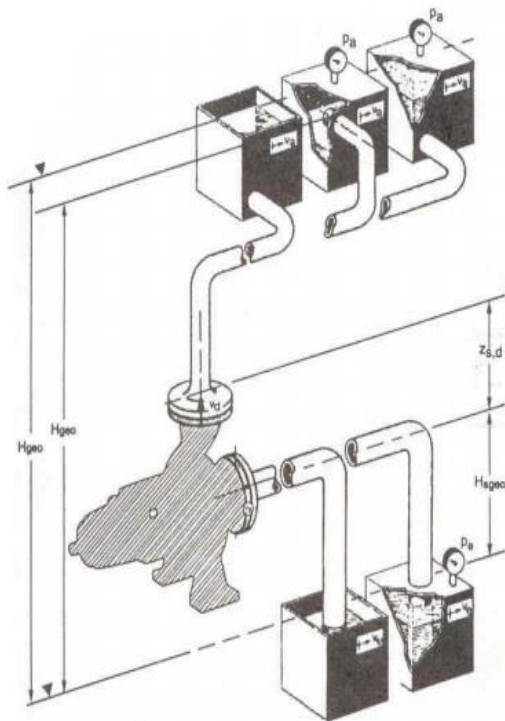
بنابراین ارتفاع کلی در سیستم های باز و بسته به شرح زیر می باشد :

برای سیستم های بسته :

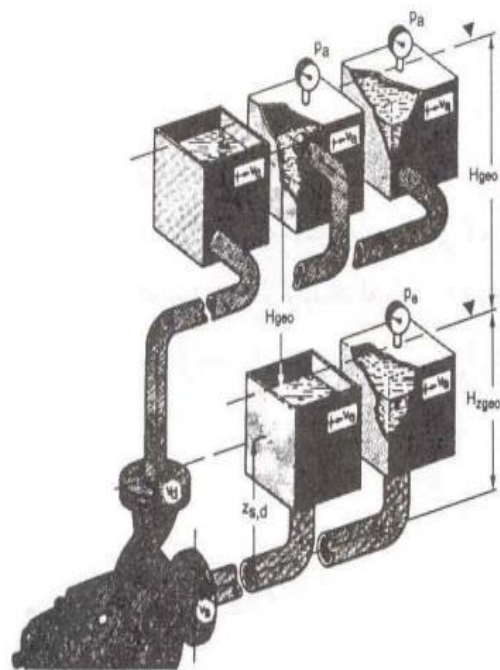
$$H_A = H_{geo} + \frac{P_a - P_e}{\rho - g} + \sum H_v$$

برای سیستم های باز:

$$H_A = H_{geo} + \sum H_v$$



مکش (پمپ بالاتر از سطح مایع در طرف مکش قرار دارد).



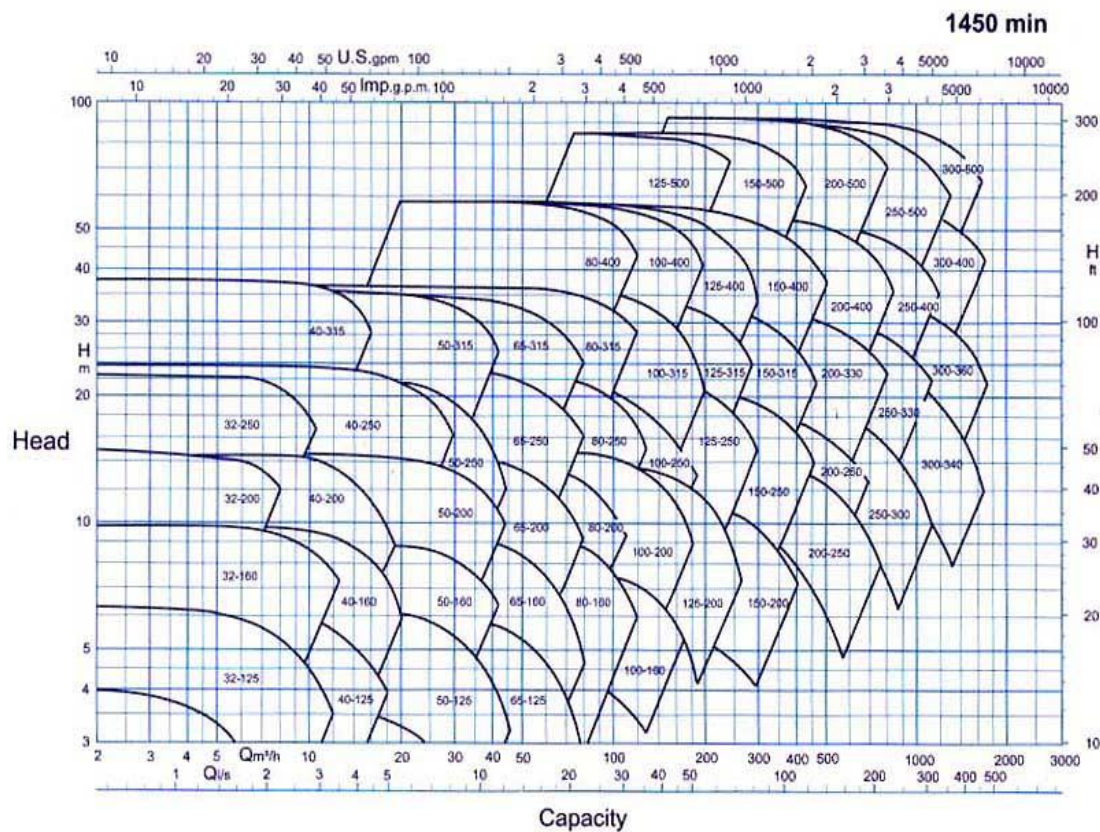
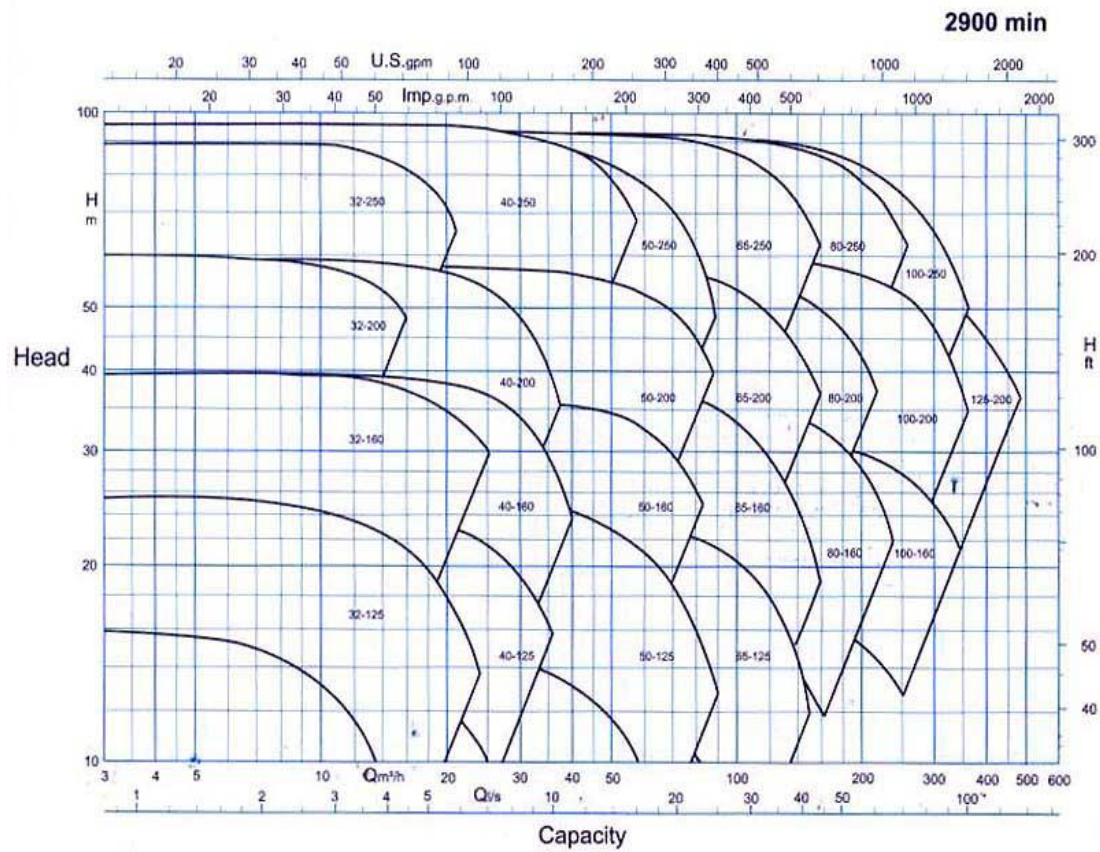
مکش مثبت (پمپ پایین تر از سطح مایع در طرف مکش قرار دارد).

در پمپهای گریز از مرکز، در صورت ثابت بودن قطر و سرعت دورانی پروانه، مقدار انرژی که به واحد وزن مایع داده می شود، مقداری ثابت بوده و مستقل از وزن مخصوص آن می باشد. به همین خاطر، در بیان عملکرد پمپهای گریز از مرکز، منحنی مشخصه آن بصورت منحنی  $H-Q$  (دبی-ارتفاع) ارائه می گردد. فرض می شود که ستونی از آب سرد (با وزن مخصوص واحد) ساخته شود. برای اعمال یک بار (bar) فشار، ستون فوق باید حدود  $2/10$  متر ارتفاع داشته باشد. بدیهی است که اگر وزن مخصوص مایع از آب بیشتر باشد، ارتفاع فوق کاهش می یابد (و برعکس) برای تبدیل فشار به ارتفاع برای مایعی با وزن مخصوص  $SG$  می توان از رابطه زیر استفاده کرد.

لازم به ذکر است که منحنی مشخصه پمپهای گریز از مرکز (منحنی  $H-Q$ ) عموماً برای آب تهیه می شود. هر چند که منحنی فوق به وزن مخصوص مایع مربوط نمی باشد ولی با توجه به تأثیر ویسکوزیته بر روی عملکرد دینامیکی پمپهای گریز از مرکز منحنی مشخصه ارائه شده برای مایعاتی با ویسکوزیته بیشتر از ویسکوزیته آب صادق نبوده و فقط در نقطه  $(Shut\ Off\ Q=0)$  که سیستم حالت استاتیکی دارد، ارتفاع قابل دسترس برای مایعات مختلف یکسان می باشد ولی در سایر مقادیر دبی، به لحاظ عملکرد دینامیکی پمپ، منحنی مشخصه آن با منحنی مشخصه پمپ در حالت انتقال آب مغایرت داشته و در این صورت کارایی پمپ کاهش یافته که بطور مفصل در بخش های بعدی مورد اشاره قرار خواهد گرفت.

با توجه به موارد فوق می توان نتیجه گرفت:

- ۱- منحنی مشخصه  $H-Q$  هر پمپ گریز از مرکز با قطر و سرعت دورانی ثابت، برای تمامی مایعات مستقل از وزن مخصوص آن می باشد.
- ۲- در صورت مغایرت ویسکوزیته مایع مورد پمپاژ با ویسکوزیته آب، منحنی مشخصه پمپ دارای شکل نزولی خواهد بود به ازاء دبی ثابت، پمپ برای مایعات با ویسکوزیته بیشتر، ارتفاع کمتری را اعمال می کند.



## هد مکش مثبت خالص NPSH

NPSH (ارتفاع مثبت خالص مکش) نقش مهم و اساسی را در انتخاب پمپهایی که درجه حرارت مایع ورودی به آنها بالاست، ایفا می کند. در واقع یک سیال زمانی تبخیر خواهد شد که فشار آن خیلی کاهش و یا دمای آن خیلی افزایش یابد و NPSH به حداقل میزان فشاری اطلاق می گردد که برای جلوگیری از پدیده کاویتاسیون، مورد نیاز است. به منظور ممانعت از بروز پدیده کاویتاسیون، فشار سیستم می بایست همواره در تمامی مراحل مکش، ورود به پروانه و تخلیه، بالاتر از فشار بخار مایع در درجه حرارت کاری باشد. در تمامی پمپهای سانتریفیوژ می بایست حداقل فشار مورد نیاز در قسمت ورودی پمپ که برای جلوگیری از تبخیر شدن سیال (کاویتاسیون) لازم می باشد، تعیین گردد که این فشار مکش به مشخصات طراحی پمپ بستگی دارد و مقدار آن توسط سازنده بر روی منحنی عملکرد پمپ ارائه می شود که به آن NPSHR (ارتفاع مثبت خالص مکش مورد نیاز) گویند. NPSHA (ارتفاع مثبت خالص مکش موجود) مقدار فشار مکشی است که عملاً در سیستم موجود است و مقدار آن تابع شرایط سیستم پمپاژ است که می بایست همواره مقدار آن از NPSHR بالاتر باشد.

NPSHA را می توان از فرمول زیر برحسب فوت محاسبه کرد :

$$NPSHA = \frac{(P_a - P_v) \times 2.31}{s.g.} + (H_s - H_f)$$

Pa = فشار منبع مکش ( Psia )

Pv = فشار بخار مایع پمپ شونده در حداکثر درجه حرارت ممکن ( Psia )

Hs = فشار حاصل از ارتفاع سیال قبل از ورود به دهانه مکش پمپ ( ft ). این مقدار در صورتیکه مخزن مکش در ارتفاعی پائین از پمپ قرار گیرد، منفی خواهد بود.

Hf = تلفات ناشی از اصطکاک در لوله مکش بازا دبی مورد نیاز ( ft ).

s.g. = وزن مخصوص مایع پمپ شونده.

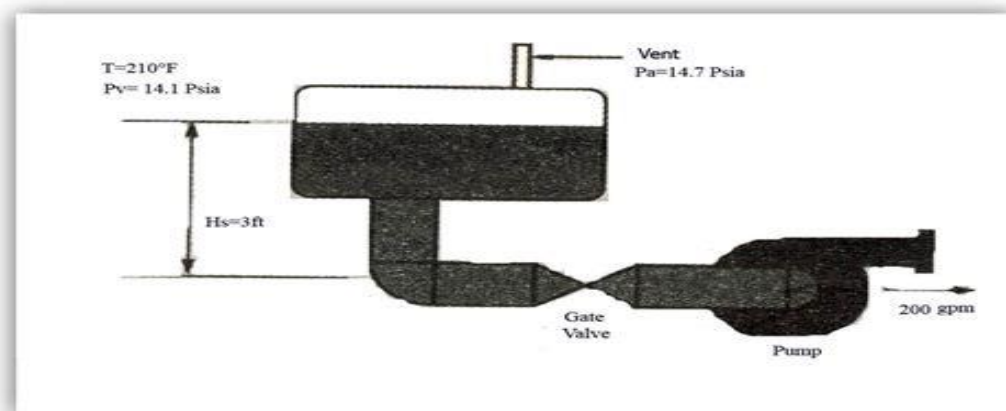
این اصطلاح یکی از مهمترین و بنیادی ترین اصطلاحات رایج در پمپ های سانتریفیوژ می باشد و معرف مجموع فشار مطلق مکش منهای فشار بخار سیال، در دمای کاری می باشد. فشار مطلق مکش در نازل مکش تعیین می گردد. NPSH یک مفهوم فیزیکی و از جنس انرژی می باشد و بر حسب متر و یا فوت ارتفاع سیال پمپ شونده

بیان می گردد. NPSHa (در دسترس) بیان کننده میزان انرژی کل سیال در هنگام ورود به پمپ می باشد و در صورتی که این انرژی جهت غلبه بر تلفات قسمت مکش پروانه پمپ کافی باشد، (تعریف مفهوم NPSHr و یا همان NPSH مورد نیاز) سیال در همان حالت باقی مانده و تبخیر نمی شود. بدیهی است هنگامی که انرژی سیال از میزان انرژی که باعث گردیده است ماده در آن دما سیال بماند (همان فشار بخار در دمای معلوم) کمتر گردد، ماده شروع به تبخیر شدن می نماید و دلیلی برای مایع بودن ندارد. علاوه بر موارد فوق کاهش فشار باعث آزاد شدن گازهای محلول در سیال می گردد. این گازها که در نتیجه فشار سیال در سیال محلول گردیده اند با کاهش فشار (حتی در حالتی که فشار مطلق سیال از فشار بخار آن بیشتر باشد) آزاد می گردند. ایجاد فاز گازی در سیال چه در نتیجه کاهش فشار و آزاد شدن گازهای محلول و چه در نتیجه تبخیر خود سیال به خاطر کاهش فشار تا فشار بخار، باعث ایجاد پدیده مخرب کاویتاسیون در قسمت مکش پروانه پمپ می گردد. این پدیده باعث خوردگی پره های پروانه در قسمت مکش می گردد.

### o مثالی برای محاسبه NPSHA

مفروضات :

- ۱- سیال چگالیده بخار ( Condensate ) با دبی ۲۰۰ gpm و در درجه حرارت ۹۸٫۸ °C ۲۱۰ °F
- ۲- هد ( فشار ) استاتیک برابر ۳ ft است .
- ۳- فشار اتمسفر برابر ۱۴٫۷ Psi می باشد .
- ۴- مخزن در سطح دریا و بصورت باز ( Vent ) در نظر گرفته می شود .
- ۵- لوله مکش به قطر ۳" و بطول ۱ ft و شامل یک زانوئی ۹۰° و یک شیر کشوئی



با استفاده از جداول و نمودارهای مربوطه ؛

- افت ناشی از اصطکاک و زبری جداره یک لوله آهنی معادل ۸,۹ فوت در هر ۱۰۰ فوت طول لوله می باشد ( لوله مکش با ظرفیت ۲۰۰ gpm و قطر ۳" )
- برای افت در زانوئی و شیر کشوئی باید طول معادل از یک لوله مستقیم و نو محاسبه و منظور گردد ، که نتیجه خواهیم داشت :

$$H_f = ( 1.0+2.62+3.6 ) \times 8.9 \text{ ft per } 100 \text{ ft} = 0.64 \text{ ft}$$

$$H_s = 3.0 \text{ ft}$$

$$P_a = P_{atm} + P_{gage} = 14.7 + 0 = 14.7 \text{ Psia}$$

$$s.g. = 0.96 \text{ at } 210^\circ \text{F}$$

$$P_v = 14.1 \text{ Psia at } 210^\circ \text{F}$$

$$NPSHA = \frac{(14.7 - 14.1) \times 2.31}{0.96} + (3 - 0.64) = 3.8 \text{ ft}$$

بنابراین پمپی که برای این مثال انتخاب می شود باید دارای NPSHR کمتر از ۳,۸ ft باشد تا از بروز پدیده کاویتاسیون ممانعت بعمل آید .

$$NPSHa = \frac{(p_e + p_b - p_d)}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} - H_{v,s} - H_{geo}$$

$p_e$  = pressure in suction tank

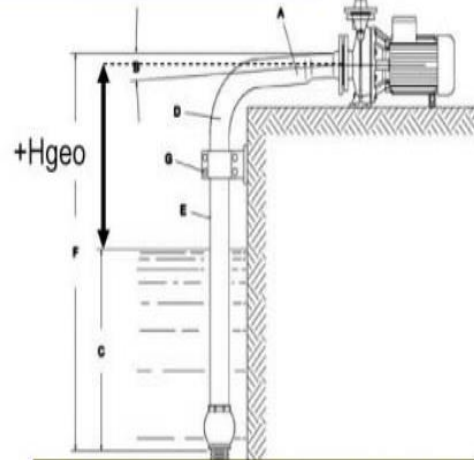
$p_b$  = barometric pressure

$p_d$  = vapour pressure

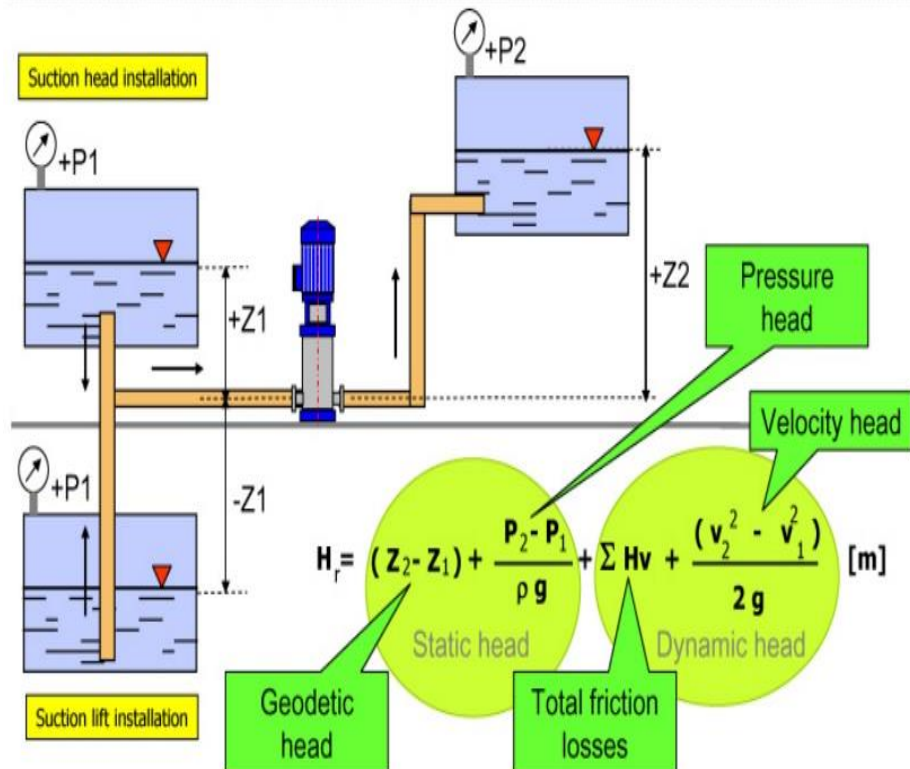
$v_e$  = fluid's speed at suction tank

$H_{v,s}$  = friction losses at suction pipe

$H_{geo}$  = difference between fluid level  
at suction tank and pump  
suction



**Must be :  $NPSHa > NPSHr$**



ارتفاع مکش استاتیکی

## ○ کاویتاسیون چیست و راههای جلوگیری از کاویتاسیون

این پدیده یکی از خطرناکترین حالت‌هایی است که ممکن است برای یک پمپ به وجود آید. آب یا هر مایع دیگری، در هر درجه حرارتی به ازای فشار معینی تبخیر می شود.

هرگاه در حین جریان مایع در داخل چرخ یک پمپ، فشار مایع در نقطه ای از فشار تبخیر مایع در درجه حرارت مربوطه کمتر شود، حبابهای بخار یا گازی در فاز مایع به وجود می آیند که به همراه مایع به نقطه ای دیگر با فشار بالاتر حرکت می نمایند. اگر در محل جدید فشار مایع به اندازه کافی زیاد باشد، حبابهای بخار در این محل تقطیر شده و در نتیجه ذراتی از مایع از مسیر اصلی خود منحرف شده و با سرعت‌های فوق العاده زیاد به اطراف و از جمله پره ها برخورد می نمایند. در چنین مکانی بسته به شدت برخورد، سطح پره ها خورده شده و متخلخل می گردد. این پدیده مخرب در پمپ ها را کاویتاسیون می نامند. پدیده کاویتاسیون برای پمپ بسیار خطرناک بوده و ممکن است پس از مدت کوتاهی پره های پمپ را از بین ببرد. بنابراین باید از وجود چنین پدیده ای در پمپ جلوگیری گردد. کاویتاسیون همواره با صدا های منقطع شروع شده و سپس در صورت ادامه کاهش فشار در دهانه ورودی پمپ، بر شدت این صدا ها افزوده می گردد. صدای کاویتاسیون مخصوص و مشخص بوده و شبیه برخورد گلوله هایی به یک سطح فلزی است. همزمان با تولید این صدا پمپ نیز به ارتعاش در می آید. در انتها این صدا های منقطع به صداهایی شدید و دائم تبدیل می گردد و در همین حال نیز راندمان پمپ به شدت کاهش می یابد. این پدیده در سرعت‌های بالا باعث خرابی و ایجاد گودال می گردد . گاهی در یک سیستم هیدرولیکی به علت بالا رفتن سرعت، فشار منطقه ای پائین می آید و ممکن است این فشار به حدی پائین بیاید که برابر فشار سیال در آن شرایط باشد و یا در طول سرریز یا حوضچه خلاءزایی در اثر وجود ناصافیها و یا ناهمواریهای کف سرریز خطوط جریان از بستر خود جدا شده و بر اثر این جداشدگی فشار موضعی در منطقه جداشدگی کاهش یافته و ممکن است که به فشار بخار سیال برسد . در این صورت بر اثر این دو عامل بلافاصله مایعی که در آن قسمت از مایع در جریان است به حالت جوشش درآمده و سیال به بخار تبدیل شده و حبابهایی از بخار بوجود میاید . این حبابها پس از طی مسیر کوتاهی به منطقه ای با فشار بیشتر رسیده و منفجر میشود و تولید سر و صدا می کند و امواج ضربه ای ایجاد می کند و به مرز بین سیال و سازه ضربه زده و پس از مدت کوتاهی روی مرز جامد ایجاد فرسایش و خوردگی میکند . تبدیل مجدد حبابها به مایع و فشار ناشی از انفجار آن گاهی به ۱۰۰۰ مگا پاسکال میرسد .

## انواع کاویتاسیون که ممکن است در پمپ ها اتفاق بیافتد:

### - کاویتاسیون تبخیری (نارسایی NPSHa) :

شایعترین نوع کاویتاسیون می باشد و حدود ۷۰٪ از کاویتاسیون ها را در بر می گیرد. برای جلوگیری از این نوع کاویتاسیون، مقدار NPSHa در سیستم باید از مقدار NPSHr (حداقل انرژی مورد نیاز پمپ که توسط کارخانه سازنده توسط منحنی هایی به همراه کاتالوگ پمپ ارائه می گردد) بیشتر باشد. برای جلوگیری از صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون، راهکار های زیر پیشنهاد می گردد:

۱- کاهش دما که مقدار هد ناشی از فشار بخار سیال را کاهش دهد، هرچه دما کمتر باشد در نتیجه فشار اشباع متناظر به آن کمتر خواهد شد و در نتیجه احتمال کمتر شدن این فشار نسبت به فشار داخل پمپ افزایش می یابد. بنابراین وقتی خواستید که سیال با دمای بالا را پمپ کنید بسیار باید به این نوع کاویتاسیون دقت کنید.

۲- افزایش تراز مایع در مخزن مکش که مقدار هد استاتیکی را افزایش می دهد.

۳- بهبود و اصلاح پمپ شامل موارد زیر :

- کاهش سرعت که مقدار Hf (هد ناشی از افت) را کاهش می دهد.

- افزایش قطر چشمه پره

- بکار بردن دو پمپ کوچکتر بصورت موازی که موجب کاهش افت هد می شود.

در این شرایط مایع مجبور می شود از ناحیه پر فشار پمپ به طرف ناحیه کم فشار آن در عرض پره بازگردد. وقتی در قسمت مکش یا تخلیه جریان گردابی ایجاد می شود که ناشی از سرعت بالای سیال می باشد جریان سیال برعکس شده و در خلاف جریان حرکت جریان عادی سیال بازگردد می کند.

بازگردد سیال باعث می شود که قطر مفید عبور سیال در قسمت مکش و تخلیه کاهش یابد و باعث کاهش فشار سیال گردد (مطابق اصل برنولی). با کاهش فشار و رسیدن فشار به فشار بخار سیال پدیده کاویتاسیون ایجاد می شود.

### این نوع کاویتاسیون به دو حالت اتفاق می افتد :

اول اینکه مایع داخل محفظه پمپ با سرعت موتور باز گردش کرده و یکباره حرارتش افزایش پیدا کرده و فوق گرم می شود. دوم وقتی که سیال مجبور می شود که از میان آب بند ها و درزهای بین قطعات به سرعت عبور کند در این حالت حرارت بالا باعث تبخیر مایع خواهد شد. صدمات ناشی از کاویتاسیون در پمپ های باز بیشتر در لبه تیغه های ایمپلر سمت چشم پره و در نوک تیغه ها تا قطر خارجی ایمپلر اتفاق می افتد. در پمپ های با ایمپلر بسته این صدمات روی نوار های سایشی بین پرهو بدنه محفظه ایجاد می شود. برای بهبود و تصحیح شرایط در حالت ایمپلر باز باید ایمپلر را به گونه ای تنظیم کرد که تلرانس بین تیغه ها و محفظه دقیقاً تصحیح شود. در پمپ های پره بسته امکان تصحیح شرایط نیست اما لازم است جریان محصور شده در قسمت تخلیه پمپ آزاد شود. فضای آزاد بین نوک پره و زبانه باید معادل ۰.۴٪ قطر پره باشد. صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون بیشتر در نوک تیغه های خارجی پره و پشت زبانه، روی دیواره محفظه داخلی دیده می شود.

### - کاویتاسیون از نوع مکش

مکش هوا می تواند به اشکال مختلف در لوله ها و نقاط دیگر پمپ اتفاق بی افتد. مثلاً در صورت ایجاد خلا در پمپف هوا می تواند به درون لوله ها وارد شود. یکی از این نمونه ها پمپبالاکش (Lift pump) می باشد. هوا از راههای زیر می تواند وارد پمپ شود.

۱- آببند شفت پمپ

۲- آببند ساق متصل به صفحه شیر در لوله مکش

۳- رینگ های اتصالی لوله مکش

۴- واشر های آب بند صفحه فلنج در اتصالات لوله

۵- ارینگ ها و اتصالات پیچی در قسمت مکش

۶- ارینگ ها و آب بندهای ثانویه در آب بندهای تک

۷- سطوح آب بندهای مکانیکی تک

۸- از طریق حباب ها و حفره های هوا در لوله مکش

۹- از طریق مایعات کف کننده

راه های جلوگیری از کاویتاسیون نوع مکش هوا:

- ۱- آب بندی و بستن تمام سطوح، صفحات فلنج ها و واشر ها
- ۲- درزبندی و بستن رینگ های آب بند و آببندهای ساقه متصل به صفحه شیر در لوله مکش
- ۳- نگه داشتن سرعت سیال به میزان ۸ فوت بر ثانیه (با افزایش قطر لوله)
- ۴- استفاده از آب بند های مکانیکی دوبل



به منظور ممانعت از بروز کاویتاسیون باید یا **NPSHA** را افزایش داد و یا **NPSHR** را کاهش داد و برای این منظور راهکارهای مختلفی وجود دارد که از جمله می توان به موارد ذیل اشاره کرد ؛

- ۱- افزایش سطح سیال در مخزن .
- ۲- بالا بردن مخزن .

- ۳- افزایش فشار مخزن ( استفاده از سیستمهای بسته / سیستمهای تحت فشار )
- ۴- قراردادن پمپ داخل گودال ( Pit ) .
- ۵- کاهش افتهای ناشی از لوله کشی و اتصالات ( که می توان با طراحی دقیق سیستم لوله کشی ، بکار بردن حداقل اتصالات ، طراحی مناسب قطر لوله ها و غیره ، افتهای مربوطه را به حداقل رسانید . )
- ۶- تزریق مقدار کمی سیال خنک کننده به ورودی پمپ ( به منظور کمتر شدن فشار بخار ، می توان سیال را از درون یک خنک کننده یا فلاش تانک عبور داد . )
- ۷- عایق بندی مناسب لوله ها .
- ۸- بکار بردن پمپهای دو مکشه ( که تا ۲۵٪ مقدار NPSHR را کاهش می دهد . )
- ۹- بکار بردن پمپها با سرعت دورانی ( rpm ) پائین تر .
- ۱۰- بکار بردن پمپها با مجرای ورودی ( چشم ) پروانه بزرگتر .
- ۱۱- زاویه جریان ورودی به زاویه ای اطلاق می شود که تحت آن جریان سیال وارد پروانه می شود . هر چند این زاویه بزرگتر باشد بازده بیشتر است و هر چه این زاویه کوچکتر باشد ، NPSHR پائین تر است . به همین دلیل زاویه جریان درجه ۱۷ با حدود ۵ تا ۷ پره بعنوان یک حد مرزی بین دو محدوده فوق در نظر گرفته می شود .
- ۱۲- در هر پمپ هر چه مقدار سرعت مخصوص مکش کمتر باشد ، مقدار NPSHR بالاتر خواهد بود . در مواردیکه NPSHR پائین حائز اهمیت است ، مقادیر سرعت مخصوص مکش بسیار افزایش می یابد که به منظور دستیابی به چنین مقادیر بالائی زاویه جریان تا کمتر از درجه ۱۰ و تعداد پره های پروانه تا حداقل ۴ پره کاهش می یابد .
- ۱۳- به منظور کاهش بیشتر NPSHR و به تبع آن افزایش بیشتر سرعت مخصوص مکش ، یک پروانه جریان محوری یا یک راه انداز ( Inducer ) در جلوی پروانه سانتریفیوژ بکار گرفته می شود . زاویه جریان این پروانه ثانویه ۵ تا ۱۰ درجه و زاویه پره ۳ تا ۵ درجه بزرگتر است و تعداد پره های آن بین ۲ تا ۴ می باشد .
- ۱۴- جلوگیری از ورود هوا به داخل پمپ .
- ۱۵- بکار بردن خط بای پس مناسب ( اگر خط بای پس خیلی نزدیک به ورودی پمپ نصب گردد ، باعث افزایش دمای سیال ورودی خواهد شد . )
- ۱۶- جلوگیری از اغتشاش ( Turbulence ) جریان سیال و فراهم نمودن شرایط عبور سیال در یک سرعت ثابت با استفاده از طول مناسب از لوله صاف ( ده برابر قطر ورودی ) مابین قسمت ورودی پمپ تا اولین اتصال .

۱۷- بکارگیری چندین پمپ کوچکتر بجای استفاده از یک پمپ بزرگ ( هر قدر ظرفیت پمپ افزایش یابد مقدار NPSHR نیز افزایش خواهد یافت و دلیل آن افزایش سرعت سیال می باشد چرا که می دانیم ، هر وقت سرعت سیال افزایش یابد فشار یا هد کاهش خواهد یافت . )

## ۵ روش انتخاب یک پمپ گریز از مرکز

بعنوان یک مثال عملی ، فرآیند صحیح انتخاب یک پمپ گریز از مرکز را مورد بررسی قرار می دهیم :

موضوع تقاضای وارده: درخواست یک پمپ گریز از مرکز برای آبرسانی از یک منبع مکش به یک منبع رانش اختلاف سطح ۲۹ متر و با میزان آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت می باشد. نخستین گام در گزینش صحیح یک پمپ گریز از مرکز ، ضرورتا با مشخص کردن شرایط کارکردی مورد انتظار آغاز می گردد.

### شرایط کارکردی مورد انتظار از پمپ می تواند در قالب :

- ✓ کارکرد آبدهی بصورت های مداوم و مستمر
  - ✓ کارکرد آبدهی در فواصل زمانی گاه بگاه و مقطعی صورت می پذیرد .
- باید توجه داشت که بطور کلی در هر پمپ آب گریز از مرکز ، میزان خروجی و آبدهی پمپ با :میزان اندازه و قطر پروانه، تعداد پره های پروانه، تعداد دور چرخشی پروانه، قطر دهانه ورودی و خروجی و .... بستگی و از رابطه مستقیم برخوردار است . پمپ های گریز از مرکز را می توان با موتورهای الکتریکی ۱۴۵۰ دور در دقیقه یا ۲۹۰۰ دور در دقیقه بصورت کوپل شده مورد استفاده قرار داد. بملاحظه تقلیل استهلاک پمپ در دورهای بالا بهتر است برای :کارکرد بصورت های مداوم و مستمر از موتورهای الکتریکی ۱۴۵۰ دور در دقیقه استفاده بعمل آورد.
- برای کارکرد در فواصل زمانی گاه بگاه و مقطعی از موتورهای الکتریکی ۲۹۰۰ دور در دقیقه استفاده بعمل آورد.

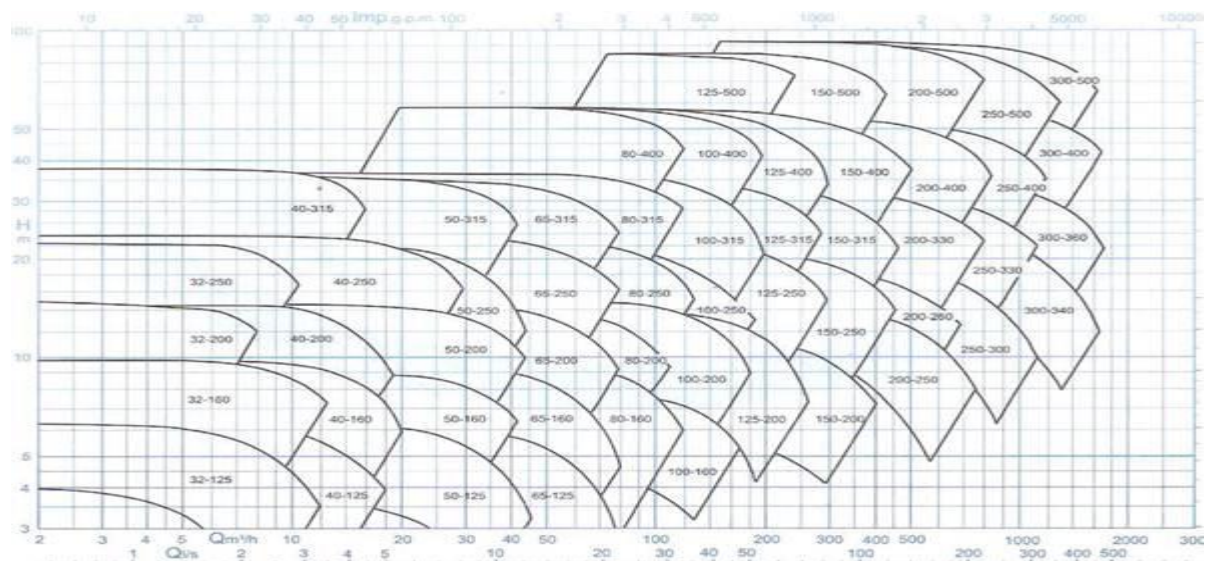
### ▪ فرآیند انتخاب پمپ گریز از مرکز

منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای دورهای ۱۴۵۰ دور در دقیقه و ۲۹۰۰ دور در دقیقه در دو چارت جداگانه و مستقل بشرح مندرج نمایش داده شده تهیه و در اختیار قرار داده شده اند.

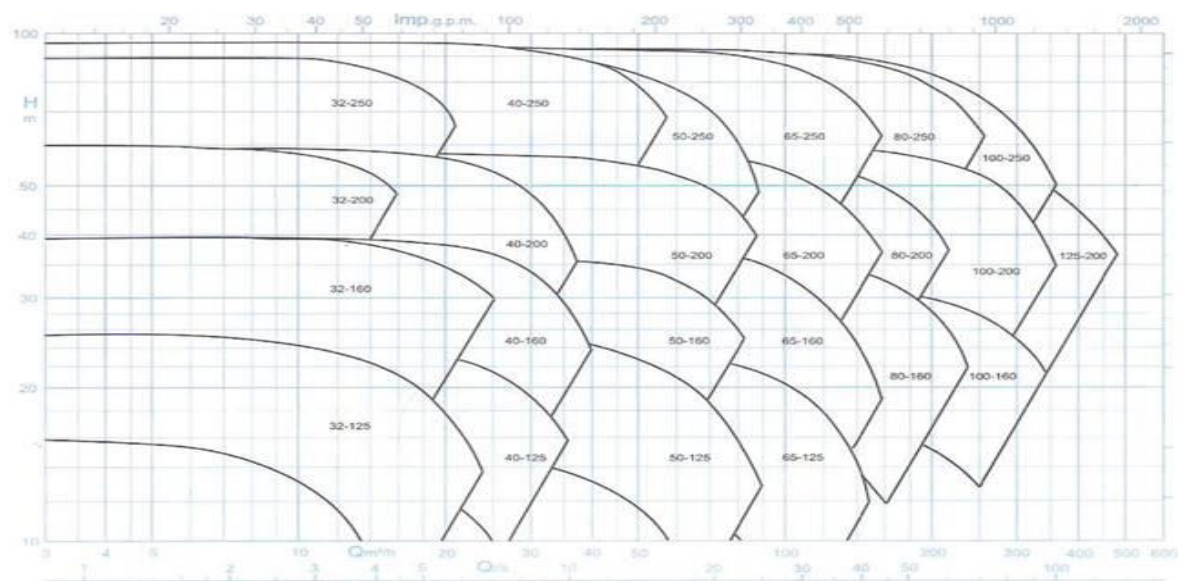
بعد از مشخص شدن شرایط کارکردی مورد انتظار از سوی خریدار و آگاهی از چگونگی کار پمپ درخواستی بصورت های مداوم و مستمر و یا منقطع و در فواصل زمانی مختلف به منحنی های همپوشانی مربوطه مراجعه می شود.

منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای دور ۱۴۵۰ دور در دقیقه

منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای دور ۲۹۰۰ دور در دقیقه



منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای دور ۱۴۵۰ دور در دقیقه



منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای دور ۲۹۰۰ دور در دقیقه

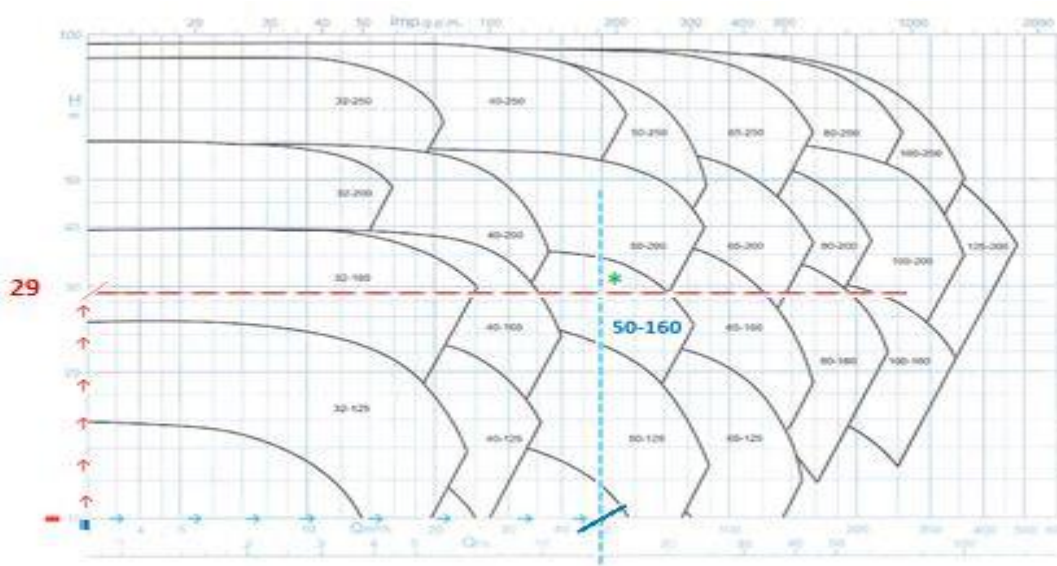
▪ انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه

در گام نخست باید به منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای الکتروموتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه مراجعه شود .

(۱) مقدار آبدهی ۵۰ متر مکعب در ساعت را از محور طولی انتخاب و خط عمودی را استخراج میکنیم .

(۲) ارتفاع آبدهی ۲۹ متر را از محور ارتفاع انتخاب و خط افقی را ترسیم میکنیم .

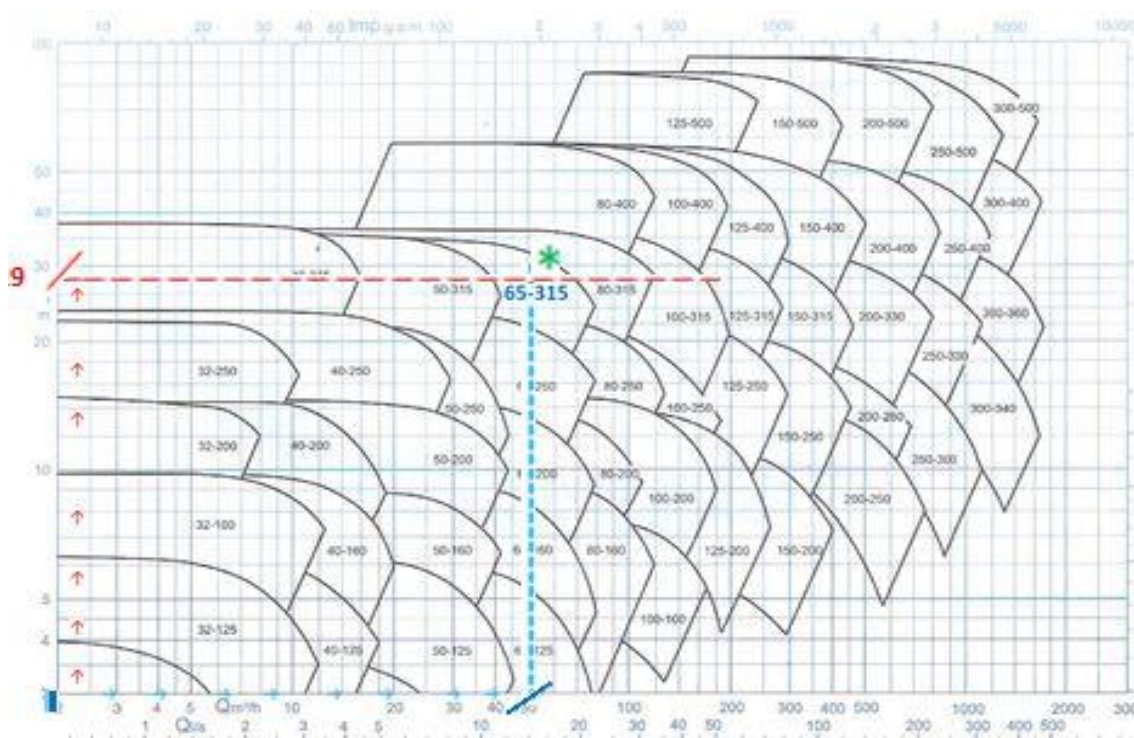
(۳) تقاطع دو خط افقی و عمودی نشانگر پمپ مناسب برای خواسته تعریف شده یعنی پمپ ۱۶۰ - ۵۰ برای ۲۹۰۰ دور در دقیقه میباشد .



▪ انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه

در گام نخست باید به منحنی های همپوشانی پمپ های گریز از مرکز برای الکتروموتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه مراجعه شود .

- (۱) مقدار آبدهی ۵۰ متر مکعب در ساعت را از محور طولی انتخاب و خط عمودی را استخراج میکنیم .
- (۲) ارتفاع آبدهی ۲۹ متر را از محور ارتفاع انتخاب و خط افقی را ترسیم میکنیم .
- (۳) تقاطع دو خط افقی و عمودی نشانگر پمپ مناسب برای خواسته تعریف شده یعنی پمپ ۳۱۵ - ۶۵ برای ۱۴۵۰ دور در دقیقه میباشد .



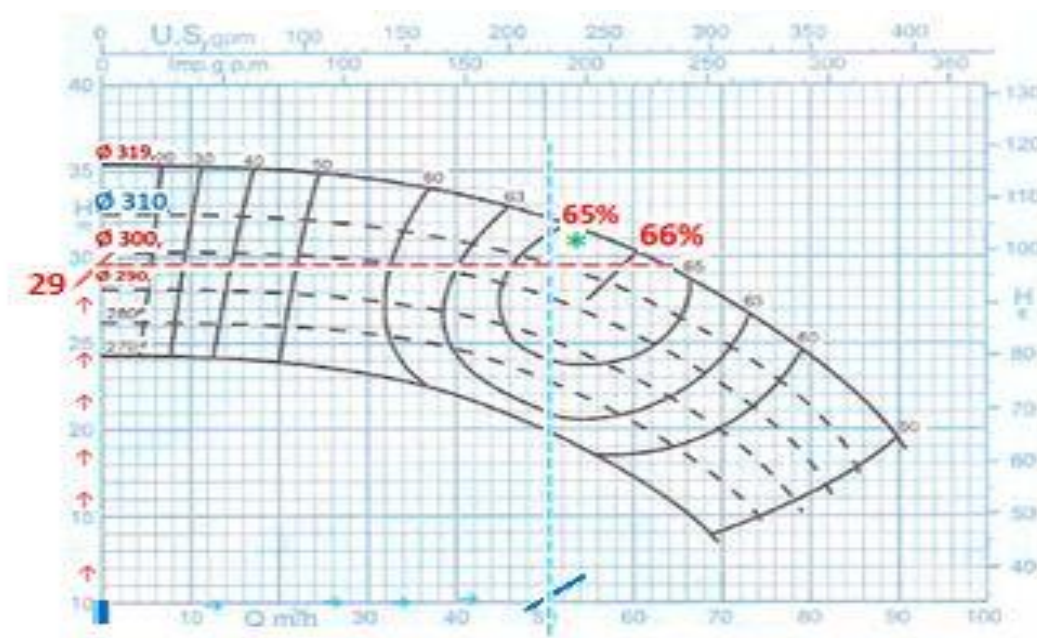
### ○ روش انتخاب یک پمپ گریز از مرکز تعیین قطر پروانه

بر حسب آنچه که گفته شد ، برای درخواست وارده پمپ با آبدهی ۵۰ متر مکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر دو گزینه پمپ ۶۵-۳۱۵ در ۱۴۵۰ دور در دقیقه ، پمپ ۵۰-۱۶۰ در ۲۹۰۰ دور در دقیقه را در دست خواهیم داشت . با توجه به اینکه استهلاک پمپ در دورهای بالاتر بیشتر است هرگاه کارکرد پمپ سفارش شده بصورت های مداوم باشد بهتر خواهد بود که مدل ۶۵-۳۱۵ مورد انتخاب و گزینش نهایی قرار بگیرد.

بر اساس گفته بالا ، اگر کارکرد پمپ سفارش شده بصورت های مقطعی و گاه بگاه و در فواصل زمانی باشد بهتر خواهد بود که مدل ۵۰-۱۶۰ مورد انتخاب و گزینش نهایی قرار بگیرد.

با پیش فرض کارکرد پمپ سفارش شده بصورت های مداوم و انتخاب گزینه مدل ۶۵-۳۱۵ بعنوان گزینش نهایی، در ادامه به تعیین قطر پروانه مبادرت می ورزیم.

به منحنی مشخصات هیدرولیکی پمپ گریز از مرکز ۶۵-۳۱۵ در ۱۴۵۰ دور در دقیقه مراجعه می کنیم. منحنی ها برای قطر تراش پروانه های مختلف تهیه و ارائه گردیده اند.



هر منحنی به یک تراش پروانه خاص اختصاص دارد مثلاً :  $\emptyset 290$ ,  $\emptyset 300$ ,  $\emptyset 310$ ,  $\emptyset 319$  و ...

در محور افقی و از نقطه آبدهی ۵۰ مترمکعب خط عمودی و از محور عمودی از ارتفاع ۲۹ متر خط افقی را اخراج و نقطه تقاطع را مشخص می کنیم. بعد از مشخص کردن نقطه تقاطع ، اولین منحنی بالای این نقطه را که مربوط به تراش پروانه  $\emptyset 310$  می باشد انتخاب می کنیم.

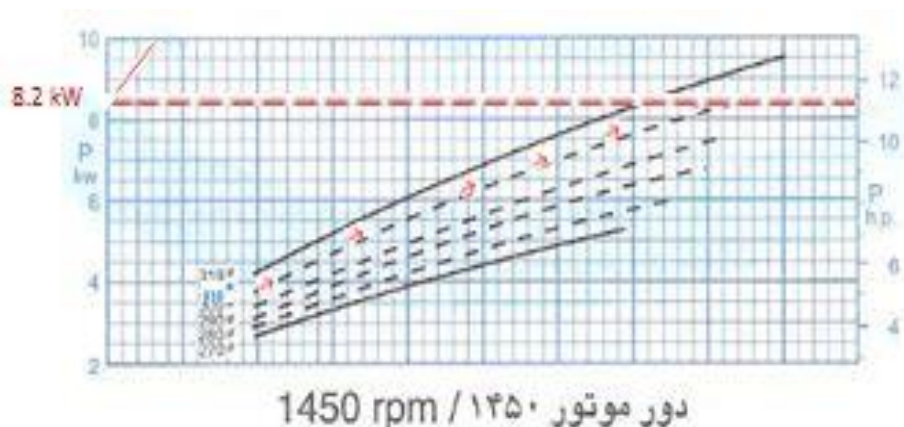
بنابراین پمپ مورد تقاضا، پمپ گریز از مرکز ۶۵-۳۱۵، دور بر دقیقه با تراش پروانه  $\emptyset 310$  می باشد.

$$65 - 315A(\emptyset 310), 1400 \text{ rpm}$$

با توجه به اینکه نقطه انتخاب پمپ در منحنی فوق الذکر ، بین راندمان ۶۵٪ و ۶۶٪ می باشد ، راندمان پمپ مورد انتخاب حدود ۶۵/۲٪ خواهد بود.

### ▪ روش انتخاب یک پمپ گریز از مرکز انتخاب الکتروموتور

بمنظور انتخاب الکتروموتور مناسب نخست منحنی مربوط به اندازه تراش پروانه و قدرت الکتروموتورها را در نظر می گیریم ، اندازه تراش پروانه را پیدا می کنیم ؛ از انتهای منحنی توان را برای تراش پروانه  $\varnothing 310$  خطی موازی محور افق رسم و به عدد  $8.2 \text{ kW}$  می رسیم .



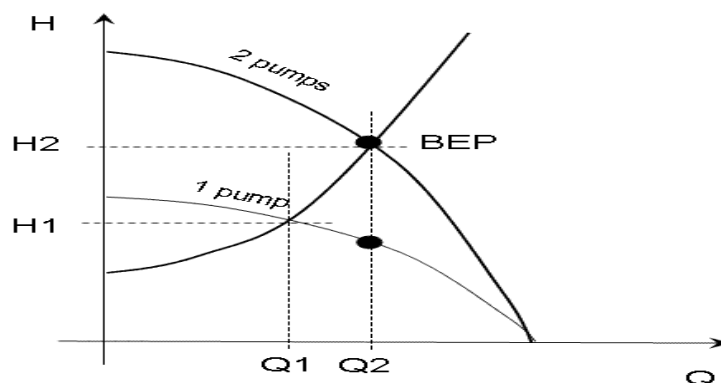
رقم مندرج ، حداقل قدرت لازم برای الکتروموتور مورد نیاز میباشد ، با مراجعه به جدول و بملاحظه مقدار آبدهی و قطر پروانه جهت عملکرد مطمئن الکتروموتور  $11 \text{ kW}$ ،  $1450$  دور در دقیقه را انتخاب می کنیم.

| دور<br>۱۴۵۰<br>RPM<br>1450 | آبدهی (مترمکعب بر ساعت)<br>Capacity (m <sup>3</sup> /h) |      |      |      |      | قطر پروانه<br>Imp. Dia.<br>(mm) | فلنج پمپ<br>Pump Flange<br>(mm) |                | مشخصات موتور<br>Motor Characteristics |                |                          | قطر لوله<br>Pipe Dia.<br>(Inch) |                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|----------------|
|                            | 25                                                      | 40   | 60   | 70   | 80   |                                 | مکش<br>Inlet                    | رانش<br>outlet | Power / قدرت                          |                | I / جریان<br>آمپر<br>Amp | مکش<br>Inlet                    | رانش<br>outlet |
|                            |                                                         |      |      |      |      |                                 |                                 |                | kW<br>کیلووات                         | HP<br>اسب بخار |                          |                                 |                |
| ارتفاع<br>(متر)            | 35                                                      | 33.5 | 30.5 | 27.5 | 24   | 319                             | 80                              | 65             | 11                                    | 15             | 23.8                     | **                              | ***            |
|                            | 32                                                      | 31   | 28   | 25   | 21.5 | 310                             |                                 |                | 11                                    | 15             | 23.8                     |                                 |                |
| Head<br>(m)                | 30                                                      | 29   | 25.5 | 22.5 | 18   | 300                             |                                 |                | 11                                    | 15             | 23.8                     |                                 |                |
|                            | 28                                                      | 26.7 | 23   | 20   | -    | 290                             |                                 |                | 7.5                                   | 10             | 15.7                     |                                 |                |

$60 - 310 A(\varnothing 310)$ ,  $11 \text{ KW}$  ,  $1450 \text{ rpm}$

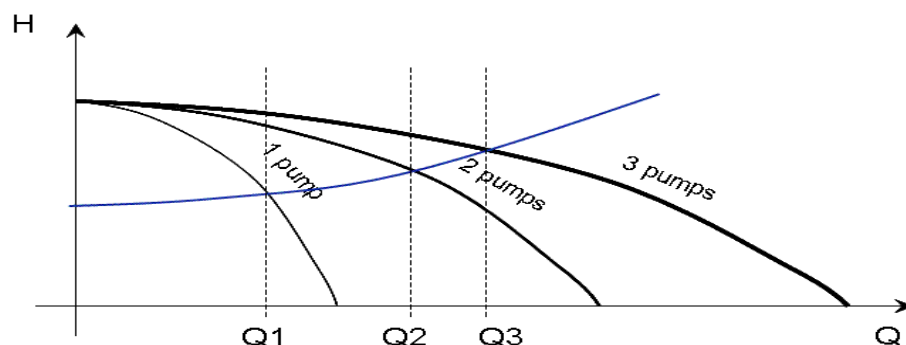
## پمپ های سری

پمپ ها هنگامی به صورت سری قرار می گیرند که آبیگری هر پمپ مستقیماً از خروجی پمپ قبل تامین شود. به عبارت دیگر یک پمپ مقداری آب را گرفته و به پمپ دیگری که در فاصله کوتاهی از آن قرار گرفته است می دهد و به این ترتیب به پمپ بعدی منتقل می شود. فاصله بین پمپ های سری حداکثر از چند متر تجاوز نمی کند این نحوه آرایش زمانی بکار می رود که دبی یک پمپ برای طراحی کافی بوده اما فشار مورد نیاز بیشتر از مقداری است که یک پمپ بتواند تامین بکند.



## پمپ های موازی

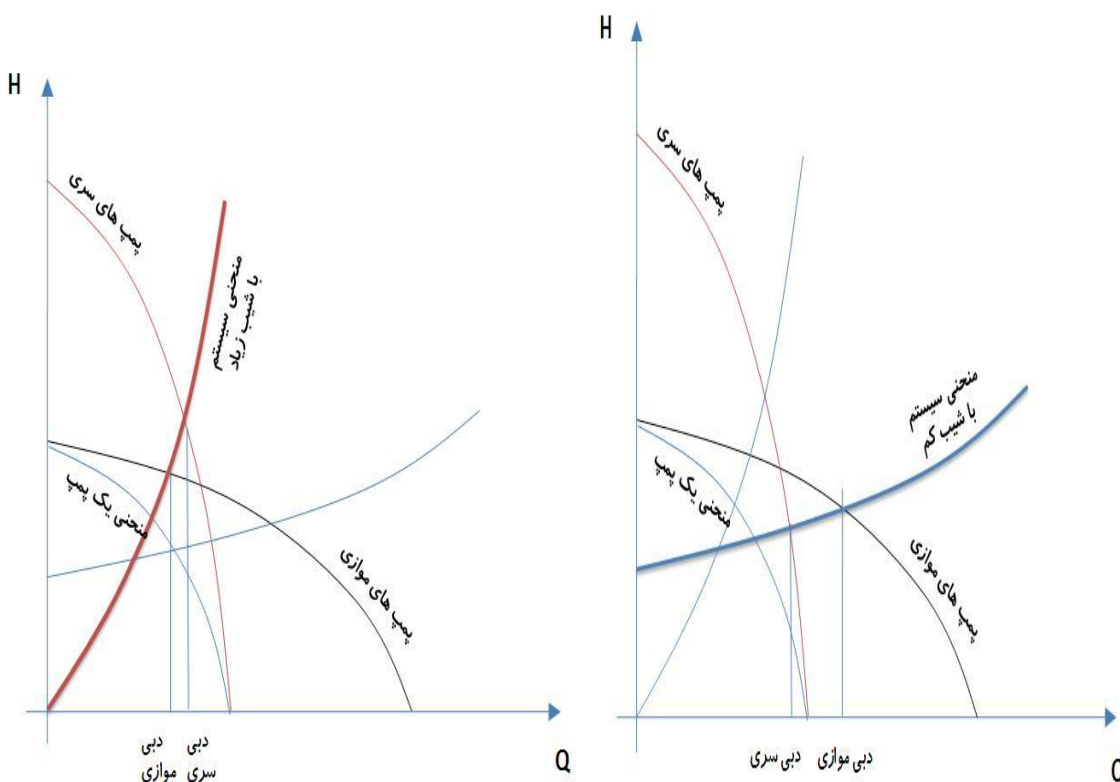
اگر دو یا چند پمپ مستقیماً دبی خود را وارد یک لوله مشترک بنمایند در این صورت گفته می شود که این پمپ ها بصورت موازی قرار دارند. پمپ ها هنگامی بصورت موازی نصب می شوند که فشار تولید شده توسط پمپ کافی بوده اما دبی به اندازه کافی نباشد. در این صورت بسته به مقدار دبی مورد نیاز تعداد پمپ بصورت موازی نصب می شوند.



### افزایش دبی سیستم با پمپ های موازی یا سری؟

اگر در یک سیستم پمپاژ از یک پمپ استفاده می شود و قصد افزایش دبی در آن سیستم با استفاده از یک پمپ (مشابه) دیگر را دارید، پمپ جدید را بصورت سری نصب می کنید یا موازی؟

در پاسخ به این سوال باید گفت شیب منحنی سیستم و همچنین مقدار هد استاتیکی آن در این تصمیم گیری موثر است، زیرا میزان افزایش دبی بستگی به این عوامل دارد. نکته حائز اهمیت دیگر در این منحنی ها اینست که اصولاً سیستم های با شیب زیاد و هد استاتیکی کم (مثل سیستم های بسته) با افزودن پمپ دوم چه بصورت سری و چه بصورت موازی افزایش دبی قابل توجهی نسبت به حالت یک پمپ نخواهند داشت. در این سیستم ها افزایش سرعت پمپ (به شرط بررسی کلیه نکات فنی) یا قطر پروانه در افزایش دبی موثرتر خواهد بود.



## • جدول عیب یابی پمپ های سانتریفیوژ

| مشکل به وجود آمده         | دلایل احتمالی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| پمپ سیال را پمپاژ نمی کند | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پمپ هواگیری نشده</li> <li>✓ پمپ یا لوله مکش به طور کامل از سیال پر نشده است</li> <li>✓ مکش پمپ بیش از حد است</li> <li>✓ بین فشار مکش و فشار بخار سیال تفاوت اندکی وجود دارد</li> <li>✓ در خط مکش، هوا وجود دارد</li> <li>✓ آب بندهای لوله بسته شده است</li> <li>✓ سرعت خیلی زیاد است</li> <li>✓ هد کل سیستم بیشتر از هد طراحی پمپ است</li> <li>✓ هد کل سیستم کمتر از هد طراحی پمپ است</li> </ul> |

|                                                       |                                  |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
| ✓ نیستند                                              |                                  |
| ✓ جسمی خارجی در پره افتاده است                        |                                  |
| ✓ عدم تقارن                                           |                                  |
| ✓ پمپ یا لوله مکش به طور کامل از سیال پر نشده است     |                                  |
| ✓ مکش پمپ بیش از حد است                               |                                  |
| ✓ بین فشار مکش و فشار بخار سیال تفاوت اندکی وجود دارد |                                  |
| ✓ مقدار گاز یا هوا در سیال زیاد است                   |                                  |
| ✓ در خط مکش، هوا وجود دارد                            |                                  |
| ✓ در خط مکش، هوا نشت می کند                           |                                  |
| ✓ هوا درون محفظه آب بندی پمپ نشت می کند               |                                  |
| ✓ Foot Valve خیلی کوچک است یا کمی بسته شده است        | سیال به مقدار کافی پمپاژ نمی شود |
| ✓ ورودی خط مکش به طور کامل درون آب قرار نگرفته است    |                                  |
| ✓ سرعت خیلی کم است                                    |                                  |
| ✓ هد کل سیستم بیشتر از هد طراحی پمپ است               |                                  |
| ✓ ویسکوزیته سیال خارج از محدوده طراحی است             |                                  |
| ✓ پمپ هایی که موازی شده اند برای این کار مناسب نیستند |                                  |
| ✓ جسمی خارجی در پره افتاده است                        |                                  |
| ✓ رینگ های سایشی پاره شده اند                         |                                  |
| ✓ پره پمپ آسیب دیده است                               |                                  |
| ✓ واشر پوسته آسیب دیده و نشتی درونی اتفاق افتاده است  | سیال به مقدار کافی پمپاژ نمی شود |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ مقدار گاز یا هوا در سیال زیاد است</li> <li>✓ سرعت خیلی کم است</li> <li>✓ جهت گردش، معکوس است</li> <li>✓ هد کل سیستم بیشتر از هد طراحی پمپ است</li> <li>✓ پمپ هایی که موازی شده اند برای این کار مناسب نیستند</li> <li>✓ رینگ های سایشی پاره شده اند</li> <li>✓ پره پمپ آسیب دیده است</li> <li>✓ واشر پوسته آسیب دیده و نشستی درونی اتفاق افتاده است</li> </ul>                                                                                                                                     | <p>فشار کافی توسط پمپ تامین نمی شود</p>                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پمپ یا لوله مکش به طور کامل از سیال پر نشده است</li> <li>✓ مکش پمپ بیش از حد است</li> <li>✓ مقدار گاز یا هوا در سیال زیاد است</li> <li>✓ در خط مکش، هوا وجود دارد</li> <li>✓ در خط مکش، هوا نشت می کند</li> <li>✓ هوا درون محفظه آب بندی پمپ نشت می کند</li> <li>✓ ورودی خط مکش به طور کامل درون آب قرار نگرفته است</li> <li>✓ آب بندهای لوله بسته شده است</li> <li>✓ محفظه آب بند به طرز نامناسبی داخل محفظه آب بندی قرار گرفته است و از ورود سیال آب بندی جلوگیری می کند</li> </ul>              | <p>پمپ مدتی پس از استارت خاموش می شود</p>                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ سرعت خیلی زیاد است</li> <li>✓ جهت گردش، معکوس است</li> <li>✓ هد کل سیستم بیشتر از هد طراحی پمپ است</li> <li>✓ هد کل سیستم کمتر از هد طراحی پمپ است</li> <li>✓ وزن مخصوص سیال با حالت طراحی تفاوت دارد</li> <li>✓ ویسکوزیته سیال خارج از محدوده طراحی است</li> <li>✓ پمپ با دبی بسیار پایین کار می کند</li> <li>✓ جسمی خارجی در پره افتاده است</li> <li>✓ عدم تقارن</li> <li>✓ شفت پیچیده است</li> <li>✓ اجزای گردشی روی اجزای ثابت ساییده می شود</li> <li>✓ رینگ های سایشی پاره شده اند</li> </ul> | <p>توان مصرفی پمپ بیش از حد عادی است</p> <p>توان مصرفی پمپ بیش از حد عادی است</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پکینگ خوب نصب نشده است</li> <li>✓ نوع پکینگ برای این کار مناسب نیست</li> <li>✓ گلند خیلی سفت شده و اجازه عبور هیچ سیالی را برای روان کاری نمی دهد</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ محفظه آب بند به طرز نامناسبی داخل محفظه آب بندی قرار گرفته است و از ورود سیال آب بندی جلوگیری می کند</li> <li>✓ عدم تقارن</li> <li>✓ شفت پیچیده است</li> <li>✓ شفت یا بوش شفت دچار شکستگی و یا روی پکینگ، خط افتاده است</li> <li>✓ پکینگ خوب نصب نشده است</li> <li>✓ نوع پکینگ برای این کار مناسب نیست</li> <li>✓ شفت به دلیل خرابی یا تاقان ها و یا عدم تقارن، خارج از مرکز کار می کند</li> <li>✓ روتور بالانس نیست و باعث لرزش می شود</li> <li>✓ تامین سیال برای خنک کاری محفظه آب بندی با شکست مواجه شده است</li> <li>✓ بین شفت و محفظه درون محفظه آب بندی فاصله زیاد است و باعث فشرده شدن پکینگ به اجزای داخلی پمپ شده است</li> <li>✓ درون مایع آب بندی سنگ ریزه و یا گرد و غبار رفته است و باعث خط انداختن روی شفت یا آستین شفت می شود</li> </ul> | <p>نشستی محفظه آب بندی پمپ بیش از حد عادی است</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ آب بندهای لوله بسته شده است</li> <li>✓ محفظه آب بند به طرز نامناسبی داخل محفظه آب بندی قرار گرفته است و از ورود سیال آب بندی جلوگیری می کند</li> <li>✓ عدم تقارن</li> <li>✓ شفت پیچیده است</li> <li>✓ یاتاقان ها از بین رفته و کهنه اند</li> <li>✓ شفت یا بوش شفت دچار شکستگی و یا روی پکینگ، خط افتاده است</li> <li>✓ پکینگ خوب نصب نشده است</li> <li>✓ نوع پکینگ برای این کار مناسب نیست</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>پکینگ ها عمر کوتاهی دارند</p>                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ شفت به دلیل خرابی یاتاقان ها و یا عدم تقارن، خارج از مرکز کار می کند</li> <li>✓ روتور بالانس نیست و باعث لرزش می شود</li> <li>✓ گلند خیلی سفت شده و اجازه عبور هیچ سیالی را برای روان کاری نمی دهد</li> <li>✓ تامین سیال برای خنک کاری محفظه آب بندی با شکست مواجه شده است</li> <li>✓ بین شفت و محفظه درون محفظه آب بندی فاصله زیاد است و باعث فشرده شدن پکینگ به اجزای داخلی پمپ شده است</li> <li>✓ درون مایع آب بندیسنگ ریزه و یا گرد و غبار رفته است و باعث خط انداختن روی شفت یا آستین شفت می شود</li> </ul>                                                                                                                                                                                                      | <p style="text-align: center;">پکینگ ها عمر کوتاهی دارند</p>                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پمپ یا لوله مکش به طور کامل از سیال پر نشده است</li> <li>✓ مکش پمپ بیش از حد است</li> <li>✓ بین فشار مکش و فشار بخار سیال تفاوت اندکی وجود دارد</li> <li>✓ Foot Valve خیلی کوچک است یا کمی بسته شده است</li> <li>✓ ورودی خط مکش به طور کامل درون آب قرار نگرفته است</li> <li>✓ پمپ با دبی بسیار پایین کار می کند</li> <li>✓ جسمی خارجی در پره افتاده است</li> <li>✓ عدم تقارن</li> <li>✓ فونداسیون مستحکم نیست</li> <li>✓ شفت پیچیده است</li> <li>✓ اجزای گردشی روی اجزای ثابت ساییده می شود</li> <li>✓ یاتاقان ها از بین رفته و کهنه اند</li> <li>✓ پره پمپ آسیب دیده است</li> <li>✓ شفت به دلیل خرابی یاتاقان ها و یا عدم تقارن، خارج از مرکز کار می کند</li> <li>✓ روتور بالانس نیست و باعث لرزش می شود</li> </ul> | <p style="text-align: center;">پمپ در حال کار، لرزش یا سر و صدای زیادی دارد</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ نیروی محوری زیادی ایجاد می شود که دلیل آن شکستگی اجزای مکانیکی داخل پمپ و یا شکستگی اجزای بالانس کننده هیرولیکی است</li> <li>✓ گریس یا روغن زیاد در محفظه یاتاقان یا نبود خنک کننده باعث افزایش دمای یاتاقان شده است</li> <li>✓ نقص در روغن کاری</li> <li>✓ نصب نامناسب یاتاقان های ضد اصطکاک</li> <li>✓ گرد و غبار وارد یاتاقان ها شده است</li> <li>✓ زنگ زدگی یاتاقان ها در نتیجه ورود آب در محفظه</li> <li>✓ آب خنک کننده زیاد باعث خنک شدن یاتاقان ها و چگالش بخار اتمسفر درون محفظه یاتاقان ها شده است</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>پمپ در حال کار، لرزش یا سر و صدای زیادی دارد</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ عدم تقارن</li> <li>✓ شفت پیچیده است</li> <li>✓ اجزای گردشی روی اجزای ثابت ساییده می شود</li> <li>✓ یاتاقان ها از بین رفته و کهنه اند</li> <li>✓ شفت به دلیل خرابی یاتاقان ها و یا عدم تقارن، خارج از مرکز کار می کند</li> <li>✓ روتور بالانس نیست و باعث لرزش می شود</li> <li>✓ نیروی محوری زیادی ایجاد می شود که دلیل آن شکستگی اجزای مکانیکی داخل پمپ و یا شکستگی اجزای بالانس کننده هیرولیکی است</li> <li>✓ گریس یا روغن زیاد در محفظه یاتاقان یا نبود خنک کننده باعث افزایش دمای یاتاقان شده است</li> <li>✓ نقص در روغن کاری</li> <li>✓ نصب نامناسب یاتاقان های ضد اصطکاک</li> <li>✓ گرد و غبار وارد یاتاقان ها شده است</li> <li>✓ زنگ زدگی یاتاقان ها در نتیجه ورود آب در محفظه</li> <li>✓ آب خنک کننده زیاد باعث خنک شدن یاتاقان ها و چگالش بخار اتمسفر درون محفظه یاتاقان ها شده است</li> </ul> | <p>یاتاقان ها عمر کوتاهی دارند</p>                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پمپ هواگیری نشده</li> <li>✓ بین فشار مکش و فشار بخار سیال تفاوت اندکی وجود دارد</li> <li>✓ پمپ با دبی بسیار پایین کار می کند</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>پمپ بیش از حد داغ می شود</p>                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <p>✓ پمپ هایی که موازی شده اند برای این کار مناسب نیستند</p> <p>✓ عدم تقارن</p> <p>✓ اجزای گردشی روی اجزای ثابت ساییده می شود</p> <p>✓ یاتاقان ها از بین رفته و کهنه اند</p> <p>✓ شفت به دلیل خرابی یاتاقان ها و یا عدم تقارن، خارج از مرکز کار می کند</p> <p>✓ روتور بالانس نیست و باعث لرزش می شود</p> <p>✓ نیروی محوری زیادی ایجاد می شود که دلیل آن شکستگی اجزای مکانیکی داخل پمپ و یا شکستگی اجزای بالانس کننده هیدرولیکی است</p> | <p>پمپ بیش از حد داغ می شود</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|

در صفحه بعدی با جداول به تعمیر و عیب یابی کلی پمپ ها و توربو پمپ ها اشاره می کنیم و منابع این جداول کتاب های رفرنس و جزوه های پتروشیمی ایران می باشند.

❖ جدول صفحه بعدی ایرادات در یک ستون نوشته شده اند و در ستون مقابل شماره هایی هستند که در صفحات بعدی در جداول با یافتن آن شماره ها نحوه رفع ایراد را مشاهده خواهید کرد.

لیست بررسی عوامل مؤثر بر روی بروز مشکل در پمپ گریز از مرکز

| علائم خرابی                                                      | عوامل احتمالی خرابی بر اساس ردیف‌های جدول (۱۲-۲)                                                   |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| پمپ مایعی را جابجا نمی‌کند.                                      | ۴۰.۳۸.۳۲.۳۰.۲۵.۲۲.۲۱.۱۶.۱۴.۱۳.۱۲.۱۰.۵.۳.۲.۱                                                        |
| دبی پمپ کافی نمی‌باشد.                                           | ۲۴.۲۳.۲۲.۲۱.۱۸.۱۷.۱۶.۲۵.۳۱.۳۲.۴۰.۴۱.۴۴.۶۳.۶۴.۷.۶.۵.۴.۳.۲<br>۱۳.۱۲.۱۱.۱۰.۱۵.۱۴.                     |
| فشار خروجی پمپ کافی نیست.                                        | ۶۴.۶۳.۴۴.۴۱.۴۰.۳۹.۳۴.۲۵.۲۴.۲۳.۲۲.۲۱.۱۸.۱۶.۱۵<br>۱۴.۱۳.۱۲.۷.۶.۴                                     |
| پمپ بعد از راه اندازی مجدداً هوا می‌گیرد.                        | ۱۱.۱۰.۹.۸.۷.۶.۴.۲                                                                                  |
| توان مصرفی در پمپ زیاد است.                                      | ۷۱.۷۰.۶۹.۶۱.۴۵.۴۴.۴۱.۴۰.۳۹.۳۵.۳۴.۳۳.۳۲.۲۶.۲۴.۲۳.۲۲.۲۰                                              |
| پمپ لرزش و سرو صدا دارد.                                         | ۲.۱۶.۳۷.۴۳.۴۴.۴۵.۵۶.۴۷.۴۸.۴۹.۵۰.۵۱.۵۲.۵۳.۵۴.۵۵.۵۶.۵۷.۵۸.<br>۵۹.۶۰.۶۱.۶۶.۶۷.۷۸.۷۹.۸۰.۸۱.۸۲.۸۳.۸۴.۸۵ |
| پمپ در دبی کم لرزش و سرو صدا دارد.                               | ۲.۳.۱۷.۱۹.۲۷.۲۸.۲۹.۳۵.۳۸.۷۷                                                                        |
| پمپ در دبی زیاد لرزش و سرو صدا دارد.                             | ۲.۳.۱۰.۱۱.۱۲.۱۳.۱۴.۱۵.۱۶.۱۷.۱۸.۳۳.۳۴.۴۱                                                            |
| محور پمپ دارای نوسان حرکت طولی است.                              | ۱۷.۱۸.۱۹.۲۷.۲۹.۳۵.۳۸                                                                               |
| تیغه‌های پروانه در قسمت قابل رؤیت دچار فرسایش شده است.           | ۳.۱۲.۱۳.۱۴.۱۵.۱۷.۴۱                                                                                |
| تیغه‌های پروانه در قسمت غیر قابل رؤیت دچار فرسایش شده است.       | ۱۲.۱۷.۱۹.۲۹                                                                                        |
| تیغه‌های پروانه در قسمت خروجی نزدیک به مرکز دچار فرسایش شده است. | ۳۷                                                                                                 |

|                                                                         |                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۷،۲۹                                                                   | تیغه‌های پروانه در قسمت خروجی نزدیک به صفحات<br>نگاهدارنده و یا نزدیک به محل اتصال تیغه به صفحه دچار<br>فرسایش شده است. |
| ۲۷،۲۹                                                                   | صفحه نگاهدارنده پروانه کج شده و یا ترک برداشته است.                                                                     |
| ۳۱،۱۲،۲۸،۲۹،۳۸،۴۲،۴۳،۴۵،۵۱،۵۲،۵۳،۵۴،۵۵،۵۷،۵۸<br>۵۹،۶۰،۶۱،۶۲،۶۶،۷۷،۷۸،۸۲ | پمپ داغ کرده و یا گریباز کرده است.                                                                                      |
| ۶۵                                                                      | قطعات داخلی دچار خوردگی زود هنگام گردیده است.                                                                           |
| ۳،۲۸،۲۹،۴۵،۵۰،۵۱،۵۲،۵۳،۵۴،۵۵،۵۷،۵۹،۶۱،۶۲،۶۵،۶۶،۶۷                       | لقی‌های داخلی سریعاً دچار سایش شده است .                                                                                |
| ۶۳،۶۴،۶۵                                                                | پوسته پمپ‌های ۲ تکه در اثر پدیده کشش مفتولی بریده شده<br>است.                                                           |
| ۵۳،۶۳،۶۴،۶۵                                                             | پوسته ساکن داخلی در اثر پدیده کشش مفتولی بریده شده<br>است.                                                              |
| ۸،۹،۴۵،۵۵،۵۷،۶۶،۶۸،۶۹،۷۰،۷۱،۷۲،۷۳،۷۴                                    | نشستی از نوار نشست‌بند کننده زیاد بوده و یا نوارهای نشست‌بند<br>کننده زود خراب می‌شود.                                  |
| ۸،۹                                                                     | غلاف محور در سیستم نشست‌بند کننده نواری زود فرسوده<br>می‌شود.                                                           |
| ۴۵،۵۴،۵۵،۵۷،۵۸،۶۲،۷۴،۷۵،۷۶،۷۷                                           | نشستی از نشست‌بند کننده مکانیکی زیاد است.                                                                               |
| ۴۵،۵۴،۵۵،۵۷،۵۸،۶۲،۷۴،۷۵،۷۶،۷۷                                           | قطعات نشست‌بند کننده مکانیکی شامل سطوح ساکن و متحرک،<br>غلاف محور و قطعه آکاردئونی خراب شده است.                        |
| ۳،۲۹،۴۱،۴۲،۴۵،۵۰،۵۱،۵۴،۵۵،۵۸،۶۶،۷۷،۷۹،۸۰،۸۱،۸۲،۸۳،۸۵                    | یاتاقان‌ها زود خراب می‌شوند.                                                                                            |
| ۴۵،۵۰،۵۱،۶۷                                                             | کوبلینگ خراب شده است.                                                                                                   |

| الف) مشکلات مربوط به مکش پمپ |                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ۱                            | عدم هواگیری پمپ و یا هواگیری نامناسب                      |
| ۲                            | پر نشدن لوله مکش پمپ از مایع                              |
| ۳                            | NPSHa کم                                                  |
| ۴                            | وجود هوا یا گاز به مقدار زیاد در مایع مورد پمپاژ          |
| ۵                            | تشکیل محفظه هوا در لوله مکش                               |
| ۶                            | نشت هوا بدرون لوله مکش                                    |
| ۷                            | نشت هوا بدرون پمپ از طریق محفظه نشت‌بندی                  |
| ۸                            | گرفتگی مجرای مایع نشت‌بند کننده                           |
| ۹                            | نصب نامناسب قطعات نشت‌بندی                                |
| ۱۰                           | قرار نگرفتن لوله مکش به اندازه کافی درون مایع             |
| ۱۱                           | تشکیل گرداب در لوله مکش                                   |
| ۱۲                           | کامل و یا نیمه بسته بسته بودن شیر مکش                     |
| ۱۳                           | گرفتگی صافی مکش                                           |
| ۱۴                           | گرفتگی در لوله مکش                                        |
| ۱۵                           | زیاد بودن اتلاف انرژی در مسیر مکش                         |
| ۱۶                           | گرفتگی پروانه                                             |
| ۱۷                           | موازی بودن محور پمپ با زانویی مکش (برای پمپ‌ها با دو مکش) |
| ۱۸                           | وجود زانویی در لوله مکش با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم       |
| ۱۹                           | انتخاب پمپ با سرعت مخصوص مکش زیاد                         |

| ب) سایر مشکلات هیدرولیکی                                                  |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| بالا بودن سرعت دورانی پمپ                                                 | ۲۰ |
| پایین بودن سرعت دورانی پمپ                                                | ۲۱ |
| غلط بودن جهت دوران پمپ                                                    | ۲۲ |
| نصب پروانه دو مکش در جهت عکس                                              | ۲۳ |
| تنظیم غلط تجهیزات ابزار دقیق                                              | ۲۴ |
| کم بودن قطر پروانه انتخاب شده                                             | ۲۵ |
| زیاد بودن قطر پروانه انتخاب شده                                           | ۲۶ |
| انتخاب پروانه با ضریب ارتفاع خیلی زیاد                                    | ۲۷ |
| بهره برداری از پمپ با شیر دهش بسته بدون باز کردن شیر برگشت                | ۲۸ |
| بهره برداری از پمپ در دبی کمتر از حداقل دبی مجاز                          | ۲۹ |
| ارتفاع استاتیکی از حداکثر ارتفاع قابل دسترس توسط پمپ                      | ۳۰ |
|                                                                           |    |
| از دست رفت ارتفاع دینامیکی از حد پیش بینی شده                             | ۳۱ |
| ارتفاع کلی سیستم از مقدار پیش بینی شده                                    | ۳۲ |
| ارتفاع کلی سیستم از مقدار پیش بینی شده                                    | ۳۳ |
| بهره برداری از پمپ در دبی خیلی زیاد (برای پمپ‌ها ی جریان شعاعی)           | ۳۴ |
| بهره برداری از پمپ در دبی خیلی کم (برای پمپ‌ها ی جریان محوری)             | ۳۵ |
| نشستی یا گریپاژ کردن شیر یک طرفه                                          | ۳۶ |
| کم بودن فاصله هوایی بین تیغه‌ها ی پروانه و گلویی پوسته یا تیغه‌ها ی افشان | ۳۷ |
| نامناسب بودن بهره برداری از دو پمپ به صورت موازی                          | ۳۸ |
| وزن مخصوص مایع از مقدار پیش بینی شده                                      | ۳۹ |
| ویسکوزیته مایع از مقدار پیش بینی شده بیشتر                                | ۴۰ |
| بیشتر بودن وجود فرسایش غیر عادی در قطعات                                  | ۴۱ |
| گرفتنی در تجهیزات متعادل کننده بار محوری                                  | ۴۲ |
| عدم تعادل بین فشار مایع مکش و فشار بخار مایع در دهانه مکش پمپ             | ۴۳ |

| ج) مشکلات مکانیکی - عمومی |                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۴۴                        | وجود اجسام خارجی در پروانه و یا خرابی پروانه                                              |
| ۴۵                        | تراز نبودن کوپلینگ                                                                        |
| ۴۶                        | نامناسب بودن فوندانسیون                                                                   |
| ۴۷                        | شل بودن پیچ‌ها ی فوندانسیون                                                               |
| ۴۸                        | شل بودن پیچ‌ها ی پمپ یا موتور                                                             |
| ۴۹                        | کافی نبودن دوغاب <sup>۱</sup> پایه                                                        |
| ۵۰                        | زیاد بودن تنش وارده از لوله‌ها به دهانه‌ها ی پمپ                                          |
| ۵۱                        | نصب غلط اتصال انبساطی <sup>۲</sup>                                                        |
| ۵۲                        | راه اندازی پمپ بدون گرم کردن اولیه                                                        |
| ۵۳                        | نصب غلط قطعاتی که باید هم محور باشند نظیر پروانه، رینگ سایشی، غلاف محور، پوسته یاتاقان‌ها |
| ۵۴                        | پیچیدگی محور                                                                              |
| ۵۵                        | بالانس نبودن روتور                                                                        |
| ۵۶                        | شل بودن قطعه‌ای روی محور                                                                  |
| ۵۷                        | چرخش خارج از محور شفت در اثر خرابی یاتاقان‌ها                                             |
| ۵۸                        | نزدیک بودن سرعت دورانی به سرعت بحرانی                                                     |
| ۵۹                        | زیاد بودن طول محور بوده و یا کم بودن قطر آن                                               |

|                                             |                                                                                                         |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶۰                                          | وجود تشدید بین سرعت دورانی و فرکانش طبیعی فونداسیون، پایه و یا لوله‌کشی                                 |
| ۶۱                                          | فرسایش قطعات دوار بر روی قطعات ثابت پمپ                                                                 |
| ۶۲                                          | ورود ذرات جامد به فضای لقی بین قطعات متحرک                                                              |
| ۶۳                                          | استفاده از مواد اولیه نامناسب در ساخت واشرها                                                            |
| ۶۴                                          | وجود نشستی در سطوح نشست‌بندی داخلی ناشی از فرسایش آن‌ها                                                 |
| ۶۵                                          | استفاده از مواد اولیه نامناسب در ساخت قطعات پمپ                                                         |
| ۶۶                                          | عدم تعادل (نابالانسی) هیدرولیکی                                                                         |
| ۶۷                                          | کیفیت نامطلوب روانکاری بعضی از کوپلینگ‌ها                                                               |
| <b>(د) خرابی نشست‌بند</b>                   |                                                                                                         |
| ۶۸                                          | فرسایش محور و یا غلاف آن در محل تماس با نوار نشست‌بندی                                                  |
| ۶۹                                          | انتخاب نوار نشست‌بند کننده نامناسب برای شرایط بهره برداری                                               |
| ۷۰                                          | نصب غلط نوار نشست‌بند کننده                                                                             |
| ۷۱                                          | سفت بستن قطعه عینکی بطوری که مایع مورد پمپاژ به محل محور و نوار نشست‌بندی                               |
| ۷۲                                          | وجود لقی زیاد در قسمت انت‌ها یی محفظه نشست‌بندی                                                         |
| ۷۳                                          | وجود ذرات جامد در مایع نشست‌بند کننده                                                                   |
| ۷۴                                          | اشکال در تأمین مایع خنک کننده در حد مورد نیاز برای خنک کاری محفظه نشست‌بند کننده                        |
| ۷۵                                          | انتخاب نشست‌بند کننده مکانیکی نامناسب برای شرایط بهره برداری از پمپ                                     |
| ۷۶                                          | موازی نبودن محفظه نشست‌بندی با محور شافت و نصب غلط نشست‌بند مکانیکی                                     |
| <b>(م) مشکلات مکانیکی – قسمت یاتاقان‌ها</b> |                                                                                                         |
| ۷۷                                          | وجود بار محوری زیاد در پمپ‌ها ی پیچکی، نامتقارن بودن پمپ‌ها ی دو پیچکی، هم محور نبودن افشان دیفیوزر     |
| ۷۸                                          | وجود بار محوری زیاد ناشی از فرسایش قطعات در محل لقی و یا فرسایش تجهیزات متعادل کننده                    |
| ۷۹                                          | انتخاب روانکار (روغن یا گریس) نامناسب                                                                   |
| ۸۰                                          | زیاد بودن روغن یا گریس در یاتاقان‌ها                                                                    |
| ۸۱                                          | کیفیت نامطلوب روانکاری                                                                                  |
| ۸۲                                          | نصب غلط یاتاقان ضد اصطکاک (خرابی در هنگام نصب، جمع کردن نادرست، ناسازگار بودن قطعات و یاتاقان‌ها با هم) |
| ۸۳                                          | ورود ذرات خارجی بدرون یاتاقان‌ها                                                                        |
| ۸۴                                          | نفوذ رطوبت بدرون ماده روان کننده                                                                        |
| ۸۵                                          | زیاد بودن دبی آب خنک کننده یاتاقان‌ها                                                                   |

## مشکلات هیدرولیکی

### • پمپ هیچگونه مایعی را جابجا نمی‌کند.

**الف: هواگیری نامناسب.** در این حالت باید قسمت مکش پمپ را با مایع مورد پمپاژ پر کرد. جهت تخلیه هوا از درون لوله مکش و پوسته پمپ، تمامی شیرهای تخلیه هوا هنگام پر کردن لوله‌ها و پوسته پمپ باز نگاه داشته شود. بعد از آنکه مایع به صورت شفاف و فاقد هوا خارج گردید می‌توان آن‌ها را بست و پمپ را روشن نمود.

**ب: سرعت دورانی کم پمپ.** در پمپ‌ها یی که با الکترو موتور کار می‌کنند نخست لازم است که از ولتاژ خط تغذیه الکترو موتور مطمئن شد. در الکترو موتورهای جریان متناوب، فرکانس جریان را بررسی نموده تا مقدار آن از میزان فرکانس مورد نیاز برای راه اندازی الکترو موتور کمتر نباشد. اگر یکی از فازهای تغذیه الکترو موتور بسته نشده باشد، موتور با سرعت کمتر از میزان مورد نیاز چرخش نموده و این امر موجب کاهش کارایی پمپ خواهد شد.

در پمپ‌ها یی که با توربین کار می‌کنند، باید گاورنر<sup>۱</sup> آن را بررسی نموده و شیر خفه‌کن<sup>۲</sup> را تنظیم کرد. لق بودن و یا خرابی دیسک شیر خفه کن می‌تواند باعث گرفتگی مجرای جریان بخار گردیده و همین امر می‌تواند موجب بروز پدیده کشیده شدن و کاهش فشار شود. در پمپ‌ها یی که توسط موتورهای احتراق داخلی کار می‌کنند، سیستم تغذیه سوخت، تنظیم گاورنر، فیلتر هوا، فشار هوای سیستم جرقه‌زن، سیستم‌های مغناطیسی، کاربراتور و یا پمپ انژکتور (بر حسب نوع سوخت) باید بازرسی شوند.

در پمپ‌ها یی که با فشار هوا کار می‌کنند، باید فشار هوا را بررسی نموده تا از فشار هوای لازم برای راه اندازی و بهره‌برداری پمپ مطمئن شد. پایین بودن فشار هوا می‌تواند ناشی از کم بودن دبی کمپرسور هوا، بالا بودن مصرف هوا در سایر قسمت‌های سیستم، انتخاب غلط قطر لوله و اتصالات و یا نشتی زیاد هوا باشد.

**ج: ارتفاع دهش زیاد.** لازم است کلیه شیرهای یی که در مسیر دهش پمپ قرار دارند را بازرسی نموده و از باز بودن کامل آن مطمئن شد. لوله‌های اتصال فشار سنج‌ها را کنترل کرده، تمیز و باز بودن آن را بررسی نمود. در مواردی که هنوز ارتفاع دهش بالا بوده و هیچگونه وسیله جدیدی در سیستم نصب نشده است، باید احتمال گرفتگی خط لوله دهش و وجود ذرات معلق و رسوب‌کننده در مایع مورد پمپاژ را بررسی کرده و نسبت به رفع آن‌ها اقدام شود.

**د: ارتفاع زیاد مکش مسیر ورودی.** گرفتگی لوله مکش و تشکیل رسوب در آن بررسی شود. در صورت استفاده از شیر یک طرفه لوله مکش، سطح نشست‌بند کننده آن را بررسی کرده و سالم بودن و نشست‌بند کردن آن و گرفتگی صافی مکش مورد بررسی قرار گیرد. طراحی غلط مسیر مکش پمپ و بکارگیری از اتصالات غیر ضروری با کیفیت نامطلوب می‌تواند موجب افزایش از دست رفت ارتفاع دینامیکی در لوله مکش گردد.

اگر پمپ برای اولین بار راه اندازی می‌شود و قادر به مکش آب نمی‌باشد، باید حداکثر مکش مجاز که از سوی شرکت سازنده اعلام شده را با شرایط بهره‌برداری مقایسه کرده و از صحت شرایط کار مطمئن شد. در شرایط معمولی حداکثر مکش توربوپمپ‌ها معمولی حدود معادل ۴/۵ متر می‌باشد. در حالت فوق بهتر است که  $NPSH_x$ ،  $NPSH_{x1}$  را با هم مقایسه کرده، در شرایط مطلوب باید  $NPSH_x \geq NPSH_{x1} + 0.5$  باشد.

همچنین بایستی خط لوله عمودی را در حد فاصل بین سطح آزاد مایع تا دهانه مکش از نظر احتمال گرفتگی توسط مواد رسوب کننده و مواد جامد دیگر بررسی نموده و از باز بودن خط لوله مطمئن شد. ممکن است قطر داخلی واشرهای مورد استفاده در قسمت مکش از قطر لوله مکش کمتر بوده و همین امر می‌تواند باعث افزایش افت فشار در قسمت مکش پمپ گردد.

**ه: گرفتگی پروانه.** وجود ذرات جامد در مایع ورودی می‌تواند باعث گرفته شدن چشمه پروانه و مجاری جریان مایع در داخل پروانه گردیده که نتایج آن بر روی جریان مایع در قسمت دهش تأثیر می‌گذارد. به همین خاطر لازم است که پوسته پمپ را باز نموده و پروانه را بازرسی و تمیز نمود.

**ش: دوران پمپ در جهت معکوس.** غلط بستن سر سیم‌ها ی الکترو موتور می‌تواند باعث چرخش پمپ در جهت معکوس گردیده و به این خاطر در هنگام راه‌اندازی پمپ باید جهت دوران آن با جهت چرخش توصیه شده که غالباً به صورت شل بر روی پوسته پروانه حک شده است، مقایسه نمود. میزان کاهش دبی پمپ ناشی از غلط بودن جهت دوران آن به منحنی مشخصه پمپ و سیستم بستگی دارد.

#### • پمپ به اندازه کافی مایع را پمپاژ نمی‌کند.

در این حالت پمپ همواره مقداری مایع را جابجا نموده ولی مقدار آن از میزان مورد انتظار کمتر است. عواملی نظیر غلط بودن جهت دوران پمپ، پایین بودن سرعت دوران، زیاد بودن ارتفاع دهش، زیاد بودن ارتفاع مکش، گرفتگی پروانه، تشکیل محفظه هوایی در لوله مکش، قرار نگرفتن صحیح لوله مکش در داخل مایع، کافی نبودن NPSHa، گرفتگی شیر یک طرفه و صافی لوله مکش غالباً دلایل اصلی بروز پدیده فوق در توربوپمپ‌ها می‌باشند. علاوه بر مطالب ذکر شده در بالا عوامل دیگری نیز می‌توانند موجب کاهش دبی پمپ گردند که عمده‌ترین آن‌ها به شرح زیر می‌باشد.

#### **الف: نشت هوا.** نشت هوا بدرون پمپ می‌تواند از دو قسمت صورت می‌پذیرد، خط لوله مکش و یا سیستم نشت‌بندی.

در صورتی که مایع مورد پمپاژ اشتعال پذیر نباشد بهترین وسیله برای یافتن محل نشت هوا بدرون سیستم استفاده از شعله کبریت و یا مشعل با شعله خفیف می‌باشد. شعله را به محل‌ها ی مورد نظر نظیر فلنج‌ها ، مهره ماسوره، مهره محور شیر مکش و ... نزدیک نموده در صورت وجود نشتی هوا، شعله در آن قسمت به سمت قطعه کشیده شده و محل نشت هوا مشخص می‌گردد.

در صورتی که مایع مورد پمپاژ اشتغال پذیر بوده و تست با شعله با آن امکان پذیر نباشد، بهتر است که شیر قسمت مکش را بسته و یا دهانه لوله ورودی را با درپوش کور نموده، آنگاه توسط پمپ کوچکتري لوله مکش را تحت فشار قرار داد. فشار سنجی را بر روی لوله مکش نصب کرده و تغییرات فشار را در آن بررسی کنید. اگر فشار در لوله مکش در یک دوره زمانی مثلاً ۳۰ دقیقه کاهش یافت، این امر بیانگر وجود نشتی در لوله مکش بوده و باید نقاط مشکوک را بررسی و نسبت به رفع آن اقدام نمود.

در صورت اطمینان از عدم وجود نشتی در لوله مکش، قسمت محفظه نشت‌بندی را باید مورد بررسی قرار داد. سیستم نشت‌بندی به عنوان عامل ممانعت کننده از نشتی مایع از طریق محور بکار گرفته می‌شود ولی به هر حال در اکثر اوقات مقداری نشت مایع در هنگام کار پمپ در آن وجود خواهد داشت. باید پیچ‌ها ی تنظیم کننده گلند را تا میزان مناسب سفت نمود تا نشتی مایع در هنگام کار به حداقل مورد نیاز کاهش یابد. در صورتی که این عمل اثر مثبتی بر روی نشت هوا بدرون پمپ نداشت باید پمپ را خاموش نموده و نسبت به تعویض نشت‌بندی اقدام کرد. بعد از تعویض نشت‌بندی مجدداً باید نشتی مایع از سیستم نشت‌بند کننده مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین باید بوش محور را از نظر سایش مورد بررسی قرار داد. وجود شیار و خراش بر روی آن می‌تواند موجب نشت هوا به قسمت مکش پوسته پمپ گردد. به همین خاطر در صورت مشاهده هر گونه خرابی بر روی غلاف محور باید آن را تعویض کرد.

**ب: پایین بودن NPSH قابل دسترس.** به لوله مکش یک فشار سنج مرکب (فشار سنجی که خلاء و فشار مثبت را نشان می‌دهد) وصل نمود. اگر عقربه فشار سنج دارای نوسان شدیدی باشد، در این صورت مایع پمپاژ به علت پایین بودن فشار در قسمت مکش به بخار تبدیل شده است. در این صورت باید با شرکت سازنده پمپ تماس گرفته و اقدامات لازم را برای جلوگیری از بروز این پدیده بعمل آورد.

**ج: فرسایش رینگ سایشی.** رینگ سایشی هر چند وقت یک بار مورد بازرسی قرار گیرد. بالا بودن میزان فرسایش (وقتی که مقدار لقی به دو برابر میزان مجاز رسید) در آن باعث بروز نشتی داخلی در پمپ گردیده و باید هر چه وسیعتر تعویض گردد. این امر باعث بهبود شرایط بهره برداری و کاهش توان مصرفی در پمپ خواهد شد.

**د: خرابی پروانه:** لازم است پوسته پمپ را باز کرده و پروانه را بازرسی کنید. در صورت خرابی و یا فرسایش تیغه‌های پروانه، باید آن را تعویض نمود.

**س: کوچک بودن شیر یک طرفه<sup>۱</sup> مکش.** سطح مقطع آزاد جریان مایع در شیر یک طرفه ای که در ابتدای لوله مکش نصب می‌شود باید حداقل مساوی سطح مقطع لوله مکش باشد، البته ترجیحاً بهتر است که از نمونه‌های بزرگتر که سطح مقطع آن  $\frac{1}{5}$  تا ۲ برابر سطح مقطع لوله است، استفاده نمود. سطح مقطع آزاد صافی شیر یک طرفه بایستی حداقل ۳ تا ۴ برابر سطح مقطع لوله انتخاب شود.

**ش: غلط بوده جهت دوران پمپ.** اگر پمپی در جهت عکس جهت توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ راه اندازی شود، پمپ ممکن است مقداری مایع را پمپاژ نماید، ولی ارتفاع آن کم بوده و احتمال دارد که پمپ در اثر مصرف جریان غیر مجاز<sup>۲</sup> خاموش شود. دبی پمپ در این گونه موارد غالباً از یک سوم ظرفیت مورد انتظار کمتر خواهد بود. لذا بایستی دوران پمپ را بررسی نموده و در صورت غلط بودن جهت دوران، آن را اصلاح کرد.

**ص: اغتشاش در حوضچه مکش.** پمپ‌های عمودی باید طوری نصب شوند که لوله مکش آن‌ها از دیواره‌های حوضچه مکش دارای فاصله کافی باشند. در مواردی که دبی پمپ از مقدار مورد انتظار کمتر باشد، لازم است که مورد فوق بررسی شده و بر اساس توصیه‌های ارائه شده از سوی شرکت سازنده پمپ آن را نصب نمود.

**ض: بالا بودن ویسکوزیته مایع.** هنگامی که پمپی برای پمپاژ آب طراحی و نصب می‌شود، اگر از آن برای جابجا کردن مایعی با ویسکوزیته بالاتر استفاده شود، دبی و ارتفاع پمپ کاهش می‌یابد. لذا اگر به هر دلیل ویسکوزیته مایع مورد انتقال بیشتر از ویسکوزیته مایع مورد نظر در هنگام طراحی و انتخاب پمپ باشد باید دقت شود که مقدار آن از ویسکوزیته مایع در شرایط طراحی و انتخاب خیلی بیشتر نباشد. ضمناً اصلاحات لازم بر روی منحنی‌های مشخصه پمپ (دبی-ارتفاع)، (دبی-توان مصرفی) و (دبی-راندمان) صورت پذیرد.

**ط: خرابی واشرها.** در طی دوره تعمیر پمپ، توصیه می‌شود که کلیه واشرها و اورینگ‌های آن تعویض گردد. در بتن پیچ‌ها دقت شود تا گشتاور توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ سفت شوند.

**ظ: کوچک بودن چشمه پروانه.** ظرفیت هر پمپ با قطر چشمه پروانه آن رابطه مستقیم دارد. انتخاب غلط پمپ و یا تغییر شرایط بهره برداری از آن‌ها می‌تواند منشأ بسیاری از مشکلات و خرابی‌های پمپ باشد. رفع این مشکل تن‌ها از طریق انتخاب صحیح پمپ امکان پذیر می‌باشد.

**ع: زیاد بودن فاصله پروانه با پوسته پمپ.** این امر به ویژه در پمپ‌های پروانه باز اهمیت زیادی داشته و لازم است که لقی بین پروانه و پوسته پمپ همواره در حد توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ نگهداری شود.

### • کم بودن فشار دهش

مهمترین عواملی که می‌توانند موجب کاهش فشار دهش گردند، پایین بودن سرعت دورانی پمپ، خرابی رینگ سایشی، خرابی پروانه، خرابی سیستم نشت‌بندی، وجود گاز یا بخار در مایع، زیاد بودن ویسکوزیته مایع، غلط بودن جهت دوران پمپ و خرابی واشرها می‌باشد. جدا از موارد فوق، عوامل زیر نیز می‌توانند موجب کاهش فشار دهش گردند.

**الف: وجود هوا یا گاز در مایع.** هنگامی که مایع به قسمت‌دها نه ورودی پمپ می‌رسد، حباب‌ها یی که درون مایع وجود دارند ظاهر می‌شوند. در صورت امکان باید فشار روی مخزن مکش را بطرفی کاهش داد. در این صورت تشکیل حباب‌ها را می‌توان مشاهده کرد. در چنین مواردی اگر امکان حضور حباب‌ها در مایع مستمر باشد بهتر است که یک منبع جدا کننده گاز از مایع را در قسمت مکش پمپ نصب نموده تا گاز محلول در مایع قبل از ورود به پمپ از آن جدا شود.

**ب: گرفتگی در مجاری مایع در پوسته پمپ.** باید پوسته پمپ را باز نموده و مجاری جریان مایع در آن را کنترل نمود. هر گونه گرفتگی احتمال در آن در صورت وجود باید برطرف گردد.

**ج: کوچک بودن قطر پروانه.** این مشکل به مسئله انتخاب پمپ مربوط می‌شود. در این صورت باید با اندازه‌گیری قطر پروانه و مقایسه آن با منحنی مشخصه پمپ ارتفاع قابل قبول را بدست‌آورد. اگر مشکل در کم بودن قطر پروانه باشد، در صورت امکان باید از پروانه ای با قطر بیشتر استفاده شود. البته جدا از روش فوق اجراء یک سری عملیات بهینه‌سازی نظیر کاهش اتلاف انرژی در اثر اصطکاک در لوله‌ها و اتصالات، کاهش ارتفاع استاتیکی در قسمت‌های مکش و دهش پمپ و یا افزایش سرعت دورانی پمپ نیز می‌تواند در رفع این مشکل مؤثر واقع گردد. باید دقت شود که اقدامات فوق می‌تواند موجب افزایش توان مصرفی در پمپ گردد. لذا توان مصرفی پمپ را باید بدقت کنترل نموده تا مقدار آن از حد مجاز تجاوز ننماید.

**د: خرابی شیر یک طرفه دهش.** جدا شدن دیسک شیر از محور آن، شکستن فنر، خرابی پین و مواردی از این قبیل می‌تواند باعث افزایش افت فشار در لوله دهش گردد.

**س: اشکال در سیستم کنترل ظرفیت پمپ.** در بعضی از سیستم‌ها برای کنترل ظرفیت پمپ، از یک روزنه درونی جهت تغییر منحنی (H-Q) استفاده می‌شود. بالا بودن سرعت جریان مایع موجب فرسایش روزنه گردیده که می‌تواند باعث تغییر شدید منحنی مشخصه پمپ گردد. در مواردی که از شیر کنترل برای کنترل ظرفیت پمپ استفاده می‌شود بهم خوردن کورس محور شیر می‌تواند موجب بروز اختلال در عملکرد پمپ گردد.

### اشکالات مکانیکی – هیدرولیکی

### • بار اضافی در الکتروموتور

**الف: کم بودن ارتفاع دهش.** با توجه به شکل منحنی مشخصه پمپ‌ها ی گریز از مرکز، با کاهش ارتفاع دهش، دبی پمپ افزایش یافته و همین امر موجب افزایش توان مصرفی در توربوپمپ‌ها گردیده که نهایتاً باعث اضافه بار کشیدن الکترو موتور می‌شود. لازم به ذکر است که مورد فوق برای توربوپمپ‌ها با سرعت مخصوص کم صادق می‌باشد و در پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد (نظیر پمپ‌ها ی جریان محوری و جریان مختلط) صدق نمی‌کند.

یکی از راه حل‌های مناسب برای رفع این مشکل، کاهش قطر پروانه از طریق تعویض آن با پروان‌های با قطر کمتر و یا کاهش قطر آن بروش تراشکاری می‌باشد. باید دقت شود که عملیات فوق حتماً با هماهنگی شرکت سازنده صورت پذیرد چرا که عدم رعایت بعضی از نکات مهم، مثلاً بهم خوردن بالانس پروانه در اثر تراشکاری می‌تواند موجب بوجود آمدن مشکلات جدیدی در پمپ گردد.

**ب: متفاوت بودن مایع مورد پمپاژ با مایع لحاظ شده در طراحی.** اگر وزن مخصوص و یا ویسکوزیته مایعی که توسط پمپ جابجا می‌شود با مشخصه‌های مایعی که در طراحی پمپ مورد استفاده قرار گرفته است اختلاف زیادی داشته باشد، همین امر می‌تواند باعث افزایش توان مصرفی در پمپ گردد. در چنین مواردی تن‌ها راه حل موجود، استفاده از الکتروموتور با قدرت بیشتر بعد از مشورت با شرکت سازنده پمپ می‌باشد. قبل از اینکه الکتروموتور تعویض گردد، لازم است که وزن مخصوص و ویسکوزیته مایع اندازه گیری شده و اثر آن بر روی توان مصرفی پمپ محاسبه گردد، چرا که دلیل بالا رفتن توان مصرفی در پمپ ممکن است عامل دیگری بوده و تعویض الکتروموتور راه حل مناسبی نباشد.

**ج: بالا بودن سرعت دورانی و یا غلط بودن جهت دوران پمپ.** برای رفع مشکل فوق باید به توصیه‌های ارائه شده در قسمت‌های قبل مراجعه شود.

**د: سفت بستن نشت‌بندها.** نخست باید مهره‌های گلند را شل نموده و آنگاه آن‌ها را به آرامی سفت کرد. در طی زمان سفت کردن مهره‌های گلند باید نشتی مایع و شدت جریان الکتروموتور را تحت کنترل داشت. اگر تا زمانی که شدت جریان در حد قابل قبول قرار داشته ولی نشت مایع در سیستم نشت‌بند کننده قطع نگردد، لازم است که نسبت به تعویض پکینگ اقدام شود، بهتر است که بوش محور بازرسی شود تا در صورتی که سطح خارجی آن دچار سایش گردیده تعویض گردد.

**س: فرسایش در پوسته.** نصب نامناسب لوله‌های مکش و دهش پمپ و بهم خوردن تراز آن می‌تواند موجب تماس پروانه با پوسته پمپ گردیده و همین امر موجب افزایش اصطکاک و بروز فرسایش در پوسته پمپ خواهد شد. برای این منظور باید بطور دورها ی تراز

بودن پمپ با الکتروموتور و صحت شرایط اتصال لوله‌ها ی مکش و دهش با پمپ مورد بازرسی قرار گیرد. رینگ‌ها ی سایشی را بازرسی نمود و در صورت وجود فرسایش در آن تعویض شود.

**ش: تغییر شکل چرخشی محور.** صدمات حرارتی در طی انجام تعمیرات، نصب غلط پمپ و یا وارد شدن بار غیر مجاز بر روی محور می‌تواند باعث تاب برداشتن محور گردد. برای بررسی وضعیت محور لازم است توسط وسیله مناسبی آن را آزمایش نموده تا از کیفیت آن مطمئن شد. نصب محور بر روی یک دستگاه تراش و آزمایش آن توسط ساعت اندازه گیری مناسب‌ترین روش برای بررسی وضعیت محور پمپ می‌باشد.

برای پمپ‌ها یی که با سرعت بالا کار می‌کنند، حداکثر انحراف مجاز محور  $0.075$  میلی متر و برای پمپ‌ها یی که با سرعت کم کار می‌کنند مقدار فوق تا  $0.15$  میلی متر نیز می‌رسد. البته مقادیر فوق جنبه راهنمایی داشته و مقادیر دقیق آن باید توسط شرکت سازنده پمپ اعلام گردد.

**ص: خرابی‌ها ی مکانیکی.** خرابی‌ها ی مکانیکی باعث وارد شدن بار اضافی بر روی محور و افزایش توان مصرفی الکتروموتور می‌گردد. برای این منظور کلیه قطعات دورا پمپ نظیر محور، یاتاقان‌ها ، پروانه، رینگ‌ها ی سایشی، گلند نشت‌بند کننده، بوش‌ها و ... را بازرسی نمایید.

**ض: تراز نبودن.** تراز نبودن پمپ الکترو موتور اهمیت خاصی داشته و باید بطور دوره‌ای بازرسی و نسبت به تراز کردن آن اقدام شود.

**ط: سرعت پمپ زیاد است.** توان مصرفی در پمپ‌ها با توان سوم سرعت دورانی آن رابطه مستقیم دارد. لذا با اندکی تغییر در سرعت دورانی پمپ، توان مصرفی آن به شدت تغییر خواهد کرد. در صورت استفاده از الکترو موتور، باید ولتاژ خط تغذیه و در صورت استفاده از توربین، گاورنر آن را بازرسی نمود تا در صورت مشاهده هر گونه اشکالی نسبت به بر طرف کردن آن اقدام شود.

#### • گرم شدن محفظه نشت‌بندی

مهمترین دلایل بروز این مشکل در پمپ‌ها ، سفت بستن مهره‌ها ی گلند، کافی نبودن روانکاری نشت‌بند، انتخاب نامناسب جنس اجزای نشت‌بند، کافی نبودن دبی سیال خنک کننده سیستم نشت‌بندی و نصب ناصحیح آن می‌باشد.

باید به خاطر داشت که نصب انواع مختلف نشت‌بندها دستور العمل خاص خود را داشته که باید توسط شرکت سازنده آن ارائه گردد. به همین خاطر اگر ایراد مربوط به نحوه نصب نشت‌بندها باشد، باید با شرکت سازنده آن مشورت نموده تا بر اساس دستور العمل ارائه شده، نشت‌بند نصب شود.

#### • بالا بودن میزان لرزش

حضور گاز یا هوا در مایع ورودی به مکش پمپ، موجب ایجاد کمبود مایع در این قسمت از پمپ گردیده که این امر می‌تواند ناشی از کمبود NPSHa قابل دسترس در قسمت مکش، ناکافی بودن طولی از لوله مکش فرو رفته در داخل مایع و یا تشکیل محفظه‌ها ی هوایی در خط لوله مکش، باشد. وجود لرزش در پمپ می‌تواند ناشی از غیرهمترازی پمپ و الکترو موتور آن، لقی و یا خرابی یاتاقان‌ها ، نابالاسی روتور در اثر گرفتگی و یا خرابی پروانه، تاب داشتن محور، نصب شیر کنترل در مکان نامناسبی در لوله دهش و نامناسب بودن فونداسیون پمپ باشد.

#### • گرم کردن یاتاقان‌ها

بسیاری از مشکلاتی که در امر روانکاری یاتاقان‌ها ممکن است بوجود آید، منجر به گرم شدن یاتاقان‌ها می‌گردد. این امر شامل کم بودن سطح روغن در مخزن، استفاده از روانکار نامناسب در سیستم روانکاری، وجود ذرات معلق و گرد و غبار در روانکار، حضور رطوبت

در روغن، تشکیل رسوب و گرفتگی در سیستم خنک کن روغن، کمبودن لقی یاتاقان ها ، تراز نبودن قطعاتی که باید در یک محور قرار داشته باشند و سفت بستن نشت بند روغن بر روی محور پمپ می باشد.

#### • خرابی سریع یاتاقان ها

سایش غیر عادی محور غلاف و یاتاقان ها (از نوع کروی یا استوانه ای) می تواند ناشی از تراز نبودن قطعات، تاب داشتن محور، وجود لرزش غیر مجاز، وارد شدن بار محوری غیر عادی در اثر خرابی قطعات داخلی پمپ، کیفیت نامطلوب روانکاری، وجود رطوبت در روغن و خنک کردن بیش از حد روغن بوده که هر یک به تنهایی می توانند موجب خرابی سریع یاتاقان ها ی پمپ گردد.

#### • خرابی های نشت بندهای مکانیکی

عیب یابی و یا دلایل فنی خرابی نشت بندهای مکانیکی کاری بسیار دشوار و پیچیده می باشد. تعداد عواملی که بر روی شرایط محیطی بهره برداری از نشت بندها مؤثر است، نامحدود می باشد. خیلی از افراد احساس می کنند که تحلیل علت خرابی نشت بندها باید در کارگاه و بعد از باز کردن پمپ صورت پذیرد.

هر چند که این تفکر می تواند در شرایط خاصی نظیر مواردی که سیال بسیار خورنده است، مفید باشد، ولی نمی تواند تمامی عوامل مؤثری را که در واحد وجود دارد، با خود داشته باشد. اکثر بررسی ها یی که بر روی افزایش زمان بین دو توقف<sup>1</sup> (MTBF) صورت پذیرفته، گویای این است که باید از نشت بندهای با کیفیت خوب استفاده شود.

عوامل متعدد دیگری غیر از طراحی نشت بندها ، مربوط به پارامترهای داخلی و یا خارجی می توانند بر کاهش عمر مفید نشت بند اثر بگذارند. خیلی از این عوامل همان ها یی هستند که بر روی عملکرد هیدرولیکی پمپ نیز تأثیر می گذارند. علاوه بر عواملی نظیر لرزش ناشی از تراز نبودن کوپلینگ، تاب برداشتن محور، شرایط یاتاقان ها ، بالانس دینامیکی قطعات دوار و سایر مشکلات مکانیکی عوامل زیر را نیز باید در نظر داشت:

#### • تغییر در دبی پمپ ناشی از:

- عملکرد شیر کنترل بر حسب نیاز فرآیند
- تنظیم دستی شیر دهنش توسط بهره بردار در محل

#### • تغییر در NPSH ناشی از:

- تغییر فشار در مخزن مکش
- تغییر ارتفاع مایع در مخزن مکش
- تغییر دمای مورد انتقال

#### • تغییرات در خواص مایعی که باید نشت بندی شود در اثر:

- فرآیند ناپیوسته تولید
- تغییر در دمای مایعی که در سیستم در حال انتقال می باشد ناشی از تغییر فرآیند و یا شرایط محیطی
- تغییر در فشار محیط انتقال مایع که می تواند بر روی رفتار آن اثر بگذارد.

#### • تغییرات خارجی در خواص مایع نشت بند کننده (Flushing Fluid) ناشی از:

- تغییر در میزان مصرف مایع نشت‌بند کننده در اثر قطع و وصل سیستم‌ها ی مصرف کننده آن
- تنظیم نامناسب شیرها ی کنترل دبی خطوط انتقال مایع نشت‌بند کننده
- خرابی در سیستم گردش مایع و نیز گرم و سرد شدن آن

خصوصیات پمپ و نشت‌بندها که موجب هدایت سیستم در جهت خرابی نشت‌بند می‌گردد باید شناسایی شده و راه حل‌ها ی مناسبی برای کاهش و یا اصلاح آن‌ها انتخاب گردد، بطوری که بتوان شرایطی را در سیستم بوجود آورد که با کمترین مشکل بکار خود ادامه دهد.