



آشنایی با پمپ های صنعتی

تهیه و تنظیم: جاسم بویر

آذر ماه ۱۴۰۳



نمونه ای از پمپ آب قدیمی



نمونه ای از پمپ کله اسبی
مورد استفاده در استخراج نفت



نمونه ای از پمپ
بکار رفته در قلب مصنوعی

مقدمه

- پمپ از قدیمی ترین دستگاه هایی است که مورد استفاده بشر بوده است.
- از نخستین استفاده های این دستگاه استخراج آب از اعماق زمین بوده است.
- با پیشرفت علم، فناوری و صنعت امروز، پمپ به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است.

برخی از موارد استفاده آن عبارتند از:

- استخراج آب از اعماق زمین
- استخراج نفت از مخازن کوچک نفتی
- استفاده گسترده در صنایع نفت،

گاز و پتروشیمی

- استفاده در صنایع غذایی
- استفاده در سیستم های تهویه هوا
- استفاده در شست و شو
- استفاده در پزشکی مانند قلب مصنوعی ، دندانپزشکی و ...

تعریف پمپ (Pump)

➤ پمپ به دستگاهی اطلاق می شود که به مایع انرژی می دهد و باعث می شود که مایع از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل شود.

➤ به طور کلی پمپ ها را می توان به صورت پمپ های displacement (جابجایی) و dynamic (دینامیک) دسته بندی کرد.

➤ پمپ های جابجایی:

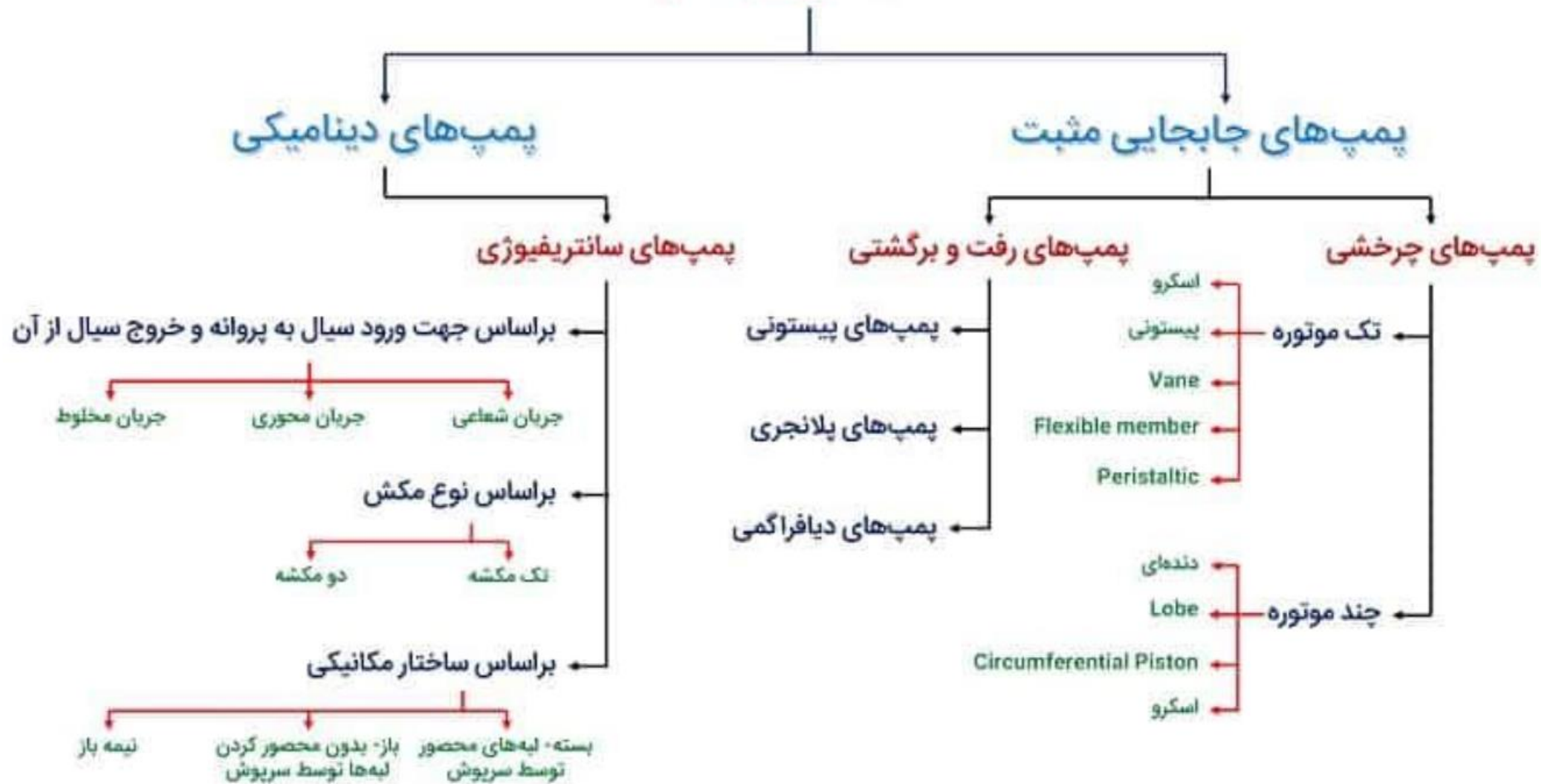
در این نوع پمپ ها، انرژی به صورت متناوب با استفاده از اعمال نیرو به یک یا چند مرز متحرک که دارای حجمی از سیال است ، به سیال اضافه شده و موجب افزایش فشار سیال می شود.

➤ پمپ های دینامیک:

اساس کار این نوع پمپ ها بر اساس افزودن انرژی جنبشی به مایعات است. این انرژی غالباً بر اساس سرعت دادن و حرکت دادن به مایع از طریق پروانه ها به مایع منتقل می شود. مقداری از انرژی جنبشی تولید شده در داخل پمپ به مایع منتقل می شود و مقداری دیگر نیز در مجرای خروجی پمپ (بر اساس ساختمان آن) به انرژی فشاری تبدیل می شود.

در ادامه دسته بندی کامل پمپ ها ارائه می گردد.

دسته‌بندی پمپ‌ها



پمپ های جابجایی مثبت (Positive displacement Pump)

▶ در این نوع پمپ، انتقال انرژی به سیال متناوب یا دوره ای است. این پمپ ها با کاهش حجم محفظه پمپ و در نتیجه افزایش فشار، سیال را منتقل می کنند. تغییر حجم محفظه سیال به طور متناوب بین خطوط لوله فشار و سیستم مکند رخ می دهد. دو نوع اصلی از پمپ های جابجایی مثبت در زیر آمده است.



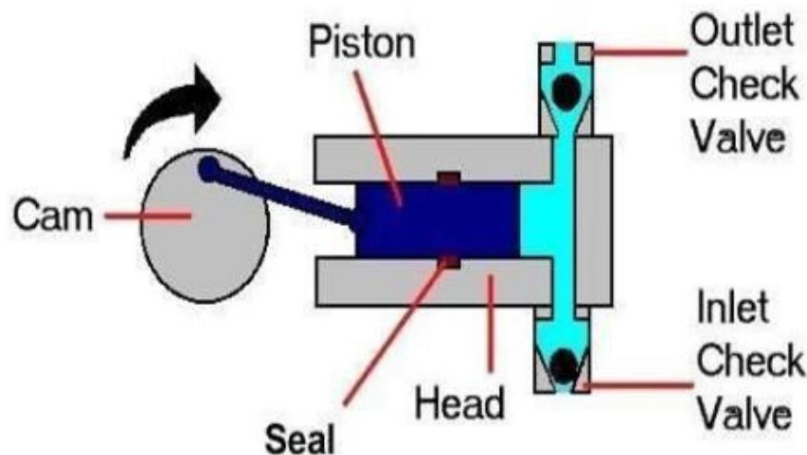
Reciprocating pump



Rotary pump

پمپ رفت و برگشتی (Reciprocating pump)

▶ در این مدل پمپ، با چرخش میل لنگ، پیستون در سیلندر جلو و عقب رفته یا اصطلاحاً حرکت رفت و برگشتی می‌کند. مکش ایجاد شده در سیلندر که ناشی از عقب رفتن پیستون است، باعث کشیده شدن مایع به داخل سیلندر می‌شود. مایع از یک شیر ورودی به داخل سیلندر کشیده می‌شود. وقتی پیستون به جلو حرکت کند، ورودی بسته شده و مایع از شیر خروجی خارج می‌شود. شیرهای ورودی و خروجی یک طرفه هستند و ورود و خروج مایع را در هنگام حرکت پیستون کنترل می‌کنند تا مایع جابجایی اشتباه مایع به قسمت کم فشار و بالعکس شوند.



▶ گرچه حجم انتقال یافته در این پمپ ها ثابت است، اما دامنه حرکت عضو رفت و برگشتی می تواند با مکانیزمی قابل تنظیم باشد. به همین دلیل این پمپ ها اولین انتخاب برای **سرویس های تزریق** هستند.

▶ از **معایب** این پمپ ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. نبض یا **Pulse** به عنوان پدیده نامطلوب در سیستم لوله کشی
۲. وابستگی به عملکرد شیر یک طرفه در ورودی و خروجی

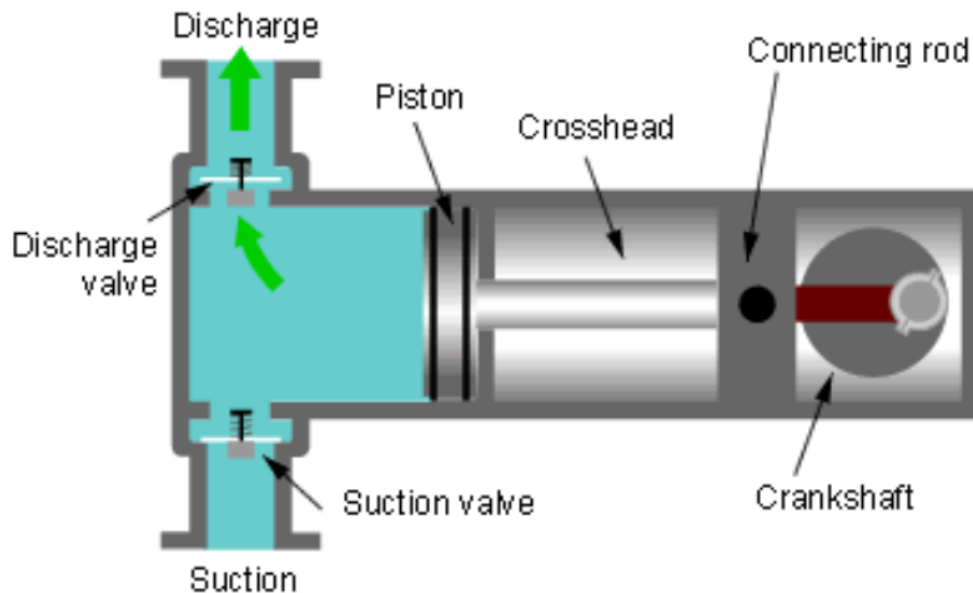


پمپ پیستونی (Piston)

▶ در پمپ های پیستونی ساختار انتقال قدرت شبیه به پمپ های پلانجری است. با این تفاوت که در اختلاف فشار کمتری می توانند حجم مشخصی از سیال را جا به جا کنند. **محدوده کار** این پمپ ها معمولا تا اختلاف فشار **150 Bar** مورد استفاده قرار می گیرند.

کاربرد پمپ پیستونی

- پمپ های هیدرولیکی برای ماشین آلات سنگین
- پمپ انتقال نفت خام (Crude oil transfer pump)



پمپ پلانجری (Plunger)

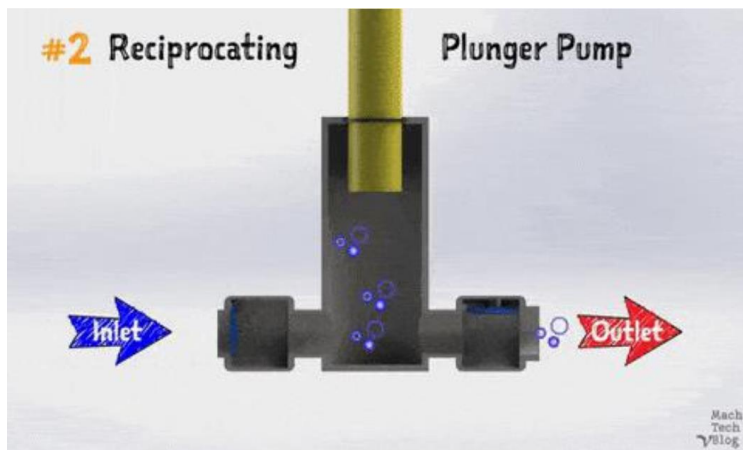
▶ در پمپ های پلانجری، نیروی دورانی موتور از طریق میل لنگ و یک میل پیستون که حرکت دورانی را به حرکت رفت و برگشتی تبدیل می نماید به پیستون منتقل می شود. پمپ های پلانجری بهترین گزینه برای پمپاژ سیالات با ویسکوزیته بالا می باشند

محدوده کاری پمپ های پلانجری

از این پمپ ها معمولا تا اختلاف فشار **2100 Bar** می توان بهره برداری نمود.

مزایای پمپ های پلانجری

این پمپ در میان سایر انواع خانواده پمپ های جابجایی مثبت می تواند در بالاترین محدوده اختلاف فشار، سیال را جا به جا نماید



پمپ دیافراگمی (Diaphragm pump)

▶ این پمپ‌ها بالاترین درجه نشت بندی را دارا بوده و به جز در ویسکوزیته دینامیکی 400 cp از رایج ترین پمپ های تزریق در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی محسوب می شوند.

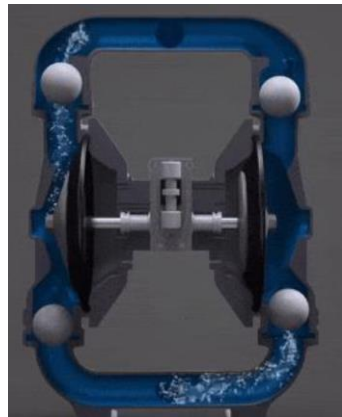
▶ پمپ های دیافراگمی را بر اساس تعداد دیافراگم می توان به انواع ذیل تقسیم بندی نمود:
۱- دیافراگم تکی (Single Diaphragm) ۲- دیافراگم دوتایی (Double Diaphragm)

محدوده کاری

از این پمپ ها معمولا تا اختلاف فشار 250 Bar می توان استفاده کرد؛ که در این اختلاف فشار معمولا می توان دبی 500 L/h را پمپاژ نمود.

مزایا

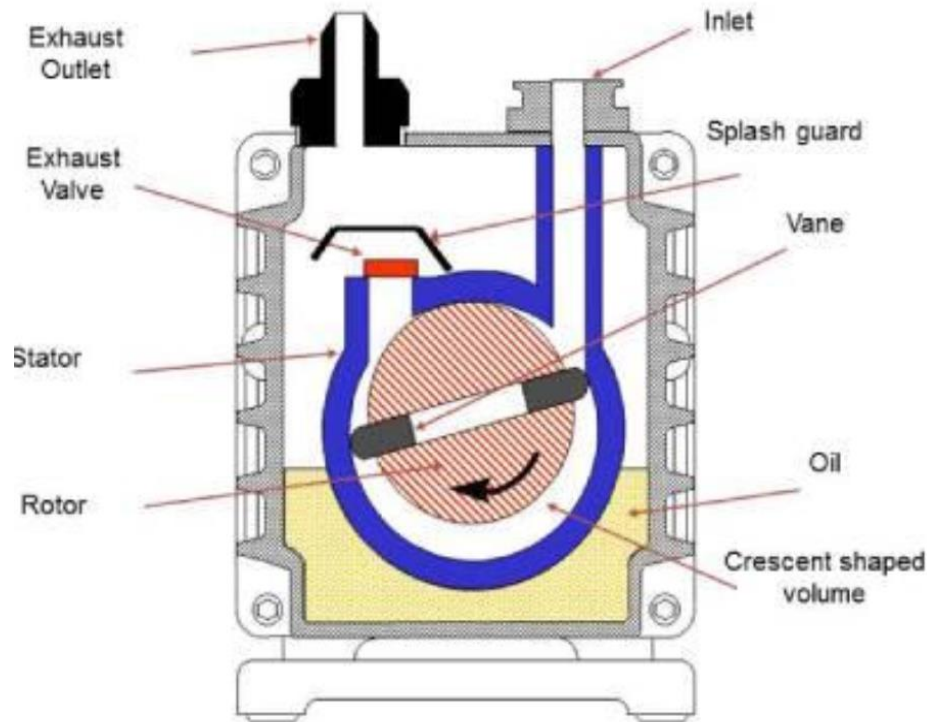
به دلیل قدرت نشت بندی بالا برای پمپ کردن مواد شیمیایی اشتعال پذیر و یا خطرناک مناسب هستند



پمپ چرخشی (Rotary Pump)

این پمپ ها با استفاده از مکانیسم چرخشی، سیال را جا به جا می کنند. در واقع خلاء ایجاد شده ناشی از چرخش چرخ دنده ها، منجر به جذب و هدایت سیال می شود.

مزیت مهم این پمپ ها که آن ها را بسیار کارآمد کرده این است که می توان از آن ها برای پمپ کردن سیالات ویسکوز (چسبناک) استفاده کرد. در این پمپ ها با افزایش ویسکوزیته، سرعت گردش بالاتر می رود و سیال در سیستم انتقال می یابد.



این پمپ ها که خود یکی از انواع پمپ های جابجایی مثبت هستند، در حالت کلی خود به چند دسته تقسیم می شوند که در شکل زیر قابل مشاهده است.



پمپ های پر کاربرد از گروه پمپ های روتاری به شرح ذیل است:

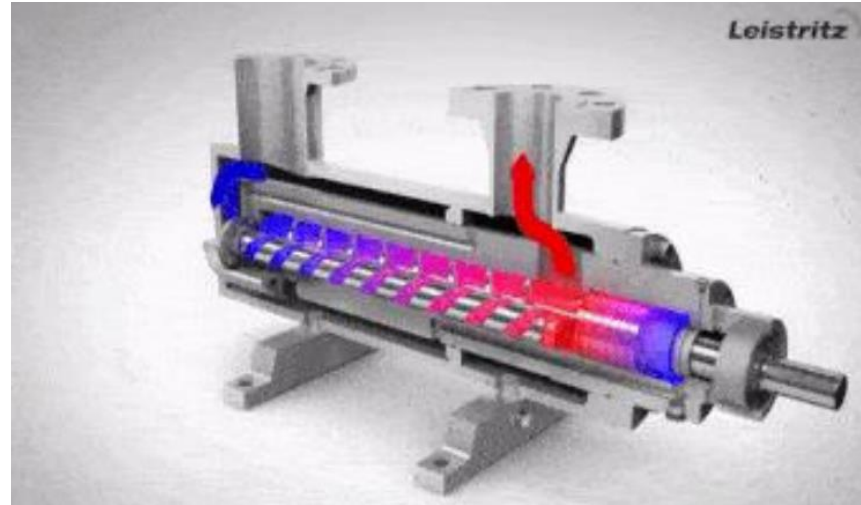
- پمپ های اسکرو
- پمپ های دنده ای (دنده داخلی و خارجی)
- پمپ های تیغه ای
- پمپ های گوشواره ای

پمپ اسکرو یا پیچ ارشمیدس (Rotary Screw Pump)

این دسته پمپ اولین و مهم ترین نماینده خانواده پمپ های چرخشی هستند. حرکت سیال در این گونه از پمپ ها براساس تغییر زاویه یک پیچ در پوسته است. به دلیل ابداع این پمپ توسط ارشمیدس این پمپ ها را با نام پیچ ارشمیدس نیز می شناسند

محدوده کاری

محدوده سرعت جریان: ۱۸۹ تا ۵۶۷۸۱ لیتر در دقیقه
محدوده اختلاف فشار: ۳۱۰ بار



پمپ دنده ای (Gear Pump)

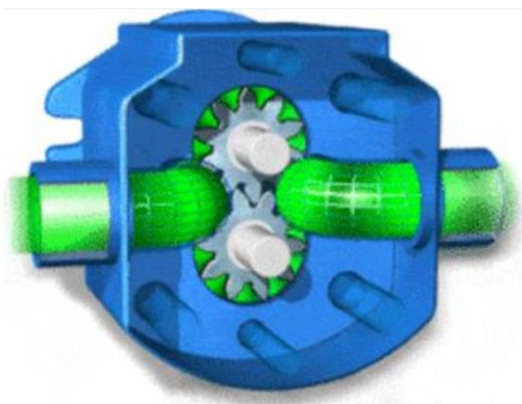
▶ این پمپ ها شامل دو نوع دنده ای داخلی و دنده ای خارجی می باشند

▶ پمپ دنده ای خارجی

▶ پمپ های دنده خارجی یکی از پمپ های محبوب هستند و اغلب به عنوان پمپ های روان کاری در ماشین آلات، در واحد انتقال قدرت مایع و به عنوان پمپ های روغن در موتور استفاده می شود

▶ محدوده کاری

▶ پمپ های کوچک دنده خارجی معمولاً در دور 1750 Rpm یا 3450 Rpm عمل می کنند و مدل های بزرگتر با سرعت تا ۶۴۰ دور در دقیقه عمل می کنند. این پمپ ها بهتر است سیال را حداکثر در اختلاف فشار ۱۲۰ بار جا به جا نماید.

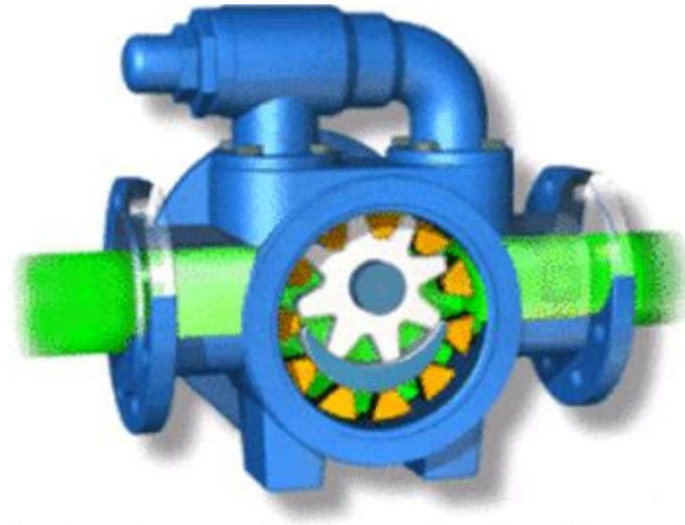


پمپ دنده ای داخلی

پمپ های دنده داخلی فوق العاده همه کاره هستند و می توان از آن ها در محدوده وسیع ویسکوزیته ای و دمایی استفاده کرد. این به دلیل نقطه ی تکین لقی (فاصله ی بین انتهای دنده روتور و سر پمپ) است. این لقی قابل تنظیم است تا بتواند خود را به درجه حرارت بالا، حداکثر بهره وری در مایعات ویسکوزیته بالا تطبیق دهد

کاربرد

- انواع نفت و روغن
- رزین و انواع پلیمر
- آسفالت و قیر
- شربت ذرت، شکلات و کره بادام زمینی (استفاده در صنایع غذایی)



پمپ تیغه ای (Vane Pump)

▶ تیغه ها معمولا با مکانیزم محرک فنری کار می کنند که همین موضوع به یکی از نقاط ضعف آن ها نسبت به سایر انواع پمپ ها تبدیل شده است



پمپ گوشواره ای (Lobe Pump)

▶ در پمپ های گوشواره ای و یا پمپ های لوب عملکردی مشابه پمپ های دندانه خارجی در هدایت سیال دارند اما، برخلاف پمپ های دندانه خارجی، لوب های این پمپ با یکدیگر تماس ندارند و هماهنگی با چرخ دنده هایی در خارج از محفظه که **timing gear** نامیده می شوند، انجام می شود. همچنین فاصله میان گوشواره ها و پوسته بیشتر از پمپ های دنده ای است که تا حد بسیار کمی وجود ذرات تحمل شود.



پمپ های دینامیکی (Dynamic Pump)

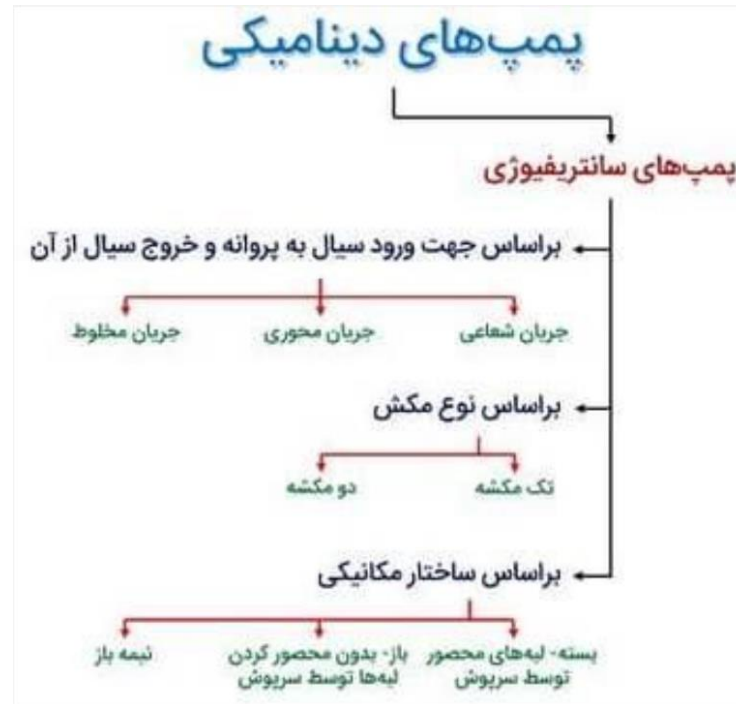
▶ انتقال انرژی به سیال در این پمپ ها به صورت مداوم انجام می شود. نحوه عملکرد این پمپ به این صورت است که سیال در محفظه ای که یک سره به سیستم مکنده و خطوط لوله فشار متصل است، قرار می گیرد. با اعمال نیرو به سیال در این شرایط، عمل جابجایی آن در سیستم انجام می شود. پمپ های گریز از مرکز و محوری دو نوع مهم از پمپ های دینامیک هستند که در ادامه به توضیح آن ها می پردازیم.



Centrifugal pump



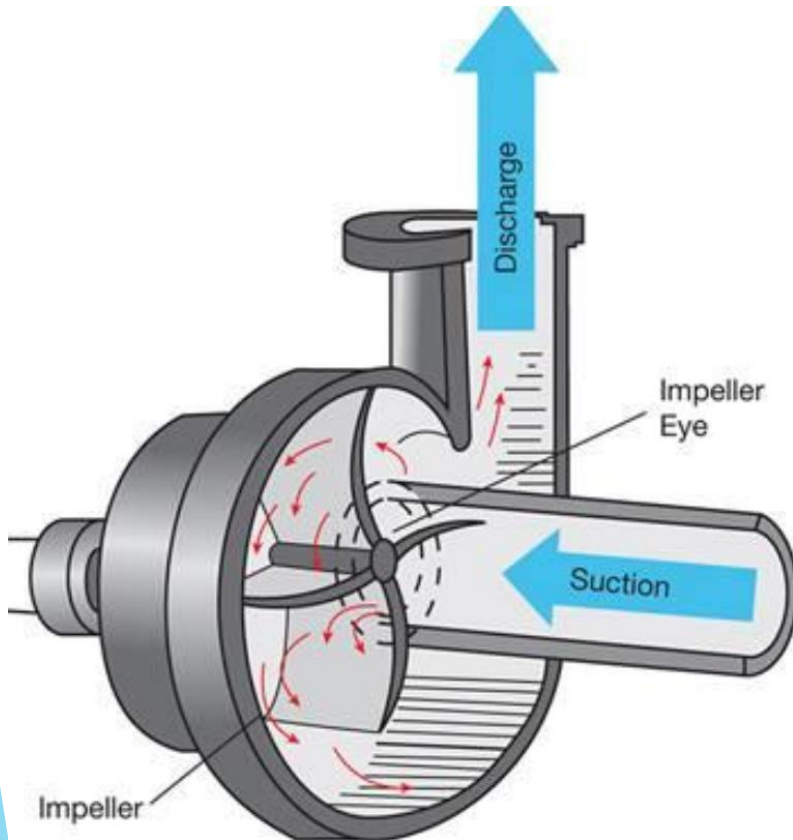
Axial pump



پمپ های سانتریفیوژ

▶ نحوه کار پمپ گریز از مرکز براساس قانون برنولی و تبدیل سرعت سیال (انرژی جنبشی) به فشار است. افزایش فشار سیال با استفاده از یک پروانه گردان ممکن می شود. در واقع با چرخش پروانه، تیغه های متحرک روی آن فشار سیال را افزایش داده و به این ترتیب سیال شتاب می گیرد. سپس سیال به داخل پخش کننده رفته و در نهایت به سمت سیستم لوله کشی حرکت می کند.

▶ مرسوم ترین و پرکاربرد ترین دسته بندی پمپ های سانتریفیوژ، دسته بندی براساس جهت ورود سیال به پروانه و خروج سیال از آن می باشد



طبقه بندی پمپ های گریز از مرکز:

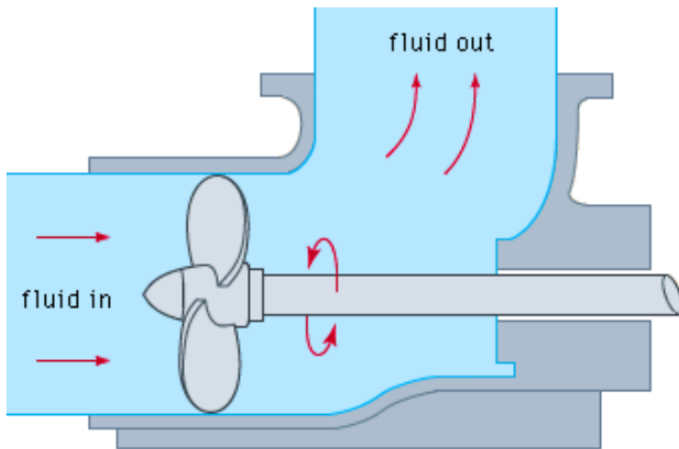
انواع مهم پمپ های گریز از مرکز عبارتند از:

- پمپ جریان محوری (Axial Flow Pump)
- پمپ جریان شعاعی (Radial Flow Pump)
- پمپ جریان ترکیبی (Mixed Flow Pump)

پمپ جریان محوری (Axial Flow Pump)

➤ در این نوع پمپ ها، مایع در امتداد محور پروانه وارد می شود و موازی با آن خارج می شود.

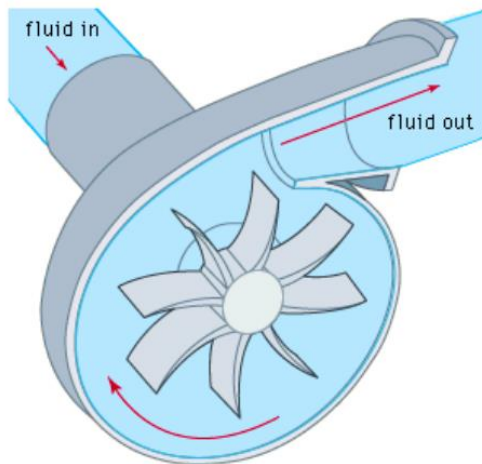
➤ این پمپ ها برای ظرفیت بالا و هد نسبتا کم بکار می روند.



پمپ جریان شعاعی (Radial Flow Pump)

➤ در پمپ جریان شعاعی ، مایع از مرکز پروانه وارد می شود و در امتداد شعاع ، یعنی عمود بر محور بطرف محیط پروانه جریان می یابد.

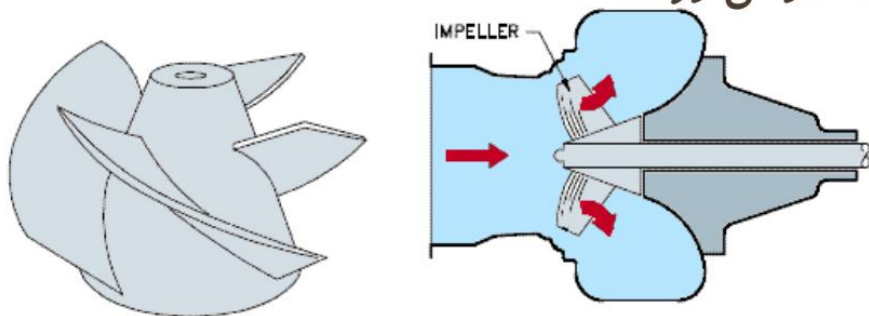
➤ این پمپ ها برای ظرفیت کم و هد(فشار) بالا مورد استفاده قرار می گیرند.



پمپ جریان ترکیبی (Mixed Flow Pump)

➤ در این نوع پمپ ها ، مایع به موازی محور وارد پروانه می شود و بطور مایل نسبت به محور با زاویه ۴۵ درجه خارج می شود.

➤ این پمپ ها برای ظرفیت و فشار(هد) متوسط به کار می روند.



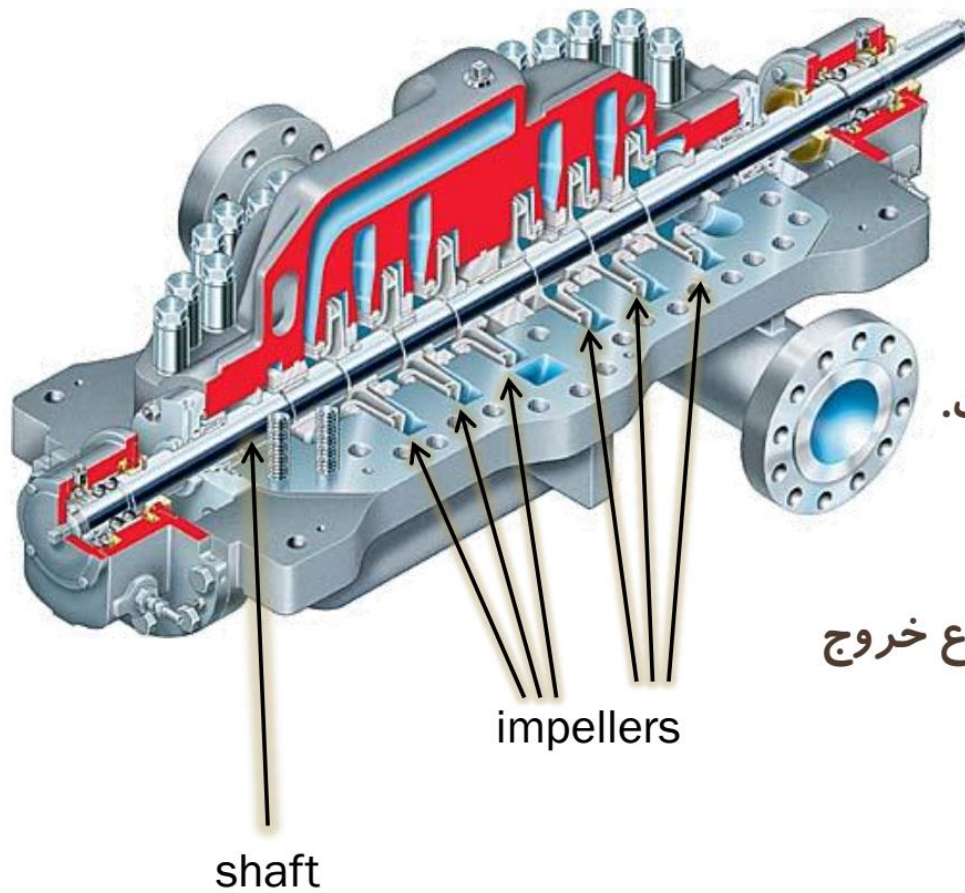
تعداد مراحل در پمپ های گریز از مرکز

پمپ های گریز از مرکز ممکن است یک مرحله ای (Single Stage) و یا چند مرحله ای (Multi Stage) باشند.

پمپ تک مرحله ای (Single Stage)

- این نوع پمپ دارای یک پروانه روی شافت است.
- این نوع پمپ ها اکثرا به صورت حلزونی ساخته می شوند.
- پمپ های تک مرحله ای برای مواردی که ارتفاع خروج مورد نظر کم و یا متوسط بوده و بیش از ۲۵۰ تا ۳۰۰ فوت باشد به کار می روند.





پمپ چند مرحله ای (Multi Stage)

- برای ارتفاع خروجی بالا، نیاز به پمپ با قطر خیلی بزرگ و با سرعت زیاد است که هر دوی این عوامل در پمپ های تک مرحله ای با مشکل مواجه می شوند.
- لذا در این موارد نیاز به پمپ های چند مرحله ای است.
- در این نوع پمپ ها، دو یا چند پروانه روی یک شافت قرار دارد.
- پمپ های چند مرحله ای برای مواردی که ارتفاع خروج مورد نظر نسبتا زیاد باشد به کار می روند.

انتخاب نوع پمپ (selection of pump class)

➤ پارامترهای موثر در انتخاب پمپ ها عبارتند از:

▪ نوع سیال

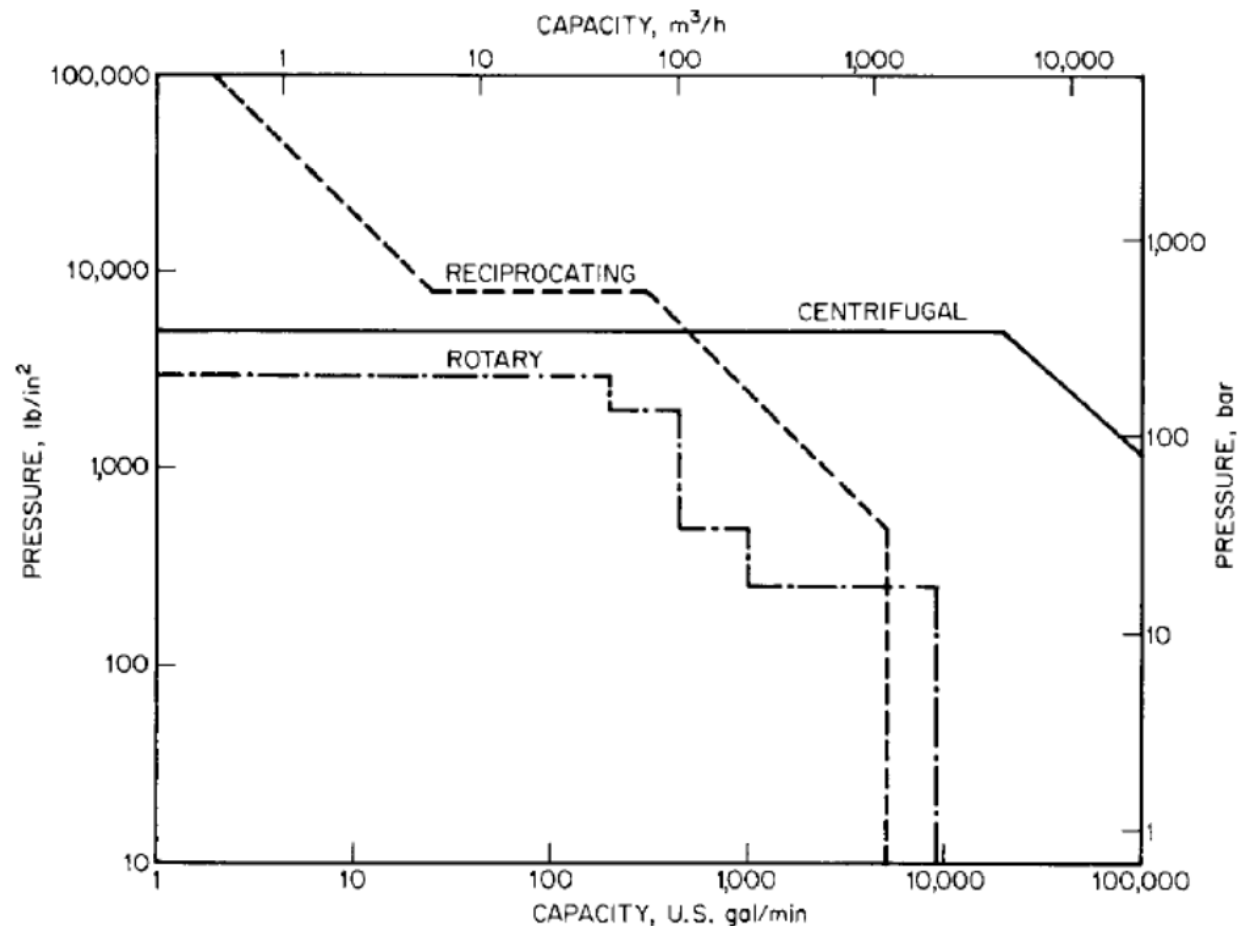
- میزان خوردگی سیال در انتخاب جنس پمپ موثر است
- در صورت سمی بودن سیال نیاز به نشت بندهای مکانیکی است
- در صورت وجود ذرات جامد معلق در سیال باید به نکات زیر توجه کرد
- نیاز به نشت بندهای مناسب است
- می بایست پمپ مقاوم در مقابل خوردگی انتخاب شود
- باید پروانه مناسب انتخاب شود

▪ منحنی های هد سیستم در واحد عملیاتی

- منحنی هایی است بر اساس عواملی مانند طول و قطر لوله ها، ارتفاع نسبی سیستم، شیرها و ... رسم شده و مورد استفاده قرار می گیرند
- فشار و دبی پمپ (این موضوع در ادامه بررسی می شود)

تأثیر دبی و فشار در انتخاب پمپ

- همانطور که قبلا بیان شد، از جمله پارامترهای مهم و موثر در انتخاب نوع پمپ، دبی و فشار مورد نظر است.
- در شکل زیر، خطوط، حد نهایی قابلیت استفاده از پمپ ها را به طور تقریبی نشان می دهد:



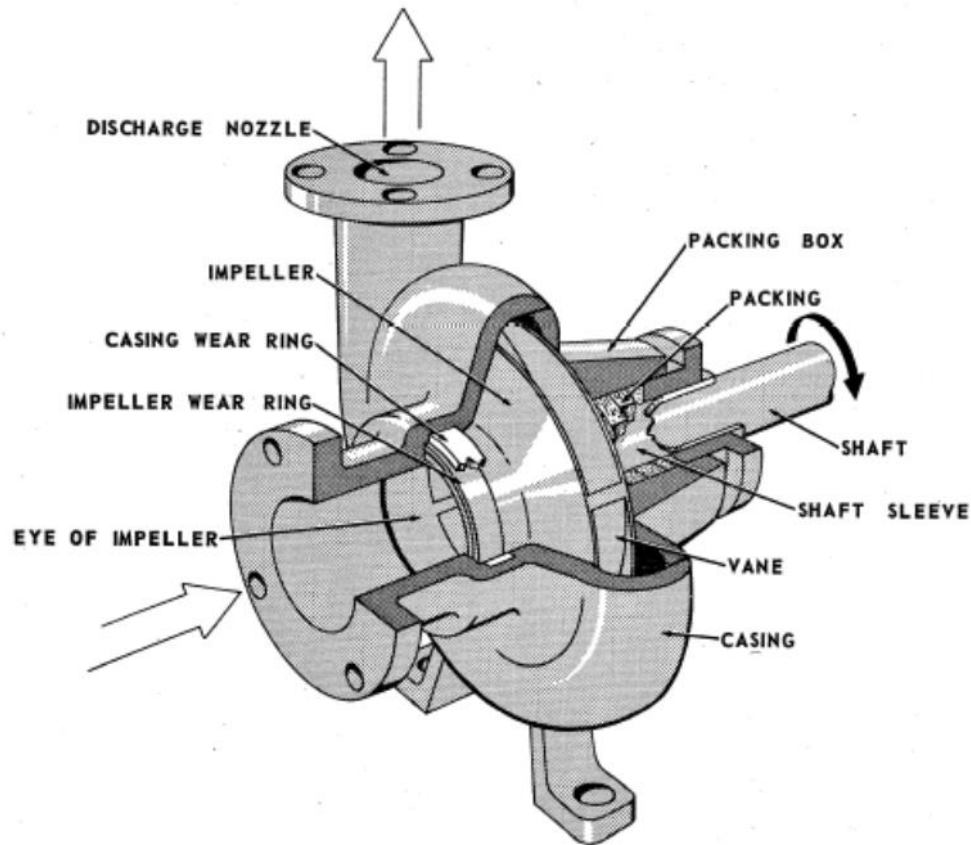
Approximate upper limit of pressure and capacity by pump class

اجزای مهم پمپ های گریز از مرکز

مهمترین اجزای پمپ های گریز از مرکز به صورت زیر است:

- بدنه (casing)
- محور (shaft)
- پروانه (impeller)
- کوپلینگ (coupling)
- روپوش محور (shaft sleeve)
- حلقه های سایشی (wear ring)
- نشت بند (seal)
- یاتاقان (bearing)

در ادامه این اجزا بررسی می شوند.



بدنه (casing)



- بدنه بزرگترین و شاخص ترین جزء یک پمپ گریز از مرکز است.
- در صنایع نفت پوسته پمپ های فشار ضعیف معمولا از چدن ساخته می شود، در حالیکه برای پمپ های پر فشار بیشتر از فولاد استفاده می شود.
- پوسته سه وظیفه مهم دارد:
- 1. اجزای داخلی پمپ را در خود جای می دهد و از آن حفاظت می کند.
- 2. مایع پمپاژ شونده را محصور کرده و جریان آن را هدایت می کند.
- 3. شیپوره (volute) و محل اتصال لوله های ورودی و خروجی را شکل می دهد.

محور (shaft)



- محور از طریق کوپلینگ به محرکه (موتور الکتریکی، توربین، موتورهای دیزلی و یا بنزینی) متصل است و پروانه را می چرخاند.
- سطح خارجی محور باید کاملا صاف و صیقلی باشد تا اجزایی که قرار است روی آن نصب شوند، بدقت و بدون لقی بر روی آن قرار گیرند.
- مصالح محور معمولا از جنس فولاد آهنگری است.

پروانه (impeller)

- پروانه یکی از مهمترین اجزای پمپ هایگزیز از مرکز است که انرژی مکانیکی اعمال شده را به انرژی جنبشی سیال تبدیل می کند.
- نحوه کار آن بر اساس نیروهای گریز از مرکز است که بر اثر حرکت دوران محور روی سیال اعمال می شود و باعث افزایش انرژی جنبشی سیال و جدا شدن آن از لبه پروانه و وارد شدن آن به محفظه Casing جهت کاهش سرعت و بازیابی فشار می شود.
- در حین کار کردن پمپ، قسمتی از پروانه دوار تحت فشار ورودی پمپ (چشمه ورودی پمپ) و قسمت های دیگر در معرض فشار خروجی قرار دارد که فاصله بین آنها توسط حلقه های فرسایشی آب بندی می شود.
- بیشتر پروانه ها از جنس چدن هستند. برای مایعات خورنده از پروانه با جنس فولاد ضد زنگ، پلاستیک و آلیاژهای دیگر استفاده می شود.

➤ می توان پروانه ها را به سه نوع زیر دسته بندی کرد:



پروانه باز



پروانه نیمه باز



پروانه بسته

- پروانه های باز
- پروانه های نیمه باز
- پروانه های بسته

➤ پروانه باز (open impeller)

این پروانه از تعدادی پره بدون پوشش تشکیل شده است. در این نوع پروانه، تلمبه کار پوشش پره ها را انجام می دهد.

پروانه باز معمولاً در عملیات لایه روبی و پمپاژ

مایعاتی که دارای ماده خارجی اضافی هستند به کار می رود.



➤ پروانه نیمه باز (semi-open impeller)

پره های این پروانه ها، فقط روی یک صفحه پوشیده شده قرار دارند و پوشش طرف دیگر را بدنه پمپ تشکیل می دهد.

پروانه نیمه باز، برای پمپاژ مایعات تصفیه نشده که

احتمال وجود رسوبات و ذرات معلق را در خود دارند

استفاده می شود.





➤ پروانه بسته (closed impeller)

▪ پره های این نوع پروانه میان دو صفحه قرار گرفته است.

▪ این نوع پروانه ها به صورت گسترده استفاده می شوند.

برخی از موارد استفاده این پروانه ها عبارتست از:

• پمپاژ آب معمولی

• پمپاژ آب گرم

• پمپاژ روغن داغ

• پمپاژ مواد شیمیایی نظیر اسیدها و ...

▪ پروانه بسته از نظر تعداد چشمه ورودی مایع (suction eye)

به صورت یک چشمه ای و دو چشمه ای ساخته می شوند.

کوپلینگ (coupling)

➤ در اکثر پمپ های گریز از مرکز، محور پمپ و محور محرکه، بوسیله ی کوپلینگ به هم متصل می شوند.

➤ مهمترین ویژگی کوپلینگ ها این است که باید قابل انعطاف باشند، زیرا:

- علاوه بر اینکه دو محور محرکه و پمپ را به هم متصل می کنند، باید بتوانند نوساناتی که از محرک به پمپ وارد می شود را حنثی کنند.
- در صورتیکه محور ها به طور کامل میزان نشده باشند، باید بتواند این نامیزانی را جبران کند.



کوپلینگ انعطاف پذیر

روپوش محور (shaft sleeve)

➤ در پمپ های گریز از مرکز، محور را باید در مقابل خطرات ناشی از خواص خوردندگی مایع پمپ شونده و یا ساییدگی حفظ کرد. برای همین منظور در محل های زیر از روپوش محور استفاده می شود:

- در محفظه آب بندی

- در نقاط اتصال یاتاقان های داخلی

- بین دو پروانه در پمپ های چند مرحله ای

➤ در محل های فوق، روی محور روپوش های قابل تعویضی نصب می کنند و در هنگام فرسوده شدن آن را تعویض می کنند.



نمونه هایی از روپوش محور

حلقه های سایشی (wear ring)

➤ از این نوع حلقه ها، جهت آب بندی قسمت های داخلی پمپ های گریز از مرکز برای جلوگیری از نشتی های داخلی از قسمت فشار بالا (discharge) به سمت فشار پایین (suction) پروانه پمپ استفاده می شود.

- اگر فاصله بین دو قسمت مذکور، آب بندی نشود ، مایع خروجی از پمپ مجددا وارد چشمه پروانه می شود و باعث کاهش فشار و دبی خروجی پمپ می شود.
- برای جلوگیری از نشت مایع باید پروانه طوری در بدنه نصب شود که مایع نتواند از فاصله بین لبه بیرونی چشمه پروانه وارد چشمه پروانه شود و در عین حال پروانه نیز بتواند به طور آزاد با حداقل فاصله نسبت به بدنه بچرخد.
- با توجه به اجتناب ناپذیر بودن مسائل اصطکاکی و سایش به دلیل نفوذ ذرات جامد و ... ، لبه بیرونی چشمه پروانه و بدنه بعد از مدتی در اثر ساییدگی پروانه و بدنه باید تعویض شوند و یا مورد جوشکاری و بازسازی قرار گیرند. برای جلوگیری از این مشکلات دو حلقه سایشی به صورت زیر نصب می شوند:
 - یکی حلقه سایشی که روی پروانه نصب می شود (impeller wearing ring)
 - و دیگری حلقه سایشی که روی بدنه پمپ نصب می شود (casing wearing ring)
- بین دو حلقه سایشی فوق یک فاصله بسیار کم (clearance) وجود دارد که این فاصله به عوامل زیر بستگی دارد:
 - قطر چشمه پروانه
 - درجه حرارت مایع پمپ شونده
 - جنس حلقه های سایشی

➤ در عمل همیشه باید مقداری نشتی از بین حلقه های سایشی وجود داشته باشد که این مقدار نباید بیشتر از ۵ درصد مایع پمپ شونده باشد.

➤ فاصله حلقه های سایشی از یک طرف باید آنقدر کم باشد تا مانع از خروج مایع شود. از طرف دیگر باید به اندازه کافی فاصله داشته باشد تا حلقه های فرسایشی با هم تماس نداشته باشند.

➤ در پمپ های گریز از مرکز، فضایی بین پروانه و بدنه وجود دارد که پروانه را قادر می سازد تا بدون سایش با بدنه، به چرخش خود ادامه دهد و فشار مورد نظر را تولید کند، ولی از طرف دیگر در پمپ های چند مرحله ای این فضای خالی موجب نفوذ بیش از حد مایع از یک خروجی به ورودی پروانه بعد می شود که کاهش بازدهی پمپ را به همراه دارد. برای حل این مشکل از حلقه سایشی استفاده می شود.

➤ معمولاً حلقه های سایشی از فلزات زیر ساخته می شوند:

▪ فولاد

▪ چدن-برنج



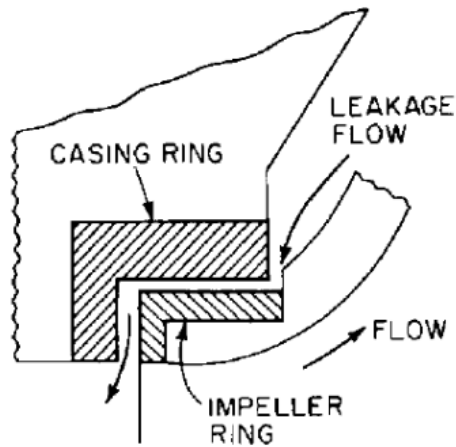
نمونه ای از حلقه سایشی

عوامل زیر موجب خرابی حلقه های سایشی می شوند:

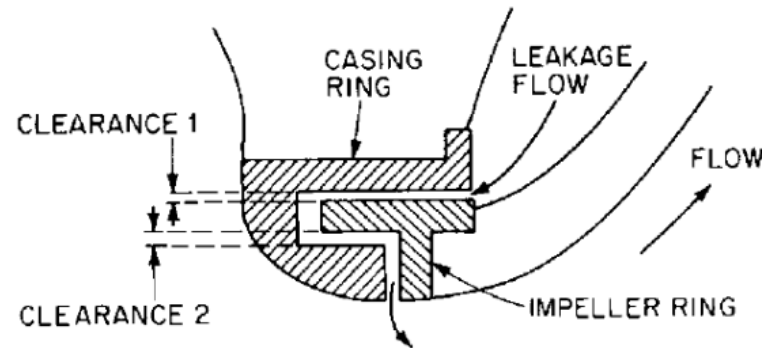
- نامناسب بودن جنس یا فاصله بین حلقه ها با شرایط پمپ
- وجود ذرات جامد و گیر افتادن آنها بین حلقه ها به دلیل استفاده نشدن از مش مناسب در ورودی

پمپ

- توزیع نامتناسب فاصله ها در حلقه در قسمت های مختلف
- وجود تنش های سیستم لوله کشی روی بدنه پمپ
- گرم کردن نامتعادل و ناگهانی پمپ
- خورندگی مایع
- ایجاد تماس بین حلقه ها بدلیل بدون مایع کار کردن پمپ
- مسائل ارتعاشی از قبیل کاویتاسیون، نامحوری بودن و ...



(a) L-SHAPED



(b) SINGLE LABYRINTH

نمونه هایی از حلقه سایشی

نشت بند (seal)

➤ در پمپ ها به دلایل زیر از نشت بند استفاده می شود:

- جلوگیری از نشت مایع به خارج از پمپ در صورتی که فشار داخل پمپ بیشتر از فشار محیط باشد.
- جلوگیری از نفوذ هوا به داخل پمپ در صورتی که فشار پمپ کمتر از فشار محیط باشد.
- نشت بند در پمپ های گریز از مرکز معمولا به صورت های زیر است:

- پکینگ ها (packing)

- پکینگ فشاری

- پکینگ تزریقی

- نشت بند مکانیکی (mechanical seal)

➤ به محفظه ای که قطعات نشت بندی در آن قرار می گیرند، stuffing box یا محفظه نشت بندی می گویند.

پکینگ های فشاری (compression packing)

➤ پکینگ ها از الیاف نرم و انعطاف پذیر مانند پنبه نسوز، الیاف کتانی، ساخته شده اند، و معمولاً در

پمپ های گریز از مرکز و شیر ها (valve) استفاده می شوند.

➤ سطح مقطع این نوع پکینگ ها معمولاً بصورت مربع

مستطیل است. این نوع پکینگ ها در صورت فشردن با استفاده

از سفت کردن پیچ گلند (gland)، از عبور سیال جلوگیری می کنند.

➤ این نوع پکینگ ها در صورتی که به صورت اصولی نصب و

تنظیم شوند، از لحاظ اقتصادی برای مایعاتی نظیر آب بسیار مقرون
به صرفه اند.

➤ جهت کاهش اصطکاک، می توان این پکینگ ها را با گرافیت
آغشته کرد.

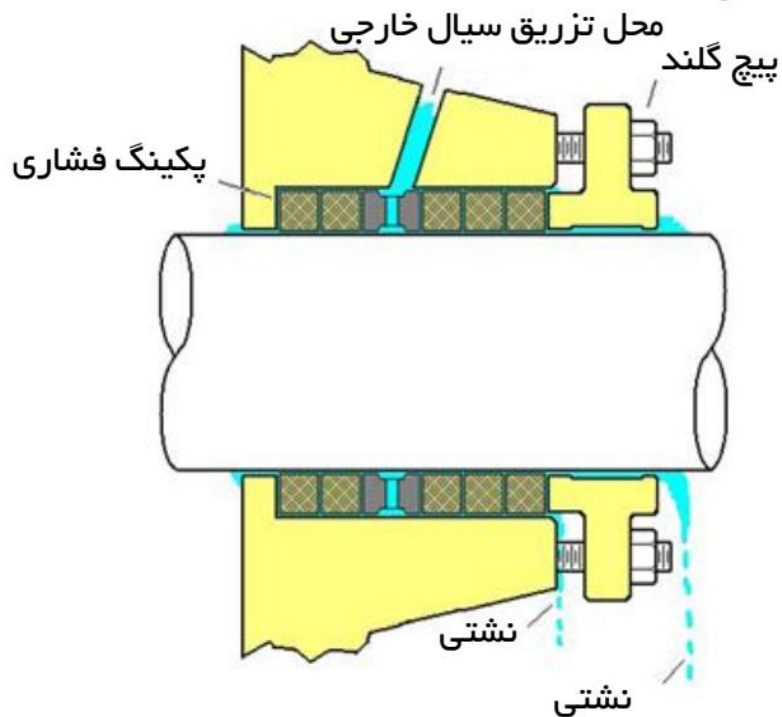
➤ جنس این نوع پکینگ ها به عوامل زیر بستگی دارد:

▪ درجه حرارت

▪ فشار،

▪ دور پمپ

▪ خورندگی مایع



➤ مزایای پکینگ فشاری

- ارزان قیمت هستند.
- به راحتی نصب می شوند.
- برای فشار و سرعت پایین کارایی بهتری دارند.
- قادر به تحمل حرکت محوری زیاد هستند.
- برخلاف نشت بندهای مکانیکی، خرابی آنها را پیش بینی کرد.
- به دلیل کم بودن فاصله بین پکینگ و محور، خود پکینگ به عنوان یک یاتاقان عمل می کند و خرابی یاتاقان ها کمتر است.

➤ معایب پکینگ فشاری

- بدلیل خنک کردن از طریق انتقال حرارت تولید شده بین محور و پکینگ، روانکاری و ...، باید مقداری نشتی وجود داشته باشد.
- به دلیل اینکه در معرض ساییدگی قرار می گیرد، نیاز به تعمیر و تعویض مداوم دارد.
- در اثر تماس مداوم بین محور و پکینگ، در صورتی که پوشش محور نصب نباشد، موجب خرابی محور می شود.
- به دلیل اصطکاک بین محور و پکینگ، استفاده از آن افت انرژی مکانیکی بالایی به دنبال دارد.
- به دلیل اینکه نشتی دارند، برای مایعات سمی و آتش زا مناسب نیست.
- برای فشارهای بالا مناسب نیست.
- برای دورهای بالا به دلیل افزایش اصطکاک بین محور و پکینگ، استفاده از آن مناسب نیست.

پکینگ های تزریقی (injection packing)

- این نوع پکینگ ها اخیرا تولید شده اند.
- این پکینگ ها نسبت به پکینگ های فشاری شرایط کاری و طول عمر بالاتری دارند.
- بر خلاف پکینگ های فشاری که به صورت الیاف بافته هستند، این پکینگ ها به صورت الیاف رشته ای شکل، آغشته به مواد روان کننده هستند که به صورت غیر منظم بین شافت و داخل محفظه نشت بندی قرار می گیرند و با پر کردن این ناحیه کار نشت بندی را انجام می دهند.
- یک نمونه از این پکینگ ها، Kem-A-Trix است که
 - ترکیبی از فیبر های مصنوعی تقویت شده با کیفیت بالا همراه با روغن مخصوص است .
 - طوری ساخته شده که در مواقع نیاز روغن از ترکیب آزاد شده و دور محور را لایه نازکی از روغن پیوشاند.
 - این محصول خود، خنک کننده است.
 - روان کننده است و در پمپ ها، لوله ها و همزن ها بجای پکینگ و نشت بندی مکانیکی قابل استفاده است.

مزایای نشت بند Kem-A-Trix عبارتند از:

- براحتی قابل جایگزین بجای پکینگ های فشاری و نشت بند های مکانیکی است.
- خودروانکار و خودخنک کننده است.
- تزریق کردن (پکینگ دادن) در حال کار دستگاه انجام می شود و از اینرو از اتلاف وقت و هزینه صرفه جویی می شود.
- قابل استفاده روی محورهای خراب و فرسوده است.
- نیاز به اعمال فشار ندارند.
- قابل کاربرد در محور های دوار و رفت و برگشتی اند.
- نیاز به تعویض ندارند.
- برای هر اندازه ای از محور قابل استفاده اند.
- حداقل نشتی (تقریبا صفر) را دارند.
- قیمت آنها نسبت به نشت بند های مکانیکی کمتر است.

نشست بندهای مکانیکی (mechanical seal)

- نشست بند مکانیکی، شامل دو صفحه کاملاً صیقلی است، که مقابل هم و عمود بر محور نصب می شوند.
- یکی از دو صفحه ثابت و دیگری متحرک است. این دو صفحه بوسیله ی یک یا چند فنر در تماس با یکدیگر هستند.
- برای از بین بردن اصطکاک بین دو صفحه از مایع درون دستگاه استفاده می شود تا لایه بسیار نازکی بین دو صفحه قرار گیرد.



- مزایای نشست بندهای مکانیکی:
- نشستی بسیار کمی دارند (در حد چند CC در ساعت)
- هزینه نگهداری پایین
- عدم نیاز به تنظیم و تعمیر مداوم
- کم بودن سایش محور یا روپوش محور
- تحمل فشار و سرعت های بالا
- قابل استفاده برای انواع مایعات
- دارا بودن خاصیت خود تمیز کنندگی (self cleaning)

- کاهش آلودگی زیست محیطی
- کاهش خرابی یاتاقان ها ناشی از آلودگی روغن
- کاهش خوردگی ناشی از نشت فواره ای
- کاهش تلفات مکانیکی (به دلیل کم بودن سطوح تماس با یکدیگر)

➤ معایب نشت بندهای مکانیکی:

- بالا بودن هزینه نصب اولیه
- عدم تحمل حرکت های محوری زیاد
- نصب و باز کردن آن مشکل است
- خرابی ناگهانی که باعث نشت ناگهانی می شود

یاتاقان (bearing)

- یاتاقان ها اجزایی هستند که به طور کلی نگاهدارنده محور و کاهش دهنده اصطکاک آن به هنگام چرخش هستند. همچنین جهت محدود کردن حرکت محوری و شعاعی بکار گرفته می شوند.



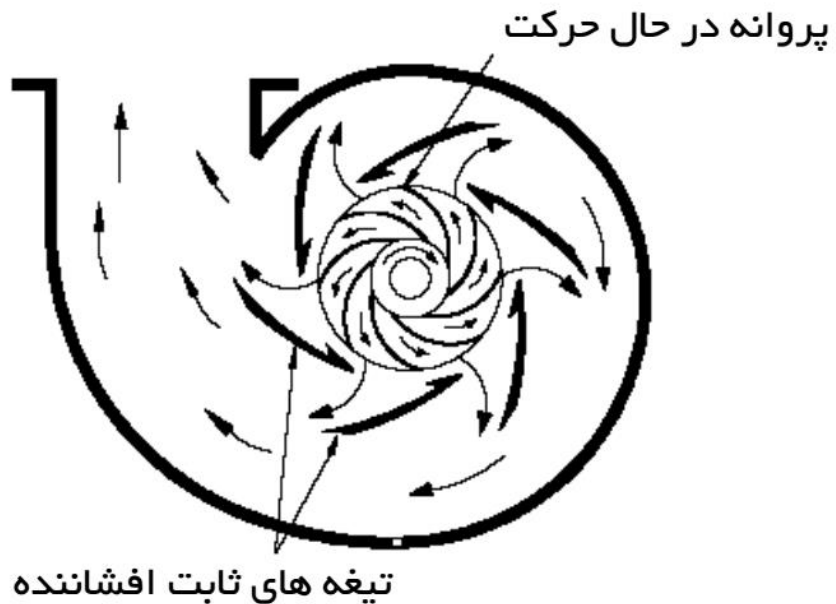
یاتاقان لغزشی

- وظایف اصلی یاتاقان عبارتست از:
- کنترل ، جذب و انتقال نیروهای شعاعی
- کنترل ، جذب و انتقال نیروهای محوری
- کاهش اصطکاک
- قرار دادن محور در یک موقعیت مناسب



یاتاقان چرخشی

- یاتاقان ها در دو دسته ی زیر طبقه بندی می شوند:
- یاتاقان لغزشی که در آن محور روی لایه نازکی از روغن که بر روی یاتاقان وجود دارد می چرخد.
- یاتاقان چرخشی (ساچمه ای) که اخیرا ساخته شده اند .
- ویژگی یاتاقان چرخشی
- برای اکثر کارهای صنعتی (بارهای سبک و سنگین) مناسب اند.
- به دلیل محدود بودن زمان کارکرد و عدم توانایی کار در دورهای بالا، هنوز به طور کامل جایگزین یاتاقان های لغزشی نشده اند.



افشاننده (diffuser)

- افشاننده، مجموعه ای از تیغه های ثابت است که درون پمپ در اطراف پروانه نصب می شود.
- افشاننده دارای تیغه هایی است که طوری طراحی شده اند که هرچه از مرکز دوران دورتر می شویم از هم بازتر می شوند و چون مقطع جریان بتدیج بازتر می شود سرعت افت کرده و فشار افزایش می یابد. این کار بازدهی پمپ را افزایش می دهد.
- افشاننده به ندرت در پمپ های گریز از مرکز یک مرحله ای نصب می شود و بیشترین کاربرد آن در پمپ های چند مرحله ای است.

متعادل کردن حرکت محوری

➤ به طور کلی، پمپ گریز از مرکز، یک ماشین نامتعادل است. همه این پمپ ها در معرض یک حرکت محوری هستند.

➤ برای خنثی کردن این حرکت راه هایی وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

- به کار بردن یاتاقان ضربه گیر (thrust bearing)
- استفاده از پروانه دو چشمه ای
- استفاده متوالی از پروانه ها (پشت سر هم بستن پروانه ها)
- استفاده از پیستون تعادل piston balance
- استفاده از دیسک تعادل disk balance



یاتاقان ضربه گیر

➤ در صورت استفاده از صفحه تعادل، در صورتی که نیروی محوری به پمپ وارد شود، صفحه تعادل (پیستون تعادل - دیسک تعادل) محور را بسمت جهت عکس ورودی هدایت می کند و بدینوسیله در پمپ تعادل بوجود می آورد.

➤ در حالت کلی، صفحه تعادل بعد از آخرین پروانه، در محلی به نام محفظه تعادل نصب می شود.

اصول راه اندازی پمپ های گریز از مرکز

➤ بررسی پمپ قبل از شروع کار

- اطمینان از درستی وضعیت شیرها و خط لوله های ورودی و خروجی
- بررسی وضعیت روغن، لوله خنک کننده، فشار سنج ها، شیرهای تخلیه، یاتاقان ها، نشت بند ها
- پرکردن پمپ از مایع پمپ شونده از طریق باز کردن شیر ورودی پمپ و بستن شیر خروجی و هواگیری پمپ
- زمانی که فشار لوله خروجی بحد لازم رسید، می بایست شیر خروجی را باز کرد
- در صورتی که محرک پمپ جریان برق است، باید شدت جریان را از طریق مشاهده آمپرسنج بررسی کرد

➤ بازرسی پمپ حین کار

- فشار خروجی پمپ می بایست بررسی شود
- پمپ از نظر نداشتن نشتی نیز باید بررسی شود
- باید سطح روغن و گردش حلقه های روغن را بررسی کرد
- بازرسی درجه حرارت یاتاقان ها
- بررسی شدت جریان را از مشاهده طریق آمپرسنج

متوقف کردن پمپ



- ابتدا می بایست شیر خروجی پمپ بسته شود
- بلافاصله نیرو محرکه پمپ را باید خاموش کرد
- در انتها شیر ورودی مایع باید بسته شود

اتصال (به هم بستن) پمپ ها

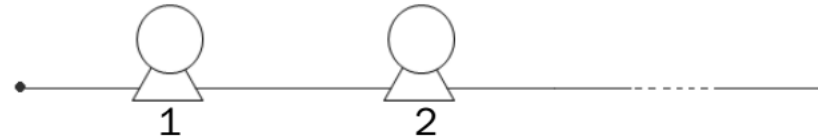
پمپ ها را می توان به دو صورت متوالی (سری، خطی) و موازی به هم بست.

➤ اتصال سری پمپ ها

▪ در این حالت روابط زیر برقرار است:

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n = \Delta P_t$$

$$Q_1 = Q_2 = \dots Q_n = Q_t$$



که در آن:

Q_t : دبی کل سیستم

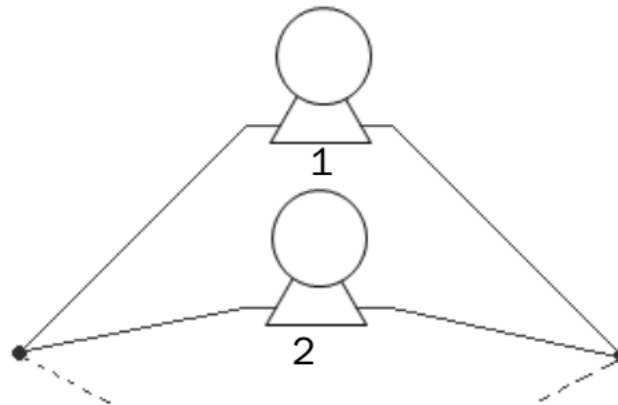
ΔP_t : اختلاف فشار کل سیستم

➤ اتصال موازی پمپ ها

▪ برای اتصال موازی نیز:

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = \dots = \Delta P_n = \Delta P_t$$

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q_t$$



کاویتاسیون (خلا زایی، Cavitation)

- کاویتاسیون از واژه Cavity به معنای حفره گرفته شده است و منظور از کاویتاسیون ایجاد حفره یا حفره زائی است .
- در صورت وقوع این پدیده یکی از خسارات آن ایجاد خوردگی و حفره بر روی بدنه پروانه و پوسته پمپ است .
- قبل از توضیح پدیده کاویتاسیون لازم است اشاره به نقطه جوش و فشار بخار مایعات صورت گیرد . نقطه جوش مایعات به فشاری که مایع در آن قرار دارد بستگی دارد . مثلاً آب در فشار یک اتمسفر در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد می جوشد که این دما در فشار ۵ اتمسفر در حدود ۸۰ درجه است .
- ممکن است در داخل پمپ شرایطی بوجود آید به طوریکه در دمای موجود با توجه به کاهش فشاری که ایجاد شده ، سیال بجوشد. این پدیده در صورت وقوع در ابتدای پره در داخل پروانه رخ می دهد .
- تبدیل مایع به حباب های بخار همراه با افزایش حجم ناگهانی می باشد (دانسیته مایع بیش از ۱۰۰۰ برابر دانسیته بخار در این شرایط است) . حباب تشکیل شده با سرعت زیادی به جلو هدایت می شود . در نیمه دوم پره با افزایش فشار سیال شرایط از حالت اشباع به حالت مایع فشرده بر می گردد و طی پدیده پیچیده ای حباب بخار سقوط کرده و ضمن تقطیر شدن با سرعت زیاد (تا ۵۰ متر بر ثانیه) به اطراف برخورد می کند.

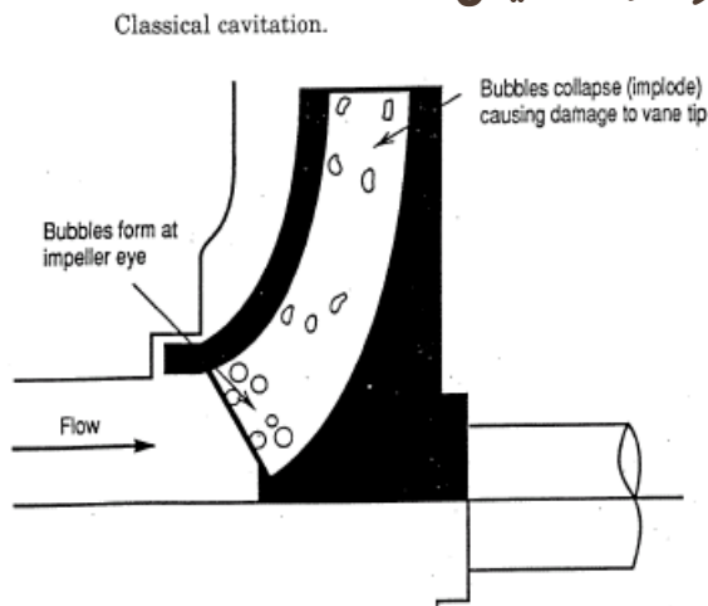
➤ قطرات سیال که با این سرعت به اطراف برخورد می کنند ،دارای ممنتوم بسیار بالایی هستند به طوریکه نیروی واردشده از طرف این ذرات بر دیواره پروانه قدر است قسمتی از بدنه پروانه را کنده و بر روی آن ایجاد حفره کند .

➤ کمتر فلزی در برابر این نیرو مقاومت می کند . آلیاژهای فولاد-کرم مقاومت بهتری در مقابل این پدیده دارند.

➤ این پدیده معمولا با ایجاد سرو صدا نیز همراه است که فرکانس آن به 1MHZ می رسد . به این صدا اصطلاحا صدای سفید گفته می شود .

➤ می توان از طریق اندازه گیری فرکانس صدا بروز کاویتاسیون را تشخیص داد .

➤ شکل روبرو نحوه پیدایش کاویتاسیون را نشان می دهد.



تعریف کاویتاسیون

➤ هنگامی که فشار مطلق در ورودی پمپ کمتر یا مساوی فشار بخار مایع می شود، مایع موجود در پمپ بخار می شود و حباب های بخار به همراه جریان سیال به قسمتی از پمپ که دارای فشار بالا است منتقل می شوند. در اثر عمل دینامیکی پروانه پمپ، در اثر بالارفتن فشار پمپ این حباب ها منفجر می شوند. به این فرآیند کاویتاسیون یا حفره زایی می گویند.

➤ انفجار حباب ها و کاویتاسیون موجب عوامل زیر می شوند:

۱- ایجاد لرزش و سر و صدای زیاد

۲- کاهش بازدهی و آسیب رساندن به پمپ

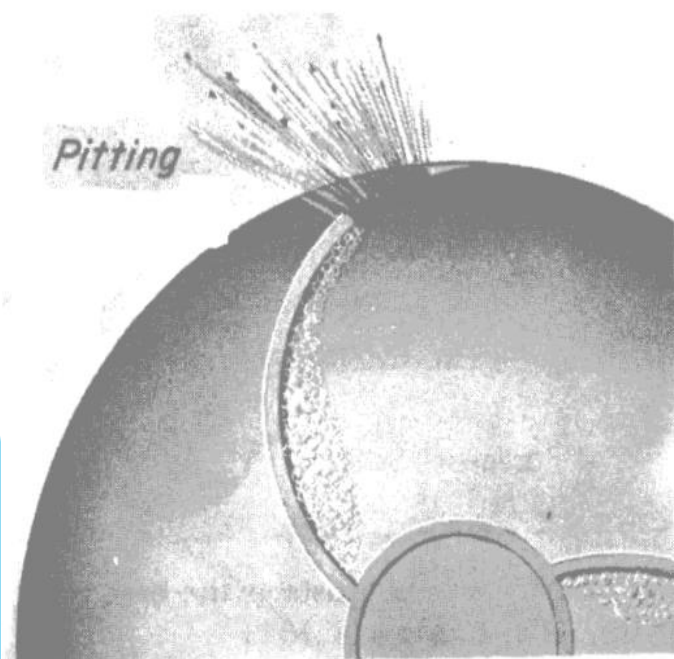
۳- ایجاد خوردگی های نوع Pitting در بدنه پمپ و پروانه ها

۴- ایجاد ارتعاشات در فرکانس های Random و از بین

بردن تعادل هیدرولیکی روی پروانه و محور

۵- خرابی زودرس نشت بند های مکانیکی (Mechanical Seals)

و یاتاقان (Bearing)



عوامل موثر در ایجاد کاویتاسیون:

- افت فشار بیش از حد در قسمت ورودی پمپ ، باعث تبخیر سریع تر مایع در این ناحیه شده و شرایط را برای تبخیر و تشکیل حباب زیاد می کند.
- بالارفتن دمای پمپ ، باعث بالارفتن فشار بخار مایع می شود و منجر می شود مایع در فشار کمتری تبخیر شود.
- افزایش دبی پمپ به دلیل بالارفتن دور موتور و یا استفاده از پروانه با قطر بیش از حد که موجب کاهش فشار در ورودی پمپ می شود.
- تغییر مایع پمپ شونده به دلیل تغییرات شرایط عملیاتی (پمپاژ مایعات سبک تر)
- افزایش هد مکش پمپ



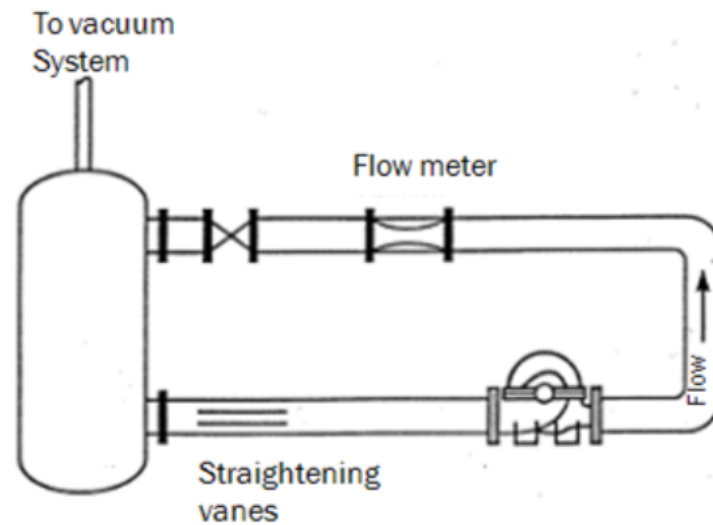
خوردگی از نوع
pitting (آبله گون شدن)
در پروانه

روش های جلوگیری از کavitاسیون:

- عدم استفاده بیش از حد از خط لوله های طولانی، شیر ها، زانو ها، سه راهی ها و ... که موجب افت فشار ناشی از اصطکاک در مایع می شوند
- پایین نگه داشتن دمای مایع پمپ شونده
- پایین نگه داشتن دبی مایع از طریق
 - افزایش قطر ورودی
 - استفاده مناسب از کاهنده های جریان (Flow Reducer)
 - استفاده مناسب از صافی و مش
- اطمینان از باز بودن شیر اصلی (Main Valve)
- اطمینان از کار کردن بالای حداقل دبی (Q_{min})
- اطمینان از کار کردن پمپ در شرایط طراحی

روش تست کاویتاسیون:

- برای تعیین شرایط کاویتاسیون، از سیستمی مشابه شکل زیر استفاده می شود.
- در این سیستم با کم کردن تدریجی فشار داخل مخزن با استفاده از پمپ خلا و بررسی لرزش و ثبت شرایط کاری (دما، فشار، دبی و ...)، شرایط ایجاد کاویتاسیون تعیین می شود.



هد خالص مکش (NPSH)

- جهت کنترل پدیده کاویتاسیون و برقراری شرایط عدم وجود کاویتاسیون از پارامتری به نام هد خالص مکش (NPSH) استفاده می شود.
- به جای این که نقطه حداقل فشار در داخل پروانه بررسی شود ، مقدار هد خالص در قبل از پمپ بررسی می گردد. در واقع کارخانه سازنده پیش بینی لازم برای افت از ورود پمپ تا نقطه حداقل فشار در داخل پروانه را انجام می دهد .
- NPSH حداقل هد (فشار) لازم در قسمت ورودی پمپ است که بتواند:
 - افت فشارهای ناشی از اتلاف انرژی را جبران کند.
 - اجازه تبخیر شدن مایع در این قسمت را ندهد.
- NPSH از نظر ریاضی به صورت تفاضل فشار مطلق مکش (ورودی) پمپ و فشار بخار مایع در دمای عملکرد پمپ ، تقسیم بر شتاب جاذبه ضرب در چگالی تعریف می شود:

$$NPSH = \frac{\text{Absolute pressure of suction of pump} - \text{Vapor pressure at pump temperature}}{\rho g}$$

منحنی مشخصه پمپ (pump characteristic curve)

➤ برای هر نوع پمپی، می توان منحنی ای رسم کرد که در آن تغییرات انرژی، فشار و یا هد فشاری بر حسب دبی را نشان می دهد.

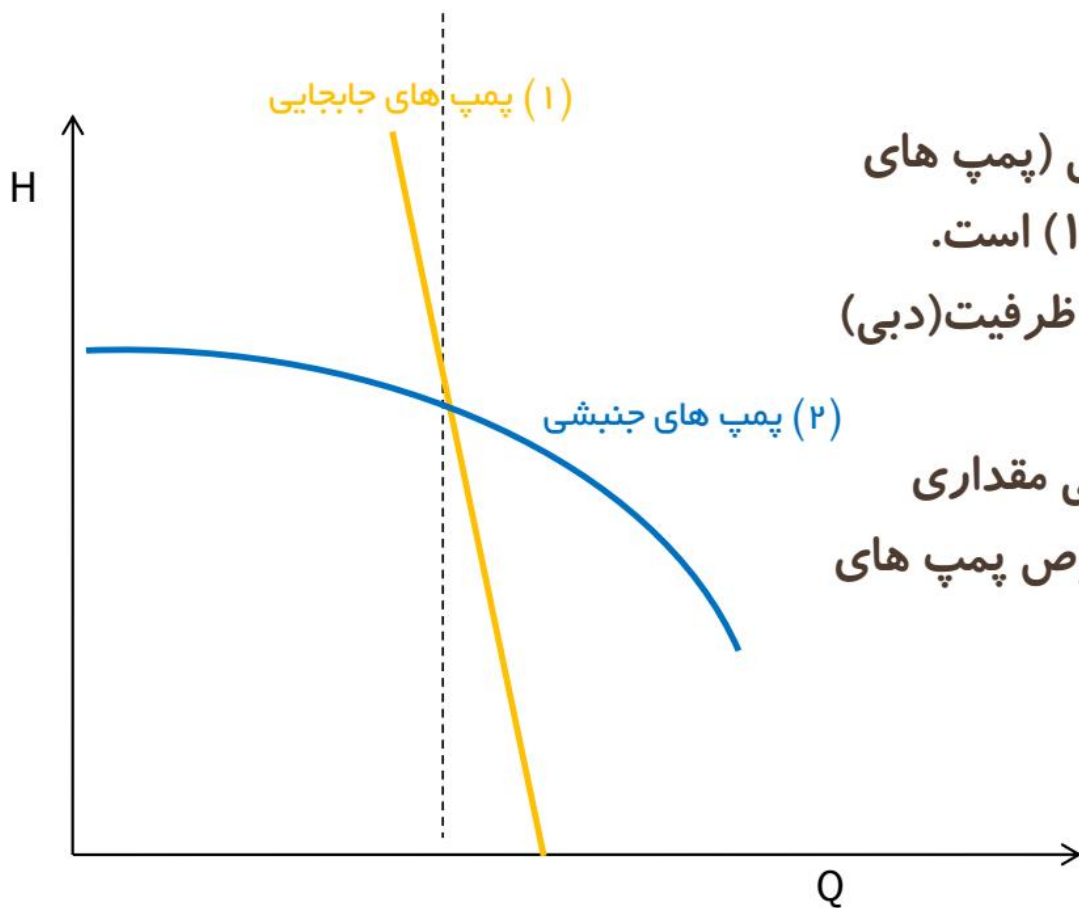
به این منحنی، منحنی مشخصه پمپ می گویند.

➤ با توجه به شکل روبرو:

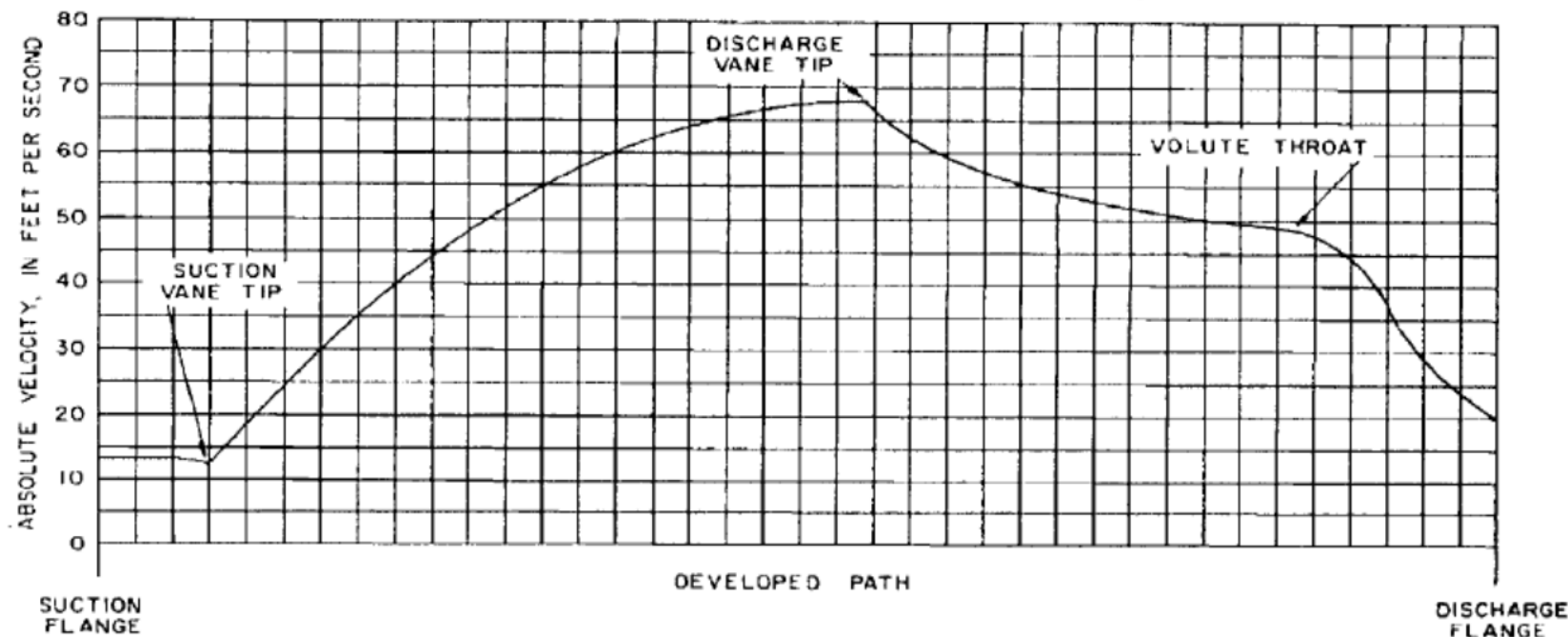
- منحنی مشخصه در پمپ های جابجایی (پمپ های رفت و برگشتی یا دوار) به صورت نمودار (۱) است.

بر این اساس برای پمپ های نوع جابجایی، ظرفیت (دبی) پمپ مقداری نسبتاً ثابت است.

- بنابراین در مواردی که لازم است، دبی مقداری ثابت باشد، پمپ های نوع جابجایی، به خصوص پمپ های دیافراگمی انتخاب مناسبی هستند.



- منحنی مشخصه در پمپ های دینامیک، مانند پمپ های گریز از مرکز به صورت نمودار (۲) است. بنابراین، در پمپ های گریز از مرکز می توان بر اساس تغییر مقدار انرژی اضافه شده به مایع، دبی آن را به خوبی کنترل کرد.
- جهت کنترل میزان انرژی اضافه شده به مایع در پمپ های گریز از مرکز، می توان از اجزای زیر استفاده کرد:
- شیپوره (volute) که قسمتی حلزونی شکل در پوسته پمپ است. در آن به دلیل افزایش تدریجی سطح مقطع، انرژی جنبشی به انرژی فشاری مایع تبدیل شده و فشار آن را افزایش می دهد.
- افشاننده (diffuser) نیز همانطور که در فصل قبل بررسی شد، مجموعه ای از تیغه های ثابت است که درون پمپ در اطراف پروانه نصب می شود. این تیغه ها طوری طراحی شده اند که هرچه از مرکز دوران دورتر می شویم از هم بازتر می شوند و چون مقطع جریان بتدیج بازتر می شود، سرعت افت کرده و فشار افزایش می یابد.
- شکل زیر، تغییرات سرعت مایع از دهانه مکش تا انتهای خروجی در پمپ گریز از مرکز را نشان می دهد.



تغییرات سرعت مطلق مایع در پوسته پمپ

- در شکل قبل، قسمت اول نمودار (از suction vane tip تا discharge vane tip) تغییرات سرعت در تیغه پروانه، و ادامه نمودار، تغییرات سرعت در پوسته پمپ، تا گردنه شیپوره (volute throat) و تا خروج از پمپ را نشان می دهد.
- همانطور که در شکل قبل دیده می شود، حداکثر سرعت در خروجی تیغه پروانه (discharge vane tip) است.
- در حالت کلی، بازده پمپ های گریز از مرکز از پمپ های نوع جابجایی کمتر است، ولی به دلایل زیر پمپ های گریز از مرکز بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند:
- قیمت پایین تری دارند.
- مایع خروجی از پمپ های رفت و برگشتی دارای ضربان (pulse) است، در صورتی که مایع خروجی از پمپ های گریز از مرکز، جریان یکنواختی دارد.

منحنی مشخصه سیستم (system characteristic curve)

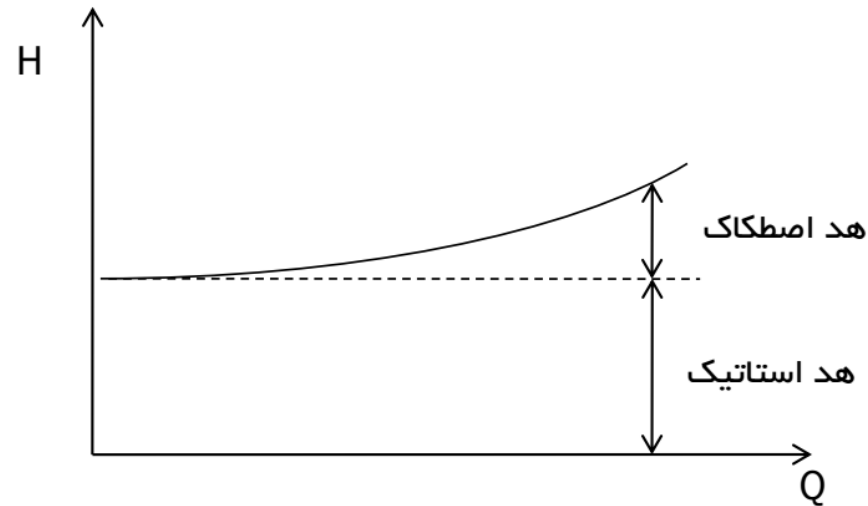
➤ همانطور که در فصل ۱ بیان شد، هد کلی سیستم به صورت زیر است:

$$H = H_s + H_d + H_p + H_f$$

که در این میان، هد پتانسیل در پمپ تغییری نمی کند و تنها هد های استاتیک و دینامیک به ترتیب با تغییر فشار و سرعت می توانند تغییر کنند. تغییرات هد اصطکاک نیز معمولا نادیده گرفته می شود.

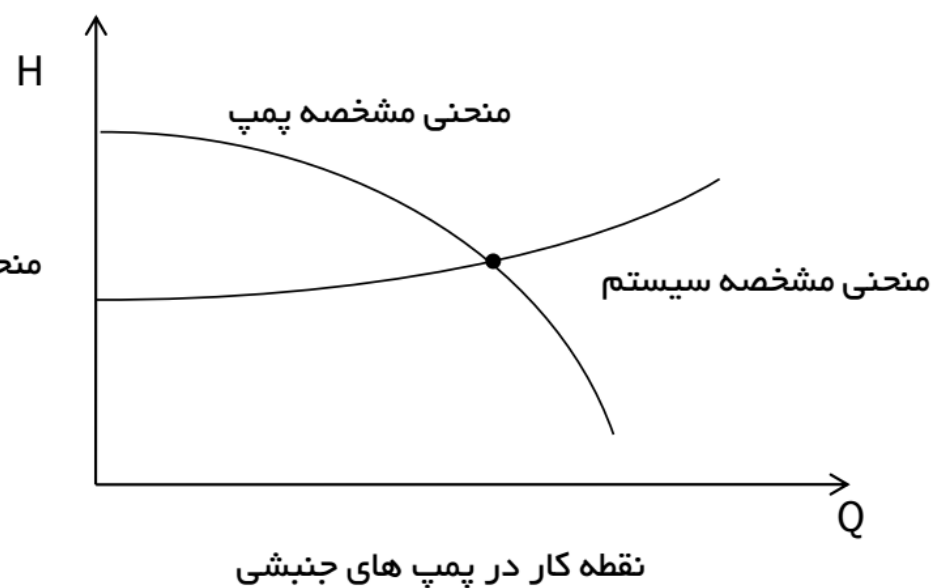
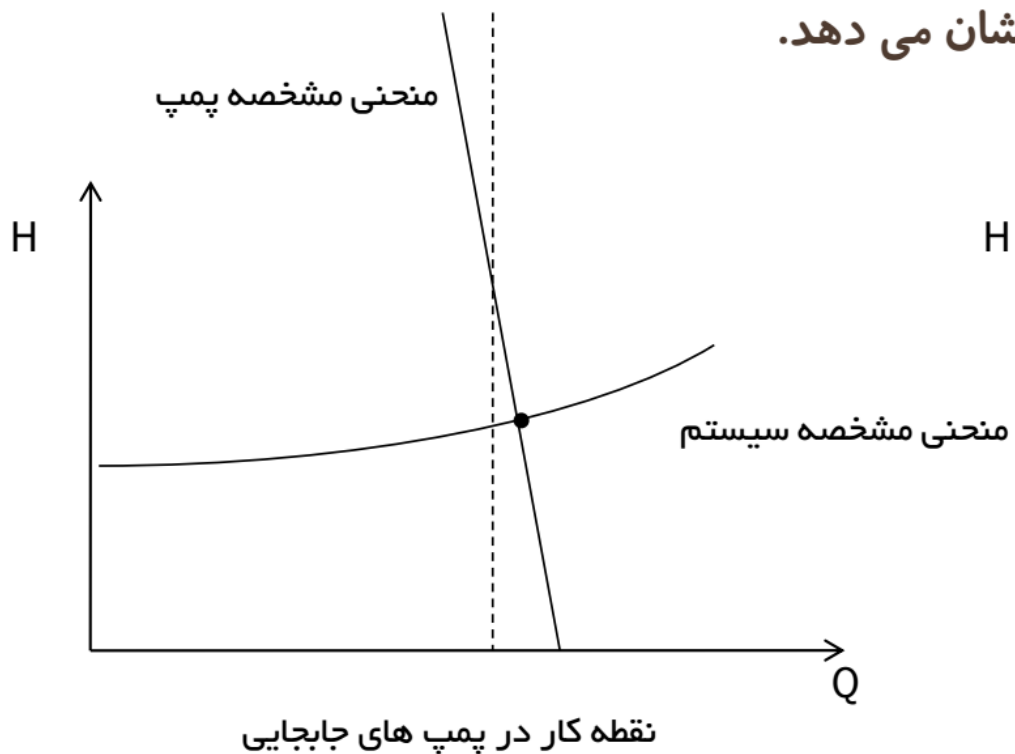
➤ منحنی مشخصه سیستم تغییرات هد کلی سیستم را بر حسب دبی نشان می دهد.

➤ در شکل زیر، تغییرات هد کلی با دبی نشان داده شده است:



➤ نقطه کار (operation point, duty point): عبارتست از محل تلاقی منحنی مشخصه پمپ و منحنی مشخصه سیستم.

➤ شکل زیر نقطه کار را در دو نوع مختلف پمپ نشان می دهد.



انواع منحنی مشخصه

➤ دسته بندی منحنی مشخصه در پمپ های گریز از مرکز

در پمپ های گریز از مرکز منحنی مشخصه را می توان به پنج دسته زیر تقسیم بندی کرد:

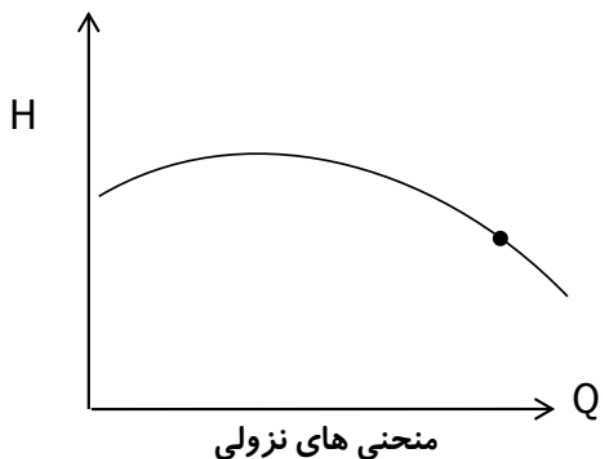
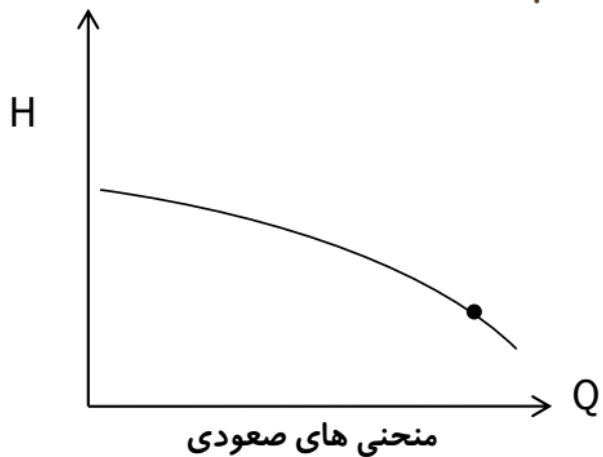
▪ منحنی های صعودی (Rising)

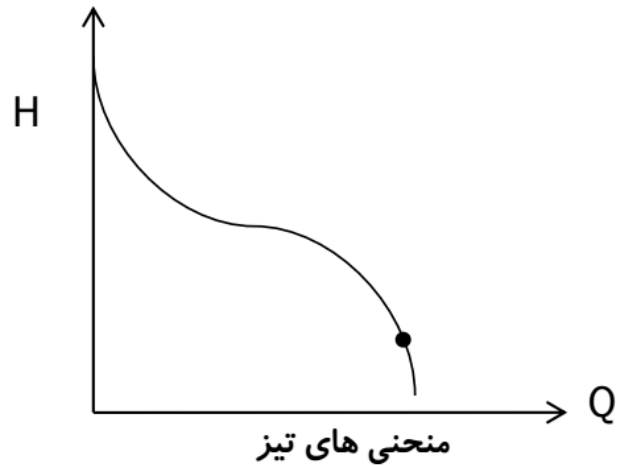
در پمپ های با منحنی صعودی با افزایش هد سیستم، دبی پمپ به طور پیوسته کاهش می یابد.

▪ منحنی های نزولی (Drooping)

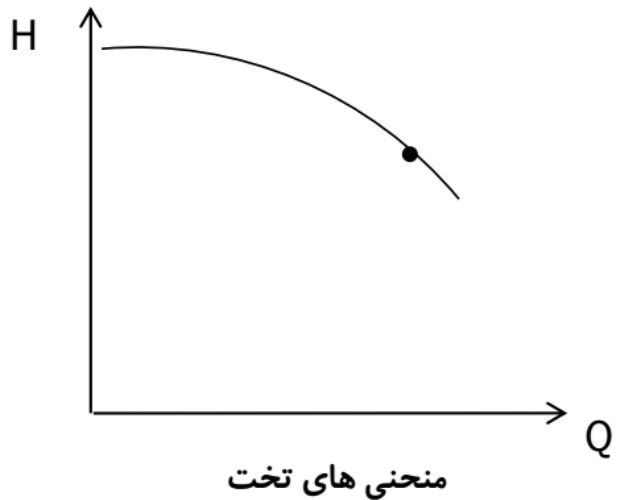
در پمپ های با منحنی مشخصه نزولی، هد قابل دسترس در نقطه $Q=0$ حداکثر هد نیست.

این منحنی ها را Looping نیز می نامند.



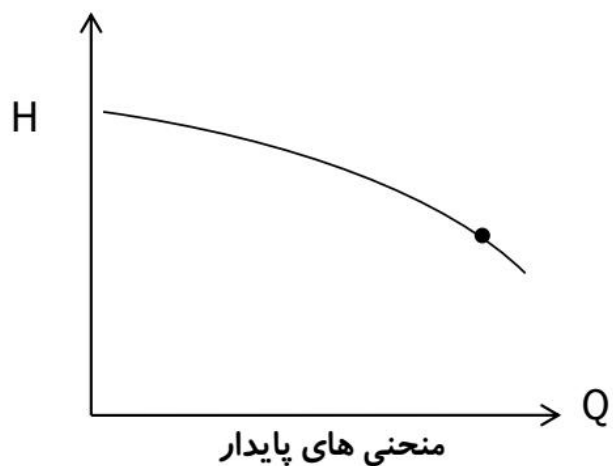


- منحنی های تیز (Steep)
منحنی های تیز نیز صعودی هستند، با این تفاوت که تغییرات
هد بین نقطه کار و شرایطی که شیر خروجی کاملاً بسته باشد ($Q=0$)
بسیار زیاد است.

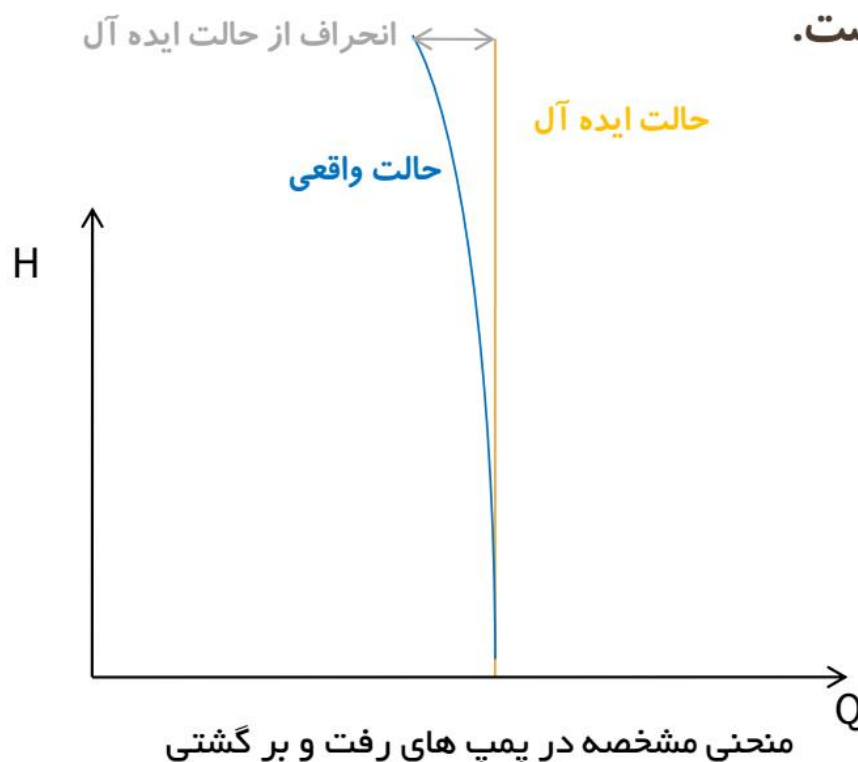
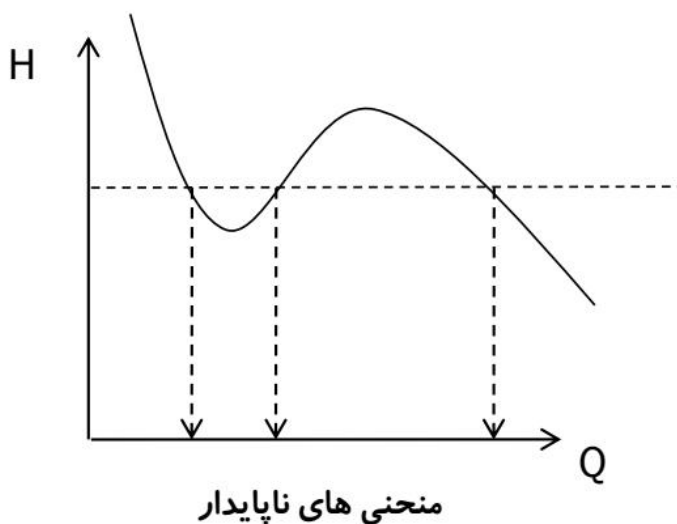


- منحنی های تخت (Flat)
در این منحنی ها، تغییرات ارتفاع در یک دامنه وسیعی
از دبی ناچیز است.

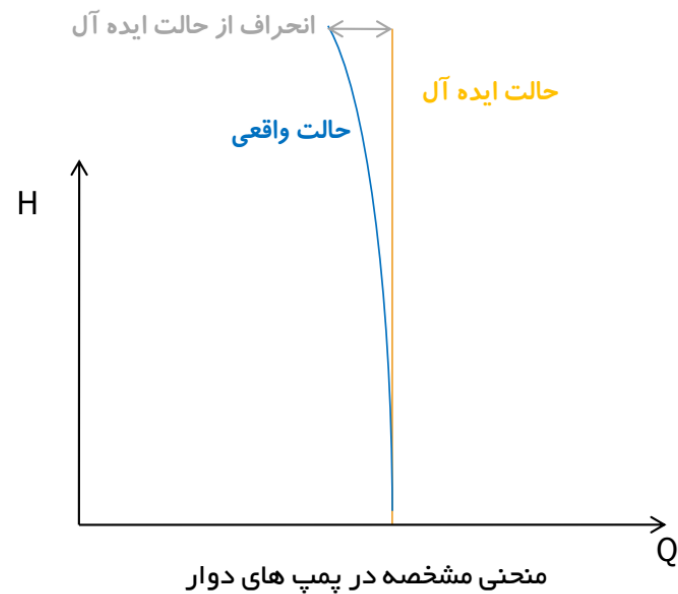
- منحنی های پایدار (Stable)
در منحنی های پایدار در هر هد، همواره می توان یک دبی مشخص کرد.



- منحنی مشخصه در پمپ های رفت و برگشتی
- در شکل زیر منحنی مشخصه در یک پمپ رفت و برگشتی نشان داده شده است.



- منحنی مشخصه در پمپ های دوار
- پمپ های دوار نیز دارای منحنی مشخصه ای مشابه پمپ های رفت و برگشتی هستند.
- از نظر تئوری، منحنی مشخصه در پمپ های دوار باید به صورت خطی عمودی باشد، اما به دلیل افزایش نشتی داخلی با فشار این منحنی به صورت خطی با شیب منفی است.



منحنی های مشخصه دیگر در پمپ های گریز از مرکز

در حالت کلی، به جز منحنی هد خروجی پمپ در مقابل دبی (H-Q diagram) منحنی های مهم زیر نیز در پمپ های گریز از مرکز وجود دارند:

- منحنی توان مصرفی در مقابل دبی (P-Q Diagram)

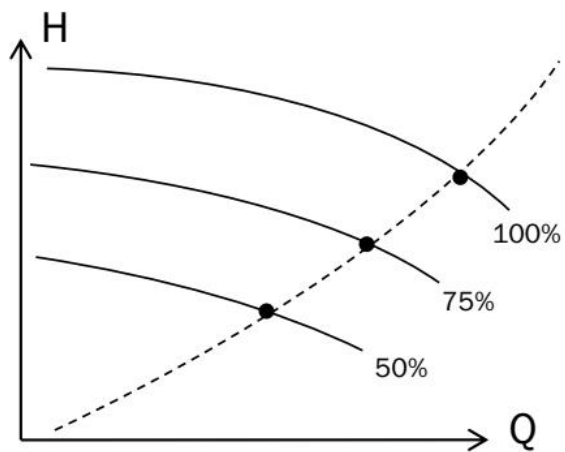
- منحنی بازده در مقابل دبی (η -Q Diagram)

در شکل های زیر:

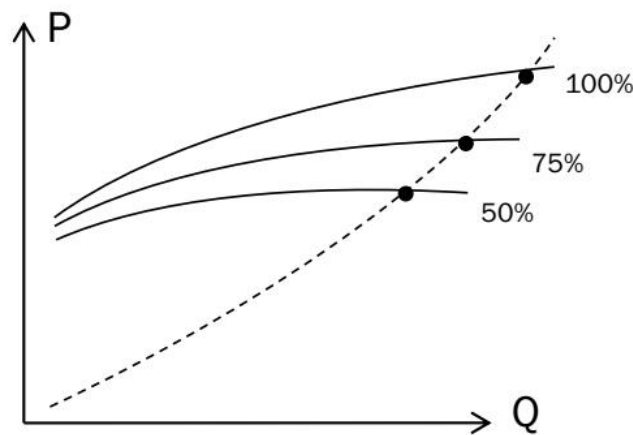
درصد مورد نظر ← میزان سرعت دوران را نشان می دهد.

--- ← منحنی مشخصه سیستم را نشان می دهد.

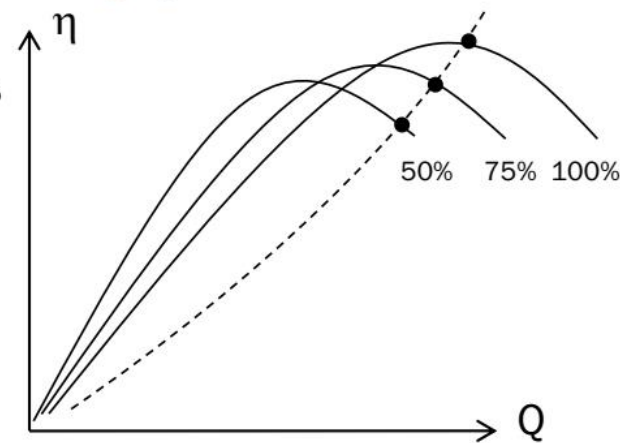
● ← نقطه کار را مشخص می کند.



منحنی هد خروجی پمپ در مقابل دبی



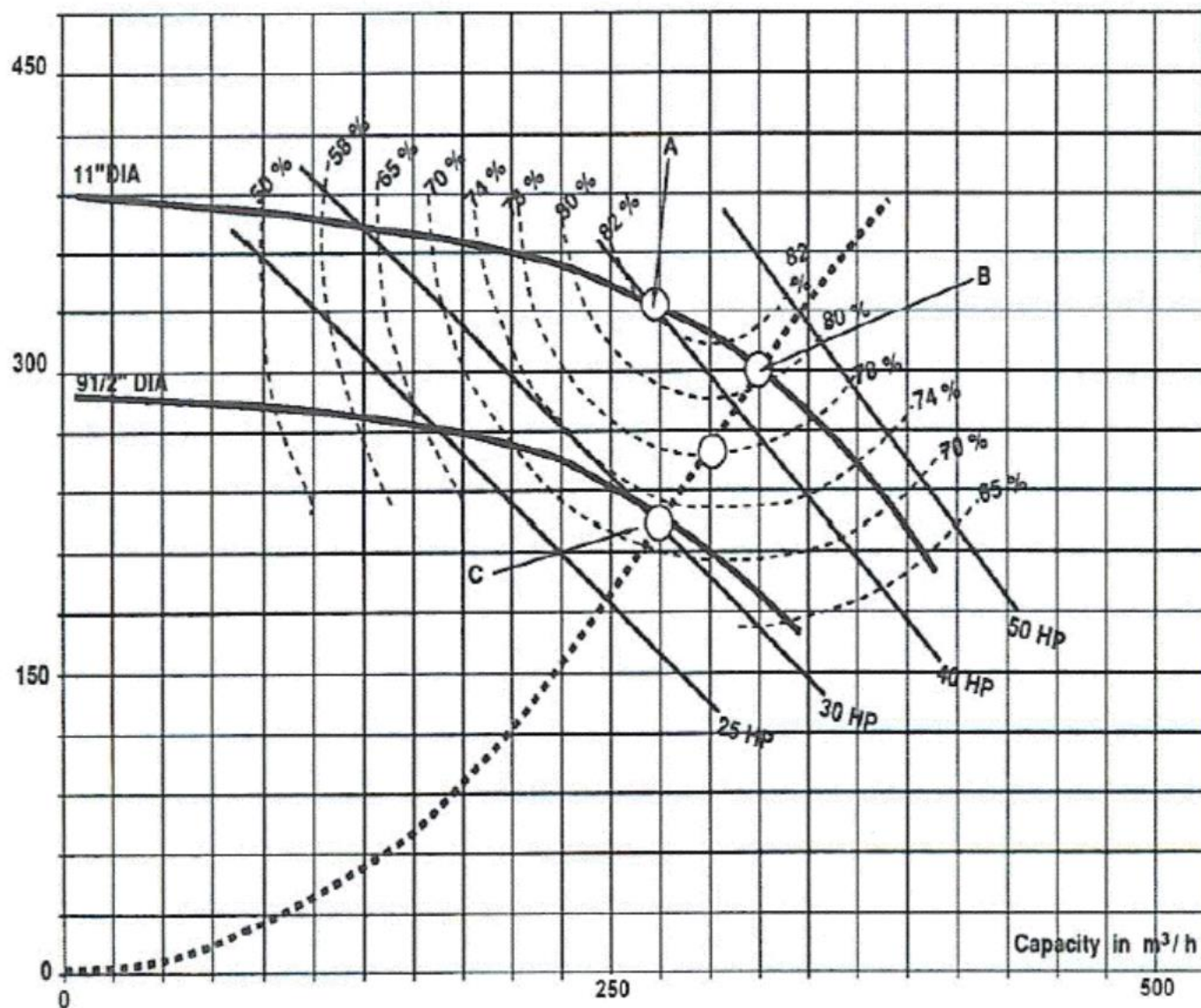
منحنی توان مصرفی در مقابل دبی



منحنی بازده در مقابل دبی

نمونه ای از منحنی مشخصه یک پمپ گریز از مرکز

Total Head In kPa



➤ با توجه به نمودارهای قبل می توان گفت:

❖ در منحنی های "هد خروجی پمپ در مقابل دبی" و "منحنی توان مصرفی در مقابل دبی"، با افزایش سرعت دوران:

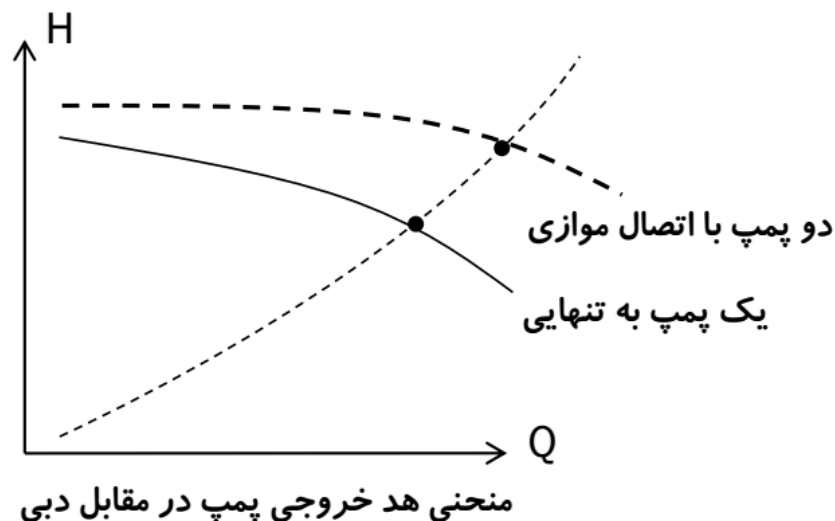
- هد خروجی و توان مصرفی افزایش می یابد.

- دبی در نقطه کار افزایش می یابد.

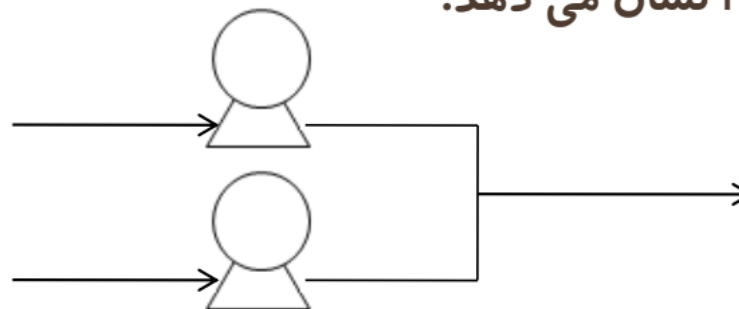
❖ در منحنی های "بازده در مقابل دبی":

- تا جایی بازده افزایش می یابد و بعد از آن روند کاهشی دارد.

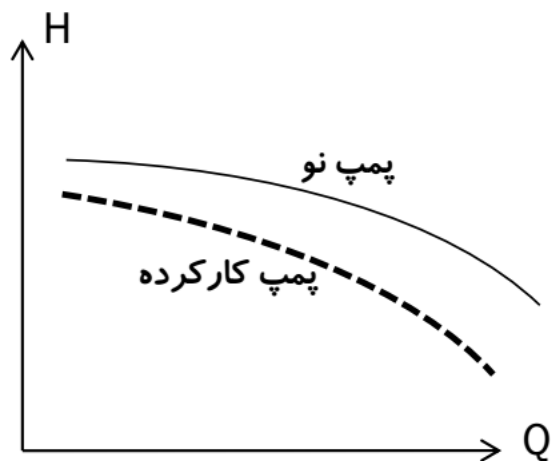
- با افزایش سرعت دوران، دبی در نقطه کار افزایش می یابد.



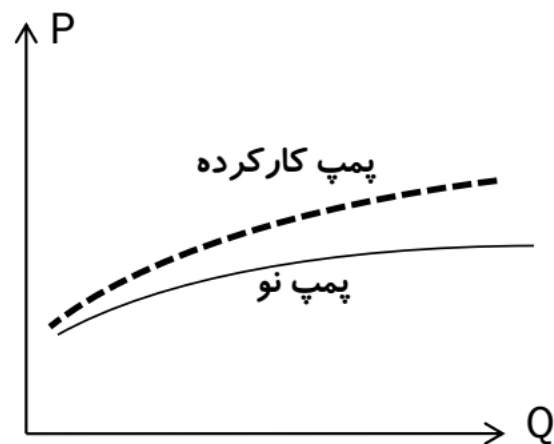
➤ شکل زیر، تاثیر اتصال موازی پمپ ها را بر نمودار H-Q نشان می دهد:



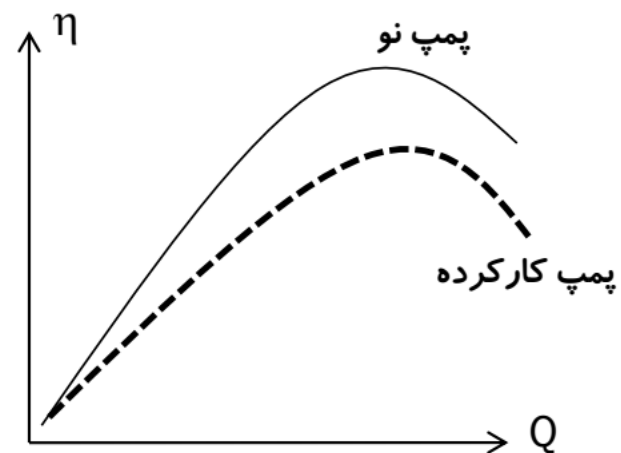
➤ تاثیر طول عمر پمپ بر منحنی های مشخصه پمپ به صورت زیر است:



منحنی هد خروجی پمپ در مقابل دبی



منحنی توان مصرفی در مقابل دبی



منحنی بازده در مقابل دبی

اشکالات متداول در پمپ های گریز از مرکز

➤ در حالت کلی می توان اشکالات عمده پمپ های گریز از مرکز را به صورت زیر دسته بندی کرد

- مایع از پمپ خارج نمی شود
- فشار مایع خروجی کافی نیست
- فشار ورودی مایع کم است
- لرزش بیش از حد پمپ
- پمپ بیش از حد گرم می شود
- یاتاقان پمپ بیش از حد گرم می شود

در ادامه علل عمده اشکالات فوق بیان می شود

رفع اشکال در پمپ های گریز از مرکز (troubleshooting)

➤ مایع از پمپ خارج نمی شود

- پمپ هواگیری نشده است
- ارتفاع مکش پمپ خیلی زیاد است
- فیلتر ورودی دچار گرفتگی است
- چشمه پروانه دچار گرفتگی شده است
- سرعت دورانی پمپ خیلی کم است
- پروانه از محور جدا شده است

➤ فشار مایع خروجی کافی نیست

- سرعت دورانی پمپ خیلی کم است
- مقداری هوا و گاز در مایع وجود دارد
- حلقه های سایشی فرسوده شده و فاصله بین آنها زیاد شده است
- چشمه پروانه دچار گرفتگی شده است
- فیلتر ورودی دچار گرفتگی است

➤ فشار ورودی مایع کم است

- ارتفاع ورودی برای خیلی زیاد است
- کاهش ارتفاع مایع در مخزن ورودی
- فیلتر ورودی دچار گرفتگی است
- خرابی شیر ورودی
- وجود گاز همراه با مایع
- نشستی در مسیر ورودی

➤ لرزش بیش از حد پمپ

- پمپ دچار کاویتاسیون شده است
- نامیزانی کوپلینگ ها
- نامناسب بودن محل نصب پمپ و محکم نبودن آن
- محکم نبودن پروانه روی محور
- عدم بالانس روتور
- خمیدگی محور
- مسدود شدن خروجی پمپ
- بیش از حد بودن فاصله یاتاقان و محور
- رسیدن به سرعت بحرانی (critical speed)

➤ پمپ بیش از حد گرم می شود

- مایع درون پمپ کافی نیست و یا هوا در مایع است
- خروجی پمپ بسته است
- نرسیدن روغن به یاتاقان
- سفت بودن بیش از حد پیچ های پمپ
- کم بودن فاصله بین حلقه های سایشی

➤ یاتاقان پمپ بیش از حد گرم می شود

- نرسیدن روغن کافی به یاتاقان ها
- اشکال در سیستم خنک کنندگی یاتاقان
- کم بودن بیش از حد فاصله یاتاقان و محور
- اشکال در حلقه های روغن رسان
- کمبود روغن یاتاقان و یا آلودگی روغن

نکات ایمنی

- ۱- جهت چک کردن دمای بیرینگ الکتروموتور که از روی پوسته الکتروموتور صورت می گیرد، پوسته الکتروموتور را توسط پشت دست لمس کنید تا در صورت وجود اتصال در بدنه، دچار برق گرفتگی نشوید.
- ۲- در هنگام بهره برداری از پمپ دقت کنید که حفاظ کوپلینگ نصب شده باشد، عدم نصب حفاظ می تواند باعث صدمات شخص بهره بردار شود.
- ۳- قبل از انجام تعمیرات بر روی پمپ در محل سایت، موتور را خاموش و قفل نمایید. اگر پمپ در هنگام باز کردن، ناگهان شروع به کار کند، موجب صدمات بدنی خواهد شد.
- ۴- اگر پمپ سیالی داغ را پمپاژ می کند و برای تعمیرات نیاز به تخلیه آن وجود دارد، ابتدا صبر کنید تا سیال خنک شود و سپس آن را تخلیه کنید. اگر سیال در صورت خنک شدن جامد می شود، بایستی سیال را به صورت داغ تخلیه نمود ولی در هنگام تخلیه از وسائل استحفاظی مناسب برای این منظور استفاده کنید.
- ۵- در صورتی که پمپ جهت پمپاژ سیال گرم استفاده می شود، جهت تست دمای قسمتهای مختلف مانند بیرینگ های پمپ و الکتروموتور و پوسته پمپ از دست استفاده نکرده و از تجهیزات اندازه گیری دما مانند انواع ترمومترها استفاده کنید.
- ۶- جهت جلوگیری از صدمه به پمپ، تنظیم دبی را هیچ گاه از طریق شیر مکش انجام ندهید. در صورت ثابت بودن دور موتور، در پمپهای سانتریفوژ افزایش یا کاهش دبی از طریق باز و بسته کردن شیر خروجی انجام می شود، در پمپهای دنده ای تنظیم

دبی از طریق باز و بسته کردن مسیر by pass انجام می شود و در پمپ های پلانجری افزایش یا کاهش دبی از طریق تنظیم استروک انجام می شود.

۷- در لوله خروجی پمپها بایستی حتماً فشارسنج نصب شده باشد و بهتر است که لوله ورودی نیز مجهز به فشارسنج باشد. فشارسنجها را طبق برنامه زمانبندی شده کالیبره کنید تا عملکرد درستی داشته باشند، خصوصاً برای پمپهای جابجایی که شیر اطمینان آنها ممکن است بنا به دلایلی در زمان لازم کار نکند و لذا نیاز به نظارت بر فشار الزامی است.

۸- دست و پاهای خود را از قسمتهای دوار دور نگه دارید و اگر پمپ در حال کارکردن است از تماس مستقیم انگشتان با قسمت های دوار خودداری کنید.

۹- محوطه اطراف پمپ را خشک نگه دارید. اگر نشستی وجود دارد مرتباً آنرا خشک کنید تا امکان لغزش و صدمات وجود نداشته باشد و همیشه بخاطر داشته باشید بخار آب ناشی از تبخیر، باعث زنگ زدن و کاهش شدید طول عمر مفید بیرینگها و دیگر قطعات پمپ می گردد.

۱۰- از آنجا که پمپ با الکتروموتور در تماس است، امکان برق گرفتگی در هنگام تماس با پمپ وجود دارد. بایستی توجه کنید که پمپ مجهز به earthing باشد.

۱۱- اگر مشکل جدی برای پمپ بوجود آمد مانند نشستی فوق العاده زیاد، سریعاً پمپ را خاموش کرده و نسبت به رفع مشکل اقدام کنید. حتی الامکان باید سعی کنید با همان شرایط به بهره برداری ادامه ندهید چون ممکن است خرابی شدید پمپ و صدمات شخصی را به همراه داشته باشد.

۱۲- قبل از اتصال کوپلینگ پمپ و موتور، جهت چرخش موتور را تعیین کرده و از آن اطمینان حاصل کنید.

۱۳- هرگز از پمپ در شرایط کاری غیر از شرایط گفته شده در document پمپ مربوطه استفاده نکنید. پمپ در کارخانه سازنده برای شرایط گفته شده در document تست شده است. بهره برداری از پمپ در شرایط بالاتر از شرایط ذکر شده، ممکن است باعث خرابی شدید پمپ و تجهیزات جانبی شود.

۱۴- همیشه برای مقابله با آتش سوزی آماده باشید.

۱۵- از نصب علائم اخطار لازم در هنگام عملیات تعمیرات در مکانهای مناسب اطمینان حاصل کنید.

۱۶- از روشنائی محوطه پمپ، جهت انجام عملیات و کارهای لازم بر روی پمپ اطمینان حاصل کنید.

۱۷- دقت کنید که Tag و name plate پمپ و الکتروموتور آن در محل مناسب قرار داشته، شفاف و مشخص باشد.

۱۸- از سالم بودن روکش کابل‌های برق و وایرینگ و قرار داشتن آنها در conduit جهت جلوگیری از برق گرفتگی، اطمینان حاصل کنید.

۱۹- دقت کنید که شیرهای اطمینان در پمپهای جابجایی مثبت طبق برنامه زمانبندی شده، تست و کالیبره شوند.

با تشکر از توجه شما