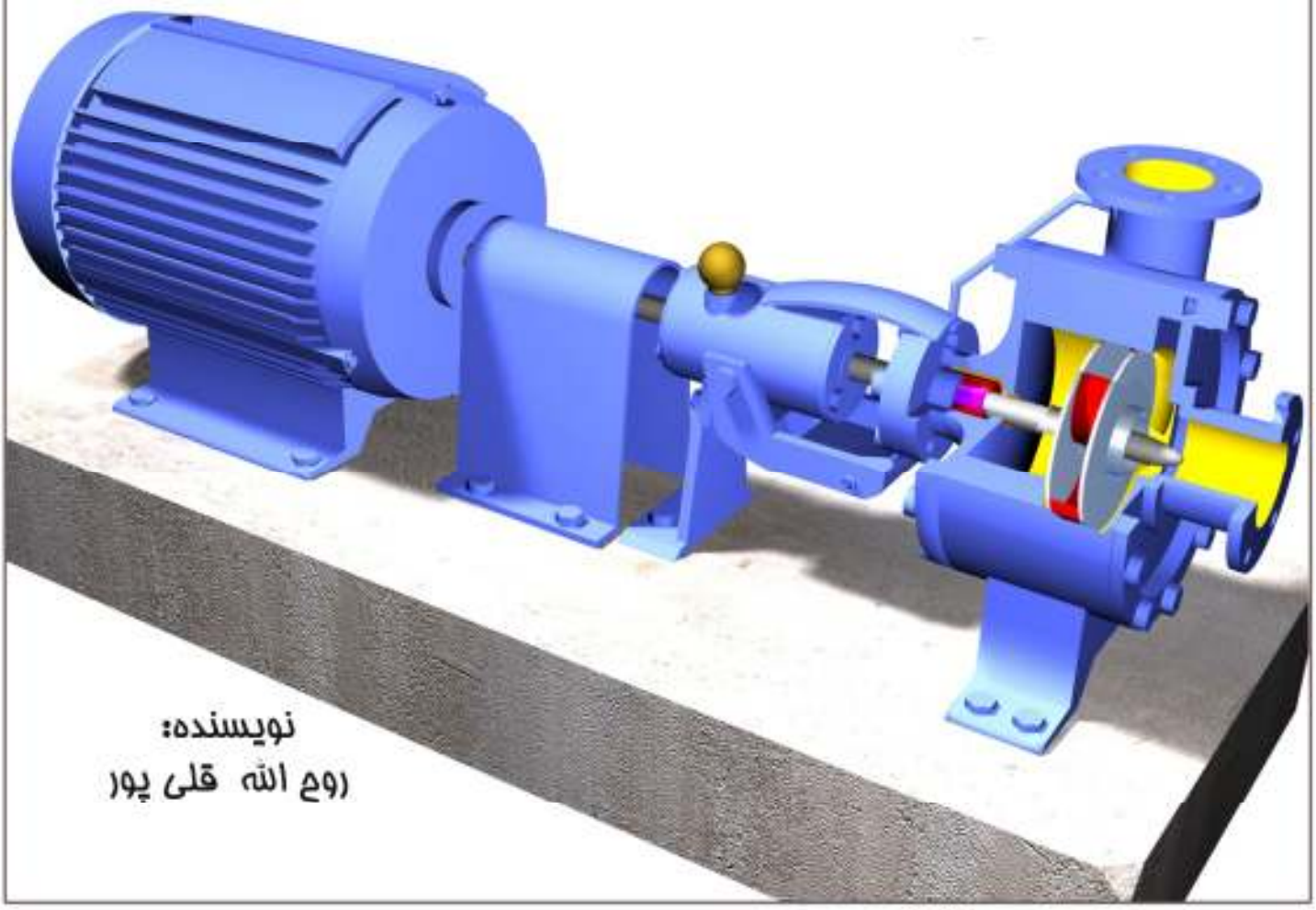
مطالب عمومی پمپ ها



نویسنده:
روح الله قلی پور

مقدمه

کاربرد پمپها در صنعت امروز، نسبت به سایر ماشین های دوار مشابه، یکی از اساسی ترین مواردی است که هم از بعد کیفی و هم از بعد کمی رشد به مراتب بالاتری را به خود اختصاص داده است. به عبارت بهتر حتی در ساده ترین مجموعه های صنعتی نیز حد اقل یک نمونه پمپ به کار رفته است.

مجموعهٔ پمپها را از زوایا و ابعاد مختلف می توان بررسی کرد و تفاوتهای بین آنها را مورد توجه قرار داد. اینجانب تا کنون، در بیش از حدود ۷۰ مرکز صنعتی و آموزشی و در مدت حدود ۲۵ سال، تدریس مطالب مربوط به پمپها را بر عهده داشته ام. این مراکز صنعتی عموماً شامل صنایع سیمان، نفت، شیمی و پتروشیمی، چوب و کاغذ، شیر، خودروسازی، نیروگاهها، آب و فاضلاب، و ..... می شوند.

حاصل نیاز سنجی و تجارب به عمل آمده از این دوره ها به منظور استفادهٔ بهینه در آنها، به صورت سه دورهٔ متفاوت در سه قسمت به شرح زیر تجلی یافته است.

- قسمت اول، مطالب عمومی پمپها
- قسمت دوم، بهره برداری پمپهای گریز ا زمرکز
- قسمت سوم، تعمیرات پمپهای گریز از مرکز

قسمت اول، همانطور که از نام آن نیز پیداست، مطالب عمومی راجع به پمپها را شامل می شود. این مطالب شامل شناسایی، تقسیم بندی، طرز کار، کار برد و مقایسهٔ انواع پمپها است. در این قسمت، آموزنده یا استفاده کننده از کتاب، با انواع و اقسام پمپهای مورد استفاده در صنعت آشنا می شود و چگونگی تقسیم بندی آنها را مورد مطالعه قرار می دهد. این مطلب که هر پمپی چگونه کار میکند و طرز کار آن به چه صورت است و همچنین تفاوتهای انواع پمپها از لحاظ بهره برداری و تعمیرات چگونه است، از مواردی است که در قسمت اول ارائه شده است.

مطالب این قسمت عمومی بوده و قابل استفاده برای کلیهٔ افرادی است که به هر نحو، با پمپها در ارتباط هستند. مطالب مربوط به قسمتهای دوم و سوم نیز چنان چه توفیقی حاصل آید، در آیندهٔ ارائه خواهند شد.

بدون شک مجموعهٔ حاضر خالی از اشکال نیست. انعکاس هر نوع پیشنهاد و انتقادی که در جهت بهبود کمی و کیفی آن باشد، موجب ارتقاء این مجموعه و تشکر اینجانب خواهد بود.

فروردین ماه ۱۳۸٤

روح الله قلی پور

فصل اول : شناسایی و تقسیم بندی پمپها

۱-۱- تعریف پمپ ۳
۱-۲- تقسیم بندی پمپها ۳
۱-۳- اساس کار پمپهای دینامیکی ٤
۱-۳-۱- اساس کار پمپهای گریز از مرکز ٥
۱-۳-۲- پمپهای مخصوص ۱۱
۱-٤- اساس کار پمپهای جابجایی مثبت ۱۳
۱-٤-۱- اساس کار پمپهای رفت و برگشتی ۱۳
۱-٤-۲- اساس کار پمپهای چرخشی یا دورانی ۱٥

فصل دوم : پمپهای دینامیکی ۲٤

۲-۱- پمپهای گریز از مرکز ۲٤
۲-۱-۱- پمپهای توربینی ۲٥
۲-۱-۲- پمپهای جریان شعاعی ۲٦
۲-۱-۳- پمپهای جریان مخلوط ۳۹
۲-۱-٤- پمپهای جریان محوری ٤۷
۲-۲- سرعت مخصوص ٤۸

فصل سوم : پمپهای جابجایی مثبت ٥۸

۳-۱- پمپهای رفت و برگشتی ٥۸
۳-۱-۱- پمپهای انگشتی ٥۸
۳-۱-۲- پمپهای پیستونی ٥۹
۳-۱-۳- پمپهای دیافراگمی ٦۷
۳-۲- پمپهای دورانی و چرخشی ۷۱
۳-۲-۱- پمپهای دنده ای ۷۱
۳-۲-۱-۱- پمپهای دنده ای خارجی ۷۱
۳-۲-۱-۲- پمپهای دنده ای داخلی ۸۱
۳-۲-۲- پمپهای گوشواره ای ۸۳

۳-۲-۳- پمپهای پره ای یا تیغه ای ۸٤
۳-۲-٤- پمپهای پیچی ۸٦
۳-۲-٤-۱- پمپهای پیچی یک محور ۸٦
۳-۲-٤-۲- پمپهای پیچی دو محور ۸۸
۳-۲-٤-۳- پمپهای پیچی سه محور ۸۹

فصل چهارم تفاوت پمپهای گریز از مرکز و جابجایی مثبت ۹٦
٤-۱- از لحاظ مایع پمپ شونده ۹٦
٤-۲- باز یا بسته بودن شیرهای ورودی و خروجی ۹۷
٤-۳- تعویض جهت دور ۹۹
٤-٤- فشار و ارتفاع ۱۰۱
٤-٥- وابستگی فشار و ارتفاع ۱۰۳
٤-٦- یکنواخت بودن یا نبودن دبی ۱۰۳
٤-۷- دقت ساخت ۱۰۳
٤-۸- راندمان ۱۰۳
٤-۹- هواگیری ۱۰٤
٤-۱۰- مقایسه فشار و دبی ۱۰٤

توانائی های مورد انتظار از کسانی که فصل اول را مطالعه می کنند آن است که با کلیات موارد زیر به اندازۀ کافی آشنا شده باشند.

- ✓ روشهای مورد استفاده برای انتقال مواد
- ✓ تفاوت پمپ و کمپرسور
- ✓ هدف از به کار بردن پمپ
- ✓ کاربرد پمپها در عمل
- ✓ آشنا شدن با اساس کار پمپهای گریز از مرکز
- ✓ تفاوت کاربرد پوستۀ حلزونی در پمپها و افشاننده (Diffuser)
- ✓ کاربرد پمپهای دیافراگمی
- ✓ آشنایی با طرز کار پمپهای چرخشی (دورانی)

فصل اول شناسایی و تقسیم بندی پمپها

یکی از اساسی ترین مواردی که در صنعت امروز مطرح است، انتقال ماده از یک نقطه به نقطهٔ دیگر است. چون عموماً مواد را در طبیعت به سه دسته تقسیم بندی می کنند، لذا برای انتقال آنها نیز با توجه به ماهیت آنها، از دستگاههای مخصوصی استفاده می شود. این سه دسته عبارتند از:

مواد
- جامدات(Solids)
- سیالات
  - مایعات(Liquids)
  - گازها(Gases)

برای انتقال جامدات از نقطه ای به نقطهٔ دیگر، بدلیل فرم و شکل ظاهرشان نمی توان آنها را تحت فشار قرار داد. عموماًدر چنین مواردی از وسایل حمل ونقل (برای مسیرهای طولانی) واز تسمه نقاله یا نوار نقاله و مواردی از این قبیل (برای مسیرهای کوتاه) استفاده می شود.

۱-۱ تعریف پمپ

سیالات که در حقیقت شامل مایعات و گازها می شوند، می توان آنها را تحت فشار قرار داد. به عبارت ساده تر می توان انرژی آنها را افزایش داد تا بتوان آنها را از نقطه ای به نقطه دیگر انتقال داد.

دستگاهها و ماشین هایی که برای افزایش انرژی مایعات بکار میروند، پمپ (Pump) و آنهایی که برای افزایش انرژی گازها بکار میروند، هواکش (Fan)، دمنده (Blower) و کمپرسور (Compressor) نام دارند .

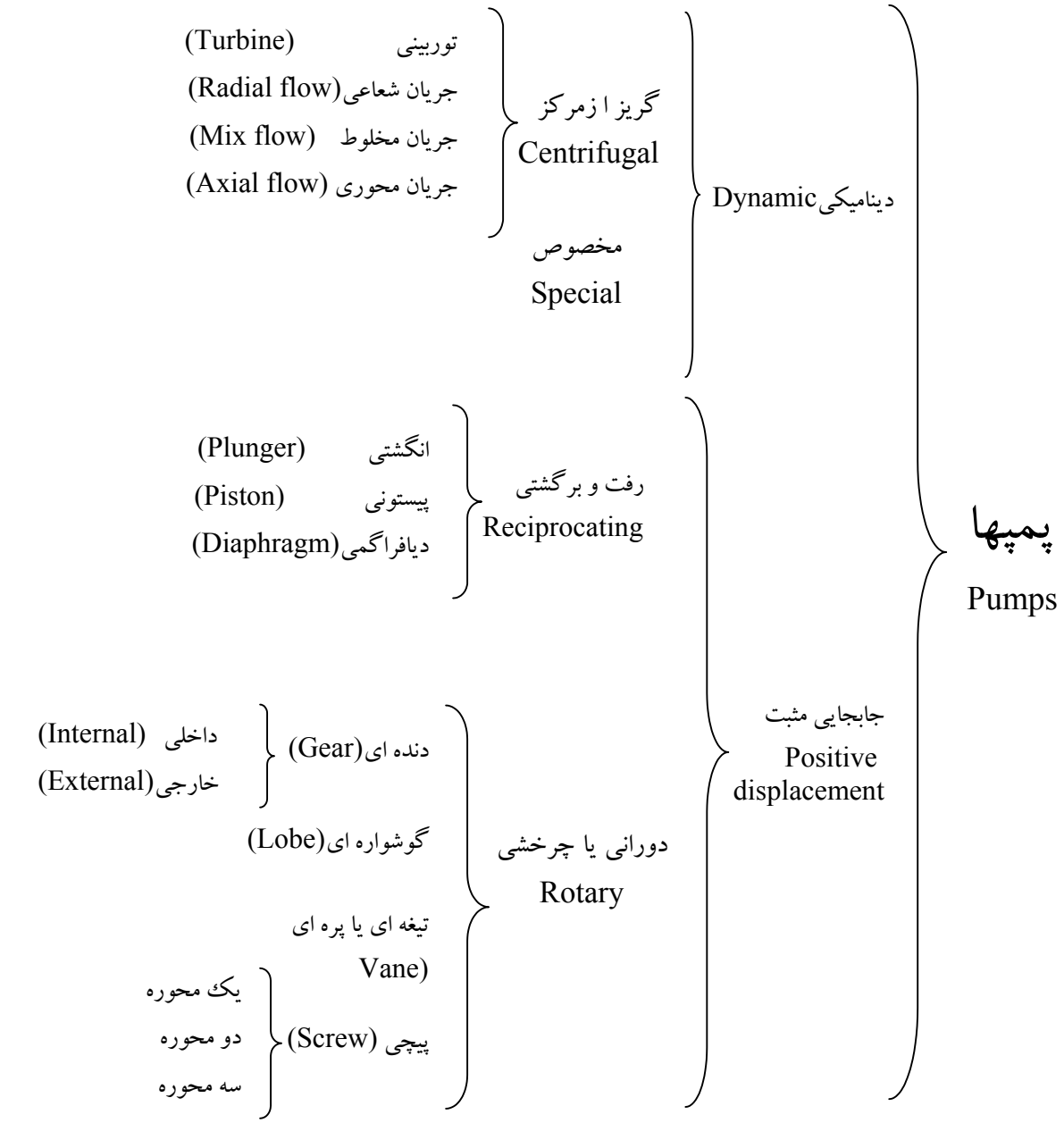
همانطورکه بیان شد، پمپها ماشینهایی هستند که انرژی درونی مایع را افزایش می دهند. این افزایش انرژی عموماً برای انتقال مایع از نقطه ای به نقطه دیگر مورد استفاده قرار میگیرد. در بعضی موارد نیز این افزایش انرژی مایع برای انجام یک کار (از لحاظ عملی) مورد استفاده قرار میگیرد، مانند مسیر عبور روغن هیدرولیک ازپمپ و هیدروموتور. درچنین مواردی مایع بعنوان سیال عامل(Working fluid) مطرح است، زیرا در پمپ هیدرولیک مایع، انرژی خودرا افزایش داده ودر هیدروموتور این انرژی به انرژی مکانیکی تبدیل شده تا بتواند کار انجام دهد .

۱-۲ تقسیم بندی پمپها (دسته بندی پمپها)

تنوع در کاربرد پمپها، موجب شده است تا آنها در ابعاد، طرحها و انواع مختلف تولید شوند. پمپها براساس کاربرد آنها در صنعت، جنس موادی که ساخته میشوند و یا حتی براساس نوع مایعی که پمپ می کنند، تقسیم بندی می شوند . در بیشتر متون مربوط به پمپها، تقسیم بندی براساس طرزکار پمپ انجام شده است. این تقسیم بندی در صفحهٔ بعد آمده است.

همچنان که از جدول تقسیم بندی ملاحظه می شود، در تقسیم بندی ابتدایی و کلی، پمپها خود به دو دستهٔ دینامیکی(Dynamic) و جابجایی مثبت(Positive Displacement) تقسیم بندی می شوند.

پمپهای دینامیکی نیز خود به دوبخش گریز از مرکز (Centrifugal) و مخصوص (Special) تقسیم بندی می شوند و پمپهای جابجایی مثبت به دو گروه رفت و برگشتی (Reciprocating) و چرخشی (Rotary) .



۱- ۳ اساس کار پمپهای دینامیکی

همانطور که از اسم این دسته ازپمپها ملاحظه می شود، اساس کار این پمپها یا به عبارت دیگر از مکش به رانش به وسیلهٔ نیروی گریز از مرکز که در اثر دوران پروانه به ذرات مایع وارد می شود، صورت می پذیرد و موجب سرعت و حرکت مایع می گردد. به عبارت بهتر در ابتدا سرعت مایع افزایش می یابد. این افزایش سرعت در پمپهای گریز از مرکز نهایتاً تبدیل به فشار می شود، همچنین در پمپهای مخصوص افزایش سرعت سیال شمارهٔ یک در نازل (Nozzle) منجر به کاهش فشار و ایجاد مکش برای سیال دوم می شود.

۱-۳-۱ اساس کار پمپهای گریز از مرکز (Centrifugal)

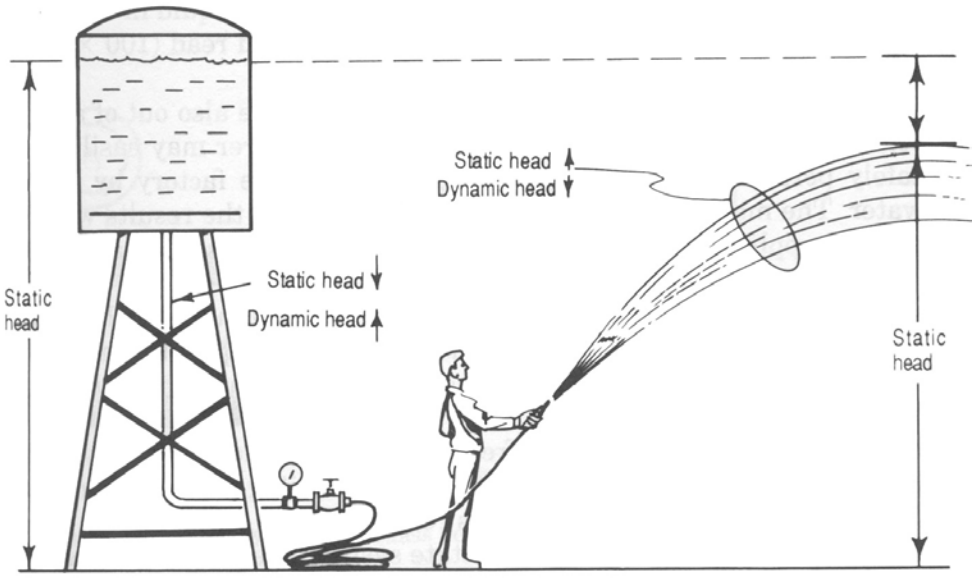
قانون اول ترمودینامیک مبنای تئوری همهٔ پمپهای گریز از مرکز است. دانیل برنولی در سال ۱۷۳۰ اولین تئوری مربوط به انرژی را ارائه کرد. این تئوری بعدها به صورت یکی از قوانین دینامیک سیالات مورد استفاده واقع شد. عنوان تئوری بدین شرح است.

" انرژی داخلی یا مکانیکی یک سیستم به صورت جنبشی، فشاری و پتانسیل مطرح است. این انرژی ها قابل تبدیل به یکدیگر هستند، به طوری که مجموع آنها ثابت است. در یک سیستم ایده آل انرژی نه به خودی خود به وجود می آید و نه ازبین میرود، بلکه ازنوعی به نوع دیگر تبدیل می شود."

مایع وارد شده به یک پمپ گریز از مرکز، مقداری انرژی همراه خود دارد. این انرژی در پمپ به دلیل این که برروی آن کار انجام می شود افزایش می یابد. در حقیقت پمپ انرژی مکانیکی ایجاد شده حاصل از دوران پروانه (یعنی انرژی جنبشی) را به انرژی درونی تبدیل می کند.

در شکل۱-۱ نحوهٔ تبدیل ارتفاع استاتیک موجود در مخزن به ارتفاع استاتیک و دینامیک در لوله قابل مشاهده است.

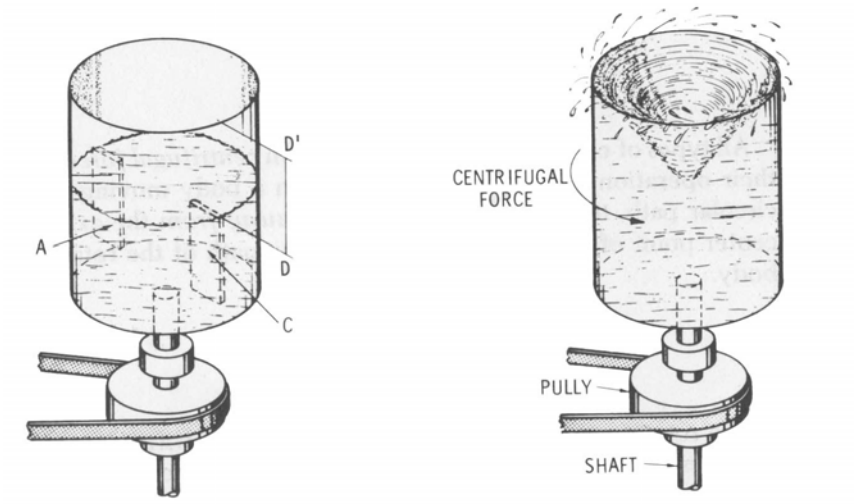
البته آنچه که در شکل ملاحظه می شود نحوهٔ تغییر فشار استاتیک به دینامیک است و در پمپها (خصوصاً پمپهای گریز از مرکز) فشار دینامیک است که به فشار استاتیک تبدیل می شود.



شکل ۱-۱ چگونگی تبدیل ارتفاع استاتیک به دینامیک

اساس کار پمپهای گریز از مرکز همانطور که از نام آنها نیز مشخص است، بر نیروی گریز از مرکز (یا به عبارت بهتر بر عدم نیروی جانب مرکز) استوار است. این نیرو بر ذرات عبوری از پروانهٔ پمپ (که یک مسیر دایره ای شکل را طی می کنند)، وارد شده و باعث پرتاب این ذرات از مرکز محور (Shaft) به بیرون می شود. در حرکت دورانی، پروانه در داخل پوستهٔ یک پمپ گریز از مرکز موجب بیرون راندن ذرات مایع از پروانهٔ پمپ و ارسال آنها به پوستهٔ پمپ می شود. بیرون راندن این ذرات موجب ایجاد خلا در دهانه ورودی پروانهٔ پمپ می شود. وجود فشار آتمسفر (فرض برآن که منبع مکش رو باز باشد، یعنی با هوای آزاد در ارتباط باشد) و خلا ایجاد شده در ورودی پروانهٔ پمپ، اختلاف فشاری را به وجود می آورد که باعث ایجادپیوستگی جریان مایع و تداوم کار پمپ می شود. این فرایند تا زمانی که پروانهٔ پمپ می چرخد، یعنی پمپ روشن است، ادامه خواهد داشت. ذکر این نکته در این جا لازم است که پره های نصب شده در پروانهٔ پمپ نقش اساسی را در عملکرد این گونه پمپها دارند.

در شکل ۱-۲ اساس کار این پمپها نشان داده شده است. همانطورکه در شکل نیز ملاحظه می شود دو تیغهٔ A و C درون یک ظرف استوانه ای شکل نصب شده و داخل آن نیز تا نیمه پر از آب است. ضمناً در قسمت زیر این استوانه یک پولی (Pulley) قرار دارد که توسط یک تسمه می چرخد.

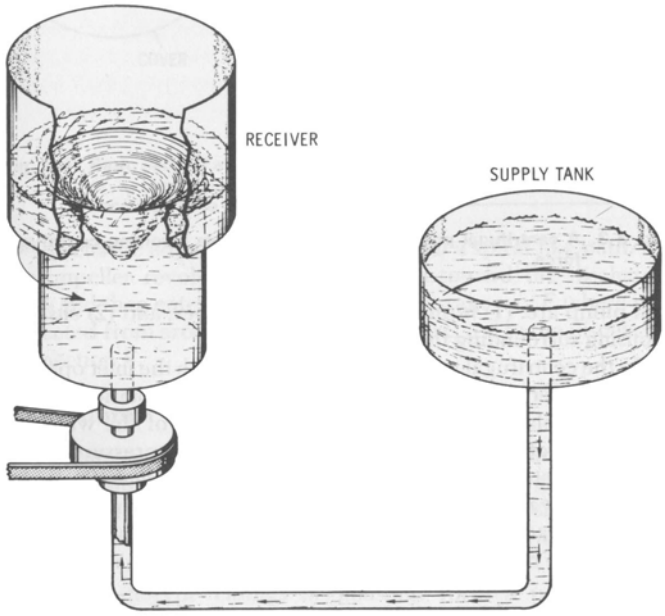


شکل ۱-۲ چگونگی ایجاد ارتفاع در یک پمپ گریز از مرکز

حال چنانچه این استوانه به چرخش در آید، نیروی گریز از مرکز موجب فشار دادن مایع به سمت بیرون خواهد شد. وجود دیوارهٔ استوانه از خارج شدن مایع جلوگیری کرده و لذا سطح مایع در اطراف

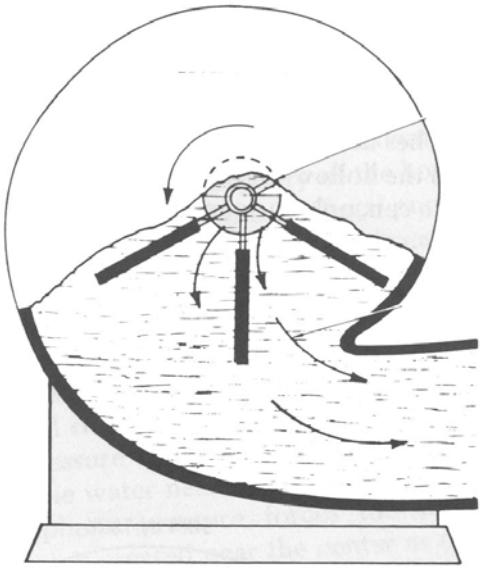
استوانه بالا رفته و در وسط آن پایین می آید. این اختلاف سطح مرکز و دیوارهٔ استوانه در شکل در فاصلهٔ DD’ نشان داده شده است.

چنانچه سیستم شکل ۱–۲ به شکل ۱–۳ ارتقاء یابد، یعنی منبع ورودی و منبع خروجی نیز به آن اضافه شوند، در این صورت شباهت بیشتری به یک پمپ گریز از مرکز خواهد داشت. همچنان که ملاحظه می شود با چرخاندن استوانه آبهای پرتاب شده به منبع خروجی تخلیه می شوند و تداوم پیوستگی مایع، موجب برداشت آب از منبع ورودی خواهد شد. نکتهٔ جالب این جاست که اگر به جای چرخاندن استوانه فقط پره های A و C بچرخند، همان نتیجه به دست می آید.



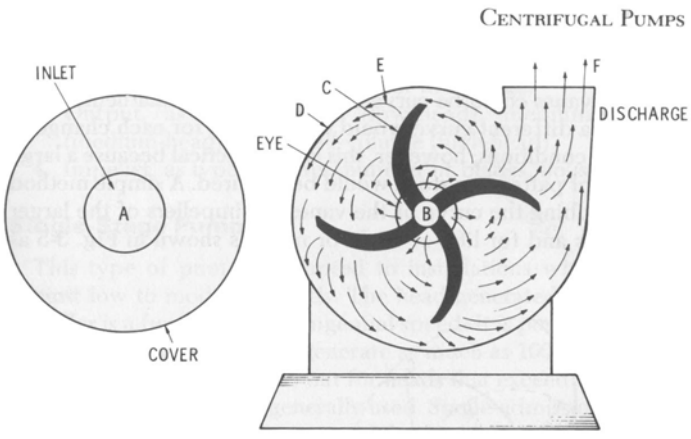
شکل ۱–۳ تداوم عملکرد یک پمپ گریز از مرکز

در پمپهای گریز از مرکز ابتدایی، شکل پره ها به صورت مستقیم ساخته می شدند، شکل ۱–٤. اساسی ترین اجزاء یک پمپ گریز از مرکز عبارتند از : پروانه یا قسمت گردان ، پوسته یا محفظهٔ احاطه کنندهٔ پروانه و محور.



شکل ۱-٤ نحوهٔعملکرد یک پمپ گریز از مرکز

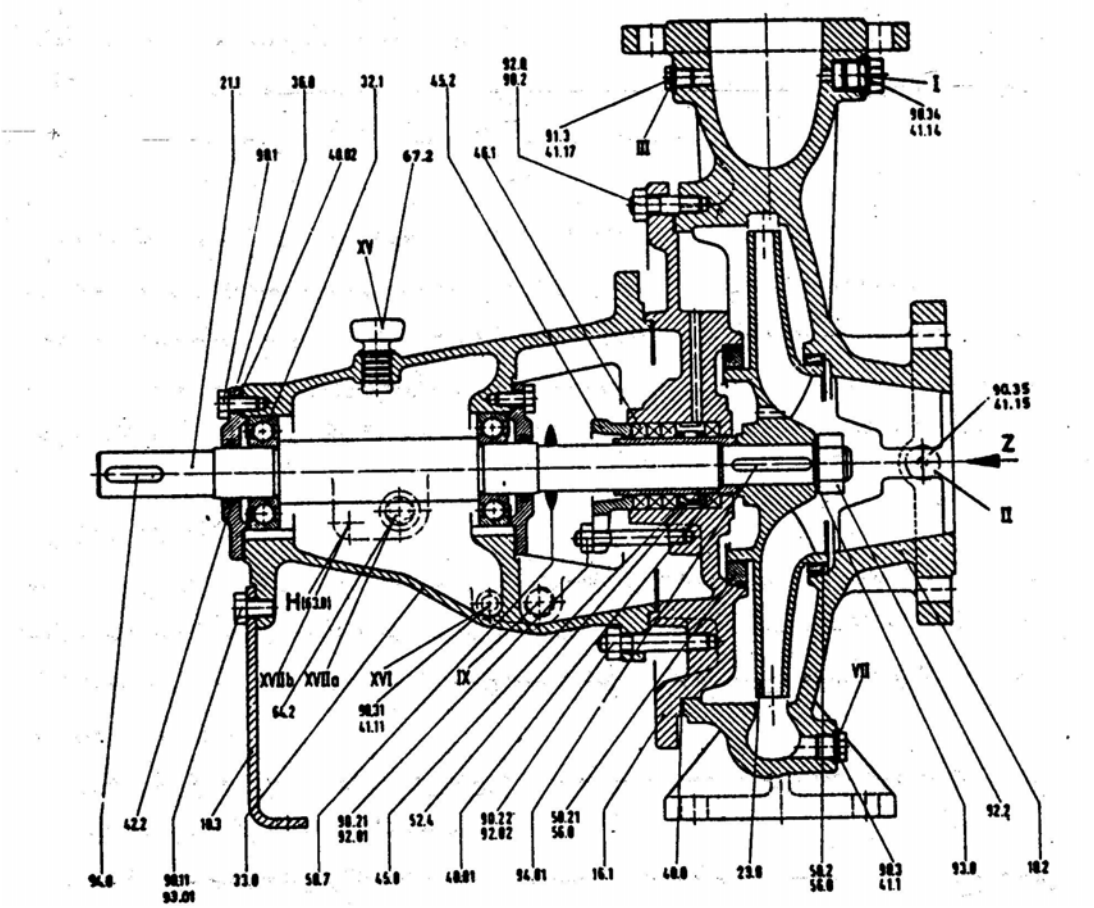
انجام مطالعات و پیشرفت در کار پمپهای گریز از مرکز موجب شد تا شکل پره ها از حالت مستقیم به حالت خمیده تغییر یابد. این پمپها برای اولین بار توسط Appold در سال ۱۸٤۹در انگلستان مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه ای از این پمپها در شکل۱-۵ نشان داده شده است. درچنین حالتی مایع توسط لولهٔورودی به چشم پروانه (B) هدایت شده و پره های خمیدهٔ (C) موجب بیرون راندن مایع به سمت خروجی (D) می شوند. در قسمت (D) که در پوسته واقع شده و یک مسیر حلزونی شکل است، مایع جریان یافته و رفته رفته به سمت خروجی پوستهٔ پمپ (F) هدایت می شود



شکل ۱-۵ یک پمپ گریز از مرکز با پره های خمیده

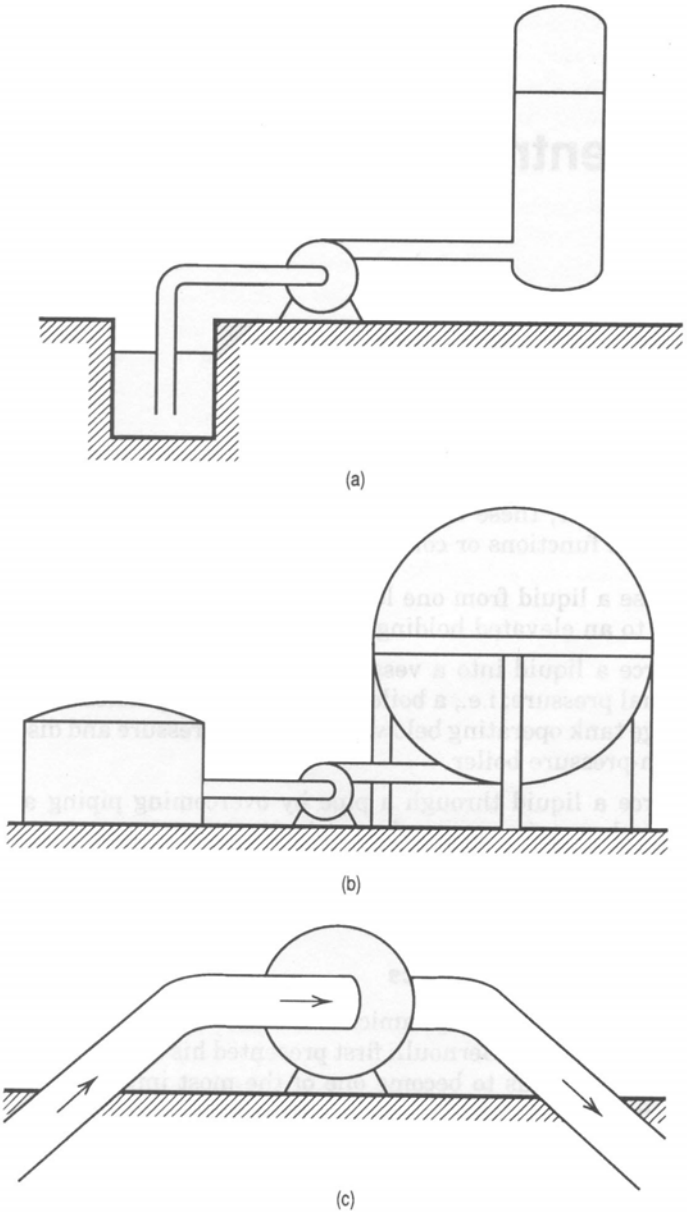
به منظور تبدیل سرعت مایع خروجی از پروانه به فشار، شکل پوسته به صورت حلزونی ساخته می شود. از طرف دیگر مایع خروجی ازیک کانال پروانه وقتی وارد پوستهٔ حلزونی می شود، با مایع خروجی از کانال قبلی، در پوستهٔ حلزونی جمع آوری می شود. بنا بر این در مسیر پوستهٔ حلزونی افزایش دبی مطرح است و به همین دلیل شکل پوسته به صورت حلزونی ساخته شده است. علاوه بر این از حالت حلزونی بودن پوسته در پمپهای گریز از مرکز یک طبقه، می توان جهت حرکت محور پمپ را تشخیص داد. بدین مفهوم که محور پمپ پس از روشن شدن باید در جهت حلزون پوستهٔ حلزونی بچرخد. با اندکی دقت در شکل ۱-٦ می توان به حلزونی بودن پوسته پی برد.

لازم به تذکر است چون در پمپهای چند طبقه نمی توان از پوستهٔ حلزونی استفاده کرد، وظیفهٔ پوستهٔ حلزونی را افشاننده (Diffuser) انجام می دهد.



شکل ۱-٦ مقطع برش خوردهٔ یک پمپ گریز از مرکز جریان شعاعی یک طبقه

چند نمونه از کاربرد پمپهای گریز از مرکز در شکل۱-۷ نشان داده شده اند.

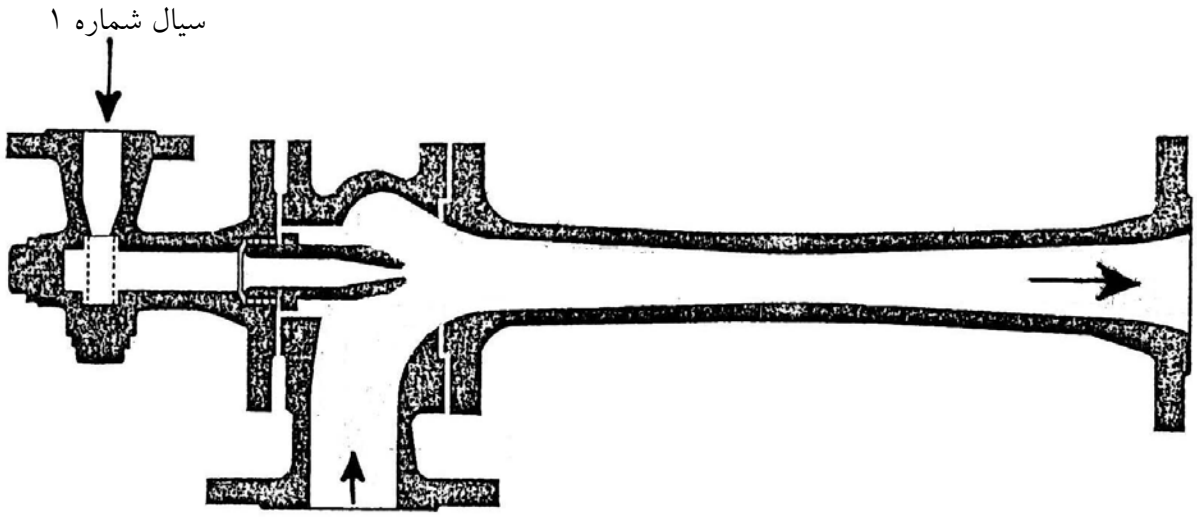


شکل ۱-۷ چند نمونه از کاربرد پمپهای گریز از مرکز

در شکل (a) به منظور انتقال مایع از یک مخزن پایین تر به مخزن دیگری در ارتفاع بالاتر
در شکل (b) به منظور تزریق مایع به منبعی تحت فشار (به عنوان مثال پمپهای تغذیه دیگ بخار)
در شکل (c) برای به جریان انداختن مایع و غلبه بر اصطکاک و افت فشار در لوله ها

۱-۳-۲ پمپهای مخصوص (Special)

گروه دوم پمپهای دینامیکی را پمپهای مخصوص تشکیل می دهند. اصطلاحاً به این گروه از پمپها اژکتور(Ejector) نیز گفته شده است. در چنین پمپهایی سیال شمارهٔ ۱ وارد پمپ شده و سیال دوم را همراه با خود می برد. در شکل ۱-۸ نمونه ای ازاین پمپها نشان داده شده است.

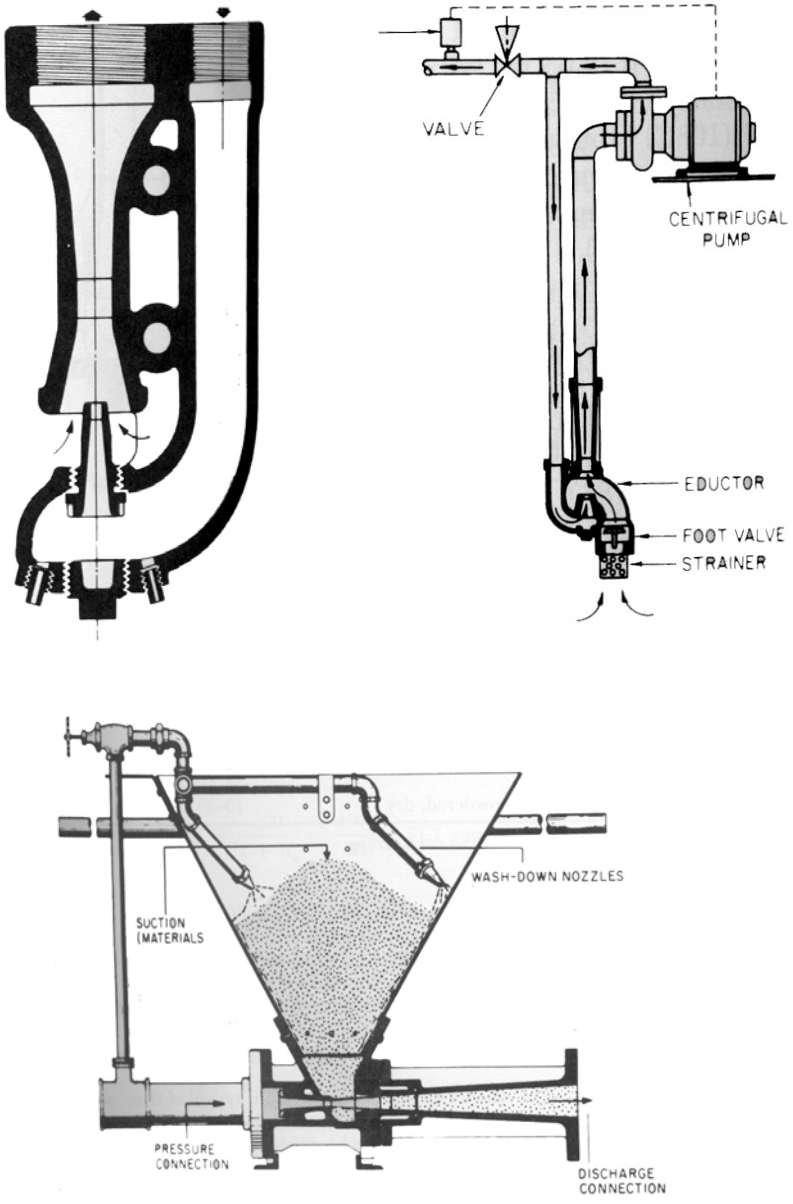


شکل ۱-۸ پمپ مخصوص (Ejector)

این نوع دستگاهها ممکن است به صورت پمپ (با توجه به تعریف پمپ)، کاربرد آنچنانی نداشته باشند، اما برای حمل مواد (اعم از جامد، مایع یا گاز) و همچنین برای مخلوط کردن آنها کاربرد نسبتاً زیادی دارند. در زیر مثالهایی از کاربرد این نوع دستگاهها آورده شده است. همچنین در شکل ۱-۹ نیز چند نمونه از این سیستمها نشان داده شده است.

- به عنوان اژکتور برای ایجاد خلأ اولیه در کندانسور نیروگاههای بخاری
- در دستگاههای تمیز کننده با شن وماسه (Sand blast)
- برای تخلیهٔگندم از کشتی ها
- برای تخلیهٔ سیمان از بونکرهای سیمان

- در بعضی مشعلها برای مخلوط کردن سوخت و هوا (خصوصاً مشعلهای گاز سوز)
- در سیستمهای کلر زنی در تصفیه خانه های آب
- برای مخلوط کردن آب و کف (Foam) در سیستمهای اطفاء حریق (آتش نشانی ها)
- در سیستمهای امشی قدیم (برای مخلوط کردن مایع امشی با آب)
- در قسمت ونتوری کاربراتور موتور های بنزینی برای مخلوط کردن هوا و بنزین
- در پیستوله های نقاشی برای مخلوط کردن رنگ و هوا



شکل ۱-۹ چند نمونه از کاربرد پمپهای مخصوص (Ejector)

۱-٤ اساس کار پمپهای جابجایی مثبت (Positive Displacement)

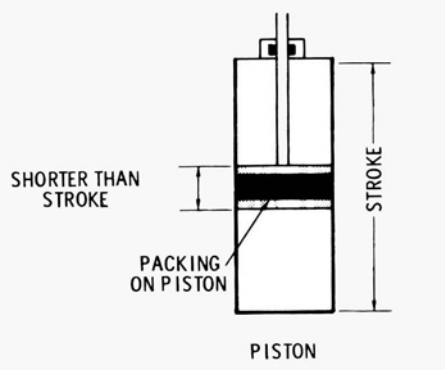
اساس کار در پمپهای جابجایی مثبت، همانطور که از اسم آنها برمی آید، برجابجا کردن مایع استوار است. به عبارت بهتر در این گونه پمپها در اثر جابجا شدن قطعه متحرک، حجم معینی از مایع، مابین قطعهٔ متحرک و پوسته محبوس شده و سپس در اثر کاهش فضایی که مایع در آن حبس شده است، فشار آن افزایش می یابد .

این پمپها خود به دو دستهٔ رفت و برگشتی و چرخشی تقسیم بندی شده اند. در پمپهای رفت و برگشتی همانطور که از اسم آنها پیداست، حرکت رفت و برگشت یک قطعه در داخل پوستهٔ پمپ موجب افزایش فشار مایع می شود. نام پمپ رفت و برگشتی مربوطه نیز از نام همین قطعه استنباط شده است. در پمپهای چرخشی، با وجود آن که در اثر چرخش یا دوران یک یا چند قطعه، مایع تحت فشار قرار می گیرد، ولی اصول کار آنها با پمپهای رفت و برگشتی کاملاً شبیه هم است.

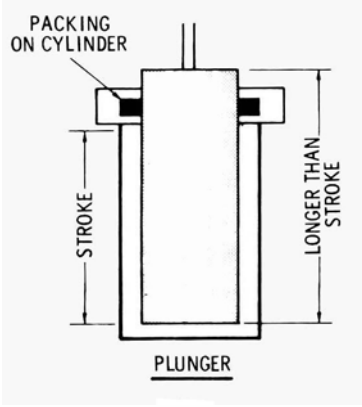
۱-٤-۱ اساس کار پمپهای رفت و برگشتی (Reciprocating)

چنانچه قطعهٔ رفت و برگشت کننده به صورت استوانه ای با قطر زیاد و ارتفاع کم باشد به آن پمپ پیستونی(Piston Pump) اطلاق می شود. نمونه ای از این پمپها در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده است. از شکل، ابعاد، قطر و ارتفاع قطعهٔ متحرک کاملاًمشخص است.

اگر قطعهٔ رفت و برگشت کننده به صورت استوانه ای با قطر کم وارتفاع زیاد باشد، به آن پمپ انگشتی (Plunger Pump) گفته می شود. نمونه ای از این پمپها در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است. متناسب با نوع کاربرد این پمپها و میزان فشاری که ایجاد می کنند، چگونگی آب بندی قطعهٔ متحرک با سیلندر متفاوت خواهد بود.

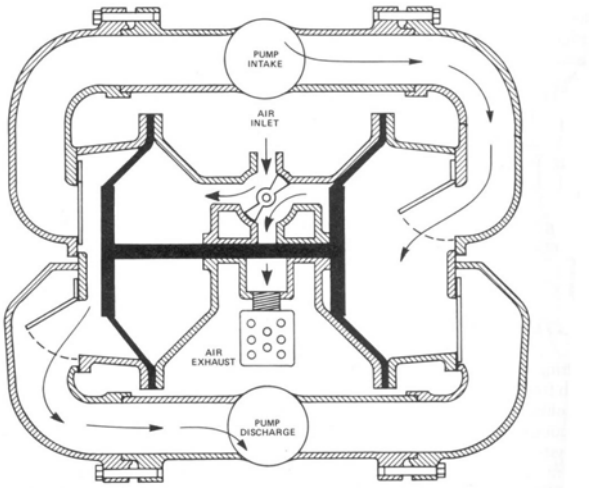


شکل ۱-۱۰ پمپ پیستونی



شکل ۱-۱۱ پمپ انگشتی

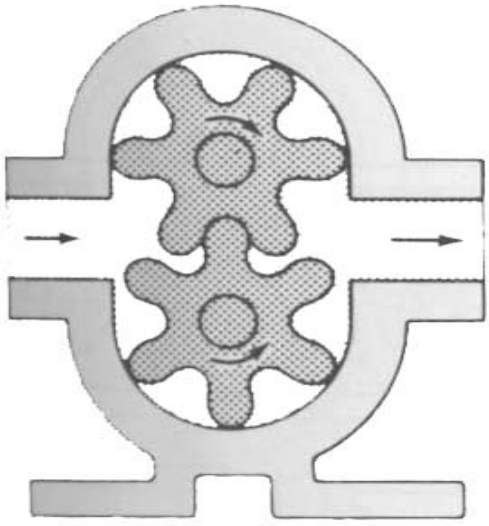
سر انجام اگر قطعهٔ رفت و برگشت کنندهٔ انعطاف پذیر باشد، (مثل لاستیک و .....) در این صورت پمپ مربوطه پمپ دیافراگمی نامیده می شود. اساس کار پمپهای دیافراگمی نیز بسیار شبیه به پمپهای پیستونی است، با این تفاوت که قطعهٔ متحرک در این پمپها به جای پیستون از دیافراگم تشکیل شده است. نمونه ای از این پمپها در شکل ۱-۱۲ قابل مشاهده است. البته این پمپها حالت کاملاً خاص دارند و به همین دلیل هم در موارد خاص استفاده می شوند. به عنوان مثال در چنین پمپهایی برای به حرکت درآوردن دیافراگمها، معمولاً از فشار هوا استفاده می شود. همانطور که در شکل نیز قابل مشاهده است، مسیر ورود هوا می تواند به پشت یکی از دیافراگمها هدایت شده و و هردو دیافراگم را حرکت دهد. در این صورت یکی از دیافراگمها در حالت مکش قرار گرفته و دیگری در حالت رانش. به عبارت بهتر پمپ نشان داده شده در شکل ۱-۱۲ یک پمپ دیافراگمی دو طرفه است.



شکل ۱-۱۲ پمپ دیافراگمی (دو طرفه)

۱-٤-۲ اساس کار پمپهای چرخشی یا دورانی (Rotary)

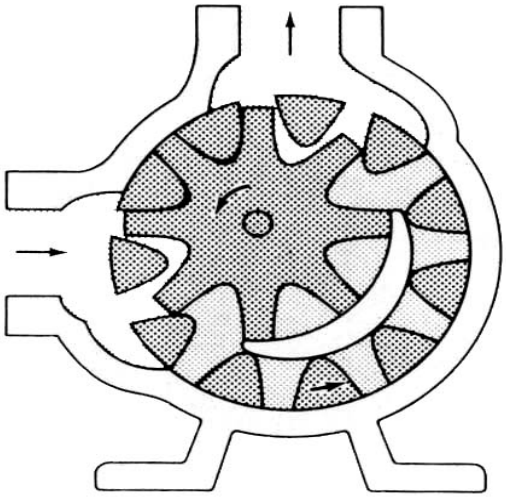
ابتدا پمپهای دنده ای مورد بحث واقع شده اند. این نوع پمپها نیز خود به دو دستهٔ دنده ای داخلی و دنده ای خارجی تقسیم بندی می شوند. در شکل ۱-۱۳ نمونه ای از یک پمپ دنده ای خارجی نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۳ پمپ دنده ای خارجی

این پمپها همانطورکه ازنامشان پیداست از۲ چرخ دنده (خارج از هم یا داخل هم) تشکیل شده اند. در پمپ دنده ای خارجی اندازهٔ ۲ چرخ دنده دقیقاً اندازهٔ هم بوده و هر دو داخل یک پوسته قرار گرفته اند. طرز کار آنها از روی شکل کاملاً پیداست.

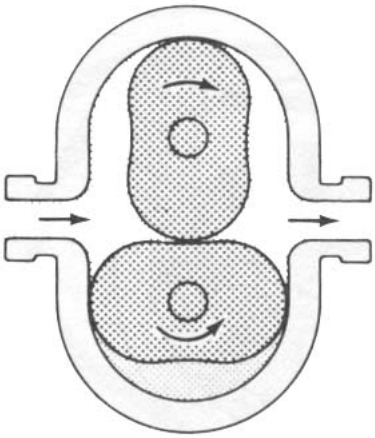
اگر ۲ چرخ دنده داخل هم باشند، در این صورت یکی از آنها بزرگتر و دیگری کوچکتر بوده که در داخل چرخدندهٔ بزرگتر قرار دارد. نظر به این که گام چرخ دنده ها هنگام درگیر شدن، باید با هم مساوی باشند، چرخ دندهٔ بزرگتر دارای تعداد دندهٔ بیشتری بوده و در بیرون چرخ دندهٔ کوچکتر قرار می گیرد. به منظور آب بندی بهتر این پمپها قطعه ای به صورت هلال ماه، فضای خالی پایین و بین دو چرخ دنده را پر می کند. طرز کار این پمپهااز روی شکل۱-۱٤ مشخص است.



شکل ۱-۱٤ پمپ دنده ای داخلی

پمپهای گوشواره ای(Lobe Pump)

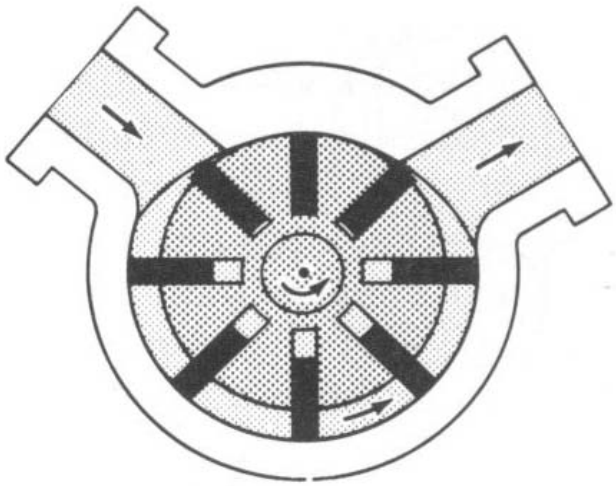
اساس کار این پمپها با پمپهای دنده ای خارجی یکی است، با این تفاوت که تعداد دنده های آنها از تعداد دنده های پمپ دنده ای خارجی کمتر است (در این جا ۲ دنده). چنین پمپی در شکل ۱-۱۵ قابل مشاهده است. البته معمولاً از چنین پمپهایی (با توجه به تعریفی که برای پمپ به عمل‌آمد)، برای انتقال مایع استفاده نمی شود، بلکه این نمونه پمپها بیشتر برای تحت فشار قرار دادن گازهایی مثل هوا مورد استفاده قرار می گیرند که بهتر است آنها را دمنده (Blower) نامید. در بعضی از کتب و متون مربوطه، چنین دستگاههایی (Rotary Piston Pump) نیز نامیده شده اند.



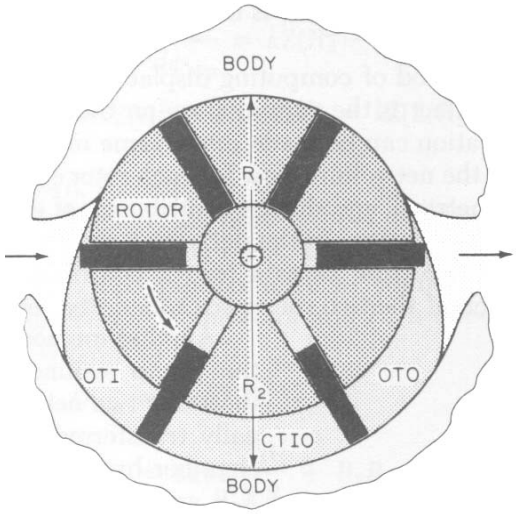
شکل ۱-۱۵ پمپ گوشواره ای

پمپهای تیغه ای یا پره ای(Vane Pump)

نمونه ای از این پمپها درشکل۱-۱٦ و شکل۱-۱۷ نشان داده شده است. در این جا قطعهٔ استوانه ای شکل که دارای چندین شیار است، حرکت دورانی داشته و تیغه ها درون شیارها هم حرکت دورانی و هم حرکت شعاعی دارند. با این حرکت تیغه ها می توانند مایع را از قسمت ورودی تحویل گرفته ودر قسمت خروجی پمپ تحویل دهند.



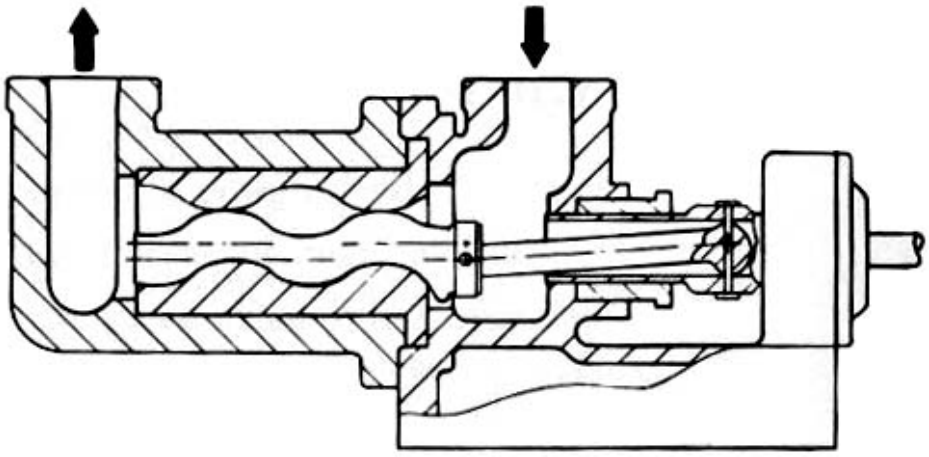
شکل ۱-۱٦ پمپ پره ای یا تیغه ای



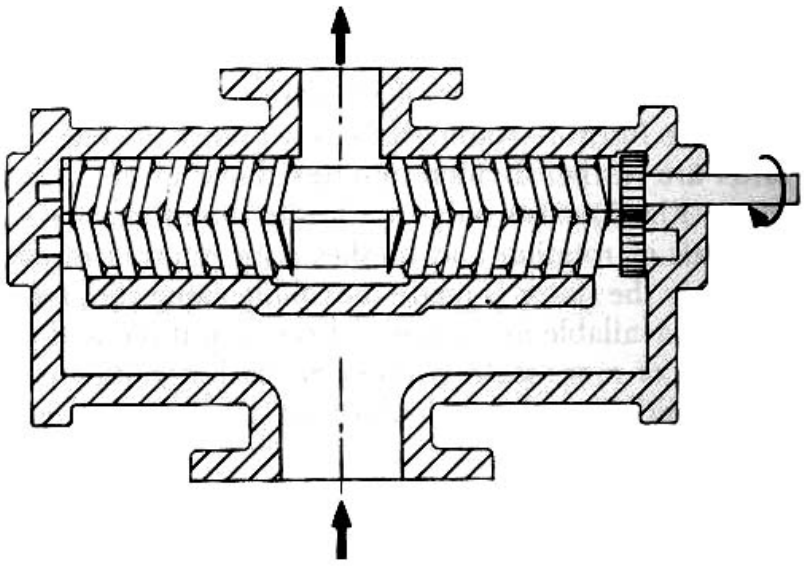
شکل ۱-۱۷ نمونه دیگری از پمپ پره ای یا تیغه ای

پمپهای پیچی یا حلزونی(Screw Pump)

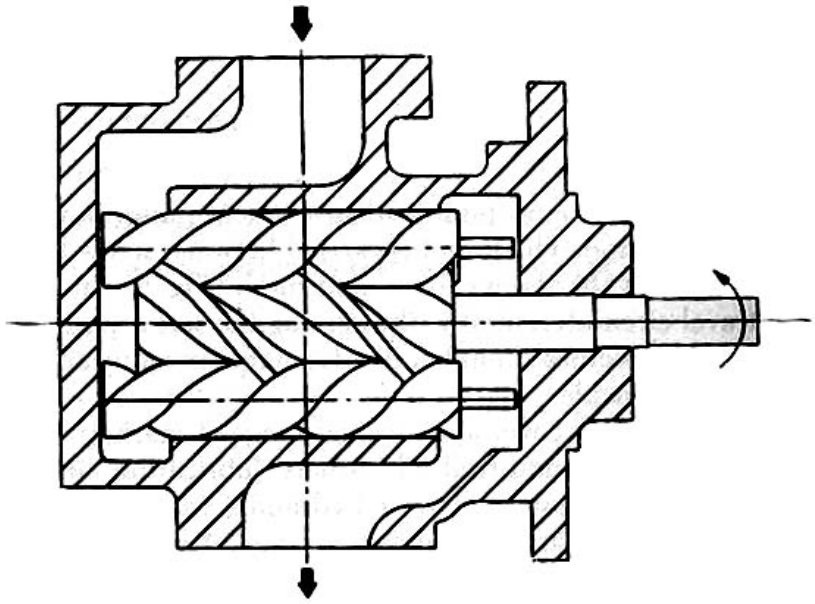
طـرز کـار این پمپها بسیار شبیه چرخ گوشت است. نوع یک محوره، دو محوره و همچنین سه محورهٔ آن در شکلهای ۱–۱۸ تا ۱–۲۰ نشان داده شده اند.



شکل ۱–۱۸ پمپ پیچی یک محوره



شکل ۱– ۱۹ پمپ پیچی دو محوره



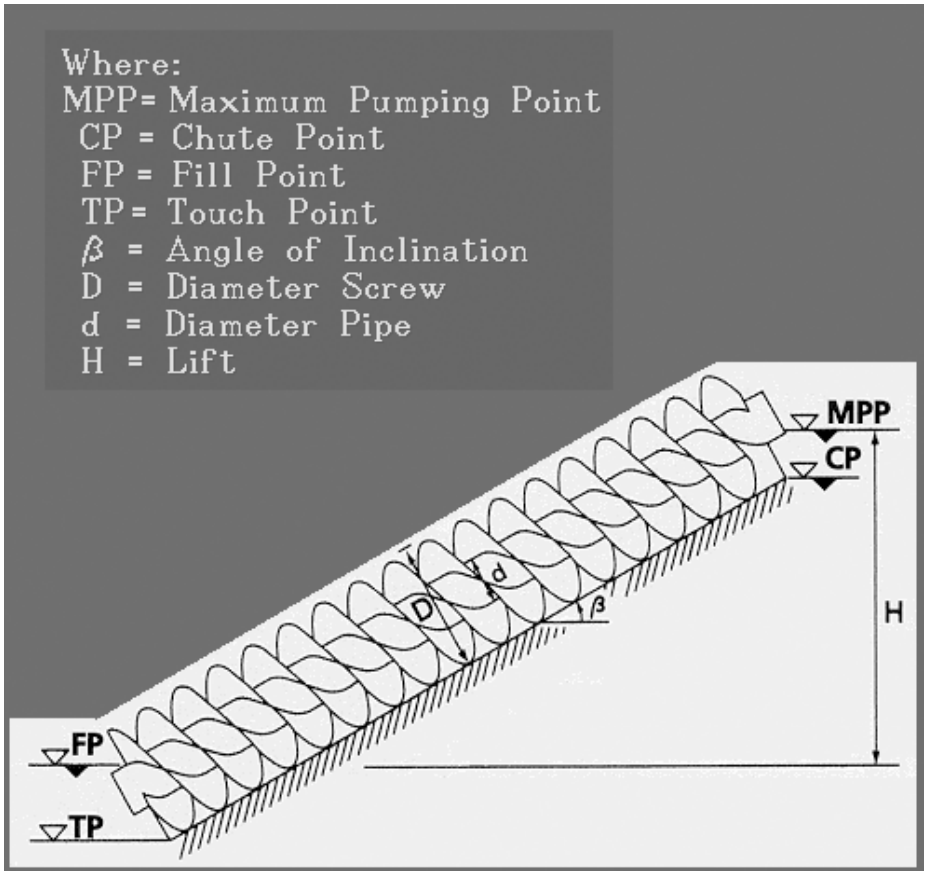
شکل ۱-۲۰ پمپ پیچی سه محوره

از این پمپها عموماً برای پمپ کردن مازوت (نفت سیاه) در نیروگاههای بخاری استفاده می شود. فشار خروجی این پمپها در چنین مواردی معمولاً حدود ٤٠bar و درجهٔ حرارت مازوت حدود ۹۰ درجهٔ سانتی گراد است.

نمونهٔ دیگری از این پمپها درشکل ۱-۲۱ ارائه شده است.به این پمپها نیز پمپ پیچی گفته می شود. ناگفته نماند که تفاوت این پمپها با پمپهای پیچی که در قسمت قبل بیان شد، بسیار زیاد است. چرا که پمپهای قبلی با دقت بسیار بالایی ساخته می شوند، لقی بین قطعات ثابت و متحرک در آنها بسیار کم است و فشار ایجاد شده در آنها نسبتاً زیاد، در حالی که در پمپ پیچی برای پمپ کردن فاضلاب موارد مذکور کاملاً بر عکس است.

یکی از موارد کاربرد این پمپها، پمپ کردن فاضلاب در ابتدای تصفیه خانه های فاضلاب است. این پمپها به صورت مایل نصب شده و ارتفاع ایجاد شده در آنها کمتر از ۱۰متر است. ضمناً به دلیل کامل نبودن پوسته، مقداری از فاضلاب پمپ شده به سمت پایین برگشت می شود. با این عمل مقداری هوادهی به فاضلاب انجام می شود و در نتیجه در حوض هوادهی احتیاج کمتری به اکسیژن خواهد بود.

در شکل ۱-۲۲ نیز مارپیچ ارشمیدس، که بسیار شبیه به پمپهای پیچی است نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۱ پمپ پیچی برای پمپ کردن فاضلاب

شکل ۱-۲۲ مارپیچ ارشمیدس

وجود تفاوت بسیار اساسی درطرز کار این دو دسته پمپ، موجب شده است تا رفتار متفاوتی باهم داشته باشند. بعنوان مثال در پمپهای دسته اول چنانچه در ضمن بهره برداری (روشن بودن پمپ)، شیر خروجی بسته شود، مشکلی بوجود نمی آید، در حالی که در پمپهای دسته دوم در ضمن روشن بودن پمپ، بستن شیر خروجی به هیچ وجه مجاز نمی باشد. در ادامه ابتدا اشاره مختصری به پمپهای دسته اول، یعنی پمپهای دینامیکی خواهد شد (فصل دوم) و سپس پمپهای دسته دوم، یعنی جابجایی مثبت مورد بحث واقع می شوند (فصل سوم). سرانجام در فصل چهارم تفاوتهای این دو دسته پمپ مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

سؤالات فصل اول

۱- مواد درطبیعت به چند دسته تقسیم بندی می شوند؟

۲- پمپ را تعریف کنید.

۳- تفاوت پمپ و کمپرسور را بیان نمائید.

٤- جدول تقسیم بندی پمپها را به طور کامل بنویسید.

٥- اساس کار پمپها ی گریز از مرکز را بیان کنید.

٦- تبدیل سرعت خروجی مایع به فشار در پمپهای گریز از مرگز چگونه است؟ این تبدیل در کدام قطعه از پمپ انجام می شود؟

۷- چند مورد از کاربردهای پمپهای گریز از مرکز و مخصوص را بنویسید.

۸- اساس کار پمپهای جابجائی مثبت چیست؟

۹- پمپهای پیستونی و انگشتی چه تفاوتهائی با هم دارند؟

۱۰- منظور از Rotary Piston Pump چیست؟

۱۱- از پمپهای پیچی در چه مواردی استفاده می شود؟

توانائی های مورد انتظار از کسانی که فصل دوم را مطالعه می نمایند این است که با کلیات موارد زیر به اندازۀ کافی آشنا شده باشند.

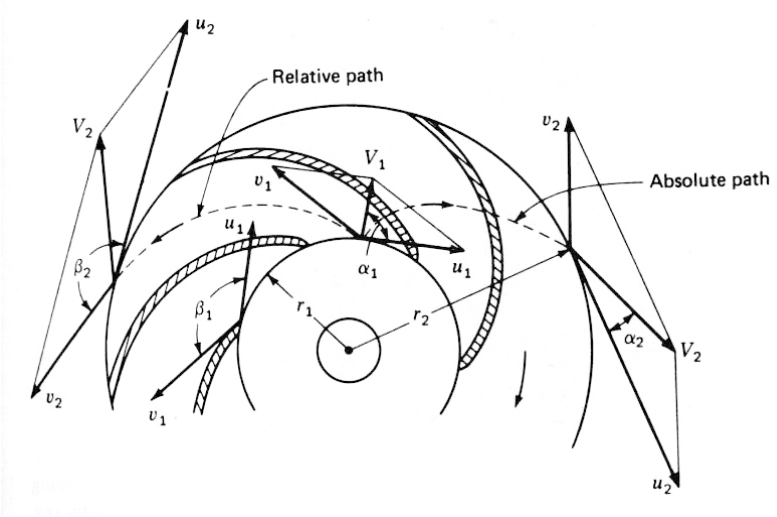
- ✓ تفاوت قائل شدن بین مسیر مطلق و نسبی یک ذره مایع در پروانۀ یک پمپ گریز از مرکز جریان شعاعی
- ✓ کاربرد پمپهای توربینی وعلت ساخت آنها در اندازۀ کوچک
- ✓ متفاوت بودن جریان مایع در پروانۀ پمپ و پوستۀ آن
- ✓ استفاده از پروانه های بسته، باز و نیم باز در پمپهای جریان مخلوط و جریان شعاعی
- ✓ استفاده از پروانه های باز در پمپهای جریان شعاعی
- ✓ استفاده از پروانه های باز در مواردی که همراه با مایع ذرات ناخالص فیزیکی وجود دارند.
- ✓ کاهش زاویۀ خروج مایع از پروانۀ پمپ آن را به سمت جریان محوری سوق می دهد، که به دنبال آن افزایش دبی و کاهش ارتفاع را خواهد داشت.
- ✓ حدس مقدار تقریبی دبی در یک لوله با داشتن قطر لوله
- ✓ چگونگی تغییرات توان بر حسب دبی در انواع پمپهای گریز از مرکز
- ✓ درک ارتباط بین منحنی مشخصۀ کارخانۀ سازنده، سیستم لوله کشی و نقطۀ کار پمپ

فصل دوم پمپهای دینامیکی

این پمپها با توجه به طرز کار آنها که در فصل اول به آن اشاره شد، پمپهای دینامیکی نام گرفته اند. برمبنای جدول تقسیم بندی ملاحظه می شودکه خود این پمپها نیز به دو گروه گریز از مرکز و مخصوص تقسیم می شوند .نظر به این که کاربرد پمپهای گریز از مرکز نسبت به پمپهای مخصوص بسیار زیاد تر است در این فصل به پمپهای گریز از مرکز اشاره شده و برای پمپهای مخصوص در فصل اول توضیح داده شده است.

۲ -۱ پمپهای گریز از مرکز (Centrifugal)

حرکت محور(Shaft) در این پمپها یک حرکت دورانی بوده ویک ذره مایع در عبور از پروانهٔ این پمپها، بدلیل این حرکت دورانی ، با سرعت نسبتاً زیادی از پروانه پمپ خارج می شود. پس از خروج از پروانه، این سرعت تبدیل به فشار می شود. در شکل ۲-۱ چگونگی مثلث سرعتها و حرکت (مطلق و نسبی) یک ذرهٔ مایع در پروانهٔ یک پک پمپ گریز از مرکز جریان شعاعی نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ چگونگی مثلث سرعتها و مسیرحرکت (مطلق و نسبی) یک ذرهٔ سیال

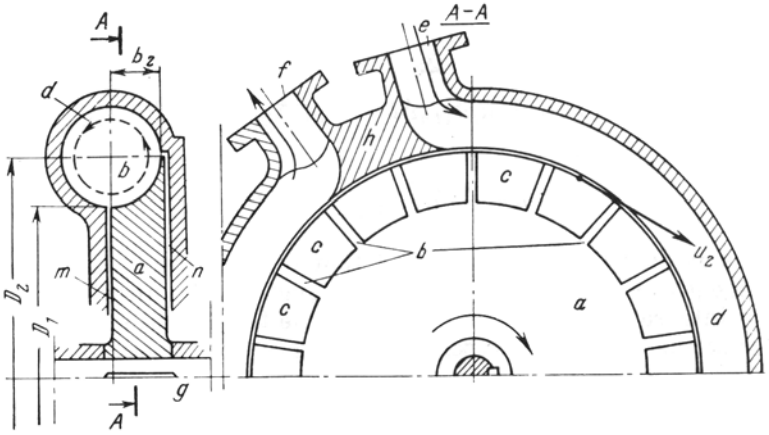
جزئیات تقسیم بندی پمپهای گریز از مرکز، طرز کار و سرانجام کاربرد آنها به شرح زیر است .

۲-۱-۱ پمپهای توربینی

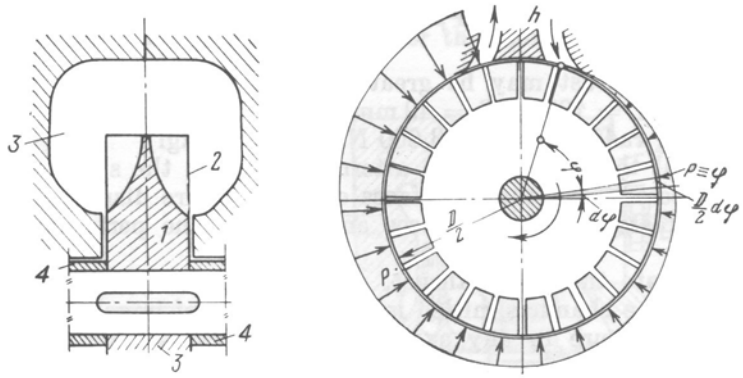
در این پمپها برخلاف انواع دیگر پمپهای گریز از مرکز، انتقال انرژی پتانسیل از پروانه به مایع در چند مرحله صورت می گیرد. مایع وارد شده به درون پمپ، پس از اینکه توسط پروانه به درون تیغه ها کشیده شد، مکرراً بین تیغه ها و پوسته در رفت و برگشت بوده ودر هربار انرژی جنبشی (سرعت) و انرژی پتانسیل (فشار) آن افزایش می یابد.

وجود این جریان داخلی و تعدد دفعات جذب انرژی از پروانه، موجب میشود تا این پمپ بتواند مایع را تا ارتفاع بیشتری جابجا کند. بعبارت بهتر ارتفاع ایجاد شده توسط این پمپها بین ۵ تا ۱۵ برابر ارتفاع ایجاد شده توسط پمپهای جریان شعاعی (با همان قطر پروانه ودور محور) است. چگونگی جریان مایع در چنین پمپهایی در شکل۲-۲ نشان داده شده است .

در این پمپها پروانه دارای تیغه هایی می باشد که دو طرف یک صفحه نازک فلزی قرار داشته و در یک کانال دایره ای شکل در درون پوسته پمپ دوران می کند. پوسته این پمپها بدلیل وجود لقی بسیار کمی که با پروانه دارد، آب بندی نسبتاً خوبی را در داخل پمپ می تواند داشته باشد.



شکل ۲-۲ مسیر عبور مایع در پمپهای توربینی

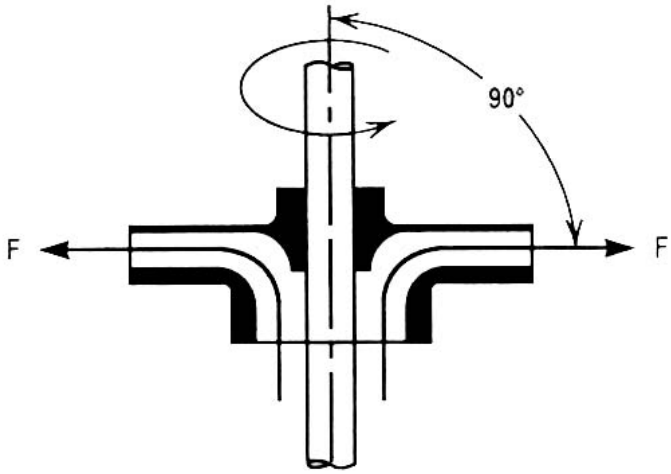


شکل ۲-۳ نمونهٔ دیگری از یک پمپ توربینی

درمجمـوع بـازده این پمپهاکم بوده وبه همین دلیل تا بحال در اندازه های کوچک (حداکثرتا توان ٤ کیلووات) ساخته شده اند .

۲-۱-۲ پمپهای جریان شعاعی (Radial Flow Pumps)

این پمپها با توجه به نوع پروانه آنها، پمپهای جریان شعاعی نامیده می شوند. در این پمپها مایع ورودی به **پروانه پمپ**، موازی با محوربوده وخروجی ازآن عمود بر محور می باشد.در شکل ۲-٤ نمونه ای از این پروانه ها نشان داده شده است .



شکل ۲-٤ پروانهٔ یک پمپ جریان شعاعی

همانطور که در۲-٤ پیداست، خروج مایع از این پروانه ها کاملا" برمحور عمود است و چون خروج مایع در امتداد شعاع پروانه می باشد، پروانه های جریان شعاعی نامیده شده اند. نکته قابل توجه در اینجا ورود و خروج مایع، به خود پروانه است. بعبارت ساده تر ورود مایع به پوسته و خروج آن از پوسته مطرح نیست. تمام نیروی اعمال شده به مایع به منظور خروج از پروانه، ناشی از نیروی گریز از مرکز است. در شکل ۲-۵ انواع پروانه های جریان شعاعی،یعنی سه مدل مختلف دیگر از این پروانه ها ارائه شده است.

در هر سه نوع پروانهٔ نشان داده شده در شکل، مسیر ورود و خروج مایع به همان صورتی است که بیان شد. پروانه یک پمپ جریان شعاعی در حالت کلی از سه قسمت تشکیل شده است. جدارهٔ جلو پروانه (Front Shroud)، جدارهٔ عقب پروانه (Back Shroud) و پره ها (Vanes).

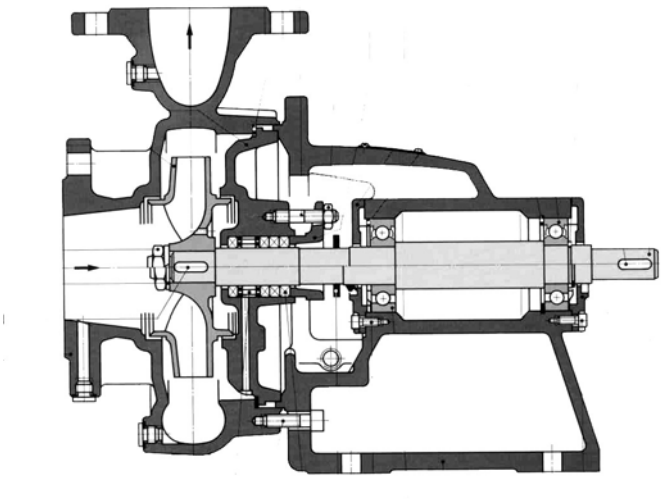
شکل ۲-۵ انواع پروانه های جریان شعاعی (بسته، نیم باز و باز)

در پروانهٔباز، فقط پره ها قابل مشاهده هستند و جداره های جانبی وجود ندارند. این پروانه ها معمولاً برای پمپ کردن مایعاتی که دارای ناخالصی های فیزیکی حجیم باشند مورد استفاده قرارمی گیرند. بدلیل نشت داخلی زیاد، بازده این پروانه ها از دو نوع دیگرکمتر است (شکل سمت چپ).

در شکل وسط جداره جانبی، عقب پروانه قرار داشته و پره ها قابل مشاهده اند. این نوع پروانه ها، پروانه های نیم باز یانیم بسته نامیده می شوند. کاربرد این پروانه ها نیز مشابه پروانه های باز می باشد وهردو برای پمپ کردن فاضلاب مناسب می باشند. بعنوان مثال پروانهٔ پمپهای لجن کش از نوع نیم باز می باشد. همچنین پروانهٔ بعضی پمپهای بکار رفته در استخرها، بمنظور گردش آب استخر و تصفیهٔ فیزیکی آب از نوع نیم باز است. پمپهای گردش آب در موتورهای بنزینی و دیزلی (Water Pump) نیز عموماً از این نوع است. بازده این پروانه ها از نوع بسته کمتر است .

لازم به تذکر است که تعداد پره های بکار رفته در پروانه های باز ونیم باز بین ۱ تا ۳ می باشد . سرانجام پروانهٔ نشان داده شده در سمت راست شکل۲-۵ از نوع بسته می باشد. بطور نسبی کاربرد این پروانه ها از دو نوع دیگر بسیار بیشتر است. مایع پمپ شونده در این نوع پروانه ها باید کاملاً زلال و عاری از ذرات ناخالص فیزیکی از قبیل شن وماسه باشد. بازده این نوع پروانه ها، بدلیل کمتر بودن نشت داخلی از دو نوع باز و نیم باز بیشتر است. بعنوان مثال پروانه های بکار رفته در پمپهای تغذیه دیگ بخار، پمپهای شناور، پمپهای گریز از مرکز یک طبقه و بطور کلی پروانهٔ بیشتر پمپهای بکار رفته در آبرسانی، کشاورزی و صنعت از نوع بسته است. تعداد پره های به کار رفته در پروانه های بسته معمولاً بین ۳ تا ۷ عدد می باشد.

در مقایسه با پروانه های جریان مخلوط و جریان محوری، این پروانه ها دارای ارتفاع بیشتر ودبی کمتری می باشند .



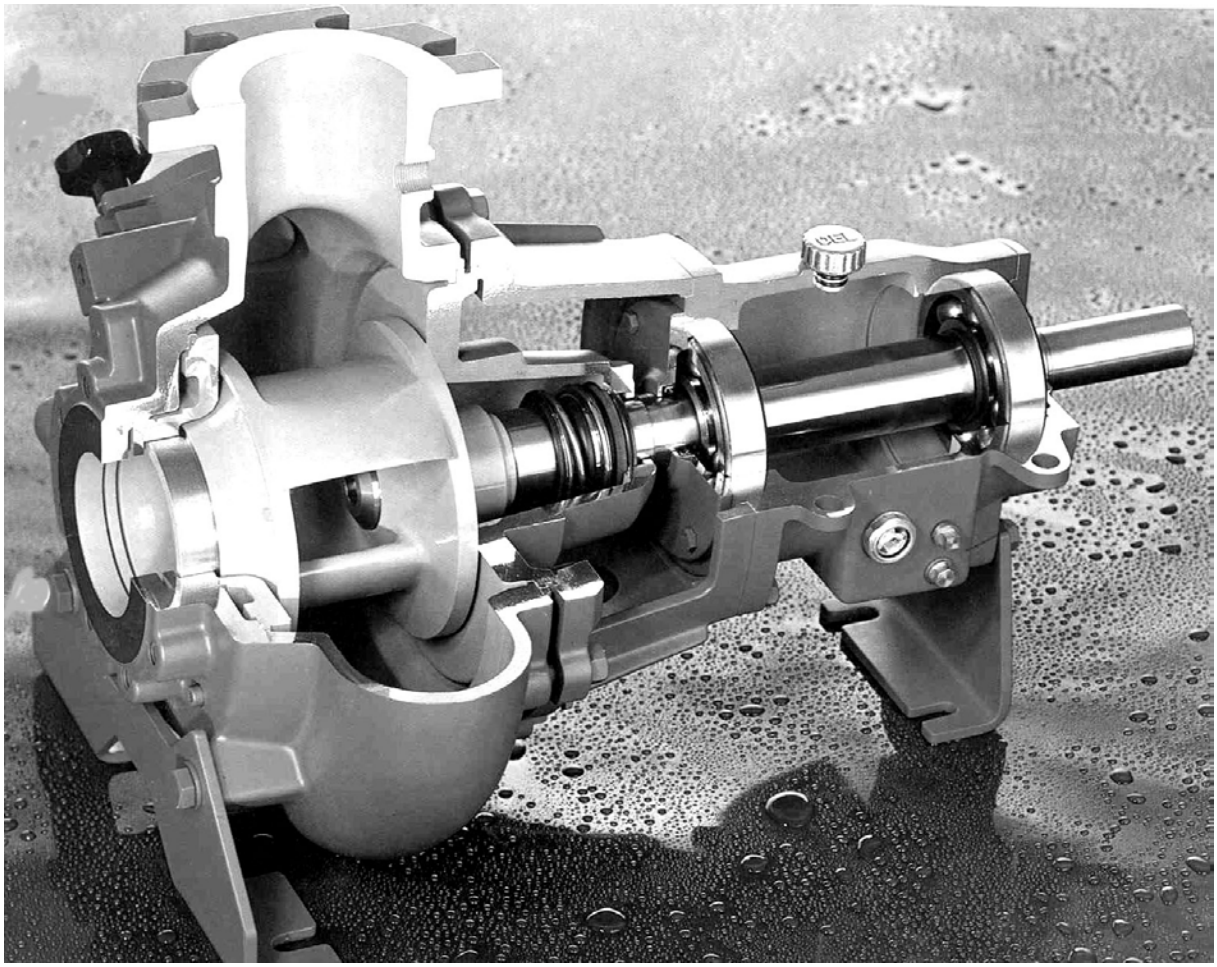
شکل ۲-٦ نمونه ای از پمپ با پروانهٔ بسته از نوع جریان شعاعی

در شکل۲-۷ تعداد ۷ عدد از این پمپها که به صورت موازی (Parallel) بسته شده اند، نشان داده شده است. پروانهٔ این نوع پمپها از نوع جریان شعاعی و بسته است.

شکل ۲-۷ چند پمپ جریان شعاعی به صورت موازی

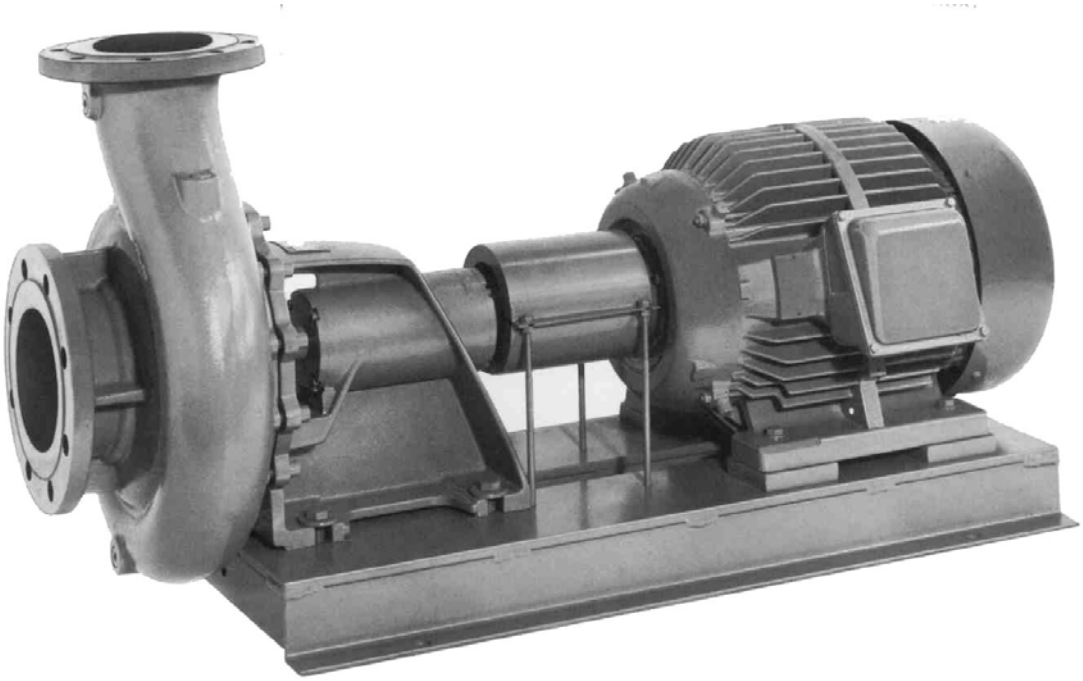
نمونهٔ دیگری از پمپهای جریان شعاعی به کار رفته در صنایع قند و شکر، معادن، صنایع فولاد،کاغذ سازی و صنایع شیمیایی در شکل۲-۸ قابل ملاحظه است. در این پمپ همانطور که از شکل نیز پیداست، پروانه به صورتی ساخته شده است که دارای یک پره بیشتر نیست، ضمناً پهنای پروانه نیز به اندازهٔ کافی پهن در نظر گرفته شده تا بتواند ذرات حجیم را پمپ نماید. از چنین پمپهایی، حتی در بعضی موارد برای

پمپ کردن ماهی نیز استفاده می شود. با اندکی دقت در سیستم آب بندی محور می توان ملاحظه کرد که سیستم آب بندی در اینجا از نوع فیبروفنر (Mechanical Seal) است. در مواردی که سیستم آب بندی از این نوع باشد، در حین روشن بودن پمپ هیچ گونه نشت خارجی از اطراف محور به بیرون از پمپ نباید وجود داشته باشد. بر خلاف آب بندی توسط نخ نسوز(Packing) که حتماً برای خنک کاری نیاز به نشت به بیرون از پمپ وجود دارد.



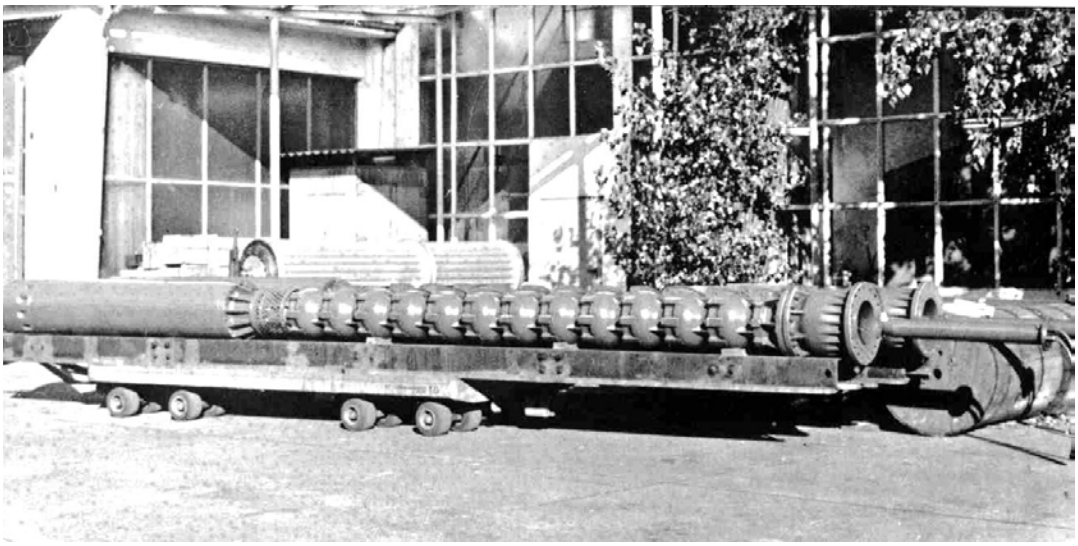
شکل ۲-۸ پمپ جریان شعاعی با یک پره

مجموعهٔ بسته ای ازپمپهای جریا ن شعاعی(پمپ وموتور که روی یک شاسی به هم کوپل شده اند) نیز در شکل۲-۹ نشان داده شده است. از این نوع موتور و پمپ در صنعت، سیستمهای آبرسانی، تصفیه خانه های آب، تصفیه خانه های فاضلاب و بسیاری موارد دیگر استفاده شده است.

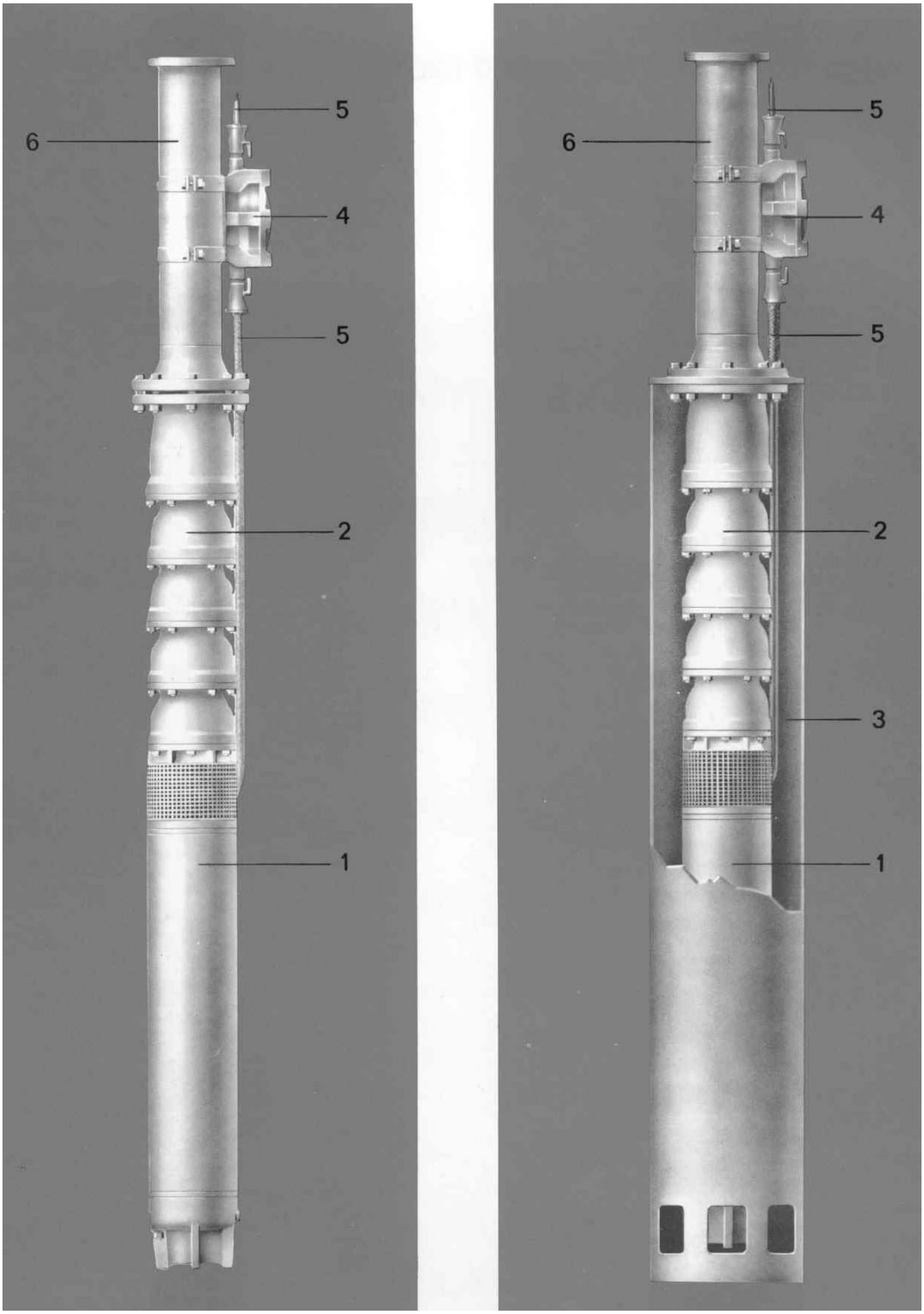


شکل ۲-۹ پمپ جریان شعاعی یک طبقه و موتور نصب شده روی شاسی

از دیگر مواردی که از پمپهای جریان شعاعی استفاده شده است، پمپهای به کار رفته در چاههای عمیق است. پروانه های به کار رفته در این پمپها عموماً اگر از نوع شناور باشند (که بهتر است غوطه ور گفته شود) از نوع جریان شعاعی است. هر چند که در بعضی موارد از پروانه های جریان مخلوط نیز استفاده شده است. در شکلهای ۲-۱۰ و۲-۱۱ دونمونه از پمپهای شناور آورده شده است.

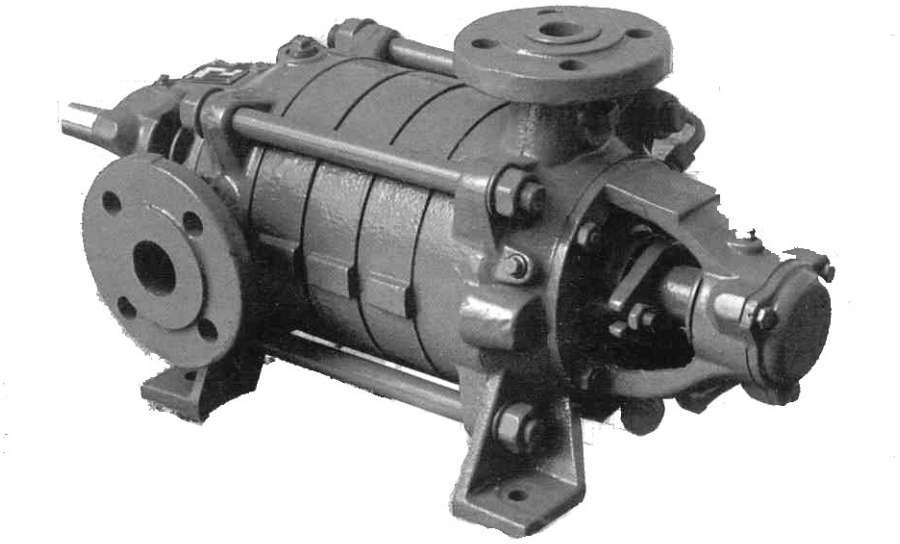


شکل ۲-۱۰ پمپ شناور (غوطه ور) با پروانه های جریان شعاعی



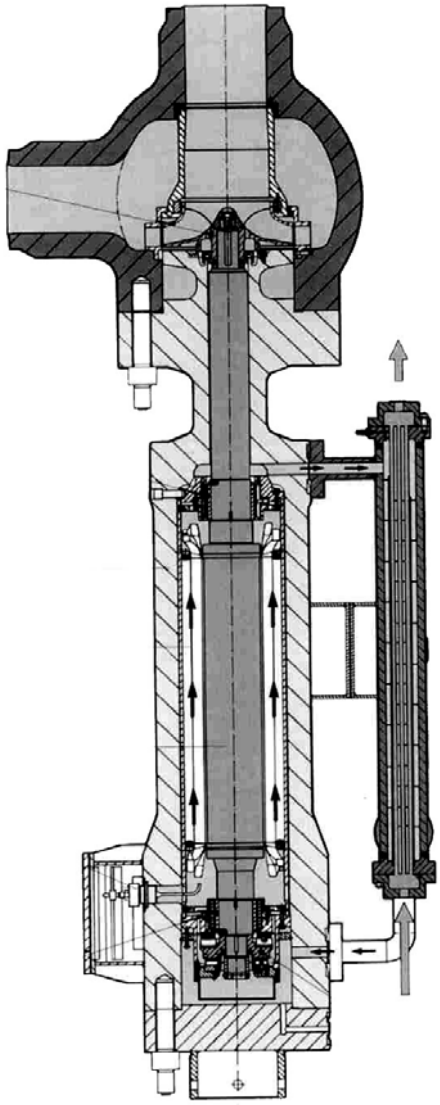
شکل ۲-۱۱ نمونهٔ دیگری از پمپهای شناور

طبیعی است در مواردی که نیاز به ارتفاع (Head) بیشتری باشد، اولاً از پمپهای با پروانه جریان شعاعی باید استفاده شود و ثانیاً چون ارتفاع ایجاد شده توسط یک پروانه به هر صورت محدود است، لذا برای ارتفاعهای بیشتر،الزاماً ازپمپهای با تعداد پروانهٔ بیشتر باید استفاده شود. به عنوان مثال تعداد پروانه های به کار رفته در پمپهای مورد استفاده در چاههای عمیق به طور قطع از دو بیشتر است. همچنین پمپ به کار رفته برای ارتفاع زیاد به صورت افقی، نیز دارای بیش از یک پروانه است، مانند پمپهای به کار رفته برای تغذیهٔ دیگهای بخار یا پمپهای فشار قوی از نوع WKL. در شکل ۲-۱۲ نمونه ای از این مدل پمپها قابل ملاحظه است. با اندک دقتی در این پمپ می توان تعداد پروانه های به کار رفته را که ٤ عدد است، تشخیص داد.



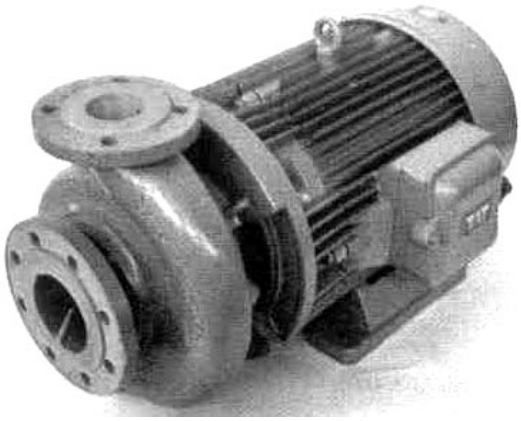
شکل ۲-۱۲ پمپ فشار قوی با تعداد پروانه های بیش از یک عدد

از موارد دیگر کاربرد پمپهای جریان شعاعی می توان از B.C.Pump ها نام برد که در حقیقت پمپهایی هستند که در نیروگاهها تحت عنوان (Boiler Circulating Pump) شناخته می شوند و برای به گردش در آوردن آب در دیگهای بخار، تحت فشارهای بالا مورد استفاده قرار می گیرند. چون دمای مایع پمپ شونده در این پمپها بالا است، لذا برای خنک کردن آن نیز لازم است تمهیدات خاصی به کار برده شود که از جمله می توان سیستم مبدل حرارتی یا (Thermal Barrier) را نام برد. نمونه ای از این پمپها در شکل۲-۱۳ نشان داد شده است.



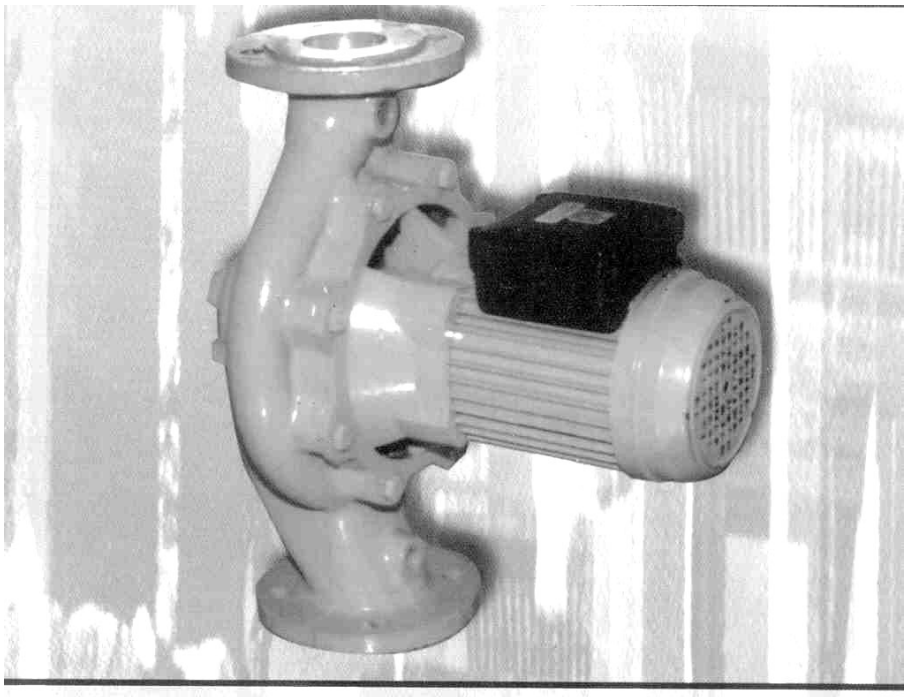
شکل ۲-۱۳پمپهای گردشی آب گرم در دیگهای بخار

در بعضی موارد که از پمپهای جریان شعاعی در اندازهٔ کوچک لازم است استفاده شود، می توان از پمپهایی که محور پمپ و محور موتور تبدیل به یک محور می شوند استفاده کرد. در چنین مواردی اصطلاحاً به آنها پمپهای (Closed Couple) گفته می شود. به عبارت بهتر در این پمپها محور الکتروموتور مقداری بلند تر ساخته شده و پروانهٔ پمپ روی آن مونتاژ می گردد. نمونه ای از این پمپها در شکل ۲-۱٤ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱٤ پمپ و الکتروموتور با یک محور

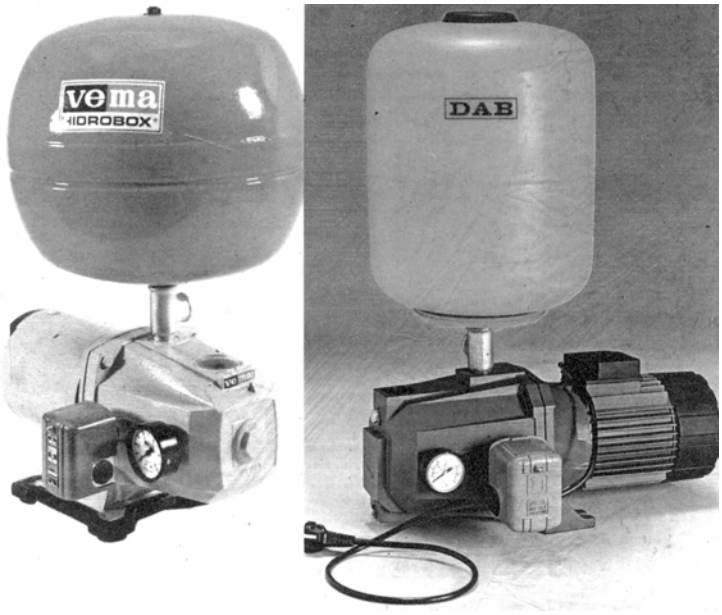
در دیگهای آب گرم که برای سیستم گرمایش در تأسیسات نیز مورد استفاده قرار می گیرند، برای به گردش در آوردن آب گرم در رادیاتورها و فن کویلها از پمپهای گردشی آب گرم(Circulator) استفاده می شود که این پمپها نیز از نوع جریان شعاعی محسوب می شوند.شکلهای ۲-۱۵ و۲-۱٦.



شکل ۲-۱۵ پمپهای گردشی آب گرم در موتورخانه ها

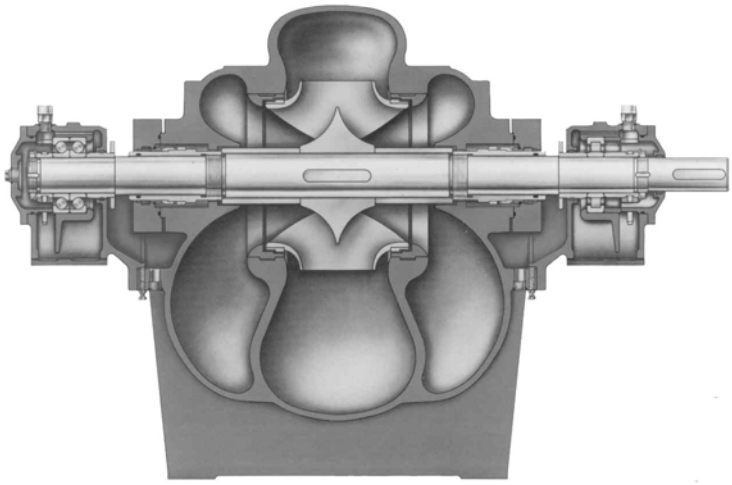
شکل ۲-۱۶ پمپ گردشی آب گرم در موتورخانه ها

همچنین در ساختمانهای چند طبقه که فشار آب به اندازهٔ کافی نبوده و امکان رسیدن آب به طبقات بالا کم است، از پمپهای اتوماتیک برای جبران کمبود فشار آب استفاده می شود. در این موارد با باز شدن شیر آب، در ابتدا فشار هوای بالای آب موجب بیرون راندن آن از پمپ می شود. با خروج آب از پمپ فشار هوای بالای آن کم شده تا به حد پایین تنظیم کلید اتوماتیک (Pressure switch) برسد. در این حالت پمپ روشن شده و تخلیهٔ آب را ادامهٔ خواهد داد. پس از بسته شدن شیر چون هنوز پمپ روشن است، و مصرف آب قطع شده، آبهای خروجی از پمپ به مخزن هدایت شده و موجب افزایش فشار هوای بالای مخزن می شود تا به حد بالای تنظیم کلید فشار برسد و در این حالت پمپ بطور اتوماتیک خاموش خواهد شد، شکل۲-۱۷ .

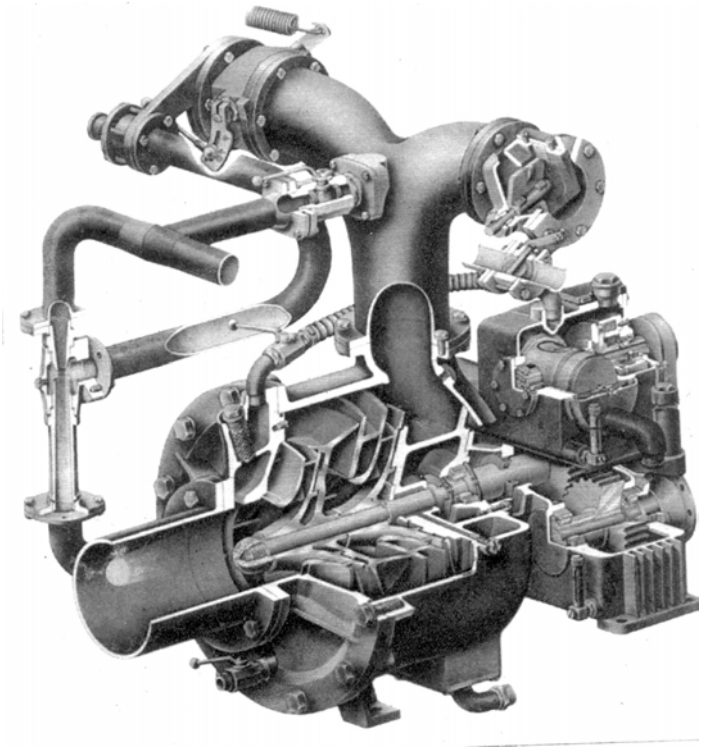


شکل ۲-۱۷ پمپ اتوماتیک

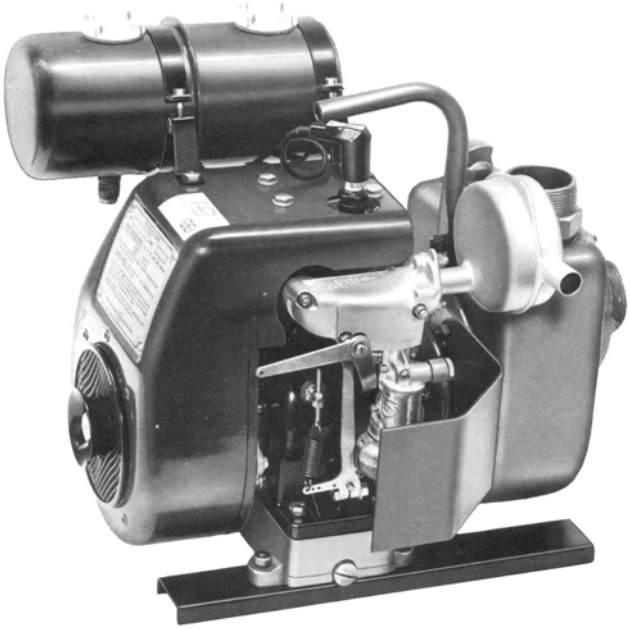
چند مورد دیگر از پمپهای جریان شعاعی در شکلهای ۲-۱۸ تا ۲-۲۰ آورده شده است. این پمپها بطور خلاصه عبارتند از پمپهای دو مکشه که در حقیقت مانند دو پمپ یک مکشه که به صورت موازی به هم بسته شده اند، عمل میکنند یعنی پمپهای (Double Suction) . همچنین پمپهای آتش نشانی (Fire Fighting) وپمپهای خود راه انداز (یعنی پمپهایی که نیاز به هوا گیری اولیه ندارند و اصطلاحاً به آنها Self Priming گفته می شود) شکل ۲-۲۰.



شکل ۲-۱۸ پمپ دو مکشه



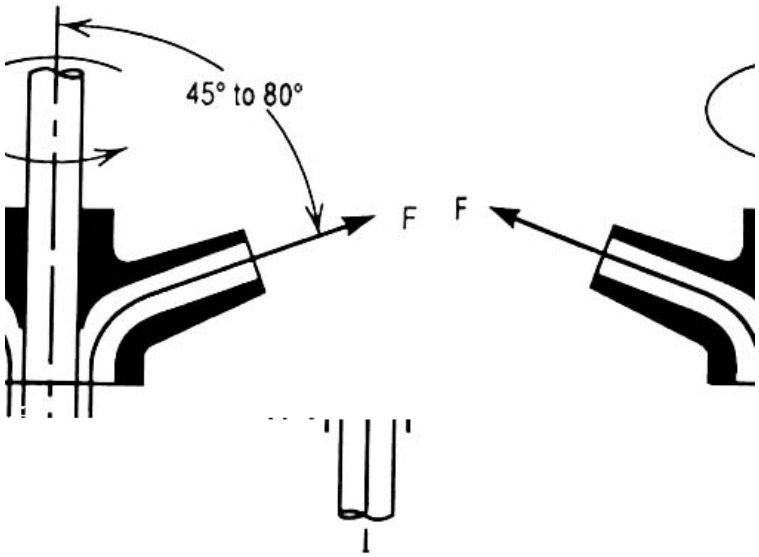
شکل ۲-۱۹ پمپ آتش نشانی



شکل ۲-۲۰ پمپ خود راه انداز

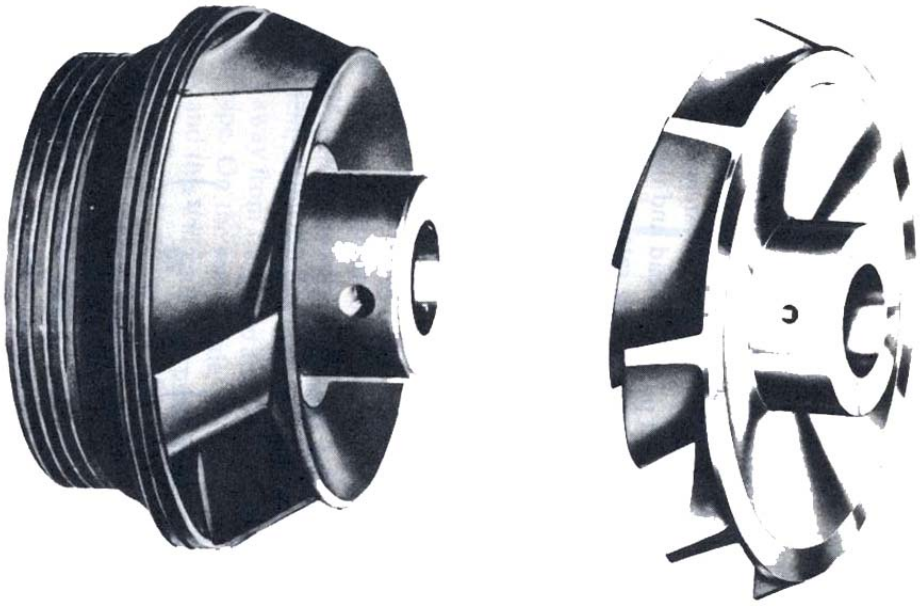
۲-۱-۳ پمپهای جریان مخلوط (Mixed Flow Pumps)

این نوع پمپها نیزبا توجه به نوع پروانهٔ آنها، پمپهای جریان مخلوط نامیده می شوند. در این پمپها مایع ورودی به پروانه پمپ موازی با محور بوده و خروجی از پروانه، نه عمود بر محور است ونه موازی با محور، بلکه زاویه خروجی از آن با محورحدوداً بین ٤٥ درجه تا۸۰ درجه می باشد که در شکل۲-۲۱ نشان داده شده است .



شکل ۲-۲۱ پروانهٔپمپهای جریان مخلوط

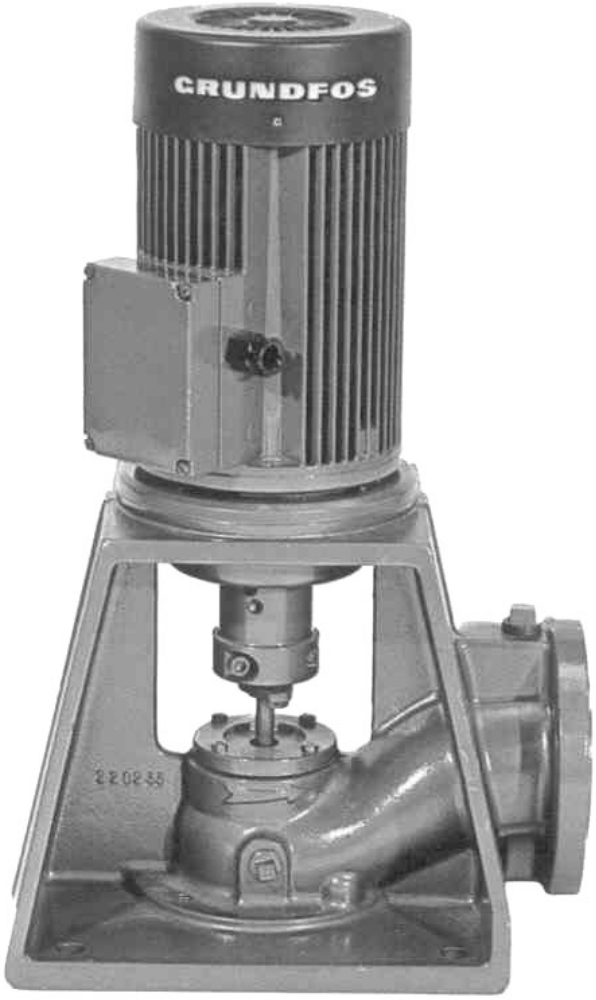
از لحاظ جداره جانبی ، پروانه این نوع پمپها به هر سه صورت باز، نیم باز و بسته نیز وجود دارند که در شکل های ۲-۲۲ و ۲- ۲۳ قابل ملاحظه است. ازاین پمپهادر مواردی که نیاز به دبی متوسط و ارتفاع متوسط باشداستفاده می شود. بعنوان مثال پروانه های بکار رفته در پمپهای چاههای عمیق (یا اصطلاحاً شافت و غلافی) عموماً جریان مخلوط است. در چنین مواردی بطور کاملاً تقریبی می توان گفت که هر طبقه از این پمپ ها (که پروانهٔ آنها از نوع جریان مخلوط است) در پمپهای عمومی ارتفاعی بین ۳ تا ٤٥ متر می تواند ایجاد کند.



شکل ۲-۲۲ دو نمونه پروانهٔ جریان مخلوط (نیم باز و بسته)

شکل ۲-۲۳ نمونهٔ دیگری از پروانه های جریان مخلوط

در این نوع پمپها چون محور پمپ به صورت عمودی در چاه قرار می گیرد، لذا برای به چرخش در آوردن آن، هم می توان از الکترو پمپهای عمودی استفاده کرد، که در این شرایط محور الکتروموتور و محور پمپ هر دو به صورت عمودی بوده و به یکدیگر کوپل می شوند، شکل ۲-۲٤. در مواردی هم که محور موتور (یا محور الکتروموتور) به صورت افقی قرار گرفته باشد، از گریبکس یاتسمه استفاده می شود، شکلهای۲-۲۵ و۲-۲٦ .

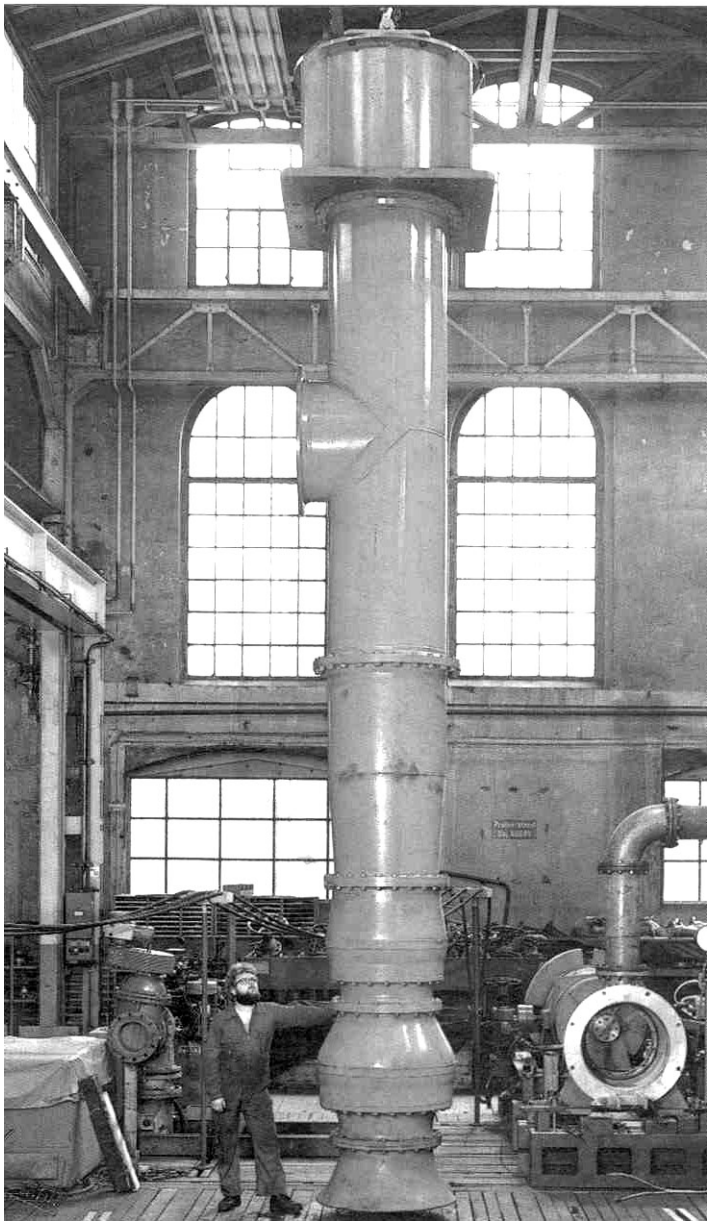


شکل ۲-۲٤ الکتروموتور با محور عمودی

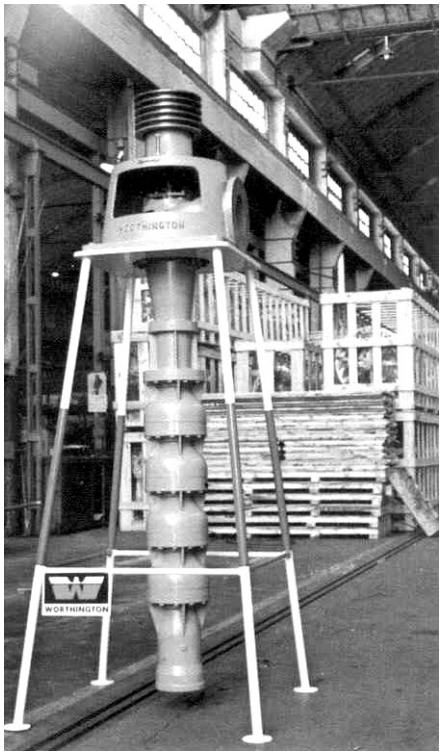
شکل ۲-۲۵ گیربکس برای موتور های با محور افقی و استفاده از تسمه

شکل ۲-۲٦ برای استفاده با تسمه

هر چقدر زاویه خروجی از این پروانه ها به سمت صفر میل نماید، خود پروانه نیز به سمت پروانه های جریان محوری تمایل پیدا خواهد کرد. یعنی آن دسته از پروانه های جریان مخلوط که به پروانه های جریان محوری نزدیک تر هستند، برای دبی های زیاد وارتفاع های کم مناسبتر بوده، دارای بازده بیشتری می باشند. نمونهٔ دیگری از این پمپها که برای آبیاری استفاده می شود در شکل ۲-۲۷ نشان داده شده است. ازمشاهده اجزاء شکل می توان حدود اندازهٔ واقعی این پمپها را تصور نمود.

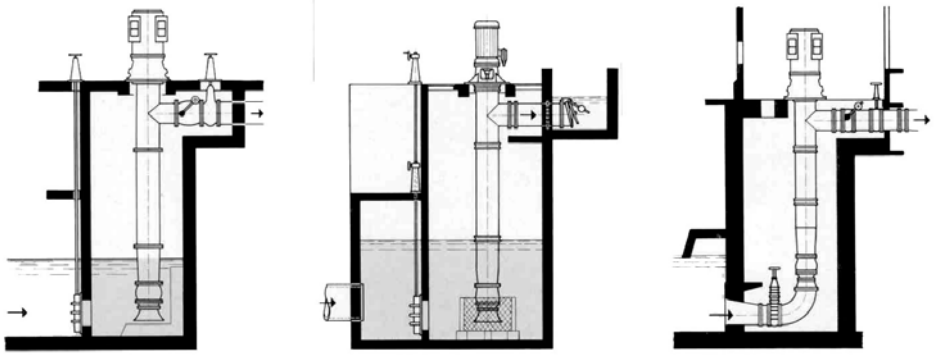


شکل ۲-۲۷ پمپ با پروانهٔ جریان مخلوط برای دبی های خیلی زیاد



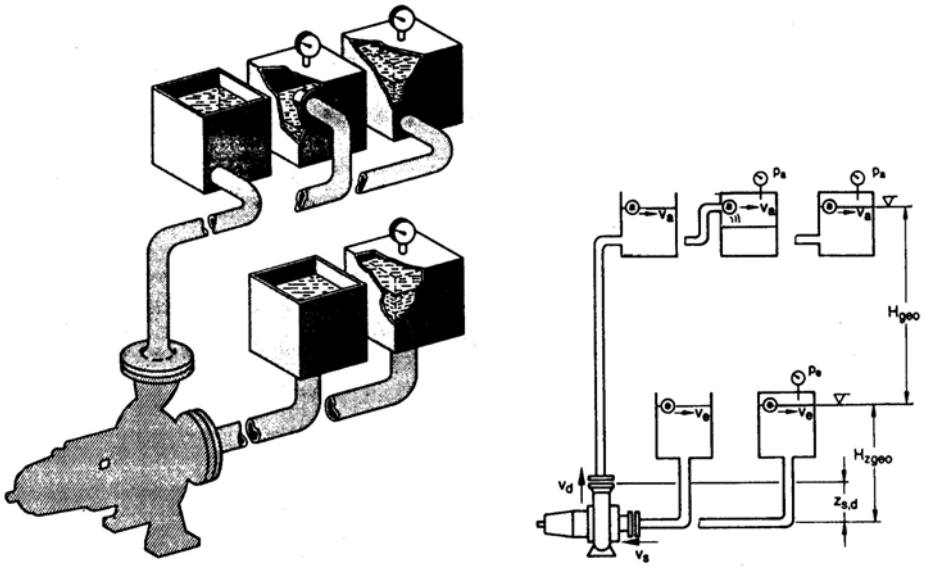
شکل ۲-۲۸ نمونهٔدیگری از پمپهای شافت وغلافی با پروانه های جریان مخلوط

در شکل ۲-۲۹ سه نمونه از نحوهٔ نصب پمپهای با محور عمودی نشان داده شده است. البته بسته به مورد استفاده از منبع مکش، چگونگی کنترل شیر ورودی متفاوت است. در دو شکل سمت چپ و وسط چون شیر ورودی داخل منبع مکش قرار دارد، لذا باز و بست آن از بالا انجام می شود در صورتی که در شکل سمت راست حوضچه ای که پمپ در آن قرار گرفته خشک می باشد و امکان باز و بست شیر در همان حوضچه وجود دارد.



شکل ۲-۲۹ سه نمونه از نصب پمپهای با محور عمودی

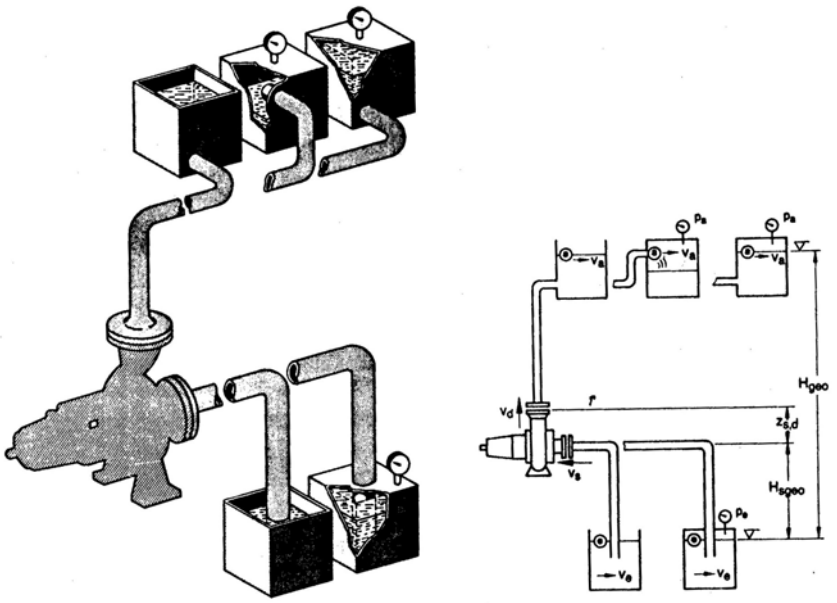
نکتهٔ دیگری که در این جا بد نیست به آن اشاره شود وضعیت پمپ نسبت به منبع مکش است. البته این موضوع کلی است و ربطی به نوع پمپ ندارد. چنانچه سطح آب در منبع مکش از وردی پروانهٔ پمپ بالاتر باشد در این صورت به آن ارتفاع مکش(Suction Head) گفته می شود، شکل ۲-۳۰ .



شکل ۲-۳۰ ارتفاع مکش

اگر برعکس حالت فوق سطح آب در منبع مکش در ارتفاع پایین تری نسبت به ورودی پروانهٔ پمپ قرار داشته باشد، در این حالت به آن عمق مکش (Suction Lift) گفته می شود، شکل ۲-۳۱ .

در هر صورت تا آن جایی که امکان پذیر است، از ایجاد عمق مکش باید پرهیز کرد. بدین مفهوم که حتی الامکان باید پمپ را در ارتفاع پایین تری نسبت به سطح مایع در منبع مکش قرار داد. در موارد صنعتی که عموماً برداشت مایع از مخزن مطرح است، سیستم را به گونه ای طراحی می کنند که حالت ارتفاع مکش رعایت شود، زیرا امکان این عمل با پایین تر بردن منبع مکش وبالا تر بردن پمپ وجود دارد.



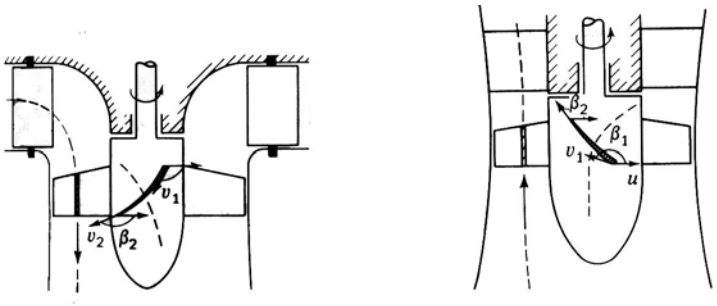
شکل ۲-۳۱ عمق مکش

حال چنانچه سطح آب در منبع مکش بیشتر از ارتفاع مکش ماکزیموم پکپ باشد، چون امکان افزایش سطح آب چاه وجود ندارد، در این شرایط الزاماً باید پمپ را در عمق پایین تری نصب کرد. برای عمقهای کم می توان در کنار چاه اصلی چاه دیگری حفر کرده و پمپ را درون آن نصب کرد. برای عمقهای زیاد چون از لحاظ اقتصادی حفر چاه دیگری مقرون به صرفه نمی باشد، پمپ را درون چاه اصلی قرار داده و از بالا مهار می کنند. برای انتقال آب از چاه در چنین شرایطی پمپ باید درون آب مستغرق شود، یعنی در این شرایط هم حالت ارتفاع مکش رعایت شده است. ضمناًدر این شرایط باید محور پمپ را بتوان چرخاند تا آب را پمپ نماید. برای این کار به دو صورت عمل می شود. یکی این که موتور محرک پمپ در بالای چاه نصب شود و از بالای چاه تا پایین از وسط لوله، محور (Shaft) عبور داده شود، که در این حالت اصطلاحاً به‌آن پمپ شافت و غلافی اطلاق می شود.

دوم این که موتور (الکتریکی) همراه با پمپ به درون چاه فرستاده شود، که در این حالت نه تنها موتور درون آب قرار می گیرد، که حتی درون موتور هم آب ریخته می شود (البته نه آب مقطر). در این شرایط نیز حالت ارنفاع مکش برای پمپ رعایت شده است، چرا که سطح آب چاه بالاتر از پمپ قرار دارد. انتقال انرژی برای روشن کردن پمپ در این شرایط به صورت الکتریکی بوده و اصطلاحاً به این نوع پمپها شناور گفته می شود که اصطلاح صحیحی نیست و بهتر است که به آن غوطه ور گفته شود، (Submersible Motor Pump).

۲-۱-٤ پمپهای جریان محوری (Axial Flow Pumps)

این نوع پمپها نیز با توجه به نوع پروانهٔ آنها، پمپهای جریان محوری نامیده می شوند. در این پمپها مایع ورودی به پروانهٔ پمپ موازی با محورو خروج آن از پروانه نیز موازی با محور است. در شکل ۲-۳۲ نمونه ای از این پروانه ها نشان داده شده است .



شکل ۲-۳۲ پمپهای جریان محوری

این پمپها برای دبی های بسیار زیاد (حدود $۱۰^{m^3/s}$) و ارتفاعهای نسبتاً کم کاربرد مناسبی داشته ودر این شرایط دارای بازدهی خوبی هستند .

نکته :

در سیستمهای آبرسانی و انتقال آب، عموماً سرعت آب در لوله ها حدود $^{m/s}$۱ تا $^{m/s}$۳ در نظر گرفته می شود. به عبارت بهتر تا حدودی از وضعیت ظاهری یک پمپ می توان به حدود دبی آن پمپ دسترسی پیدا کرد. بدین مفهوم که با معلوم بودن قطر لوله خروجی پمپ و بافرض براینکه سرعت در آن لوله به طور متوسط حدود $^{m/s}$۲ باشد، می توان دبی حجمی عبوری از آن لوله را حدس زد. به عنوان مثال بطورتقریبی آبدهی یک لوله ٤ اینچ بر مبنای سرعت $^{m/s}$۲ به شرح زیر است.

$$d=4\times 0.025=0.1\,m$$

$$A=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{\pi(0.1)^2}{4}=0.0078\,m^2$$

$$Q=V.A$$

$$Q=2\times 0.0078=0.015\left[\frac{m^3}{s}\right]=15\left[\frac{lit}{\sec}\right]=56\left[\frac{m^3}{hr}\right]$$

ملاحظه می شود که دراین نوع پمپها با توجه به دبی حدود m^3/s ۱۰وبا فرض براینکه سرعت m/s ۲ باشد، نیاز به لوله ای با قطر m ۲/۵ خواهد بود. واضح است که اگر سرعت نصف شود قطر لوله مورد نیاز به m ۳/۵ افزایش خواهد یافت. در عمل استفاده از چنین لوله هایی و نیاز به این مقادیر زیاد دبی، بسیار کم است.

۲-۲ سرعت مخصوص (Specific Speed)

یکی از پارامترهای تعیین کننده نوع پمپ، در انواع پمپهای گریز از مرکز، داشتن سرعت مخصوص است. چنانچه بنا به فرض، پمپ دیگری تشابه هندسی با پمپ اصلی داشته باشد، به طوری که بتوان با تغییرات دور محور آن، دبی واحد را به ارتفاع واحد رساند، در این صورت دور پمپ مشابه، همان سرعت مخصوص پمپ اصلی است. با نوشتن فرمولهای مربوط به تشابه نهایتاً سرعت مخصوص یک پمپ از فرمول زیر بدست می آید .

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

که در آن :

سرعت مخصوص	N_s
دور بر حسب (RPM) یا دور در دقیقه	n
دبی بر حسب (m^3/s)	Q
ارتفاع بر حسب (m)	H

با احتساب واحدهای بکار رفته برای متغیرهای مذکور واحد N_s برحسب $\frac{RPM\sqrt{\frac{m^3}{s}}}{m^{\frac{3}{4}}}$ خواهد شدکه پس ازساده کردن واحدها وا حتساب ضریب ۱/۶۰ برای تبدیل دقیقه به ثانیه به صورت $\frac{m^{\frac{3}{4}}}{s^{\frac{3}{2}}}$ خواهد شد . لازم به تذکر است که در بعضی از کتابها واحد N_s به صورت RPM نوشته شده است که منظور همان دور محور پمپ مشابه می باشد. همچنین مقادیرH,Q درفرمول فوق برمبنای حداکثربازده پمپ بایدمنظورشوند. اصطلاح سرعت مخصوص فقط برای پمپهای دینامیکی به کار رفته است وبرای پمپهای جابجایی مفهومی ندارد.

برای به دست آوردن سرعت مخصوص در پمپهای چند طبقه، لازم است که مقدار ارتفاع کل را بر تعداد طبقات تقسیم کرد. مطلب دیگر مرتبط با این موضوع، دبی است. در پمپهایی که نوع پروانهٔ به کار رفته در آنها از نوع دو مکشه (Double Suction) است، مانند پمپ شکل ۲-۱۸. برای به دست آوردن دبی به منظور استفاده در فرمول فوق، لازم است که مقدار کل دبی پمپ بر ۲ تقسیم شود.

مثال ۱)

پمپی بادبی $0.126\ \frac{m^3}{s}$ و ارتفاع $46\ ^{m}$ در دور $600\ ^{RPM}$ کار میکند. سرعت مخصوص آن را بدست آورید .

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{600\sqrt{0.126}}{46^{\frac{3}{4}}} = 12$$

مثال ۲)

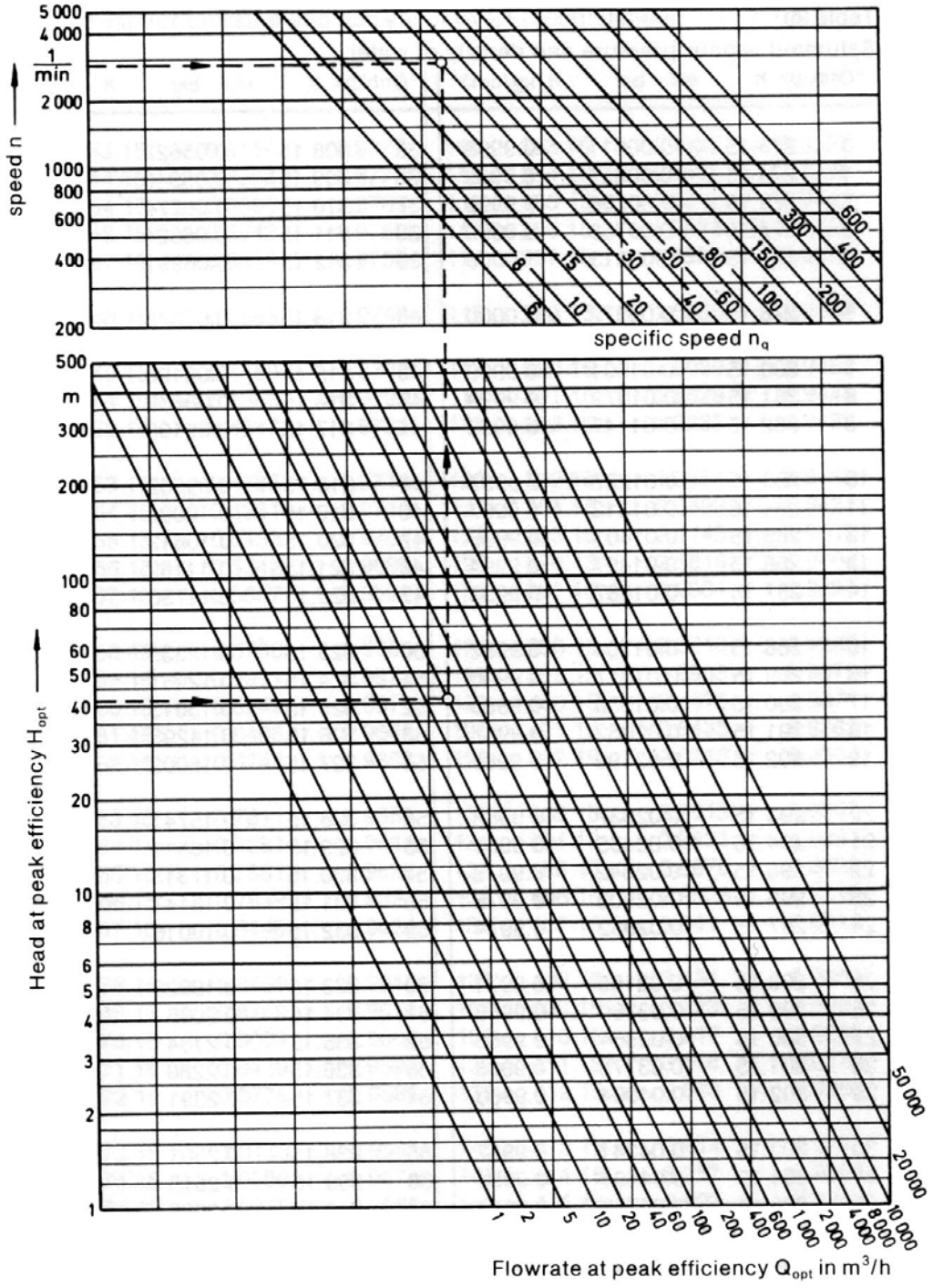
مطلوب است حداقل سرعت دورانی محور پمپی که بتواند دبی $0.1\ ^{m^3/s}$ را به ارتفاع $275\ ^{m}$ برساند، در صورتیکه سرعت مخصوص آن ۱۰ باشد .

$$n = \frac{N_s H^{\frac{3}{4}}}{Q^{\frac{1}{2}}} = \frac{10\times(275)^{\frac{3}{4}}}{(0.1)^{\frac{1}{2}}} = 2135\ [RPM]$$

در نمودار ارائه شده در شکل ۲-۳۳ نیز می توان با توجه به داشتن مقادیر n, Q, H , N_s را بدست آورد.

بعنوان مثال برای $H=41\ ^{m}$ و $Q=100\ ^{m^3/hr}$ در دور $n = 2900\ ^{RPM}$ ، مقدار $N_s= 30$ خواهد شد. بدین ترتیب که ابتدا مقدار $41\ ^{m}$ را روی محور عمودی به دست آورده و سپس باید یک خط افقی رسم شود تا خط مربوط به دبی $100\ ^{m^3/hr}$ را قطع کند. از محل برخورد، خطی عمودی رسم کرده تا خط افقی رسم شده از دور $2900\ ^{RPM}$ را قطع کند. از محل برخورد این دو خط می توان مقدار N_s را به دست آورد.

لازم به تذکر است که سرعت مخصوص مطرح شده در این قسمت و مقادیر آن در سیستم متریک می باشند. در بعضی از کتب که مقادیر سرعت مخصوص در سیستم انگلیسی یا آمریکایی بیان می شود، عدد آن با عدد سرعت مخصوص در سیستم متریک متفاوت خواهد بود. در تبدیل واحدهای مربوط به سرعت مخصوص، چنانچه دبی بر حسب گالن در دقیقه و ارتفاع برحسب فوت قرار داده شود، دراین صورت مقدار آن حدود۵۰ برابربیشتر از سیستم متریک خواهد بود. به عنوان مثال اگردرسیستم متریک عدد سرعت مخصوص برای پمپی ۶۰ باشد،برای همین پمپ عدد آن در سیستم انگلیسی حدود ۳۰۰ خواهد بود.



شکل ۲-۳۳ نمودار بدست آوردن سرعت مخصوص

۲-۳ مقایسه پمپهای گریز از مرکز

پمپهای توربینی

این پمپها دارای ارتفاع زیاد ودبی کم هستند. حداکثرتا توان ^{kw}٤ ساخته شده اند و بازده پائینی دارند. سرعت مخصوص در این پمپها حدود ٥ است کاربرد کمی در صنعت دارند. مسیر عبور مایع در این پمپها بصورت دایره ای در دور تا دور پوسته می باشد .

پمپهای جریان شعاعی

این پمپها دارای ارتفاع زیاد ودبی کم هستند، اما در مقایسه با پمپهای توربینی ارتفاع کمتر و دبی بیشتری دارند، بطوری که می توان گفت سرعت مخصوص در این نوع پمپها بین ۸ تا ٤٥ است ورود مایع به پروانه موازی بامحور و خروج آن از پروانهٔ عمود بر محور است .کاربرد نسبتاً زیادی در صنعت دارند .

پمپهای جریان مخلوط

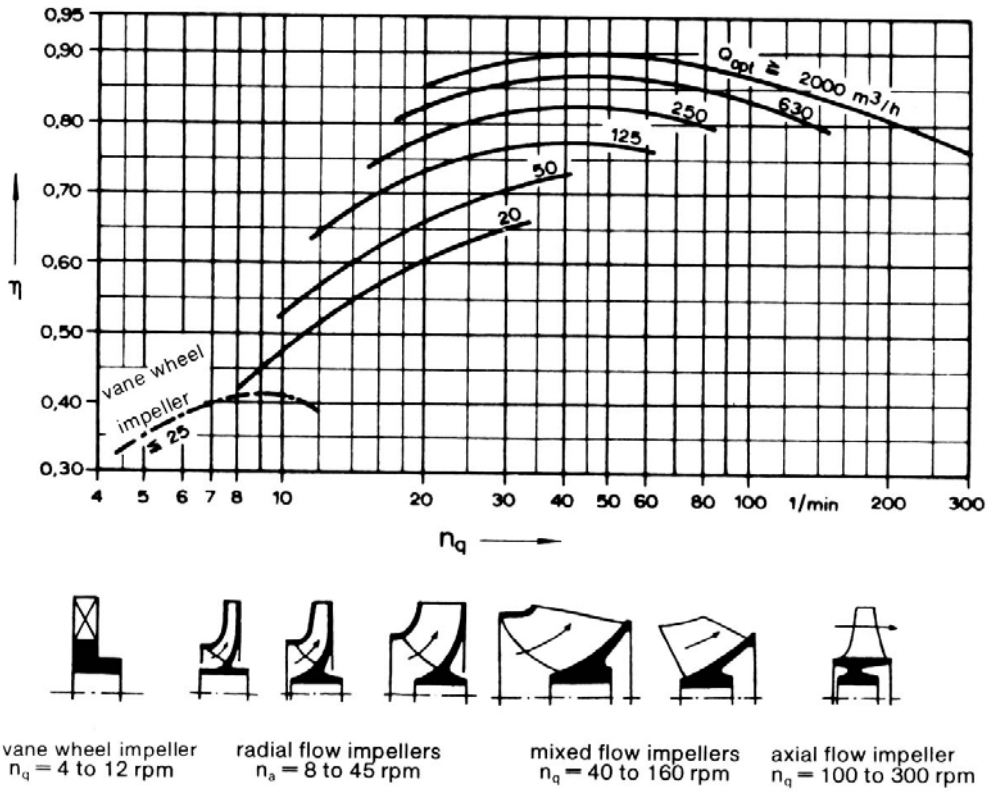
این پمپها دارای ارتفاع متوسط و دبی متوسط هستند. سرعت مخصوص آنها از پمپهای جریان شعاعی بیشتر است ، (بین ٤٠ تا ١٦٠). ورود مایع به پروانه موازی با محور وخروج آن زاویه ای بین ٤٥ تا ۸۰ درجه می سازد. نسبت به پمپهای جریان شعاعی کاربرد کمتری دارند .

پمپهای جریان محوری

این پمپها دارای ارتفاع کم ودبی زیادی هستند. سرعت مخصوص آنها از پمپهای جریان مخلوط بیشتر است (بین ۱۰۰ تا ۳۰۰). ورود مایع به پروانه و خروج آن از پروانه موازی با محور است. کاربرد بسیار کمی در صنعت دارند.

نکته اساسی که ذکرآن در این جا لازم است، مقایسهٔ مقادیر سرعت مخصوص است. به عنوان مثال پمپ با سرعت مخصوص بین ۱۰۰ تا ١٦٠ ممکن است این سؤال را در ذهن به وجود آورد که از کدام نوع است؟ جریان مخلوط یا جریان محوری؟ پاسخ در این است که مرز دقیقی وجود ندارد که بتوان قاطعانه بر مبنای آن قضاوت کرد، زیرا بین پمپهای جریان شعاعی و پمپهای جریان محوری طیفی از پمپهای جریان مخلوط قرار دارند. هر چقدر سرعت مخصوص پمپهای جریان مخلوط کمتر شود به پمپهای جریان شعاعی نزدیک تر می شوند و بر عکس هرچقدر بیشترشود، به پمپهای جریان محوری.

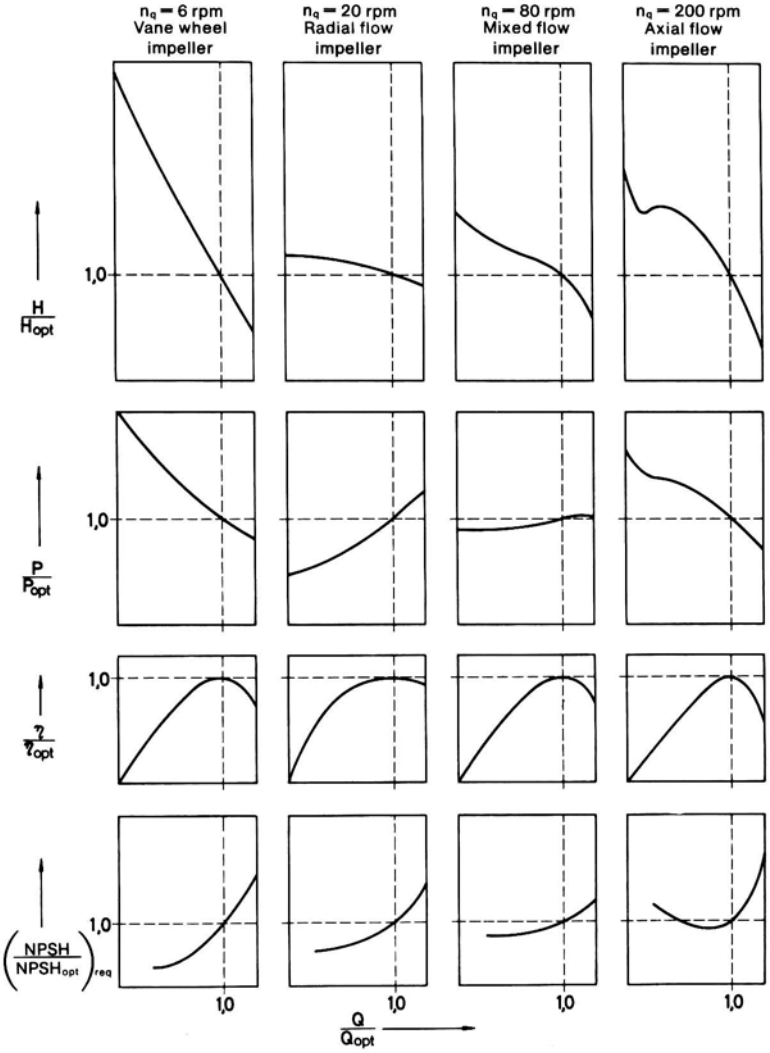
چگونگی شکل برش خوردهٔ این پروانه ها روی محور افقی و بازده آنها روی محور عمودی نشان داده شده است. اعداد روی منحنی، نشاندهندهٔ دبی برحسب M^3/hr می باشد. بعنوان مثال برای دبی ۱۲۵ m^3/hr پمپ با سرعت مخصوص حدود ٤٠ دارای بیشترین بازده می باشد. همانطور که از نمودار شکل ۲-۳٤ پیداست، برای پمپهای توربینی (Vane Wheel Impeller) با سرعت مخصوص کمتر از ۱۲ بیشترین بازده حدود ٤۲ درصد است .



شکل ۲-۳٤ نمودار مربوط به حدود مقادیر سرعت مخصوص برای انواع پمپهای گریز از مرکز

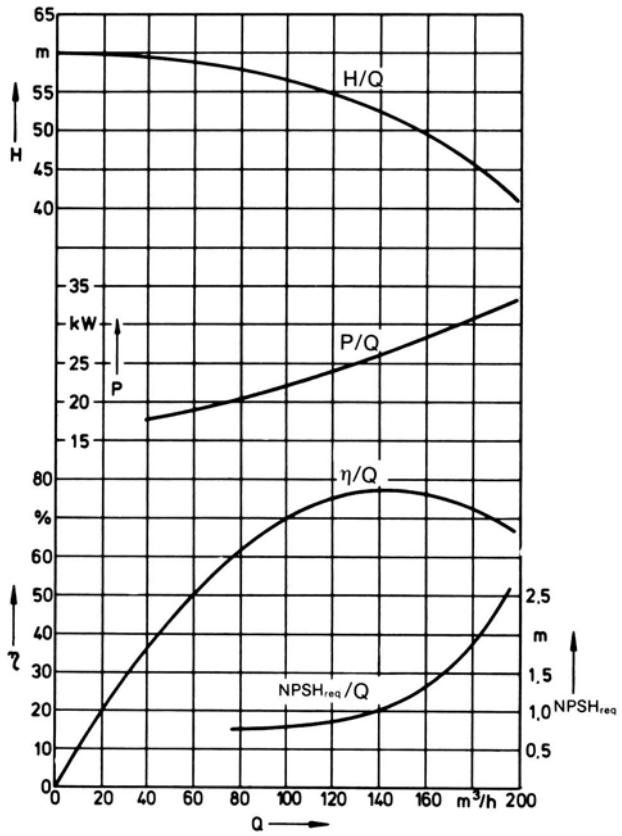
در شکل ۲-۳۵ نیز منحنی های مشخصه انواع پمپهای گریز از مرکز برای مقایسه ارائه شده اند. ستون اول این منحنی ها از سمت چپ برای پمپهای توربینی است. ستونهای بعدی به ترتیب برای پمپهای جریان شعاعی و جریان مخلوط و جریان محوری. سطر اول این منحنی ها از بالا منحنی تغییرات ارتفاع ، سطر دوم منحنی تغییرات توان ، سطر سوم منحنی تغییرات راندمان و بالاخره سطر چهارم منحنی تغییرات

NPSH (همگی بر حسب دبی) را نشان می دهد. رفتار هر کدام از پمپها با توجه به منحنی های نشان داده شده کاملاً مشخص است.



شکل ۲-۳۵ مقایسهٔ منحنی های مربوط به انواع پمپهای گریز از مرکز

برای نمونه، مجموعه ای از منحنی های مشخصهٔ پمپهای گریز از مرکز جریان شعاعی در شکل ۲-۳٦ آورده شده است. این منحنی ها به ترتیب از بالا به پایین عبارتند از منحنی های ارتفاع (Head) بر حسب دبی، توان بر حسب دبی، راندمان بر حسب دبی و سرانجام ارتفاع خالص مثبت مکش مورد نیاز بر حسب دبی(NPSHr).



شکل ۲-۳٦ مثالی از منحنی های پمپهای جریان شعاعی

به عنوان مثال برای این پمپ (با توجه به منحنی های ارائه شده در شکل ۲-۳٦) حد اکثر ارتفاع ایجاد شده، ٦۰متر است و حد اکثر دبی ۲۰۰ m^3/hr. حد اکثر راندمان در این پمپ حدود ۷۸٪ است و این راندمان در صورتی تحقق خواهد یافت که دبی این پمپ ۱٤۰ m^3/hr باشد. ارتفاع همخوان با این دبی از روی منحنی ۵۲/۵ متر خواهد بود و توان مورد نیاز ۲٦ Kw . به عبارت بهتر این پمپ برای مقادیر دبی و ارتفاع و توان ورودی فوق الذکر دارای حد اکثر راندمان خواهد بود و این مقادیر دبی و ارتفاع و توان روی پلاک پمپ نیز نوشته شده است. بدین مفهوم که این پمپ برای این مقادیر طراحی شده است و این بدان مفهوم نیست که این پمپ دبی بیشتر یا کمتر از ۱٤۰ m^3/hr را نمی تواند داشته باشد، بلکه بدین مفهوم است که دبی، چه از مقدار فوق بیشتر شود و چه کمتر، در هر صورت راندمان پمپ کاهش خواهد یافت. ضمناً این مقادیر دبی و ارتفاع و توان را مقادیر دبی و ارتفاع و توان نامی نیز می گویند. از طرف دیگر چنان چه این پمپ با دبی صفر کار کند، توان مورد نیاز آن حدود ۱٦ Kw و ارتفاع ایجاد شده در این شرایط ٦۰ متر خواهد بود. در حقیقت این ارتفاع ایجاد شده، حد اکثر مقدار خود را دارد، که آن هم در دبی صفر است.

سؤالات فصل دوم

۱- تفاوت بین پروانه های باز ونیم باز و بسته را بنویسید.
۲- زاویهٔخروجی در پروانه ای جریان مخلوط در چه محدوده ای است؟
۳- برای دبی و ارتفاع متوسط از چه نوع پمپهائی استفاده می شود؟
٤- حدود سرعت مایع در لوله ها چقدر است؟
٥- سرعت مخصوص چیست؟ در مورد پمپهای جریان شعاعی و مخلوط و محوری حدود آن چقدر است؟
٦- واحد سرعت مخصوص چیست؟
۷- تفاوت سرعت مخصوص را در سیستم متریک وسیستم انگلیسی بنویسید.
۸- هنگام استارت هر سه نوع پمپ گریز از مرکز (جریان شعاعی و مخلوط و محوری) و باز یا بسته بودن شیرهای خروجی توضیح دهید.
۹- با افزایش دبی در پمپهای جریان شعاعی که دارای الکترو موتور هستند،آمپر موتور چه تغییری خواهد کرد؟ با دلیل توضیح دهید.
۱۰- راندمان پمپهای گریز از مرکز با تغییرات دبی چگونه تغییر می کند؟ شرح دهید.

توانایی های مورد انتظار از کسانی که فصل سوم را مطالعه می نمایند این است که با کلیات موارد زیر به اندازه کافی آشنا شده باشند.

- ✓ طرز کار و کاربرد پمپهای رفت و برگشتی
- ✓ فلسفه وجودی محفظه هوا در پمپهای رفت و برگشتی
- ✓ خصوصیات پمپهای پیستونی
- ✓ نحوه تنظیم دبی در پمپهای رفت و برگشتی
- ✓ نشت و جزئیات مربوط به آن
- ✓ انواع پمپهای چرخشی و کاربرد آنها و تفاوتهای آنها
- ✓ چگونگی تامین فشار در پمپهای جابجایی مثبت
- ✓ حفاظت پمپهای جابجایی مثبت در برابر فشارهای بالا
- ✓ نشت داخلی در پمپهای چرخشی و عوامل موثر بر آن

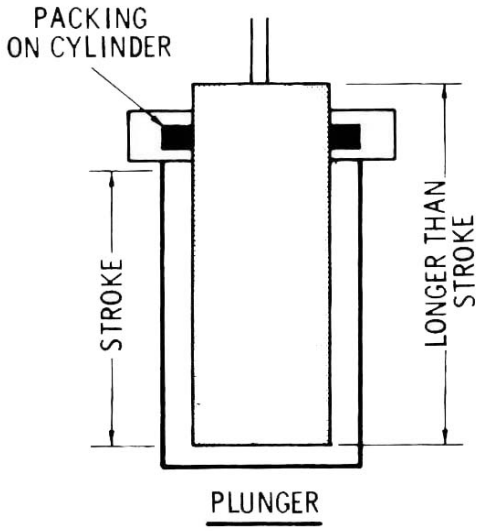
فصل سوم پمپهای جابجایی مثبت

برمبنای جدول تقسیم بندی، دسته دوم پمپها را پمپهای جابجایی مثبت تشکیل می دهند. اساس کار این پمپها در مبحث تقسیم بندی در ابتدای کتاب بیان شد. این پمپها خود به ۲ گروه رفت و برگشتی و چرخشی تقسیم بندی میشوند.

۳-۱ پمپهای رفت وبرگشتی (Reciprocating pumps)

۳-۱-۱ پمپهای انگشتی : Plunger Pumps

در شکل۳-۱ نمونه ای از این پمپها نشان داده شده است. در چنین پمپهایی طول پیستون نسبت به قطر آن زیاد است، لذا شکل ظاهری پیستون شبیه به انگشت دست انسان خواهد شد وبه همین دلیل است که به آن پمپهای انگشتی گفته می شود. ضمنا" طول کورس (Stroke) مربوط به این پمپها از طول خود Plunger کمتر بوده ودر عین حال سیستم آب بندی در اطراف Plunger اعمال شده است .

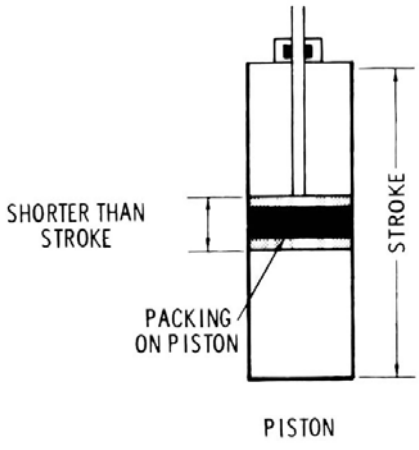


شکل ۳- ۱ پمپ انگشتی

۳-۱-۲ پمپهای پیستونی **Piston Pumps**

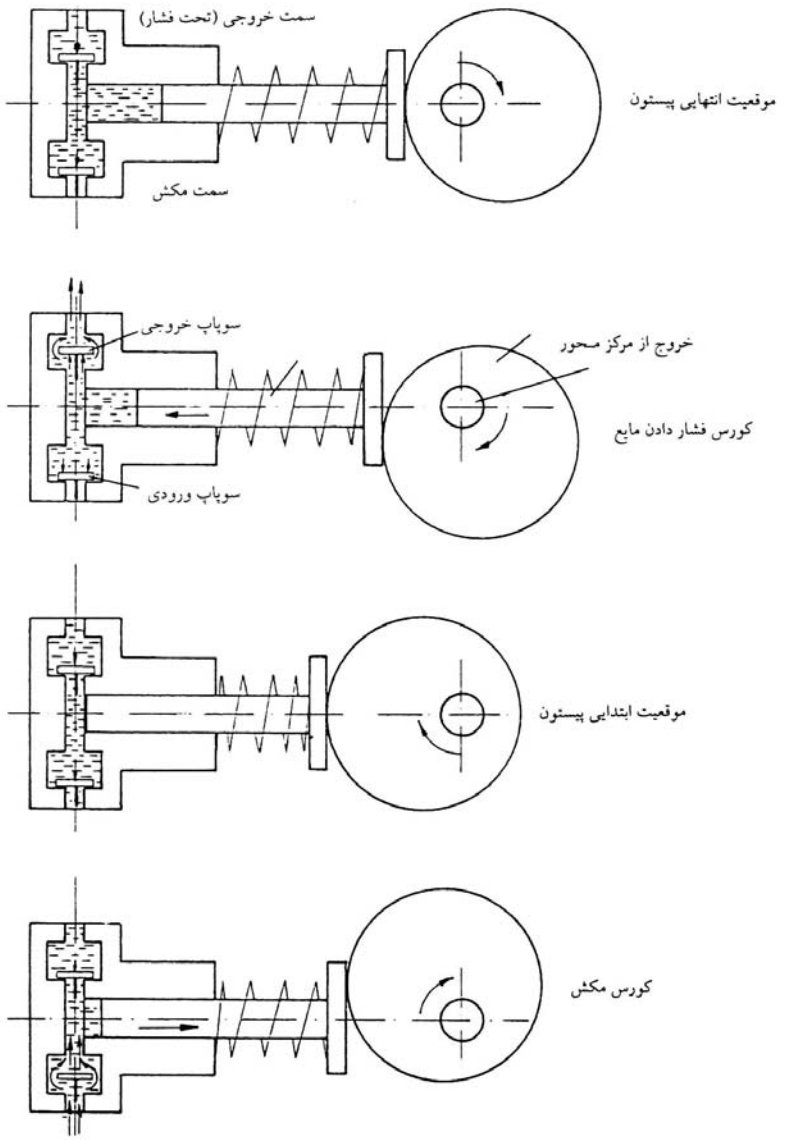
در شکل ۳-۲ نمونه ای از این پمپها نشان داده شده است. در مقایسه با پمپهای انگشتی ملاحظه میشود که در این پمپها طول پیستون نسبت به قطر آن کم است. ضمنا" طول کورس آن از طول پیستون بیشتر بوده و سیستم آب بندی در اطراف پیستون صورت می پذیرد که در چنین مواردی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

نظر به اینکه اصول کار پمپهای انگشتی و پیستونی بسیار شبیه بهم است، اشاره مختصری بطور کلی به طرز کار آنها شده است .



شکل ۳- ۲ پمپ پیستونی

درشکل۳-۳ طرز کار یک پمپ پیستونی یک طرفه به صورت شماتیک نشان داده شده است. همانطور که از شکل پیداست مرکز شافت بر مرکز دیسک دوار منطبق نیست و یک حالت بادامکی شکل به وجود آورده است.

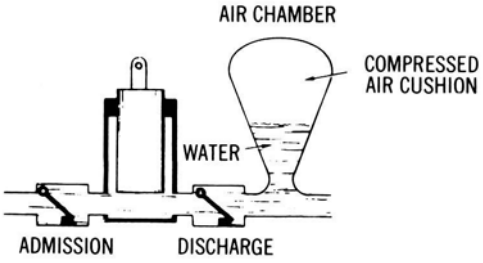


شکل ۳-۳ طرز کار یک پمپ پیستونی

در قسمت اول شکل در اثر چرخش شافت در جهت عقربه های ساعت، بادامک، پیستون را به سمت چپ حرکت می دهد. در نتیجه، مایع داخل پمپ تحت فشار قرار گرفته و باعث بسته شدن سوپاپ

ورودی و باز شدن سوپاپ خروجی شده است تا مایع درون پمپ به بیرون رانده شود (قسمت دوم شکل). وقتی که پیستون به انتهای کورس خود رسید، (قسمت سوم)، بادامک از پیستون جدا می شود اما پیستون توسط فنر خود را به بادامک چسبانده و با ادامهٔ حرکت بادامک در جهت عقربه های ساعت، پیستون به سمت راست بر می گردد (قسمت چهارم شکل). در این شرایط در اثر افزایش حجم داخل پوسته، یک خلأ نسبی ایجاد شده و باعث باز شدن سوپاپ ورودی و بسته شدن سوپاپ خروجی می شود، تا مجدداً پیستون به منتهی الیه سمت راست خود برسد و سیکل فوق از نو تکرار شود.

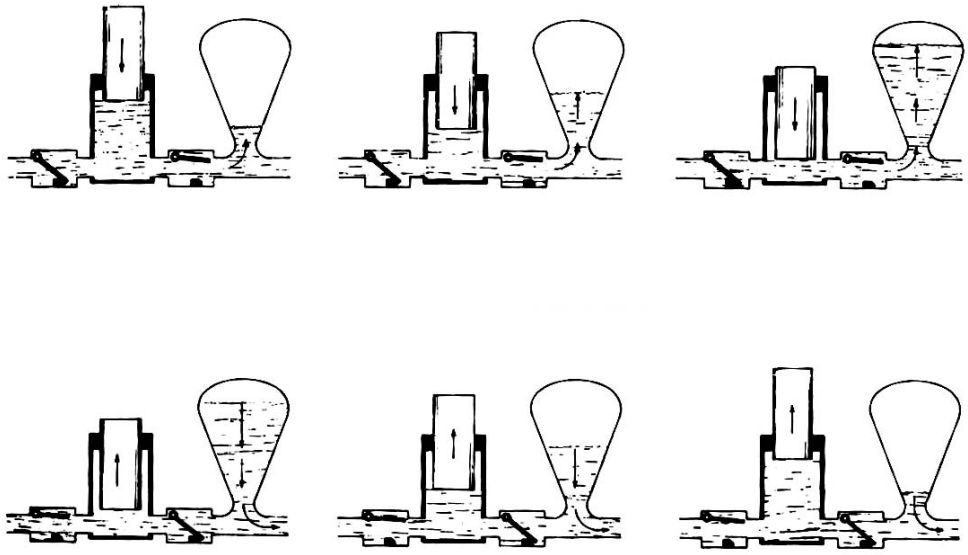
ملاحظه می شود که در حرکت رفت پیستون، خروج مایع از پمپ وجود داشته اما در حرکت برگشت خروج مایع از پمپ وجود ندارد. لذا در این گونه پمپها که طرز کار آن بیان شد، خروج مایع از لوله خروجی (دهش) یکنواخت نیست و این موضوع باعث ایجاد ضربان در سیستم می شود. در مواردی که خروجی این گونه پمپها به مخزن وصل شده است و بالای مخزن، گاز یا بخار (سیال قابل تراکم) وجود داشته باشد، اینگونه ضربانها عموماً مشکلی در سیستم بوجود نمی آورد (مانند پمپهای فسفات و هیدرازین بکار رفته در دیگهای بخار). لذا سیال قابل تراکم بالای مخزن این ضربانها را مستهلک می کند. اما در مواردی که وجود چنین ضربانهایی برای سیستم ایجاد مشکل بنماید، از محفظه هوا در خروجی این پمپها استفاده می شود . در شکل ۳-٤ این محفظه هوا نشان داده شده است.



شکل ۳-٤ محفظهٔ هوا

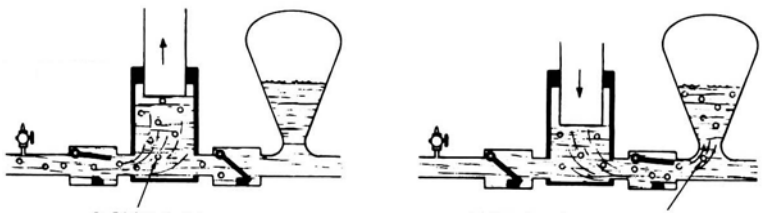
همچنین در شکل ۳-۵ عملکرد محفظه هوا ارائه شده است. سه وضعیت بالای شکل، حرکت پیستون به سمت پائین، باز بودن سوپاپ خروجی وپرشدن محفظه هوا رانشان میدهد. سه وضعیت نشان داده شده در قسمت پائین شکل، کاملاً برعکس قسمت بالای آن است.

در اثر تماس هوا با آب مقدار کمی از هوا در آب حل شده همراه باآب از پمپ خارج می شود . لذا متناسب با مدت زمان روشن بودن پمپ، بمرور زمان، مقدار هوای محفظه هوا کاهش می یابد ونهایتاً به صفر می رسد. در چنین مواردی عملاً کارآیی این محفظه از بین می رود.



شکل ۳-۵ عملکرد محفظهٔ هوا

در چنین شراطی برای جبران کاهش هوا، لازم است مقداری هوا به سیستم تزریق شود. در این گونه مواردی می توان شیر یکطرفه ای در بالاترین قسمت محفظه هوا برای این منظور تعبیه نمود. روش دیگری که استفاده می شود استفاده از یک شیر سماوری در مسیر لوله ورودی پمپ است، شکل ۳-٦. در قسمت سمت چپ پیستون بطرف بالا در حرکت بوده و عمل مکش در حال انجام است. در اثر وجو خلاء نسبی در لوله مکش و بازبودن شیر سماوری مقداری هوا نیز وارد سیلندر می شود.



شکل ۳-٦ چگونگی جبران کمبود هوا

در قسمت سمت راست که پیستون در حال پایین آمدن بوده و سوپاپ خروجی باز است، همراه با آب هوای وارد شده هم خارج شده ودر محفظه هوا جمع آوری می شود تا جبران کمبود هوا را بنماید .

مایع مورد استفاده در این پمپها معمولا" روغن، روغن محلول در آب و روغن هیدرولیک است . برای پمپ کردن آب نیز در مواردی که به فشارهای زیاد نیاز باشد، از این پمپ ها استفاده شده است.

کاربرد پمپهای پیستونی یکطرفه

در مواردی که برای شستشوی اتوموبیلها (Carwash) ازآب تحت فشار استفاده میشود، عموماً پمپ بکار رفته از نوع پیستونی یکطرفه می باشد. فشار این پمپها چنانچه نو باشند تا ۲۰۰bar هم می رسد. البته در بعضی موارد از پمپهای گریز ازمرکز نیز استفاده شده است .

در نیروگاههای بخاری برای کاهش سختی آب در دیگ بخار، نیاز به تزریق فسفات می باشد. در چنین مواردی پمپ بکار رفته از نوع پیستونی یکطرفه است. همچنین برای هوازدایی از آب سیکل از هیدرازین استفاده می شود، که پمپ هیدرازین نیز از نوع پیستونی یکطرفه است. جکهای مورد استفاده در کامیونها (برای بالا بردن کامیون وتعویض لاستیک) نیز پمپ پیستونی یکطرفه است. جکهای سوسماری بکار رفته در تعمیرگاهها نیز بر همین مبنا عمل می نمایند.

در موتورهای دیزل، برای بالا بردن فشار گازوئیل بمنظور پودرکردن آن (Atomizing) در سیلندر، از پمپهای انگشتی (Plunger) استفاده شده است .

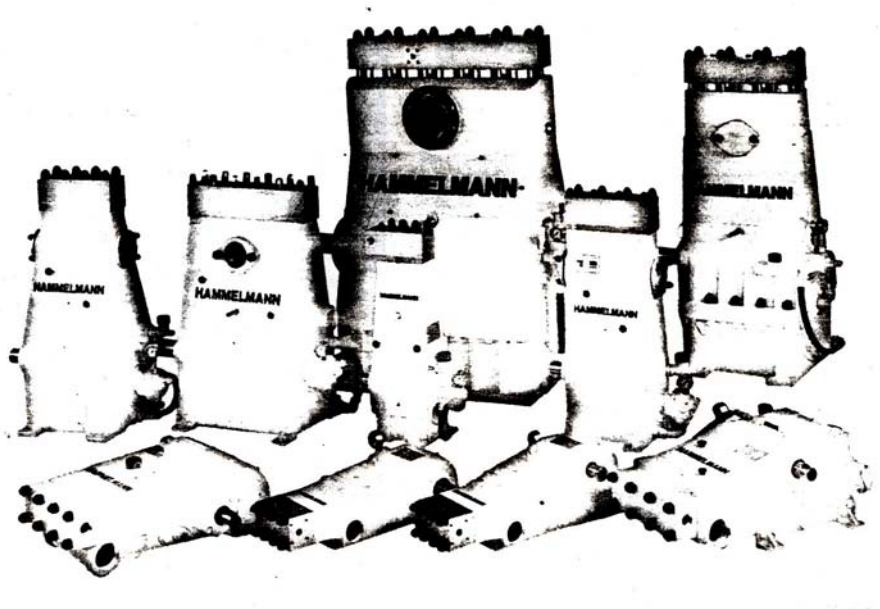
روغندانهای دستی و گریس پمپ نیز خود یک نوع پمپ پیستونی محسوب می شوند. برای برش فولاد با آب نیز از همین مدل پمپها استفاده شده است، زیر اساسی ترین مشخصهٔ این پمپها ایجاد فشار بسیار بالا توسط آنها است.

در توربینهای بخار برای بالا نگهداشتن محور توربوژنراتور، در راه اندازی اولیه تحت عنوان (Lifting Pump) یا (Jacking Oil Pump) و همچنین برای تست هیدرولیکی مخازن ، لوله ها و .... تحت عنوان (Hydrostatic Pressure Testing) از این مدل پمپها استفاده شده است.

خصوصیات پمپهای پیستونی یکطرفه

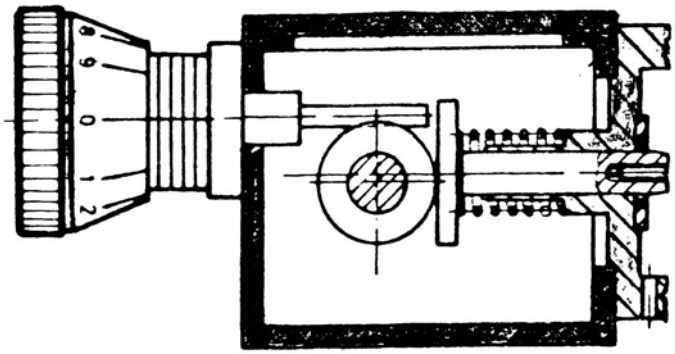
- **دبی خیلی کم**. نظر به اینکه متوسط سرعت مایعات درلوله ها حدود ۲ m/s در نظرگرفته میشود، لذا قطر لوله می تواند نشاندهندهٔ دبی باشد. در مورد پمپهای پیستونی می توان گفت که دبی آنها خیلی کم بوده ودرنتیجه قطر لولهٔ مربوط به این پمپها نیز کم است. حدود دبی برای این پمپها از ۱ lit/hr تا ۵۰۰۰lit/hr می باشد وبا توجه به سرعت ۲ m/s قطر لوله حداکثر حدود ۱ اینچ خواهد بود .

- **فشار خیلی زیاد**. در مواقعی که نیاز به فشارهای بسیار زیاد باشد این پمپها کاربرد مناسبی دارند. بعنوان مثال از فشار حدود ۲ bar تا ۲۵۰۰bar را می توان توسط اینگونه پمپها (نوع انگشتی یا Plunger) تامین کرد. در شکل۳-۷ نمونه ای از این پمپها نشان داده شده است.



شکل ۳-۷ پمپهای پیستونی با فشارهای بسیار بالا

- **تنظیم بسیار دقیق دبی**. توسط مکانیزمهای مختلفی می توان میزان دبی یا بعبارت بهتر میزان تزریق مایع پمپ شونده را تنظیم کرد. دو مکانیزم بکار رفته در این ارتباط در شکلهای ۳-۸ و۳-۹ نشان داده شده اند.

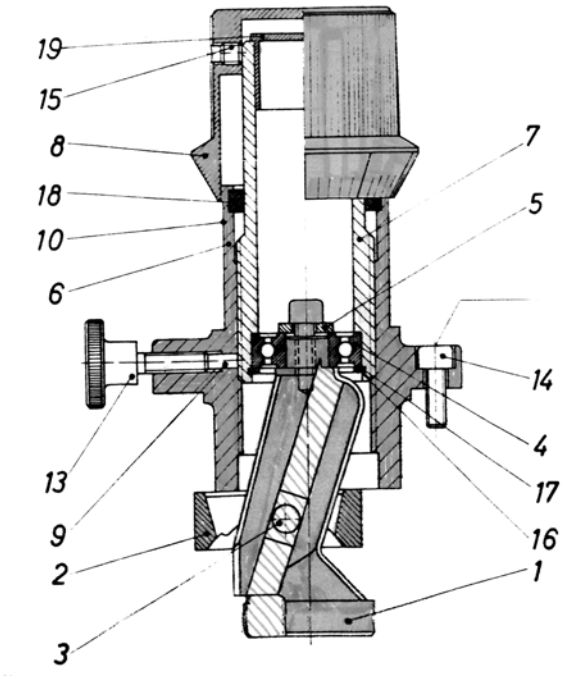


شکل ۳-۸ تنظیم بسیار دقیق دبی

یکی از مکانیزمهای تنظیم دبی (که در حقیقت کورس پیستون را بکمک آن می توان تنظیم کرد) در شکل۳-۸ نشان داده شده است. در اینجا با چرخاندن پیچ سمت چپ، میله مربوطه نیز حرکت کرده و در نهایت با آن می توان برگشت پیستون به سمت راست را محدود کرد. بعبارت دیگر اگر پیچ، تا انتها بسته شود با وجود روشن بودن موتور، پیستون هیچگونه حرکتی نخواهد داشت و دبی صفر میشود. برعکس اگر پیچ تا انتها باز شود، پیستون بدون هیچگونه محدودیتی تا انتهای کورس خود را طی خواهد کرد. ملاحظه میشود که مقدار دبی را از صفر تا صددرصد با دقت نسبتاً خوبی می توان تنظیم کرد. بعنوان مثال اگر پیچ تا انتها بسته شده وبه اندازه یک دور باز شود، در اینصورت طول کورس پیستون نیزمعادل گام پیچ خواهدبود.

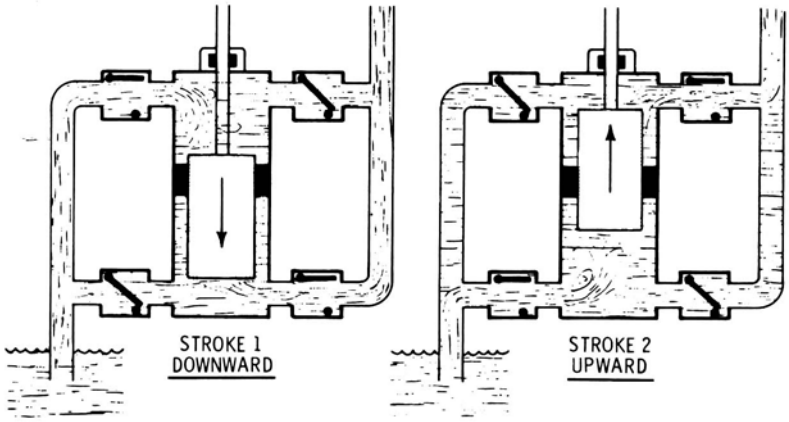
نکته قابل توجه دیگر اینکه یک دور چرخش پیچ نیز خود به چندین قسمت مساوی دیگر، روی قسمت بدنه پیچ تقسیم شده که میزان دقت تنظیم را بکمک آن میتوان افزایش داد. این تقسیم بندی ها روی شکل کاملاً مشخص است.

روش دیگری که بکمک آن می توان کورس پیستون و بدنبال آن، دبی این پمپها را تنظیم کرد، در شکل ۳-۹ نشان داده شده است .

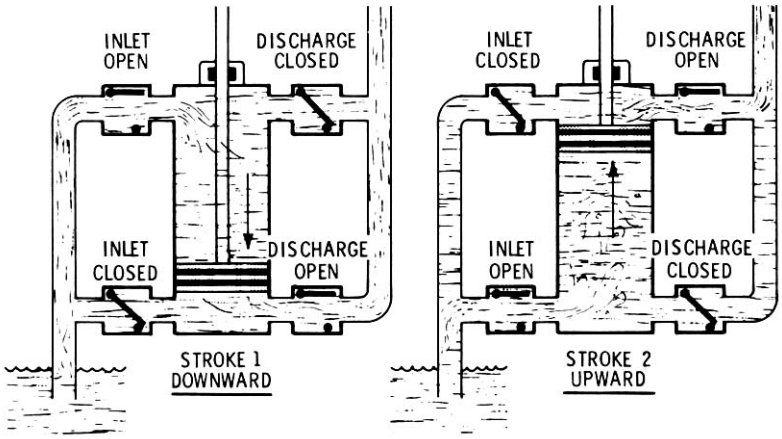


شکل ۳-۹ روش دیگری از تنظیم دبی در پمپهای رفت برگشتی

در بعضی کتب به پمپهای پیستونی دو طرفه یا پمپهای انگشتی دو طرفه نیز اشاره ای شده است. در شکلهای ۳- ۱۰و۳-۱۱طرز کار این پمپها نشان داده شده است. ملاحظه میشود که در این موارد نیاز به چهار سوپاپ می باشد دو ورودی و دو خروجی. چگونگی باز وبست سوپاپها با توجه به جهت حرکت پیستون کاملا"از روی شکل مشخص است. از لحاظ کاربرد در مقایسه با پمپهای پیستونی وانگشتی یکطرفه، این پمپها کاربرد بسیار کمتری دارند و برای افزایش دبی پمپ در یک سیکل به دو برابر و کاهش نوسان دبی در لولهٔ خروجی، کاربرد دارند.



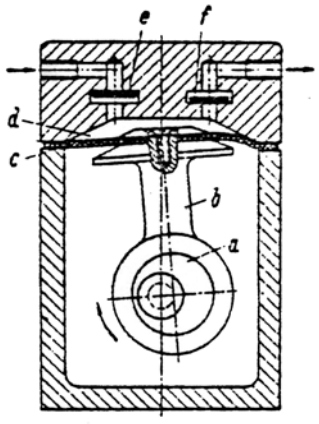
شکل ۳-۱۰ پمپ انگشتی دو طرفه



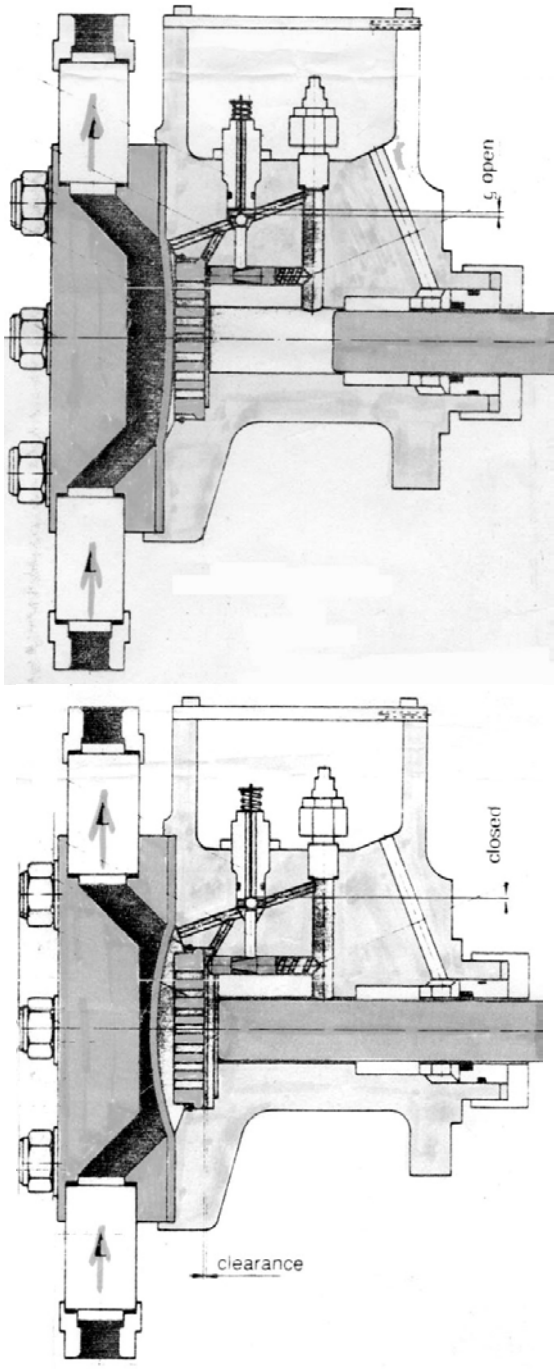
شکل ۳-۱۱ پمپ پیستونی دو طرفه

۳-۱-۳ پمپهای دیافراگمی **Diaphragm Pumps**

اساس کار این پمپها ونیز مکانیزم حرکت رفت وبرگشتی دیافراگم بسیار شبیه به پمپهای پیستونی وانگشتی است. با این تفاوت که به جای حرکت رفت وبرگشت پیستون، حرکت رفت و برگشتی دیافراگم مطرح است. در شکل۳-۱۲ مکانیزم عملکرد و قطعات مهم این پمپها نشان داده شده است. با حرکت دورانی محور موتور، این حرکت تبدیل به حرکت رفت و برگشتی شده و دیافراگم را بالا و پایین می برد. به دنبال آن سوپاپهای ورودی و خروجی نیز باز و بسته شده تا بتواند مایع را پمپ نماید.



شکل ۳-۱۲ پمپ دیافراگمی



شکل ۳- A۱۲

در شکل ۳- ۱۲ A نیز نمونهٔ دیگری از پمپهای دیافراگمی مورد استفاده در قسمت شیمی بعضی از نیروگاهها نشان داده شده است. در این نمونه ارتباط بین دیافراگم و اهرم رابط آن به صورت مکانیکی نیست، بلکه از روغن به عنوان واسطه برای افزایش عمر دیافراگم استفاده شده است.

در اینجا قبل از اینکه به جزئیات بیشتر راجع به این پمپها پرداخته شود بهتر است موضوع نشت (Leak) مورد بررسی قرار گیرد .

تعریف

شاید بطور خلاصه بتوان نشت را با عنوان **"دبی ناچیز ناخواسته"** بیان کرد. ناچیز بودن دبی از خصوصیات نشت است. زیرا اگر بنا به هر علتی میزان عبور سیال (از یا به سیستم) ناچیز نباشد، عموما" نشت نامیده نمی شود .

بعنوان مثال اگر قسمتی از یک لوله سوراخ باشد و میزان ناچیزی عبورسیال وجود داشته باشدمیتوان آنرا نشت نامید، اما اگر قسمتی از یک لوله شکسته باشد وعبور سیال نسبتا" زیاد باشد اصطلاح نشت در این مورد بکار برده نمی شود و در چنین شرایطی باید عیب را بطور کلی برطرف نمود.

مطلب بعد ناخواسته بودن نشت است، زیرا جابجا شدن سیال از منطقه پرفشار به منقطه کم فشار عموما" مطلوب نیست. البته درمواردی که سیستم آب بندی از پکینگ تشکیل شده باشد وجود نشت از پکینگها طبیعی است و از خصوصیات این سیستم آب بندی است .

علت

اساسی ترین علت نشت اختلاف فشار است، زیرا آنچه که باعث حرکت سیال می شود اختلاف فشار است نه خود فشار. در شرایط یکسان چنانچه اختلاف فشار افزایش یابد واضح است که میزان نشت نیز افزایش خواهد یافت .

محل

محل نشت در پمپها ویا هر دستگاه دیگری که با سیال سروکار داشته باشد، عموما" فاصله جدایی بین قطعات ثابت ومتحرک است. این مورد نشت که بدان اشاره شد ناشی از خصوصیات ثابت ومتحرک بودن قطعات ولقی بین آنها است. بعنوان مثال محل عبور محور ازپوسته، محل بین سوپاپها و نشیمن گاه (Seat) سوپاپ، محل بین رینگهای پیستون وسیلندر و .....

انواع

نظر به اینکه در بیشتر موارد فشار سیال داخل دستگاه (سیستم) از فشار بیرون بیشتر است، لذا امکان عبور سیال از سیستم به محیط از فاصله بین قطعات ثابت ومتحرک وجود دارد. اگر چنین موردی در عمل وجود داشته باشد، نظر به اینکه سیال از سیستم خارج شده است و به بیرون از آن هدایت شده، آن را نشت خارجی (External Leakage) می نامند.

چنانچه عبور سیال از بین قطعات ثابت ومتحرک داخل خود سیستم انجام شود و بعبارت بهتر سیال داخل سیستم هرز بچرخد (Circulate شود)، چون به محیط وارد نشده است، آن را نشت داخلی (Internal Leakage) می نامند، مانند عبور سیال از بین سوپاپ و نشمین گاه سوپاپ در پمپهای پیستونی یا دیافراگمی.

حال چنانچه موضوع نشت در پمپهای دیافراگمی مورد توجه واقع شود ملاحظه میشود که در پمپهای دیافراگمی بدلیل اینکه قطعات ثابت ومتحرک (مرتبط با نشت خارجی) ۲ قطعه نیستند ویک قطعه محسوب می شود (یعنی همان دیافراگم)، لذا در شرایط کار عادی در اینگونه پمپها، عملا" هیچگونه نشت خارجی وجود ندارد. بعبارت بهتر قسمت مرکزی دیافراگم متحرک و اطراف آن ثابت است و لذا دیافراگم، هم قطعه ثابت و هم قطعه متحرک محسوب می شود و چون دو قطعه مجزا نیست نشت خارجی در این پمپها همیشه صفر است.

بنابراین در مواردی که مایع پمپ شونده اسیدی، خورنده ، گران قیمت ، سمی ، آتشزا و .... باشد، پمپهای دیافراگمی بهترین انتخاب محسوب می شوند. همچنین اگر همراه سیال ذرات و ناخالصی های فیزیکی وجود داشته باشند، نیز از این پمپها استفاده می شود. بعنوان مثال پمپهای بنزین بکاررفته در اتوموبیلهای سواری عموماً از نوع دیافراگمی است. (البته در بعضی موارد به غلط سیفون نامیده می شود).

لازم به ذکر است که در پمپهای دیافراگمی با توجه به نحوه عملکرد سوپاپهای ورودی وخروجی، ملاحظه میشود که نشت داخلی همیشه وجود دارد. میزان این نشت به چگونگی آب بندی این سوپاپها بستگی دارد. به عبارت بهتر در همهٔ پمپها نشت داخلی وجود دارد.

چنانچه موضوع نشت از دیدگاه دیگری مورد توجه واقع شود، ملاحظه می شود که در پمپهای دیافراگمی نشت خارجی وجود ندارد. در سایر پمپها نشت خارجی به سیستم آب بندی کننده پمپ بستگی دارد. چنانچه این سیستم از نخ نسوز (Packing) تشکیل شده باشد، عموما" نشت خارجی در سیستم وجود خواهد داشت. ولی اگر از آب بند مکانیکی (Mechanical seal) استفاده شده باشد، نشت خارجی وجود ندارد .

در مورد نشت داخلی، می توان گفت که در تمام پمپها نشت داخلی وجود دارد. زیرا که قطعات ثابت ومتحرک وهمچنین اختلاف فشار (بدلیل ماهیت پمپ) در همه پمپها وجود دارد. البته پمپهای مخصوص (مانند اژکتور) چون قطعات متحرک ندارند، از این موضوع مستثنی هستند. بعبارت دیگر در اینگونه پمپها موضوع نشت داخلی اصلاً مطرح نیست .

۳-۲ پمپهای دورانی یا چرخشی (Rotary Pumps)

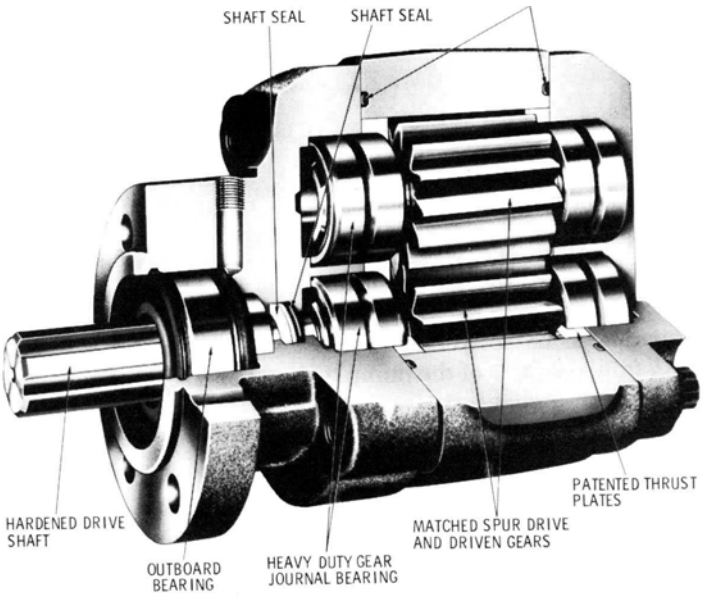
گروه دوم پمپهای جابجایی مثبت را پمپهای چرخشی (دورانی) تشکیل میدهند، که این گروه خود به سه بخش دنده ای (Gear) ، پره ای(Vane) و پیچی (Screw) تقسیم بندی شده اند.

۳-۲-۱ پمپهای دنده ای **Gear Pumps**

اساسی ترین اجزاء تشکیل دهنده این پمپها (همانطور که از نام آنها نیز مشخص است) دو چرخ دنده و یک پوسته می باشند. چنانچه دو چرخ دنده در خارج از هم واقع شده باشد آن را پمپ دنده ای خارجی(External Gear Pump) واگر داخل هم واقع شده باشند آن را پمپ دنده ای داخلی (Internal Gear Pump) می نامند .

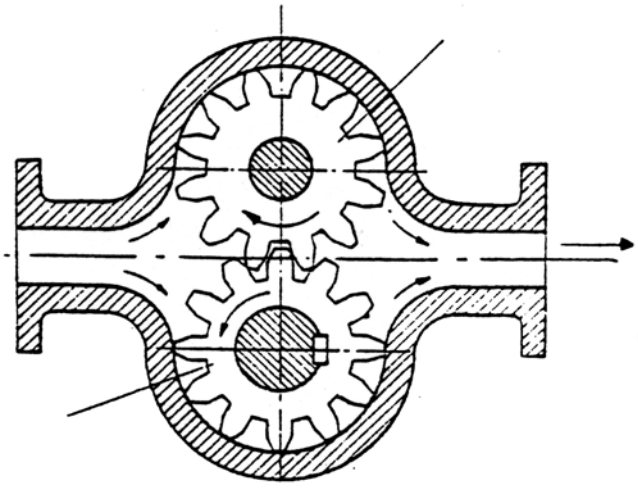
۳-۲-۱-۱ پمپ دنده ای خارجی (External Gear Pump)

در شکل۳-۱۳چگونگی قرار گرفتن دو چرخ دنده وبلبرینگهای مربوطه نشان داده شده است. در این پمپ، محور چرخ دنده پائین، از سمت راست در داخل پوسته قرار گرفته اما از سمت چپ از پوسته بیرون آمده تا بتواند به موتور محرک وصل شود. لذا چرخ دنده پائین بعنوان محرک محسوب میشود. محور چرخ دنده بالایی همانطور که در شکل نیز ملاحظه می شود از دو طرف در داخل پوسته قرار گرفته و بعنوان چرخ دنده متحرک عمل می نماید. هردو چرخ دنده از لحاظ شکل دنده ها، تعداد آنها و ..... کاملاً مشابه هم می باشد .



شکل ۳-۱۳ پمپ دنده ای خارجی

در شکلهای ۳-۱٤ و ۳-۱۵ برش خوردۀ این پمپها مشخص شده است. در اینجا نیز مانند شکل قبلی چرخ دنده پائینی محرک بوده و چرخ دنده بالایی متحرک است. چنانچه چرخ دنده محرک در جهت عکس عقربه های ساعت بچرخد، واضح است که چرخ دنده متحرک در جهت عقربه های ساعت خواهد چرخید. با چنین شرایط اولیه ای، ورودی این پمپ سمت چپ خواهد بود و خروجی سمت راست. یعنی مایع ورودی پس از اینکه از لوله سمت چپ وارد پمپ شد، در فضای خالی بین دنده ها محبوس شده سپس از قسمت بالای پمپ (در جهت عقربه های ساعت) و از قسمت پائین پمپ (در جهت عکس عقربه های ساعت) به سمت راست هدایت می شود .



شکل ۳-۱٤ برش خوردۀ یک پمپ دنده ای خارجی

در سمت راست یک دنده از چرخ دنده محرک، وقتی بخواهد بین دو دندۀ نظیر از چرخ دندۀ متحرک واقع شود، مایع حبس شدۀ بین آن دو دنده را، به سمت راست به بیرون هدایت می کند (هل میدهد) و این موضوع برای سایر دنده ها از هر دو چرخ دنده صادق است.

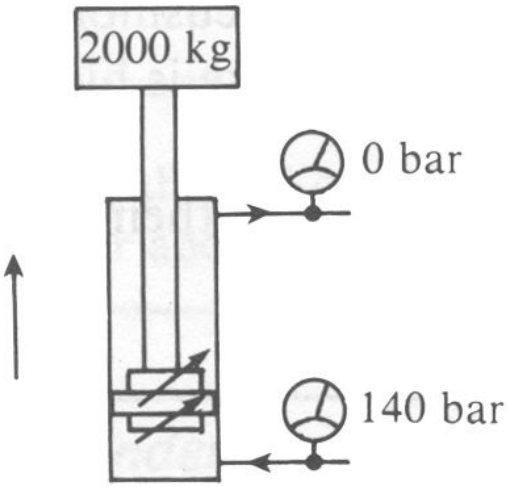
شکل ۳-۱۵ برش خوردۀ یک پمپ دنده ای خارجی

ملاحظه می شود که با وجود اینکه محورها حرکت دورانی دارند، ولی اساس کار این پمپها بسیار شبیه به پمپهای پیستونی است وبه همین دلیل است که آنها جزء پمپهای جابجایی مثبت محسوب شده اند. از لحاظ تشابه با پمپهای پیستونی، سمت چپ که دنده ها از هم جدا می شوند (مشابه حالتی است که در پمپ پیستونی مکش بوجود می آید) ولذا مایع وارد پمپ میشود. سمت راست که دنده ها درگیر می شوند، (مشابه حالتی که در پمپ پیستونی فشار بوجود می آید ومایع به سمت خروجی هدایت می شود) مایع به سمت خروجی رانده می شود .

دبی پمپهای دنده ای (داخلی یا خارجی) در حدود ۱ تا ۱۰۰ متر مکعب در ساعت متغیر است. ضمناً فشار ایجاد شده توسط این پمپها بین ۲bar تا ۲۰۰bar می باشد .

عکس العملی بودن فشار

با توجه به نحوه علمکرد این پمپها (و بطور کلی پمپهای جابجایی مثبت)، می توان گفت که فشار در این پمپها عکس العملی است. به عبارت دیگر چون طبق قانون پاسکال، فشار وارد بر یک نقطه از مایع عیناً به جمیع نقاط آن مایع منتقل می شود، لذا در این پمپها نیز فشار به میزان بار وارد شد ه به پمپ بستگی دارد. به عنوان مثال چنانچه در یک سیستم هیدرولیک جرثقیل، مانند شکل زیر قرار باشد وزنه ای جابجا شود فشار ایجاد شده توسط پمپ به وزن وزنه بستگی دارد، شکل ۳-۱۶.

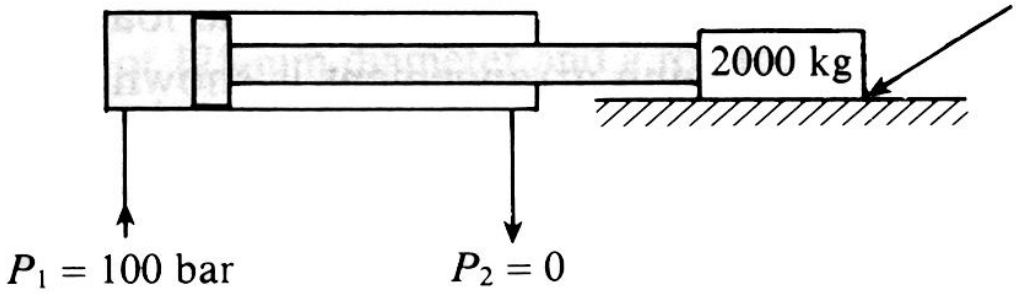


شکل ۳-۱۶ عکس العملی بودن فشار

اگر هیچگونه وزنه ای به قلاب جرثقیل متصل نباشد، فشار پمپ تا اندازه ای افزایش می یابد، که بتواند پیستون و قلاب وسایر متعلقات راحرکت دهد. چنانچه به قلاب وزنه ای متصل شود دراین صورت پمپ متناسب باوزن وزنه، فشار خود را افزایش می دهد تا بتواند آن وزنه را حرکت دهد. بعبارت بهتر طبق فرمول :

$$P = \frac{F}{A}$$

(با توجه به ثابت بودن سطح مقطع)، ملاحظه می شود که فشار متناسب با نیرو تغییر می کند. بدین مفهوم که در این پمپها فشار تابع بار وارد شده به جرثقیل است وبه هیمن دلیل است که می توان گفت در این پمپها فشار عکس العملی است، شکل ۳-۱۷.

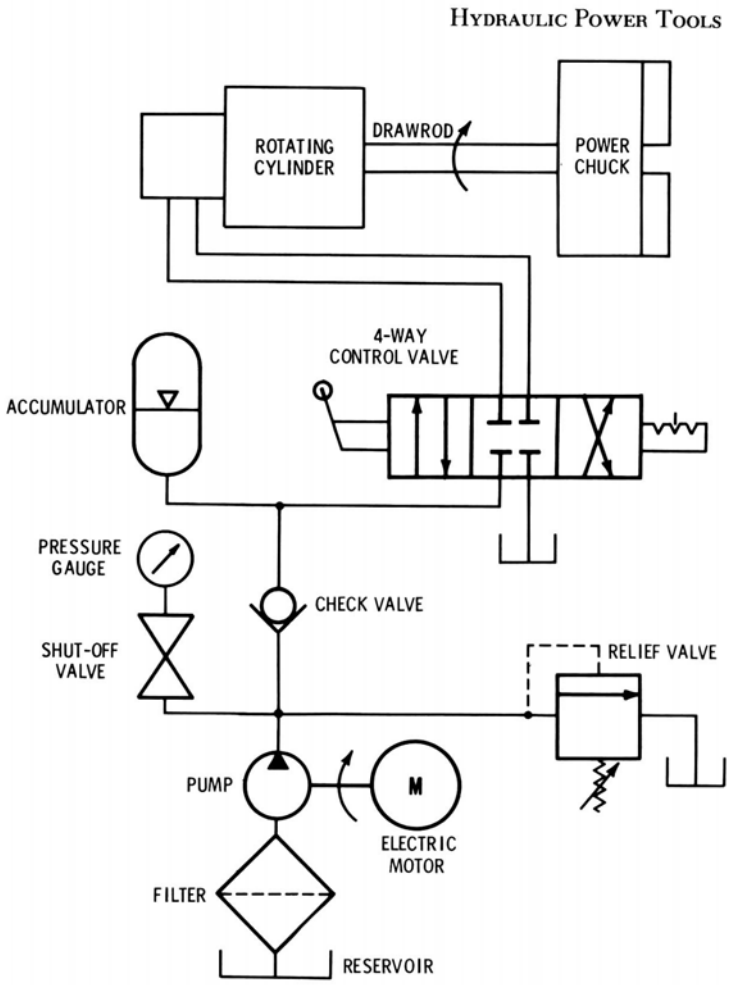


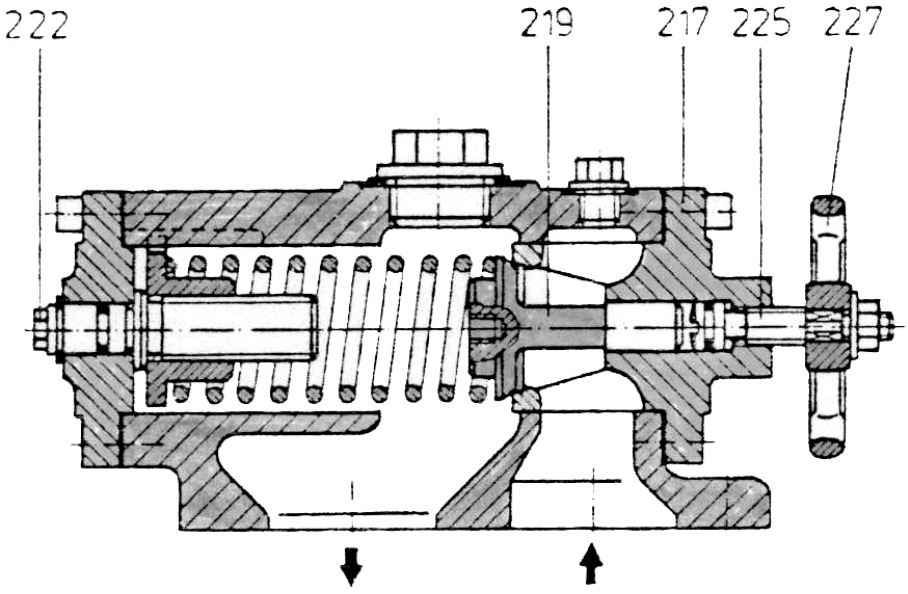
شکل ۳-۱۷ عکس العملی بودن فشار

حفاظت در برابر بار بیش از حد تحمل توسط شیر آزاد کنندهٔ فشار (Pressure, Relief Valve)

چنانچه در مثال فوق بار اعمال شده به جرثقیل از حد تحمل آن بیشتر شود، واضح است که موجب وارد شدن خسارت به سیستم خواهد شد. نقشه مدار هیدرولیک یک ماشین ابزار در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است .

ملاحظه میشود که اگر بار اعمال شده به پمپ پیش از حد تحمل پمپ باشد، باعث افزایش فشار خروجی پمپ خواهد شد. در چنین مواردی شیر آزاد کننده فشار(Relief Valve) عمل کرده وهمانطور که از شکل پیداست، این شیر مسیر خروجی پمپ را، به مخزن روغن هدایت می کند، تا بار از روی پمپ برداشته شده واز بروز خسارت جلوگیری نماید. نکته ای که لازم است به آن توجه شود نقش شیر آزاد کننده فشار (Relief Vale) است. این شیر فقط در مواردی که فشار خروجی پمپ از فشار تنظیم شده آن بیشتر شود، عمل خواهد کرد ولذا وظیفه حیاتی آن حفاظت (Protection) از سیستم است نه اینکه هدف از آن کنترل فشار در سیستم باشد.



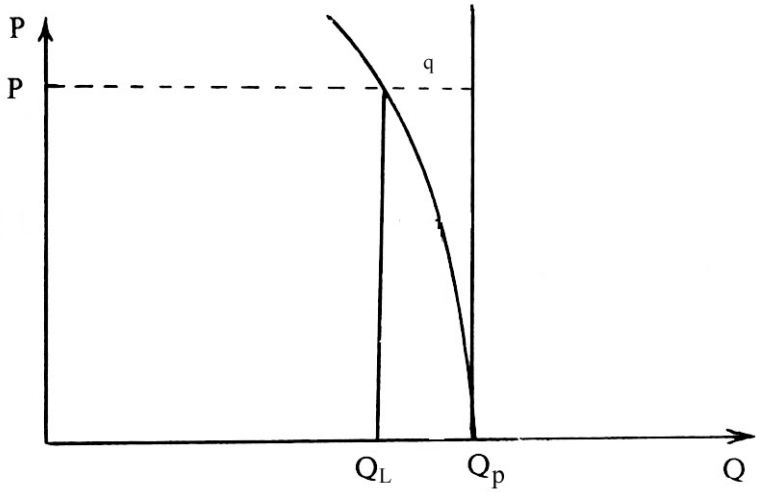


شکل ۳-۱۸ حفاظت پمپ به کمک Relief Valve و جزئیات آن

نشت داخلی Internal leakage

در قسمت نشت به انواع نشت اشاره شد. در این پمپ ها با توجه به وجود اختلاف فشار وهمچنین فاصله بین قطعات ثابت ومتحرک (از قبیل پوسته و چرخ دنده ها)، نشت داخلی وجود دارد. چنانچه منحنی تغییرات فشار برحسب دبی (P-Q) برای این پمپها مورد توجه قرار گیرد، ملاحظه می شود که منحنی تئوری در چنین مواردی بصورت یک خط عمودی بوده وبا فرض براینکه دور پمپ ثابت باشد، مقدار دبی تئوری این پمپها نیز ثابت خواهد بود، شکل (۳-۱۹). بدین مفهوم که دبی پمپ Q_p بوده و دبی نشت داخلی q است، لذا دبی لوله یعنی Q_L عبارت است از :

$$Q_L = Q_p - q$$



شکل ۳-۱۹ منحنی فشار بر حسب دبی در پمپهای چرخشی

بعنوان مثال چنانچه در یک فشار معین دبی پمپ مساوی ۱۲ واحد (Q_p = ۱۲) منظور شود ودبی نشت داخلی مساوی ۲ واحد(q = ۲) ،در اینصورت دبی لوله مساوی ۱۰ واحد خواهد بود.

$$Q_L = Q_p - q = ۱۲ - ۲ = ۱۰$$

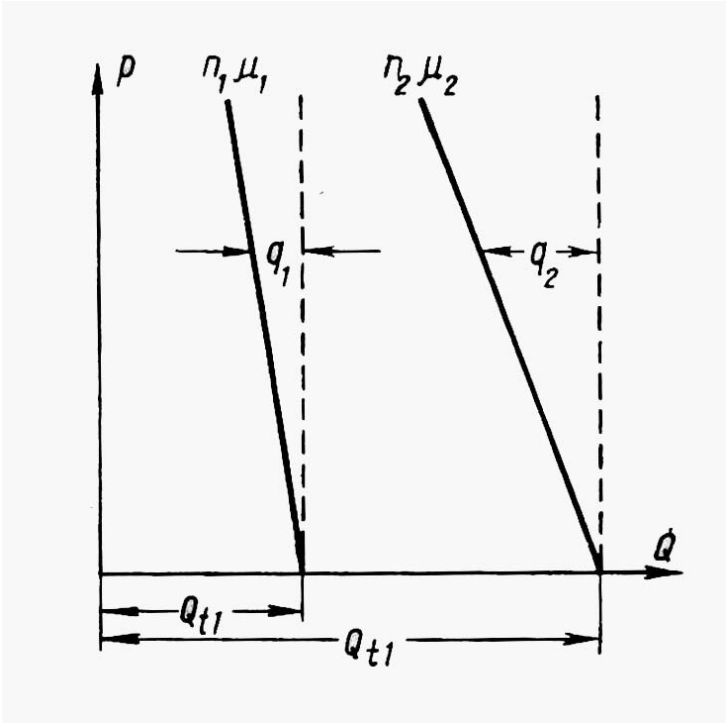
نکته قابل توجه در اینجا این است که بدلیل وجود نشت داخلی، دبی پمپ و دبی لوله همیشه با هم متفاوت هستند وآنچه که برای بهره بردار پمپ مهم است دبی لوله است نه دبی پمپ.

واضح است که اختلاف دبی های مذکور همان نشت داخلی پمپ را نشان می دهد که به آن اشاره شد. مطلب قابل ذکر دیگر اینکه اگر از نشت خارجی صرفنظر شود، دبی جرمی لوله ورودی و دبی جرمی لوله خروجی همیشه با هم مساویند (با توجه به قانون بقاء جرم). ذکر این نکته از این بابت ضروری است که بعضی افراد ممکن است تصور کنند چون نشت داخلی در پمپ وجود دارد، لذا دبی خروجی کمتر از دبی ورودی خواهد بود، در صورتی که چنین نیست. یعنی همانطور که اشاره شد دبی ورودی و خروجی همیشه با هم مساویند، البته به شرطی که از نشت خارجی صرفنظر شود.

با توجه به موارد فوق می توان راندمان حجمی را بصورت زیر تعریف کرد .

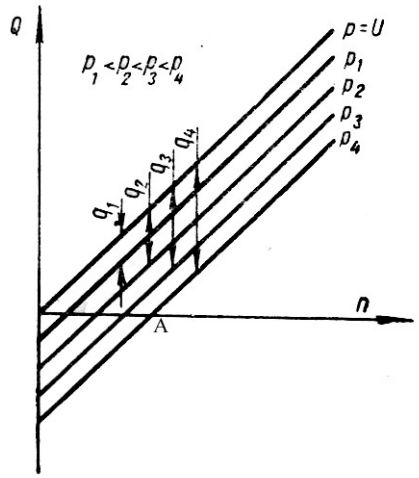
$$\eta_v = \frac{Q_{L1}}{Q_{P1}} = \frac{10}{12}$$

حال چنانچه دور از مقدار n۱ به n۲ افزایش یابد منحنی های تئوری (خط چین) و واقعی (خط پر) Pبرحسب Q به سمت راست شیفت پیدا می کنند. ملاحظه می شود که در دور جدید نیز همان مطالب قبلی صادق است.



شکل ۳- ۲۰ اثر تغییرات دور بر منحنی مشخصهٔ پمپهای چرخشی

در شکل۳-۲۱ منحنی تغییرات دبی لوله (Q) برحسب دور (n) در فشارهای مختلف رسم شده است. با اندکی دقت در این شکل می توان ارتباط بین دبی و فشارو دور را در این پمپها ملاحظه کرد .



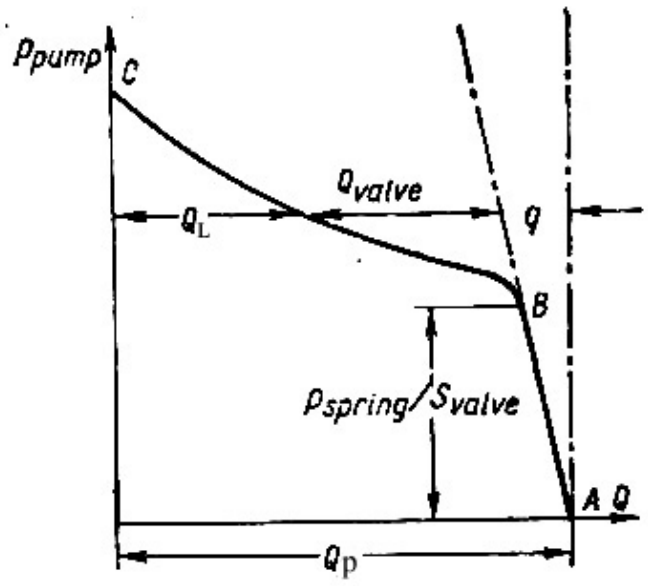
شکل ۳-۲۱ منحنی تغییرات دبی لوله بر حسب دور در فشارهای مختلف

بعنوان مثال چنانچه فشار خروجی پمپ P٤ باشد، پمپ باید یک حداقل دور معین را داشته باشد تا دبی لوله صفر شود (بدین مفهوم که دبی پمپ و دبی نشت مساوی شوند) یعنی نقطه A . از این نقطه به بعد ملاحظه میشود که دبی لوله بطور خطی با افزایش دور افزایش خواهد یافت.

مطلب جالبتر اینکه در دور صفر (یعنی وقتی پمپ خاموش است) چون فشار خروجی پمپ P٤ است، دبی لوله منفی خواهد شد. یعنی مقداری مایع در قسمت خروجی پمپ به قسمت ورودی برگشت برگشت داده میشود.

علاوه بر موارد فوق در مورد دبی از شکل ۳-۲۲، می توان دبی شیر آزاد کنندهٔ فشار رانیزملاحظه کرد. همچنان که مشاهده می شود، اگر فشار خروجی پمپ افزایش یابد، بطوری که باعث باز شدن این شیر شود، کل دبی پمپ یعنی Q_p به سه قسمت بشرح زیر تقسیم می شود.

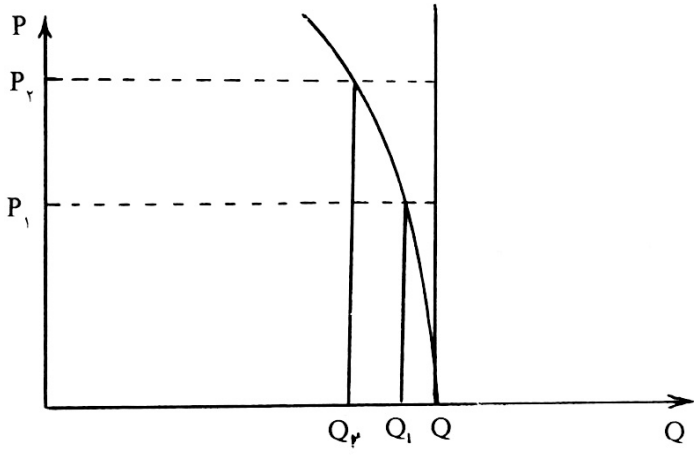
$$Q_p = Q_L + Q_{valve} + q$$



شکل ۳-۲۲ تغییرات فشار و دبی برای Relief Valve

عوامل موثر بر نشت داخلی :

در شکل ۳-۲۳ مجددا" منحنی تغییرات فشار(P) برحسب دبی (Q) در پمپهای چرخشی رسم شده و چگونگی ارتباط بین آنها قابل ملاحظه است.



شکل ۳-۲۳ منحنی فشار بر حسب دبی در پمپهای چرخشی

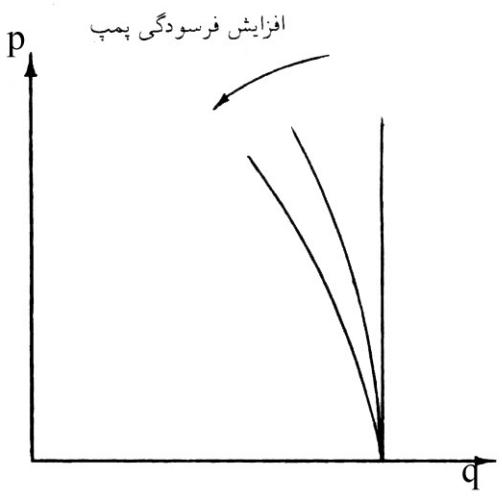
مهمترین عواملی که موجب تغییرات دبی نشت یعنی q میشوند، بشرح زیر خواهند بود. لازم به ذکر است که در موارد ذکر شده زیر فقط پارامتر مطرح شده تغییر می کند وسایر پارامترها ثابت فرض شده اند.

الف) افزایش فشار خروجی P

از روی شکل۳-۲۳ کاملاً پیداست که چنانچه فشار از P۱ به P۲ افزایش یابد و دور پمپ ثابت باشد، دبی نشت از q۱ به q۲ افزایش می یابد. چون دور پمپ ثابت است لذا Q_P ثابت مانده در نتیجه مقدار Q_L یعنی دبی لوله کاهش خواهد یافت. در عمل نیز این موضوع کاملا" مشهود است. بدین مفهوم که اگر فشار خروجی افزایش یابد، با فرض براینکه فشار ورودی ثابت مانده باشد، عملا" اختلاف فشار افزایش یافته ونشت داخلی نیز به تبع آن افزایش می یابد.

ب) فرسودگی پمپ

در اینجا نیز چنانچه فقط فرسودگی پمپ مورد توجه باشد، یعنی اینکه شرایط کاری پمپ در یک فاصله زمانی مثلا" ۵ ساله (ابتدا وانتهای ۵ سال) مورد توجه قرار گیرد. همانطور که بیان شد، سایر پارامترها ثابت باقی بمانند، در این صورت شکل ۳-۲٤ را خواهیم داشت.

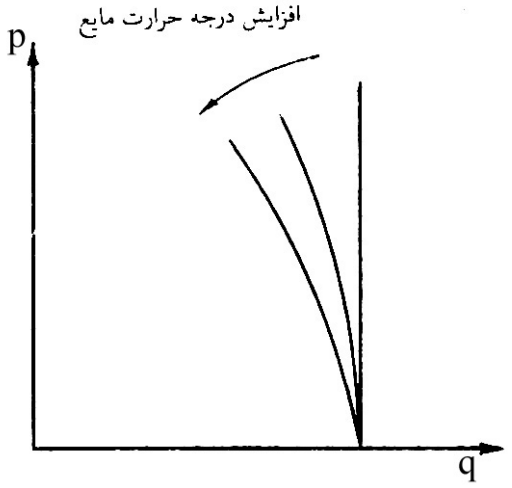


شکل ۳-۲٤ اثر فرسودگی پمپ بر منحنی مشخصه

در شکل کاملا" پیداست که افزایش فرسودگی به مفهوم افزایش لقی بین قطعات ثابت و متحرک و افزایش نشت داخلی خواهد بود. یعنی در یک فشار خروجی ثابت P، میزان نشت داخلی از q به q_1 افزایش یافته لذا Q_L کاهش خواهد یافت.

ج) کاهش چسبندگی (ویسکوزیته) مایع پمپ شونده

این مورد نیز مشابه قسمت (ب) خواهد بود، یعنی اگر چسبندگی مایع به دلیل افزایش درجه حرارت، کاهش یابد (یا بعبارت بهتر مایع روانتر وشل تر شود)، در اینصورت نشت داخلی افزایش یافته و دبی لوله کاهش یافت.

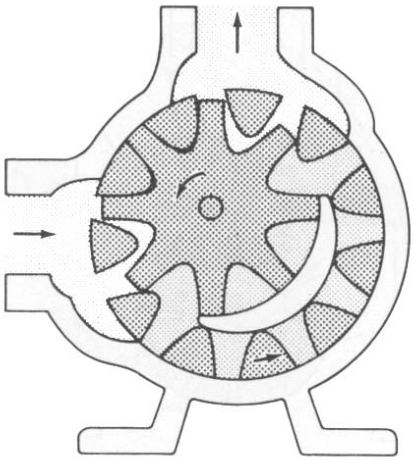


شکل ۳-۲۵ اثر چسبندگی مایع بر منحنی مشخصه

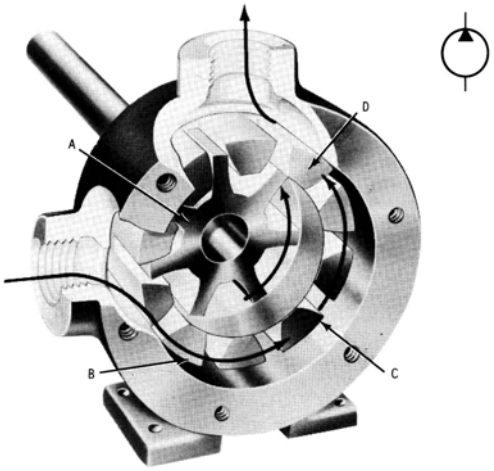
۳-۲-۱-۲ پمپهای دنده ای داخلی Internal Gear Pump

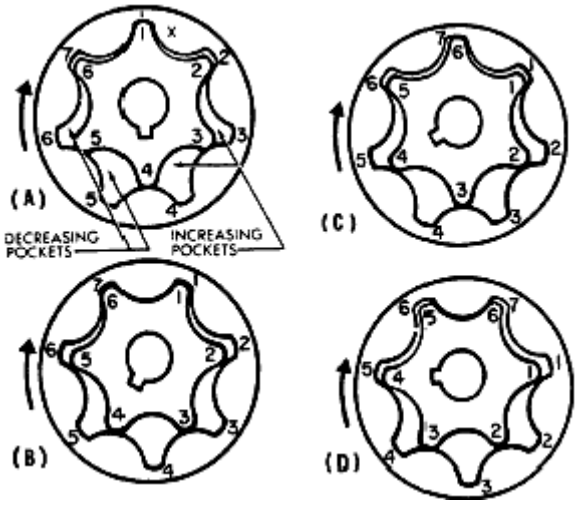
اصول کار این پمپها بسیار شبیه به پمپهای دنده ای خارجی است، با این تفاوت که دایره های گام دو چرخندهٔ در گیر با هم مماس داخلی هستند. به عبارت بهتر یک چرخدنده بزرگتر است و چرخدنده دیگر که کوچکتر است، داخل آن حرکت می کند. چون دنده های درگیر باید دارای گامهای مساوی باشند، لذا تعداد دنده های چرخ دنده بزرگتر بیش از تعداد دنده های چرخ دنده کوچکتر است. نمونه ای از این پمپمها در شکلهای ۳-۲٦ و ۳-۲۷ نشان داده شده است.

کلیه مطالبی که در مورد پمپهای دنده خارجی (خصوصاً نشت داخلی) بیان شد در مورد این پمپها نیز صادق است.



شکل ۳-۲۶ نمونه ای ازیک پمپ دنده ای داخلی

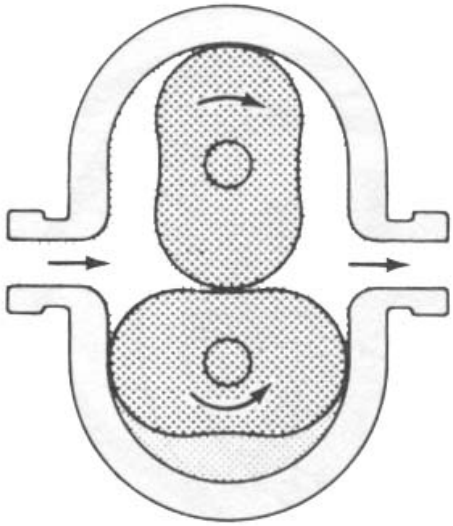




شکل ۳-۲۷ نمونه های دیگری از یک پمپ دنده ای داخلی

۳-۲-۲ پمپ گوشواره ای

این پمپها نیز بسیار شبیه پمپهای دنده ای خارجی بوده وتفاوت عمدهٔ آنها با پمپهای دنده ای خارجی در تعداد دنده های آن است. نمو نه ای از آنها در شکل ۳-۲۸ نشان داده شده است.



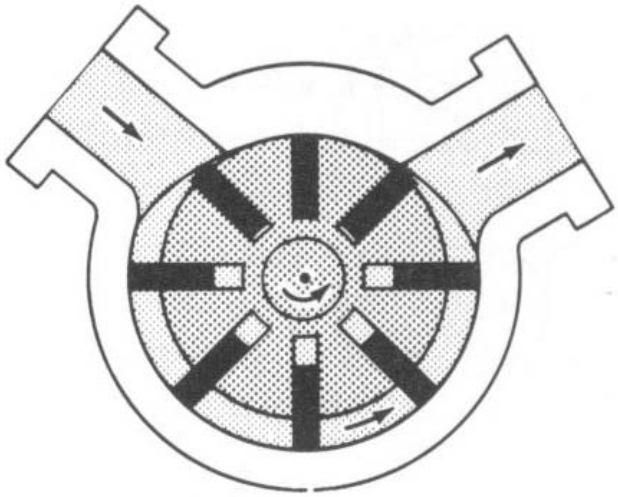
شکل ۳-۲۸ پمپ گوشواره ای

از چنین پمپهایی در بعضی از موارد برای ایجاد خلأ نیز استفاده می شود. به عنوان مثال برای تخلیه چاههای فاضلاب و حمل فاضلاب که در قدیم از تانک استفاده می شد، سیستم ایجاد خلأ در تانک نیاز به چنین پمپهایی داشت. همچنین در تصفیه خانه های آب نیز در بعضی موارد برای شست شوی برعکس در فیلترهای شنی از چنین پمپهایی (البته نه به عنوان پمپ بلکه به عنوان کمپرسور) استفاده می شود. اصطلاحاً چنین شست و شویی Backwash نامیده می شود. در چنین مواردی که از این مدل پمپها به عنوان کمپرسور استفاده میشود، هنگام روشن بودن آن صدای نسبتاً زیادی نیز به گوش می رسد.

مکانیزم انتقال حرکت در این مدل پمپها، استفاده از چرخ دنده (Timing gear) است و انرژی مکانیکی از چرخدندهٔ محرک به چرخدندهٔ متحرک توسط این چرخدنده ها انتقال می یابد. به عبارت بهتر خود دنده های اصلی فقط برای انتقال سیال به کار می روند نه برای انتقال انرژی، و لذا هیچگونه تماس مکانیکی با هم ندارند. در چنین مواردی به دلیل تماس نداشتن دنده ها با هم عمر آنها بیشتر خواهد بود ولی اشکال آن پایین بودن راندمان حجمی است، زیرا نشت داخلی زیاد است.

۳-۲-۳ پمپهای پره ای یا تیغه ای Vane Pumps

درشکل۳-۲۹ یک نمونه از این پمپها ارائه شده است. قسمت متحرک در این پمپها به صورت یک استوانه بوده که دارای چندین شیار است. داخل هر کدام از این شیارها یک تیغه قرار دارد.



شکل ۳-۲۹ پمپ پره ای

به عنوان مثال در شکل نشان داده شده برای این پمپ همانطور که ملا حظه می شود، ۸ شیار و ۸ عدد تیغه به کار رفته است. در اثر حرکت دورانی روتور در جهت عکس عقربه های ساعت و همچنین در اثر نیروی گریز از مرکز، تیغه ها از درون شیارها به سمت بیرون حرکت کرده تا به پوسته برسند. در چنین شرایطی سیال وارد شده به پمپ دیگر اجازهٔ برگشت از پمپ را نخواهد داشت و االزاماً به سمت خروجی رانده می شود.

شکل ۳-۳۰ پمپ پره ای

از این پمپها برای پمپ کردن مایعات چسبنده از قبیل روغن و گازوییل استفاده می شود. به عنوان مثال پمپهای مورد استفاده در بعضی از تعویض روغنی ها برای تخلیهٔ روغن از بشکه های روغن از همین نوع است. همچنین پمپهای به کار رفته در سیستم هیدرولیک فرمان در بعضی از کامیونها (ازقبیل کامیونهای Volvo) از نوع پره ای است. درسیستم هیدرولیک بعضی از دستگاههای تزریق مواد پلاستیک، برای تحت فشار قراردادن روغن نیز از این مدل پمپها استفاده شده است. اصطلاح پمپ کارتریجی نیز برای این پمپها به کار رفته است. چنانچه از این سیستم به عنوان پمپ استفاده شده باشد، جنس تیغه ها عموماً از فولاد میباشد، اما اگر به عنوان کمپرسور به کاررفته باشند، جنس تیغه ها از فیبر خواهد بود.

شکل ۳-۳۱ نمونهٔ دیگری ازیک پمپ پره ای

عموماً این پمپها چنانچه در دورهای بیش از ۳۰۰ دور در دقیقه کار کنند، سر و صدای زیادی خواهند داشت.

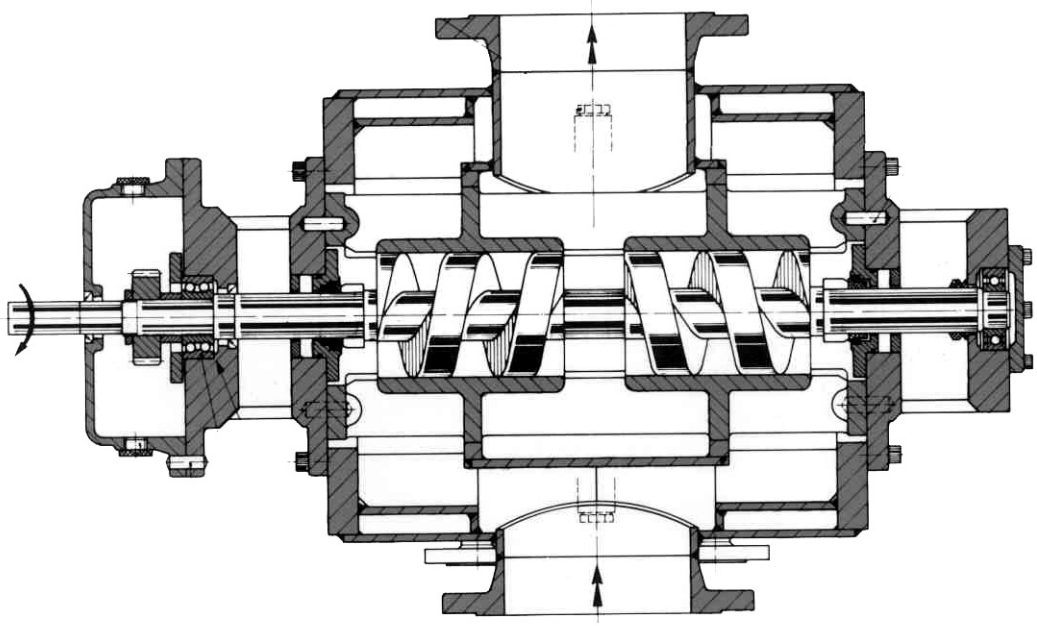
چانچه سیال تحت فشار وارد این مدل پمپها شود، واضح است که محور این پمپ خواهد چرخید. در این صورت کار یک موتور را انجام خواهدداد که به آن هیدرو موتور گفته می شود، مانند سیستم آچارهای بادی به کار رفته در آپاراتی ها. مزیت استفاده از چنین سیتمی به عنوان موتور، تأمین گشتاور ثابت برای محکم کردن پیچها است.

۳-۲-٤ پمپهای پیچی **Screw Pumps**

اساس کار این پمپها دقیقاً شبیه طرز کار چرخ گوشت است. در این پمپها قسمت دوار به صورت مارپیچ ساخته شده و پس از روشن شدن موتور این قسمت دوار که در حقیقت همان محور یا شافت پمپ است نیز حرکت دورانی خواهد داشت. در اثر وجود سیستم مارپیچ، با وجود حالت حلزونی در محور، سیال موجود در پمپ در امتداد محور به سمت بیرون از پمپ رانده می شود. پمپهای پیچی خود به سه گروه تقسیم بندی می شوند. یک محوره ، دو محوره و سه محوره.

۳-۲-٤-۱ پمپهای پیچی یک محوره

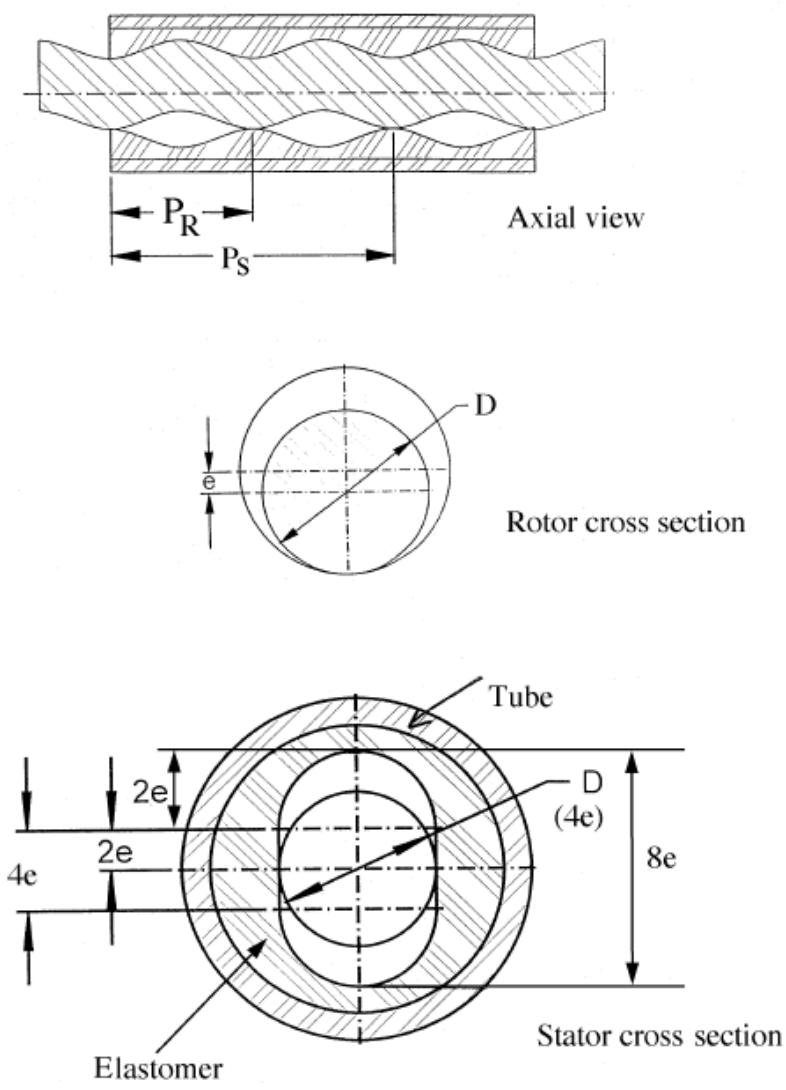
اساساً این پمپها، یک محور به صورت مارپیچ داشته که درصورت روشن بودن پمپ، این محور به چرخش در آمده و مایع را تحت فشار قرار می دهد. طرز کار این پمپها بسیار شبیه چرخ گوشت بوده و در اثر وجود برآمدگی و فرو رفتگی در محور پمپ، مایع درامتداد محور حرکت کرده و فشارش افزایش مییابد. نمونه ای از این پمپها در شکل ۳-۳۲ نشان داد شده است.



شکل ۳-۳۲ پمپ پیچی یک محوره

شکل ۳-۳۳ نیز طرح دیگری از این پمپها را نشان می دهد. چگونگی عملکرد این پمپها از روی شکل مشخص است. در این مدل از پمپها گام دنده ای استاتور دو برابر گام روتور است. در مقایسه با سایر پمپهای جابجایی مثبت، این پمپها (البته نمونه ای که در شکل ۳-۳۳ نشان داده شده است) مقداری شرایط

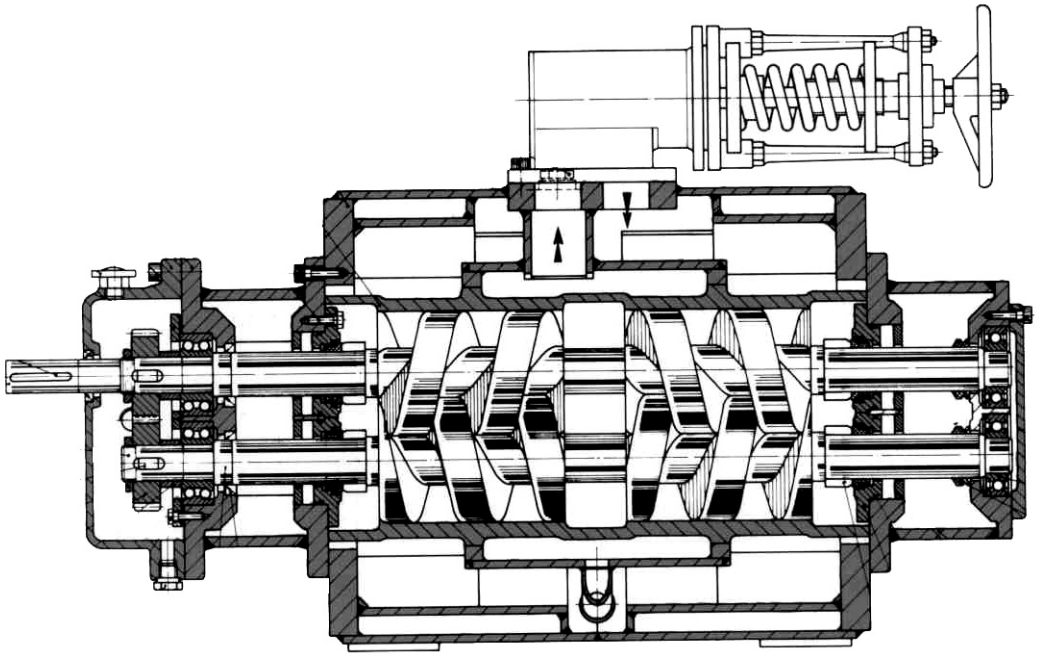
استثنایی دارند، بدین مفهوم که امکان پمپ کردن مایعاتی که همراه با آنها گاز یا حتی مواد جامد نیز وجود دارد، را فراهم می سازند. به عنوان مثال در تصفیه خانه های فاضلاب برای پمپ کردن لجن برگشتی در بعضی از موارد از این پمپها استفاده شده است. از لحاظ مقایسه می توان گفت که طرز کار این پمپها ترکیبی از طرز کار پمپهای پیستونی و پمپهای چرخشی است.



شکل ۳-۳۳ نمونهٔ دیگری ازپمپ پیچی یک محوره

۳-۲-٤-۲ پمپ پیچی دو محوره

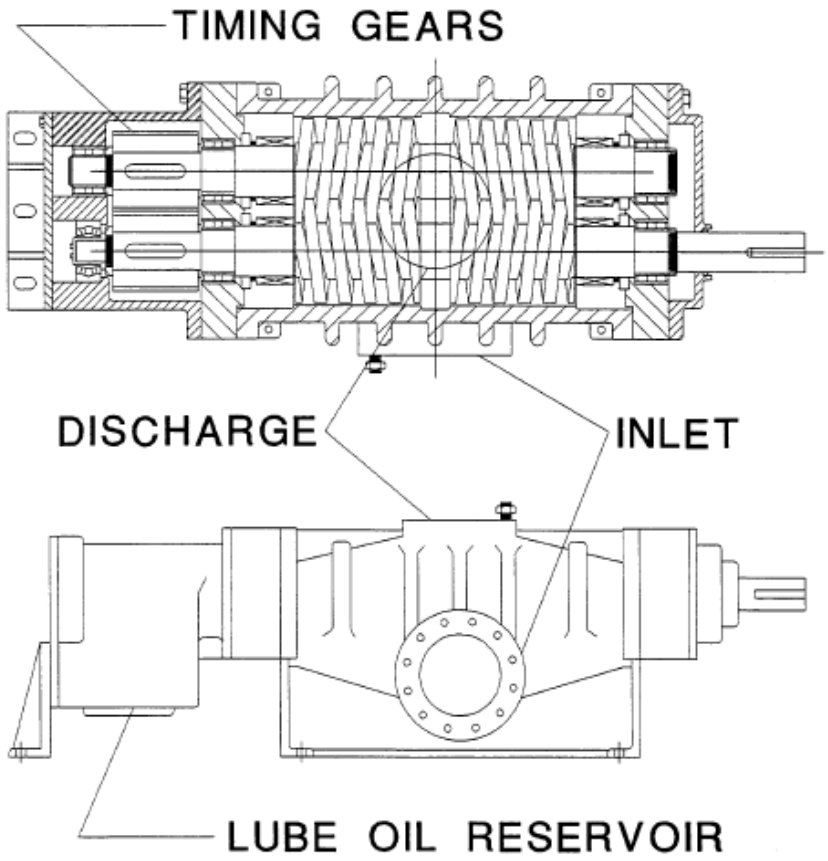
این پمپ نیز شبیه پمپ پیچی یک محوره است با این تفاوت که به جای یک محور دو محور در در پوسته قرار داشته و ضمن تماس داشتن با هم، در اثر چرخش، امکان به حرکت درآوردن مایع و تحت فشار قرار دادن آن را خواهند داشت. شکل ۳-۳٤ یک نمونه از این پمپها را نشان می دهد.



شکل ۳-۳٤ پمپ پیچی دو محوره

در مقایسه با پمپهای پیچی سه محوره، به طور نسبی تولید پمپهای پیچی دو محوره گرانتر است و به همین دلیل کاربرد کمتری نسبت به پمپ سه محوره دارند. این پمپها در شرایطی که فشار ورودی پمپ بسیار پایین هم باشد، توانایی کار کردن را دارند. از لحاظ نوع مایعی که می توانند پمپ کنند نیز مشابه پمپهای پیچی سه محوره هستند. به عنوان مثال برای پمپ کردن مشتقات نفتی، مایعات چسبنده، مواد اولیهٔ الیاف مصنوعی، سوخت مشعلها (اعم از گازوییل یا مازوت)، چسبهای مایع، خمیر کاغذ و مایعاتی از این قبیل کاربرد مناسبی دارند.

اکثر پمپهای پیچی دو محوره به صورت دو مکشه ساخته شده اند، که درشکلهای ۳-۳٤و ۳-۳۵ قابل مشاهده هستند. بر عکس بودن رزوه های ایجاد شده روی دو محور در این پمپها باعث ایجاد نیروی محوری (Axial Thrust) متقارن در دو جهت شده و لذا خود به خود نیروی محوری در این پمپها خنثی خواهد شد.



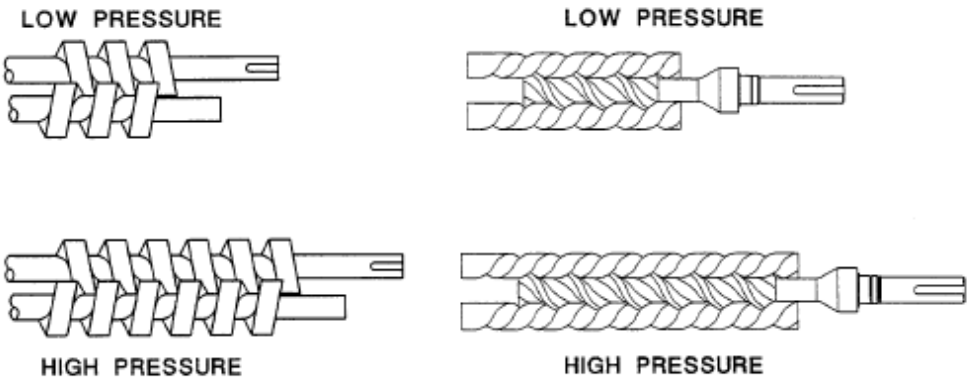
شکل ۳-۳۵ پمپ پیچی دو محوره و دو مکشه

۳-۲-٤-۳ پمپ پیچی سه محوره

مشابه با پمپهای یک محوره و دو محوره، پمپهای پیچی سه محوره نیز وجود دارند، که طرز کار این پمپها نیز شبیه به دو پمپ قبلی است.

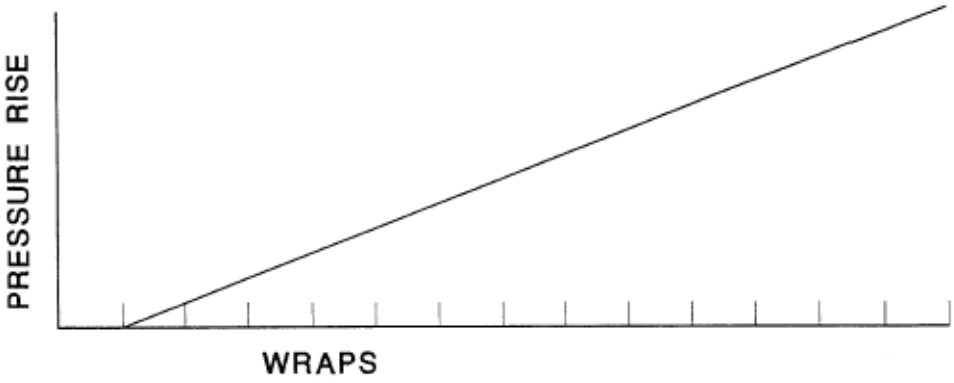
از لحاظ ایجاد فشار، هر سه نوع پمپ پیچی امکان ایجاد فشار را دارند و از این لحاظ تفاوتی با هم ندارند. به عبارت دیگر، چون ایجاد فشار در پمپهای پیچی (که خود نیز دسته ای از پمپهای جایجایی هستند)، عکس العملی است، لذا مقدار فشار ایجاد شده در هر سه نوع پمپ پیچی عکس العملی بوده و ربطی به تعداد محور ندارد. فقط تفاوت عمده ای که پمپهای پیچی یک محوره و دو محوره و سه محوره دارند، در مقدار دبی آنها است، آنهم به شرطی که اندازه محورهای آنها با هم مساوی و همچنین دور آنها نیز یکی باشد. بدین مفهوم که در شرایط یکسان فوق الذکر دبی پمپ پیچی سه محوره از دبی پمپ پیچی دو محوره بیشتر است.

در میان سه نوع پمپ پیچی مذکور، پمپهای پیچی سه محوره از دو نوع دیگر کاربرد بیشتری دارند. از این پمپها معمولاً برای پمپ کردن روغن روانکاری ماشین آلات صنعتی، بالا برهای هیدرولیکی، انتقال سوخت در مشعلها و فرآیندهای مربوط به تصفیهٔ نفت در پالایشگاهها به منظور پمپ کردن محصولات چسبنده با درجه حرارت بالا استفاده می شود. در کارخانه های تولیدی الیاف مصنوعی نیز از این پمپها برای پمپ کردن پلیمرهای مربوطه استفاده شده است. نمونه ای ار این پمپها در شکل۳-۳۶ نشان داده شده است.



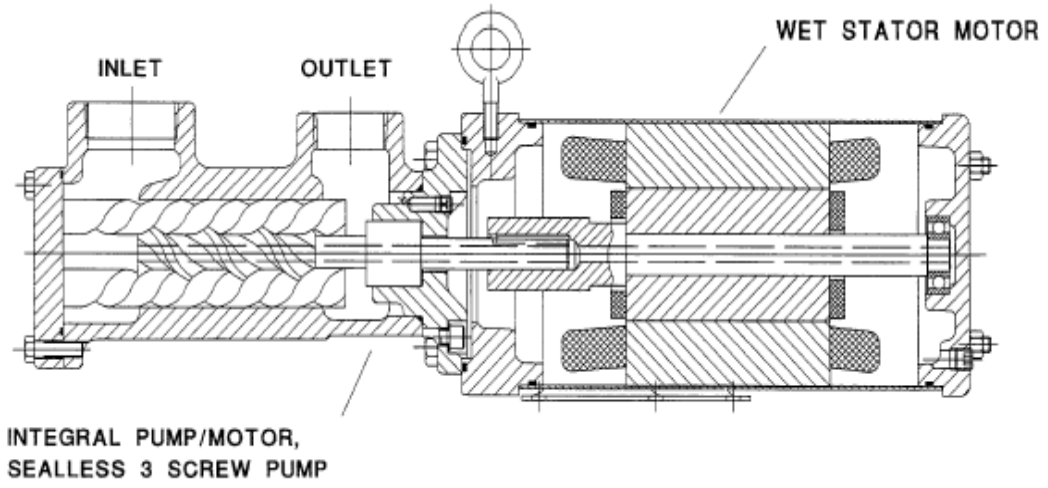
شکل ۳-۳۶ پمپ پیچی سه محوره

همانطور که از شکل نیز پیداست، تعداد رزوه های مارپیچها هر چقدر بیشتر باشد، این پمپها توانایی افزایش فشار بیشتری را دارند.در شکل ۳-۳۷ نیز منحنی ارتباط بین تعداد رزوه ها و افزایش فشار نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۷ ارتباط بین تعداد رزوه ها و افزایش فشار

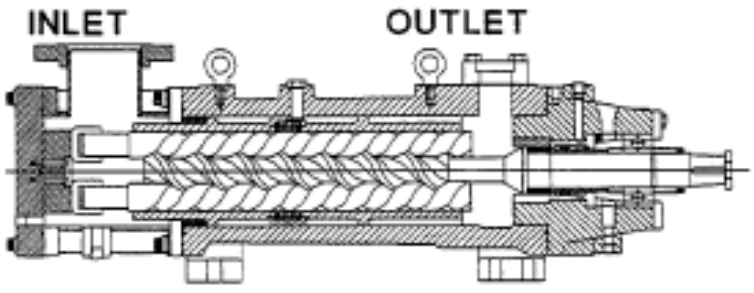
در مواردی که موضوع آب بندی محور در چنین پمپهایی مهم باشد، امکان استفاده از این پمپها به صورت کاملاً آب بندی شده وجود دارد. برای درک بهتر موضوع به شکل۳-۳۸ توجه شود. محرک این پمپها به صورت مغناطیسی بوده و از چنین پمپهایی برای پمپ کردن مشتقات نفتی از قبیل (Isocyanate) که آب بندی کردن آن به روشهای معمول امکان پذیر نیست، استفاده می شود.



شکل ۳-۳۸ مجموعهٔ موتور و پمپ به صورت کاملاً آب بندی

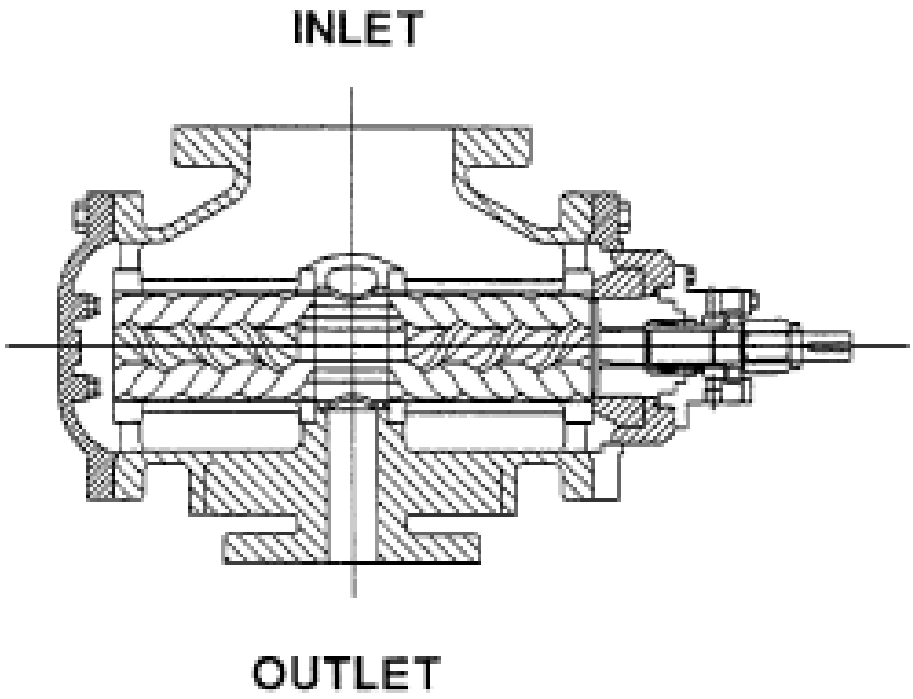
پمپهای پیچی سه محوره، به دلیل کم صدا بودن در حین کار و بهره برداری، قابلیت اطمینان بالا و عمر نسبتاً طولانی، کاربرد زیادی در صنعت دارند. در هر صورت چندان هم ارزان قیمت نیستند.

از لحاظ چگونگی مسیر ورود مایع به این پمپها، می توان آنها را به دو دستهٔیک مکشه و دو مکشه تقسیم بندی نمود. نوع یک مکشهٔ آن در شکل۳-۳۹ قابل ملاحظه است. این نوع پمپهای یک مکشه برای دبی های کم تا متوسط و برای فشارهای کم تا بسیار زیاد طراحی شده است.



شکل ۳-۳۹ پمپ پیچی سه محوره و یک مکشه

نوع دو مکشهٔ آن نیز در شکل نشان۳-٤٠ داده شده است. این مدل پمپ در حقیقت شبیه دو پمپ یک مکشه است که به صورت موازی به هم بسته شده باشند.



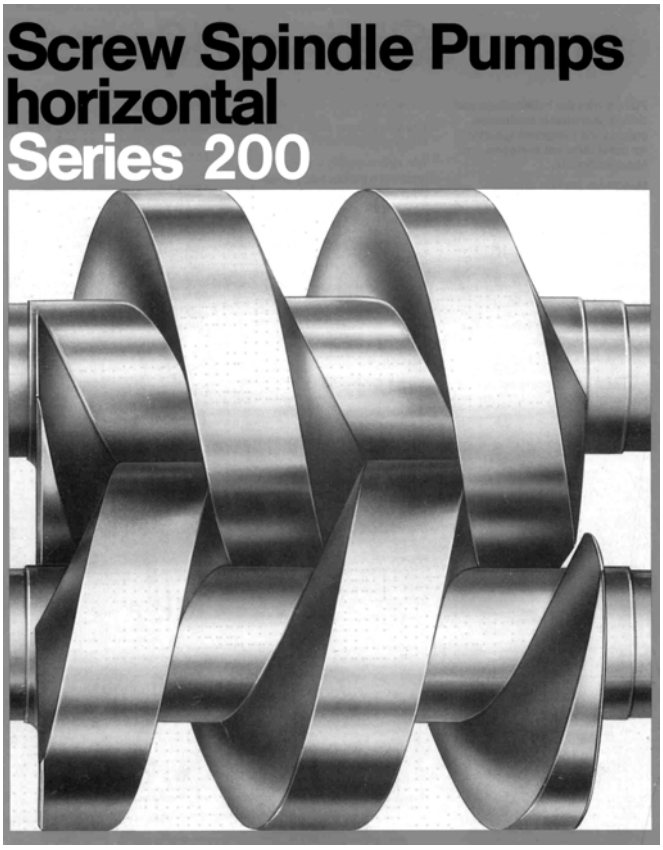
شکل ۳-٤٠ پمپ پیچی سه محوره، دو مکشه

به طور کلی دبی در پمپهای پیچی تابعی از دور، قطر مارپیچها وزاویهٔ جلو برندهٔ رزوه ها می باشد. در مواردی که چسبندگی مایع پمپ شونده بسیار بالا باشد،(به عنوان مثال در این موارد برای چسبندگی های حدود (ssu) ۲۵۰۰۰۰) ، دور محور این پمپها را لازم است تا حدود ۱۵۰ دور در دقیقه کاهش داد. اگر از این پمپها برای پمپ کردن گازوییل (به عنوان مثال در سوخت توربینها) استفاده شود، امکان افزایش دور تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه نیز وجود دارد، زیرا چسبندگی گازوییل در چنین مواردی بین ۱ تا ۲۰ سانتی استوک (Centistoke) است.

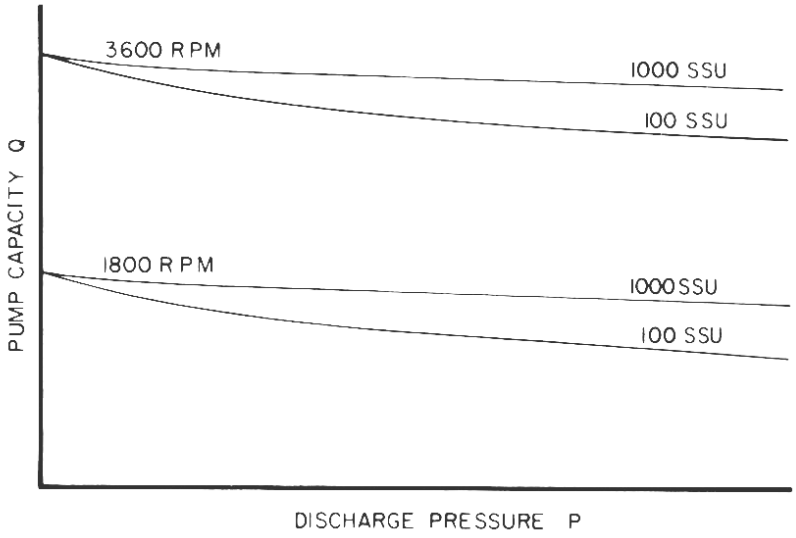
شکل ۳-٤۱ چگونگی تماس دو محور را با دقت بسیار بالا نشان می دهد. با اندکی دقت در این شکل می توان به نحوهٔانتقال مایع در این پمپها و چگونگی افزایش فشار در آنها پی برد.

در شکل ۳-٤۲ نیز نحوهٔ تأثیر دور و چسبندگی مایع را در پمپهای جابجائی مثبت می توان ملاحظه کرد. البته مقادیر ذکر شده برای دور ۳٦۰۰ و ۱۸۰۰ دور در دقیقه است،که این مقادیر برای کشورهائی که در

آنها فرکانس برق ٦٠ هرتز است معتبر است. برای کشورهائی که فرکانس برق ٥٠ هرتز است مقادیر دور محور الکتروموتور برای آنها ٢٩٠٠ و ١٤٥٠ و ..... دور بر دقیقه خواهد بود.



شکل ٣-٤١ چگونگی تماس دو محور با یکدیگر



شکل ٣-٤٢ نحوهٔ تأثیر دور و چسبندگی

سوالات فصل سوم

۱- پمپهای جابجایی مثبت به چند دسته تقسیم می شوند؟

۲- تفاوت پمپهای انگشتی و پیستونی در چیست؟

۳- منظور از کورس در پمپهای رفت و برگشتی چیست؟

٤- نحوه باز و بست سوپاپهای پمپهای رفت و برگشتی چگونه است؟

۵- چرا در بعضی پمپهای رفت و برگشتی از محفظه هوا استفاده شده است.

٦- کاربرد و خصوصیات پمپهای پیستونی یکطرفه را توضیح دهید.

۷- مکانیزمهای تنظیم دبی در پمپهای رفت و برگشتی را شرح دهید.

۸- آنچه درباره نشت می دانید بنویسید.

۹- منظور از عکس العملی بودن فشار چیست؟

۱۰- نشت داخلی چیست؟ عوامل موثر بر نشت داخلی را با رسم منحنی های مربوط شرح دهید .

۱۱- کاربرد پمپهای پره ای را توضیح دهید.

۱۲- انواع پمپهای پیچی و کاربرد آنها را توضیح دهید.

۱۳- منحنی تغییرات دبی بر حسب فشار را برای چسبندگی های مختلف و دورهای مختلف در پمپهای جابجایی رسم کرده، توضیح دهید.

توانایی های مورد انتظار از کسانی که فصل چهارم را مطالعه می نمایند این است که با کلیات موارد زیر به اندازه کافی آشنا شده باشند.

- ✓ کسب آشنایی کامل با تفاوتهای پمپهای گریز از مرکز و جابجایی مثبت
- ✓ انتخاب پمپ مناسب با توجه به مایع پمپ شونده
- ✓ چگونگی بهره برداری از پمپهای فوق الذکر
- ✓ نحوه تغییر دور محور پمپ و اشکالات ایجاد شده در اثر آن
- ✓ تفاوت بین فشار و هد
- ✓ هواگیری و لزوم آن در پمپها
- ✓ نکات مهم در ارتباط با پمپها

فصل چهارم تفاوت پمپهای گریز از مرکز و جابجائی مثبت

٤-١ ازلحاظ مایع پمپ شونده

همان طور که در فصل اول بیان شد، گروه اول پمپها تحت عنوان پمپهای دینامیکی مطرح شدند. قسمت عمدهٔ این پمپها را پمپهای گریز از مرکز تشکیل می دهند. از پمپهای گریز از مرکز عموماً برای پمپ کردن مایعاتی از قبیل آب و مشتقات آب (که چسبندگی آنها نسبتاً کم است) استفاده می شود. چنانچه در پمپهای گریز از مرکز، چسبندگی مایع افزایش یابد، پارامترهای مربوط به پمپ (از قبیل دبی و ارتفاع و راندمان) کاهش می یابد. از آنجایی که منحنی مشخصهٔ این پمپها را معمولاً برای آب در کاتالوگهای مربوطه ارائه می دهند، چنانچه لازم باشد از آنها برای مایعات دیگر بجز آب استفاده شود، ابتدا باید با توجه به چسبندگی مایع جدید، ضرایب مربوط به دبی و ارتفاع و راندمان (C_q , C_h , C_η) را از منحنی های مشخصهٔ مربوطه به دست آورده و سپس برای مایع جدید منحنی های مشخصهٔ لازم را رسم کرد. ضمناً باید توجه داشت که چنانچه چسبندگی مایع در پمپهای گریز از مرکز بیش از اندازه افزایش یابد، راندمان آنها به صفر نزدیک می شود.

اگر چسبندگی مایع پمپ شونده افزایش یابد، (مثلاً برای مایعاتی از قبیل روغن، گازوئیل، نفت سیاه و...) پمپهای جابجائی مثبت برای پمپ کردن چنین مایعاتی بسیار مناسبتر به نظر می رسند. دامنهٔ تغییرات چسبندگی مایع برای این پمپها بین ۳۰۰ssu تا ssu ۱۰۰۰ است. مثالهایی که در ارتباط با این پمپها می توان بیان کرد پمپهای گازوییل و پمپهای نفت سیاه برای استفاده در کوره ها و مشعلها می باشد. از طرف دیگر در سیستمهای هیدرولیک و سیستمهای روغنکاری مربوط به یاتاقانهای ماشین آلات و .... برای پمپ کردن روغن از پمپهای گروه جابجائی مثبت استفاده می شود.

لذا به طور کلی می توان گفت که در صورت نیاز به پمپ کردن آب و مشتقات آب از قبیل فاضلاب، انتخاب پمپهای گریز از مرکز بسیار مناسبتر است و برای پمپ کردن مایعات چسبنده منطقی است که انتخاب پمپ مربوطه از بین گروه پمپهای جابجائی مثبت باشد. البته لازم به تذکر است که در بعضی موارد حالت استثنا هم مشاهده شده است. به عنوان مثال برای پمپ کردن آب هنوز هم در بعضی موارد از پمپهای پیستونی استفاده می شود. از طرف دیگر به ندرت مشاهده شده است که برای پمپ کردن نفت سیاه (مازوت) ازپمپهای گریز ازمرکز جریان شعاعی استفاده شده، که این هم جزء موارد استثنا محسوب می شود.

مطلب دیگری که لازم است در اینجا بدان اشاره شود پمپهای دیافراگمی هستند که جزء پمپهای گروه جابجائی مثبت محسوب شده اند و این پمپها به طور کلی حالتی کاملاً خاص را در بین پمپهای گروه جابجائی مثبت دارا هستند که در فصل اول به آن اشاره شد.

٤-۲ باز یا بسته بودن شیرهای ورودی و خروجی

در مورد کلیهٔ پمپها (اعم از گریز از مرکز و جابجائی مثبت)لازم است قبل از روشن کردن پمپ، شیر ورودی کاملاً باز باشد. در هیچ نوع پمپی به هیچ وجه، دبی را با شیر ورودی نباید تنظیم کرد. به عبارت بهتر علت نصب شیر در ورود پمپها، فقط برای مواقع تعمیرات است. زیرا چنانچه شیر ورودی (حتی به مقدار کمی) بسته شود، موجب افزایش افت فشار مایع در ورودی پمپ و نهایتاً کاهش فشار در ورود به پمپ خواهد شد. این کاهش فشار چنانچه از فشار اشباع در دمای مربوطه سیال کمتر شود، منجر به تغییر فاز مایع در ورود به پمپ خواهد شد و به دنبال آن پدیدهٔ کاویتاسیون در پمپ به وجود خواهد آمد. تداوم این پدیده موجب خوردگی پروانه و پوسته خواهد شد. لذا نتیجهٔ کلی این که شیر ورودی همهٔ پمپها، در حالی که پمپ روشن است، تا انتها باید باز باشد.

اما باز یا بسته بودن شیر خروجی در پمپها به نوع پمپ بستگی دارد. چنانچه پمپ از نوع گریز از مرکز (جریان شعاعی یا جریان مخلوط) باشد، قبل از (استارت) راه اندازی این پمپها، شیر خروجی باید

بسته باشد. پس از این که پمپ روشن شد، به تدریج شیر خروجی باز شود. در هنگام خاموش کردن نیز در ابتدا لازم است شیر خروجی بسته شده و پس از آن پمپ خاموش شود.

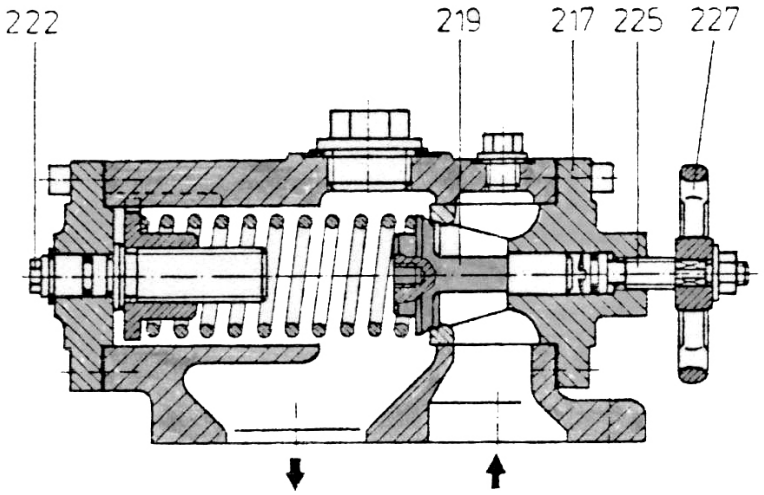
در این پمپها با افزایش دبی، آمپر موتور نیز افزایش می یابد. از طرف دیگر موتورهای الکتریکی در هنگام راه اندازی برای مدتی کوتاه آمپر زیادی مصرف می کنند که مقدار آن حدوداً ٦ برابر آمپر حالت عادی و پس از راه اندازی است. حال چنانچه شیر خروجی این پمپها بسته باشد و راه اندازی شوند، آمپر در حال بسته بودن شیر، ٦ برابر خواهد شد که رقم بالایی نیست. اما اگر شیر خروجی باز باشد و پمپ راه اندازی شود، آمپر راه اندازی بسیار زیاد خواهد شد (یعنی ٦ برابر حالت باز بودن شیر).

دلیل بعدی این کار این است که هنگام خاموش یا روشن شدن پمپ، تغییر ناگهانی زیادی در سرعت مایع در لوله ها به وجود می آید که این خود باعث ایجاد ضربهٔ قوچ (Water Hammer) در پمپ و لوله ها می شود. لذا بنا به ٢ دلیل فوق لازم است در پمپهای جریان شعاعی و جریان مخلوط، قبل از راه اندازی ابتدا شیر خروجی را بسته و سپس اقدام به راه اندازی پمپ نمود و پس از این که موتور دور گرفت و به حالت عادی خود رسید، اقدام به باز کردن تدریجی شیر خروجی نمود.

موضوع فوق در پمپهای جریان محوری کاملاً برعکس است. یعنی قبل از استارت، شیر خروجی در این پمپها باید مقداری باز باشد و سپس پمپ راه اندازی شود.

در مورد پمپهای جابجائی مثبت نیز موضوع بر عکس پمپهای گریز از مرکز (جریان شعاعی و جریان مخلوط) است. نظر به این که در این پمپها فشار حالت عکس العملی دارد، لذا بسته بودن شیر به منزلهٔ ایجاد فشار بی نهایت برای پمپ است. در این شرایط چنان چه مسیر خروجی در این پمپها بسته باشد، پس از روشن شدن پمپ، از لحاظ تئوری فشار تا بی نهایت افزایش خواهد یافت و چون پمپ تحمل چنین فشاری را ندارد، قطعاً باعث بروز خسارت در سیستم موتور پمپ خواهد شد. نتیجهٔ کلی این که: قبل از روشن کردن این گروه از پمپها حتماً باید شیر خروجی باز باشد. چنان چه بنا به هر علتی شیر خروجی بسته بود و پمپ راه اندازی شد، برای این که خسارتی به سیستم وارد نشود، وجود یک سیستم حفاظت برای این پمپها بسیار ضروری است. در چنین مواردی از یک (Pressure Relief Valve) یا شیر آزاد کنندهٔ فشار استفاده می شود (شکل ٤-١).

در این شرایط چنان چه بنا به هر علتی مسیر خروجی پمپ بسته شود، منجر به افزایش فشار خروجی پمپ و عمل کردن شیر آزادکنندهٔ فشار خواهد شد. پس از عمل کردن این شیر، مایع خروجی از پمپ به قسمت ورودی (لوله یا منبع مکش) بر گردانده شده و از ایجاد خسارت به پمپ جلو گیری خواهد شد.



شکل ٤-١ شیر آزاد کنندهٔ فشار

٤-٣ تعویض جهت دور

در پمپها با توجه به نوع موتور محرک آن، لازم است امکان عوض شدن جهت چرخش محور موتور یا محور پمپ بررسی شود. چنان چه موتور محرک از نوع احتراقی (داخلی یا خارجی) باشد، موضوع تعویض جهت دور منتفی است. اگر موتور از نوع الکتریکی DC باشد، با تعویض قطبهای مثبت و منفی می توان جهت دور را بر عکس نمود. اما موتور های DC به دلیل گران بودن آنها و هم چنین گرانتر بودن برق DC کاربرد بسیار کمی در صنعت دارند. سرانجام اگر موتورهای به کار رفته در پمپها از نوع AC باشند، ا زلحاظ تعداد فاز به دو گروه تقسیم بندی می شوند، موتور های تک فاز و موتورهای سه فاز.

در موتورهای الکتریکی AC تک فاز، حد اقل دو نوع سیم پیچی به کار رفته است، یکی سیم پیچی اصلی و یکی هم سیم پیچی کمکی یا راه انداز. علت اصلی در این جاست که اگر در موتورهای الکتریکی تک فاز فقط یک نوع سیم پیچی (اصلی) به کار رفته باشد، این سیم پیچی به تنهایی قادر به ایجادگشتاور برای چرخش محور موتور پمپ نیست و برای انجام این کار نیاز به سیم پیچی کمکی است تا بتواند به کمک سیم پیچی اصلی، گشتاور لازم را به وجود آورد. با این توضیحات می توان گفت که درمجموع چهار سرسیم از این موتورها بیرون می آید، که دو تا مربوط به سیم پیچ اصلی و دو تا مربوط به سیم پیچ راه انداز است. چنان چه جای دو سر سیم پیچ راه انداز نسبت به دو سر سیم پیچ اصلی عوض شود، جهت دور محور موتور هم برعکس خواهد شد. انجام این کار مستلزم این است که سر سیمها نسبت به هم جابجا

شوند. لذا در مواردی که موتور چنین پمپهایی سوخته باشد، پس از تعمیر و سیم پیچی موتور، لازم است که قبل از روشن کردن، جهت چرخش محور موتور با جهت صحیح چرخش محور پمپ کنترل شود.

اگر موتور الکتریکیAC ازنوع سه فاز باشد، با تعویض جای دو فاز به دلخواه می توان جهت چرخش محور موتور را تغییر داد. در مورد این موتورها نیز اگر برای اولین بار روشن می شوند، جهت چرخش دور محور، باید کنترل شود. این موضوع در مواردی که برای اولین بار قرار است موتور روشن شود (Commissioning) ممکن است اتفاق بیفتد،همچنین پس از انجام یک تعمیر و سیم پیچی مجدد، در صورت سوختن سیم پیچی قبلی. البته در بعضی مواقع آنهم به ندرت ممکن است که در واحد توزیع برق در هنگام تعمیر کلیدها این تغییر فاز رخ دهد.

به هر صورت چنان چه شرایط مذکور رعایت نشود و پمپ پس از روشن شدن در جهت غلط بچرخد، چگونگی رفتار پمپ با توجه به نوع آن متفاوت خواهد بود.

اگر پمپ از نوع گریز از مرکز (جریان شعاعی یا جریان مخلوط) باشد،معکوس شدن جهت دور در این پمپها باعث کاهش دبی و ارتفاع و آمپر خواهد شد. لذا می توان گفت که اگر دور برعکس شود، به عنوان مثال، قطعاً دبی کاهش خواهد یافت. اما عکس قضیه صحیح نیست، یعنی اگر دبی کاهش یافت ممکن است دور بر عکس شده باشد، یا ممکن است علل دیگری داشته باشد، مثلاً کم شدن دور پمپ یا هوا گرفتن پمپ یا ..... . چنان چه پمپ از نوع جریان محوری باشد، معکوس شدن جهت دور باعث تعویض جهت ورودی و خروجی سیال به پمپ خواهد شد.

چنانچه پمپ از نوع جابجائی مثبت باشد، در این صورت بستگی به نوع پمپ خواهد داشت. در پمپهای رفت وبرگشتی بحث تعویض جهت دور اصلاً مطرح نیست، زیرا حرکت محور در این پمپها به صورت رفت و برگشتی است. در پمپهای چرخشی چون حرکت محور دورانی است، چنانچه جهت دور عوض شود، مسیر ورودی و خروجی نیز عوض خواهد شد، یعنی پمپ، مایع را از لولهٔ خروجی تحویل گرفته و به لولهٔ ورودی هدایت می کند. البته این موضوع به شرطی صحیح است که در لولهٔ خروجی پمپ از شیر یک طرفه (Check Valve) استفاده نشده باشد. به عنوان مثال می توان پمپهای مورد استفاده در مغازه های تعویض روغن را نام برد. این پمپها معمولاً از نوع پره ای بوده و هنگام پمپ کردن روغن از بشکه های روغن، زمانی که ظرف پر می شود، چند دور محور پمپ در جهت برعکس چرخانده می شود تا روغنهای مانده در لوله به بشکه برگشت داده شود.

نتیجهٔ کلی این مبحث را می توان به صورت خلاصه به این صورت مطرح کرد که قبل از راه اندازی پمپها، حتماً باید به جهت چرخش محور موتور ومحور پمپ توجه داشت. بهترین روش تشخیص جهت دور محور پمپ، وجود علامت (فلش) روی پوستهٔ پمپ است.

٤-٤ فشار و ارتفاع (Head)

اساسی ترین فرمول مکانیک سیالات به شرح زیر است:

$$P = \rho \ g \ h$$

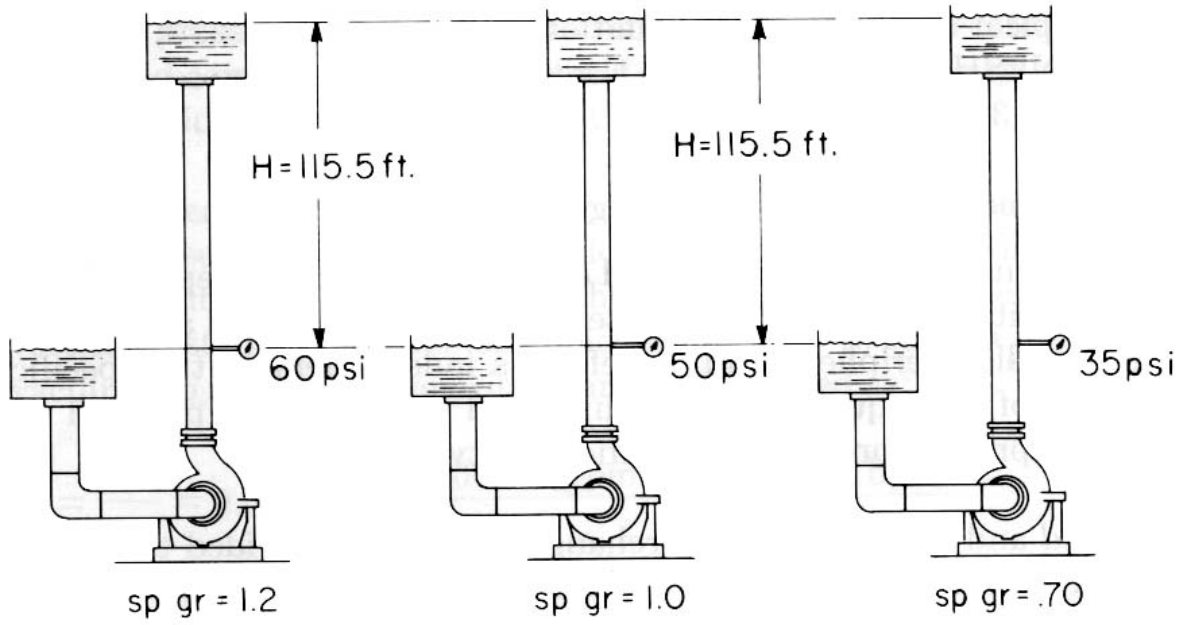
در فرمول فوق P فشار، ρ دانسیتهٔ سیال، g شتاب ثقل و h ارتفاع (Head) سیال مربوطه است. به عبارت بهتر به کمک فرمول فوق می توان فشار و ارتفاع را به هم تبدیل کرد. در سیستم SI واحد فشار Pa و واحد ارتفاع m است. نکتهٔ مهم این فرمول وابستگی ارتفاع به نوع سیال است. به عنوان مثال فشار یک آتمسفر (١٠١ Kpa) معادل ٧٦ Cm جیوه یا تقریباً معادل ١٠ m آب است. یعنی چنانچه دانسیتهٔ سیال کاهش یابد، ارتفاع معادل فشار آن، افزایش خواهد یافت.

در مورد پمپهای گریز از مرکز به جای کلمهٔ فشار از ارتفاع استفاده می شود. در صورتی که در پمپهای جابجائی مثبت از همان کلمهٔ فشار استفاده شده است.

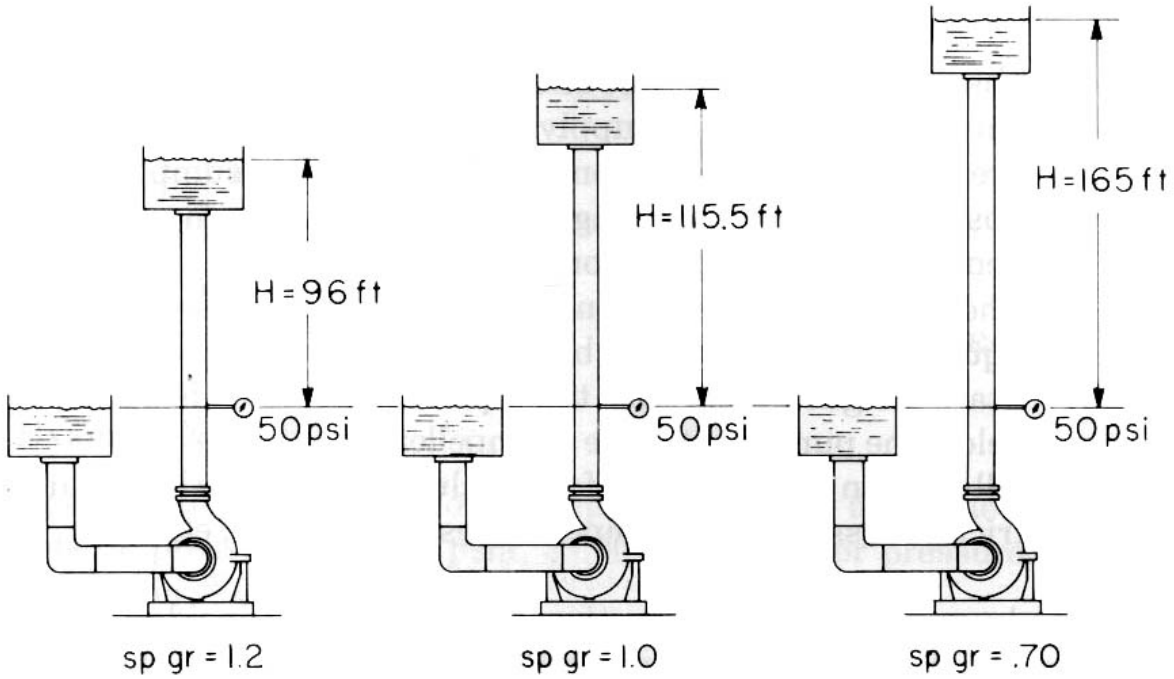
مطلب دیگری که در ارتباط با وابستگی بین فشار و ارتفاع است را، می توان به بیان دیگری مطرح کرد. از لحاظ تئوری با در نظر گرفتن فرضیات ساده کننده برای حل مسئله، می توان گفت که **ارتفاع ایجاد شده توسط پمپهای گریز از مرکز به نوع سیال بستگی ندارد**. یعنی این که پمپهای گریز از مرکز بدون توجه به نوع سیال ارتفاع ثابتی را برای آن ایجاد می کنند. اما چنانچه فشار خروجی پمپ اندازه گیری شود، مقدار آن به جرم حجمی سیال (دانسیته) بستگی خواهد داشت. این مطلب از شکل ٤-٢ کاملاً مشخص است. همچنان که ملاحظه می شود، مقدار ارتفاع ایجاد شده برای هر سه نوع مایع یکی است، ولی فشارهای ایجاد شده متفاوت هستند. به عنوان مثال برای سیالی که دانسیتهٔآن ١/٢ است مقدار فشار ایجاد شده مساویPsi ٦٠ است، برای دانسیتهٔ ١ مساوی Psi ٥٠ و برای دانسیتهٔ ٠/٧ مساوی Psi ٣٥.

ضمناً از شکل ٤-٣ نیز می توان به همین نتیجه رسید. بدین مفهوم که چانچه فشار خروجی پمپی ثابت باشد، مقدار ارتفاع ایجاد شده برای سیال با دانسیته های مختلف متفاوت خواهد بود.

دقت شود که در شکل ٤-٣ پمپها مشابه هم نیستند، زیرا ارتفاع ایجاد شده برای سیالات مختلف متفاوت است، در صورتی که در شکل ٤-٢ پمپها از هر لحاظ مشابه هم هستند.



شکل ٤-٢ پمپهای مشابه با ارتفاعهای مشابه و سیالات متفاوت



شکل ٤-٣ پمپهای غیر مشابه با فشارهای یکسان برای سیالت مختلف

٤-٥ وابستگی فشار و ارتفاع

در پمپهای گریز از مرکز دبی تابع ارتفاع است. به عبارت بهتر چنانچه ارتفاع اعمال شده به پمپ افزایش یابد دبی پمپ کاهش خواهد یافت. البته به شرطی که مشخصات پمپ از قبیل دور و قطر پروانه و .... ثابت بمانند. به عنوان مثال اگر پمپی مخزنی را که در ارتفاع ٥٠ متری است در مدت ٣ ساعت پر کند، چنانچه مخزن به ارتفاع ٦٠ متری منتقل شود، در این صورت مخزن مثلاً در مدت ٤ ساعت پر خواهد شد. زیرا ارتفاع اعمال شده به پمپ افزایش یافته و به تبع آن دبی پمپ کاهش خواهد یافت. در نتیجه مخزن در زمان بیشتری پر خواهد شد.

در پمپهای جابجائی مثبت (همان گونه که در فصلهای قبل نیز به آن اشاره شد) فشار عکس العملی است، یعنی متناسب با فشار اعمال شده به پمپ، پمپ عکس العمل لازم را نشان خواهد داد.

٤-٦ یکنواخت بودن یا نبودن دبی

دبی خروجی در پمپهای گریز از مرکز یکنواخت است، یعنی با زمان تغییر نمی کند. البته به شرطی که سایر پارامترهای مؤثر بر منحنی های مشخصهٔ پمپ وسیستم لوله کشی ثابت بمانند. در صورتی که در پمپهای جابجائی مثبت (پمپهای رفت و برگشتی) دبی با زمان متغیر است.

٤-٧ دقت ساخت

در پمپهای گریز از مرکز دقت ساخت پایین است. یعنی چنانچه همراه با آب ذرات ریز شن وماسه هم وجود داشته باشند، اگر این ذرات از فیلتر عبور کرده باشند، از پمپ هم عبور خواهند کرد. در صورتی که در پمپهای جابجائی مثبت، دقت ساخت قطعات بسیار بالاست. بدین مفهوم که وجود کوچکترین ذرهٔ ناخالص فیزیکی در این پمپها باعث بروز خسارت در آنها خواهد شد. لذا فیلتر ورودی این پمپها بسیار حائز اهمیت است. ناگفته نماند که در همهٔ دستگاههای دوار (از قبیل پمپ، کمپرسور، توربین و ...) قبل از این که سیال بخواهد وارد آن شود، یک فیلتر در ورودی سیال به آن دستگاه وجود دارد تا از ورود نا خالصی های فیزیکی به آن جلوگیری نماید. نظر به این که دقت ساخت پمپهای جابجائی مثبت بسیار بالاست، این فیلتر در این پمپها دارای منافذ بسیار ریزتری است تا در افزایش عمر پمپ مؤثر باشد.

٤-٨ راندمان

راندمان در پمپهای جابجائی مثبت بین ٥ تا ٢٠ درصد از پمپهای گریز از مرکز بیشتر است.

٤-٩ هواگیری (Priming)

پمپهای گریز از مرکز در هنگام راه اندازی حتماً نیاز به هواگیری دارند، در صورتی که پمپهای جابجائی مثبت، اگر هم هوا گیری نشوند (خصوصاً وقتی نو هستند) باز هم میتوانند کار کنند. مجدداً ذکر این نکته لازم است که پمپهای جابجائی مثبت معمولاً با همان مایعی که پمپ می کنند روانکاری می شوند و لذا اگر هواگیری نشوند، مدت زمانی طول می کشد تا خود به خود هواگیری شوند ودر این مدت خشک کار خواهند کرد، که این امر موجب کاهش عمر آنها می شود و بهتر است که آنها هم هنگام راه اندازی هواگیری شوند. نتیجهٔ کلی این که **همهٔ پمپها را قبل از راه اندازی باید هواگیری نمود.**

یاد آوری این نکته از فصل دوم هم بد نیست، که اگر حالت ارتفاع مکش برای پمپها به کار رفته باشد نیاز به هواگیری نیست و نیاز به هوا گیری در مواردی است که شرایط عمق مکش داشته باشیم. نکته نهائی در این مورد این است که لولهٔ مکش در پمپهای گریز از مرکز از اهمیت خاصی برخوردار است، در صورتی که در پمپهای جابجائی مثبت به این شدت نیست.

٤-١٠ مقایسهٔ فشار و دبی

از لحاظ مقایسهٔ فشار و دبی، به صورت کاملاً کلی می توان گفت که پمپهای گریز از مرکز نسبت به پمپهای جابجائی مثبت دارای ارتفاع کمتر و دبی بیشتری هستند.

در پایان این فصل بد نیست به نکاتی که لازم است در ارتباط با پمپها به آن توجه شود، اشارهٔمختصری بشود.

- ✓ قانون اول (شمارهٔ۱)، همیشه اول آسانترین کارها را انجام دهید.
- ✓ همیشه جهت چرخش محور پمپ را کنترل کنید.
- ✓ از تنظیم صحیح (Relief Valve) اطمینان حاصل نمائید.
- ✓ همیشه دور پمپ را اگر با تسمه کار میکند، کنترل کنید.
- ✓ از سالم بودن کوپلینگ اطمینان حاصل نمائید.
- ✓ هم محور بودن پمپ و موتور(Alignment) بسیار حائز اهمیت است. چگونه و توسط چه کسی این عمل انجام شده است؟
- ✓ مسیر عبور مایع را بررسی کرده و از باز بودن شیرهای موجود در مسیر مطمئن شوید.
- ✓ برای پمپ کردن مایعات با چسبندگی بالا (مثلاً مازوت) مطمئن شوید که پمپ قبل از راه اندازی به اندازهٔ کافی گرم شده باشد.
- ✓ کنترل دمای بلبرینگها و یاتاقانها به منظور کنترل نیروی محوری. توجه داشته باشید که دمای بلبرینگها و یاتاقانها نکات زیادی را می تواند به ما گوشزد نماید.
- ✓ سطح روغن را در سیستم کنترل کنندهٔ اتوماتیک سطح روغن، یعنی سیستمی که توسط آن بتوان سطح را ثابت نگهداشت، (Constant Level Oiler) بررسی نمائید. البته در پمپهایی که از این سیستم استفاده شده است.
- ✓ علائم تغییر رنگ روغن و علت آن را بررسی کنید.
- ✓ سیستمهای آب بندی را از لحاظ نشت کنترل کنید.
- ✓ اگر تغییراتی در نقطهٔکار پمپ ایجاد شده است، بررسی کنید چرا؟
- ✓ تنها در صورتی که از سؤالات فوق به نتیجه ای نرسیدید، اقدام به خارج کردن پمپ از سرویس و انجام اقدامات بعدی بنمائید.

جدول عیب یابی پمپهای گریز از مرکز

		پمپ آبدهی ندارد.	آبدهی پمپ کم است.	ارتفاع کافی نیست.	پمپ بعد از روشن شدن خاموش می شود.	قدرت مورد نیاز پمپ خیلی زیاد است.	میزان نشتی از محفظهٔ آب بندی زیاد است.	عمر بلبرینگها خیلی کوتاه است.	پمپ لرزش و سر و صدا دارد.	یاتاقانها (بلبرینگها) گرم میکنند.
۱	پمپ و مسیر مکش به خوبی هوا گیری نشده اند.	*	*		*				*	
۲	عمق مکش بیش از اندازه است.	*	*		*				*	
۳	فشار ورودی به فشار اشباع نزدیک است.		*	*					*	
٤	در مایع گاز های محلول وجود دارد.		*	*	*					
٥	حبابهای هوا در مسیر مکش وجود دارند.	*	*		*					
٦	هوا از مسیر لولهٔ مکش به داخل پمپ نفوذ می کند.		*		*					
۷	هوا از مسیر جعبهٔ آب بندی به داخل پمپ نفوذ می کند.		*		*					
۸	سوپاپ انتهای لولهٔ مکش خیلی کوچک است.		*							
۹	سوپاپ انتهای لولهٔ مکش خوب باز نشده است.		*						*	
۱۰	سوپاپ انتهای لولهٔ مکش و خود لولهٔ مکش به اندازه کافی در آب مستغرق نیستند.	*	*		*				*	
۱۱	مسیر آب رینگ خنک کننده بسته است.			*				*		
۱۲	رینگ خنک کننده (بین پکینگها) در محل خود قرار ندارد.				*		*	*		
۱۳	دور پمپ خیلی کم است.		*	*	*					
۱٤	دور پمپ خیلی زیاد است.					*				
۱٥	جهت چرخش محور صحیح نیست.	*		*						
۱٦	ارتفاع مربوط به سیستم لوله کشی از ارتفاع پمپ بیشتر است.	*	*	*		*				
۱۷	ارتفاع مربوط به سیستم لوله کشی از ارتفاع پمپ کمتر است.					*				
۱۸	وزن مخصوص مایع پمپ شونده با مقدار طراحی شده برای پمپ متفاوت است.					*				
۱۹	ویسکوزیتهٔ مایع پمپ شونده با مقدار طراحی شده برای پمپ متفاوت است.		*	*		*				
۲۰	دبی گرفته شده از پمپ خیلی کم است.								*	

		پمپ آبدهی ندارد.	آبدهی پمپ کم است.	ارتفاع کافی نیست.	پمپ بعد از روشن شدن خاموش می شود.	قدرت مورد نیاز پمپ خیلی زیاد است.	میزان نشتی از محفظهٔ آب بندی زیاد است.	عمر بلبرینگها خیلی کوتاه است.	پمپ لرزش و سر و صدا دارد.	یاتاقانها (بلبرینگها) گرم میکنند.
۲۱	کاربرد موازی پمپها مناسب نبوده است.	*	*	*						
۲۲	مسیر لولهٔ مکش یا پروانه یا پوستهٔ پمپ بسته شده است.	*	*			*			*	
۲۳	مجموعهٔ پمپ به طور صحیح تراز نشده است.					*	*	*	*	*
۲٤	فونداسیون پمپ تراز نیست.								*	
۲۵	محور پمپ تاب برداشته است.					*	*	*	*	*
۲٦	قطعات ثابت و متحرک با هم در گیر شده اند.					*			*	*
۲۷	در یاتاقانها یا بلبرینگها اشکال وجود دارد.								*	*
۲۸	رینگهای سایشی فرسوده شده اند.			*	*					
۲۹	پروانهٔ پمپ از بین رفته است.			*	*					
۳۰	محور پمپ یا بوش محافظ محور فرسوده شده است.						*	*		
۳۱	جعبهٔ آب بندی به خوبی آب بندی نشده است.					*	*	*		
۳۲	نوع پکینگهایی که به کار رفته اند مناسب نیست.						*	*		
۳۳	پروانه بالانس نیست.						*	*	*	*
۳٤	در سیستم خنک کنندهٔ پمپ (برای مایعات گرم) اشکال وجود دارد.						*	*		
۳۵	لقی بین محور پمپ و پوستهٔ پمپ زیاد است.							*		
۳٦	مایعی که برای آب بندی پمپ به کار رفته است مناسب نیست.							*		
۳۷	گلند آب بندی بیش از حد گرم میکند.							*		
۳۸	لقی محوری رعایت نشده است.								*	*
۳۹	روغنکاری در حد مطلوب نیست.									*
٤۰	روغن یا گریس دارای ناخالصی است.									*
٤۱	یاتاقانها یا بلبرینگها به طور صحیح نصب نشده اند.									*

سؤالات فصل چهارم

۱- برای پمپ کردن هر کدام از مایعات آب، روغن، فاضلاب، گازوئیل و گریس چه نوع پمپی را پیشنهاد می کنید؟ چرا؟

۲- چنان چه از یک پمپ گریز از مرکز برای مایعی که چسبندگی آن از آب کمتر است، استفاده شود، چه تغییری در منحنی ها باید داد؟

۳- دامنهٔ تغییرات چسبندگی برای پمپهای جابجائی مثبت مثبت حدوداً چند است؟

٤- در مورد باز یا بسته بودن شیرهای ورودی و خروجی در هر دو گروه پمپ به طور کامل شرح دهید.

۵- منظور از آمپر راه اندازی چیست؟

٦- در چه مواقعی ضربهٔ قوچ به وجود می آید؟ چگونه باید از بروز آن جلوگیری کرد؟

۷- در پمپهای جریان محوری قبل از راه اندازی شیر خروجی آن چه وضعیتی باید داشته باشد؟

۸- عملاً تحت چه شرایطی امکان دارد یک موتور الکتریکی را روشن کنیم و محور آن بر عکس بچرخد؟

۹- تفاوت موتور های AC و DC را به طور کامل بنویسید.

۱۰- سیم پیچی کمکی در چه نوع موتور هایی به کار رفته است؟ چرا؟

۱۱- اگر جهت دور محور پمپها برعکس شود،چه تفاقی می افتد؟ برای همهٔ پمپها شرح دهید.

۱۲- ارتباط بین فشار و ارتفاع را با ذکر فرمول مربوطه و واحدهای آنها بنویسید.

۱۳- منظور از عمق مکش و ارتفاع مکش چیست؟ در کدام حالت برای پمپها نیاز به هواگیری وجود دارد؟

۱٤- منظور از یکنواخت بودن دبی چیست؟

۱۵- راندمان کدام گروه از پمپها بیشتر است؟ حدوداً چقدر؟

۱٦- هشت مورد از نکات مربوط به پمپها را که در ای فصل به آنها اشاره شد، بنویسید.

۱۷- دمای بلیرینگها و یاتاقانها چه نکاتی را به ما یاد آوری می نمایند؟

مراجع مورد استفاده

١- Cameron Hydraulic data (١٩٩٦)

By: Ingersoll – Dresser Pumps Co. Edited by C.C.Heald

٢- Centrifugal Pump Handbook (١٩٨٧)

By: Sulzer Co.

٣- Basic Principles For The Design Of Centrifugal Pump Installations

By: SIHI (Halberg Co.) (١٩٨٠)

٤- Centrifugal Pump Sourcebook

By: John W. Dufor, W.Ed Nelson. Mc Graw-Hill (١٩٩٢)

٥- Pump Handbook

By: Igor. J. Karassik, William C. Krutzch, Warren H. Fraser, Joseph P. Messina Mc Graw-Hill (١٩٨٦)

٦- Pumps

By: Harry Stewart. G.K.Hall & CO. (١٩٨٤)

٧- Hydraulic

By: Nekrasov. Mir Publishers, Moscow (١٩٦٩)

٨- Catalogues from different companies such as (BBC, SIHI Halberg, Vema, Dab, Worthington, sulzer, Allweiler, KSB, Robin, Rosenbauer, Hyward Tyler, Grundfos, Ritz, etc.)