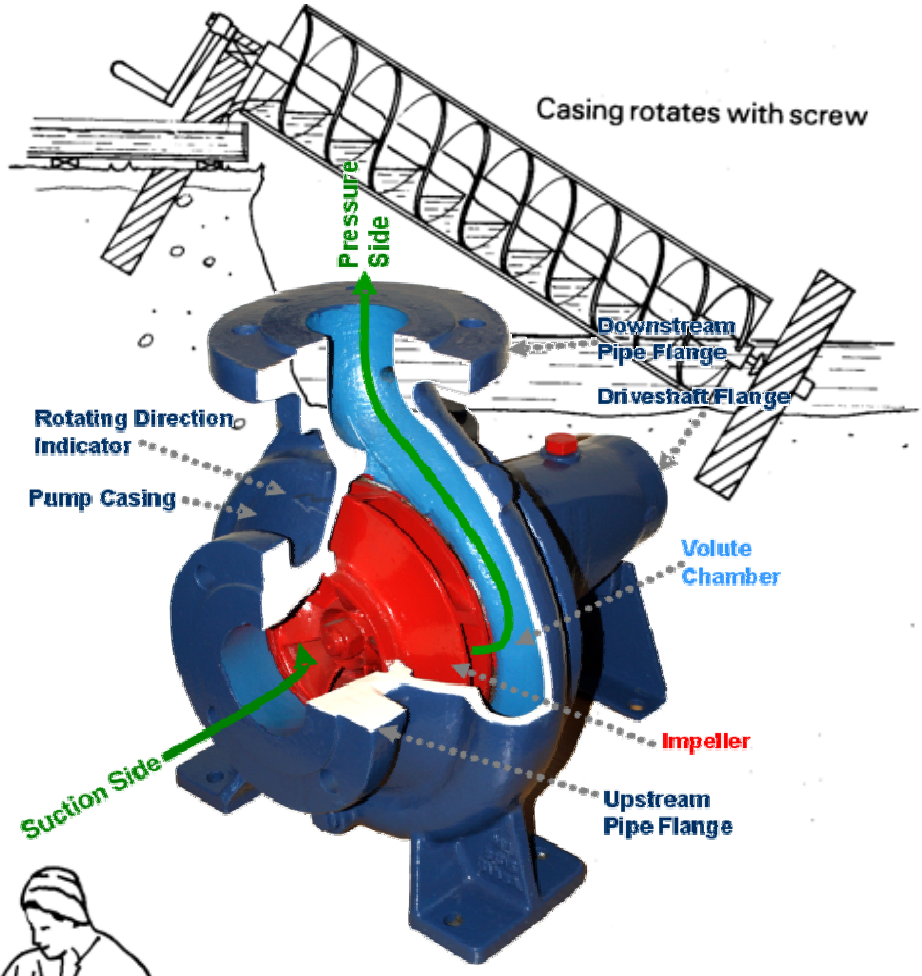
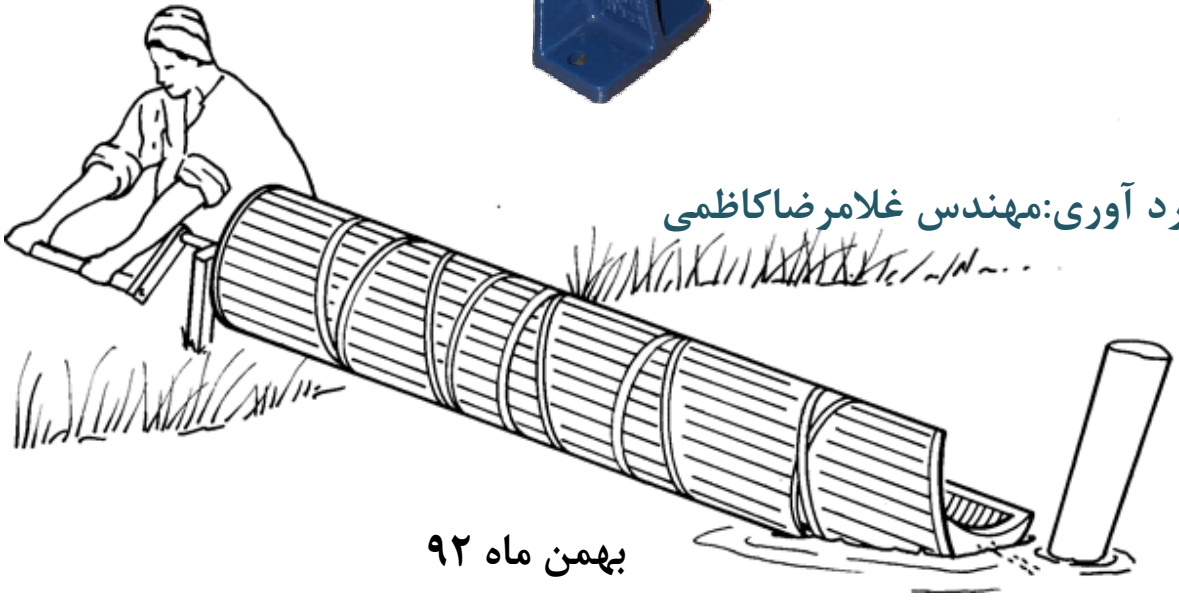
پمپ





گرد آوری:مهندس غلامرضاکاظمی

بهمن ماه ۹۲

مقدمه

در حال حاضر اکثر صنایع به یکی از ده‌ها نوع پمپی که در بازار وجود دارند مجهز می‌باشند. کاربرد موارد استفاده گوناگون پمپ‌ها باعث شده که دستگاه‌های یاد شده پس از موتورها در بالاترین درجه اهمیت قرار گیرند پمپ‌های متنوعی که در ابعاد و اندازه‌های گوناگون طراحی و به بازار عرضه می‌شوند کاربرد بسیار وسیعی دارند از پمپ‌های چاه عمیق که در واقع رابطی بین منابع و ذخائر آب‌های زیرزمینی و کشتزارها و مزارع هستند گرفته تا انواع و اقسام پمپ‌هائی که در صنایع شیمیائی و کاغذسازی و غیره بکار می‌روند همه و همه دستگاه‌هائی هستند که در صنایع مزبور نقش مهمی به عهده آنان واگذار گردیده است.

پمپ دستگاهی مکانیکی است که به سیال مایع انرژی می‌دهد و از نظر مکانیزم به سه دسته اساسی طبقه‌بندی می‌شود:

۱-پمپ‌های سانتریفوژ

۲- پمپ‌های دورانی

۳- پمپ‌های رفت و برگشتی

که برحسب مشخصات و شرائط سیستمی که پمپ باید درآن کار کند نوع پمپ انتخاب می‌شود. شناخت مشخصه‌های پمپ و نوع پاسخ‌هائی که به تحریک‌های سیستم خواهد داد دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد به عنوان مثال داشتن دبی یکنواخت یا غیریکنواخت، چگونگی تغییرات توان باتغییر هد و یا تغییر دبی، نوع سیالی که قرار است پمپ شود از مهمترین پارامترهای تعیین‌کننده نوع پمپ می‌باشند کلیاتی از موارد مذکور در جدول (۱) برای انواع پمپ‌ها ارائه شده و جزئیات در قسمت‌های مربوطه مطرح می‌شود.

نوع پمپ	سانتریفوژ		دورانی	رفت و برگشتی
	ولوت و دیفیوزری	جریان محوری		
دبی	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	غیریکنواخت
هد مکش	15 ft	15 ft	22 ft	22 ft
سیال	تمیز و غیر تمیز- سیال با ذرات جامد ساینده		ویسکوزیته بالا- غیر ساینده	تمیز
محدوده فشار خروجی	پایین تا بالا		متوسط	متوسط
محدوده دبی	کوچک تا بزرگ		کوچک تا متوسط	تقریبا کوچک
اگر هد افزایش یابد دبی	کاهش می یابد		تغییر زیادی نمی کند	تغییر زیادی نمی کند
قدرت ورودی	بستگی به سرعت مخصوص دارد		افزایش می یابد	افزایش می یابد
اگرهدکاهش یابد دبی	افزایش		تغییر نمی کند	تغییر نمی کند
قدرت ورودی	بستگی به سرعت مخصوص دارد		کاهش می یابد	کاهش می یابد

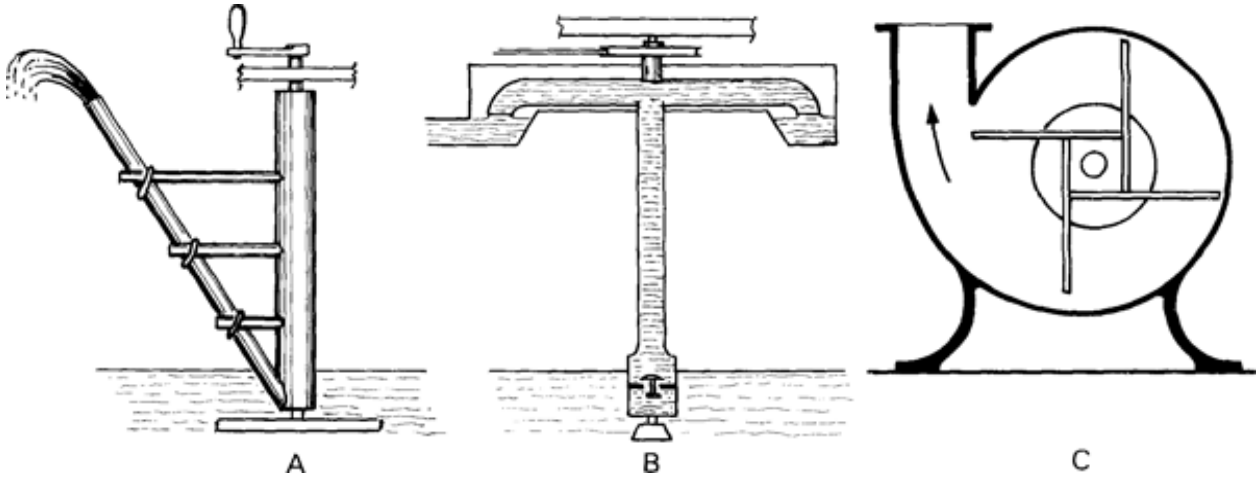
فصل اول

پمپ گریز از مرکز

اصول کار کلی این پمپ‌ها براساس استفاده از نیروی گریز از مرکز پایه‌گذاری شده است هر جسمی که در یک مسیر دایره‌ای یا منحنی شکل حرکت کند تحت‌تاثیر نیروی گریز از مرکز واقع می شود جهت نیروی مذکور طوری است که همواره تمایل دارد که جسم را از محور یا مرکز دوران دور سازد.

قطعه دواری که در داخل پوسته پمپ وجود دارد باحرکت سریع خود موجب گردش سیال می‌گردد درنتیجه این عمل سیال تحت‌تاثیر نیروی گریز از مرکز واقع شده و از مجرای خروجی خارج می‌گردد. در نتیجه ایجاد خلاء نسبی فشار سیال باعث مکش سیال به بدنه پمپ می‌گردد.

قطعه دواری که در داخل پمپ‌های گریز از مرکز قرار دارد پروانه نامیده می‌شود پروانه مذکور در داخل بدنه پمپ گردش می‌کند. مجرای ورود یا مکش سیال در مرکز پروانه قرار داشته و دریچه خروجی در پیرامون بدنه واقع شده است. موقع کار سیال از مجرای ورودی مکیده شده و پس از اینکه تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز قرار گرفت از طریق مجرای خروجی خارج می‌گردد.



Early types of centrifugal pumps

انواع پمپ گریز از مرکز

Volute pumps

ولوت منحنی است که گرد یک نقطه دوران کرده و فاصله به صورت یکنواخت از مرکز دور می‌شود. فرم قسمت داخلی پوسته این نوع پمپ به شکل ولوت می‌باشد (شکل۲-۱) باتوجه به شکل مقطع مسیری که سیال می‌پیماید مرتب افزایش می‌یابد لذا قسمتی از انرژی سرعتی سیال تبدیل به انرژی استاتیکی می‌شود.

Diffuser pumps

در این نوع پمپ‌ها تیغه‌های ثابت هدایت‌کننده پروانه پمپ را احاطه کرده‌اند شکل این تیغه‌ها به نحوی است که مانند دیفیوزر عمل می‌کنند یعنی انرژی سرعتی را تبدیل به فشار استاتیکی می‌نمایند (شکل۲-۱) به این پمپ توربینی نیز اطلاق می‌شود.

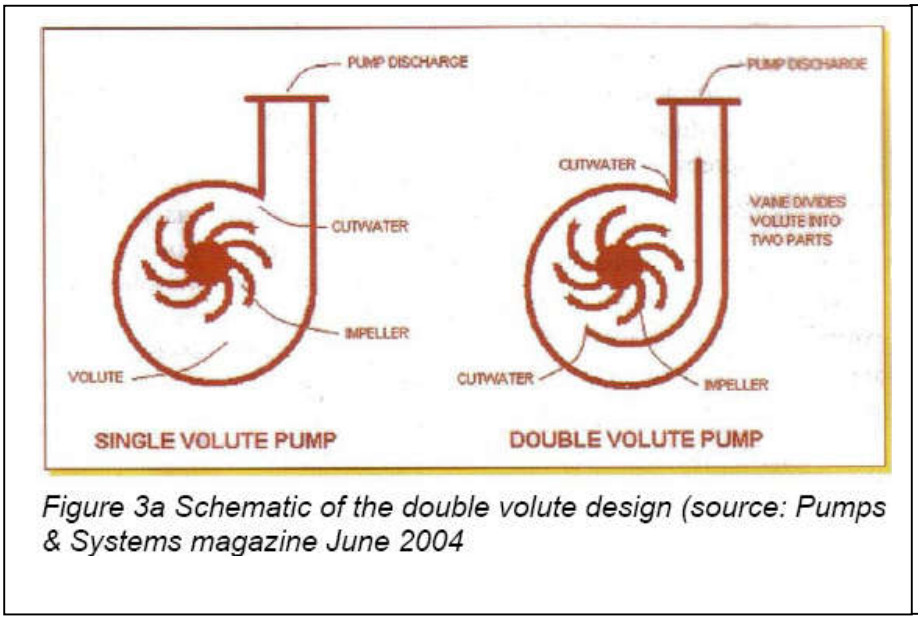
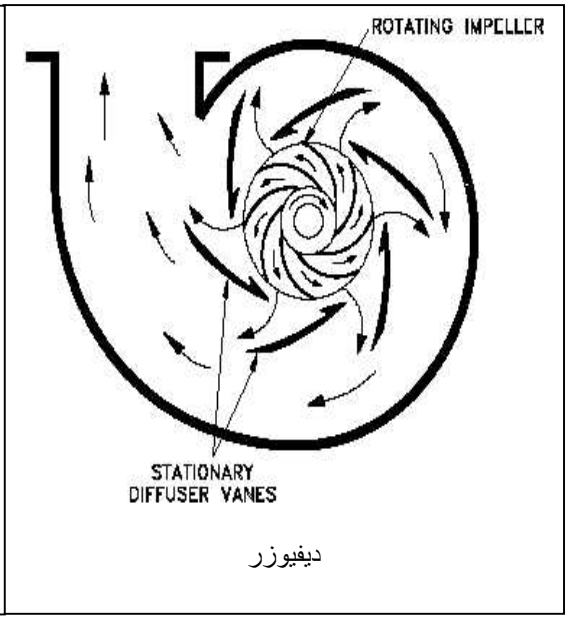


Figure 3a Schematic of the double volute design (source: Pumps & Systems magazine June 2004

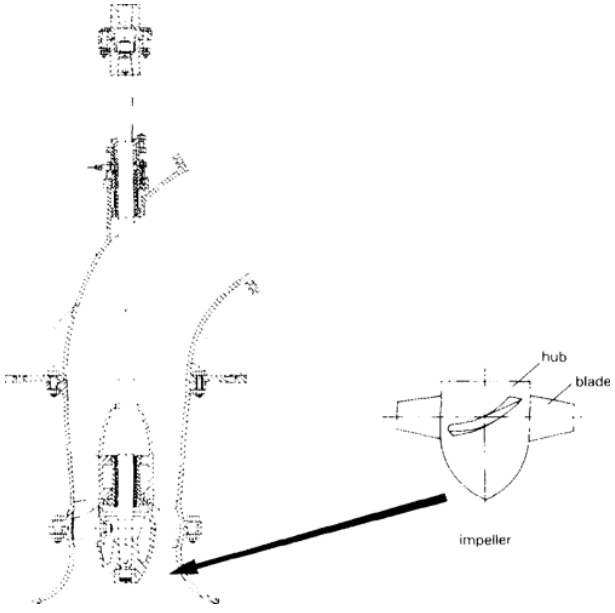


دیفیوزر

شکل ۲-۱

Axial- flow pumps

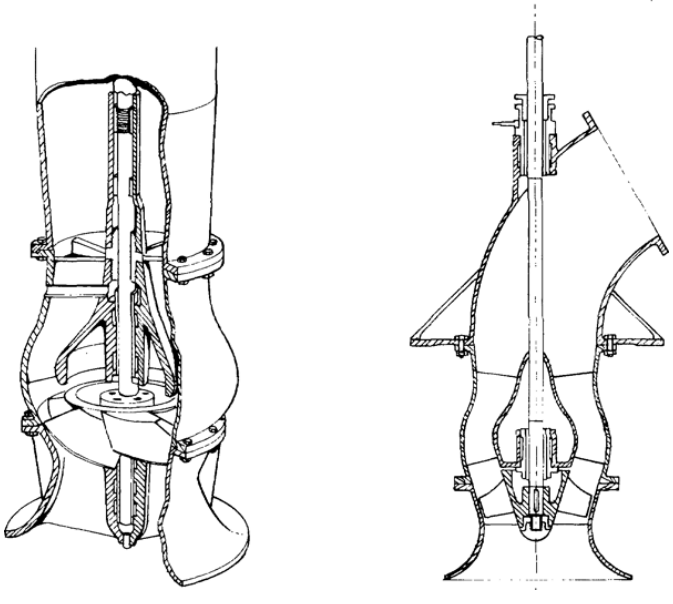
در این نوع پمپ‌ها سیال در اثر نیروی لیفت در امتداد محور دوران به جلو رانده می‌شود روش کار و شکل پره‌های این نوع از پمپ‌ها شبیه ملخ هواپیما می‌باشد.



Axial flow (or propeller) pump

Mixed- flow pumps

پره این نوع از پمپ‌ها به شکلی است که بخشی از انرژی در در اثر انرژی لیفت و بخش دیگر توسط نیروی گریز از مرکز به سیال داده می‌شود.



Submerged mixed flow pump

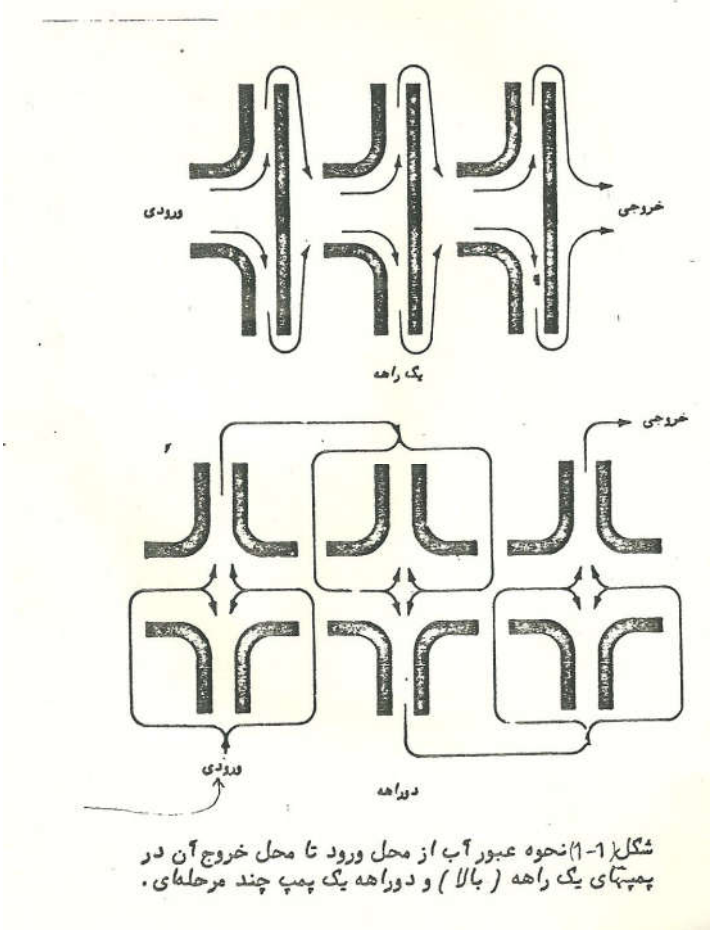
علاوه بر تقسیم‌بندی ارائه شده چند نوع تقسیم‌بندی دیگر نیز برای پمپ‌های گریز از مرکز معمول می‌باشد.

الف-پمپ‌های تک مکش و دو مکش

پمپ تک مکش فقط از یک طرف عمکل مکش را انجام می‌دهد تلمبه‌های دو مکش دو ورودی مکش دارند

ب- پمپ‌های یک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای

در نوع یک مرحله‌ای تنها یک پروانه روی شافت سوار می‌شود و در نوع چند مرحله‌ای چندین پروانه روی شافت سوار می‌شوند. این پمپ‌ها قادرند سیال را تا ارتفاع نسبتاً زیادی پمپاژ نموده و فشاری قابل توجه در اختیار بگذارند با وجود اینکه همه پروانه‌ها به یک محور واحد متصل بوده و در داخل یک بدنه واقع شده‌اند از نظر کار هر مرحله را می‌توان یک پمپ مجزا فرض نمود شکل (۱-۱) مسیر حرکت سیال در پمپ‌های چند مرحله‌ای را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۱)نحوه عبور آب از محل ورود تا محل خروج آن در پمپهای یک راهه (بالا) و دوراهه یک پمپ چند مرحله‌ای.

ج- پمپ‌های افقی و عمودی

اگر ساختمان پمپ به نحوی باشد که برای نصب، محور آن عمودی قرار گیرد پمپ عمودی گویند و اگر محور افقی قرار گیرد به آن پمپ افقی گویند.

انواع پروانه

خمیدگی و زاویه پره‌ها و همچنین تعداد آنها در فشار و ظرفیت پمپ‌ها موثر است همچنین نوع استفاده از پمپ نیز عامل تعیین‌کننده در شکل و نوع پره‌ها می‌باشد. بطور کلی پروانه‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند.

۱-پروانه باز

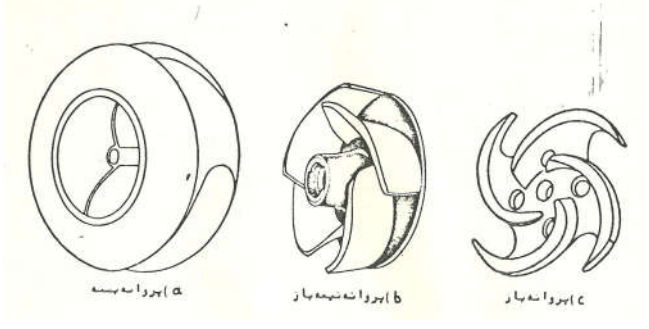
این نوع پروانه از تعدادی پره بدون پوشش تشکیل شده است و بدنه پمپ کار پوشش را انجام می‌دهد این پرونه برای انتقال مایعاتی مناسب است که گاهاً قطعه جامد در آن یافت می‌شود.

۲- پروانه نیمه باز

در این نوع پروانه یک طرف پره‌ها با صفحه‌ای پوشیده شده است و پوشش طرف دیگر را بدنه تشکیل می‌دهد این پروانه برای انتقال مایعات غلیظ مفید است.

۳- پروانه بسته

دو طرف پره‌ها با دو صفحه پوشیده شده بنابراین برای مایعاتی که گاهاً قطعات جامد در آن یافت می‌شود به هیچ وجه مناسب نیست.



قطعات پمپ گریز از مرکز

در بازار پمپ‌های گریز از مرکز متنوعی وجود دارد اما برای آشنائی در این قسمت قطعات اصلی که معمولاً در پمپ‌ها وجود دارند و وظائف آنها تشریح می‌گردد.

الف-اجزا ثابت

۱-بدنه پمپ

بدنه پمپ‌های گریز از مرکز معمولا از دو قسمت تشکیل شده است قسمت زیرین که روی یک صفحه فلزی بنام bed plate قرار دارد و با پیچ و مهره به آن بسته شده است به این قسمتCasing lower half گویند قسمت بالائی Casing upper ring نامیده می‌شود جنس بدنه معمولا از چدن ریخته‌گری می‌باشد و برای پمپاژ مایعات خورنده مانند آب شور پوسته را از جنس بنز و یا برنج می‌سازند.

۲- حلقه سایش Wear Ring

اگر پروانه مستقیماً در بدنه سوار شده باشد پس از مدتی سائیده می‌شود و باید تعویض شود بدنه نیز در اثر چنین تماسی بتدریج خورده می‌شود. برای جلوگیری از موارد یاد شده دو حلقه از برنز در بدنه سوار می‌کنند و پروانه در این حلقه مرکب می‌چرخد و چون جنس حلقه‌ها از پروانه نرمتر است سائیدگی در حلقه‌ها به وجود می‌آید و به آسانی می‌توان آنها را تعویض نمود این حلقه‌ها را Impeller guide ring می‌نامند.

۳-Packing

حلقه‌هائی هستند که در محفظه آببندی جای داده می‌شوند و محور شفت از این حلقه‌ها عبور می‌کند. با سفت کردن packing بوسیله gland می‌توان از چکه کردن مایع جلوگیری نمود نرمی و قابلیت انعطاف از خواص لازمه پکینگ می‌باشد تا به خوبی منفذها را پر نموده و در عین حال مانع چرخیدن شفت نشود.

۴-محفظه آببندی stuffing box

بین شفت و بدنه پمپ فاصله‌ایست که هوای خارج می‌تواند از آن راه وارد پمپ شده و مانع کار منظم آن شود و همچنین مقداری مایع می‌توان از این راه نَشت نماید برای اینکه این فاصله کاملاً پوشانده شود و مانعی در چرخش آزاد شفت نیز پیش نیاید از stuffing box استفاده می‌شود.

۵- gland ۶- Bearing ۷- Bearing housing

۸-لوله ورودی ۹- لوله خروجی ۱۰- seal

۱۱- مسیر تخلیه هوا Vent

ب- اجزا متحرک

۱- شفت ۲-پروانه 3- coupling

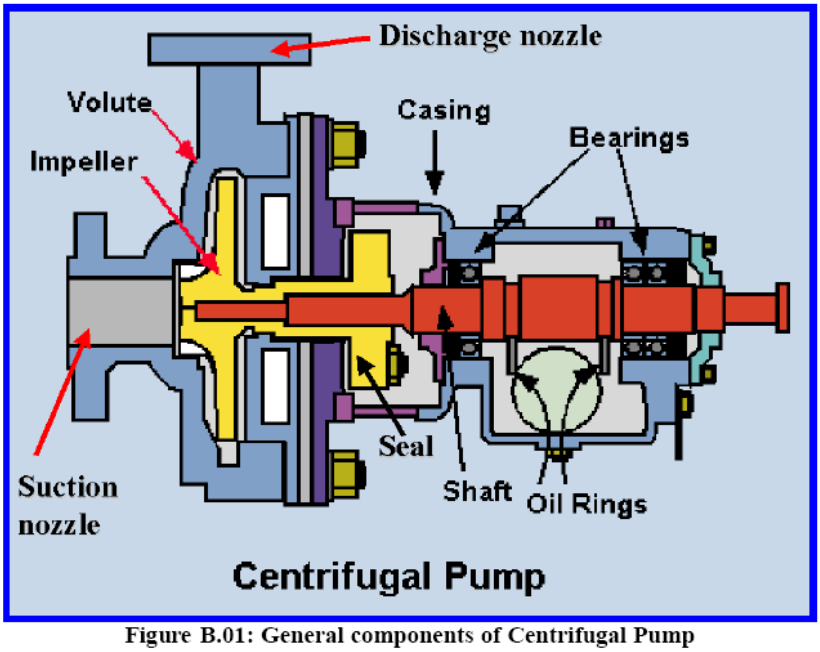


Figure B.01: General components of Centrifugal Pump

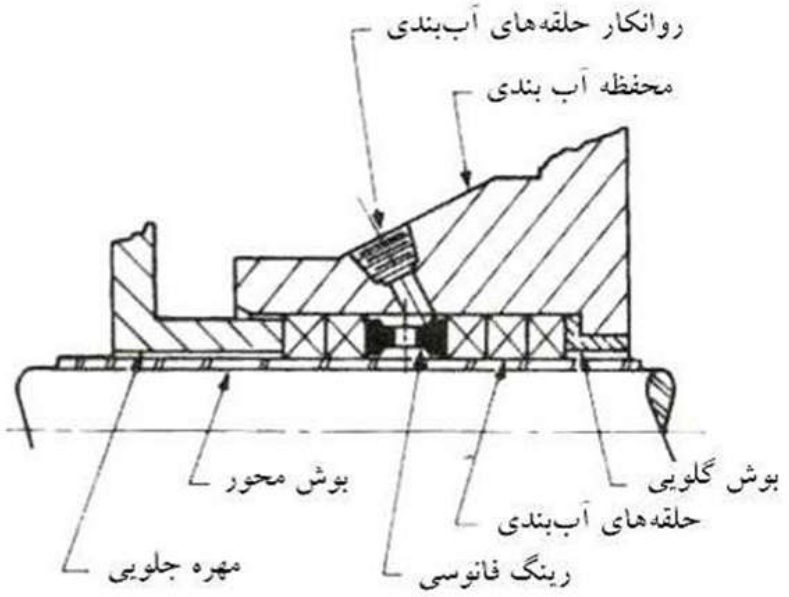
آب‌بندی

در تلمبه‌ها-کمپرسورها- توربینها و تمام دستگاههائی که با سیالات سروکار دارند نقطه ضعف مشترکی وجود دارد. این نقطه ضعف این است که در نقطهٔ خروج شافت(محور) از محفظه همیشه سیال سعی در فرار کردن دارد. برای جلوگیری از فرار (نشت) سیال باید به نحوی آن را آب‌بندی نمود.

برای جلوگیری از فرار سیال از مرز مشترک شافت و محفظه باید سعی کرد که فاصله بین این دو را حتی‌المقدور کم نمود.

طریقه معمول این است که از ماده‌ای که آن پکینگ (پرکننده) می‌نامیم استفاده شود و بطوریکه در شکل (۶-۱) نشان داده شده است جلوی نشت کردن سیال را می‌گیرد.

این ماده (پکینگ) باید به اندازه کافی خاصیت الاستیکی و شکل‌پذیری داشته باشد که ناهمواریهای شافت را پر نموده و در مقابل نوسانات حرکت آن عکس‌العمل لازم را نشان دهد. شکل قسمتی از یک تلمبه و شافت گردنده آن را نشان می‌دهد.

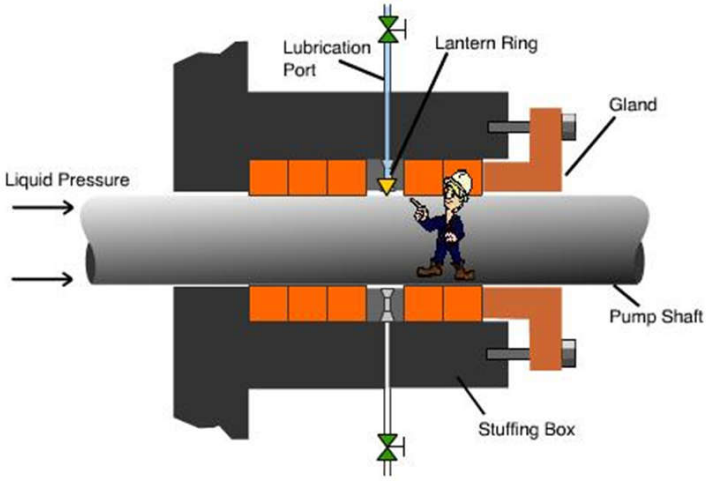


پرکننده (پکینگ) از چند حلقه تشکیل شده است که به کمک قطعه‌های به نام گلاند (آب بندکن) فشرده می‌شوند. این نوع آب‌بندی را به نام محفظه آب‌بندی و گلاند می‌شناسند. هنگامی که سطح شافت ضمن تماس با حلقات پکینگ چرخش دارد حرارت تولید شده و خوردگی بوجود خواهد آمد و به این علت است که روانکاری از ارکان مهم این نوع آب‌بندی به‌شمار می‌آید و مقدار کمی از سیال که از فاصله بین حلقات پکینگ و شافت نشت بکند وسیله‌ای برای روانکاری بین دو سطح می‌باشد. این سیال که به صورت لایه نازکی یا فیلم بین شافت و حلقات پکینگ به وجود می‌آید تا اندازه‌ای از گرم شدن سطح تماس نیز جلوگیری می‌نماید.

بنابر آنچه قبلاً صحبت شد باید تمام محفظه‌های آب‌بندی که با حلقات پکینگ پر شده‌اند تا اندازه‌ای نشت داشته باشند که به اندازه لازم از سیال جهت روانکاری موجود باشد، این موضوع به این آسانی و بدون داشتن تجربه کافی امکان‌پذیر نخواهد بود.

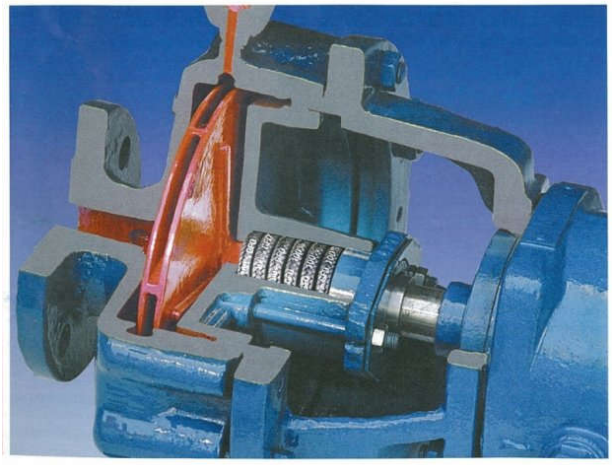
چون این مقدار سیال نشتی برای روانکاری کافی نیست معمولا موادپرکننده (پکینگ)ها را با موادی آغشته می‌کنند که خود به خود عمل روانکاری را انجام دهد یا آنها را از مصالحی نظیر (تفلون) می‌سازند که ضریب اصطکاک بسیار کمی داشته و باعث تولید حرارت کمتری گردد.

حالا نحوه کار پکینگ را بررسی می‌نمائیم. حلقه‌های پکینگ که در محفظه آب‌بندی قرار گرفته‌اند حالتی دارند که درزه آنها بر درزه حلقه بعدی عمود است. این عمل بخاطر این انجام می‌گیرد که مقدار نشت را به حداقل برسانند



بوسیله گلاند (بوش یا مهره آب‌بندی) حلقات پکینگ به اندازه کمی فشرده می‌شوند. پمپ به کار می‌افتد. بلافاصله پس از شروع کار سیال شروع به نشت کردن می‌نماید.

این سیال نشتی به طوری که قبلاً شرح دادیم در حکم روغن‌کاری اولیه آب‌بندی است و بین دو محور و پکینگ به جریان می‌افتد.



چنانچه مقدار سیال نشتی نسبتا زیاد باشد (بیش از چند قطره در دقیقه) باید گلاند را به کمک پیچ و مهره‌ها سفت‌تر نمود. باید در نظر داشت که گلاند را هیچ‌وقت به اندازه‌ای به سطح پکینگ‌ها را سفت نکنیم که مقدار سیال نشتی بکلی قطع شود، در این صورت روانکاری صورت نگرفته و اصطکاک زیادی به وجود خواهد آمد که تولید حرارت زیادی خواهد نمود. پس از اینکه چنین حالتی اتفاق بیافتد (روانکاری قطع می‌شود) مقداری از ماده روغنی پکینگ خارج شده و حجم پکینگ را کم می‌کند. و بالطبع نشت دوباره شروع می‌شود. اگر کارگری که دستگاه را سوار کرده است تازه‌کار باشد فکر می‌کند که این سیال نشتی را باید جز ضایعات بشمارد و از آن جلوگیری کند – تنها راه از نظر او این است که گلاند را سفت‌تر نماید و این باعث خواهد شد که تمام قضایا تکرار شود. به آسانی معلوم می‌شود که سفت کردن مجدد گلاند و خارج کردن ماده کاری آن و کم شدن حجم و سفت کردن بعدی و غیره به زودی می‌تواند اصطکاک زیادی به وجود آورده و باعث سوختن آب‌بند گردد که ضایعاتی به شافت آن وارد آورد.

این اشکالات شدیدتر خواهد بود اگر فشار سیال تحت آب‌بندی نسبتاً زیاد باشد (که باعث نشت بیشتری می‌باشد) با سیال تحت آب‌بندی از نوعی باشد که قدرت روغن‌کاری کمی دارد (مثل پروپان).

صنعت امروز احتیاج به مصالح بهتر- فناوری‌های بالاتر- دما و سرعت‌های دورانی بیشتری دارد. دما (درجه حرارت) بین (۲۵۰-) و ۵۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است ضمن اینکه فشارها در حدود ۲۰۰ آتمسفر (فشارجو) بوده و سرعت‌های دورانی بر ۴۰۰۰۰ دور در دقیقه بالغ می‌شوند. احتیاج مبرمی که برای جلوگیری از تلف شدن سیالات گران قیمت (و در بعضی موارد جهت جلوگیری از خروج مواد سمی از داخل پمپ) وجود دارد و به علاوه سعی در صرفه‌جوئی مخارج و زمان

تعمیرات باعث شد که وسیله جدیدتر و بهتری از آب‌بندهای معمولی ساخته شود اینجاست که آب‌بندهای مکانیکی تولد می‌یابند.

آب‌بندهای مکانیکیMechanical seal

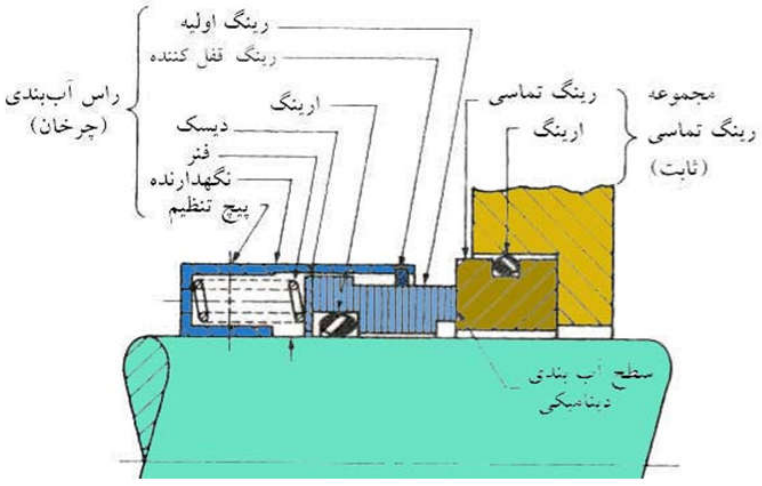
در سال ۱۹۵۵ میلادی اختراع به ثبت رسید که امروز آن را به نام آب‌بند مکانیکی می‌شناسند. شکل این اختراع به ثبت رسیده که از قسمت چرخان که به شافت متصل بوده و در مقابل سطح ثابت می‌چرخد را نشان می‌دهد. از فنرها برای چسباندن رویه‌های صفحه ثابت و صفحه چرخان استفاده گردیده است. در این حالت تنها محل عبور سیال نشتی سطح مشترک صفحه گردنده و صفحه ثابت می‌باشد. از روزی که اولین آب‌بند مکانیکی اختراع شده است تا امروز قدمهای مثبت زیادی در راه بهبود طرح برداشته شده است. اصول آب‌بندی مکانیکی دقیقا همان اصول کلی اولیه می‌باشد.

آب‌بندی در آب‌بندهای مکانیکی در فاصله بین دو صفحه گردنده و ثابت انجام می‌گیرد به این معنی که فشار در طول این فاصله از فشار محفظه آب‌بندی به فشار خارج (آتمسفر) خواهد رسید. این افت فشار تدریجی تولید شیب فشار (کم شدن فشار در واحد طول) خواهد نمود.

چون عوامل دیگری به علاوه ویسکوزیته (گرانروی) سیال بر روی چگونگی لایه سیال موثرند محاسبه دقیق شیب فشار (نحوه کم شدن تدریجی آن از فشار زیاد داخلی به خارجی) بسیار مشکل می باشد چگونگی کارکرد یک آب‌بند مکانیکی بستگی کامل به وجود لایه سیال بین سطوح آب‌بندی دارد. چنانچه به علتی این لایه سیال از بین برود، گردش دو صفحه آب بندی (صفحه ثابت و صفحه گردنده) بر روی هم باعث اصطکاک و گرمای بسیار زیادی بر اثر اصطکاک گردیده و آب‌بند را تقریبا بلافاصله از کار خواهد انداخت.

چنانچه سیال از مقدار معلومی کمتر نشت نماید باعث تولید اصطکاک داخلی بیشتری گردیده و باعث تولید حرارت خواهد شد که بالطبع از عمر آب‌بندکن کم نموده و آن را زودتر خراب می‌کند. از طرف دیگر چنانچه مقدار زیادی نشت کند از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و باعث هدر رفتن فرآورده می‌شود که کاملا مخالف منظور اصلی از به کار بردن آب‌بند می‌باشد.

اجزاء داخلی یک مکانیکال سیل



مکانیکال سیل بطور کلی شامل یک قسمت ثابت و یک قسمت چرخان می باشد.

چنانچه سیال از مقدار معلومی کمتر نشت نماید باعث تولید اصطکاک داخلی بیشتری گردیده و باعث تولید حرارت خواهد شد که بالطبع از عمر آب‌بندکن کم نموده و آن را زودتر خراب می‌کند. از طرف دیگر چنانچه مقدار زیادی نشت کند از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و باعث هدر رفتن فرآورده می‌شود که کاملا مخالف منظور اصلی از به کار بردن آب‌بند می‌باشد.

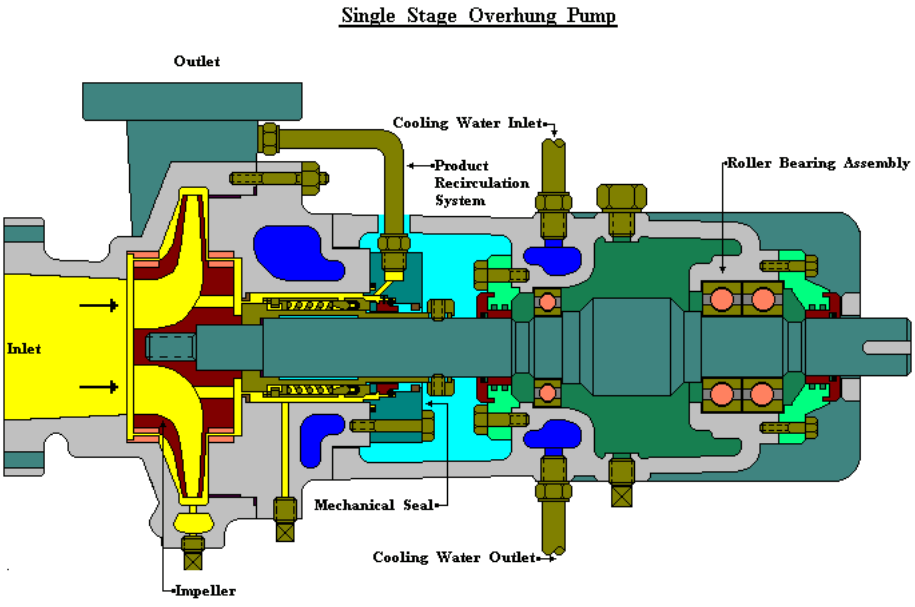
بگذارید از نقش لایه سیال بین دو صفحه آب‌بند صحبت کنیم:

۱-بین دو صفحه را روانکاری می‌کند.

۲- از نشت زیاد سیال جلوگیری می‌کند.

وقتی دو سطح فلزی روی هم حرکت نسبی دارند نیروی لازم برای حرکت نسبی باید قادر باشد که نیروی اصطکاک را خنثی نماید. مقدار نیروی اصطکاک با جنس فلزات و شرایط سطحی آنها (از نظر صیقلی بودن یا خشن بودن) بستگی دارد. حتی اگر سطوح فلزات را تا بهترین حدی که می‌توانیم صیقل و کاملا صاف نمائیم قادر نخواهیم بود که آنها را صدرصد از داشتن ناهمواریها عاری کنیم، برجستگی‌های موجود که ممکن است با چشم دیده نشوند ولی در هر حال وجود دارند باعث وجود اصطکاک بین دو سطح می‌گردند که تولید حرارت خواهد نمود. تماس دو سطح فلزی به نحوی که شرح داده شد باعث خوردگی و حتی ایجاد حفره‌هائی در فلزات خواهد شد.

برای جلوگیری از تماس مستقیم دو سطح بین آنها را باید روانکاری کرد (با مایع بطوریکه از شکل برمی‌آید لایه سیال از تماس بین دو سطح فلز جلوگیری می‌نماید. وجود این لایه سیال بین دو سطح از تماس دو فلز با هم جلوگیری می‌کند ولی اصطکاکی به نام (اصطکاک سیالی) بوجود خواهد آورد. این نوع اصطکاک باعث تولید گرمای کمتری شده و در ضمن از داغ شدن سطوح فلزی جلوگیری می‌نماید. در آب‌بندهای مکانیکی سیالی که قصد خروج از دستگاه را دارد خود به خود این عمل را انجام می‌دهد.



انواع چیدمان مکانیکال سیل

۱-single seal

۲-Double face to face seal

۳-Tandem seal

در مواردی که سیال مواد آتش زا، مواد آلاینده، مواد سوزاننده یا مواد سمی کشنده باشد نمی توان از مکانیکال سیل بصورت single استفاده کرد.

مکانیکال سیل Double face to face seal برای پمپ هایی که محفظه آببندی کم عمق دارند مناسب است هر دو سیل می توانند روی stationary مشترک یا جداگانه ای بچرخند. اگر سیال آببندی بین دو سیل فشار بالاتری از سیال درون محفظه آببندی داشته باشد سیل داخلی با سیال آببندی روانکاری می شود. اما اگر فشار کمتر باشد سیل داخلی

مانند single seal عمل می کند و سیل دوم نقش حمایتی دارد. ضعف این نوع چیدمان قرار گرفتن سیل داخلی در معرض مواد ساینده و خورنده است.

Tandem seal قابلیت اطمینان بالاتری دارد و ایمن تر است. اگر مشکلی برای سیل اولیه پیش بیاید سیل بیرونی تا انجام کار تعمیراتی کار آببندی را انجام می دهد. سیستم هشدار دهنده با سنسورهای حساس به افزایش فشار بین دو سیل نیز هشدار لازم مبنی بر خرابی سیل اول را به اپراتور می دهد.

آببندهای مکانیکی به خاطر طراحی شان ضعیف ترین قطعه ماشین ها می باشند. اگر هر گونه عدم هم خطی یا خارج از مرکزی روی شافت دوار باشد، احتمال خرابی آببندهای مکانیکی فوق العاده زیاد می شود. تلرانس های آببند معمولا کمتر از 0.002 inch کل انحنا یا عدم هم محوری شافت می باشد. هرگونه انحراف از این حد باعث آسیب جدی به آببند می شود.

عدم هم محوری

عدم هم محوری فیزیکی شافت باعث آسیب آببند یا مقداری نشت از آن یا خرابی کلی آببند می شود. ناپایداری شافت بر اثر مسائل ماشین ویا پروسس نیز مشکلاتی برای آببند بوجود می آورد. دلایل اولیه این حالتهای خرابی ناپایداری هیدرولیکی یا آئرودینامیکی، سرعتهای بحرانی، نابالانسی مکانیکی، تغییرات بار(Load) پروسسی یا تغییرات اساسی دور می باشند.چنین مشکلاتی باعث می شوند تا شافت از خط مرکز صحیح خودش آنقدر خارج شود که باعث آسیب آببند شود.

حمله شیمیایی

حمله شیمیایی (یعنی خوردگی یا واکنش شیمیایی با مایعی که باید آببندی شود) یکی دیگر از منابع اولیه مشکلات آببندهای مکانیکی می باشند. عموما، دو عامل اصلی اولیه باعث حمله شیمیایی می شوند: کاربرد نادرست یا شستشوی (flushing) آببند.

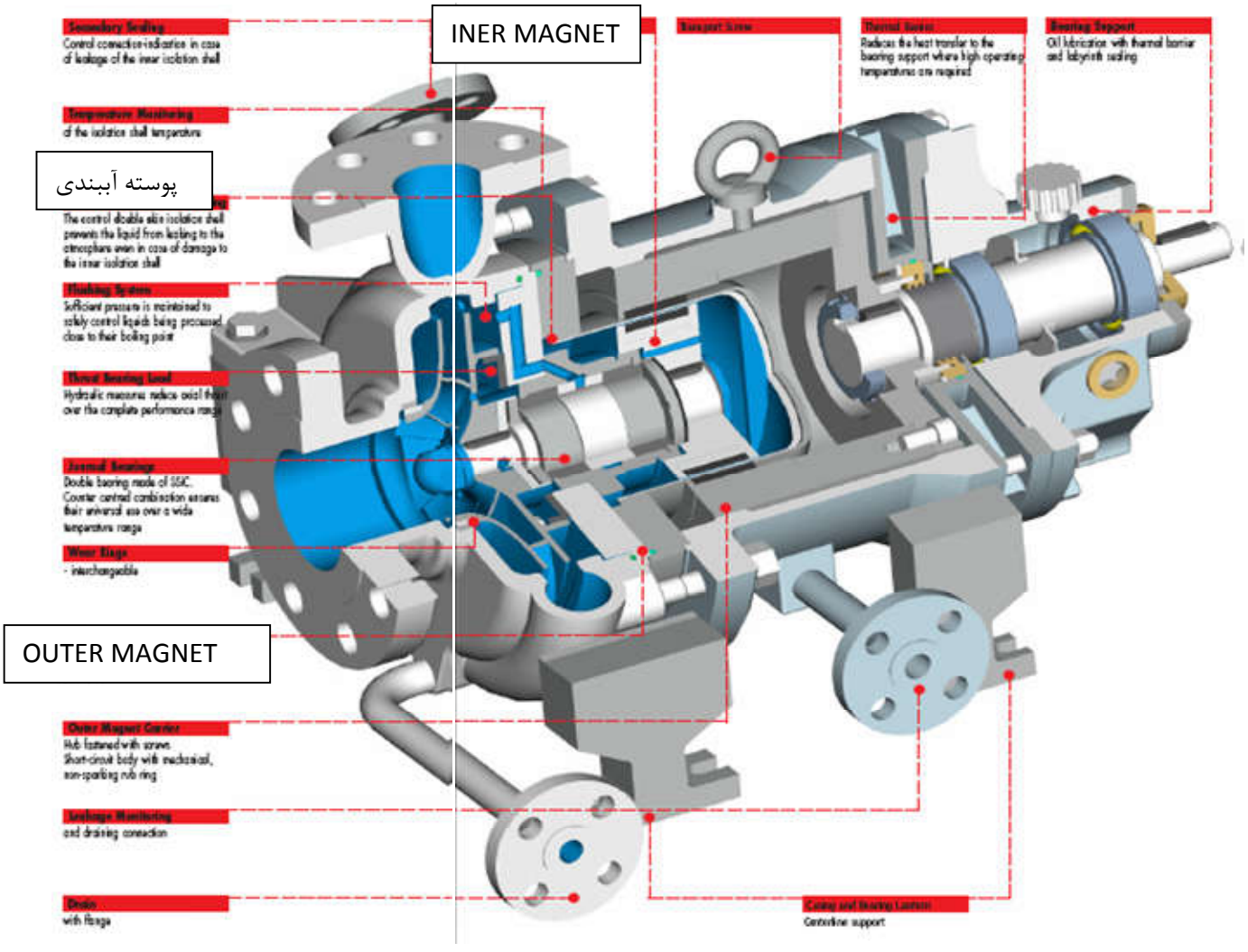
کاربرد نادرست. عموما به انتخاب آببندهای مکانیکی کم توجهی می شود. اغلب کارخانه ها به فروشنده یا سازنده آببندی متکی هستند که با شرایط شان سازگار است. بیشتر خرابی های جدی بخاطر ارتباط بین مصرف کننده نهایی و فروشنده

این کالا حادث می شود چرا که یا مشخصات فراهم شده اطلاعات مورد نظر فروشنده را تامین نمی کند یا فروشنده انتخابی برای آببندهای سفارشی مشتری ندارد. فارغ از علتهای آن، آببندهای مکانیکی اغلب اشتباه انتخاب می شوند و در کاربردهای ناصحیح شان به کار گرفته می شوند.

شستشوی آببند. وقتی آببندهای مکانیکی در کاربردهای با مواد شیمیایی خورنده نصب شوند، باید برای جلوگیری از حمله شیمیایی به آنها سیستم شستشوی با آب تمیز داشته باشند. سیستم شستشو باید جریان مثبتی از مایع تمیزی به آببند فراهم کند و خط تخلیه بسته ای نیز برای خارج ساختن مایع شستشو فراهم باشد. فشار و دبی مایع شستشو بسته به نوع خاص آببندها با یکدیگر متفاوت است، اما باید از شستشوی کامل و پیوسته آن اطمینان حاصل شود.

SEAL LESS PUMP

مواقعی که بدلیل حساسیت سیال از نظر آلودگی، خطرات نشت و قیمت سیال آببندی کامل و بدون حداقل نشت موجود در آببندهای مکانیکی لازم باشد باید از پمپ های SEAL LESS یا مگنتی استفاده کرد. در این نوع پمپ ها قطعات دوار درون پوسته پمپ به بیرون مرتبط نیستند و گشتاور محرک از طریق نیروی مگنت به آنها منتقل می شود در نتیجه آببندی به طور کامل انجام می شود در شکل زیر محدوده آبی رنگ محل گردش سیال می باشد. قطعات داخلی توسط INER MAGNET دوران می کنند و روانکاری یاتاقانهای داخلی نیز توسط سیال پمپ صورت می گیرد. OUTER MAGNET توسط شافت به محرک مرتبط می شود و حول پوسته ای که تمامی قطعات داخلی و INER MAGNET را در برگرفته می چرخد و لذا آببندی از حالت دینامیکی به حالت استاتیکی تبدیل می شود یعنی بجای آببندی دور شافت فقط باید پوسته آببندی را آببندی کرد.



نیروی پیشرانه محوری

نیروی پیشرانه محوری عبارت است از منتجه نیروهای نامتوازنی که در جهت محور به پروانه وارد می‌شود بطور نظری در یک پروانه دو مکشه موازنه هیدرولیکی خود به خود برقرار است زیرا فشار وارده به یک طرف مساوی با فشار وارده به طرف دیگر بوده و نیروی حاصله در دوطرف همدیگر را خنثی می‌نمایند ولی در عمل این پمپ‌ها نیز با قدری نامتوازنی مواجه می‌باشند و به این دلیل در آنها هم از یاتاقانهای محوری استفاده می‌شود.

در پروانه با جریان شعاعی یک طرفه به قسمتی از دیواره جلوی آن فشار مکش و به سطح بزرگتری از آن در پشت پروانه فشار تخلیه وارد می‌گردد و به علت این اختلاف فشار نیروی پیشرانه محوری در پروانه ظاهر می‌شود. در پروانه پمپ‌های جریان محوری نیروی lift موجب بوجود آمدن نیروی پیشرانه محوری می‌گردد. این نیرو بخصوص در پمپ‌های چند طبقه حائز اهمیت می‌باشد.

برای مقابله با نیروی پیشرانه محوری در پمپ‌ها دوروش معمول است.

۱-تمام پروانه‌ها در یک جهت و به ترتیب صعودی طبقات قرار می‌گیرند و نیروی پیشرانه محوری بوسیله یک دستگاه موازنه هیدرولیکی خنثی می‌شود.

۲- تعداد پروانه‌های یک طرفه زوج انتخاب می‌شود و نصف آنها در جهتی مقابل نصف دیگر نصب می‌شود این طرز مونتاژ را پروانه مخالف می‌نامند.

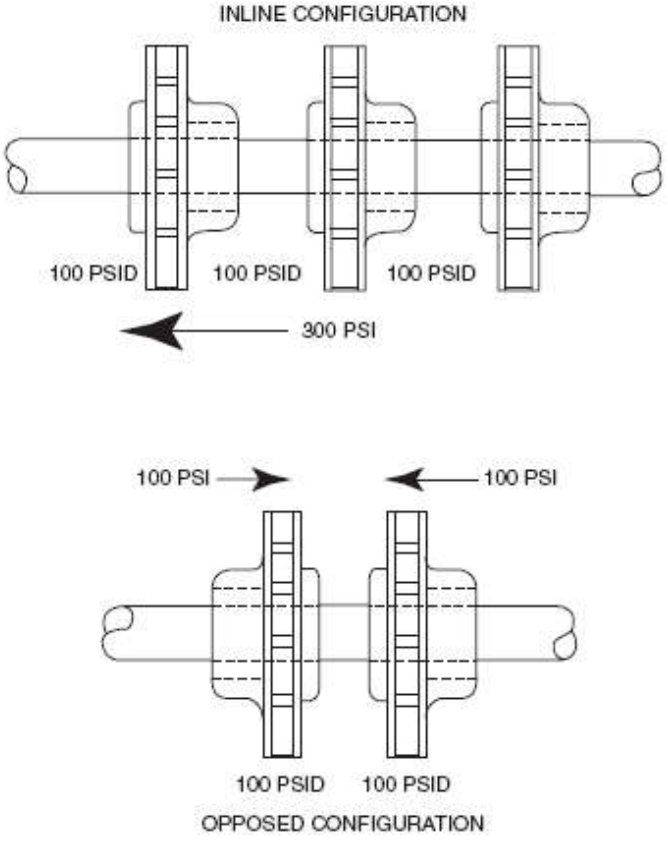


Figure 13–1 Impeller orientation.

دستگاه‌های موزانه هیدرولیکی

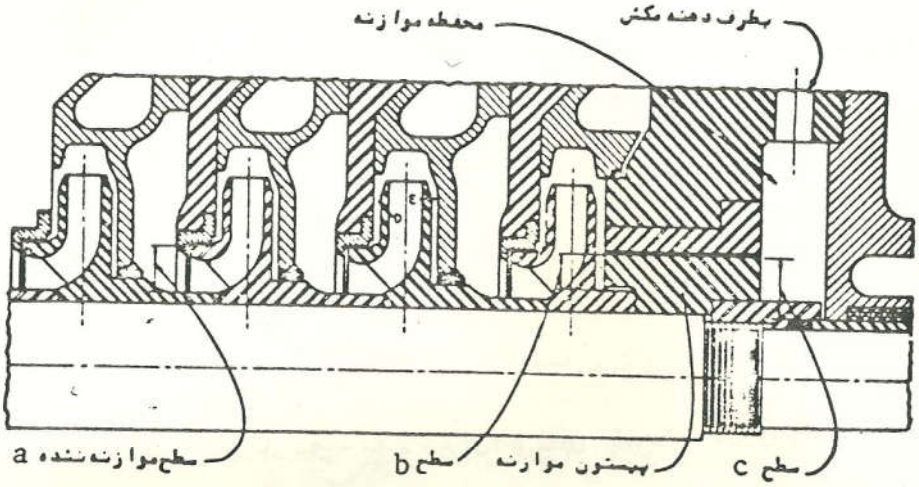
الف- پیستون موازنه: محفظه موازنه پروانه آخرین طبقه پمپ بوسیله پیستونی که روی شافت سوار شده است از قسمت داخلی پمپ جدا می‌شود. محفظه موازنه کننده به دهنه مکش پمپ اتصال می‌یابد نیروهای وارده به پیستون موازنه کننده عبارتند از:

۱-در جهت انتهای خروجی پمپ: فشار تخلیه ضربدر سطح موازنه جلو (سطحB) پیستونF_1

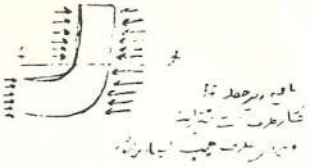
۲- در جهت انتهای مکش چپ: فشار عمقی محفظه موازنه ضربدر سطح موازنه عقب پیستون(سطح F_2(C

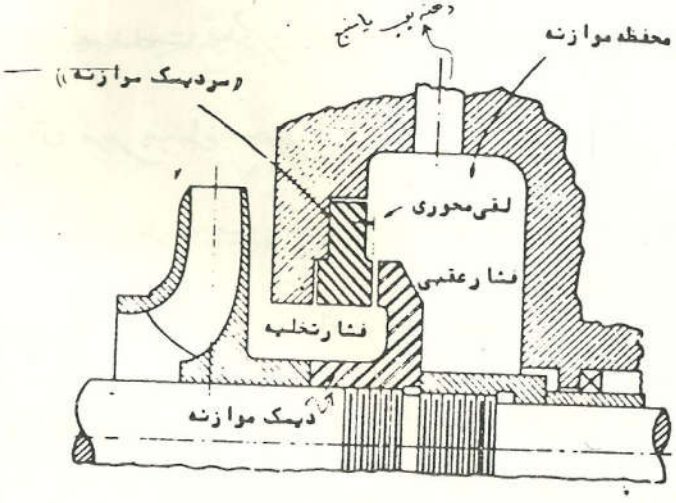
نیروی F_1 بزرگتر از نیروی F_2 است بدین طریق نیروی پیشرانه ناشی از پروانه‌های یک طرفه را خنثی می‌نمایند قطر پیستون را طوری می‌توان در نظر گرفت که 90% تا 95% نیروی پیشرانه خنثی گردد. (شکل۸-۱)

ب- دیسک موازنه: طرز کار دیسک موازنه در (شکل۹-۱) نشان داده شده است



شکل(۸-۱) پیستون موازنه





شکل(۹-۱) دیسک موازنه

دیسک چرخان روی شافت سوار شده و به وسیله لقی محوری کوچکی از سر دیسک موازنه جدا می‌شود. نشت سیال از بین این فاصله وارد محفظه موازنه شده و از آنجا به دهنه پمپ یا به منبع جاری می‌گردد به پشت دیسک موازنه فشار محفظهٔ موازنه و به سطح جلوی آن فشارهای متغیری وارد می‌شود این فشار متغیر در کوچکترین قطر مساوی فشار تخلیه و در محیط دیسک مساوی فشار محفظه است قطرهای داخلی و خارجی دیسک طوری انتخاب می‌شود که اختلاف نیروهای کلی وارده به سطح دیسک و عقب آن نیروی پیشرانه محوری را خنثی نماید. اگر نیروی پیشرانه محوری پروانه بیشتر از نیروی وارده به دیسک باشد دیسک به طرف سر دیسک حرکت کرده و لقی محوری را کاهش می‌دهد. مقدار نشت از بین این لقی کاهش می‌یابد و بنابراین باعث افت فشار در مسیر لقی شده فشار محفظه موازنه پایین می‌اید این موضوع به طور خودکار اختلاف فشار وارده به دیسک را افزایش می‌دهد و آن را از سر دیسک دور می‌کند و لقی را افزایش می‌دهد فشار در محفظه موزانه بالا می‌رود و مجدداً دیسک به طرف سر دیسک حرکت می‌کند تا تعادل حاصل گردد.

ج- ترکیب دیسک و پیستون: از ترکیبی از دو روش یاد شده استفاده می‌شود.

نصب

پس از آنکه متناسب با نیازهای موردنظر پمپ مناسب انتخاب شد برای آنکه عملکرد آن رضایت‌بخش و بی دردسر باشد لازم است که آن را به طور صحیحی نصب نمود در نصب صحیح پمپ باید عوامل متعددی را در نظر داشت که یکی از آنها اندازه پمپ می‌باشد.

پمپ را باید در یک جای مناسب و در دسترس طوری نصب کرد که نورگیر باشد و بتوان یاتاقانها و کاسه نمدهای آن را هر چند وقت یک بار بازرسی نمود. البته تجربه نشان داده است که در صورتی که بازدیدهای نوبتی انجام شود پمپ‌های گریز از مرکز به تعمیر و مراقبت زیاد و اساسی نیاز ندارند ولی اگر در جائی نصب شده باشند که دور از دسترس باشد آنقدر به آن بی‌توجهی می‌شود که قسمتی از پمپ دچار شکستگی و یا اشکال مشابه شود بطوری که ناچار به تعمیر اساسی شویم.

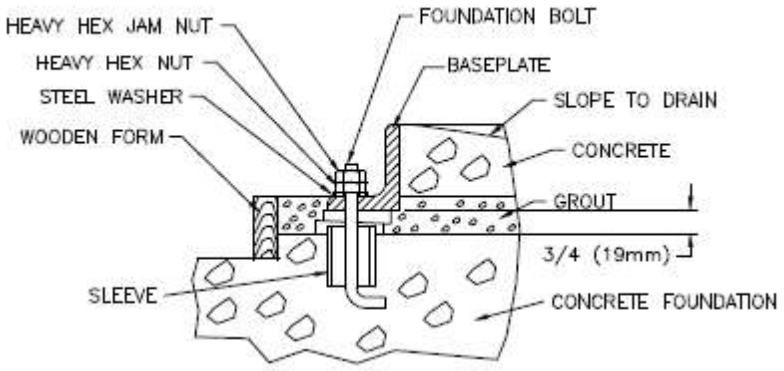
در موقع انتخاب موقعیت پمپ باید به عمق مکش و مسیر لوله‌کشی توجه داشت حداکثر دقت را باید مبذول داشت تا طرح مسیر لوله‌کشی تا حد امکان ساده گردد.

نصب پمپ سانتریفیوژ باید از استانداردهای Hydraulic Institue standard تبعیت کند، تا با استفاده از راهنمایی های خاص آن از خطای نصب پمپ و نشیمنگاه آن (Base plate) جلوگیری شود. خطاها می تواند باعث سایش زود هنگام، اتلاف عملکرد، یا خرابی سنگین شود. موارد زیر باید به عنوان قسمتی از آنالیز ریشه ای خرابی ارزیابی شود: فونداسیون، نگهدارنده لوله، و ترکیب لوله کشی ورودی و خروجی.

پمپ های سانتریفیوژ نیاز به یک فونداسیون محکم دارند تا از حرکت خطی یا پیچشی پمپ و نشیمنگاهش جلوگیری کند. در بسیاری حالت ها، این نوع پمپ روی یک سطح سیمانی با جرم کافی نصب می شود تا نشیمنگاه فلزی پمپ که یک سری سوراخ های نصب دارد را بطور مطمئن نگهدارد. بسته به اندازه، ممکن است سه تا شش نقطه برای نصب روی هر طرف وجود داشته باشد.

فونداسیون یا پی

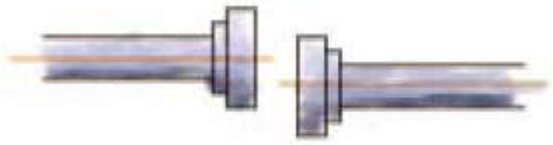
زیربنای محل استقرار پمپ را باید حتی الامکان با مصالح ساختمان مناسب و سختی پر کرد که سطح مطمئن و ثابتی را برای شاسی موتور پمپ فراهم نماید. زیربنای موتور باید طوری طراحی شود که فشارها و ارتعاشات معمولی را که در هنگام کار پمپ رخ می‌دهد به راحتی تحمل نماید معمولاً کارخانه‌های سازنده پمپ نقشه فونداسیون موتور پمپ را به طور واضحی ترسیم کرده و به خریدار ارائه می‌دهند با استفاده از نقشه مزبور خریدار به راحتی قادر است پیچ‌های مناسب را تهیه کرده و در فونداسیون قرار دهد. اگر قرار است پمپ مستقیماً روی یک ساختمان فولادی یا معمولی نصب شود حتی الامکان بهتر است آن را روی اعضای اصلی تیرها و یا دیوارهای طوری نصب کرد که شاسی دستگاه در اثر اعمال فشار یا ارتعاشات جابه‌جا نشود. بهتر است ارتفاع فونداسیون حدود ۲ سانتی‌متر از سطح زمین بالاتر باشد تا تفاله‌ها یا مایعاتی که از اطراف پمپ به بیرون نشت می‌کنند زیر دستگاه جمع نشوند.



ترازکاری یا گونیا کاری

معمولاً کاخانه‌های سازنده موتور و پمپ را قبلاً بر روی شاسی نصب و تنظیم کرده و به همان صورت آن را به خریدار تحویل می‌دهند. در این صورت مشتری مجبور نیست که برای تنظیم موتور و پمپ وقت خود را تلف کند به این ترتیب دستگاه را در روی فونداسیون قرار داده و بین کف شاسی و فونداسیون تسمه‌های بارکشی از یک ورق فولادی قرار می‌دهند بهتر است این تسمه‌ها را در نزدیکی پیچ‌ها تعبیه کرد به این ترتیب بین سطح فونداسیون و کف شاسی یک فضای خالی در حدود ۲ تا ۵ سانتی‌متر باقی می‌ماند که بعداً با سیمان پر می‌شود. اگر هم محوری لازم باشد قبل از شروع به تنظیم مجدد پمپ و موتور بهتر است اول پیچ‌های کوپلینگ رابط را باز کرده و سپس نیمه‌های آن را تنظیم کرد. برای تراز کردن می‌توان یک یا چند گوه را در زیر شاسی قرار داده و آنها را آنقدر جابه‌جا کرده تا محور پمپ تراز شود در این حالت فلنچ محفظه مکش باید کاملاً عمودی و یا کاملاً افقی باشد.

در عین حال باید توجه داشت که ارتفاع و موقعیت پمپ متناسب با چیزی باشد که از قبل پیش‌بینی شده بود همزمان با نصب و تراز کردن دستگاه باید میزان بودن دو نیمه کوپلینگ که موتور و پمپ را به هم مربوط می‌سازند اطمینان حاصل نمود.



Parallel offset.

Angular error.

برای اطمینان از صحت وضعیت محور خروجی موتور و محور ورودی پمپ می‌توان از یک سری فیلر و یک قطعه کاملاً گونیائی استاندارد استفاده کرد و از موازی و هم سطح و هم راستا بودن محورهای مزبور اطمینان حاصل نمود.

در صورتیکه دو نیم کوپلینگ از نوع دایره‌ای و با قطر یکسان و با پیشانی صاف و تخت هستند محورها زمانی نسبت به هم کاملاً میزان هستند که فاصله بین دو پیشانی نیم کوپلینگ در همه جا یکسان بوده و قطعه گونیائی استاندارد در سرتاسر محیط نیم کوپلینگ‌ها به هر دوی آنها متکی باشد. آزمایش توازی با قرار دادن یک قطعه گونیائی استاندارد در بالا و کنار نیم کوپلینگ‌ها صورت می‌گیرد. در همان زمان می‌توان از یک اندازه‌گیر ضخامت یا فیلر معمولی استفاده کرده و باد خور بین دو نیم کوپلینگ را آزمایش نمود.(روش تیغه ای)

برای کاربردهای صنعتی باید از ساعت اندیکاتور و برای دقت بیشتر و سرعت عمل بالاتر از لیزر استفاده کرد.

در صورتی که سیال پمپ در دمای بالاتر از ۲۵۰ درجه سانتیگراد باشد باشد تنظیم کلی باید در همان دمائی که سیستم معمولاً در حین کار با آن روبرو است صورت بگیرد(*HOT ALIGNMENT*) در صورتی که انجام این عمل میسر نباشد بهتر است تنظیم دستگاه در شرایط دمائی پایین‌تر از دمای کار با یک مقدار اختلاف صورت بگیرد به هر صورت قبل از آنکه پمپ وارد کار اساسی و جدی خود شود بهتر است آن را برای مدتی بکار انداخته و در دمای مشابه دمای کار عادی تنظیمات مجدد را انجام داد. بدیهی است گرمای بخار توربین و همچنین گرمائی که از لوله اگزوز توربین خارج می‌شود موجب انبساط سیستم می‌گردد بنابراین بهتر است که لوله‌های ورود و خروج بخار داغ را حتی‌الامکان بطرفی غیر از لوله‌های وصل شده به پمپ نشانه رفت.

کوپلینگ

پمپ‌های سانتریفوژ به جز پمپ‌های یک‌سره که شافت پروانه و موتور در آنها یکی است به موتورهای محرک خود به وسیله کوپلینگ وصل می‌شوند. کوپلینگ‌های مورد استفاده در پمپ‌ها ممکن است از نوع صلب یا انعطاف‌پذیر باشد.

کوپلینگ صلب

در اتصال موتورها به پمپ دو نوع کوپلینگ صلب به کار می‌رود. یک نوع آن عبارت است از دو فلنج سخت که یکی روی شافت محرک و دیگری روی شافت متحرک سوار می‌شود و به وسیله پیچ و مهره به هم بسته می‌شوند

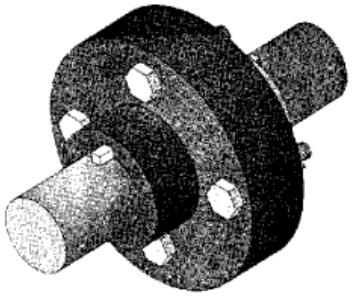


Figure 11.1 *Typical flanged rigid coupling*

نوع دیگر از دو نیم استوانه تشکیل یافته که روی هم قرار گرفته و به وسیله پیچ و مهره به هم اتصال می‌یابد انتقال کوپل از شافت محرک به شافت متحرک بوسیله خارهای معمولی صورت می‌گیرد

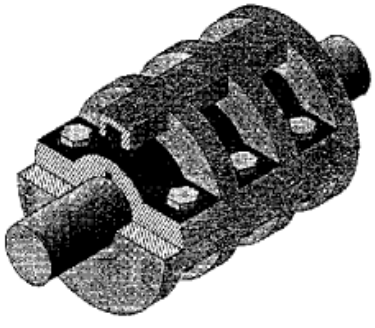


Figure 11.2 *Typical split rigid coupling*

کوپلینگ انعطاف‌پذیر

کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر ممکن است از نوع انعطاف‌پذیر مکانیکی یا انعطاف‌پذیر موادی باشند

الف- کوپلینگ انعطاف‌پذیر مکانیکی: انعطاف‌پذیری از لقی‌های مابین قطعات کوپلینگ تامین می شود یکی از معمول‌ترین نوع این کوپلینگ‌ها نوع دندانه‌ای است شکل زیر که درآن روی هر شافت یک چرخ دنده نصب می‌گردد این چرخ دنده‌ها

در داخل پوسته دندانه‌دار دو تکه دیگری که به وسیله پیچ و مهره به هم بسته می‌شوند قرار می‌گیرند. دندانه‌های چرخ دنده‌ها یا دندانه‌های داخلی پوسته درگیر می‌شود و انتقال کوپل با آنها صورت می‌گیرد.

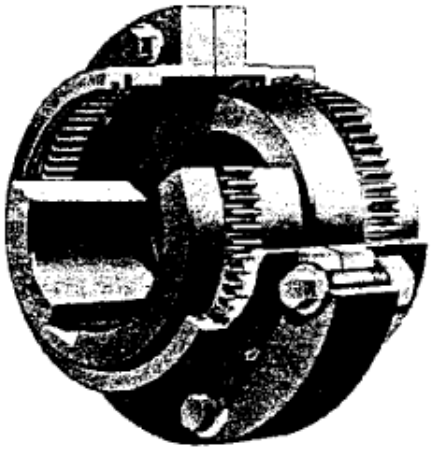
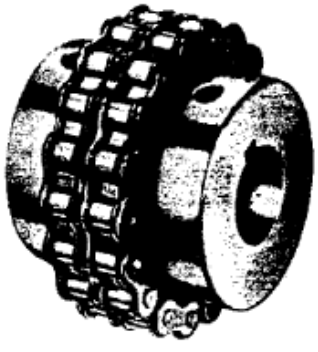


Figure 11.5 *Typical gear-tooth coupling*

نوع دیگر کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر مکانیکی که مخصوصاً در دستگاه‌های ارزان قیمت کاربرد زیادی دارد نوع زنجیری است



Roller-chain coupling.

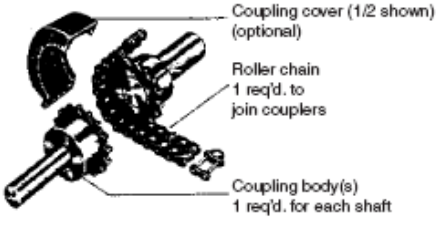


Figure 11.4 *Typical chain coupling*

این کوپلینگ‌ها نیز از دو چرخ‌دنده تشکیل یافته‌اند که روی هر شافت یکی از آنها سوار می‌شود اتصال بوسیله زنجیری که روی دندانه‌ها می‌افتد حاصل می‌گردد و کوپل به وسیله میله‌ها و مهره‌های زنجیر منتقل می‌شود.

ب- کوپلینگ انعطاف‌پذیر موادی:

قطعه انعطاف‌پذیر در این کوپلینگ‌ها ممکن است از فلز رزین‌های ارتجاعی یا پلاستیکی باشد در نوعی از این کوپلینگ‌ها از قطعات قابل ارتجاعی از جنس رزین استفاده می‌شود و دارای طرح‌های متنوعی می‌باشد

در نوع دیگر کوپلینگ‌های ارتجاعی که خیلی معمول می‌باشد فاصله بین زایده‌های فلزی (شاخک‌ها) به وسیله قطعاتی از پلاستیک سخت پر می‌شود.

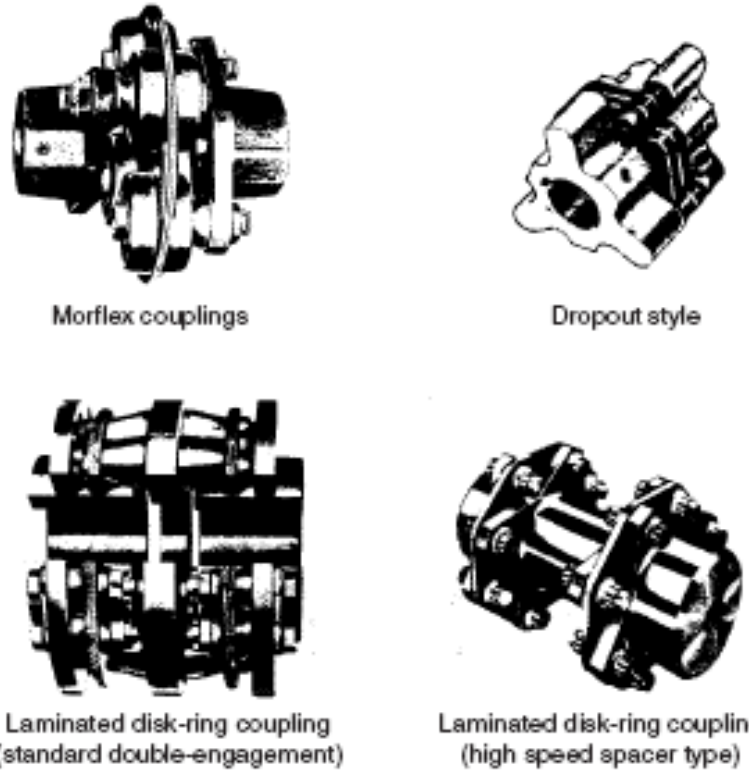


Figure 11.6 *Typical laminated disk-ring couplings*

در نوعی از کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر از هر دو خاصیت مکانیکی و موادی در ساختمان آنها استفاده شده است این کوپلینگ‌ها از دو استوانه شیاردار تشکیل شده‌اند که روی هر شافت یکی از آنها سوار شده و یک نوار فلزی شیارهای هر دو استوانه را پر می‌کند.

لوله کشی *Piping*

کشش لوله ها باعث تغییر شکل پیوسته پمپ می شود که سایش زود هنگام و یا خرابی را به بار خواهد آورد. لذا، هم لوله مکش و هم خروجی باید به اندازه کافی محکم نگهداشته شود تا از کشش جلوگیری شود. علاوه بر آن، اتصالات انعطاف پذیری باید روی لوله مکش و خروجی استفاده گردد تا از کارکرد صحیح پمپ اطمینان حاصل شود.

پمپ های سانتریفیوژ خیلی مستعد به آشفتگی جریان هستند. انجمن هیدرولیک (HydraulicInstitute) راهنمایی هایی برای ترکیب لوله کشی ها تهیه می کند که مخصوصا طراحی شده اند تا از ورود جریان آرام مایع به پمپ اطمینان حاصل شود. به عنوان یک قانون کلی، لوله مکش باید مستقیم، بدون محدود کننده جریان و طول آن شش برابر قطر لوله مکش پمپ باشد.

نصب هایی که لوله کشی آن پیچ تند، ولوهای کنترل یا قطع جریان، یا لوله با اندازه کوچک در سمت مکش پمپ دارند مستعد به مشکلات عملکردی مزمن هستند. چنین انحرافاتی از دستورهای مهندسی ایده آل باعث آشفتگی جریان مکش و در نهایت ناپایداری هیدرولیکی می شود که بشدت عملکرد پمپ را محدود می سازد.

هرچه ارتفاع بیشتر باشد قدرت پمپاژ زیادتری مورد نیاز است و از طرف دیگر مخارج تاسیسات گرانتر تمام می‌شود. بدین جهت سعی می‌شود حداقل ممکن لوله و تعداد زانوئی‌ها و خم‌ها و شیرآلات و اتصالات رعایت گردد حداقل لوله و شیرآلات در پمپ سانتریفوژ به ترتیب زیر است:

۱-صافی و شیر یک طرفه
۲- لوله مکش با اتصالات
۳- شیر تنظیم
۴- لوله رانش با اتصالات

صافی و شیر یک طرفه

هر دو در ابتدای لوله مکش قرار گرفته و در زیر سیال طوری فرو می‌روند که تا ته سیال فقط چند سانتی‌متر فاصله داشته باشند در مواردی که امکان ورود ذرات ته‌نشینی و گل و لای به پمپ زیاد است و احتمال گرفتگی آن می‌رود ممکن است فاصله آن را تا ته منبع یک متر و بیشتر در نظر گرفت.

سیال از منبع ابتدا وارد صافی می‌شود که ذرات شناور خارجی را می‌گیرد سطح روزنه‌های صافی باید حداقل دو برابر سطح مقطع لوله مکش باشد.

شیر یکطرفه بین صافی و لوله مکش قرار می گیرد و از پایین به بالا اجازه عبور سیال می‌دهد اما جریان برعکس جلوگیری می کند

لوله مکش با اتصالات

اگر احتراز از ارتفاع مکش ممکن نباشد لوله مکش حتی‌الامکان کوتاه و مستقیم و برای حداقل رساندن اتلافات اصطکاکی به اندازه کافی قطور در نظر گرفته می‌شود. به طوری که ارتفاع قائم آن از مقادیر مجاز تجاوز نکند سرعت‌های کمتر از ۰,۶ متر بر ثانیه در این لوله مطلوب‌تر است. چون کوچکترین نشت هوا ممکن است در زانوئی‌ها و خم تجمع یافته و اخلال در هواگیری یا تقلیل ظرفیت در پمپ شود باید دقت کافی مبذول داشت که لوله مکش حتی‌الامکان بدون خم و قوس باشد.

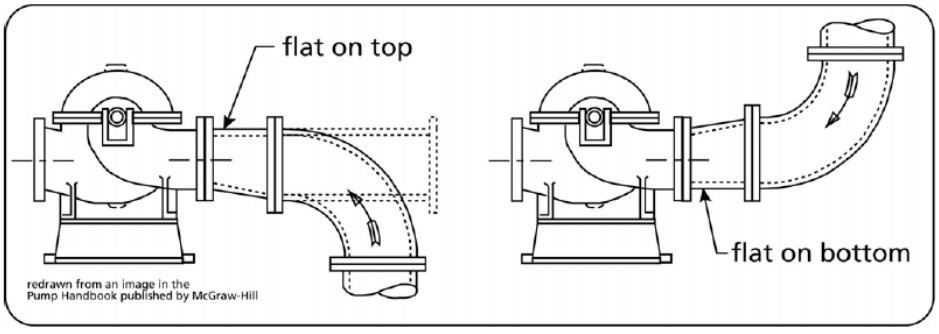
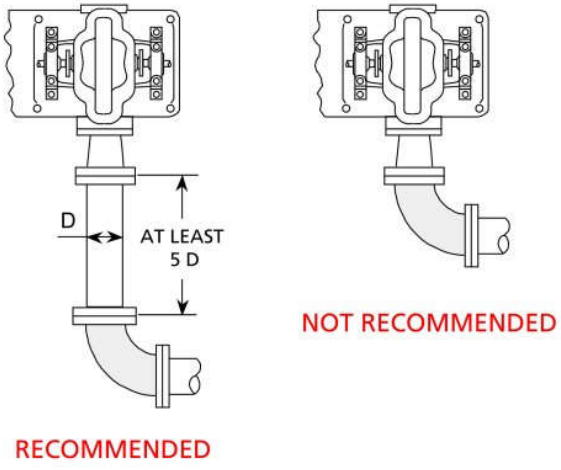


Figure 1 Eccentric reducers at the pump suction (source: the Pump handbook published by McGraw-Hill)



شیر تنظیم

یک شیر فلکهٔ کشوئی بوده و در مسیر لوله رانش نزدیک پمپ قرار می‌گیرد در هنگام روشن کردن پمپ باید این شیر بسته باشد شیر تنظیم برای تغییر ظرفیت پمپاژ و تنظیم ارتفاع سیال به کار می‌رود قبل از خاموش کردن پمپ نیز باید شیر تنظیم را بست زیرا کل فشار رانش به لوله مکش منتقل می‌شود که ممکن است خطرناک باشد.

لوله رانش با اتصالات

سیال از طریق لوله رانش به منبع محل توزیع انتقال می‌یابد از نظر فنی در صورتی که ارتفاع بالابری پمپ کافی باشد محدودیتی برای ارتفاع یا طول لوله رانش نیست و فقط باید جداره آن به اندازه‌ای مقاومت داشته باشد که فشار موجود را تحمل نماید قطر لوله بستگی به دبی پمپ دارد ولی سعی می‌شود اندکی کوچکتر از قطر لوله مکش گرفته شود سرعت‌های بین ۰,۸ تا ۱,۳ متر بر ثانیه در لوله رانش مطلوب می‌باشد لوله مکش و لوله رانش را برای سهولت تخلیه سیال داخل آنها به هنگام خاموشی پمپ با اندکی شیب نصب می‌کنند. علاوه بر لوله‌ها و شیرآلات و اتصالات فوق بسته به درجه اهمیت و حساسیت تاسیسات ممکن است یک شیر یک طرفه بین پمپ و شیر تنظیم یک فشارسنج در طرف رانش یا هر دو طرف و به منظور بررسی راندمان پمپ یک کنتور در مسیر پمپاژ نصب نمود.

لوله ورودی

اگر می‌خواهید پمپ جدیدی را نصب کنید بهتر است ابتدا خط لوله ورودی را با فشار سیال پاک کنید به غیر از اشکال مربوط به برهم خوردن تنظیمات بیشتر مشکلاتی که در نصب پمپ‌های گریز از مرکز بروز می‌کنند مربوط به خط لوله ورودی می‌باشد، بنابراین باید در نصب خط لوله ورودی نهایت دقت را مبذول داشت.

قطر لوله ورودی به هیچ‌وجه نباید از مجرای مکش پمپ کمتر بوده و تا حد امکان کوتاه و مستقیم و بی‌پیچ و خم باشد در صورتی که امکان صرفه‌جوئی در کوتاه کردن خط لوله ورودی میسر نیست قطر آن را افزایش دهید در موقع طراحی از عبور مسیر لوله‌کشی از نقاط بلند پرهیز کرده و سیستم را طوری طراحی کنید که امکان ورود حباب‌های هوا به داخل لوله‌ها را به حداقل ممکن کاهش دهید زیرا این عوامل موجب بروز مشکلاتی می‌شوند. معمولاً مسیر لوله‌کشی مطلوب این است که بدون عبور از نقاط بلند منبع سیال را با یک لوله عمودی و یک لوله افقی به مجرای مکش پمپ متصل نمود.

در مورد محل برخورد لوله به منبع سیال باید توجه داشت که همیشه قدری از طول لوله باید در داخل سیال منبع غوطه‌ور باشد. در مورد لوله‌های قطور باید طول لوله را طوری پیش‌بینی کرد که در کمترین سطح سیال منبع، چهار برابر قطر لوله در داخل سیال غوطه‌ور باشد. در مورد منابع کوچک یا چاه‌های با قطر کم که لوله مصرف شده نیز قطر چندانی ندارد و سطح سیال سریعاً نزول می‌کند باید۶۰ سانتی متر تا ۱ متر از طول لوله در داخل سیال منبع غوطه‌ور باشد.

برای پیشگیری از ورود آشغال و ذرات مزاحم به داخل خط لوله ورودی و گیر کردن آن بین تیغه‌های پروانه و بدنه داخلی پمپ در ابتدای خط ورودی که در سیال غوطه‌ور است یک صافی قرار می‌دهند.

خط لوله خروجی

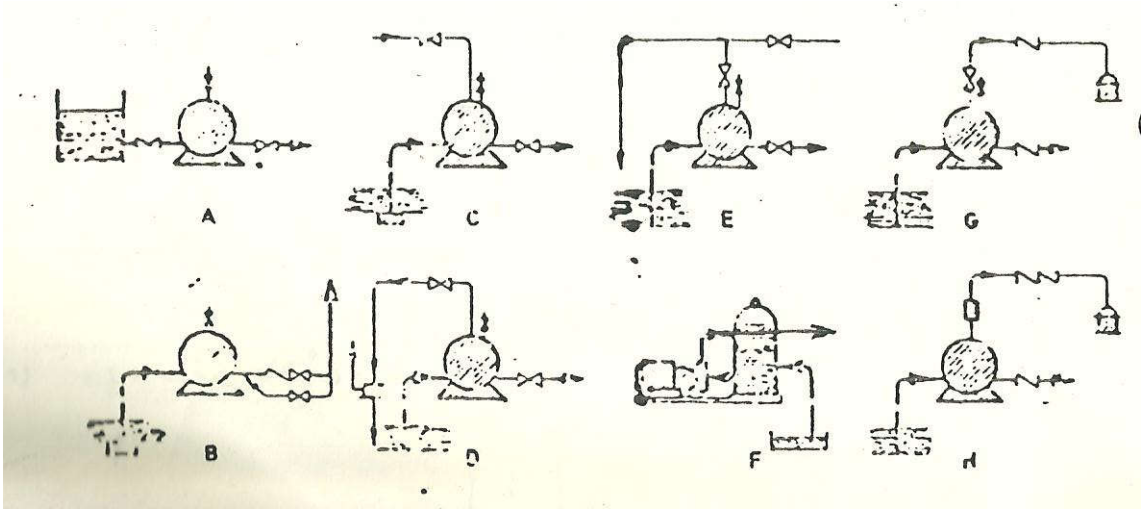
خط لوله خروجی را نیز همانند خط لوله ورودی باید کوتاه و بدون پیچ و خم طراحی نمود تا اصطکاک‌های موجود به حداقل برسند در صورت لزوم بهتر است شیرهای دروازه‌ای و سوپاپ‌های کنترل را در نزدیکی پمپ نصب نمود وجود سوپاپ کنترل این حسن را دارد که اگر به دلیلی شیر خروجی پمپ را باز و بسته کنند بدنه پمپ را در مقابل ضربه چکش جریان سیال محافظت می‌کند، ضمناً در صورتی که موتور به دلیلی خاموش شود از عملکرد معکوس پمپ پیشگیری می‌کند. وجود شیر دروازه‌ای نیز به این دلیل ضروری است که در موقع تعمیر یا بازرسی خط لوله با بستن آن می‌توان رابطه بین پمپ و خط لوله خروجی را قطع نمود.

پرکردن پمپ(*Priming*)

چون پمپ‌های گریز از مرکز نمی‌توانند هوا یا سایر گازها را تلمبه کنند باید آنها را قبل از شروع به کار از مایع پر نمود چنانچه ارتفاع (هد استاتیکی) وجود داشته باشد یعنی پمپ را از منبعی که بالاتر از سطح تلمبه قرار دارد پر نمود این موضوع با اشکالی مواجه نخواهد شد ولی در حالتی که (عمق بالا کشیدن استاتیکی) وجود داشته باشد یعنی منبع مایع در سطح پایین‌تر از پمپ قرار داشته باشد باید به کمک وسائلی پمپ را از مایع پر کرد.

این عمل را *Priming* گویند. در شکل (۱۶-۱) هشت روش پر کردن پمپ‌ها قبل از شروع به کار نشان داده شده است در شکل A ورودی پایین‌تر از سطح آزاد مایع قرار دارد و محفظه پمپ همیشه پر خواهد بود هنگام شروع به کار اولیه قبل از

به کار انداختن پمپ پس از توقف طولانی شیرهای خروجی هوا که در بالای پمپ قرار دارند را باید باز نمود که هوای داخل پمپ خارج شود. مایع ورودی باعث خروج هوای محفظه می‌شود.



در شکل B یک لوله میان‌بر که به لوله خروجی متصل است پر کردن پمپ را از مایع موجود در لوله خروجی ممکن می‌سازد.

در شکلC به کمک یک شیر یکطرفه از خروج مایع داخل پمپ به طرف منبع پایین جلوگیری به عمل می‌آید ضمن اینکه توسط اتصال اضافی می‌توان مایع اضافی لازم را جهت پر کردن پمپ تامین نمود.

در شکلD یک پمپ کوچک اضافی برای خارج کردن هوا از داخل پمپ به کار رفته است که پمپ را از منابع پر خواهد کرد.

در شکلE با تزریق بخار و استفاده از افشانک هوای داخل پمپ کشیده می‌شود عمل تا زمانی که از مجرای هواگیری سیال بیرون بزند ادامه می‌یابد.

در شکلF یک منبع پرکننده به کار رفته است که به اندازه کافی مایع در خود نگه دارد و بتواند پمپ را قبل ازشروع به کار پر نماید.

در شکلG و H پر کردن پمپ به کمک دست و یا به طور خودکار انجام می‌گیرد.

راه‌اندازی پمپ سانتریفوژ

۱-شیر خروجی بسته می‌شود.

۲- پرایم کردن پمپ، باز کردن شیر مکش و بستن شیر تخلیه هوا

۳- باز کردن شیرهای سیستم‌های خنک‌کننده (در صورت وجود)

۴- در صورتی که پمپ سیال داغ را می‌راند و در حالت خاموش در دمای کار نگه داشته نمی‌شود شیر*warm up*باز می شود تا دمای پمپ به دمای کار برسد سپس شیر مربوطه بسته می‌شود.

۵- موتور استارت می‌شود (قبل از استارت موتور در صورت امکان شفت چند دور با دست چرخانده شود)

۶- شیر سیر کوله باز می‌شود. (برای جلوگیری از *overheating* احتمالی)

۷- شیر تخلیه به آرامی باز می‌شود.

۸- نشت های معمول بازدید می‌شود.

۹- بازدیدهای مکانیکی به عمل می‌آید.

۱۰- در صورتی که دبی کافی وجود دارد که*over heating* بوجود نیاید شیر سیر کوله بسته می‌شود.

توجه: در راه‌اندازی پمپ‌هائی که با بستن شیر تخلیه و کاهش دبی توان مصرفی‌شان بالا می‌رود (سرعت مخصوص بزرگتر از ۲۵۰) مراحل ۵ و ۶ جابه‌جا می‌شوند.

از کار انداختن پمپ

۱-شیر سیر کوله باز می‌شود.

۲- شیر تخلیه به آرامی بسته می‌شود.

۳- موتور خاموش می‌شود.

۴- در صورتی که پمپ سیال داغ می‌راند و سیستم از نوعی است که پمپ باید در دمای کار باقی بماند شیر *warm up* باز می‌شود.

۵- بستن شیرهای سیستم‌های خنک‌کننده.

۶- شیر مکش بسته و شیر تخلیه هوا باز می‌شود.

عیب‌یابی

در مجموع پمپ‌های گریز از مرکز به علل مختلفی ممکن است از کار بیفتند در این قسمت طریقه تعیین محل عیب و دلیل بروز آن توضیح داده می‌شود.

الف-آب از خروجی خارج نمی‌شود و یا ظرفیت یا فشار کم شده است.

۱- پمپ راه‌اندازی اولیه شده است.

۲- سرعت دورانی موتور کم است.

۳-ارتفاع دینامیکی کلی بیشتر از توان پمپ است.

۴- عمق زیاد است (عمق معمولی حدود ۵ متر است)

۵- یک ذره مزاحم بین تیغه‌های پروانه گیر کرده است.

۶-روتور در جهت عکس دوران می‌کند.

۷-در داخل سیال حباب‌های زیادی از هوا وجود دارد.

۸- محفظه کاسه نمدها یا قسمتی از خط لوله ورودی خود را از خود عبور می‌دهد.

۹- فشار ورودی و فشار تبخیر سیال با هم متناسب نیستند.

۱۰- یک اشکال مکانیکی وجود دارد مثلاً رینگ‌های آب‌بندی سائیده شده‌اند یا پروانه آسیب دیده و یا محفظه کاسه نمدها خط افتاده است.

۱۱- سوپاپ یکطرفه‌ای که در پایین خط ورودی قرار دارد خیلی کوچک است و یا به وسیله آشغال مسدود شده است.

ب- کمی بعد از روشن کردن پمپ دبی کم می‌شود.

۱-هوا وارد لوله ورودی می‌شود

۲-عمق زیاد است (بیش از ۵ متر)

۳- سطح مایع در مخزن پایین‌تر از مدخل ورودی پمپ رسیده است.

۴- در داخل مخزن خلا ایجاد شده است.

ج- پمپ موتور محرک را داغ می‌کند.

۱-ارتفاع دینامیکی کمی کمتر از قدرت پمپ بوده و سیال زیادی پمپاژ می‌شود.

۲- پمپ برای جابه‌جا کردن سیالی با وزن مخصوص و ویسکوزیته سیالی که فعلاً دارد آن را پمپاژ می‌کند طرح نشده است.

۳-اشکال مکانیکی وجود دارد (یاتاقانها زیاد سفت هستند و یا بدنه روغن‌کاری شده‌اند.)

د-پمپ لرزش زیادی دارد.

۱-فونداسیون به قدر کافی سخت نیست.

۲-یک ماده خارجی تعادل پروانه را بر هم زده است.

۳-اشکال مکانیکی (خم شدن محور- میزان نبودن محورها- محکم نبودن پیچ‌های پایه- سائیده شدن یاتاقانها یا ناهم توازی یاتاقانها)

۴-پمپ تصادفاً به سرعت بحرانی خود نزدیک شده است.

توصیه‌های مفید

-اگر هوا سرد باشد بهتر است بلافاصله پس از خاتمه کار پمپ و توقف آن آب داخل پمپ را کاملاً خارج کرد تا پمپ از خطر یخزدگی مصون بماند.

-درصورتی که قرار است برای یک مدت نسبتا طولانی پمپ در سرویس نباشد بهتر است هفته‌ای یک بار محور آن را با دست چند دور بگردانیم و در صورتی که مدت توقف خیلی زیاد باشد عاقلانه آن است که قطعات پمپ را از هم باز کرده و تمیز و روغن‌کاری نمود.

فصل دوم

پمپ‌ها دورانی

روی پمپ‌های سانتریفیوژ بحث زیادی شده است چرا که آن‌ها رایج‌ترین نوع پمپ‌ها هستند و در گسترده‌ترین محدوده اندازه و کاربرد استفاده می‌شوند. پمپ‌های جابجایی مثبت در اندازه‌های کوچکتر و محدوده فشارهای بالاتر، همچنین برای مایعات غیر نیوتنی رایج هستند، مانند صنایع غذایی. انواع مورد استفاده را می‌توان در کتاب‌های عمومی پمپ یا در سایت‌هایی نظیر www.pumpschool.com و www.positivepumps.com دید که عبارتند از :

- رفت و برگشتی: پیستون، دیافراگم، انگشتی
- روتاری: پره خارجی، پره لغزنده، قطعه انعطاف‌پذیر، تیوب، دنده داخلی، دنده خارجی، پیچی، لوب، progressive cavity

قبلاً از این پمپ‌ها فقط برای بالا بردن قدرت سیالات در سیستم‌های هیدرولیکی استفاده می‌کردند. امروزه کاربرد این پمپ‌ها بطور وسیعی گسترده شده و در ماشین‌های افزار، صنایع هواپیمائی، اتومبیل‌ها، پرس‌ها و سیستم‌های انتقال قدرت خودروها به کار می‌روند.

دبی پمپ‌های دورانی تقریباً یکنواخت و ثابت می‌باشد و از طبقه جابه‌جایی مثبت می‌باشند نسبت به وضعیت پروانه این نوع پمپ‌ها آنها را به چهار دسته می‌توان تقسیم‌بندی نمود.

۱-نوع چرخ دنده‌ای یا به طور ساده دنده‌ای.

۲- نوع پره‌ای.

۳-نوع پیستونی

۴-نوع پیچی

نوع دنده‌ای

شامل دو چرخ دنده می‌باشند که با یکدیگر درگیر بوده و یکی از آنها به وسیله یک عامل محرک مثل موتور به گردش درآمده و چرخ‌دنده دیگر را می‌گرداند. میزان *flow* این نوع پمپ را به سادگی و تنها باتغییر سرعت گردش محور می‌توان تغییر داد بازده یک پمپ دنده‌ای عمدتاً به دقت قطعات در تماس بستگی دارد.

این پمپ‌ها را در مدل‌های مختلف می‌توان یافت. *flow* این پمپ‌ها از کمتر از یک گالن در دقیقه شروع شده و تا بیشتر از ۱۰۰ گالن در دقیقه ادامه می‌یابد انواع مختلف این پمپ‌ها قادر به ایجاد فشارهای مختلفی از حدود کمتر از ۱۰۰پوند بر اینچ مربع تا بیشتر از ۳۰۰۰ پوند بر اینچ ربع می‌باشند. پمپ‌های دندنه‌ای را می‌توان متناسب با نوع چرخ‌دنده مصرف شده به انواع مختلفی تقسیم نمود:

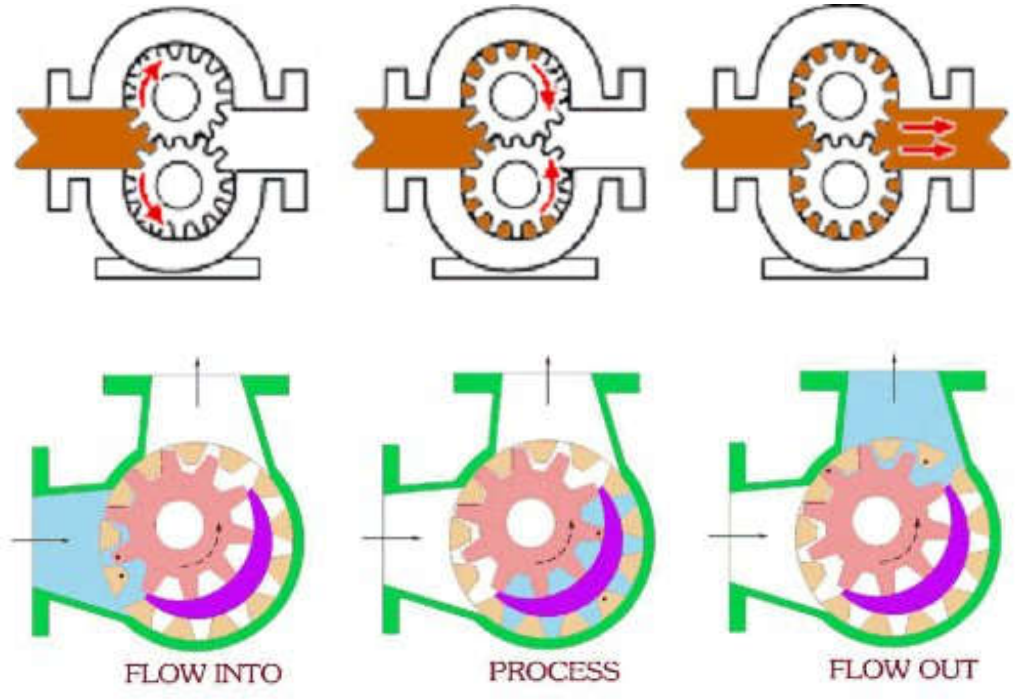
چرخ دنده ساده- مارپیچی، جناغی- چرخ‌دنده‌های مخصوص.

نوع چرخ دنده‌ای ساده

دو نوع است داخلی و خارجی، در مورد نوع خارجی باید گفت که در موقع جدا شدن هر زوج دندانه درگیر خلائی پدید می‌آید و سیال با فشار از طریق دهانه ورودی پمپ به داخل کشیده می شود و آن را پر می‌کند و مجراهای ورودی و خروجی به خاطر وجود چرخ دنده‌های درگیر کاملاً از هم مجزا می‌باشند. بنابراین سیالی که بین فاصله دو دندانه متوالی هر چرخ دنده حبس می‌شود همراه با آن گردش کرده و در نزدیکی محفظه ثانویه پمپ از آن جدا شده و به ناچار به خارج رانده می‌شود.

در مورد نوع داخلی باید گفت که قدرت موتور به یکی از چرخ‌دنده‌ها داده شده و دوران چرخ‌دنده مزبور باعث گردش چرخ‌دنده هرزگرد دیگری که با آن در تماس است می‌شود در موقع جدا شدن درگیری هر دندانه از دندانه مشابه در روی چرخ دنده دیگر افزایش حجم موجب ایجاد یک خلا جزئی می‌شود در این‌جاست سیال به داخل بدنه پمپ مکش می‌شود. سیال وارد شده به محض دخول در فاصله بین دو دندانه متوالی و بدنه پمپ گیر کرده و به طرف محفظه ثانویه حرکت می‌کند و از آنجا به بیرون رانده می‌شود.

معکوس کردن جهت دوران جهت جریان سیال را در داخل پمپ وارونه می‌کند. در موقع تعیین جهت دوران محور پمپ همیشه از انتهائی که شامل محور است به پمپ نگاه کنید. در صورتی که دستورالعمل خاصی داده نشده باشد فرض بر این است که محور پمپ در جهت گردش عقربه‌های ساعت می‌گردد درنتیجه می‌توان انتظار داشت که محفظه مکش در سمت راست قرار گیرد.



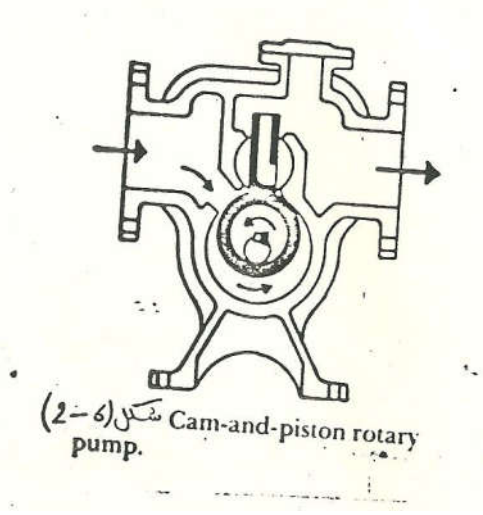
پمپ‌های پره‌ای

اصول کار پمپ‌های دورانی پره‌ای نیز براساس افزایش حجم فضای خالی برای ایجاد یک خلا جزئی پایه‌گذاری شده است بدیهی است که خلا مزبور باعث پر شدن محفظه مکش پمپ از سیال می‌شود کمی بعدتر کاهش حجم همان فضاهای خالی سیال را با فشار از طرف دیگر بیرون می‌راند.

پره‌ها در اثر نیرو گریز از مرکز در تمام حالات به محفظه چسبیده‌اند و روی آن می‌لغزند و فضای بین گرونده و محفظه را جاروب می‌نمایند و در نتیجه مایع را نیز در جلو مجرای ورودی جاروب نمود و در جلو مجرای خروجی به بیرون می‌رانند.

نوع پیستونی

در انواع مختلف ساخته می‌شود که یک نوع آن به بادامک- پیستونی معروف است و در اینجا شرح داده می‌شود. در اثر حرکت شفت بادامکی به چرخش درآمده یک پیستون به حر کت نوسانی واداشته می‌شود.



شکل(۶-۲) Cam-and-piston rotary pump.

بادامک به علت خارج از مرکز بودن در جلو مجرای ورودی سیال را می‌رباید و آنها در جهت حرکت دورانی به پیش می‌برد در مجرای خروجی پیستون که کاملاً با بادامک مماس نمی‌باشد مانع از ادامه حرکت سیال در جهت دوران شده و آن را به بالا هدایت می‌کند.

پمپ نوع پیچی

این نوع پمپ مانند چرخ گوشت عمل می‌کند و سیال در اثر چرخش یک یا چند پیچ به جلو رانده می‌شود.

لوله کشی

در مورد این نوع پمپ‌ها به علت اینکه از نوع جابه‌جایی مثبت می‌باشند طرح یک بای پس بین ورودی و خروجی پمپ که مجهز به یک شیر تنظیم فشار می‌باشد ضروری است در صورت عدم وجود چنین مسیری اگر به دلیلی در حین کار خروجی بسته شود فشار خروجی شدیداً افزایش یافته و احتمال آسیب‌دیدگی سیستم و یا سوختن موتور الکتریکی وجود

دارد. با در نظر گرفتن بای پس مزبور در صورتی که فشار از حدی بالاتر رود شیر تنظیم فشار باز شده سیال سیر کوله می‌شود و سیستم حفاظت می‌شود.

برای خروج حباب‌ها و هوا از سیستم بهتر است لوله خروجی از پمپ به محض خروج از پمپ به اندازه حداقل ۵ برابر قطر به طرف بالا برود و سپس در مسیر مورد نیاز لوله‌کشی شود در این صورت حباب‌ها در لوله عمودی جمع می‌شوند و با تعبیه یک شیر هواگیری در بالای لوله عمودی می‌توان آنها را خارج نمود.

عیب‌یابی

اشکالاتی که در پمپاژ با این نوع پمپ‌ها به وجود می‌آید در اکثر موارد مانند پمپ‌های گریز از مرکز می‌باشد که توضیح داده شد و تنها نکته متمایز توجه به این مسئله است که این نوع پمپ‌ها در صورت وجود ذرات در سیال شدیداً سائیده می‌شوند.

راه‌اندازی پمپ‌های دورانی

به دلیل اینکه این پمپ‌ها از نوع جابه‌جائی مثبت می‌باشند در صورت که ورودی بسته شود پمپ و یا سیستم آسیب خواهند دید لذا در راه‌اندازی از یک بای پس استفاده می‌شود مراحل راه‌اندازی به شرح زیر می‌باشد:

۱-بازرسی روغن و مواد روان‌کننده دیگر.

۲-بستن راه خروجی و باز کردن(*start up by pass*) برای برگشت مایع به مکش

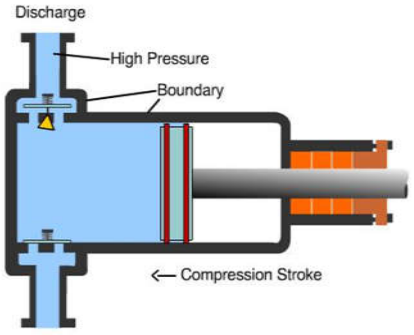
۳-باز کردن راه ورودی

۴-روشن کردن گرداننده (موتور محرک)

۵-باز کردن راه خروجی

فصل سوم پمپ‌های تناوبی

وجود یک حرکت تناوبی از قبیل رفت و برگشت به طرف جلو و عقب یا بالا و پایین که خصوصیت اصلی یک پمپ تناوبی می‌باشد آن را از پمپ‌های گریز از مرکز و دورانی که یک حرکت دایره‌ای انجام می‌دهند متمایز می‌نماید. یک پمپ تناوبی دارای سه قطعه متحرک اصلی می‌باشد.



۱-پیستون یا انگشتی

۲-سوپاپ ورودی

۳-سوپاپ خروجی

قبل از وارد شدن به بحث اصلی بد نیست که خواننده با تفاوت پیستون و انگشتی آشنا شود. پیستون از طول کورس سیلندر کوچکتر است در حالی که انگشتی از کورس سیلندر خود بزرگتر است وسیله آب‌بندی انگشتی در انتهای سیلندر جاسازی می‌شود.

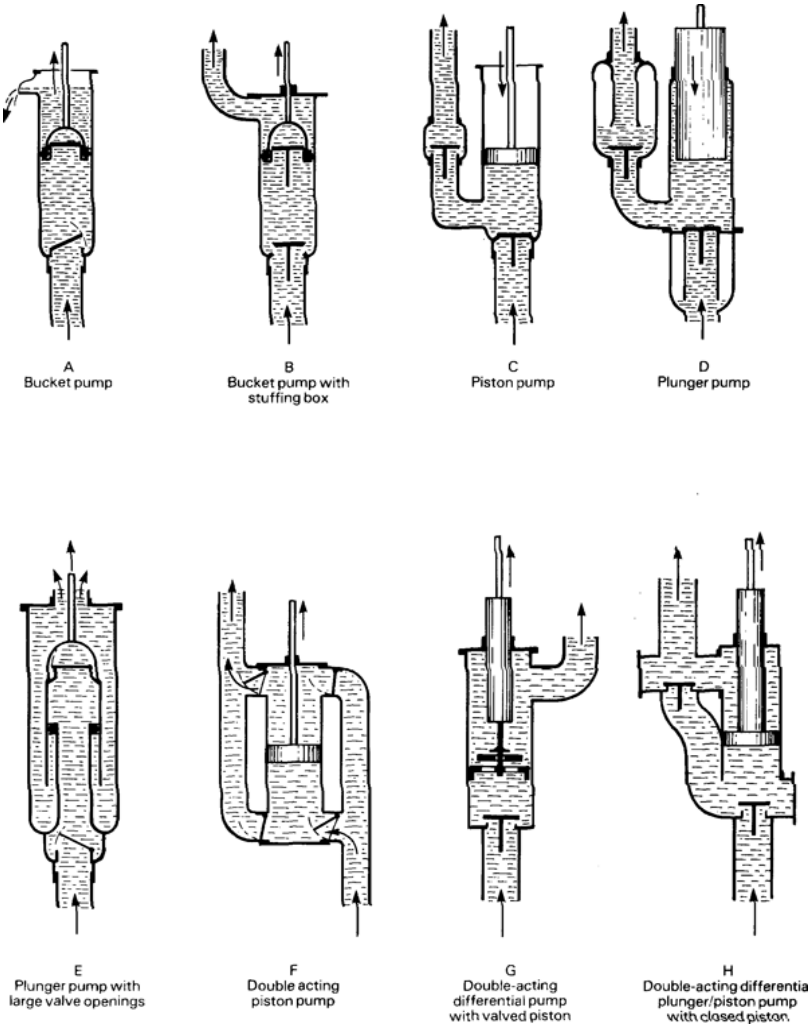
انواع پمپ‌های تناوبی

به طور کلی پمپ‌های تناوبی را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم نمود:

۱-پمپ مکش یا بالا برنده

۲-پمپ فشاری

هر کدام از پمپ‌های یاد شده ممکن است به صورت یک طرفه و یا دو طرفه باشند.



پمپ‌های مکش یا بالا برنده

از یک سیلندر باز و یک سوپاپ مخصوص تشکیل شده است پمپ به سیال نیروئی وارد نمی‌کند بلکه آن را می مکد سوپاپ خروجی در داخل پیستون نصب شده است و به همراه آن بالا و پایین می‌رود. به طوری که در شکل نمایش داده شده است راه‌اندازی و عملکرد کامل این پمپ به چهار عمل یا چهار مرحله مختلف نیاز دارد که عبارتند از:

۱-خروج هوا: پیستون به طرف پایین سیلندر رانده شده و هوای موجود از آن خارج می‌شود.

۲-ورود سیال: وقتی پیستون به طرف بالا حرکت می‌کند یک خلا نسبی ایجاد کرده و فشار جو سیال را به داخل سیلندر می‌راند.

۳-انتقال سیال: در حین پایین آمدن پیستون سیال حبس شده در داخل سیلندر از طریق سوپاپ خروجی به قسمت بالائی سیلندر منتقل می‌شود.

۴-خروج سیال: با صعود پیستون سیال داخل سیلندر تخلیه می‌شود.

پس از هواگیری اولیه پمپ سیکل عملکرد پمپ در یک رفت و برگشت پیستون آن تکمیل می‌شود. حرکت به طرف پایین پیستون ضربه انتقالی و حرکت به طرف بالای آن مکش و رانش نامیده می‌شود چون در یک نوبت هم سیال به داخل کشیده می‌شود و هم تخلیه می‌شود.

پمپ‌های فشاری

درحقیقت یک پمپ فشاری را باید نوع گسترده‌تری از یک نوع پمپ مکشی دانست زیرا به وسیله آن سیال هم تحت فشار و هم تحت مکش پمپاژ می‌شود اصول کار کلی این پمپ به این صورت است که سیال تحت تاثیر فشاری قرار گرفته و آن را مجبور می‌کند که از یک لوله بالا برود.

در نوع انگشتی پمپ از سوپاپ ورودی یک سوپاپ خروجی و یک انگشتی تشکیل شده است سیکل عملکرد با یک بالا رفتن (ورود سیال) یک حرکت به سمت پایین (خروج سیال) تکمیل می‌شود. در حین بالا رفتن انگشتی خلا نسبی ایجاد شده موجب می‌گردد سیال را با زور به داخل سیلندر مکش کند در این هنگام سوپاپ ورودی باز و سوپاپ خروجی بسته است در موقع پایین آمدن انگشتی یا کورس تخلیه سیال پایین آمدن انگشتی موجب می‌شود که سوپاپ ورودی بسته شده و سیال حبس شده در داخل سیلندر با فشار از طریق سوپاپ خروجی که اینک گشوده شده به خارج رانده شود.

در نوع پیستونی در داخل یک سیلندر پیستون حرکت رفت و برگشتی دارد. سر سیلندر بسته می‌باشد و دسته پیستون از میان یک کاسه نمد به خارج راه می‌یابد. مزیت این پمپ در آن است که سیال از طریق دریچه ورودی وارد پمپ شده و پس از گذشتن از سوپاپ روی پیستون بلانقطاع از دریچه خروجی تخلیه می‌شود.

هوای داخل سیلندر در اولین حرکت پیستون به طرف پائین، از قسمت زیرین به محفظه بالای آن منتقل می‌شود در حرکت بعدی پیستون که به طرف بالا صورت می‌گیرد خلا نسبی ایجاد شده و باعث مکش سیال به داخل سیلندر می‌گردد در حرکت بعدی یا سوم پیستون به طرف پایین سیال حبس شده در زیر سیلندر به طرف بالای آن منتقل می‌گردد و در حرکت چهارم یا به طرف بالای پیستون تخلیه می‌شود.

وقتی راه‌اندازی اولیه خاتمه و عملکرد پمپ به صورت کامل آغاز شد سیکل عملکرد در دو حرکت پیستون که یکی به طرف پایین و دیگری به طرف بالا می‌باشد خلاصه می‌گردد حرکت به طرف پایین پیستون، کورس انتقال و حرکت به طرف بالای آن کورس تخلیه نامیده می‌شود. وقتی پیستون به طرف بالا می‌رود سیال موجود در بالای پیستون از طریق دریچه خروجی تخلیه شده و در همین هنگام بالا رفتن پیستون باعث دخول سیال به محفظه زیرین سیلندر می‌شود.

پمپ‌های فشاری دو طرفه (نوع پیستونی)

در این نوع ضمن اینکه حرکت پیستون موجب تخلیه سیال در یک طرف آن می‌شود در طرف دیگر پیستون بدون اینکه انتقالی صورت بگیرد سیال به داخل کشیده می‌شود. بنابراین در هر حرکت پیستون سیال از مجرای خروجی به بیرون تخلیه می‌شود. در مجموع چهار سوپاپ وجود دارد که هر زوج از این سوپاپ‌ها به صورت قطری وضعیت یکسانی دارند یعنی هر زوج سوپاپی که در امتداد قطری روبروی یکدیگر قرار دارند همواره یا باز هستند یا بسته شکل سیکل عملکرد این نوع پمپ‌ها را نشان می‌دهد.

پمپ‌های فشاری دو طرفه (نوع انگشتی)

عملکرد این پمپ با نوع پیستونی تفاوت چندانی ندارند به استثنای اینکه در این پمپ به جای پیستون از انگشتی استفاده شده است نسبت به وضعیت قرار گرفتن کاسه نمد در داخل یا خارج این پمپ‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند.

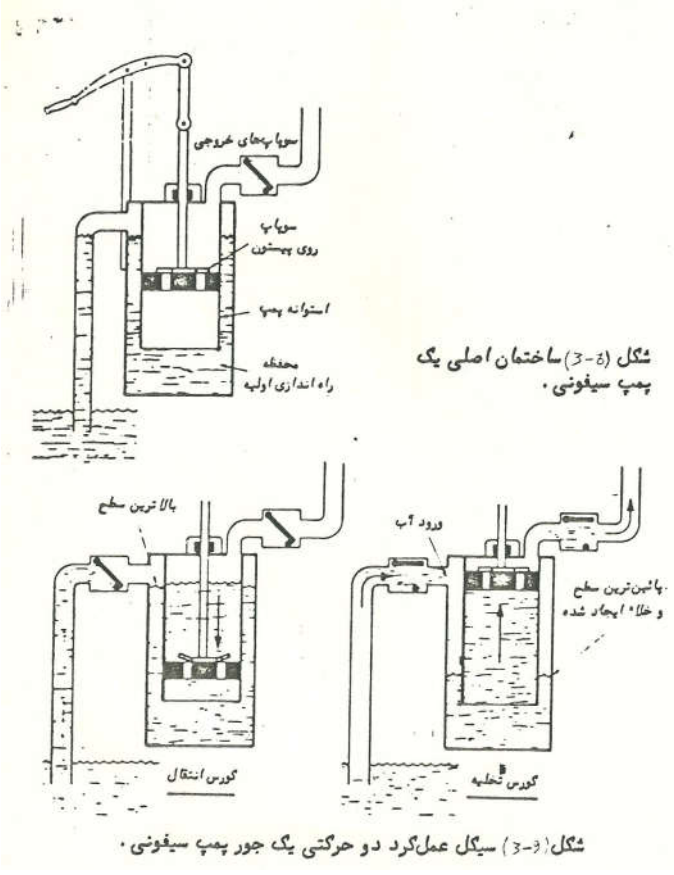
در پمپ‌های مجهز به کاسه نمد داخلی طول نسبتاً بلند سیلندر از محل کاسه نمد در محفظه مجزا تقسیم می‌شود در شکل (۴-۳) سیکل عملکرد دو حرکتی این پمپ نشان داده شده است. یکی از اشکالات این نوع پمپ‌ها این است که برای تنظیم یا تعویض کاسه نمدها باید سر سیلندر را باز کرد همچنین در موقع کار پمپ نشت کاسه نمدها قابل مشاهده نیست.

پمپ‌های مجهز به کاسه نمد خارجی عیوب مطرح شده بالا را ندارند. در این طرح از دو انگشتی چند میله رابط و دو قاب فلزی در دو انتها استفاده شده است انگشتی‌ها به طور کلی به قاب‌های انتهائی مربوط شده و مجموعه آنها در داخل میله‌های رابط حرکت کشوئی انجام می‌دهند همانطور که در شکل (۷-۳) مشاهده می‌شود کاسه نمدها در قسمت خارجی نصب شده‌اند و علاوه بر اینکه تعمیر آنها کار ساده‌ای است در موقع کار نیز می‌توان وضعیت نشت آنها را بازرسی نمود.

اشکال این نوع پمپ‌ها در این است که ساختمان آنها پیچیده‌تر از ساختمان پمپ مشابه با کاسه نمد داخلی بوده هزینه اولیه آنها به مراتب گرانتر است.

پمپ‌های سیفونی

ساختمان اصلی یک پمپ سیفونی در شکل نشان داده شده است.

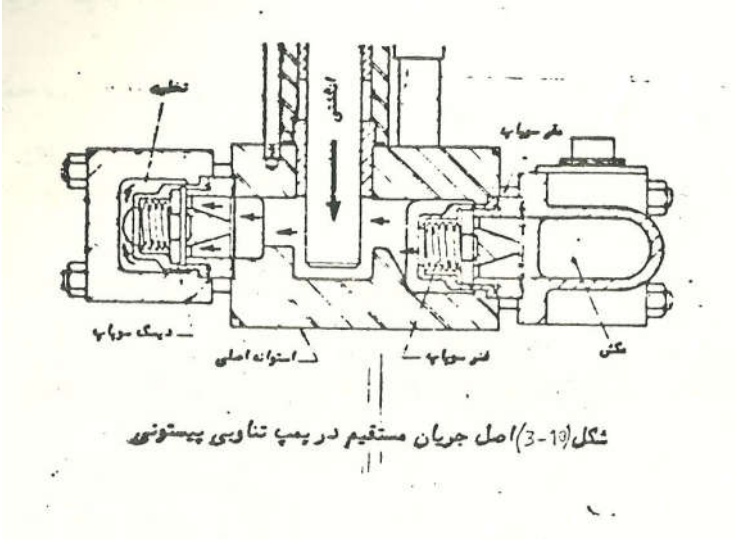


بدنه پمپ از یک استوانه و یک محفظه خارجی هم محور با آن تشکیل شده است انتهای این استوانه سوراخ داشته و با محفظه خارجی در ارتباط است پیستون دارای یک سوپاپ مخصوص در روی خود بوده و در بالای محفظه داخلی یک مجرای خروجی تعبیه شده است. از انجا که مجرای ورودی نیز در بالا قرار گرفته است همیشه مقداری سیال بین فاصله دو جداره حبس می‌شود. در شروع کار محفظه خارجی پر از سیال است. وقتی پیستون به طرف پایین حرکت می‌کند سوپاپ‌های تعبیه شده در آن باز شده و سیال به قسمت بالائی محفظه داخلی انتقال می‌یابد در اثر انجام این عمل سطح سیال در استوانه خارجی تغییر نمی‌کند. وقتی پیستون به طرف بالا حرکت می‌کند سیال قسمت بالائی تخلیه شده و سطح

سیال در استوانه خارجی پایین می‌افتد همین عمل موجب یک خلا نسبی شده و سیال را به محفظه استوانه خارجی می‌مکد تا آن را پر کند.

پمپ‌های تناوبی جریان مستقیم

در این طرح سیال از دریچه مکش وارد شده و پس از گذشتن از سوپاپ‌ها و استوانه پمپ به خط مستقیم از پمپ خارج می‌شود. در این‌جا با حرکت انگشتی به طرف پایین دریچه مکش بسته شده و فشار سیال محبوس بر فنر سوپاپ غلبه کرده و آن را باز می‌کند و سیال به خارج جاری می‌شود.



شکل(3-19)اصل جریان مستقیم در پمپ تناوبی پیستونی

وقتی انگشتی به طرف بالا می‌رود سوپاپ خروجی بسته شده و سیال به داخل محفظه پمپ مکیده می‌شود و بر نیروی فنر مشابهی در سوپاپ ورودی غلبه کرده و آن را باز می‌کند. آنچه که به آب‌بندی شدن هر دو سوپاپ و بسته شدن آنها کمک می‌کند فشار سیال است.

بخش دوم (تئوری پمپ‌ها)

معادله انرژی

انرژی کل سیال را می‌توان به صورت حاصل جمع انرژی پتانسیل و جنبشی و انرژی فشاری تعریف کرد.

$$E_t=1/2mv^2+mgz+P\upsilon$$

انرژی بر واحد وزن سیال $= E_t/mg=v^2/2g+z+P\upsilon/mg= v^2/2g+P/\gamma+z$

اگر معادله انرژی را در مسیر یک خط جریان و با صرف نظر از افت بنویسیم به معادله برنولی می‌رسیم.

$$V_1^2/2g+P_1/\gamma+z_1 =V_2^2/2g+P_2/\gamma+z_2=cte$$

اگر در مسیر یک خط لوله پمپ یا توربین نصب گردد و اگر ارتفاع فلوی پمپ را برابر H_p و ارتفاع نظیر انرژی توربین برابر H_t باشد معادله انرژی را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$V_1^2/2g+P_1/\gamma+z_1-h_l-H_t+H_p=V_2^2/2g+P_2/\gamma+z_2$$

در معادله فوق عبارت h_l را افت فشار می‌نامیمh_l را می‌توان مجموع دو عبارت زیر نوشت.

$$h_l=\text{major head loss}+\text{minor head loss}$$

عبارت اول افت فشار طولی است که در اثر اصطکاک بین سیال و جداره داخلی به وجود می‌آید برای محاسبه افت فشار طولی از معادله دارنی ویمباخ استفاده می‌شود.

$$h_l=(fl/D)\times(V^2/2g) \quad \text{or} \quad h_l=f8LQ^2/g\pi^2D^5$$

مقدار f ضریب اصطکاک در یک لوله ثابت نبوده و با تغییرات سرعت تغییر می‌کند. در جریان آرام f فقط به عدد رینولدز بستگی داشته و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$f=64/Re \quad for \quad Re=VD/\upsilon<2300$$

در جریان مغشوش $Re>2300$ از معادله کلبروک استفاده می‌شود:

$$1/f^2=-2\log[(\upsilon/3.7D)+(2.51/Re\,f^2)] \qquad (\text{کزبری})$$

که برای سادگی منحنی f برحسب رینولدز در ζ/D های مختلف در دیاگرامی معروف به دیاگرام موری آمده است عبارت دوم تلفات در اتصالات و شیرآلات می‌باشد که معمولا به صورت

$$h_l=kV^2/2g$$

محاسبه می‌شود که در آن k ضریبی است که برای اتصالات و شیرآلات در جداول موجود می‌باشد.

توان پمپ

مقدار انرژی که توسط پمپ در واحد زمان به سیال داده می‌شود توان هیدرولیکی گویند.

$$P_h=\gamma Q H_p$$

اما این توان برابر توان اعمالی به شفت پمپ نمی‌باشد و تلفاتی وجود دارد که منجر به تعریف سه نوع راندمان برای پمپ شده است.

الف-راندمان هیدرولیکی η_n: تلفات سیالی ناشی از جریان‌های گردابی و سایشهای ذرات سیال جدارها و اصطکاک بین ذرات سیال را دربرمی‌گیرد.

ب-راندمان حجمی η_v : تلفات ناشی از نشت سیال را دربرمی‌گیرد.

ج-راندمان مکانیکی η_m : تلفات ناشی از سایش در یاتاقانها، کاسه نمدها و قسمت‌های مکانیکی را در برمی‌گیرد.

با تعریف راندمان‌های فوق‌الذکر راندمان کلی پمپ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\eta_p =\eta_m \times \eta_v \times \eta_n$$

آنچه در محاسبات مورد اهمیت است راندمان کلی می‌باشد چون توان اعمالی به شفت را به توان هیدرولیکی که به سیال می‌دهد مربوط می‌سازد.

$$P_{sh}=P_n/\eta_p$$

سرعت مخصوص *specific speed*

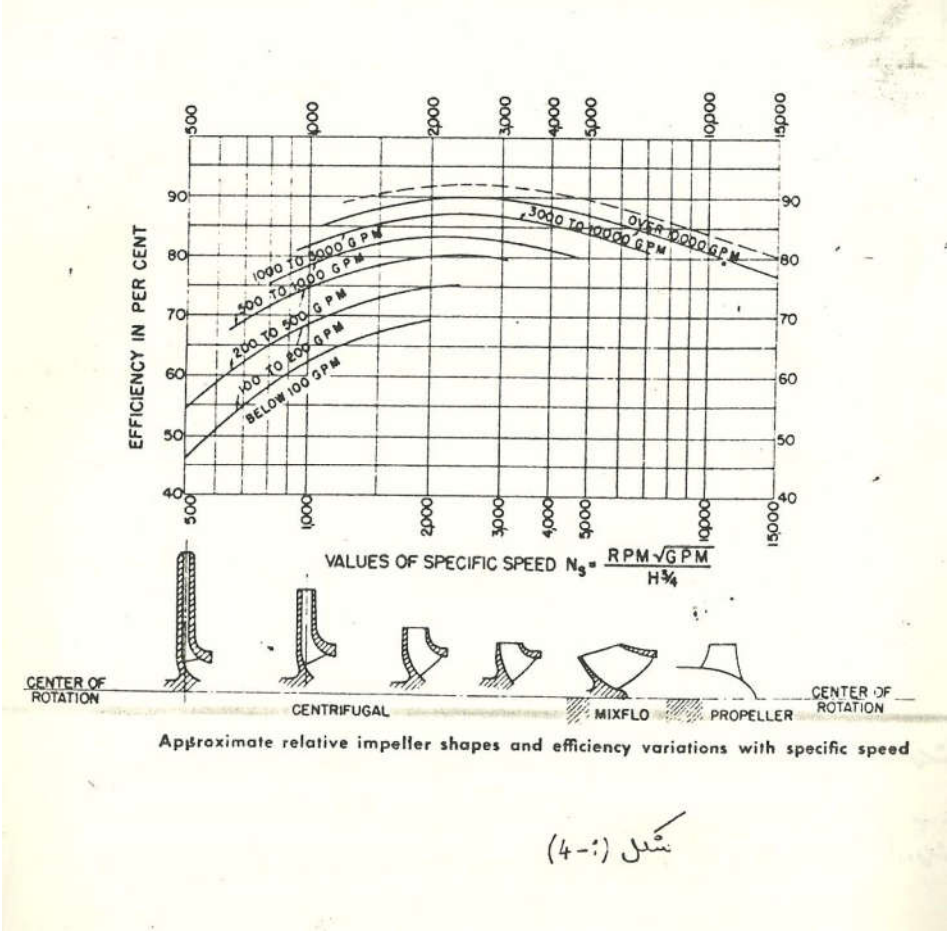
سرعت مخصوص یک پمپ اصطلاحاً به سرعت دورانی پمپی کاملاً متشابه با پمپ مورد نظر گفته می‌شود که یک متر مکعب آبرا را در یک ثانیه به یک متر ارتفاع برساند. با استفاده از آنالیز ابعادی در مکانیک سیالات سرعت مخصوص به صورت $n_s=n\ Q^{-2}/H^{3/4}$ تعریف می‌شود.

در سیستم‌های مختلف برخوردهای متنوعی با این تعریف می‌شود اما معمول‌ترین آنها تعریف در سیستم انگلیسی است در این سیستمn دور پمپ برحسب دور بر ثانیه، Q دبی پمپ برحسب فوت مکعب بر ثانیه و Hهد پمپ بر حسب فوت پوند بر پوند می‌باشد.

سرعت مخصوص نوع پمپ را به مصرف‌کننده معرفی می‌کند باتوجه به رابطه آن هر چقدر دبی پمپی بیشتر باشد سرعت مخصوص اتلاقی به آن بیشتر می‌شود و هر چقدر هد پمپی بیشتر باشد سرعت مخصوص اتلاقی به آن کمتر می‌شود لذا برای تامین هد بالا سرعت مخصوص کمتر و برای تامین دبی زیاد پمپ با سرعت مخصوص بیشتر مطلوب می‌باشد.

از طرفی سرعت مخصوص مفهوم نسبت جریان محوری بودن پمپ به جریان شعاعی بودن آن را در برمی‌گیرد یعنی پمپ‌ها با سرعت مخصوص پایین بیشتر از خاصیت نیروی گریز از مرکز (سانتریفوژ) و سرعت مخصوص بالا بیشتر از نیروی *lift*استفاده می‌نمایند.

هر پمپ در دبی و هد خاصی دارای ماکزیمم راندمان می باشد.



Approximate relative impeller shapes and efficiency variations with specific speed

شکل (4-1)

تعریف انواع هد در سیستم پمپاژ

هد استاتیکی مکش *static suction head* ارتفاع سطح مایع منبع از مرکز پمپ که به h_{ss} نمایش داده می‌شود اگر منبع پایین‌تر از از پمپ باشد منفی و اگر بالاتر باشد مثبت می‌باشد.

هد استاتیکی تخلیه *static discharge head* ارتفاع سطح مایع مخزن از مرکز پمپ که به h_{sd} نمایش داده می‌شود اگر مخزن پایین‌تر از پمپ باشد منفی و اگر بالاتر باشد مثبت است.

هد استاتیکی کل *total static head* - اختلاف ارتفاع بین سطح مایع مخزن و سطح مایع منبع که به h_{ts} نمایش داده می‌شود.

$$h_{ts} = h_{sd} - h_{ss}$$

هد تلفات اصطکاکی سیستم قبل از پمپ که به h_{fs} نمایش داده می‌شود.

هد تلفات اصطکاکی سیستم بعد از پمپ که به h_{fd} نمایش داده می‌شود.

هد تلفات اصطکاکی کل که به h_f نمایش داده می‌شود و داریم:

$$h_f = h_{fs} + h_{fd}$$

suction head هد فشاری سیال در بدو ورود به پمپ که به h_s نمایش داده می‌شود.

Discharge head هد فشاری سیال به محض خروج از پمپ که به h_d نمایش داده می‌شود.

شکل‌ها و روابط صفحه بعد در تفهیم تعاریف ارائه شده کمک خواهند نمود.

منحنی مشخصه پمپ

منحنی مشخصه پمپ که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شد هد پمپ را برحسب دبی در یک دور به خصوص بدست می‌دهد. این مشخصه بستگی به ساختمان هندسی پمپ دارد نمونه چنین منحنی در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.

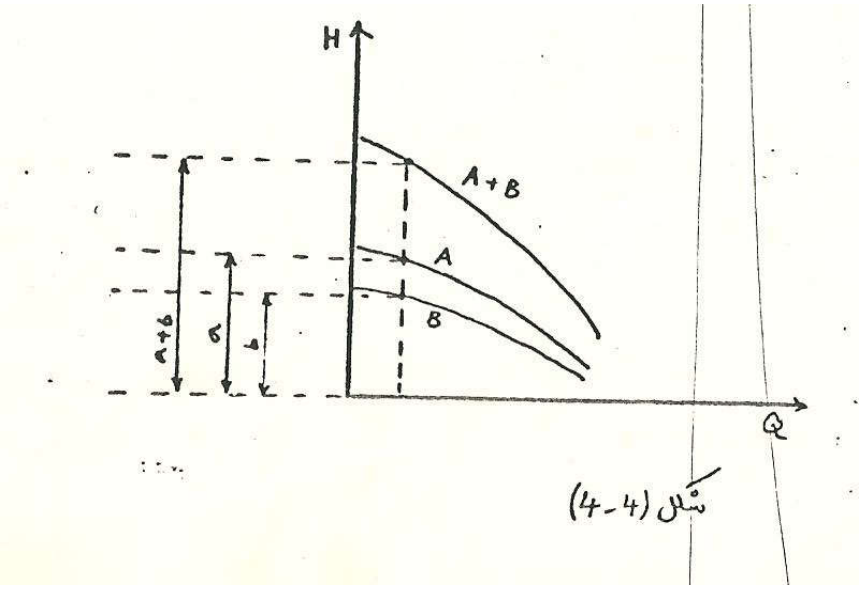
با رابطه‌های تشابه که بر پمپ‌ها حاکم است می‌توان مشخصه پمپ در دورهای دیگر را به دست آورد این رابطه عبارتند از:

$Q_2/Q_1=n_2/n_1$ $H_2/H_1=(n_2/n_1)^2$ $P_2/P_1=(n_2/n_1)^3$

سری موازی کردن پمپ‌ها

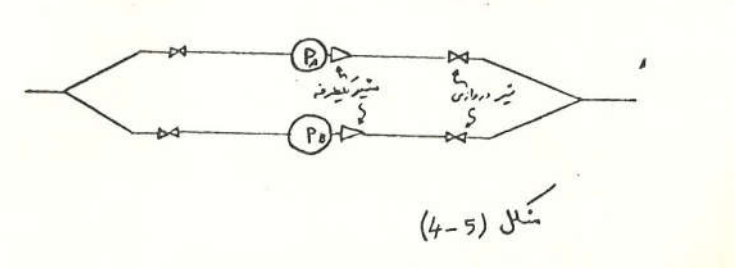
زمانی که نیاز به هد بالا باشد پمپ‌ها را با هم سری می‌نمایند اگر چند پمپ سری شوند منحنی مشخصه کل به روش زیر به دست می‌آید:

در هر دبی به خصوص هد کل پمپ‌ها مجموع هد هر یک از پمپ‌ها در آن دبی می‌باشد.

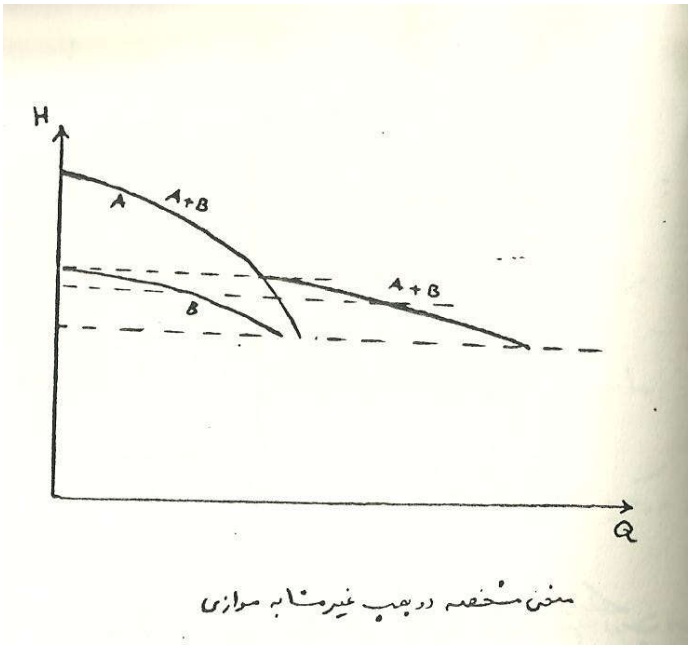


شکل (4-4)

زمانی که نیاز به دبی بالا باشد از موازی کردن پمپ‌ها استفاده می‌شود اگر چند پمپ موازی شوند منحنی مشخصه کل پمپ‌ها به روش زیر به دست می‌آید:


شکل (4-5)

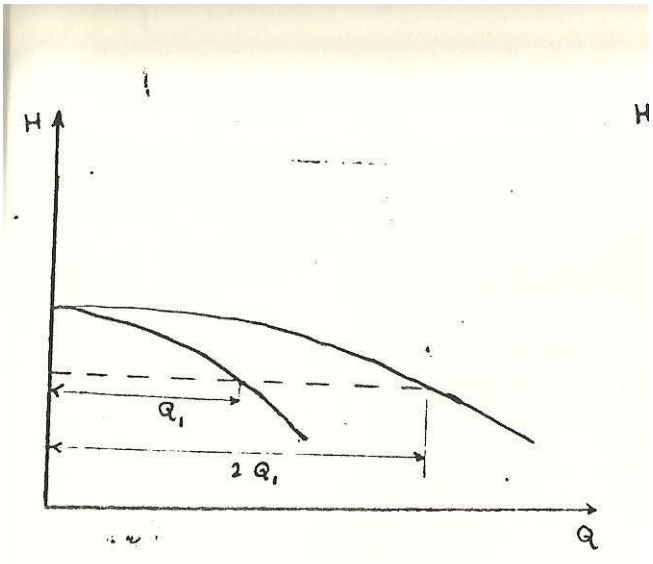
در هر هد به خصوص دبی مجموعه پمپ‌ها مجموع دبی هر یک از پمپ‌ها در آن هد می‌باشد.



منحنی مشخصه دو پمپ غیرمشابه موازی

در شکل مشخصه دو پمپ غیر مشابه موازی نشان داده شده است دیده می‌شود که تا دبی به خصوصی یکی از پمپ‌ها کار می‌کند موازی کردن پمپ‌ها زمانی که مشابه نباشند مشکلاتی را به وجود می‌آورد لذا موازی کردن پمپ‌های مشابه ترجیح داده می‌شود. اگر چند پمپ مشابه موازی شوند منحنی مشخصه کل پمپ‌ها به روش زیر به دست می‌آید:

در هر هد به خصوص دبی مجموعه برابر دبی یک پمپ در آن هد ضرب در تعداد پمپ‌ها می‌باشد.



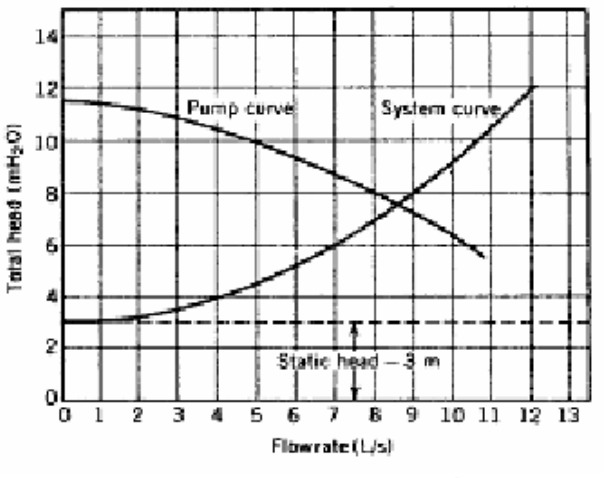
منحنی مشخصه دو پمپ مشابه موازی

منحنی مشخصه سیستم

اگر($h_{ts}+h_f$) را برحسب Qرسم نمائیم منحنی حاصله مشخصه سیستم نامیده می‌شود. h_{ts} برای یک سیستم به خصوص مقداری ثابت است و h_f تابعی از دبی می‌باشد. شکل (۶-۴)

وظیفه یک پمپ در یک سیستم تامین ($h_{ts}+h_f$) می‌باشد لذا اگر مشخصه‌های پمپ و سیستم در یک دستگاه مختصات رسم شوند محل برخورد منحنی نقطه‌ای است که هد پمپ برابر ($h_{ts}+h_f$) می‌باشد و نقطه کار نامیده می‌شود.

در سیستمی با مشخصه نشان داده شده اگر با پمپی با مشخصه فوق پمپاژ شود مقدار دبیQ_1 از سیستم عبور خواهد کرد و هد پمپ در حالت کار H_1 خواهد بود.



شکل (۸-۱): نقطه کار در سیستم‌های پمپاژ.

کاویتاسیون

برای درک مسئله کاویتاسیون ضروری است که بحثی در مورد فشار بخار انجام شود. فرض می‌کنیم مایعی در یک ظرف سربسته وجود داشته باشد و مقداری از فضای بالای مایع حجم خالی ظرف باشد در یک دمای به خصوص مقداری از مایع بخار می‌شود و حجم خالی بالای مایع را اشغال می‌نماید. این بخار فشاری را بر سطح مایع اعمال می نماید که فشار بخار اشباع در این دمای به خصوص نامیده می‌شود.

اگر دمای ظرف و مایع پایین آورده شود مقداری از بخار کندانس شده تراکم بخار در فضای خالی کاهش می‌یابد و فشار بخار پایین می‌آید بالعکس اگر دمای ظرف و مایع افزایش یابد مقداری از مایع تبخیر شده و تراکم بخار در فضای خالی افزایش می‌یابد و نتیجتاً فشار بخار افزایش می‌یابد.

اگر فشار اعمالی بر مایعی را مرتب کم نمائیم زمانی که فشار برابر فشار بخار اشباع شد مایع شروع به تبخیر شدن می‌کند در موقع پمپ کردن مایع کمترین فشار در ورودی پمپ بر مایع اعمال می‌شود لذا اگر فشار از حد معینی پایین‌تر آید تبخیر در ورودی پمپ آغاز می‌شود. هر چقدر مایع گرمتر باشد فشار بخار بالاتر است و احتمال رسیدن به فشار بخار تشدید می‌شود. تبخیر در ورودی پمپ موجب کاهش دبی و صدمه دیدن پمپ می‌گردد. بنابراین باید اطمینان حاصل کرد که فشار در نقطه ورودی پمپ بالاتر از فشار بخار مایع (در درجه حرارت پمپاژ) می‌باشد.

فشارمکش مثبت که به *NPSH (net positive suctionhead)* نمایش داده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود

NPSH=فشار مطلق ورودی-فشار بخار مایع در درجه حرارت پمپاژ

که با توجه به فرمول های اول فصل می توان نوشت:

$NPSH=(P_{at}/\gamma+h_s)-(P_{vapor}/\gamma)$ یا $NPSH=(P_i/\rho g)+(V_i^2/2g)-(P_v/\rho g)$

P_i و V_i فشار و سرعت در ورودی پمپ و P_v فشار بخار مربوط به مایع هستند.

هنگامی که *NPSH* از مقدار معلومی کمتر شود حباب‌های بخار به وجود می‌آیند. حباب‌های کوچک بخار که در ورودی پمپ در اثر کم بودن فشار به وجود می‌آیند پس از داخل شدن به پره‌های پمپ و زیاد شدن فشار شکسته شده و این انفجار آنها صدمات زیادی به قطعات پمپ وارد می‌آورد و سر و صدا ایجاد می‌شود. این پدیده را کاویتاسیون گویند. در پمپ‌هایی که با سرعت زیاد کار می‌کنند ممکن است حباب‌ها بدون ایجاد سروصدا تشکیل شوند از کم شدن فشار خروجی نیز می‌توان به وجود پدیده کاویتاسیون پی برد.

در مهندسی برای بررسی مسئله کاویتاسیون از تعریف دو نوع *NPSH* استفاده می‌شود.

الف-*Available NPSH* که به سیستم و شرایط حاکم بستگی دارد و همان *NPSH* معرفی شده در بحث می‌باشد.

ب-*Required NPSH* که بستگی به طراحی پمپ دارد و در یک پمپ به خصوص نیز تابعیت از دبی داشته و توسط کارخانه سازنده منحنی آن بر حسبQ ارائه می‌شود.

شرط لازم برای جلوگیری از پدیده کاویتاسیون این است که*NPSH* موجود کمتر از که*NPSH* لازم نباشد.

روش انتخاب پمپ

کارخانه سازنده کاتالوگ‌هایی در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهد که نمونه این‌گونه کاتالوگها در شکل (9-۴) آمده است. روش انتخاب بدین گونه است که با معلوم بودن دبی و هد پمپ مورد نیاز از روی مشخصه نوع« الف» مدل پمپ انتخاب می‌شود و سپس با مراجعه به مشخصه نوع «ب» می‌توان اطلاعات دقیق در خصوص پمپ مورد نظر را جهت طراحی به دست آورد.

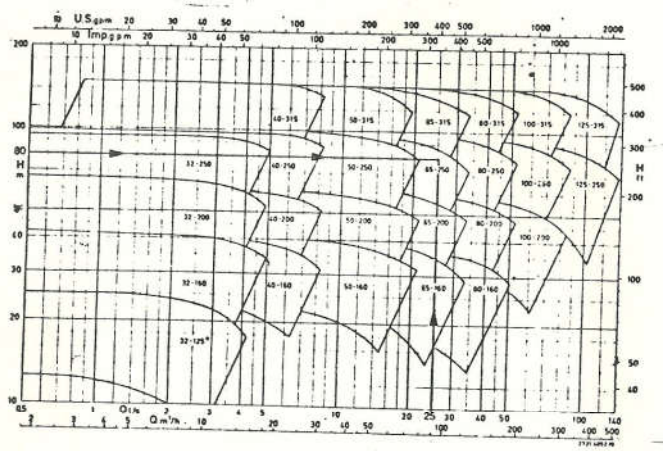
مثال:برای پمپاژ آب *20* درجه سانتیگراد با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه به ارتفاع ۸۰متر پمپی انتخاب و توان مصرفی آن را تعیین کنید. اگر تلفات در لوله مکش و اتصالات آن ۱,۵متر باشد و منبع پایین‌تر از پمپ واقع باشد حداکثر فاصله منبع از پمپ چه اندازه باشد تا کاویتاسیون صورت نگیرد.

باتوجه به دبی و هد موردنظر از شکل (الف-۹-۴) پمپ مدل ۲۵۰-۶۵ برای سیستم انتخاب می‌شود و با مراجعه به منحنی مشخصه‌های مدل فوق‌الذکر در شکل (ب-۹-۴) آمده است با انتخاب قطر پروانه ۲۴۷میلی متردبی ۲۵لیتر بر ثانیه تحت هد ۸۰ متر $NPSH_{req}$ برابر *2.8* متر و راندمان پمپ حدود ۶۸درصد می‌باشد.

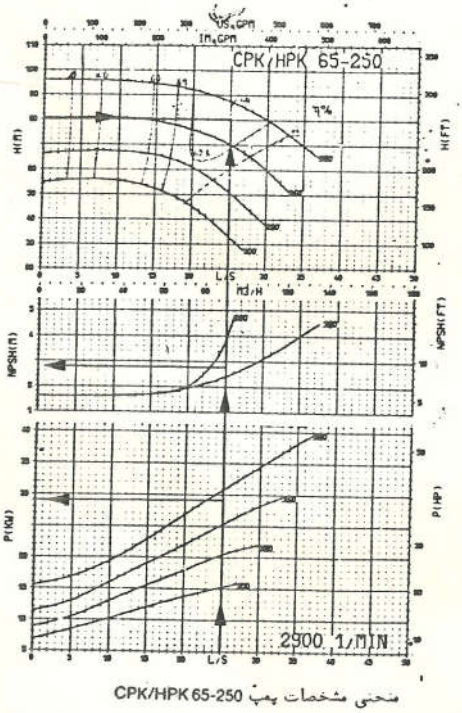
توان هیدرولیکی$P_n=\gamma QH=(1000\times9.81)(0.025)(80)=19620W$

توان محوری پمپ $P_{sn}=P_n/\eta=19620/0.68=28853W$

توان اعمالی را مستقیما از روی منحتی مشخصه می‌توان به دست آورد مقدار آن از روی منحنی *29kw* می‌باشد *10%* ضریب اطمینان جهت انتخاب موتور در نظر گرفته می‌شود.



n=2900 1/min دور CPK (جدول کلی انتخاب) پمپ های



منحنی مشخصات پمپ CPK/HPK 65-250

شکل (4-9)

$P_e=29+(10\%\times29)=31.9kw$

موتوری با قدرت $32kw$ مورد نیاز می‌باشد.

$NPSH_{av}$=فشار ورودی پمپ-فشار بخار آب در ۲۰ درجه سانتیگراد

$NPSH_{av}=(H_{at}-h_l-Z)-P_{vapor}/\gamma$ $\quad P_{vapor}=2.45kpa \quad \gamma=10$

$NPSH_{av}=(10-1.5-Z)-0.25\geq NPSH_{req}=2.8$

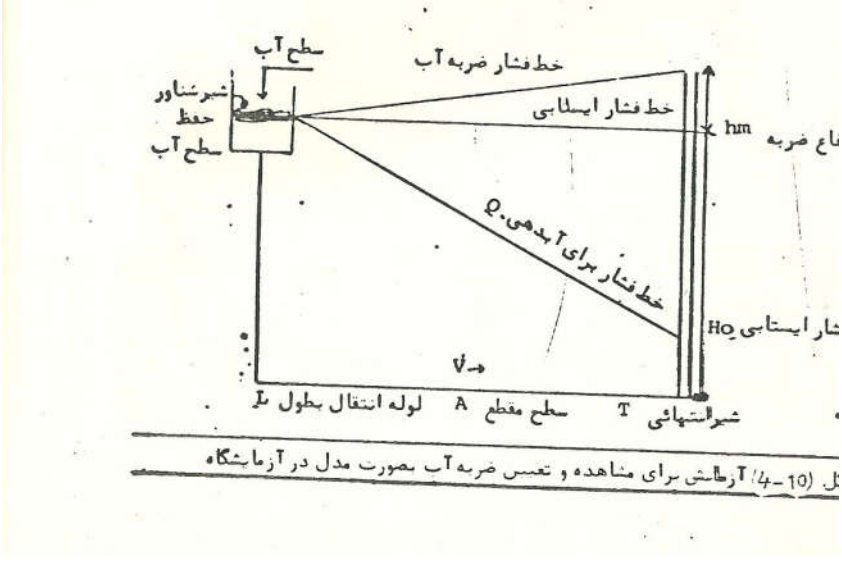
$Z\leq5.45m$

بنابراین برای سیستم نشان داده شده برای جلوگیری از کاویتاسیون ارتفاع Z حداکثر 5.45 متر می‌تواند باشد.

ضربه قوچ

یکی از فشارهای داخلی وارده به لوله سیال، فشار ناشی از ضربه سیال است که اصطلاحاً ضربه قوچ یا ضربه سیال نامیده می‌شود. این فشار در خطوط انتقال آب و لوله‌های رانش تلمبه‌ها بیشتر ایجاد شده و می‌تواند خسارات زیادی به بار آورد لذا شناخت و تعیین مقدار آن برای جلوگیری از اثرات تخریبی آن ضروری است.

برای شناخت ضربه قوچ آزمایش ساده‌ای می‌توان انجام داد که شمای آن در شکل آمده است.



آزمایش برای مشاهده و تعیین ضربه آب بصورت مدل در آزمایشگاه (4-10)

ابتدا که شیر T بسته است سیال در لوله پیزومتر هم سطح سیال مخزن اصلی است وقتی شیر T باز می‌شود و میزان Q از لوله خارج می‌شود سطح سیال در لوله پیزومتر پایین می‌آید که نشان‌دهنده افت فشار است. حال اگر شیر T با سرعت بسته شود که ایجاد ضربه سیال بنماید می‌توان مشاهده نمود که سطح سیال در لوله پیزومتر به مقدار h_n از سطح حالت ایستایی بالاتر می‌رود. بالا رفتن سیال در لوله پیزومتر نشانگر افزایش فشار مازاد بر فشار ایستائی است که آن را ضربه گویند.

این ازدیاد فشار از کجا سرچشمه می‌گیرد؟ توضیح آن چنین است که سیال در حین حرکت در داخل لوله دارای اندازه حرکتی برابر mv است و با بستن ناگهانی شیر و جلوگیری از جریان این اندازه حرکت تبدیل به فشار می‌شود و به صورت امواج مثبت و منفی در سیستم نوسان می‌کند و ایجاد فشارهای مثبت و منفی می‌نماید و تا زمانی که این امواج مستهلک

شوند ضربه به سیستم وارد می‌شود. حرکت موج در لوله ممکن است صدائی ایجاد نماید که در حالت‌های شدید کاملا آشکار است این ازدیاد فشار هم سیال داخل لوله را فشرده می‌کند و هم باعث انبساط لوله می‌گردد که حالتی ناپایدار است و لوله مجدداً به حالت اولیه برمی‌گردد و سپس منقبض می‌شود و این عمل تکرار می‌شود.

به بیان ساده ریاضی می‌توان تحلیلی ارائه نمود. لوله‌ای با طول L را با سطح مقطع A که سیال در آن با سرعت v حرکت می‌کند در نظر می‌گیریم. در صورتی که شیر T در زمان t بسته شود و جریان سیال متوقف شود خواهیم داشت:

$$\text{جرم آب}=AL\gamma/g$$

ومیزان کاهش سرعت سیال در نتیجه بسته شدن شیر T متناسب است با V/t و می‌دانیم که این تغییر سرعت یا شتاب نیروی ایجاد می‌کند که مقدار آن برابر است با:

$$F=Ma=(\gamma AL/g)\times V/t$$

و فشار ایجاد شده از این نیرو برابر است با

$$P=F/A=\gamma LV/gt$$

یعنی فشار ایجاد شده با طول لوله و سرعت سیال نسبت مستقیم و با زمان بسته شدن شیر نسبت عکس دارد. به عنوان مثال اگر طول لوله $L=900m$ و سرعت $v=2m/s$ و شیر انتهائی در مدت ۲۰ ثانیه بسته شود ضربه تولید شده برابر است با

$$P=\gamma LV/gt=(1000\times 9.81)\times 900\times 2/9.81\times 20=90kpa$$

محاسبات ارائه شده فقط برای ایجاد یک تصور ذهنی از ضربه آمده‌اند و در محاسبات عملی باید جنس و قطر لوله نیز که در ایجاد ضربه موثرند در نظر گرفته شوند.

تخمین مقدار دقیق ضربه سیال نیاز به تعیین عوامل مختلف مربوط به لوله و پمپ و شیر مورد نظر در خط لوله دارد و کار ساده‌ای نسیت و نیاز به مهارت و تخصص دارد اما در صورتی که طول و مشخصات نصب و جنس لوله نوع و مشخات و نحوه بستن شیر معلوم باشد امکان تعیین حدود مقدار ضربه وجود دارد.

محاسبه میزان ضربه سیال

در محاسبه میزان ضربه سیال انبساط لوله و فشرده شدن سیال باید در نظر گرفته شود می‌دانیم که انرژی جنبشی در لوله عبارت است از:

$$KE=MV_0^2/2=\gamma AL\ V_0^2/2g$$

این انرژی صرف فشرده شدن سیال در لوله و انبساط دیواره لوله می‌شود. نیروی متوسط

$$F_{av}=PA/2=\gamma\ \ HA/2$$

تغییر مکان سیال در اثر نیروی PA برابر است با

$$L=PAL/AE_w$$

که E_w مدول الاستیسیته آب است لذا کار انجام شده روی آب برابر است با

$$W_w=F_{av}\ \ L=(\gamma\ \ HA/2)\times(\gamma\ \ HL/E_w)=(\gamma\ \ H)^2AL/2E_w$$

با استفاده از قوانین مقاومت مصالح کار انجام شده برای انبساط لوله برابر است با

$$W_p=(\gamma\ \ H)^2ALD/2E_pb$$

که در آن b ضخامت و E_p مدول الاستیسیته لوله و D قطر لوله می‌باشد. مجموع کارهای انجام شده را برابر انرژی اولیه سیال قرار می‌دهیم

$$\gamma AL\ V_0^2/2g=(\gamma\ \ H)^2AL/2E_w+(\gamma\ \ H)^2ALD/2E_pb$$

از حل رابطه بالا داریم:

$$H=V_0/g\{1/(\gamma/g)(1/\ E_w+D/E_pb)\}^{-2}$$

نیروی اعمالی از طرف موج فشاری $\gamma\ \ HA$ را می‌توان معادل تغییر مومنتم موج فشاری در نظر گرفت.

$$\gamma\ \ HA=\rho AV_0V_w$$

که در آن V_w سرعت موج می باشد با خلاصه کردن رابطه اخیر داریم:

$$H=V_0V_w/g$$

که به رابطه زوکوفسکی معروف است از مساوی قرار دادن رابطه های بالا داریم:

$$V_w=\{1/(\gamma/g)(1/ E_w+D/E_pb)\}^{-2}$$

E_w مدول الاستیسیته سیال و برای آب برابر ۲,۰۷×۱۰^۹ N/m^2

E_p *مدول الاستیسیته لوله برای لوله های فولادی برابر* $2\times10^{11}\ N/m^2$ *می باشد*

از روابط بالا فشار ناشی از بستن آنی شیر را تعیین می‌کنند که در عمل ناممکن است زیرا اولاً بستن شیر هیچ‌گاه ناگهانی و بدون صرف زمان نیست و ثانیاً با گذشت زمان‌های کوتاه برگشت موج منفی از مخزن باعث خنثی کردن موج‌های مثبت می‌شود.

در مسائل هیدرولیکی در صورتی که زمان بستن شیر کمتر از زمان رفت و آمد موج فشار یعنی:

$$t=2L/ V_w$$

باشد فرض بر این می‌باشد که حداکثر ضربه سیال ایجاد خواهد شد و اگر این زمان بیشتر گردد به تناسب معکوس زمان ضربه احتمالی محاسبه می‌شود. (به زمان رفت و آمد موج زمان بحرانی می‌گویند.)

چگونگی ایجاد ضربه قوچ در پمپ

در موقع خاموش کردن موتورهای برقی در پمپ‌های دورانی و یا خاموشی‌های پیش‌بینی نشده ناشی از قطع جریان برق در شبکه شهری نیروی دوران دهنده پره‌های پمپ ناگهان از بین می‌رود ولی به علت ادامه جریان سیال در پمپ و انرژی جنبشی آن حالت فشار و مکش در لوله‌ها تغییر کرده و مدت زمانی کوتاه پمپ مانند توربین آبی به کار خود ادامه می‌دهد.

معمولاً جرم سیال که در لحظه قطع جریان برق به پمپ فشار می‌آورد ناچیز و جرم سیال که از آن دور گردیده و در پمپ ایجاد مکش می‌کند بسیار زیاد می‌باشد کاهش فشار چشمگیری در پشت پمپ به وجود می‌آید این کاهش فشار در امتداد

لوله به صورت یک موج با سرعت V_w حرکت کرده تا به منبعی که سیال به آن پمپ می‌گردد برسد و سپس منعکس می‌شود و به صورت موج افزایش به سوی پمپ برمی‌گردد و به آن ضربه می‌زند.

معمولا برای جلوگیری از برگشت سیال به درون پمپ شیر یک طرفه‌ای پس از پمپ کار می‌گذارند که با بسته شدن خود به خودی مانع از برخورد ضربه انعکاس به پره‌های پمپ می‌گردد ولی ممکن است لوله پس از پمپ در اثر ضربه زیان ببیند.

پدیده ضربه قوچ در موقع روشن کردن پمپ نیز رخ می‌دهد ولی معمولا خطر ناشی از آن کمتر از خطری است که در موقع خاموش کردن پمپ به وجود می‌آید.

روشهای حفاظت از ضربه قوچ

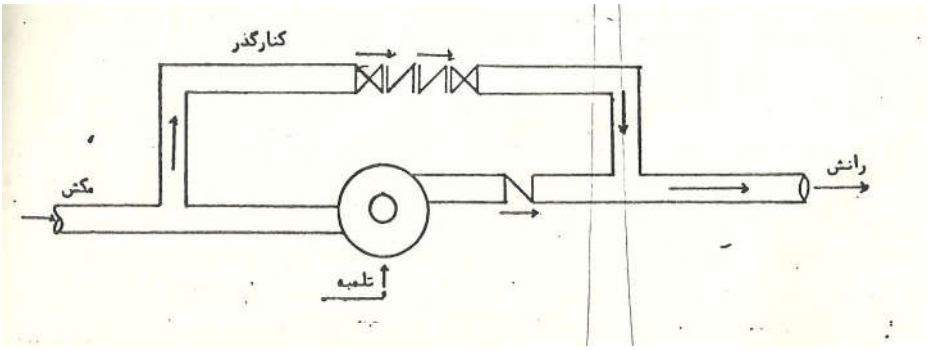
اگر هیچ نوع پیش‌بینی برای جلوگیری از ایجاد ضربه نشود مقاومت لوله باید برای تحمل ازدیاد فشار ضربه خیلی بیشتر از حالت معمولی در نظر گرفته شود. لذا با به کار گرفتن تاسیسات اضافی از میزان ضربه کاسته می‌شود چندین روشی که معمول می‌باشند ذیلا تشریح می‌گردند:

الف-افزودن اینرسی دورانی پمپ

با افزودن یک چرخ طیار به محور پمپ اینرسی دورانی زیاد شده و زمان توقف پمپ پس از قطع نیروی محرک افزایش می‌یابد.

ب-استفاده از کنار گذر

یکی از رایج ترین روشها برای جلوگیری از ایجاد فشار منفی در خط لوله تحت فشار پمپ‌ها پیش‌بینی لوله کنار گذر و شیر یک طرفه در کنار تلمبه‌ها طبق شکل می‌باشد زمانی که پمپاژ صورت می‌گیرد به دلیل وجود فشار زیاد در خط رانش شیر یک طرفه کنار گذر بسته می‌ماند.



هنگامی که تلمبه متوقف می‌شود فشار سیال در لوله رانش در حدود $H=V_0V_w/g$ شروع به کاهش می‌نماید و ممکن است فشار باقی مانده در خط لوله کمتر از فشار مکش گردد که در این صورت سیال از خط لوله کنار گذر وارد رانش خواهد شد و مانع ایجاد فشار منفی و در نتیجه مانع بروز فشار مثبت می‌گردد. این روش در تمام شرایط نمی‌تواند مفید واقع گردد زیرا ممکن است فشار منفی خط لوله رانش هیچ‌گاه کمتر از فشار موجود در لوله مکش نگشته و جریان سیال ایجاد نگردد.

ج-شیر یک طرفه در خط

گرچه شیر یک طرفه به تنهایی نمی‌تواند ضربه سیال را کاهش دهد اما همراه با نصب مخزن ضربه گیر و یا مخزن هوا کاربرد پیدا می‌کند با قطع کار پمپ مخازن مذکور ضربه را کاهش می‌دهند و شیر یک طرفه مانع رسیدن ضربه به پمپ می‌شود.

د-مخزن هوا

در صورتی که در مسیر خط لوله نقاط مرتفع وجود نداشته باشد تا برای احداث مخزن ضربه‌گیر استفاده نمود باید در ابتدای خط لوله مخزن هوا نصب گردد تا به کمک فشار هوا سیال را در محل ایجاد فشار کم به داخل لوله تغذیه نمود. عمل هوا دهی به مخزن با کمپروسور صورت می‌گیرد. این مخازن بدین صورت ساخته می‌شوند که معمولا یک بالن پلاستیکی در داخل یک محفظه فلزی قرار می‌گیرد و سوزن هوا دهی بالن با آب‌بندی کامل از محفظه فلزی به بیرون راه دارد. لوله خروجی مخزن باید به حدی باشد که در مقابل جریان سیال از مخزن به داخل لوله مقاومت ناچیزی نشان دهد.

۵- مخزن ضربه‌گیر

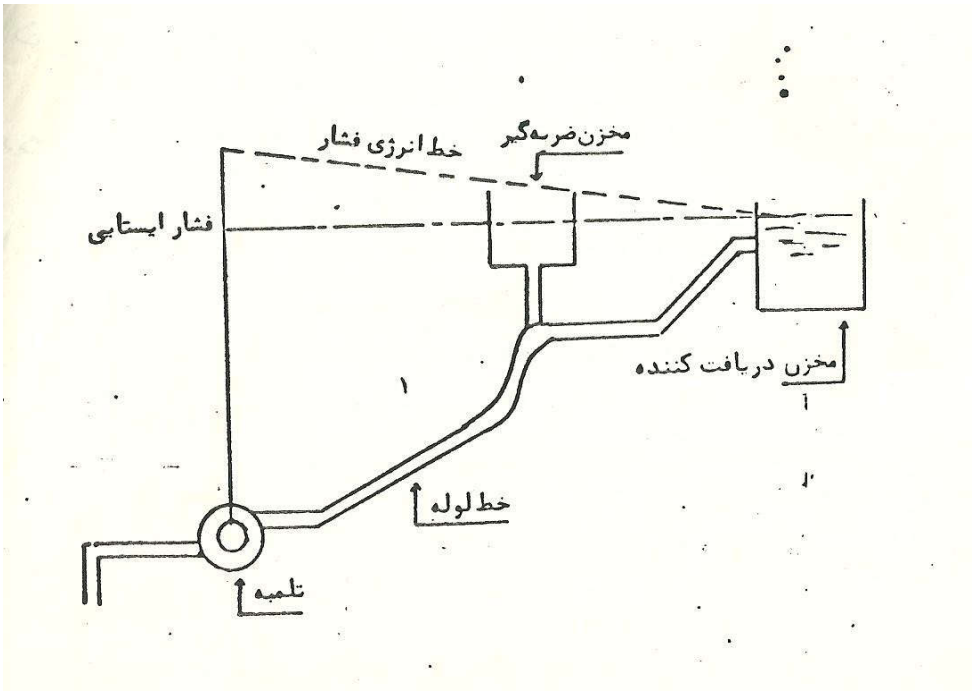
سطح سیال در مخزن ضربه‌گیر در معرض تماس با هوا بوده و حداکثر ارتفاع سیال در آن حد فشار ناشی از ضربه خواهد بود مخزن از زیر با لوله در ارتباط است و از آن تغذیه می‌کند. هنگامی که فشار منفی در خط لوله ایجاد می‌شود سیال مخزن به داخل لوله جریان می‌یابد و وقتی فشار مثبت ایجاد می‌شود سیال از لوله وارد مخزن می‌شود.

برای طراحی مخزن ضربه‌گیر نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱-محل مخزن باید تا حد امکان به تلمبه‌ها نزدیک باشد.

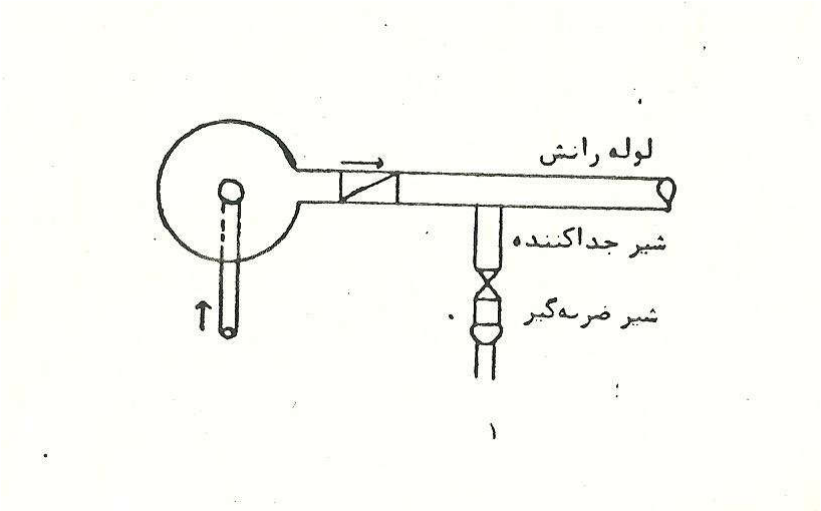
۲-ارتفاع آن به حدی باشد که سر ریز ننماید.

۳-کف آن در حدی پایین باشد که هرگز سیال تخلیه نشده و هوا را به داخل لوله هدایت نکند.



شیر ضربه‌گیر

این شیرهای که با ازدیاد فشار هیدرولیکی ناش از ضربه با سرعت باز شده و به ارامی بسته می‌شوند می‌توانند در بسیاری از شرایط مفید واقع شوند محل نصب انها در خروجی تلمبه‌ها و پس از شیر یک طرفه است. اگر لازم باشد که فشار لوله از حد فشار کار خط بیشتر نشود. شیر به نحوی تنظیم می‌شوئد که در فشار مربوطه باز شود. گاها دو یا سه شیر نصب می‌شوند که هر کدام در یک فشار به خصوص باز می‌شوند. شکل نحوه نصب را نشان می‌دهد.



۱

منابع:

پمپ ها انتشارات مجتمع فنی مهندسی نفت محمود آباد تالیف مهندس عباسی