بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه فنی و حرفه ای

هیدرولیک و نیوماتیک و آزمایشگاه

جلسه۱

مدرس : محمدجواد شاهسوندی

نیوماتیک

نیوماتیک یا (به انگلیسی پنوماتیک Pneumatics) برگرفته از واژه یونانی پنیوما به‌معنی نَفَس یا هوا، نوعی فناوری است که به مطالعه و به‌کارگیری گازهای فشرده برای ایجاد نیروی مکانیکی می‌پردازد.

از فنّاوری گازهای فشرده به‌طور گسترده‌ای در صنعت استفاده می‌شود و کارخانه‌ها از هوای فشرده برای کنترل دستگاه‌های ابزار دقیق استفاده می‌کنند.

مزایای هوای فشرده

در دسترس بودن	هوا در همه جا به هرمقدار و به حد کافی موجود میباشد.
حمل و نقل	هوای فشرده را میتوان از طریق خطوط لوله برای راههای دور به راحتی منتقل نمود.
نگه داری	هوای فشرده را میتوان در مخازن ذخیره نمود و برای این منظور از مخازن قابل حمل استفاده نمود.
حرارت	نوسانات حرارتی محیط در هوای فشرده تاثیری نداشته و بدین جهت میتوان در نواحیکه درجه حرارت به حداکثر سرما یا گرما می‌رسد، براحتی از آن استفاده نمود.
اطمینان درمقابل انفجار	هوای فشرده ایجاد انفجار و آتشسوزی نمینماید .
تمیزی	اگر هوای تخلیه روغن زده نباشد تمیز است. به طورکلی هر هوایی که از نشتی لوله‌ها و یا اجزای پنیوماتیکی خارج می‌شود درصورتیکه عملیات روغن زنی بر روی آن انجام نشده باشد تولید آلودگی نخواهد کرد.
اجزاء کاری	قطعات پنیوماتیک دارای ساختمانی ساده بوده و بدین جهت قیمت آنها نیز مناسب میباشد.
سرعت	هوای فشرده دارای سرعت زیادی میباشد و بوسیله این خاصیت میتوان به سرعت های کاری بالا دست یافت.
ایمنی در برابر اضافه بار	ابزار و عناصر پنیوماتیکی تا حدی که بار زیاد باعث توقف آنها گردد قبول بار مینمایند و به همین علت میتوان گفت که آنها در برابر اضافه بار ایمن میباشند.

معایب هوای فشرده

آماده سازی	هوای فشرده باید به طور مناسب تولید شود، برای این منظور باید از نفوذ کثیفی و رطوبت درآن جلوگیری نمود.
تراکم پذیری	با هوای فشرده ،رسیدن به یک سرعت ثابت و یکنواخت برای پیستون ، همواره امکان پذیرنمیباشد.
محدوده نیرو	هوای فشرده در یک محدوده نیرویی خاص به صرفه و اقتصادی خواهد بود در فشار کاری ۶۰۰kpa الی ۷۰۰kpa (۶barالی ۷bar) با توجه به سرعت و کورس پیستون ،خروجی مجاز نیرو بین 40000N الی 50000N خواهد بود.
آلودگی صوتی	صدای هوا از دهانه های تخلیه ، زیاد است و هرچند که این مشکل به سبب پیشرفتهایی که در خصوص مواد جذب صدا و صدا خفه کنها صورت گرفته، تاحد خیلی زیادی برطرف شده است.

هیدرولیک

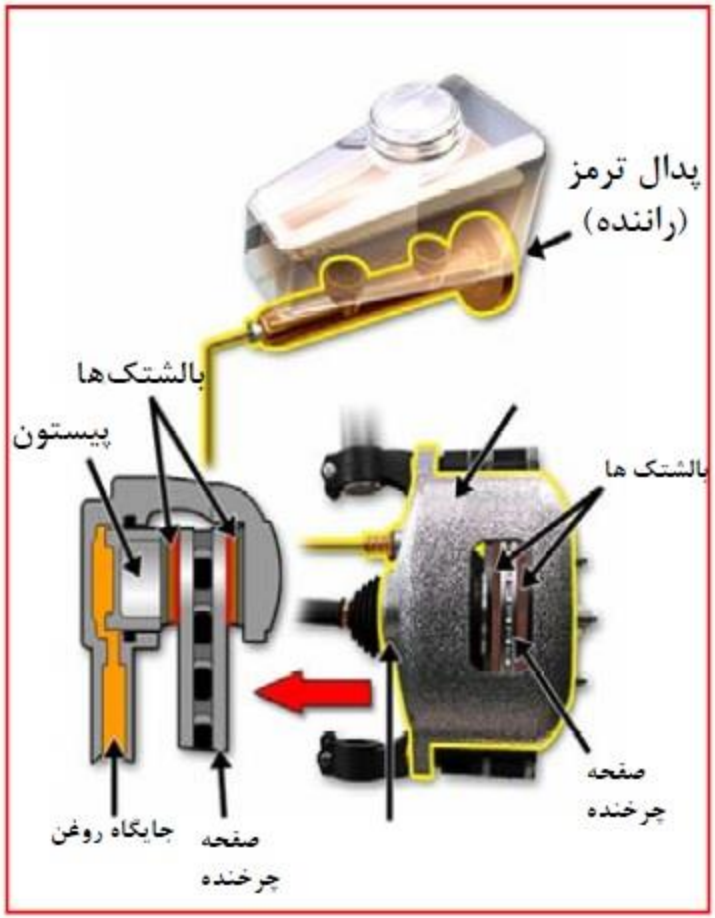
هیدرولیک، فناوری تولید و انتقال انرژی توسط سیال های پر فشار هست .

هیدرولیک از واژه یونانی «هیدرو »به معنای آب گرفته شده است .مایعات مورد استفاده در هیدرولیک، عمدتاً روغن ها هستند .برخی از کاربردهای سیستم‌های هیدرولیکی عبارتند از:

- ✓ماشین های سنگین باربری
- ✓سیستم‌های ترمز
- ✓میزهای بالابر
- ✓بالابرهای انسانی (آسانسور)
- ✓شبیه سازهای پرواز
- ✓ جک‌های هیدرولیکی

هیدرولیک

ساختمان ترمز هیدرولیکی یک خودرو که یک نمونه از سیستم‌های هیدرولیکی است:



فشار دادن پدال ترمز توسط راننده

↓

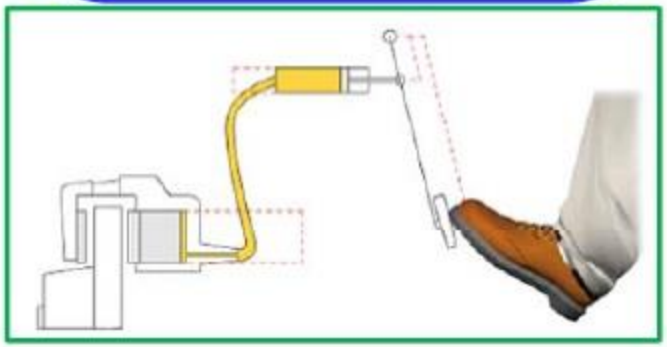
افزایش فشار روغن

↓

فشار آوردن پیستون به بالشتک‌ها
(بالشتک‌ها همراه با لاستیک می‌چرخند)

↓

ایجاد اصطکاک و کاهش سرعت لاستیک



بخشی ازمزایای سیستم های هیدرولیکی

۱- امکان انتقال نیروهای بزرگ و توان های بالا: این موضوع در ماشین های بزرگ به خوبی دیده می‌شود.

۲- امکان دقیق تنظیم سرعت و باردهی: سیستم های هیدرولیکی توسط ابزارهایی مثل شیرها مطابق یک برنامه ازپیش تنظیم شده قابل تنظیم اند.

۳- تنظیم سرعت در خلال کار (و در زیر بار)

۴- ساده بودن تغییر جهت حرکت یا دوران

۵- حرکت بدون ضربه لرزش

۶- تبدیل آسان حرکت ها (مثلا دورانی به رفت و برگشتی)

۷- امکان انتقال نیرو به نقاط دور (توسط سیستم های لوله کشی)

۸- عمر زیاد (به واسطه روغن کاری همیشگی توسط سیال عامل)

بخشی ازمعایب سیستم های هیدرولیکی

۱- حساسیت برخی از روغن های هیدرولیک به دما(و امکان شعله‌ور شدن)

۲- تراکم پذیری روغن ها: در فشارهای بالا، روغن ها اندکی متراکم شده و باعث کاهش دقت کار می شوند.

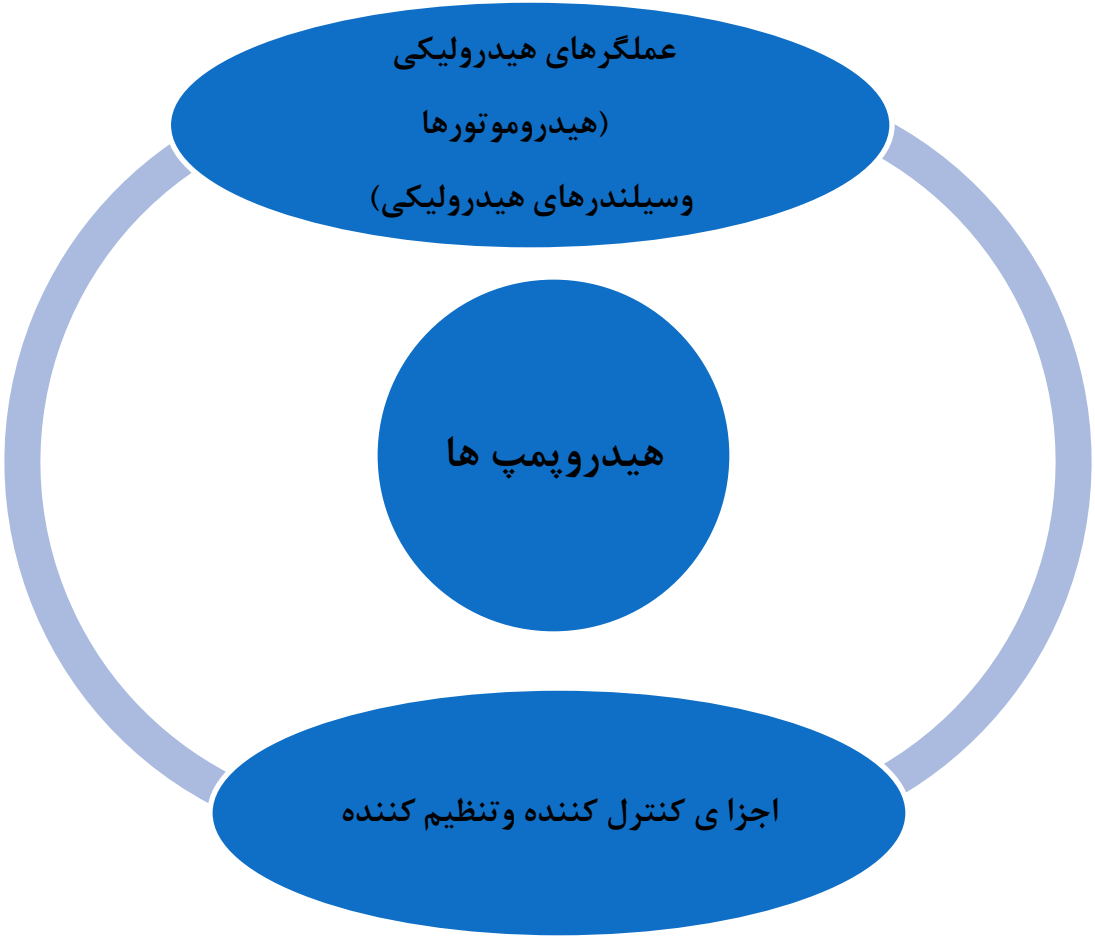
۳- تغییر خواص روغن به دلایلی (مثلا تغییرات دما) و تغییر خواص خروجی سیستم هیدرولیک (مانند نیروی تولیدی)

۴- اتلاف انرژی به دلیل اصطکاک سیال (حرکت سیال، اصطکاک، جریان مغشوش)

۵- نشت روغن از سیستم که باعث کاهش بازده می‌شود.

۶- بالا بودن هزینه‌ی ساخت سیستم های هیدرولیک.

قسمت های سیستم هیدرولیکی

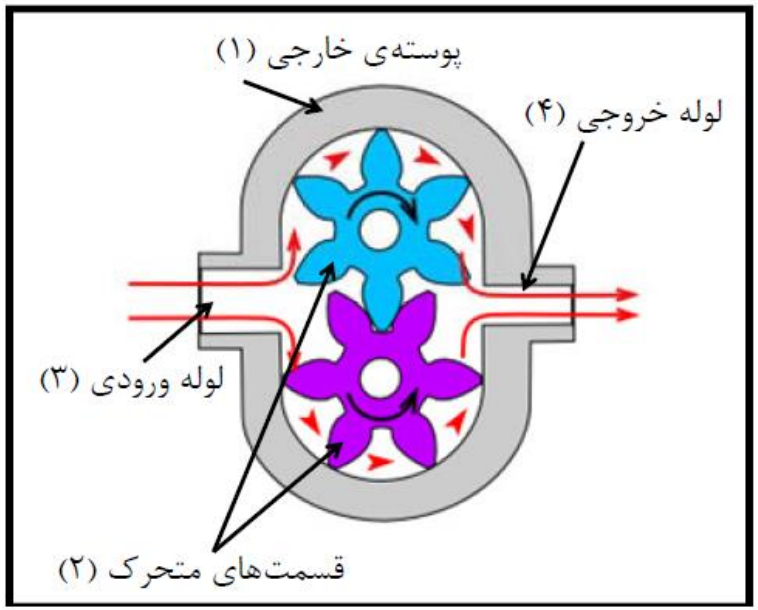


هیدروپمپ ها و ساختمان آنها

پمپ، انرژی مکانیکی را به انرژی هیدرولیکی تبدیل می کند.

انرژی هیدرولیکی پس از پمپ، در هیدروموتورها و سیلندرهای هیدرولیکی مصرف می شود.

قسمت های مختلف یک پمپ در زیر نشان داده شده است :



۱- پوسته خارجی که قسمتهای اصلی پمپ در داخل آن قرار دارد. ۲- قسمت متحرک که معمولا حرکت دورانی دارد.
۳- لوله‌ی ورودی که سیال کم فشار از آن وارد می شود. ۴- لوله‌ی خروجی که سیال پرفشار از آن خارج می شود.

انواع پمپ های هیدرولیکی

✓ **پمپ‌های با جابجایی غیرمثبت (هیدرودینامیکی):**

در این پمپ ها لقّی بین قسمت متحرک و پوسته ی خارجی زیاد است. اگر فشار سیستم بالا باشد، دبی این پمپ ها کم می‌شود، لذا برای سیستم های هیدرولیکی مناسب نیستند. این پمپ ها برای سیستم های با فشار پایین و دبی بالا مفید است .(مثل انتقال آب شهری)

فشار تولیدی این پمپ ها **250-300 psi** می باشد.

✓ **پمپ‌های با جابجایی مثبت:**

این پمپ ها فشارهای بسیار بالاتری را تولید می کنند. در این پمپ ها با تغییر فشار تولیدی پمپ، بازده پمپ تغییر چندانی نمی کند. در پمپ های با جابجایی غیرمثبت، با تغییر فشار تولیدی پمپ، بازده نیز تغییر قابل ملاحظه ای می کند.

انواع پمپ های هیدرولیکی

❖ پمپ های با جابجایی مثبت به دو دسته ی زیر تقسیم می شوند:

* پمپهای دوار * پمپ‌های پیستونی

❖ پمپ های دوار به دو نوع زیر تقسیم می شوند:

✓ پمپ‌های دندهای: در این پمپ ها، دبی حجمی تقریبا ثابتی توسط پمپ تولید می شود.

✓ پمپ‌های پرهای: در این پمپ ها، دبی حجمی، قابل تنظیم است.

❖ انواع پمپ های دنده ای عبارتند از:

*پمپ های دنده خارجی * پمپ های ژیروتور * پمپ های دنده داخلی

* پمپ های گوشوارهای * پمپ های پیچی

انواع پمپ های هیدرولیکی

❖ انواع پمپ های پره ای عبارتند از:

❊پمپ های پرهای نامتعادل

❊ پمپ های پیستونی شعاعی

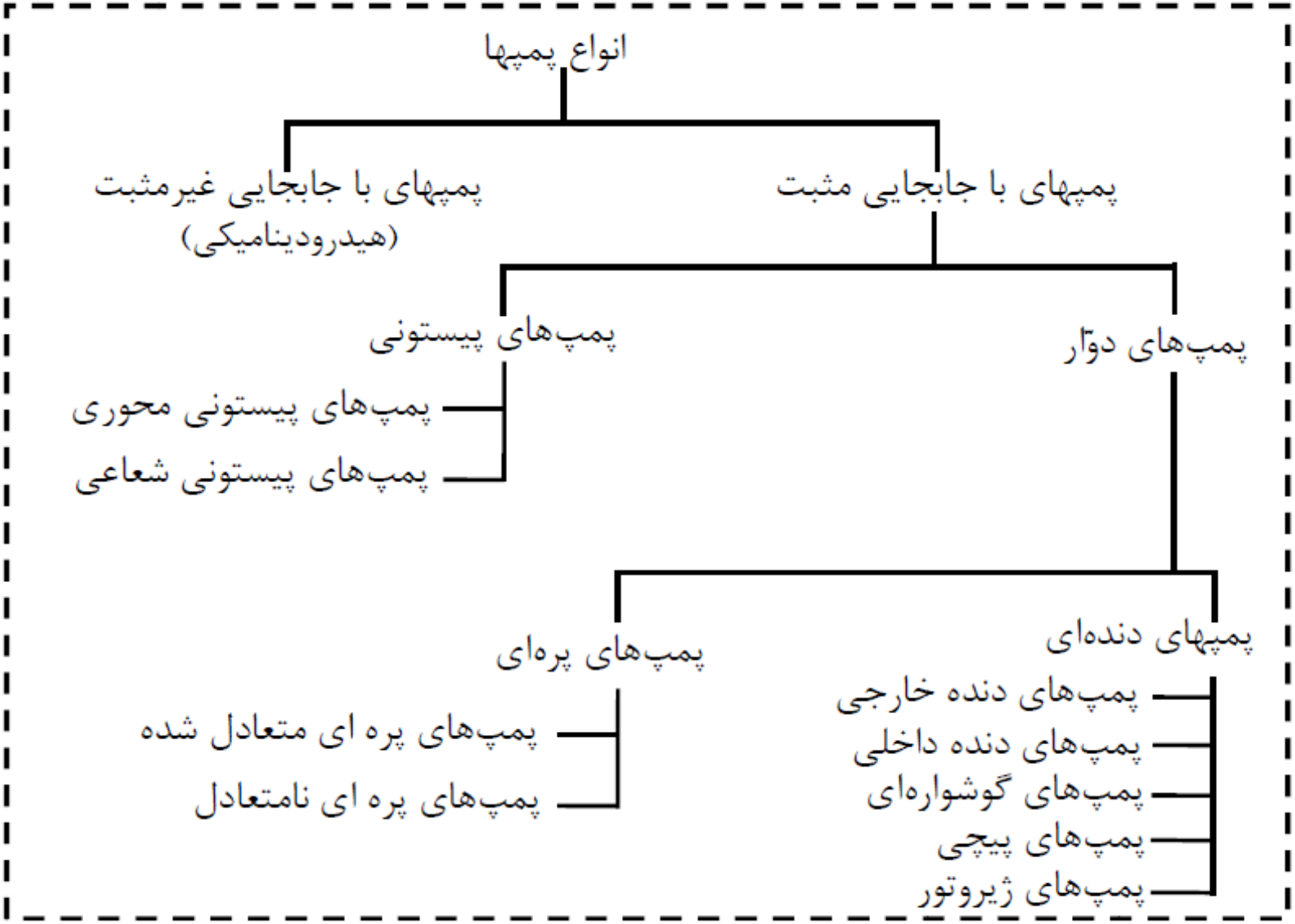
❊ پمپ های پره ای متعادل شده

❖ پمپ‌های پیستونی به دو نوع تقسیم می‌شوند:

❊پمپ‌های پیستونی محوری

❊ پمپ های پیستونی شعاعی

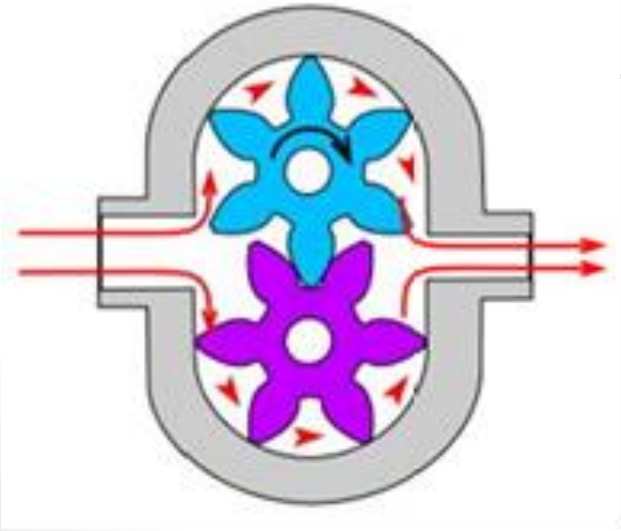
نمودار انواع پمپ ها



انواع پمپ

پمپ‌های دنده خارجی

در این پمپها، یکی از چرخدنده ها توسط نیروی خارجی می چرخد و چرخندهی دیگر، توسط چرخندهی محرّک می‌چرخد. (شکل زیر) میزان لقی بین سر دندانه و پوسته، حدودا ۰.۰۲mm است. وجود لقی باعث می‌شود دبی خروجی پمپ کمتر از میزان تئوری شود. یعنی مقداری نشتی وجود خواهد داشت که این میزان را نشتی داخلی یا لغزش پمپ می‌گویند.



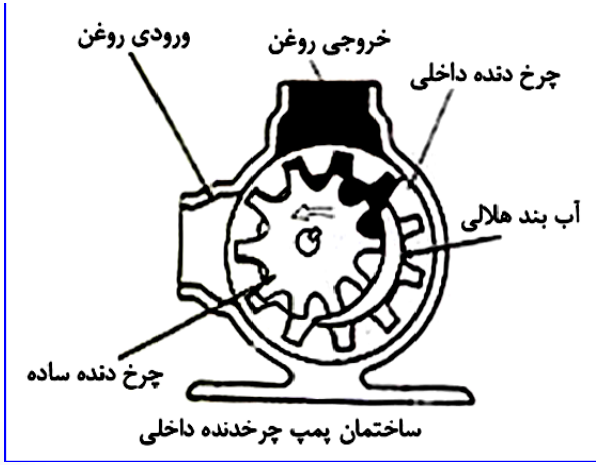
این‌پمپ ها می تواند فشارهای ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ psiرا تولید نماید.

اگر چرخ دنده ها ساییده شوند، بازده پمپ کاهش می‌یابد.

انواع پمپ ها

پمپ‌های دنده داخلی

این پمپ ها، دارای دنده های داخلی هستند. یعنی یک چرخ دنده با دنده ی خارجی که در داخل چرخ دنده ای با دنده ی داخلی می چرخد. چرخ دنده داخلی نیروی محرکه دارد و چرخ دنده ساده را نیز می چرخاند. این پمپ ها بیشتر در فشارهای‌کمتر از ۱۰۰۰ psi استفاده می‌شود. پمپ های با دنده ی داخلی و چند مرحله ای، تا فشار۴۰۰۰ psi نیز تأمین می کنند. آب‌بند هلالی حرکتی ندارد. کاهش بازده در اثر سایش دنده ها، در پمپ های با دنده ی داخلی بیشتر از پمپ های با دنده ی‌خارجی است.



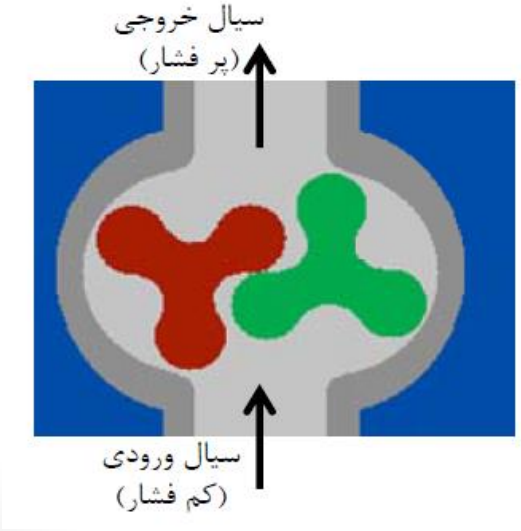
ساختمان پمپ چرخدنده داخلی

انواع پمپ ها

پمپ‌های گوشوارهای (Lobe Pumps)

این پمپ ها بسیار شبیه به پمپ های دنده خارجی هستند .دو قطعه‌ی چرخان را گوشواره گویند .هر دو گوشواره دارای جریان خروجی دارای نیروی محرّکه هستند .به همین دلیل آرام تر و بی صداتر از پمپ های دنده خارجی کار می کنند.

جریان خروجی دارای ضربه (مثل ضربان قلب)است (جریان ضربانی)، زیرا گوشواره ها تماس بسیار کمی با هم دارند.



انواع پمپ ها

پمپ‌های پیچی Screw Pumps

در این پمپ، سه پیچ دقیق (سنگ خورده) درون محفظه ای آب بندی شده با هم درگیر هستند.

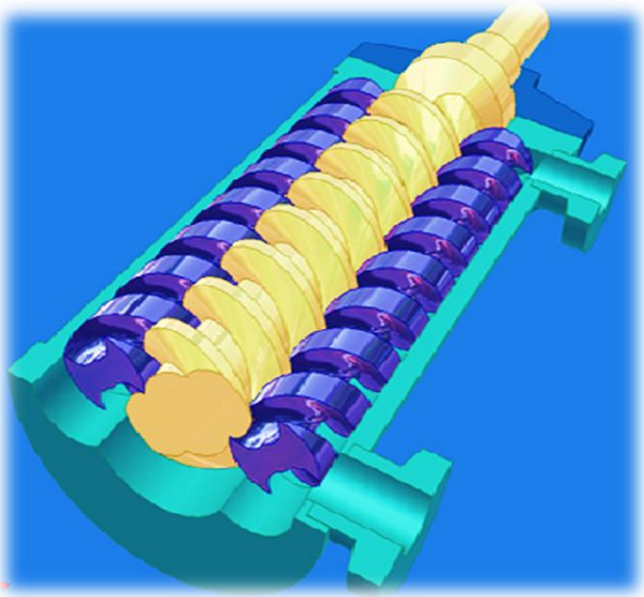
به همین دلیل، جریانی‌کاملا آرام و بدون ضربان تولید می‌کند.

از جمله مزایای این پمپ‌ها عبارتند از:

۱- حرکت بدون صدا و ارتعاش

۲-عدم ایجاد اغتشاش زیاد در خروجی

۳- توانایی پمپاژ مخلوط آب و روغن



انواع پمپ ها

پمپ‌های ژیروتور Gerotor Pumps

این پمپها بسیار شبیه به پمپ‌های دنده داخلی هستند. یک عضو ژیروتور در داخل چرخ دنده داخلی قرار دارد. عضو ژیروتور، دارای نیروی محرکه است و چرخ دنده داخلی را نیز می‌گرداند.

عضو ژیروتور یک دندانه کمتر از چرخدنده ی داخلی دارد

درشکل زیر، عضو ژیروتور چهار دندانه و چرخدنده ی داخلی پنج دندانه دارد و عضو ژیروتور در داخل چرخدنده ی داخلی است.

انواع پمپ ها

پمپ‌های پره ای

پمپ های پره‌ای، برای تولید فشارهای متوسط استفاده می شوند. سرعت چرخش این پمپ ها 1200 تا 1750rpm است و در موارد خاص به 2400rpm هم می رسند (rpmیعنی دَور بر دقیقه). این پمپ ها را می توان بدون جدا کردن لوله های ورودی و خروجی تعمیر کرد. پمپ های پره ای، شامل قسمت های زیر است که در شکل نیز مشخص شده است:

۱- تیغه ها، که در یک شیار قرار دارند و تحت نیروی گریز از مرکز، بیرون می آیند.

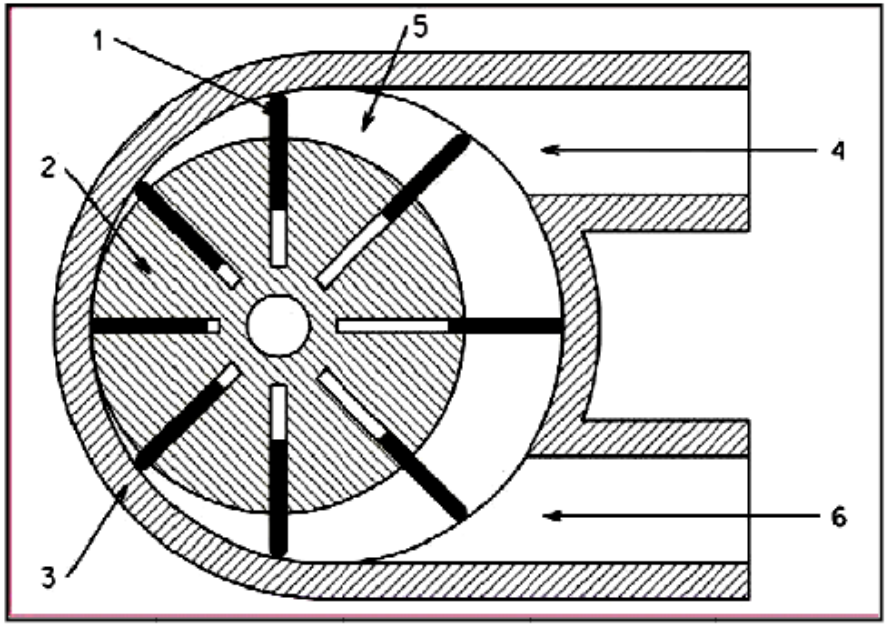
۲- استوانه‌ی دوّار که تیغه ها را می چرخاند.

۳- پوسته‌ی بیرونی

۴- ورودی سیال (سیال کم فشار)

۵- فضایی که سیال در آن حرکت می کند.

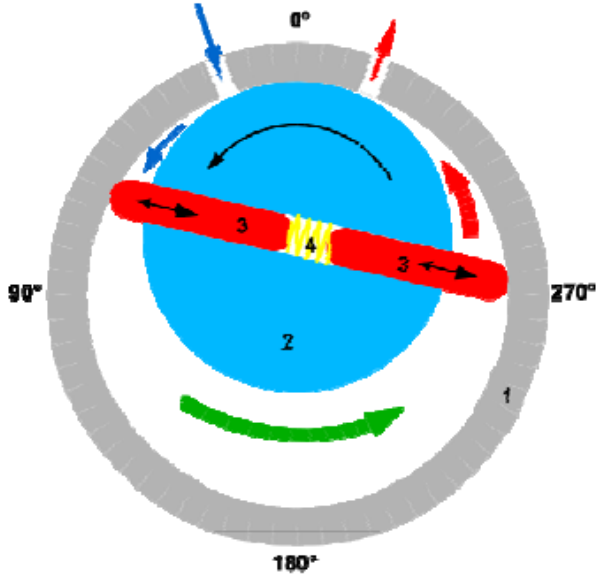
۶- خروجی سیال (سیال پر فشار)



انواع پمپ ها

خروج از مرکز در پمپ های پره ای

شکل زیر، یک نمونه‌ی دیگر از پمپ پره‌ای است که در حقیقت دو تیغه دارد. در شکل زیر، استوانه‌ی چرخان یک دایره است که یک مرکز دارد. پوسته‌ی بیرونی نیز یک دایره است که یک مرکز دارد. فاصله‌ی مرکز استوانه‌ی چرخان تا مرکز پوسته‌ی بیرونی را خروج از مرکز گویند. میزان دبی که پمپ تولید می کند بستگی به مقدار خروج از مرکز دارد. اگر خروج از مرکز، صفر باشد، هیچ جریانی از خروجی پمپ خارج نخواهد شد. پمپ های پره ای که قابلیت تنظیم خروج از مرکز را دارند می توانند دبی های حجمی متفاوتی را تولید کنند. این پمپ ها را «جابجایی متغییر» یا «دبی متغیر» گویند. پمپ های پره ای، حداکثر می توانند فشار 3000psi را تولید کنند.



انواع پمپ ها

پمپ‌های پرهای متعادل

در پمپ های پره ای، به دلیل وجود خروج از مرکز، یک نیروی اضافی به یاتاقان ها اعمال می‌شود .

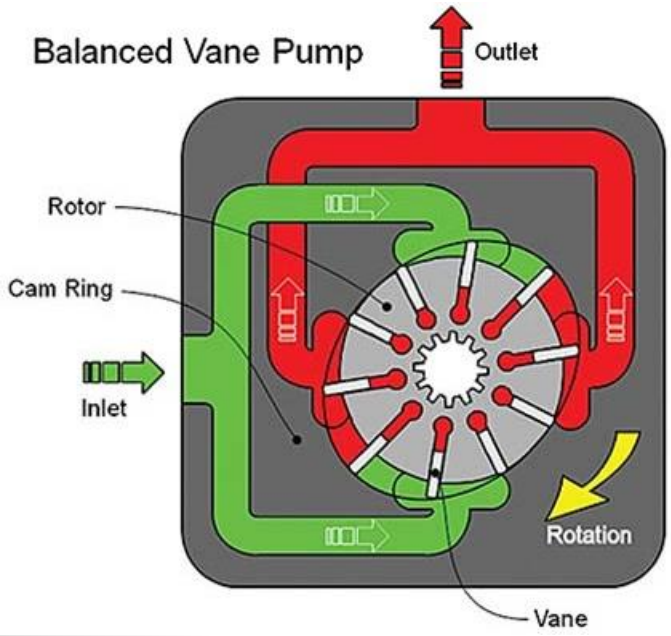
این نیروی اضافی در سرعت های بالا زیادتر شده و باعث خرابی یاتاقان ها می‌شود .برای حل این مشکل، از پمپ های پره ای متقارن (بالانس یا متعادل)استفاده می‌شود .

در پمپ های پره ای متعادل، پوسته‌ی خارجی، بیضوی است.

اشکال این پمپ ها این است که:

نمی توانند دبی متغیر داشته باشند،

چون خروج از مرکز ندارند.



انواع پمپ ها

پمپ‌های پیستونی

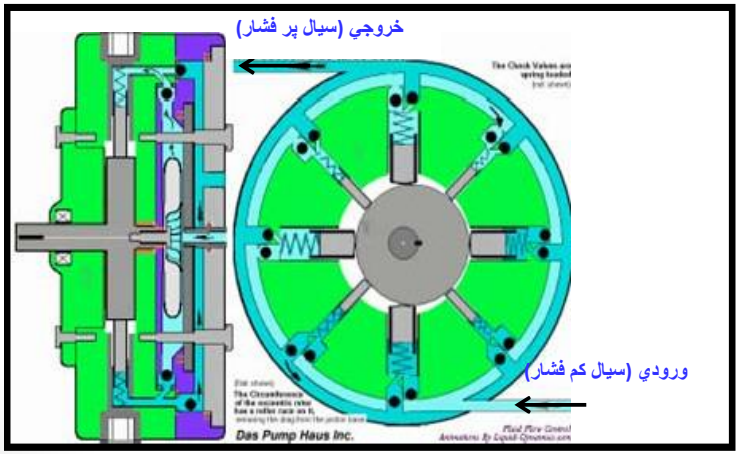
بخشی از مزایای پمپ های پیستونی عبارتند از:

۱- عمر طولانی ۲ -جریان بدون ضربان ۳- بازدهی بالا ۴- نسبت توان به وزن بالا

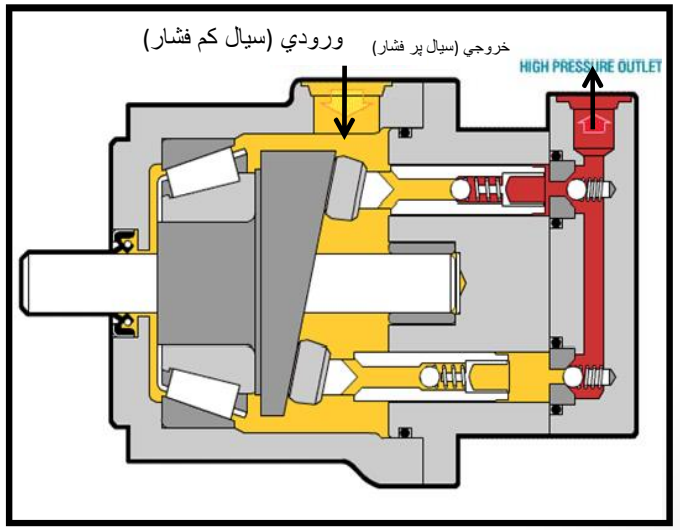
بخشی از معایب پمپ های پیستونی عبارتند از:

۱- قیمت بالا ۲- تعمیر مشکل (به دلیل ساختار پیچیده)

پمپ پیستونی شعاعی



پمپ پیستونی محوری



محاسبه دبی پمپ

دبی تولید شده در پمپ، بستگی به سرعت چرخش پمپ دارد .دبی پمپ از رابطه‌ی زیر به دست می آید.

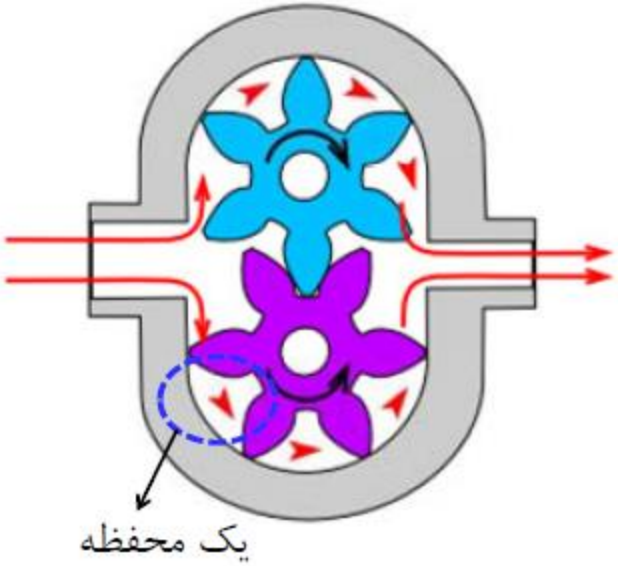
$$Q = i \times \forall \times n$$

n سرعت چرخش پمپ (دور بر ثانیه)

$\forall$ حجم هر محفظه (متر مکعب)

Q دبی پمپ (متر مکعب بر ثانیه)

i تعداد محفظه در هر دور چرخش پمپ)



در این شکل اگر پمپ یک دور بچرخد، هر یک از چرخدنده ها، ۶ محفظه سیال را وارد خروجی می‌کند (در مجموع ۱۲محفظه).

لذا برای این پمپ داریم: i=۱۲

مثال۱

مثال: شکل زیر، یک پمپ را نشان می دهد. حجم هر محفظه در این پمپ، ۰/۰۱ مترمکعب است. اگر بخواهیم دبی ۲ متر مکعب بر ثانیه تولید شود، پمپ با چه سرعتی باید چرخانده شود؟

پاسخ: هر یک از گوشواره ها ۳ محفظه دارد لذا در مجموع ۶ محفظه وجود خواهد داشت و داریم i=6

$$\forall = 10^{-2} m^3 \qquad Q = 2\frac{m^3}{s} \qquad \text{i=6}$$

$$Q = i \times \forall \times n \quad \rightarrow \quad 2 = 6 \times 10^{-2} \times n \quad \rightarrow \quad n = 33.3\frac{rev}{s}$$

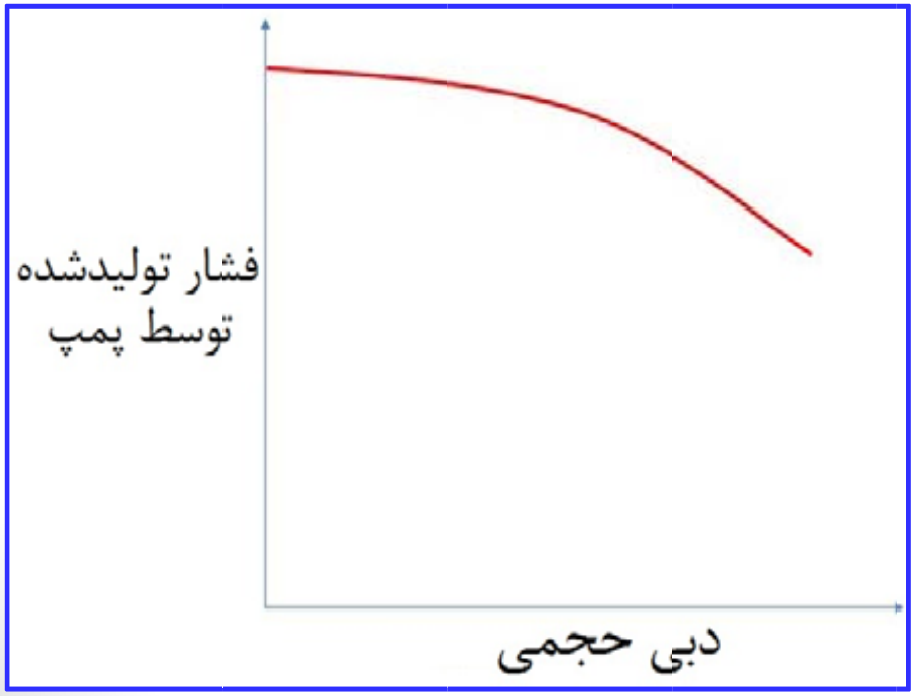
$\frac{rev}{s}$ یعنی «دور بر ثانیه». پس پمپ باید با سرعت ۳۳ دور در ثانیه (معادل با ۲۰۰۰ دور در دقیقه) بچرخد.

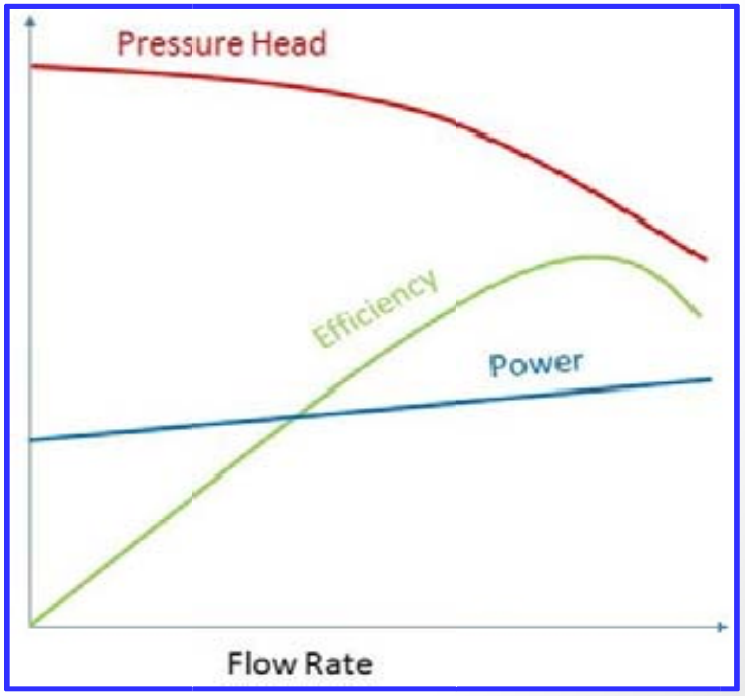
محاسبه‌ی فشاری که پمپ می‌تواند تولید کند

با داشتن دبی پمپ، می توان از روی منحنی مشخصه‌ی پمپ، فشار آن را یافت.

هر پمپ یک منحنی مشخصه دارد که شرکت سازنده ی پمپ، آن را ارائه می کند.

در زیر، دو نمونه از منحنی های مشخصه‌ی یک پمپ خاص ارائه شده است:





محاسبه توان و بازده پمپ

محاسبه‌ی توان پمپ:

توان مورد نیاز برای کار کردن پمپ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$w = Q \times \Delta P$$

w توان مورد نیاز برای کارکرد پمپ (وات)

Q دبی حجمی که پمپ تولید می کند (مترمکعب بر ثانیه)

ΔP فشاری که پمپ ایجاد می کند (پاسکال)

بازده پمپ:

بازده پمپ ها به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\text{بازده حجمی} = \frac{\text{میزان دبی واقعی پمپ}}{\text{دبی تئوری که باید تولید کند}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده مکانیکی} = \frac{\text{توان تئوری مورد نیاز جهت کار کردن پمپ}}{\text{توان واقعی مورد نیاز جهت کار کردن پمپ}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده کلّی} = \frac{\text{بازده مکانیکی} \times \text{بازده حجمی}}{۱۰۰}$$

هر پمپ بازده خاصی دارد و معمولا بازده کلّی پمپ ها، بالای ۸۰٪ است.

مثال ۲

مثال: پمپی در دبی ۳۵ لیتر بر ثانیه، فشار سیال هیدرولیک را ۷ بار افزایش می دهد. اگر بازده مکانیکی پمپ ۸۵٪ باشد، الکتروموتور با چه توانی لازم است تا پمپ را بچرخاند؟

پاسخ: ابتدا واحدها را به حالت استاندارد بر می‌گردانیم.

$$\Delta P = 7bar = 7bar \times \frac{10^5 Pa}{1bar} = 7 \times 10^5 Pa$$

$$Q = 35\frac{lit}{s} = 35\frac{lit}{s} \times \frac{1m^3}{1000lit} = \frac{35}{1000}\frac{m^3}{s} = 0.035\frac{m^3}{s}$$

حال توان تئوری پمپ می‌شود:

$$w = Q \times \Delta P = 0.035 \times 7 \times 10^5 = 24500W$$

حال توان واقعی پمپ با توجه به بازده مکانیکی به دست می آید:

$$\text{بازده مکانیکی} = \frac{\text{توان تئوری مورد نیاز جهت کار کردن پمپ}}{\text{توان واقعی مورد نیاز جهت کار کردن پمپ}} \times ۱۰۰$$

$$85 = \frac{24500}{x} \times 100 \longrightarrow x = \frac{24500 \times 100}{85} = 28824W = 28.8kW$$

پس الکتروموتوری با توان ۸/۲۸ کیلووات نیاز است تا پمپ را بچرخاند.