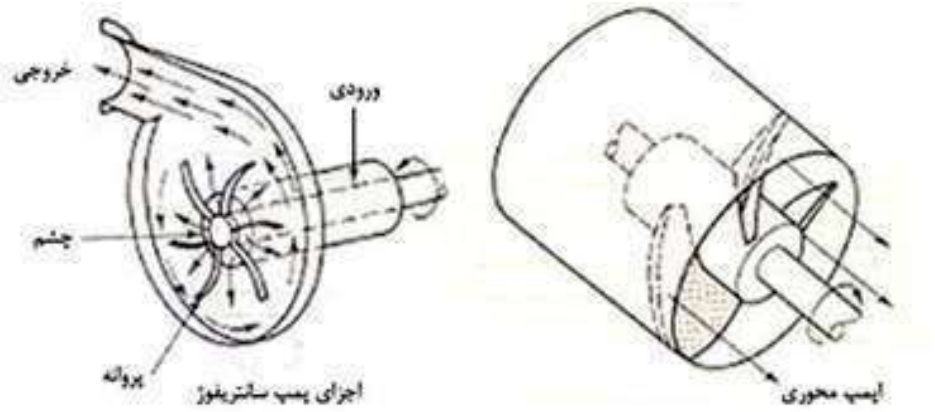
پمپها

۱- **پمپهای با جابجایی غیرمثبت :** مقدار سیال جابجا شده ثابت نیست

انواع پمپهای جابجایی غیر مثبت

الف) پمپهای محوری(پروانه ای)　　ب) پمپهای گریز از مرکز(سانتریفیوژ)　　ج) مختلط



خصوصیات : (معایب و مزایا)

الف) تحمل فشارهای بالا را ندارند

ب) به عنوان پمپ فقط انتقال سیال استفاده می شوند

ج) برای مدارهای با فشار پایین و جریان بالا استفاده می شوند(حداکثر فشار از ۲۵۰ تا ۳۰۰ پوند براینچ مربع)

چ) هزینه پایین تولید و نگهداری

ح) سادگی عملکرد

خ) قابلیت اعتماد بالا

د) سرو صدای کم

ذ) قابلیت پمپاژ تقریباً تمامی سیالها

۲- **پمپهای با جابجایی مثبت :** در این پمپها به ازای یک دور چرخش ، مقدار معینی سیال جابجا می شود و توانایی غلبه بر بارهای مکانیکی و مقاومت به وجود آمده در سیال را دارد .

مزایای پمپ های با جابجایی مثبت :

الف) توانایی کار در فشارهای بالا　　ب) ابعاد کوچکتر　　ج) بازدهی حجمی بالا

چ) تغییر جزیی بازده در محدوده فشار طراحی شده　　ح) انعطاف پذیری بالا (توانایی کار در بازه و سیعی از فشارها و سرعتهای مورد نیاز)

انواع پمپ های جابجایی مثبت از نظر نوع حرکت اجزای متحرک آن

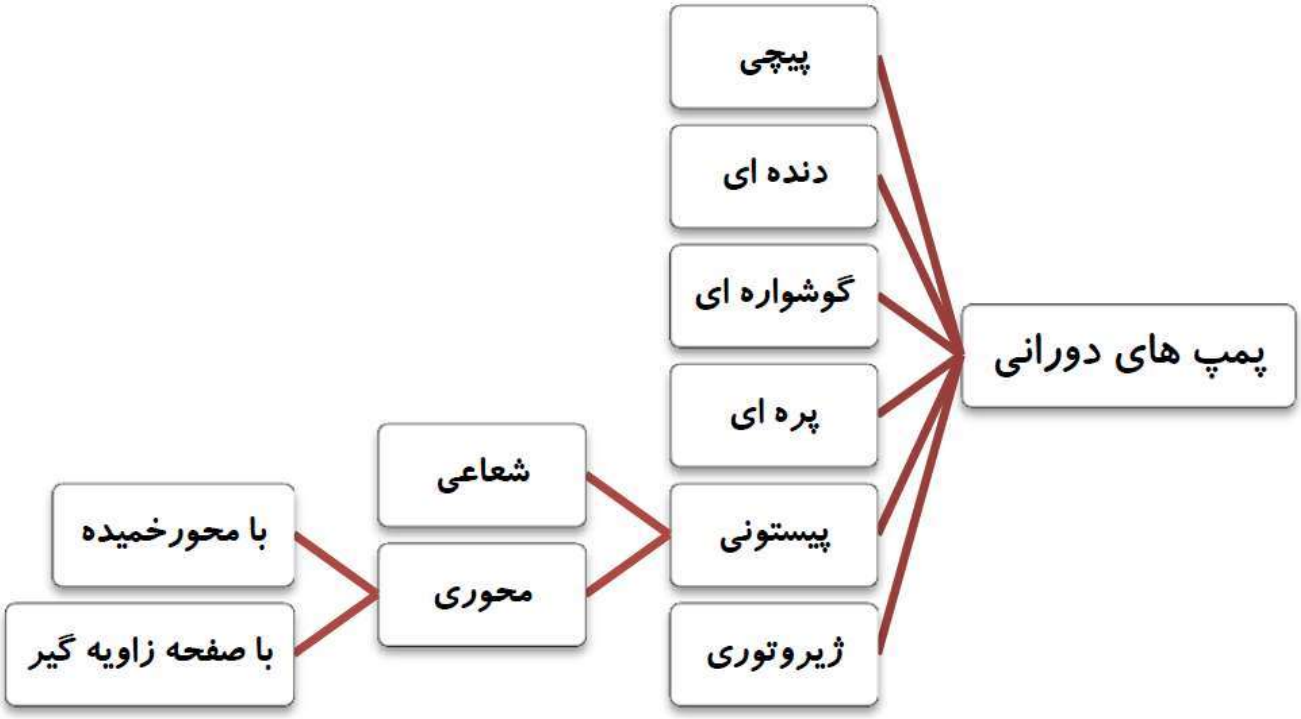
الف) دورانی ب) رفت و برگشتی

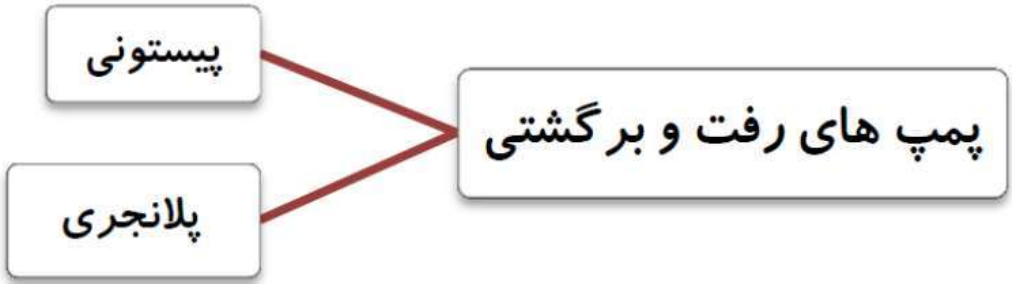
انواع پمپ های جابجایی مثبت از نظر دبی خروجی آنها

الف) با دبی ثابت : به ازای یک دور مشخص محور پمپ مقدار معینی سیال خارج می شود(جابجایی ثابت)

ب) با دبی متغیر : با توجه به قابل تنظیم بودن اجزای پمپ در وضعیتهای متفاوت تنظیمی می توان به ازای یک دور محور دوران دبی های خروجی مختلفی از پمپ گرفت .

تقسیم بندی انواع پمپها با جابجای مثبت





تقسیم بندی انواع پمپها با جابجای مثبت ازنظر ساختار ظاهری آنها

دنده ای

داخلی – خارجی- گوشواره ای - پیچی – ژیروتوری

جابجایی و دبی به ازای یکدور محور ، مقداری مشخص است و ثابت .

پره ای

متعادل : دبی ثابت

نامتعادل : دبی ثابت و متغیر

پیستونی

محوری : ثابت و متغیر

شعاعی : ثابت و متغیر

محاسبات اولیه در پمپ

فشار جریان × نرخ جریان = توان پمپ

$$\textbf{Pump Power} = \frac{\textbf{Flow Pressure}(bar) \times \textbf{Flow Rate}(lit/min)}{\mathbf{600}}\ (\text{kW})$$

تبدیل واحد بین کیلو وات و اسب بخار

$$\mathbf{1}\ kW = \mathbf{1.341}\ hp \quad OR \quad \mathbf{1}\ hp = \mathbf{0.7457}\ kW$$

توان ورودی پمپ / توان خروجی پمپ = راندمان پمپ

$$\%\boldsymbol{\eta} = \frac{\boldsymbol{Power_{OUT}}}{\boldsymbol{Power_{in}}} \times \mathbf{100}$$

مثال : یک پمپ هیدرولیکی از نوع خارجی فشار 200 bar را با دبی 10 gpm ایجاد می کند. توان پمپ بر حسب کیلو وات و اسب بخار چیست ؟ اگر راندمان پمپ ۶۰درصد باشد چه موتور الکتریکی برای به حرکت درآوردن پمپ لازم است ؟

$$\mathbf{1} American\ galon \cong \mathbf{3.8}\ lit \quad , \quad \mathbf{1}\ English\ galon \cong \mathbf{4.55}\ lit$$

$$\frac{\mathbf{P}(bar) \times \mathbf{Q}(lit/min)}{\mathbf{600}} = \frac{\mathbf{200} \times \mathbf{10} \times \mathbf{3.8}}{\mathbf{600}} = \mathbf{12.67}\ kW \cong \mathbf{17}\ hp$$

بازده حجمی پمپها :

نسبت حجم پمپاژ شده واقعی به حجم پمپاژی محاسباتی در صد را بازده حجمی پمپ گویند .

$$\eta_V\% = \left(\frac{\mathrm{Q_{out}}}{\mathrm{D_p \times n_p}}\right) \times 100$$

برای یک پمپ پیستونی با حرکت خطی با طول کورس L و قطرسطح مقطع پیستون d داریم :

$$D_p = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) \mathrm{L}$$

اگر تعداد کورس در دقیقه n_p باشد ، خروجی محاسباتی (حجم پمپاژ شده محاسباتی) از رابطه زیر به دست می آید :

حجم پمپاژ شده محاسباتی = $n_p \times D_p$

بازده مکانیکی پمپ :

نسبت کار خروجی از پمپ به کار ورودی به پمپ در صد را بازده مکانیکی پمپ گویند.

اگر T_p گشتاور لازم برای چرخاندن محور پمپ در فشار P کاری با تعداد دور دردقیقه n_p باشد، کار ورودی به پمپ از رابطه زیر محاسبه می شود :

کار ورودی به پمپ = $2\pi T_p$

کار خروجی از پمپ = $D_p \times P_p$

$$\eta_t\% = \left(\frac{\mathrm{D_p \times P_p}}{2\pi \mathrm{T_p}}\right) \times 100$$

بازده کلی پمپ :

حاصل ضرب بازده حجمی یک پمپ در بازده مکانیکی آن را بازده کلی گویند .

$$\eta_O\% = (\eta_t \times \eta_V) \times 100$$

مثال : پمپی با مشخصات زیر موجود است :

حجم سیال جابجا شده تئوری در هر سیکل : $Dp = 14\ cm^3/rev$ و سرعت دورانی محور پمپ : 1440 rpm

فشار کاری ماکزیمم : 150 bar و راندمان حجمی : 0.9 و راندمان کلی : 0.8

مطلوب است محاسبه :

الف) خروجی پمپ بر حسب لیتر بر دقیقه **ب**) توان ورودی به محور پمپ بر حسب کیلو وات **ج**) گشتاور در محور پمپ

حل الف)

$$Q_{out} = \eta_V \times Q_{cal} = \eta_V \times D_p \times n_p = 0.9 \times 14 \times 10^{-3} \times 1440 = 18.14\ lit/m$$

حل ب)

$$Inlet\ Powe \quad \frac{Outlet\ \ Power}{Total\ \ Efficiency} = \frac{Pressure \times Outlet\ Flow\ Rate}{\eta_O}$$

$$= \frac{150 \times 18.14}{0.8 \times 6} = 5.67\ kW$$

حل ج)

$$\eta_t = \left(\frac{D_p \times P_p}{2\pi T_p}\right) = \frac{\eta_O}{\eta_V} = \frac{0.8}{0.9} = 0.89 = \frac{0.014 \times 10^{-3} \times 150 \times 10^5}{2 \times 3.14 \times T_p}$$

$$T_p = 37.6\ N - m$$

پمپ دنده ای (Gear Pump)

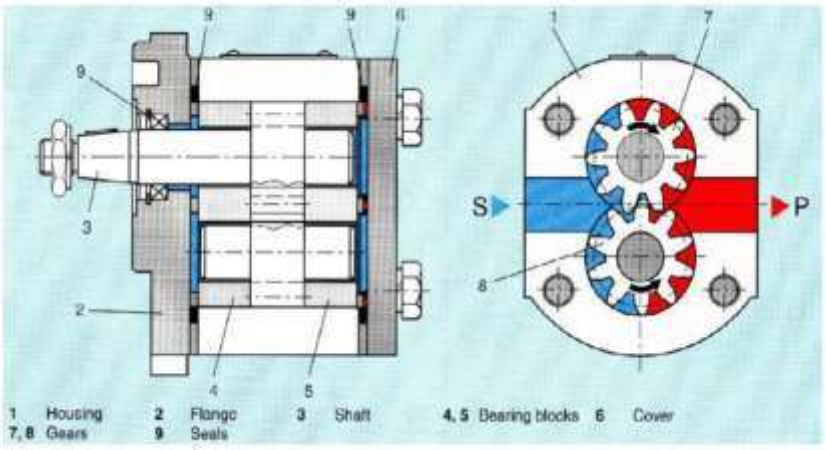
خصوصیات :

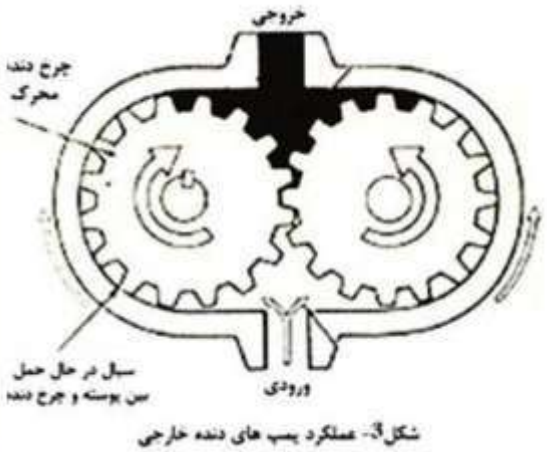
الف) طراحی ساده ، ابعادکوچک و قیمت ارزان

ب) مورد مصرف عمومی دارد (ماشین ابزارها و تجهیزات متحرک)

ج)کاهش شدید بازده به دلیل سایش اجزای متحرک

پمپ دنده ای خارجی (External Gear Pump)

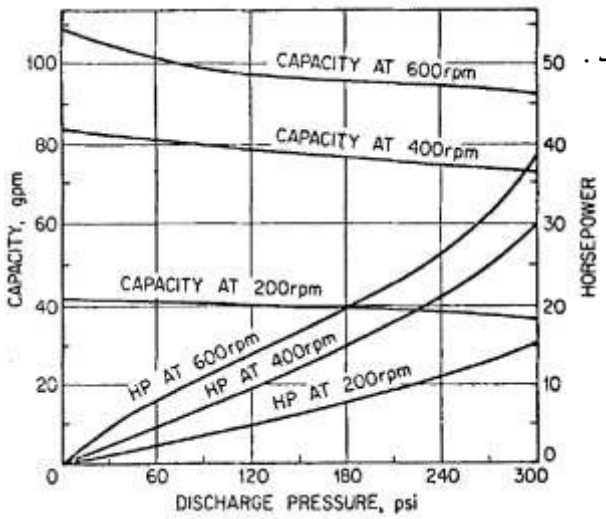




شکل3- عملکرد پمپ های دنده خارجی

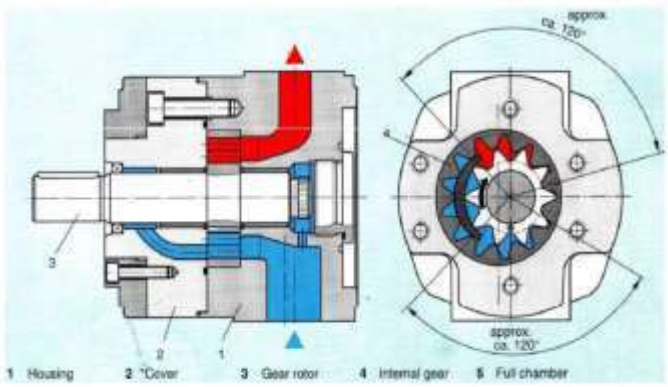
- درطرف دورشدن دندانه ها از درگیری ، مکش و در طرف نزدیک شدن دندانه ها به هم، فشار باعث پمپاژ سیال می شود .
- این پمپ ها جهت استفاده در فشارهای پایین طرحی شده و در صورت افزایش فشار نشتی زیاد شده و به پوسته و یاتاقانها آسیب می رسد.
- نوع دنده مورب(Helical gear pump) در سرعت بالا و بارهای بزرگترنسبت به چرخ دنده ساده استفاده می شود و کم صدا هستندو بدون ضربه (پیوسته)در انتقال جریان و نوع دنده جناغی(Herringbone gear pump) ضمن کم کردن صدا وحرکت نرم باعث حذف نیروی محوری ناشی از پمپ روغن ، روی یاتاقانها می شود. لذا در تولید فشارهای بالا بالای 2000psi ودر برخی بالای 3000psi از این نوع چرخ دنده ها استفاده می شود .
- حداکثر فشار تا 4000 psi (280 bar) و حداکثر دور ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ دور بر دقیقه است ودر محدوده ۱ تا ۱۰۰ گالن در دقیقه توانایی جابجایی سیال را دارند .
- امتیازات : فشار و سرعت بالا عملکرد بدون صدا با چرخ دنده های نوع جناغی.
- معایب : سایش یاتاقانها علی رغم شناوری در محیط روغنی ، ولقی ثابت و ناچاری(0.001 in) در انتهای دندانه ها با پوسته که باعث افت داخلی جریان می شود .

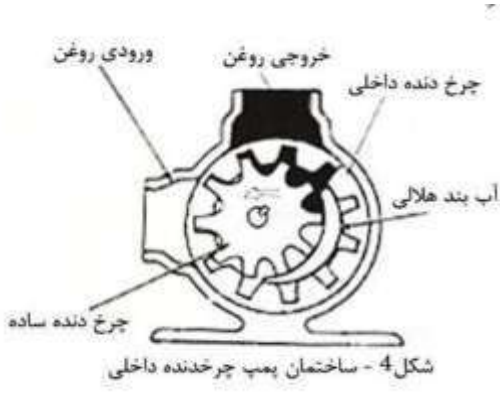
- در استفاده از این پمپها باید دقت کرد در جهتی که کارخانه سازنده مشخص کرده چرخانده شوند در غیر اینصورت پمپ آسیب خواهد دید و در برخی از آنها در هر دو جهت نیز می‌توان چرخاند .
- حجم پمپاژ به تعداد دندانه ها ، پهنای دندانه ها و عمق دندانه ها بستگی دارد. دندانه کم پمپاژ بالا را دارد .
- منحنی دندانه ها اینولوت و با زاویه فشار ۲۰ الی ۳۰ درجه است .
- دارای بازده حجمی 95 درصد و بازده کلی 90 درصد هستند .



پمپ دنده ای داخلی (Internal Gear Pump)

دو نوع پمپ با چرخ دنده داخلی وجود دارد. نوع باآب بندی هلالی و نوع ژیروتوری و در فشارهای پایین تر از پمپهای چرخدنده ای خارجی استفاده می شوند حدود ۷۰ الی ۱۴۰ بار.





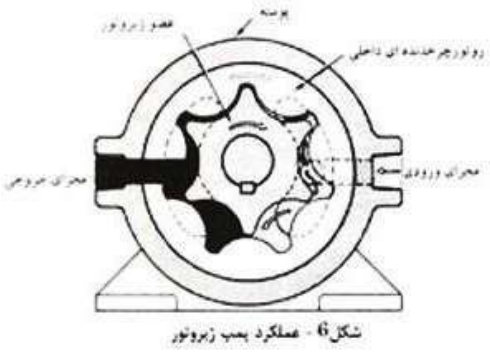
شکل 4 - ساختمان پمپ چرخدنده داخلی

در این نوع پمپ از دو چرخ دنده داخلی و خارجی استفاده شده است که بین آنها یک آب بند هلالی شکل به عنوان جداکننده مجاری ورودی وخروجی قرار می گیرد . هردو چرخ دنده دریک جهت و چرخ دنده داخلی با سرعت دورانی بالاتری می‌چرخد .درمحل فاصله گرفتن دندانه ها ازهم مکش ودرمحل نزدیک شدن دندانه‌های به هم فشار باعث پمپاژسیال می‌شود . سیال‌درفضایی مابین دندانه‌ها وآب‌بندهلالی به‌طرف دریچه‌خروجی منتقل می شود. فاصله بین انتهای دندانه ها و آب‌بند هلالی دارای کمترین مقدارممکن است .ازاین پمپ‌ها به منظورروغن کاری وتغذیه درفشارهای کمتراز 1000 psi (70 bar)و با جریان خروجی پایین استفاده می‌شود ودرانواع چندمرحله‌ای می توان تا فشار 4000 psi (280bar)دست‌یافت‌وبه‌دلیل‌قرارگرفتن قطعات درداخل روغن به صورت بی سروصدا کار می‌کند . دارای کاهش بازدهی بیشتر نسبت به پمپهای دنده ای نوع خارجی است .

امتیازات : جریان آرام و بدون ضربه – قدرت نسبتا زیاد نسبت به ابعاد آن

معایب : هزینه بالا – اندازه ابعادی محدود – تعداد تولید کننده های کم - نرخ فشار کم تا متوسط .

پمپ ژیروتوری (Gerotor Pumps)



شکل 6 - عملکرد پمپ زیروتور

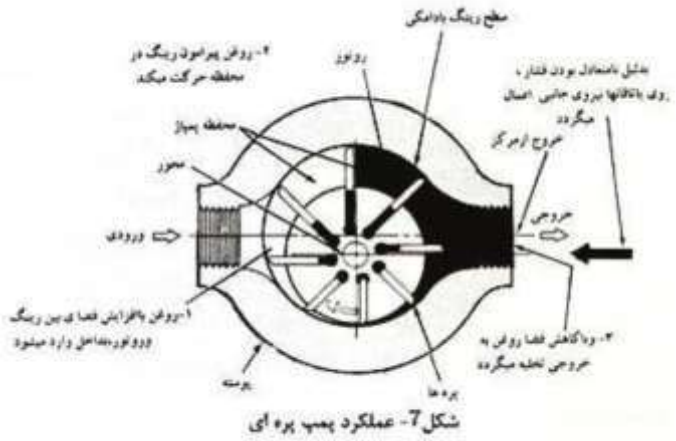
یک جفت چرخ دنده یکی داخلی ودیگری خارجی با هم درگیر و دریک جهت در حال چرخش هستند. تعداد دندانه های چرخدنده خارجی یکی کمتراز چرخ دنده داخلی است و مراکز دوران آنها به اندازه نصف ارتفاع یک دندانه ازهم فاصله دارند (خروج ازمرکز) و وآب بندی از برخورد لغزشی دندانه‌ها با هم تامین می شود وبه علت تولید بارهای تولید شده به وسیله نامتعادلی هیدرولیکی‌این پمپها محدود به فشارهای پایین می شوند .

عکس۱ و عکس ۲

پمپ پره‌ای (Vane Pump)

در سه نوع ساده (Simple Vane Pump)، با جابجایی متغیر(Variable Displacement Vane Pumps)ومتعادل(Balanced Vane Pumps) تولید می‌شوند .

پمپ پره ای ساده : (Simple Vane Pump)



شکل 7- عملکرد پمپ پره ای

نحوه عملکرد پمپ :

شامل روتوری است که درداخل محفظه‌ی به شکل بادامک قرار گرفته است. روتوردارای شیارهایی در امتداد شعاع می‌باشد که که پره‌هارا درخودجای داده است. هنگامی که روتورمی‌چرخد پره ها به‌دلیل نیروی گریزازمرکزدرداخل شیاربه طرف تماس با سطح داخلی‌پوسته‌حرکت می کنند،گاهی‌اوقات برای این کار از فنر نیزکمک گرفته می شود . دارای نوع باجابجایی مثبت و نوع باجابجایی متغیر نیز هستند . در نوع با جابجایی مثبت خروج از مرکز روتور واستوانه داخلی محفظه پمپ ثابت است لذا جابجایی هم ثابت است ولی در نوع متغیراین فاصله می‌تواند تغییرکند و این تغییر می‌تواند کم یا زیاد شده خروج از مرکز مذکور با حرکت نسبی روتور و محفظه نسبت به هم به وجود آید.

ویژگیها :

- برای عملکرد فشارمتوسط (2500 *psi* یا 175 *bar*)
- پمپاژ با دبی 410-455 *lit/min*
- سرعت متوسط (1200-2400 *rpm*)
- حرکت آرام و بدون صدا
- دارای قیمت نسبتاً پایین
- سایش پره‌ها همراه باحرکت (در راستای شیار) پره ها است ، دارای عمرطولانی هستند

- راحتی تعمیر و قابلیت اطمینان بدلیل ساختمان ساده آنها
- دارای بازده حجمی 90-85 درصد و بازده کلی حداکثر 80 درصد
- درهراندازه‌ای می‌تواند قابل دسترسی باشد
- تمیزی روغن، روانکاری خوب و سرعت مناسب پمپ ، عامل تاثیرگذار برعملکرد پمپ است.

نوع دیگر پمپ :

نوع با دبی متغیر با سیستم جبران فشار وجود دارد که مقدار خروج از مرکز آن با توجه به فشار سیستم ، قابل تغییراست، اینگونه پمپها علاوه برمحافظت از افزایش فشار، دارای دبی متغیر نیز می‌باشند.

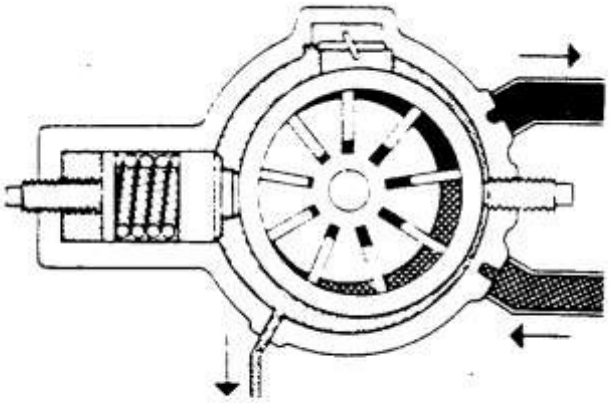
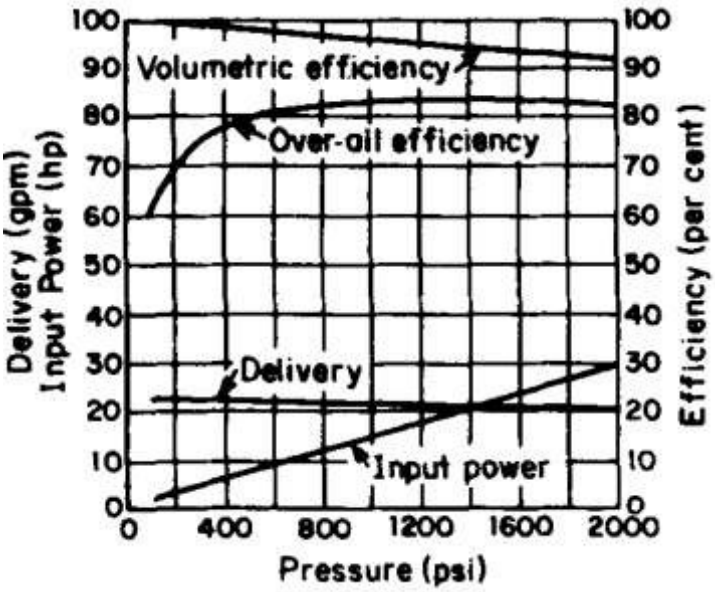
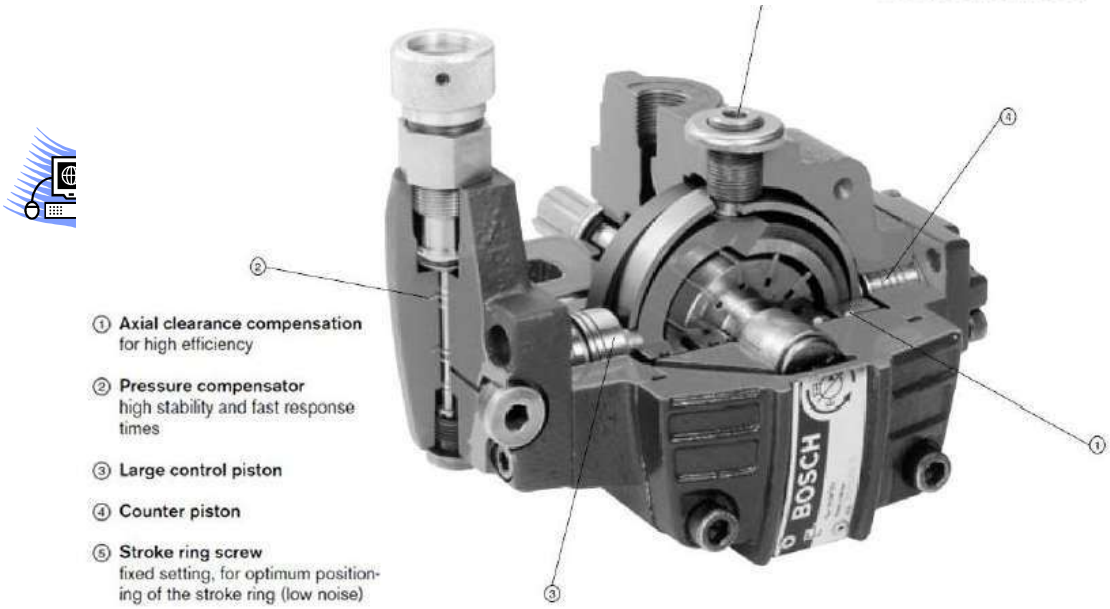


Fig 9(b) Variable capacity vane pump.





محدودیت در عملکرد پمپ های پره‌ای با سرعت نوک پره‌ها ، بار روی یاتاقانها و پدیده‌ی کاویتاسیون (ایجاد حبابهای هوا به دلیل کاهش آنی فشار در داخل یک مایع) اعمال می‌شود . نیروی اعمالی بردیواره داخلی پمپ توسط پره‌ها با استفاده از جفت پره در یک شیار قابل کنترل است. سطح تماس پره‌ها در جفت پره‌ای کمتر از سطح تماس پره‌ها در تک پره‌ای است و نیز آب‌بندی بهتری بین پره‌ها و دیواره داخلی پمپ نسبت به تک پره‌ای دارد . نسبت به پمپهای دیگر تلرانس خوبی نسبت به آلودگیهای سیال

هیدرولیک از خود نشان می دهند. عموما در کاربردهای حرکتی با سیالات با ویژگیهای هیدرولیکی نظامی و سیالات هیدرولیکی نسوز یا با پایه نفتی در حالت کاربردهای استاتیکی استفاده می شوند.در حالتی که پاسخدهی بالا از سیستم هیدرولیکی انتظار می رود گاهاً تخلیه‌ی پالسی آن باعث بروز مشکل می‌شود] .

پمپ پره ای متعادل (Balanced Vane Pumps)

روتور در داخل محفظه ای بیضی شکل می چرخد . این باعث ایجاد دو عدد جفت حجم خالی برابر و لی متقابل (مکش و فشار) می شود واین باعث می شود که نیروهای وارده بر شفت روتور در تعادل باهم باشند و نیروی وارده بر یاتاقانها در یک جهت خاص بیشینه نباشد .در برخی از پمپها در شیاری که پره ها قرار دارند ، در پشت پره ها فنری وجود ندارد و این باعث می شود که حد اقل دوری برای چسبیدن نوک پره ها به به بدنه داخلی پمپها محدودیتی در سرعتهای دورانی پایین پمپ به وجود آورد . در انواع دیگر هم فنر گذاشته شده است که برای شروع و در سرعتهای پایین مناسب اند . این پمپها در ماشینهایی که نیاز به پمپاژ سیال با جابجایی مثبت دارند استفاده می شوند .

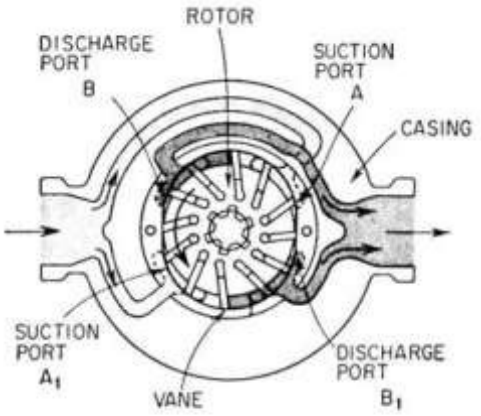


Fig. 2-9. Balanced Vane Hydraulic Pump

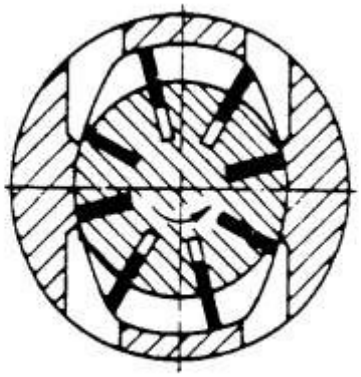


Fig 9(a) Fixed capacity vane pump.

نوع با پره های چرخان و گردان نیز مطابق شکلهای نشان داده شده موجود هستند . هردو نوع از نظر هیدروستاتیکی نامتعادل هستند و بر یاتاقانهای محور دوران نیروی وارد میکنند و این باعث می شود تا در فشارهای زیر 1500 PSI مورد استفاده قرار گیرند .

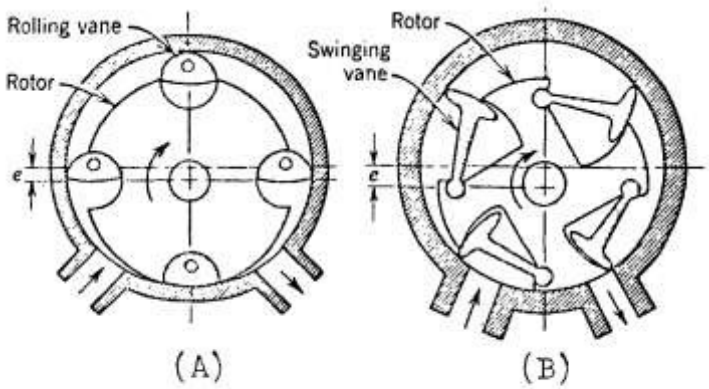


Fig. 2-8. Vane-type Hydraulic Pumps and Motors
(A) Rolling Vane, and (B) Swinging Vane

پمپ های پیستونی (Piston Pumps):

ویژگیها (مزایا) :

- دارای بالاترین توان نسبت به وزن ، در نتیجه گرانترین پمپها
- در صورت آب بندی دقیق ، دارای بالاترین راندمان و فشار تولیدی هستند
- جریان بدون ضربه و بدون نیروی جانبی روی پیستونها
- در دورهای بالای 2000 rpm کارمیکنند ، دارای طیف وسیع دبی خروجی‌اند ، برای کاربرد برای توان های بالا درحجم کوچک پمپ ، سطح پایین صدای کار پمپ وقتی جریان سیال پمپاژی خطی است ، بهره وری بهتر در سطوح قدرت بالاتر(بالای ۲۰ اسب بخار)

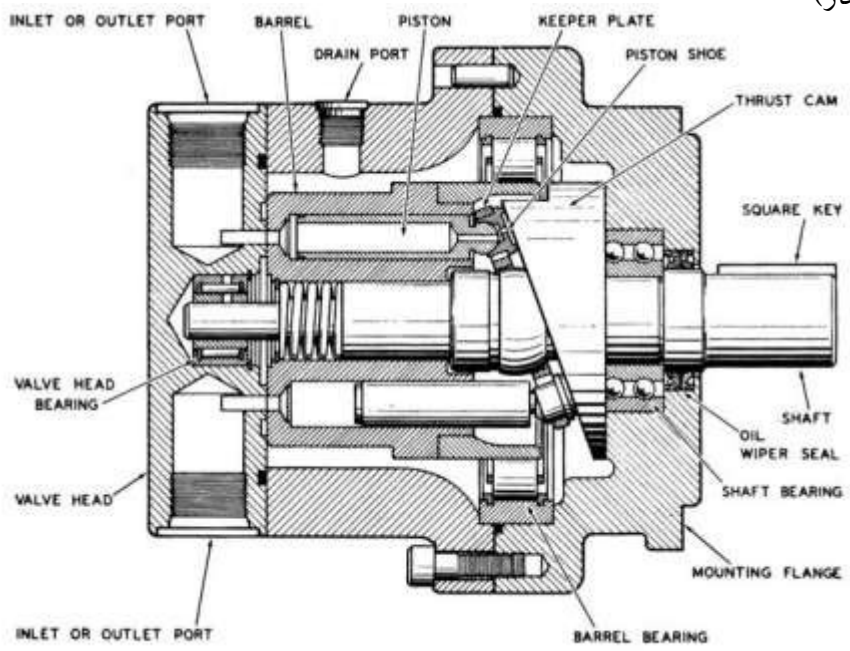


Fig. 2-10. Axial-piston Hydraulic Pump

ویژگیها (معایب)

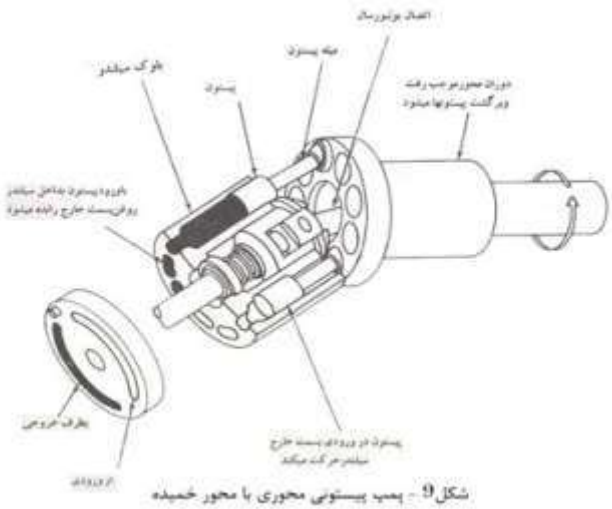
مشکل بودن تعمیر به دلیل پیچیدگی آنها .

انواع پمپهای پیستونی :Piston Pumps

الف- محوری با محور خمیده ب- محوری با صفحه زاویه گیر ج- شعاعی د- پلانجر

- **محوری با محور خمیده** Bent Axis Piston Pump

مجموعه پیستونها بر روی یک دیسکی(فلنج محور محرک) که دارای محفظه هایی است که انتهای ساچمه ای پیستونهادرداخل آنها قرار می گیرند، مونتاژ شده است که این دیسک به محور محرک وصل است . محور مرکزی بلوک سیلندر با محوردوران این دیسک زاویه دار است . پیستونها در داخل بلوک سیلندر که به‌تعداد پیستونها دارای محفظه استوانه ای می باشد قرار می گیرند ودرنتیجه با توجه به زاویه موجود بین محورمحرک ومحور بلوک سیلندر، دوران محورمحرک باعث حرکت رفت وبرگشتی پیستونها


شکل۹ - پمپ پیستونی محوری با محور خمیده