

پمپ دنده ای، الکتروپمپ دنده ای

این پمپها را به (Hydraulic Institute) پمپ های دنده ای از جمله پمپ های جابجایی مثبت هستند. موسسه هیدرولیک : این صورت تعریف می کند

این پمپ ها دارای یک پوسته بوده که در درون آنها دنده های نزدیک به یکدیگر قرار گرفته و این نوع فرارگیری باعث حرکت وانتقال سیال میگردد. حرکت اصلی این پمپ ها بصورت چرخشی بوده و رفت و برگشتی نمی باشد. در این پمپ ها به ازای هر بیشتر در معنا و مفهوم (fluid) دور چرخش، حجم محدودی از سیال جابجا میگردد. در تشریح این پمپها معمولا از واژه سیال مایع استفاده می شود. البته سیال نه تنها می تواند بعنوان یک مایع در نظر گرفته شود بلکه به مفهوم مخلوطی از مایعات، گازها، بخارات، دوغابه ها و ذرات جامد موجود در ترکیبات نیز تلقی می شود

بر اساس طرحها و نوشته های باقیمانده از قرن ۱۶ میلادی، پمپهای دنده ای یکی از (Gear pumps) پمپ های دنده ای قدیمی ترین انواع پمپ ها می باشند. این پمپ ها همچنین معروف ترین پمپ از گروه پمپ های دوار بوده و این نیز به دلیل تنوع و وسعت کاربرد این نوع پمپ ها می باشد. پمپ های دنده ای دارای دو چرخ دنده می باشند که این چرخ دنده ها در یکدیگر درگیر شده و نهایتا باعث پمپاژ سیال میگردد. از بین این دو چرخ دنده، یکی از آنها محرک بوده و باعث چرخش دیگری میگردد. تماس فیزیکی بین چرخ دنده ها باعث حرکت قسمتی از سیال بین پورت های ورودی و خروجی میگردد. لبه های شعاعی خارجی چرخ دنده ها و قسمت های کناری چرخ دنده ها باعث تشکیل قسمتی از سیال حرکتی شده که بین پورت های ورودی و خروجی اب بند شده است. مکان هندسی نقاط تماس چرخ دنده در راستای صفحات دندانه ها حرکت کرده و هنگامیکه چرخ دنده ها در طول زمان چرخش بایکدیگر درگیر شده و یا درگیر نشوند آنگاه این نقاط تماس دنده ها از دندانه ای به دندانه دیگر بصورت غیر پیوسته پرش میکنند. این دو ویژگی شناخته شده پمپهای دنده ای نسبت به پمپهای گوشواره ای است بگونه ای که در پمپهای گوشواره ای روتورها قادر به چرخاندن یکدیگر نبوده و مکان هندسی نقاط تماس سیال اب بند شده در بین بصورت کاملا پیوسته در سرتاسر سطوح شعاعی گوشواره ها حرکت می کند (lobes) گوشواره ها

تقسیم (internal gear) و پمپهای دنده داخلی (external gear) پمپهای دنده ای به دو گروه پمپهای دنده ای خارجی که دارای چرخ دنده تنظیمی بوده و یا بصورت (timed) بندی شده که پمپهای دنده بیرونی نیز می توانند بصورت تنظیم شده که فاقد چرخ دنده تنظیمی باشند. شکل زیر را ببینید (untimed) غیر تنظیمی

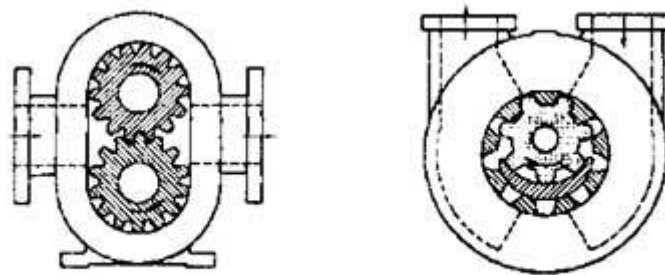


FIGURE 5 A typical external (left) and internal (right) gear pump

در پمپ های دنده خارجی، دندانه های چرخ دنده آنها در قسمت قطر بیرونی یا خارجی قرار گرفته و درگیری بین دندانه ها نیز یاتاقان ها نیز در هر دو انتهایی که چرخ دنده ها در سیال آنها قرار گرفته اند باعث در قطرهای بیرونی آنها بوجود می آید شده و (deflection) نگهداری و حفظ محور می شوند. این حالت باعث مقاومت محور در برابر خیز یا چرخش زاویه ای در نتیجه تماس بین چرخ دنده ها با دیواره پوسته از بین رفته و پمپ را قادر می سازد که در فشارهای بالاتری کار کرده و سایش کلی کمتری در کل زمان کارکرد وجود داشته باشد

از طرف دیگر پمپ های با چرخ دنده داخلی دارای یک چرخ دنده بزرگ (روتور) بوده که دندانه چرخ دنده آن در داخل و بر روی قطر اصلی آن قرار گرفته و درگیری آن با یک چرخ دنده کوچکتر که دندانه های آن بر روی قطر بیرونی اش قرار گرفته

می توانند دارای قطعه هلالی OTI و CTIO و OTO می باشد. (چرخ دنده هرزگرد). پمپ های از این نوع جهت تعریف مناطق شکل بوده و یا فاقد آن باشند.

محفظه پمپ در پمپهای دنده ای بوسیله دیواره های بدنه و جائیکه هر نقطه بالای دندانه به آن رسیده و بوسیله OTI حجم آب بند می کند تعریف می شود. سیالی که بین دندانه های چرخ دنده و دیواره های بدنه به (در هنگام ترک CTIO تله افتاده و هم از طرف محفظه ورودی و هم از طرف محفظه خروجی آب بند می شود) بسته شده در واقع همان حجم نیز بوسیله دیواره های بدنه و سطوح دندانه های چرخ دنده در بین نقاط آب بند شده (بسته شده) سیال OTO می باشد. حجم می شود. بخشی از OTO تعریف شده و در واقع این نقاط جایی هستند که هر نوک دندانه از دیواره بدنه جدا شده و وارد حجم سطوح چرخ دنده ها و یا تمامی آن با یک خلاصی کوچکی با صفحات محوری محفظه پمپ حرکت می کنند. دندانه چرخ دنده ها نیز با خلاصی نسبتاً کوچکی با یکدیگر در قسمتی که با هم درگیر می شوند حرکت میکنند. نوک چرخ دنده ها نیز با حرکت می کنند. ممکن است که OTO به OTI خلاصی کوچکی با سطوح شعاعی محفظه های پمپ حرکت آنها از حجم در هر سه منطقه بین روتورها و یا بین روتورها و استاتور نیروهایی وجود داشته باشد و لذا تعریف خلاصی های حرکتی در این رابرای هر اختلاف فشار معین و ویسکوزیته OTI و OTO بین حجم (مناطق می تواند مقدار لغزش جریان (نشستی جریان بین آنها تعیین کند.

در همه چرخ دنده های موجود در داخل پمپ، میزان گشتاور پمپ تقسیم شده و مقدار نسبی گشتاور نهایی که بوسیله هر در بین دندانه (چرخ دنده آزموده می شود در هر لحظه بوسیله مکان هندسی نقاط آب بند شده سیال (گرفتار شده از سیال گرفتار شده) به طرف مرکز چرخش چرخ دنده حرکت می (های چرخ دنده بدست می آید. هنگامیکه این سیال آب بند شده کند، آنگاه گشتاور پمپ در آن چرخ دنده افزایش می یابد و هنگامیکه این حجم از سیال از مرکز چرخش چرخ دنده فاصله بیرونی استفاده (timing gear) گرفته و دور شود آنگاه این گشتاور کاهش می یابد. هنگامی که از چرخ دنده های تنظیمی شود آنگاه این چرخ دنده ها باعث انتقال گشتاور از یک مجموعه گردنده به دیگر مجموعه میگردد. انتقال گشتاور از این طریق و یا هنگامی که سیال مورد استفاده در پمپ دارای خاصیت (در هنگامیکه پمپ بصورت خشک کار کرده (بدون سیال کار کند روانکاری کمی بوده و یا در مواردیکه سیال دارای ذرات ساینده باشد باعث میگردد که اجزای پمپ در مقابل سایش حاصله از موارد فوق محافظت شود. یک نمونه ویژه و خاص از پمپهای دنده ای در شکل زیر نشان داده شده است که به این نوع پمپ ها گفته می شود. چرخ دنده گردنده آنها یک چرخ دنده مارپیچ بوده (screw and wheel) اصطلاحاً پمپ های پیچی و چرخ می باشد. در این پمپ ها همیشه چرخ دنده (spur gear) آنها بصورت یک چرخ دنده ساده (driven) و چرخ دنده متحرک مارپیچی در حال چرخش بوده و به آن چرخ دنده قدرت یا روتور نامیده می شود. در این قبیل پمپها هیچگاه از چرخ دنده تنظیمی استفاده نمی شود.

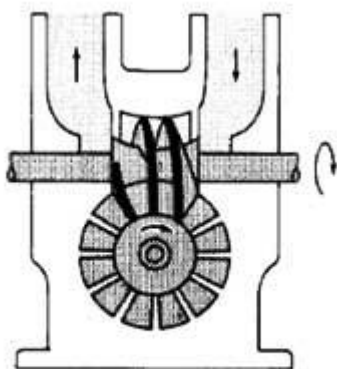


FIGURE 6 A typical screw-and-wheel pump

و فشارهایی تا (5680 lit/min) (gpm) پمپ های دنده ای از نوع چرخ دنده بیرونی می توانند جریانهای تا ۱۵۰۰ را دربرگیرند. این پمپها در هر دونوع سرویس (216000 Cst (1000000 ssu) را با ویسکوزیته های تا (34.5bar) (psi) ۵۰۰

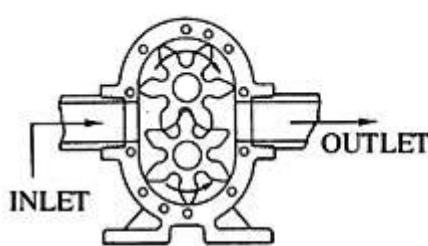
(سیالات تمیز و سیالات دارای ذرات و کثیف) ساخته شده و این پمپ ها در پالایشگاهها، مخازن، صنایع دریایی و صنایع مرتبط تا 4165 lit/min (gpm) با صنایع نفت و گاز استفاده می شوند. پمپهای چرخ دنده داخلی نیز قادرند جریانهایی تا 100 را دربر گیرند. از این پمپها معمولا در 216000 Cst (ssu) و ویسکوزیته های تا 15.5 bar (psi) فشارهای 225 انتقال سوختهای با فشار کم، رنگها و سایر مواد شیمیایی استفاده می شود.

اصول و قوانین پمپ های دنده ای (Gear Pumps Fundamentals) :

پمپ های دنده ای از جمله پمپ های جابجایی مثبت در گروه پمپ های دوار بوده که از دو یا چندین چرخ دنده که در داخل یک محفظه در نزدیک یکدیگر هستند تشکیل یافته اند. یک محرک باعث به حرکت درآوردن محوری که به یکی از دنده ها متصل گردیده شده و باعث حرکت آن می شود. این چرخ دنده نیز با توجه به اتصال دنده به دنده با چرخ دنده دیگر باعث به حرکت درآوردن چرخ دنده بعدی شده و بدین طریق توان به چرخ دنده ها منتقل می شود. هنگامی که چرخ دنده ها می چرخند در یکطرف، دندانه ها به انتهای درگیری با یکدیگر رسیده و بدین ترتیب سیکل چرخش تکرار میگردد. هنگامی که یک دندانه به خارج از فضای بین دو دندانه کشیده شد آنگاه این حالت باعث ایجاد یک خلا میگردد. چون محفظه مایع موجود در ورودی مکش پمپ با شتاب وارد پمپ شده تا بتواند این فضای خالی را پر کند به محض اینکه فضاهای بین چرخ دنده ها از به تله افتاده، تا این (Housing) مایع پر شده و مایع در این فضاهای خالی قرار گرفت آنگاه این مایع در داخل محفظه پمپ به قسمت خروجی پمپ برسد. مایع در فضای بین دندانه ها تا زمانی که به قسمت دیگر از درگیری دندانه ها برسد می ماند. سپس هنگامیکه یک دندانه از چرخ دنده دیگر به فضای بین دندانه ها وارد میگردد آنگاه در این لحظه بر روی مایع نیرویی به سمت بیرون وارد می شود. چون فضای موجود در داخل محفظه پمپ کاملا آب بند است لذا تنها جایی که این مایع که بر آن نیرو وارد شده بتواند به سمت بیرون برود قسمت خروجی پمپ می باشد. پمپ در این وضعیت همانند یک کانوایر عمل میکند بدین صورت که بسته های مایع که در بین چرخ دنده ها می باشد را برداشته و به قسمت دیگری برده و آنها را در فضای بیرون از درگیری چرخ دنده ها تخلیه می کند. پمپ های دنده ای به دو گروه اصلی طبقه بندی می شوند

(External & Internal) پمپ دنده ای خارجی و داخلی :

پمپ های دنده ای خارجی معمولا دارای دو چرخ دنده بوده که تعداد دندانه های این دو چرخ دنده با یکدیگر یکسان می باشد. پمپ های دنده ای داخلی دارای یک چرخ دنده بزرگتر بوده که دندانه های آن به سمت داخل ماشین کاری شده و این چرخ دنده با چرخ دنده کوچکتر که دارای دندانه های بیرونی است درگیر می شود. اگر چرخ دنده بزرگتر تعداد یک دندانه بیشتر از چرخ دنده کوچکتر داشته باشد آنگاه فرم دندانه ها بگونه ای میگردد که بوسیله خودشان آب بندی کامل حاصل میگردد. اگر چرخ دنده بزرگتر حداقل دو دندانه بیشتر از چرخ دنده کوچکتر داشته باشد آنگاه جهت رسیدن به آب بندی کامل در داخل محفظه پمپ در بین چرخ دنده ها قرار (Crescent-Shaped) بین دندانه ها لازمست یک قطعه هلالی شکل بگیرد تا به ایجاد یک آب بندی کامل کمک کرده باشد. اصول عملکرد همانند سایر پمپهای از این نوع بوده و مشابه آنها عمل می کنند.

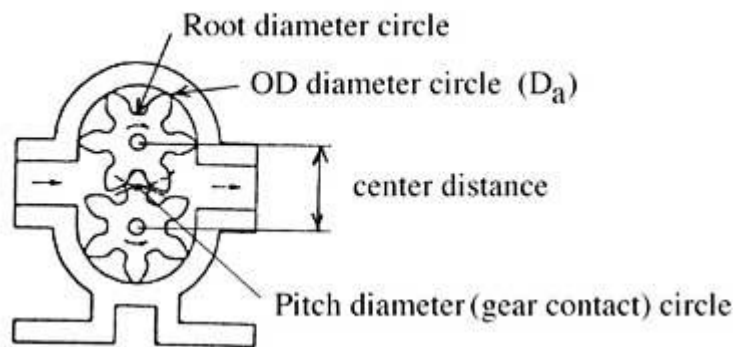


External gear



Internal gear

جابجایی سیال در یک پمپ در واقع حجم مایعی است که از فضای بین چرخ دنده ها منتقل میگردد. البته این تعریف جنبه تئوری داشته و در واقع هیچگونه اتلافی در آن در نظر گرفته نشده است. البته مقدار جابجایی در مواقعی که دندانه ها موقعیتهای مختلفی را در حین درگیری با یکدیگر با آن مواجه می شوند اندکی فرق کرده و بنابراین میزان جابجایی به ازای هر چرخش محور را نمی توان دقیقاً محاسبه کرد. هر چند که در این خصوص می توان از تقریبهای مفیدی بهره برد. بعنوان مثال اگر مساحت حفره (فضا) بین دندانه ها تقریباً برابر مساحت خود دندانه ها فرض شود (مثلاً یک حفره، یک دندانه معکوس شده باشد) آنگاه حجم جابجا شده به ازای هر دور چرخش محور برابر حجم اشغال شده بوسیله نیمی از مساحت بین سر دنده سر دنده، قسمتی از دنده که بعد از دایره گام قرار دارد و به آن ارتفاع سر دنده نیز گفته می شود) و (**Gear Addendum** : قطر پایه، ضربدر عدد ۲ (برای محاسبه برای دو چرخ دنده) و ضربدر پهنای دنده می گردد.



Addendum = radial distance from the pitch circle

and OD circle $\left(a = \frac{D_a - D_p}{4} \right)$

Dedendum = radial distance from the pitch circle

to the root circle $\left(b = \frac{D_p - D_r}{4} \right)$

$$q = \frac{\pi}{4} (D_a^2 - D_r^2) \times \frac{1}{2} \times 2 \times W (\text{in}^3/\text{rev});$$

تقسیم کنیم که در نتیجه رابطه 231 واحد دبی در رابطه فوق؟؟؟ بوده و برای تبدیل آن به ؟؟؟ کفایت مقدار دبی را بر عدد فوق به رابطه ای ساده تر بصورت زیر تبدیل میگردد

$$q = 0.0034 \times (D_a^2 - D_r^2) W,$$

where

q = displacement (gallons/revolution)

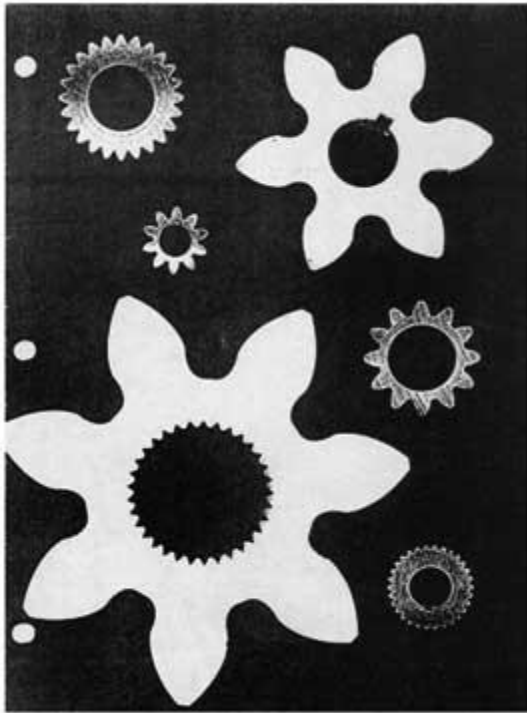
Da = gear outside diameter (inches)

Dr = gear root diameter (inches)

W = gear face width (inches).

در رابطه فوق فرض بر اینست که قطر خارجی همه چرخ دنده ها و همچنین تعداد چرخ دنده های آنها با یکدیگر برابر می در پمپ ها هنگامی مورد استفاده قرار میگیرد که بخواهیم توان انتقالی چرخ دنده ها (Addendum) باشد. ارتفاع سر دنده را با یکدیگر مقایسه کنیم. ارتفاع سر دنده باعث افزایش میزان جابجایی پمپ می گردد. چرخ دنده هایی که تعداد دندانه دندانه

کمتری دارند دارای ارتفاع سر دنده بزرگتری (در یک فاصله مرکز معین) می باشند. البته در بیشتر پمپ های دنده ای، تعداد دندانه چرخ دنده ها معمولا ۱۲ عدد و یا کمتر از آن می باشد. در شکل زیر نمونه هایی از انواع چرخ دنده ها با تعداد دندانه های متفاوت، گام های متفاوت و سایزهای متنوع نشان داده شده است.



تعداد دندانه ها در بیشتر پمپ ها ۶ عدد بوده و این به دلیل آنست که انتقال توان در بین چرخ دنده ها نسبتا آرام انجام نیز مشابه پمپهای دنده ای بوده که تعداد دندانه آن ۲ یا ۳ عدد بوده با این (Lobe Pumps) پذیرد. پمپ های گوشواره ای از چرخ دنده های تنظیمی (Driven Shaft) تفاوت که در این پمپ ها جهت انتقال توان از محرک به محرک متحرک مجزا در بیرون از مایع استفاده می شود (Timing gears).

مثال- تعیین ظرفیت یک پمپ دنده ای

:توسط یک مکانیک، اندازه های چرخ دنده یک پمپ دنده ای در داخل کارگاه به قرار زیر اندازه گیری شده است

$$D_2 = \text{Gear OD} = 3''$$

$$D_1 = \text{ID (root)} = 2''$$

$$\text{Width} = 4''$$

چه مقدار روغن را تحویل میدهد؟ 1200rpm پیش بینی کنید که این پمپ در سرعت با استفاده از رابطه ۳۷ داریم

$$q = 0.0034 \times (D_2^2 - D_1^2) W = 0.0034(3^2 - 2^2) \times 4 = 0.07 \text{ gal/rev.}$$

$$Q = q \times \text{RPM} = 0.07 \times 1200 = 80 \text{ gpm.}$$

نشستی درونی و یا لغزش (Slip) حاصل اختلاف بین جریان تئوری (سرعت \times میزان جابجایی) (وجریان واقعی و با فرض عدم وجود هرگونه کاویتاسیون تعریف میگردد. در واقع لغزش جریان در پمپ در پمپ نشستی مایع از ناحیه پرفشار در پمپ به پشت ناحیه کم فشار می باشد. در هر پمپ دنده ای تعدادی مسیرهای مجزا وجود داشته که در آنها نشستی بروز می کند. بطور کلی سه مسیر مجزا جهت بروز نشستی در پمپهای دنده ای وجود دارد که عبارتند از: 1- فضای بین انتهای چرخ دنده ها و صفحات انتهایی (Endplates) این فاصله تحت عنوان خلاصی جانبی نامیده می شود.

- 2- فضای بین سردندانہ چرخ دندہ ہا وقسمت داخلی پوستہ (این فضا تحت عنوان خلاصی شعاعی نامیدہ می شود).
- 3- فضای بین پروفایل درگیری دندانہ ہا باہم