



■ مهندس عبدالوحید کردی تودزیلی
مهندس شیفت شرکت سیمان خاش



■ ابوالفضل گلشاهی
ماشین‌کار شرکت سیمان خاش

تغییر طرح خشتی‌های ورودی به پمپ‌های فشار قوی آسیاب‌های سیمان و مواد به سیستم فلنجی در شرکت سیمان خاش

چکیده:

نحوه عملکرد در پمپ‌های دنده خارجی درون فضای مکش که به مخزن متصل است، به علت دور شدن دنده‌ها از هم، فشار افت می‌نماید و به مقدار آن از فشار اتمسفر کم می‌شود. از آنجا که مخزن روغن با محیط اطراف در ارتباط است، روغن درون مخزن با فشار اتمسفر به سمت فضای دنده‌ها رانده می‌شود. در فضای نزدیک شدن دنده‌ها حجم بین آنها کاهش می‌یابد و در نتیجه روغن با فشار از این منطقه خارج شده و به سمت مصرف کننده‌ها انتقال می‌یابد.

این مقاله با هدف معرفی پمپ‌های دنده‌ای فشار قوی و ارتقاء عملکرد و بهره‌برداری هر چه بهتر و در راستای افزایش سطح آگاهی همکاران از آن تنظیم شده است. در این مقاله سعی شده نحوه کارکرد پمپ‌های دنده‌ای فشار قوی به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین انواع پمپ‌ها در صنعت سیمان، بیان شود. همچنین این نوشته به تغییر طرح خشتی‌های ورودی به پمپ‌های فشار قوی آسیاب‌های سیمان و مواد به سیستم فلنجی در شرکت سیمان خاش با نمایش تصاویر مربوطه پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: سیمان خاش، پمپ‌های دنده خارجی، صرفه‌جویی انرژی، سیستم فلنجی.

گفته می‌شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی گرفته و به سیالی که از آن عبور می‌کند، انتقال دهد. در نتیجه انرژی سیال پس از خروج از پمپ افزایش می‌یابد. در پمپ‌ها تغییرات انرژی سیال همواره به صورت تغییر فشار سیال مشاهده

۱- مقدمه

با توجه به رشد روزافزون سیستم‌های هیدرولیکی در صنعت سیمان، وجود پمپ‌هایی با توان و فشارهای مختلف بیش از پیش مورد نیاز است. به‌طور کلی پمپ به دستگاهی

می‌گردد. از پمپ‌ها برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین و یا جابه‌جایی آن در یک سیستم لوله‌کشی و یا هیدرولیک استفاده می‌نمایند. به عبارت دیگر، پمپ دستگاهی است که سیالات غیرقابل تراکم را از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا می‌نماید. پمپ‌ها دارای انواع مختلفی هستند. در یکی از رایج‌ترین این طبقه‌بندی‌ها، بر پایه نحوه انتقال انرژی از پمپ به سیال، پمپ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

پمپ‌های دینامیکی: در این پمپ‌ها انتقال انرژی به سیال به‌طور دائمی است. انواع پمپ‌های دینامیکی عبارتند: گریز از مرکز^۱، جریان محوری^۲

پمپ‌های جابجایی مثبت: در این پمپ‌ها انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب صورت می‌پذیرد. انواع پمپ‌های جابجایی مثبت عبارتند از: رفت و برگشتی^۳ و دوار^۴

پمپ‌های دنده‌ای از دسته پمپ‌ها با جابه‌جایی مثبت است که با هر بار چرخیدن چرخ‌دنده‌ها، مقدار ثابتی از سیال را پمپ می‌کنند. این پمپ‌ها به دلیل طراحی آسان، هزینه ساخت پایین، جثه کوچک و جمع و جور در صنعت کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند. ولی از معایب این پمپ‌ها می‌توان به کاهش بازده آنها در اثر فرسایش قطعات به دلیل اصطکاک و خوردگی و در نتیجه نشست روغن در قسمت‌های داخلی آن اشاره کرد. این افت فشار بیشتر در نواحی بین دنده‌ها و پوسته و بین دنده‌ها قابل مشاهده است. پمپ دنده‌ای در دو نوع پمپ دنده خارجی و پمپ دنده داخلی ساخته می‌شوند. بر اساس طرح‌ها و نوشته‌های باقیمانده از قرن ۱۶ میلادی پمپ‌های دنده‌ای یکی از قدیمی‌ترین انواع پمپ‌ها می‌باشند. این نوع پمپ‌ها همچنین معروف‌ترین پمپ از گروه پمپ‌های دوار بوده، این نیز به دلیل تنوع و وسعت کاربرد این نوع پمپ‌ها می‌باشد. پمپ‌های دنده‌ای بسیار ارزان بوده و به نوع سیال هیدرولیک حساسیت ندارند. این پمپ‌ها در مقابل آلودگی مقاوم بوده و نیاز به طراحی‌های خاص ندارند. فشار در این سیستم‌ها بین ۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ psi می‌باشد. این ویژگی‌ها باعث شده که در تجهیزات متحرک، بیشتر از پمپ‌های دنده‌ای استفاده شود، چراکه مقاومشان در برابر آلودگی بسیار زیاد و کارایی آنها درخور توجه است.

۲- اصول کار پمپ‌های دنده‌ای

پمپ‌های دنده‌ای از دو یا چند چرخ‌دنده که در داخل یک محفظه در نزدیک یکدیگر هستند، تشکیل شده‌اند. یک محرک

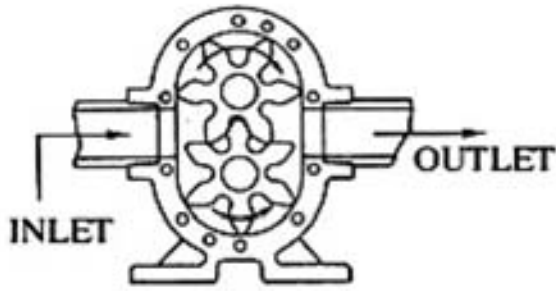
- 1- Centrifugal
- 2- Axial
- 3- Reciprocating
- 4- Rotary

باعث به حرکت درآوردن محوری که به یکی از دنده‌ها متصل گردیده شده و باعث حرکت آن می‌شود. این چرخ‌دنده نیز با توجه به اتصال دنده به دنده با چرخ‌دنده دیگر باعث به حرکت درآوردن چرخ‌دنده بعدی شده و از طریق توان به چرخ‌دنده‌ها منتقل می‌شود. هنگامی که چرخ‌دنده‌ها می‌چرخند در یک طرف، دنده‌ها به انتهای درگیری با یکدیگر رسیده و بدین ترتیب سیکل چرخش تکرار می‌گردد. هنگامی که یک دنده به خارج از فضای بین دو دنده کشیده شد، آن‌گاه این حالت باعث ایجاد یک خلأ 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 چرخ‌دنده‌ها از مایع پر شده و مایع در این فضاهای خالی قرار گرفت، آن‌گاه این مایع در داخل محفظه پمپ^۵ به تله افتاده، تا این به قسمت خروجی پمپ برسد. مایع در فضای بین دنده‌ها تا زمانی که به قسمت دیگر از درگیری دنده‌ها برسد، می‌ماند. سپس هنگامی که یک دنده از چرخ‌دنده دیگر به فضای بین دنده‌ها وارد می‌گردد، آن‌گاه در این لحظه بر روی مایع نیرویی به سمت بیرون وارد می‌شود. چون فضای موجود در داخل محفظه پمپ کاملاً آب‌بند است، لذا تنها جایی که این مایع بر آن نیرو وارد شده بتواند به سمت بیرون برود، قسمت خروجی پمپ می‌باشد. پمپ در این وضعیت همانند یک کانوایر عمل می‌کند، بدین صورت که بسته‌های مایع که در بین چرخ‌دنده‌ها می‌باشد را برداشته و به قسمت دیگری برده و آنها را در فضای بیرون از درگیری چرخ‌دنده‌ها تخلیه می‌کند. پمپ‌های دنده‌ای به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند:

۲-۱- پمپ دنده داخلی (ماه و ستاره)

نحوه عملکرد پمپ دنده‌ای داخلی^۶ به‌گونه‌ای است که سیال با وارد شدن به پمپ با حرکت چرخ‌دنده به سمت خروجی پمپ می‌شود. این نوع پمپ در عین حال که برای پمپ کردن سیالات رقیق مانند حلال‌ها، روغن‌ها و ... استفاده می‌شود، برای سیالات غلیظی چون آسفالت و چسب نیز کاربرد دارد. محدوده ویسکوزیته عملکرد پمپ دنده‌ای داخلی بسیار گسترده می‌باشد. علاوه بر محدوده وسیع ویسکوزیته در محدوده وسیع دمایی نیز خوب عمل می‌کند. از مزایای پمپ دنده‌ای داخلی عملکرد عالی پمپ در هر دو جهت، طراحی قابل انعطاف با توجه به نیاز مشتری، خروجی بدون نوسان، مناسب برای سیالات با ویسکوزیته بالا قابل ذکر می‌باشد. از معایب پمپ دنده‌ای داخلی نداشتن سرعت عملکرد بالا، محدودیت فشار متوسط و ایجاد بار زیاد بر روی شفت عنوان می‌گردد.

- 5- Housing
- 6- Internal Gear Pump



External gear



Internal gear

شکل ۱- پمپ‌های دنده‌ای

سرعت عملکرد بالا، فشار بالا، کارکرد آرام و بی سر و صدا، وارد کردن بار بسیار کمی بر روی شفت، قابلیت طراحی و ساخت با مواد گوناگون، حساسیت کم نسبت به گرد و غبار می‌باشد. معایب آن نیز عبارت است از: بوش داخل سیال یا تاقان‌ها درون سیال قرار دارند، ذرات جامد و ساینده نباید درون سیال وجود داشته باشد که باعث خوردگی چرخ‌دنده‌ها خواهد شد و لقی بسیار کم پمپ دنده‌ای خارجی (سختی در ساخت) عنوان می‌گردد. پمپ‌های دنده‌ای خارجی جهت پمپ کردن انواع روغن‌ها و روغن داغ، روان کارهای صنعتی، سوخت (گاز مایع، بنزین، گازوئیل، مازوت، نفت سیاه و ...) کاربرد دارند.

عیب ویژه در پمپ‌های دنده‌ای به برگشت سیال به دهانه مکش، نشستی داخلی گفته می‌شود. نشستی داخلی باعث کاهش دبی خروجی پمپ می‌گردد. عوامل مؤثر بر نشستی داخلی در پمپ‌های دنده‌ای عبارت است از:

- ۱- نشستی داخلی پمپ دنده‌ای رابطه مستقیمی با تفاوت فشار در خروجی و ورودی پمپ دارد.
- ۲- نشستی داخلی پمپ دنده‌ای رابطه مستقیمی میان لقی موجود در دنده‌ها و پوسته دارد؛ به عبارتی هرچه لقی بیشتر باشد، نشستی نیز بیشتر است.
- ۳- نشستی داخلی رابطه عکسی با ویسکوزیته دارد.

۳- تشریح تغییر طرح پیشنهادی

در شکل ۲ بخش‌های اصلی یک پمپ دنده‌ای با طرح دنده خارجی و در جدول ۱ مشخصات فنی آن نشان داده شده است. نظر به اینکه تعداد زیادی از این مدل پمپ‌ها در شرکت

از پمپ‌های دنده‌ای داخلی در موارد زیر استفاده می‌کنند: پمپ دنده‌ای داخلی در عین حال که جهت پمپ کردن سیالات رقیق مانند حلال‌ها، روغن‌ها و ... کاربرد دارد، برای سیالات غلیظی چون آسفالت، شکلات و قیر نیز استفاده می‌شود.

۲-۲- پمپ دنده‌ای خارجی

پمپ‌های دنده‌ای خارجی^۱ در دو نوع یک یا دو محوره با چرخ‌دنده‌های ساده و یا مارپیچ موجود می‌باشند. از نوع مارپیچ اصولاً در مواردی استفاده می‌شود که جریان آرام‌تری نسبت به چرخ‌دنده ساده می‌خواهیم و همچنین ظرفیت بالاتری از پمپ‌دنده‌ای لازم داریم. اگرچه حتی چرخ‌دنده ساده نیز جریان آرام و یکنواختی تولید می‌کند. پمپ‌های دنده خارجی غالباً جهت پمپاژ روغن در سیستم‌های انتقال قدرت، سیستم‌های هیدرولیک و ماشین‌های ابزار و ... کاربرد وسیع دارد. ظرفیت پمپ با واحد گالن در دقیقه و یا لیتر بر دقیقه بیان می‌شود. لقی بین پوسته و دنده‌ها در این‌گونه پمپ‌ها حدود ۰/۰۲۵ میلی‌متر می‌باشد. از آنجا که در پمپ‌های دنده خارجی مقدار دبی با توجه به دور و ساختمان داخلی قابل کنترل می‌باشد، لذا جهت پمپاژ مقدار دقیقی از سیالات گوناگون مانند انواع سوخت‌ها، پلیمرها، افزودنی‌های شیمیایی، اسیدها و بازها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

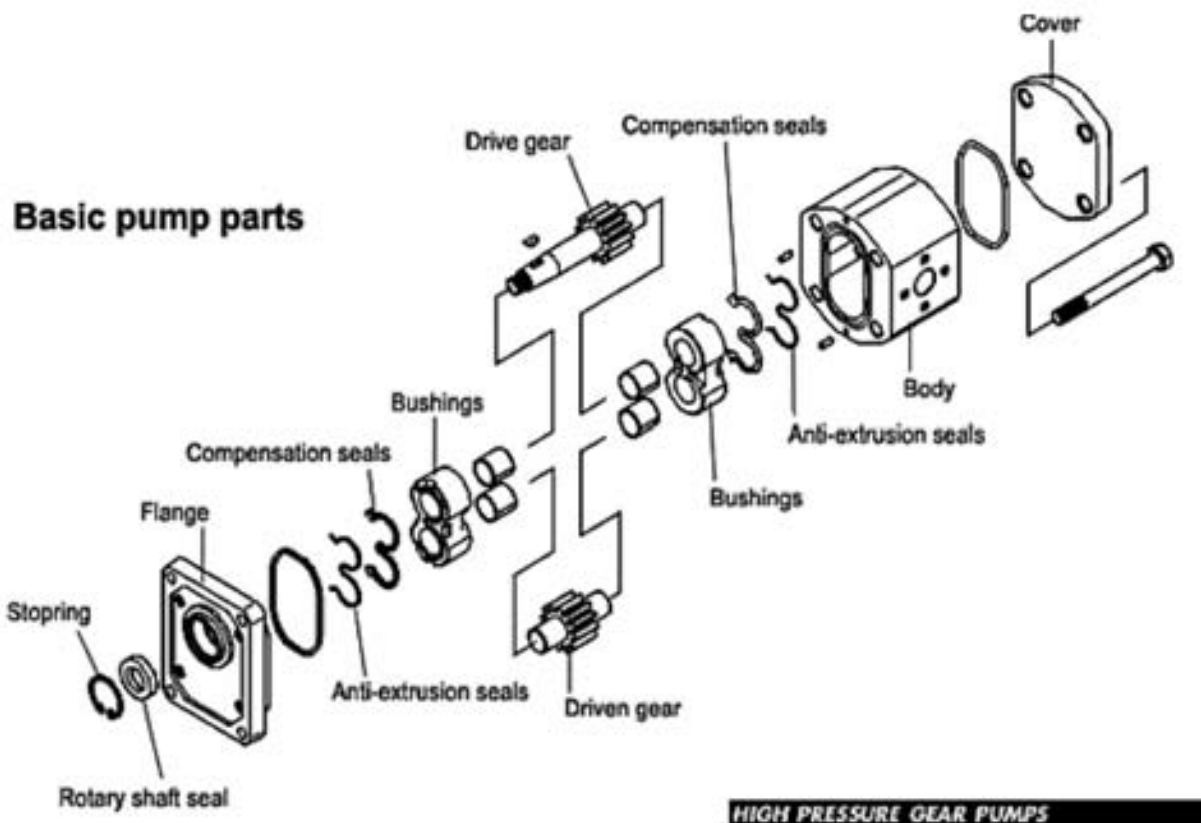
پمپ دنده‌ای خارجی دارای تلرانس اندکی می‌باشند و شافت اصلی از دو طرف ساپورت می‌شود. این موضوع باعث می‌شود حداکثر ظرفیت فشاری پمپاژ آن تا ۲۰۰ بار برسد و پمپ دنده‌ای خارجی را برای استفاده از هیدرولیک مناسب می‌کند. مزایای پمپ دنده‌ای خارجی

1- External Gear Pump

جدول ۱- مشخصات فنی پمپ دنده‌ای با طرح دنده خارجی

دبی	۹ m ³ /h
هد (فشار)	۲۲۵ bar
رنج دمای کاری	-۲۰ تا +۸۰ درجه سانتی‌گراد
دور	۱۵۰۰ d/d

سیمان خاش وجود داشت، تعمیر و نگهداری این سیستم‌ها مهم و حیاتی بود. جک پمپ‌ها از مهمترین بخش‌های مربوط به آسیاب‌های سیمان و مواد بود؛ به طوری که با افت فشار، آسیاب تریپ می‌خورد. لذا طرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت و سپس با اجرای آن در یک بخش و تجربه مزایای آن، همه جک پمپ‌های فشار قوی را تغییر طرح دادیم. شکل شماتیک تغییر طرح در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد.



شکل ۲- بخش‌های اصلی یک پمپ دنده‌ای با طرح دنده خارجی
 ۱- پوسته، ۲- فلنج نصب، ۳- شفت محرک، ۴- بلوک نصب بیرینگ، ۵- بیرینگ، ۶- دیسک‌های جبران کننده فشار هیدرواستاتیک، ۷- پورت مکش، ۸- پورت فشار، ۹- چرخ‌دنده محرک، ۱۰- چرخ‌دنده هرزگرد



شکل ۳- شماتیک تغییر طرح

معایب طرح قبل عبارت است از:

دارد.

۱- آب‌بندی قطعه مورد بحث در موقع نصب بسیار مشکل بود. آب‌بندی نامناسب دو مشکل در پمپ ایجاد می‌نمود:

۱- راه‌اندازی خط تولید در کمترین زمان

۲- صرفه‌جویی و کاهش هزینه

الف- سبب ورود هوای اضافی به سیستم و در نتیجه با افت فشار مواجه بودیم.

ب- مقداری نشستی روغن داشتیم؛ با نفوذ روغن به سازه بتنی و تخریب بتن، هزینه گزافی به شرکت تحمیل می‌گردید و همچنین مجبور بودیم تانک روغن را هر چند وقت یکبار شارژ کنیم.

۲- قطعه مورد بحث از لحاظ وزنی سنگین‌تر از قطعه ساخته شده بود.

۴- نتیجه‌گیری

آنچه مسلم است این‌که با به خدمت گرفتن این طرح در صنعت سیمان در بحث انرژی و تولید اثر مثبتی خواهیم داشت؛ به طوری‌که با کاهش توقفات ناخواسته ناشی از افت فشار، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و در نهایت کاهش قیمت تمام شده محصول به این صنعت کمک خواهد کرد.

استفاده از این طرح در کارخانه سیمان خاش در بحث کاهش توقفات خط تولید و کاهش هزینه‌ها تاثیر به‌سزایی داشته است. تجزیه و تحلیل طراحی و ساخت و استفاده فلنچ‌ها برای جک پمپ‌های فشار قوی آسیاب‌های سیمان و مواد موجود در شرکت سیمان خاش با موفقیت انجام شد. این کار چشم‌انداز خوبی برای طراحی و ساخت اجزای کوچک در شرکت سیمان خاش بود. باور داریم که با انتقال فناوری می‌توان به صنعت کشور خدمت کرد. شایان ذکر است این قطعه در سایت کارخانه و با ماشین‌کاری ساخته شده است.

با توجه به مشکلات بالا تصمیم بر آن شد که در طراحی قطعه مذکور به لحاظ ساخت، تغییراتی اعمال شود. با تغییر سیستم ورودی و خروجی از حالت خشتی به حالت فلنجی، موانع و مشکلات به‌شرح ذیل برطرف گردید:

۱- قطعه ساخته شده جدید از لحاظ آب‌بندی دارای شرایط بسیار مناسب‌تری است، یعنی در طرح جدید افت فشار و نشستی روغن نداریم.

۲- از لحاظ وزنی قطعه ساخته شده بسیار سبک‌تر از طرح قدیمی می‌باشد.

۳- قطعه ساخته شده‌ی جدید از لحاظ شرایط نصب در محل دارای شرایط بهتری است و به آسانی و با سرعت بیشتری نصب می‌شود.

۴- در طرح قبلی برای هر بار تعویض پمپ جای سوراخ‌های نصب خشتی روی پمپ جدید باید اصلاح می‌شد، در صورتی‌که در طرح جدید نیاز به هیچ‌گونه جابه‌جایی سوراخ‌ها نداریم.

۵- با نصب یک اورینگ ۴ میلی‌متری از نشست روغن جلوگیری می‌شود.

۶- جهت ساخت قطعه به مدت زمان بسیار کوتاه‌تری نیاز می‌باشد، از لحاظ ساخت ۱/۳ نفر ساعت زمان نیاز

منابع:

- ۱- مهدی نصر آزادانی، جزوه آموزشی پمپ‌ها، اداره آموزش شرکت پالایش نفت اصفهان
- ۲- محسن میرزایی، مبانی پمپ‌ها
- ۳- هیدرودینامیک پمپ‌ها، کریستوفر ارلز برنن، جولای ۱۹۹۴
- ۴- آرشیو دفتر فنی شرکت سیمان خاش

5- Pump Handbook, Lgor J. Karassik, McGraw-Hill, third edition

6- Design of piping System, M. W. Kellog company