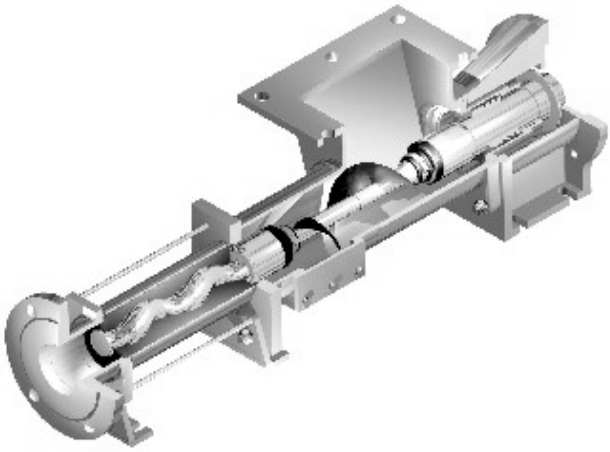
مونو پمپ

مونو پمپ یکی از انواع پمپ های جابجایی مثبت است که با نام "پمپ مارپیچی خارج از مرکز" یا "پمپ با حفره پیش رونده" نیز شناخته می شود.
این پمپ در دهه ۱۹۳۰ بوسیله ***رنه مونو*** اختراع شد که شامل روتور (بخش گردنده فلزی)، مارپیچی دنده ای با گام های درشت است که دنده هایی عمیق و هسته ای باریک دارد. گام های روتور نصف گام های استاتور است. روتور داخل استاتور می چرخد و این چرخش حفره های تشکیل می دهد که از سمت مکش به سمت رانش پمپ انتقال می یابند و بدین ترتیب مایع پمپ شونده منتقل می شود. نبود نشت بین مارپیچ های روتور و استاتور باعث می شود که سیال بطور ثابت و با دبی متناسب با سرعت دورانی پمپ، جریان یابد. برای اینکه، بین مراحل مختلف نشت نباشد، باید یک حفره بسته وجود داشته باشد. این حفره بسته بوسیله دو مقطع روتور که هر کدام با یک مقطع روی استاتور مرتبط هستند، بوجود می آید. روتور حرکتی ترکیبی دارد، یعنی ابتدا دوران حول محور اصلی و سپس دوران خارج از مرکز محور اصلی حول محور استاتور. در شکل ۱ نمونه ای از مونو پمپ نشان داده شده است.



شکل ۱: نمونه ای از مونوپمپ

گنجایش تئوری (دبی تئوریک) یک مونو پمپ با فرمول زیر بدست می آید:

$$Q_{TH} = 4\ e.d.\ 2\ s.n$$

در این فرمول:

Q_{TH} = دبی تئوریک

e = میزان خروج از مرکز روتور

d = قطر روتور

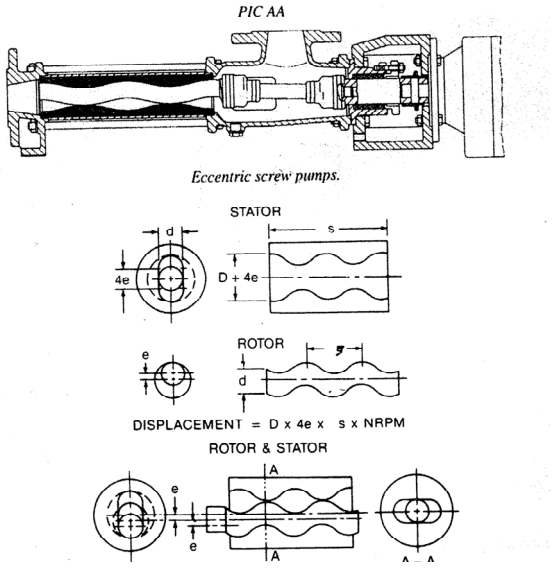
s = طول گام مارپیچ روتور

n = دور موتور (برحسب دور بر دقیقه)

در ۲۰ سال اخیر، تمایل به استفاده از پمپ هایی با قطر روتور کمتر و خطوط نشت بند بلندتر برای کاهش فرسایش و افزایش بازدهی بیشتر شده است. بعضی از شرکت های سازنده با طراحی ویژه روتور / استاتور، در کنار حفظ قابلیت ظرفیت فشار، با کاهش سرعت پس و پیش رفتن خروج از مرکز و افزایش طول خطوط نشت بندی که خطوط جریان را مستقیم تر می کند، به موفقیت های چشمگیری دست یافته اند. بعلاوه به دلیل کاربرد پمپ هایی با قطر روتور کمتر و خروج از مرکز کوچکتر، نیروهای محوری بر مفصل ها و یاتاقان ها نیز کاهش یافته است.

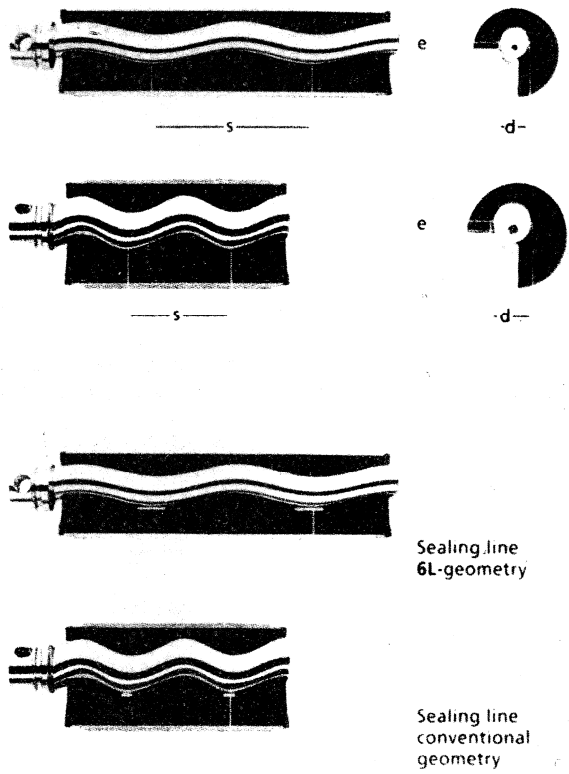
همچنین گام هایی نیز به سوی طراحی پمپ بلوکی برداشته شده است که نتایج زیر را در پی دارد:

- ✓ صرفه جویی در فضا
- ✓ کاهش تعداد اجزا و مفصل های اتصال محور به یکدیگر (برای جایگزینی یک روتور واحد با تعدادی اجزای چرخنده)
- ✓ سادگی دمونتاژ و تعمیر و نگهداری پمپ



شکل ۱ نمونه ای از مونو پمپ

نمونه ای از این دو طراحی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ نمونه ای از دو طرح روتور/استاتور و پمپ بلوکی

در مثال، دبی تئوریک هر دو پمپ مشابه است زیرا کوچکتر بودن خروج از مرکز و قطر روتور با افزایش طول گام جبران شده است. هر دو طرح در سرعت های برابر دبی تئوریک یکسانی ایجاد می کنند.

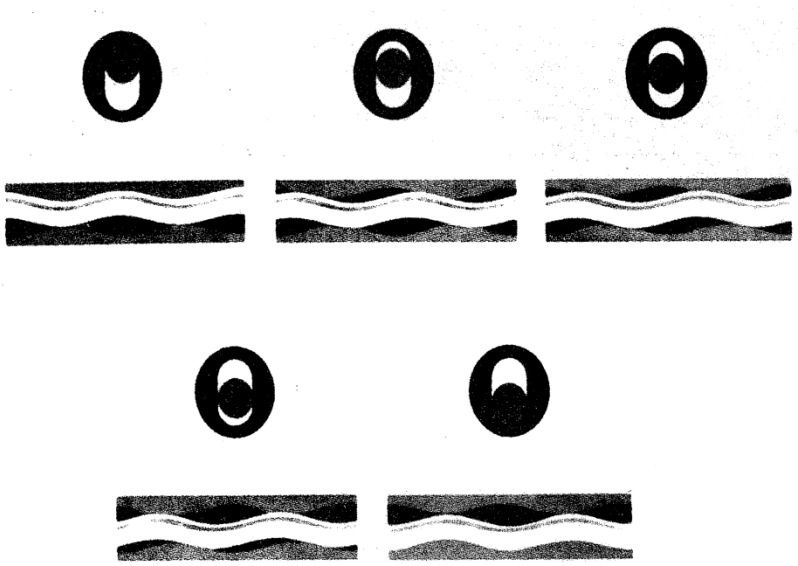
رفتار حفره در ۱۸۰ درجه چرخش روتور در شکل ۳ نشان داده شده است.

فشار لیفت روتور و استاتور با توجه به نوع سیال پمپ شونده و سرعت چرخش روتور و بطور دقیقتر با سرعت لغزش V روتور تعیین می شود که با فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$V_{max} = TT.n.(d+4e)$$

سرعت بالا و پایین رفتن خروج از مرکز در پمپ های جدید با قطر روتور کمتر و پیکربندی درازتر در مقایسه با پمپ های قدیمی در سرعت دورانی یکسان ۲۰ درصد کمتر است که موجب طول عمر بیشتر اجزای روتور و استاتور، که اصلی ترین بخش های فرسوده شونده هستند، می شود. طولانی تر بودن خطوط نشت بند به ویژه در سرعت های کمتر و فشارهای بالاتر باعث بهبود بازدهی حجمی می شود.

با توجه به اینکه بارهای محوری تابع مستقیم اعمال شده بر سطح مقطع روتور هستند، طراحی سنتی به دلیل قطر روتور بزرگتر می تواند تا ۵۰ درصد بار محوری بیشتر به مفاصل وارد کند.



شکل ۳ رفتار حفره در ۱۸۰ درجه چرخش روتور

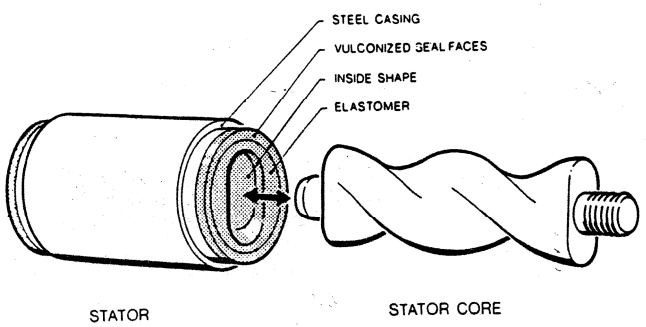
روتورها

مونو پمپ ها در سالیان متوالی هم از نظر کیفیت مواد و هم از نظر طراحی توسعه یافته اند.
در روتور مونو پمپ ها صاف بودن بیشتر سطح روتور علاوه بر افزایش عمر قطعات باعث کاهش گشتاور راه اندازی و چرخش، بهبود حرکت های مکانیکی و جریان های هیدرولیکی و کارکرد نرمتر می شود.
در مورد مایعات ساینده از پوشش کرومیک سطوح استفاده می شود.
یکی از روش های نوین روش الکترولیت داکتیل است که پوشش بدون شکاف و غیر متخلخل ایجاد می کند که با فلز پایه ترکیب می شود و از پوسته شدت و از جا بلند شدن پوشش- که مشکل متداول پوشش های استاندارد کروم است- جلوگیری می کند.

استاتورها

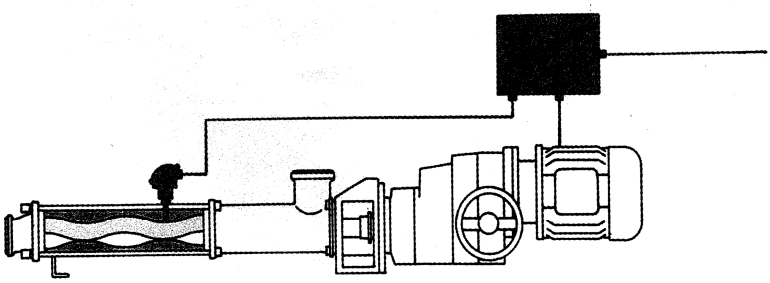
استاتور مونو پمپ ها یا به اندازه طول مورد نیاز و یا بصورت لوله های طویل که به اندازه دلخواه برش می خورند، ساخته می شوند. نوع دیگری از استاتور شامل دو قطعه است. محفظه استاتور بطور معمول از فولاد ساخته می شود و الاستومر – که شیارهایی در داخل و نشت بندی در دو

انتها دارد- به محفظه متصل می شود. شکل داخلی الاستومر بوسیله هسته ای فلزی که قبل از ولکانیزاسیون در مرکز استاتور قرار می گیرد، ایجاد می شود (شکل ۴).
این نوع استاتورها در دو انتها ابعاد کیپ تری دارند.
محدوده وسیعی از الاستومرها برای کاربردهای مختلف پمپ ها استفاده می شوند از جمله: لاستیک های طبیعی با سختی های متفاوت و کیفیت ویژه از نظر مقاومت در برابر سایش، لاستیک های مصنوعی با ترکیبات متفاوت، پلاستیک ها مانند PTFE، PTFE اشباع، نایلون، پلی پروپیلن و همچنین محدوده وسیعی از فلزات مانند چدن، برنز، فولاد، کروم-نیکل-مولیبدن و آلیاژهای مخصوص.



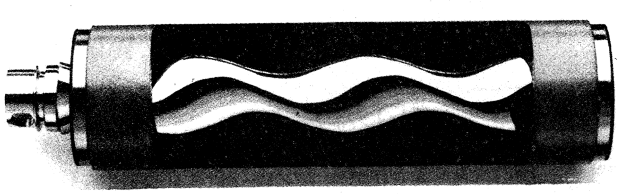
شکل ۴ روش ساخت استاتور

فشار خروجی از سه تا ۱۶۰ بار قابل دستیابی است. ظرفیت فشاری پمپ به تعداد طبقات آن بستگی دارد. خطوط نشت بند در محل تماس روتور و استاتور تشکیل می شوند. در طول هر گام استاتور مجموعه ای کامل از خطوط نشت بند تشکیل می شوند که یک طبقه را می سازند. بنابراین یک زوج روتور/استاتور در طول یک گام استاتور، یک طبقه را تشکیل می دهد و به همین ترتیب یک زوج روتور/استاتور در طول دو گام استاتور، دو طبقه را تشکیل می دهند و ... . میزان فشار بیش از شش بار به ازای هر طبقه می تواند منجر به فرسایش بیش از اندازه، خرابی زودرس یا شکستگی قطعات پمپ شود.
معیوب شدن استاتور در اثر خشک کار کردن می تواند در اثر نبود اثر روانکاری سیال پمپ شونده باشد که منجر به اصطکاک و دمای بیش از اندازه روی سطح الاستومر استاتور خواهد شد. خسارات ناشی از خشک کارکردن، متداول ترین دلیل از کار افتادگی مونو پمپ ها هستند. برای اطمینان می توان برای نشان دادن دمای محل تماس روتور و استاتور وسیله ای نصب کرد تا از پمپ در برابر خشک کارکردن محافظت کند (شکل ۵).



شکل ۵ ابزار سنجش دمای محل تماس روتور و استاتور جهت جلوگیری از خشک کارکردن مونو پمپ

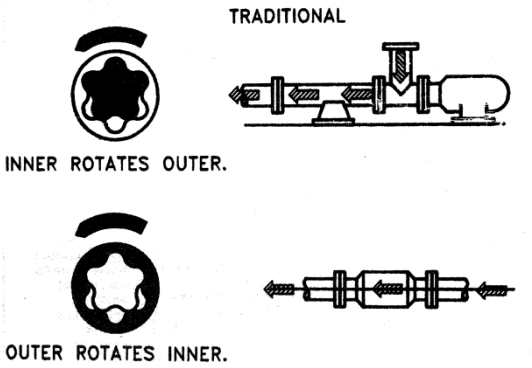
پیشرفت فناوری و گسترش کاربرد مونو پمپ ها در چند سال اخیر بسیار مشهود بوده است و این روند همچنان ادامه دارد، چنان که نسل بعدی مونو پمپ ها کاربردهای متنوع تری نسبت به نسل قبلی خواهد داشت. این نوع مونو پمپ ها که در ساختمان آنها از جدیدترین روتورهای دو راهه و استاتورهای سه راهه استفاده شده است، در شکل های ۶، ۷ نشان داده شده اند.
ایده ای جالب که در فناوری مونو پمپ ها توسعه یافته عبارت است از، گذاردن اجزای پمپ کننده و سایر قطعات داخل محرک پمپ و ایجاد یک ابزار انتقال خطی (مکش و رانش در راستای یک خط) (شکل های ۹ و ۱۰). در اینجا جایگزینی قطعات با استفاده از محور های تو خالی دو نیمه امکان پذیر می باشد.



شکل ۶ مقطع یک مونو پمپ که شامل روتور دو راهه و استاتور سه راهه است

شکل ۷ روتور دو راهه

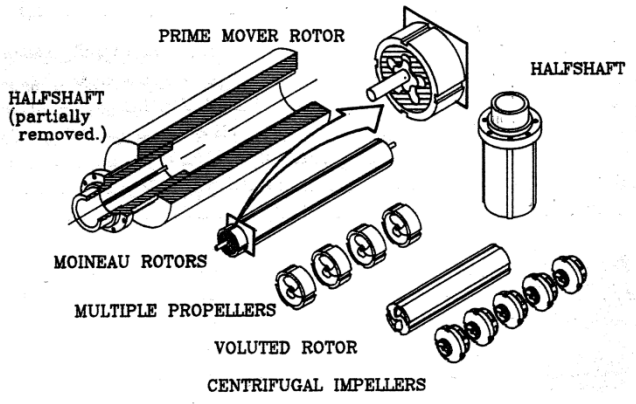
مونو پمپ ها در بیشتر صنایع به ویژه صنایع شیمیایی بکار می روند. این نوع پمپ ها در موارد زیر کاربرد دارند:
تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی، فناوری های زیست محیطی، صنایع غذایی و آب آشامیدنی، پالایش سیالات، پرورش ماهی، صنایع دارویی و آرایشی، تولید رنگ و وارنیش، تولید کاغذ، صنایع نیشکر، صنایع سرامیک، صنایع پلاستیک، معدنکاری، ساخت کشتی، پمپاژ ساحلی و دریایی، کشاورزی، سیرکولاسیون و انتقال سیالات (جدول ۱).



شکل ۹ استفاده از مونو پمپ به عنوان یک ابزار انتقال خطی

مهمترین کاربرد مونو پمپ ها: سیالات لزج

مونو پمپ ها برای محدوده وسیعی از سیالات لزج کاربرد دارند. پمپ های گریز از مرکز و توربینی به طور طبیعی برای سیالات کم لزجت استفاده می شوند و برش چشمگیری بر سیال پمپ شونده وارد می کنند. مونو پمپ ها به دلیل نرخ برش پایین برای سیالاتی با لزجت خیلی پایین مانند خون که در برابر برش حساسیت دارند استفاده می شوند.
لزجت سیال باید در دمای پمپاژ محاسبه شود، چون لزجت سیالات با دما تغییر می کند. لزجت بیشتر سیالات با افزایش دما، کاهش می یابد. لزجت سیال بر سرعت ماکزیمم پمپ، NPSH مورد نیاز، بازدهی حجمی و توان مورد نیاز پمپ تاثیر می گذارند.
پمپاژ موفق سیالات لزج نیاز به در نظر گرفتن طراحی سیستم و همچنین ویژگی های سیال دارد. خواص مورد نظر بعضی از سیالات مانند پلیمرها وقتی که در معرض برش بیش از اندازه قرار می گیرند، تغییر می کنند. از این رو ضروری است که محدودیت های سیالات خاص شناخته شود و متناسب با آن، اندازه پمپ و خط لوله در راستای کاهش نرخ برش تعیین شود.



شکل ۱۰ اجزای ابزار انتقال جرم

معیار انتخاب

فرایند انتخاب مونو پمپ ها عبارت است از: تعیین اندازه و تعداد مراحل برای فراهم کردن شرایط مساعد برای سیال و یافتن محرکی با اندازه مناسب برای تامین توان مورد نیاز پمپ.

بنابراین پیش از انتخاب پمپ بیشترین اطلاعات درباره نوع سیال و کاربرد پمپ باید جمع آوری شود. یک پمپ تنها بر مبنای دبی و فشار می تواند انتخاب گردد اما ویژگی های سیال مانند لزجت، ساینده‌گی، اندازه بزرگترین ذرات جامد، میزان ذرات، شرایط مکش و دما تاثیر زیادی بر انتخاب پمپ دارند.