

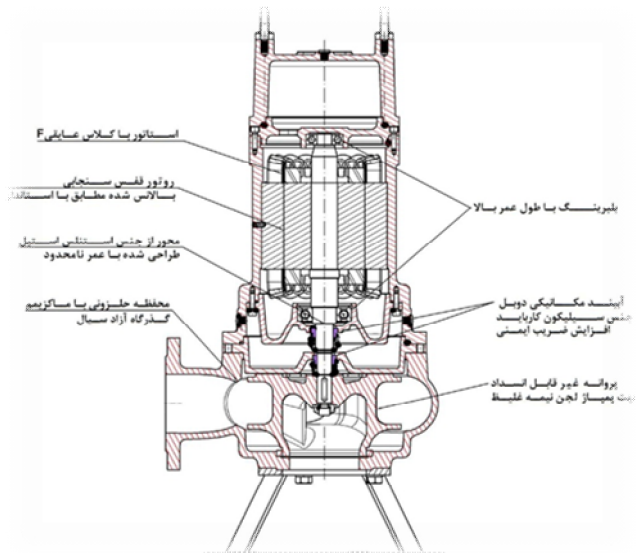
پمپ های مستغرق فاضلابی

مقدمه

پمپ های مستغرق فاضلابی جزو رده پمپ های سانتریفوژ می باشند. این پمپ ها به دلیل مستغرق بودن در سیال، به جز در موارد خاص، مشکلات ناشی از بروز کاویتاسیون را ندارند و در هنگام راه اندازی نیازی به پرایم کردن ندارند. گاهی به این پمپ ها لجن کش کف کش و یا شناور فاضلابی نیز گفته می شود.

نحوه عمل پمپ های مستغرق فاضلابی

این پمپ ها از قسمت انتهایی مکش می کنند. محور پمپ و موتور به صورت یکپارچه می باشد و در اصطلاح close coupl می باشند که در شکل زیر اجزای این پمپ نشان داده شده است.



پمپ مستغرق فاضلابی ساخت شرکت آریا سپهر کیهان

سیستم انتقال قدرت در این پمپ ها تشکیل شده است از یک روتور قفس سنجابی و استاتور سیم پیچی شده (همانند الکتروموتور های القایی آسنکرون با مولد برق AC) و محور که قطعاتی مانند بلبرینگ بالایی، بلبرینگ پایینی، مکانیکال سیل سمت موتور ، مکانیکال سیل سمت پمپ و پروانه بروی آن قرار می گیرند.

همزمان با القای میدان مغناطیسی در سیم پیچ های استاتور و انتقال آن به موتور، محور شروع به چرخش می کند و پروانه پمپ در قسمت انتهای محور با سرعتی برابر با سرعت محور به گردش در می آید و عمل پمپاژ صورت می گیرد. جهت آبیندی پمپ از دو عدد مکانیکال سیل استفاده می گردد. روانکاری مکانیکال سیل سمت پمپ با سیال پمپ شونده و روانکاری مکانیکال سیل بالایی(سمت موتور) توسط روغن یا پارافین صورت می گیرد. روغن یا پارافین درون محفظه میانی از طریق درگاه های مربوطه ریخته می شود. جهت جلوگیری از آسیب الکتروموتور بسته به توان و سایز پمپ از سنسورهای محافظتی استفاده می شود. از آنجا که کل مجموعه الکتروپمپ داخل سیال قرار می گیرد ممکن است به دلایل غیر معمول رطوبت و یا آب به داخل محفظه الکتروموتور نفوذ نماید. معمولا استفاده از الکتروهای تشخیص آب و رطوبت در این پمپ ها متداول می باشد. سنسور ها و الکتروهای دیگری نیز برای محافظت از افزایش دمای سیم پیچ الکتروموتور یا بلبرینگ ها و یا خرابی مکانیکال سیل ها در این پمپ ها مورد استفاده قرار می گیرد.

ترمینال کابل این پمپ ها معمولا در قسمت بالایی الکتروپمپ (درپوش ترمینال) قرار دارد. برای تمامی پمپ های ساخت این شرکت کابل فرمان و قدرت به صورت جداگانه در دسترس می باشد. کابل قدرت و سر سیم بندی آن به گونه ای می باشد که امکان راه اندازی ستاره و مثلث وجود داشته باشد.

استاتور در محفظه الکتروموتور پرس می گردد و آبیندی سایر قسمت ها به گونه ای است که امکان نفوذ و نشت آب به داخل کل مجموعه الکتروپمپ غیر ممکن باشد. تمامی قسمت ها در هر مرحله از تولید و مونتاژ با فشار ۱/۵ بار تست نشستی می گردد. درجه حفاظت این پمپ ها IP 68 می باشد.

کاربرد در صنایع

کاربرد این پمپ ها عموما در موارد زیر می باشد:

۱. انتقال فاضلاب و پساب (شهری، صنعتی، بهداشتی)
۲. تصفیه خانه ها
۳. جمع آوری و انتقال آب های سطحی
۴. آبیگری و دفع پساب در مراکز صنعتی
۵. انتقال لجن های رقیق، نیمه غلیظ و غلیظ

از دیدگاه رئولوژی این پمپ ها برای تمامی لجن هایی که خواص نیوتونی داشته باشند قابل کاربرد می باشند. اگرچه طراحی پروانه و گذر گاه های هیدرولیکی سیال برای انتقال لجن های رقیق و بسیار غلیظ کاملا متفاوت می باشد.

از دیگر کاربرد های این پمپ ها می توان در معادن، تونل سازی و ساخت خطوط زیر زمینی جهت تخلیه آب های سطحی اشاره نمود.

از این پمپ ها به ندرت در موارد زیر استفاده می گردد. اگرچه با ایجاد تجهیزات خاص کاربرد آنها کاملا امکان پذیر می باشد.

۱. مکش آب دریا
۲. انتقال اسید ها و محلول های شیمیایی
۳. انتقال سیالات با دمای بیش از ۶۰ درجه سانتی گراد
۴. پمپاژ سیالات هیدروکربنی

اجزا و ملاحظات طراحی

تقریباً تمامی پمپ های مستغرق فاضلابی اجزا و طراحی های مشابهی دارند. تفاوت عمده سازندگان در کیفیت تولید و مونتاژ و استفاده از مواد با کیفیت بالا می باشد.

پوسته پمپ

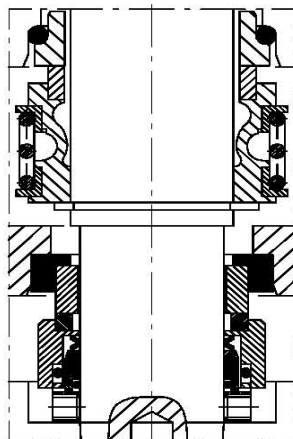
پوسته پمپ یا همان حلزونی وظیفه جمع آوری، هدایت و افزایش فشار مانومتریک سیال خروجی از پروانه پمپ را دارد. معمولاً پوسته پمپ به گونه ای طراحی می گردد تا حداکثر گذرگاه آزاد (Free passage) سیال بدست آید. منظور از گذرگاه آزاد، مقدار فضایی است که ذرات جامد امکان عبور از آن را دارد. این گذرگاه معمولاً به صورت قطر دایره و یا طول و عرض بیان می شود. گذرگاه آزاد بزرگ امکان می دهد ذرات جامد بزرگتری از پمپ عبور نماید و همزمان امکان انسداد پروانه و پوسته پمپ کاهش می یابد. در شکل زیر مقطع حلزونی یک پمپ فاضلابی مدل نشان داده شده است. پوسته پمپ به صورت یک تکه ریخته گری می شود و معمولاً از موادی مانند: چدن خاکستری (GG 25)، داکتیل (GGG 40) و یا استنلس استیل ۳۱۶ یا ۳۰۴ ساخته می شود.

محور (Shaft)

همانگونه که قبلا بیان شد محور پمپ و الکتروموتور به صورت یکپارچه می باشد و معمولا متریال محور از فولاد های ضد زنگ با حداقل ۱۲٪ کروم (مانند 1.4021) انتخاب می گردد. انتخاب محور از فولاد های ضدزنگ علاوه بر افزایش طول عمر و استحکام محور از زنگ زدگی محور بر اثر تماس با فاضلاب جلوگیری می کند. روتور بر روی محور پرس می گردد و پس از انجام عملیات ماشین کاری و سنگ زنی، مجموعه روتور و محور(روتور کامل) بالانس دینامیکی می شود. بالانس دینامیکی با دستگاه مخصوص و در نزدیکی دورنامی روتور انجام می گیرد. اگرچه از لحاظ تئوری سرعت چرخش روتور تاثیری بر میزان نا بالانسی روتور ندارد اما به منظور ایجاد شرایط واقعی روتور، معمولا بالانس در حوالی دورنامی روتور انجام می گیرد. بالانس مجموعه روتور و محور مطابق ISO 1940.1 با گرید G 2.5 انجام می گیرد.

آببندی محور

آببندی محور در این پمپ ها به صورت مکانیکی(مکانیکال سیل) می باشد. در این پمپ ها از دو عدد مکانیکال سیل استفاده می شود. مکانیکال سیل ها به صورت متقابل بر روی محور قرار می گیرند. مکانیکال سیل سمت پمپ با سیال پمپ شونده روانکاری می گردد و مکانیکال سیل سمت موتور با روغن یا پارافین روانکاری و خنک کاری می شود. وجود دو عدد مکانیکال سیل باعث افزایش ضریب ایمنی و افزایش طول عمر پمپ می شود. معمولا در این پمپ ها جنس قطعات الاستوری مکانیکال سیل از NBR ، فیس های متحرک و ثابت از جنس سیلیکون کارباید و قطعات فلزی از استنلس استیل انتخاب می گردند.



در شکل مقابل یک نمونه آببند مکانیکی نشان داده شده است.

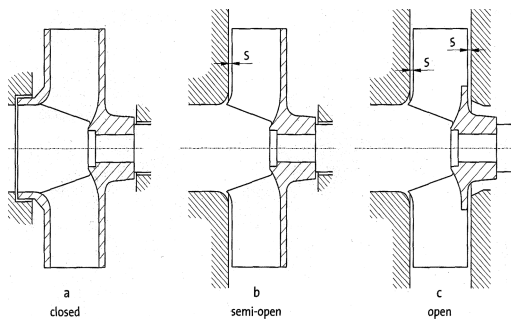
لازم به ذکر است در برخی از مدل های پمپ های مستغرق و بخصوص موتور پمپ های شناور، سازندگان از سیم پیچ هایی با روکش پلاستیکی و پلیمری استفاده نموده و داخل پوسته موتور را با آب پر می کنند و در واقع داخل الکتروموتور و دور سیم پیچ ها را آب فرا می گیرد. این عمل باعث حذف مکانیکال سیل شده و بجای آن از یک کاسه نمداستفاده می گردد و نیز باعث تسهیل در عمل خنک کاری الکتروموتور هنگام کار می گردد.

طرح های متداول پروانه در پمپ های فاضلابی

پروانه های پمپ های فاضلابی با توجه به کاربردها در طرح های گوناگون طراحی و ساخته می شوند. این پروانه ها در رده های زیر طبقه بندی می شوند:

- راهگاه آزاد
- تک کاناله
- دو کاناله
- سه یا چهار کاناله
- گردابی

همچنین پروانه ها بر مبنای نوع آنها نیز طبقه بندی می شوند. مانند پروانه های باز، نیمه باز یا بسته (شکل ۱). پروانه های باز و نیمه باز برای کارکرد به لقی مجاز کمی بین پروانه و محفظه پمپ نیاز دارند (نزدیک به ۰/۵ میلی متر). در این پروانه ها ساییش بشدت بر راندمان اثر می گذارد و با افزایش لقی مجاز، راندمان بطور چشمگیری کاهش می یابد. در شکل (۲) اثرات ساییش روی پمپ هایی با پروانه های باز و نیمه باز و بسته نشان داده شده است. همچنین، پروانه های باز و نیمه باز در معرض گیر کردن مواد جامد بین پروانه و صفحه مکش هستند که یا کارکرد پمپ را مختل می کنند و یا آن را متوقف می کنند.



شکل (۱) - طرح های مختلف پروانه

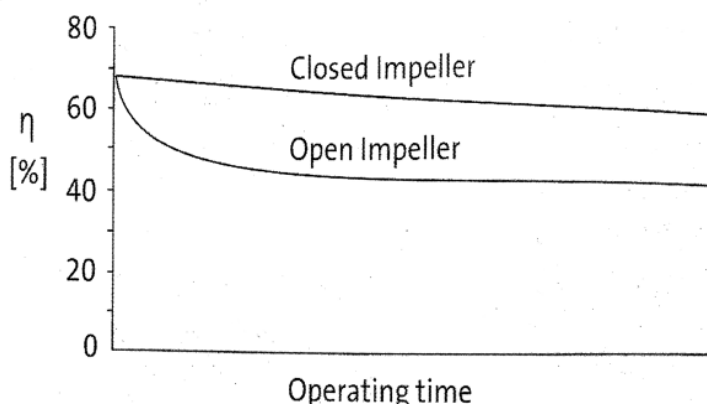
پروانه های بسته در دو طرف پره ها جدار دارند، در حالی که پروانه های نیمه باز تنها یک جدار در پشت پروانه دارند. پروانه های باز یک توپی پره دارند که برای کارکرد، در لقی مجاز نسبتاً کمی نسبت به محفظه قرار می گیرند.

پروانه های پمپ های فاضلابی

در پمپ های فاضلابی برای جلوگیری از انسداد پمپ، پروانه های خاصی طراحی و ساخته شده اند. اینها شامل پروانه های تک کاناله، پروانه های دو کاناله و پروانه های گردابی می باشند. اصول طراحی این ها در شکل (۳) نشان داده شده است. در پمپ های فاضلابی خیلی بزرگ، ممکن است از پروانه هایی با چند کانال استفاده شود.

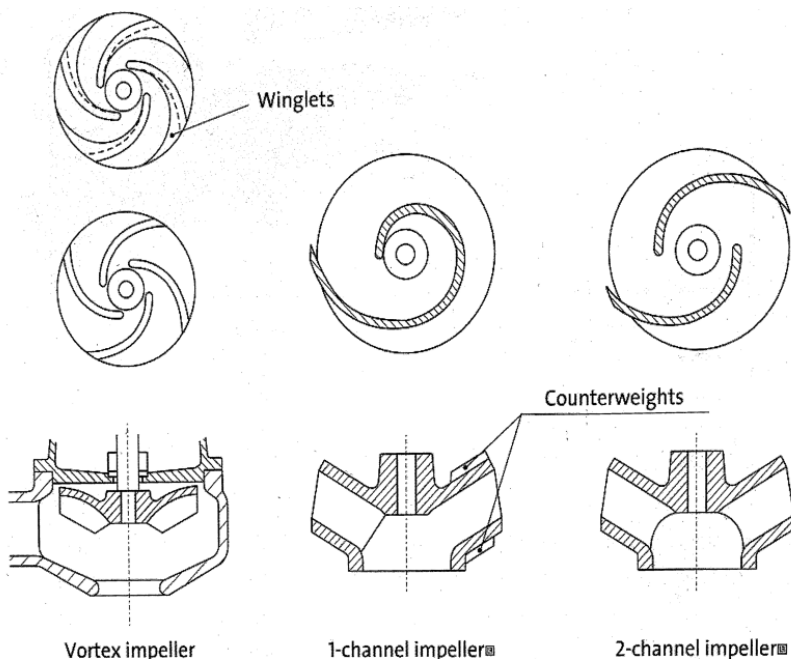
راهگاه آزاد^۱

مفهوم راهگاه آزاد ارتباط خاصی با پمپ های فاضلابی دارد. این مفهوم بیانگر توان پمپ در عبور دادن جامدات درون سیال از درون پمپ یا توانایی کارکرد غیر قابل انسداد آن است. اندازه راهگاه آزاد نشان دهنده بزرگ ترین شی کروی است که می تواند از داخل پروانه و دهانه های محفظه پمپ عبور کند. چنانچه راهگاه آزاد با دو عدد بیان شود، این دو عدد نشان دهنده طول و عرض بزرگ ترین شی مستطیل شکل است که می تواند آزادانه از داخل پمپ عبور کند.



شکل(۲) - نتایج آزمایش برای مقایسه اثرات سایش بر راندمان پمپ برای انواع مختلف پروانه

¹ Free passage



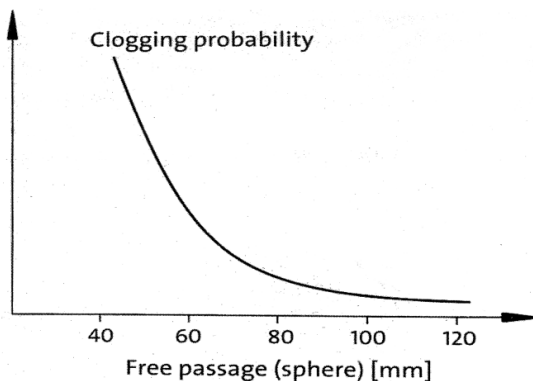
شکل (۳) - انواع مختلف پروانه در پمپ های فاضلابی

همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده است، توانایی کارکرد غیر قابل انسداد پمپ به شدت تحت تاثیر راهگاه آزاد آن است. در پمپ های کوچک و متوسط معمولاً اندازه راهگاه آزاد نزدیک به ۸۰ میلی متر برای فاضلاب تصفیه نشده کافی است. در پمپ های بزرگتر (جریان بیش از ۱۰۰ لیتر بر ثانیه) حداقل اندازه راهگاه آزاد باید ۱۰۰ میلی متر باشد.

وجود راهگاه آزاد تضمین کننده کارکرد ایمن پمپ در برابر انسداد نیست. هندسه پره ها و پروانه نیز در این امر دخیل است و کیفیت پمپ های سازندگان مختلف از این نظر متفاوت می باشد. در مواردی، مشکل انسداد یک مدل پمپ با تغییر سازنده آن حل می شود، به طوری که پمپ جایگزین، همان سرعت دورانی، تعداد پره ها و راهگاه آزاد مشابه با پمپ قبلی را دارد. امکان ایجاد انسداد در پمپ ها از محلی به محل دیگر متفاوت است. طراحی خطوط تغذیه فاضلاب ایستگاه پمپاژ نیز در کارکرد پمپ ها اهمیت زیادی دارد، زیرا پمپ ها باید توده های جامدی را که ممکن است در این

خطوط تجمع کنند را انتقال دهند. شرایط واقعی سیستم های فاضلابی امکان شبیه سازی آزمایشگاهی را ندارند و ویژگی های خوب پمپ های فاضلابی در برابر انسداد ناشی از تجارب کاربردی دراز مدت است.

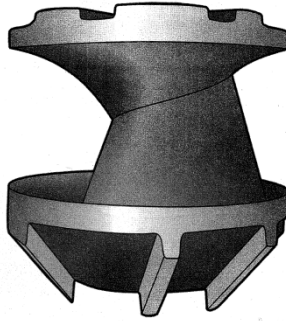
احتمال انسداد



شکل (۴) - نمودار نشان دهنده رابطه بین احتمال انسداد و راهگاہ آزاد پمپ؛ با یک راهگاہ آزاد ۸۰ میلی متری ایمنی خوبی در برابر انسداد بدست می آید.

پروانه تک کاناله

یک پروانه تک کاناله در شکل (۵) نشان داده شده است. پره تک کاناله برای بیشترین طول ممکن طراحی می شود تا بهترین راندمان، با توجه به محدودیت های ناشی از الزامات راهگاہ آزاد، بدست آید. پروانه هایی که تنهایی یک مسیر برای عبور جریان دارند ویژگی های خوبی در برابر انسداد دارند. برای متعادل کردن پروانه ای با شکل نامتقارن به تجمع جرم در نقش وزنه های تعادل در سایر نقاط آن نیاز هست. بالاترین راندمان قابل دستیابی ۷۰ تا ۷۵ درصد است.



شکل (۵) - پروانه تک کاناله پمپ گراندفوس برای کاربرد فاضلابی

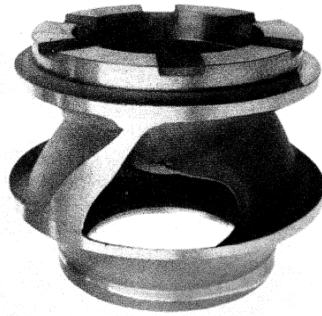
پروانه طرحی نیمه محوری با پره ای طولانی دارد که باعث مقاومت در برابر انسداد می شود. طراحی نامتقارن پروانه، ریخته گری را ملزم به افزودن جرم های طولانی تعادلی برای بالانس استاتیک و دینامیک پروانه می کند.

پروانه های دوکاناله

مشکل پروانه دوکاناله که در شکل (۶) نشان داده شده است این است که ممکن است الیاف های بلند داخل هر دو کانال شوند و به لبه های هادی پره ها گیر کنند و انسداد ایجاد کنند. این مشکل با طراحی مناسب لبه های هادی پره ها کاهش می یابد و این کار صرفاً در شرایط واقعی ایستگاه های پمپاژ مشکل دار عملی می شود. با یک طراحی درست و یک راهگاز آزاد به اندازه دست کم ۱۰۰ میلی متر، پروانه های دو کاناله می توانند برای پمپاژ فاضلاب صافی نشده بدون احتمال گرفتگی استفاده شوند. بالاترین راندمان قابل دستیابی برای پروانه های دوکاناله ۸۰ تا ۸۵ درصد می باشد.

پروانه های سه یا چهار کاناله

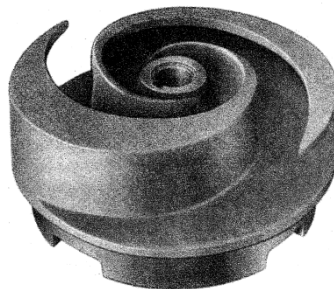
در پمپ های خیلی بزرگ می توان از پروانه هایی با سه یا چهار پره با همان راهگاز آزاد دست کم ۱۰۰ میلی متر استفاده کرد که مقاومت خوبی در برابر انسداد دارند. همچنین، طراحی لبه هادی پره ها برای این پروانه ها بسیار تعیین کننده می باشد. بالاترین راندمان قابل دستیابی در این نوع پروانه ها نزدیک به ۸۲ تا ۸۶ درصد می باشد.



شکل (۶) - پروانه دو کاناله برای کاربرد فاضلابی؛ پروانه طرح نیمه محوری با لبه های عقب زن دارد که باعث مقاومت در برابر انسداد می شود. طرح متقارن پروانه باعث بالانس آن می شود.

پروانه های گردابی

اصل کارکرد پروانه های گردابی بر مبنای القای گردابی قوی در محفظه باز پمپ است. پمپاژ پمپ های گردابی با توجه به بیرون بودن پروانه از جریان اصلی به طور غیر مستقیم است. پروانه های گردابی ویژگی های خوبی در برابر انسداد دارند و بسیار نرم کار می کنند. در سال های اخیر استفاده از پمپ های گردابی کوچک در کاربردهای فاضلابی به دلیل راندمان و طراحی بهینه یطور چشمگیری افزایش یافته است. همچنین از آنها در نقش جدا کننده شن و ماسه در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده می شود. یک پروانه گردابی در شکل (۷) نشان داده شده است. بالاترین راندمان قابل دستیابی پمپ ها با پروانه گردابی نزدیک به ۵۰ درصد می باشد. توجه به این نکته ضروری است که راندمان پمپ های گردابی در محدوده جریان ۳ تا ۱۵ لیتر بر ثانیه تقریباً برابر پمپ های تک کاناله می باشد.



شکل (۷) - پروانه پمپ گردابی؛ این طرح با طرح خاصی که دارد از شکل گیری گرداب های ثانویه در لبه پره ها جلوگیری می کند و باعث بهبود راندمان می شود.

