پمپ های رفت و برگشتی

پمپ های رفت و برگشتی ، از نوع پمپ های جا به جایی مثبت می باشند. این پمپ ها مقدار معینی از سیال را در حین حرکت پیستون یا پلانجر به خروجی تحویل می دهند. در هر حال ، به خاطر نشتی یا دیگر مسائل ، همه سیال ، به دهانه خروجی نخواهد رسید. با صرف نظر از این موضوع ، حجم سیال جا به جا شده در حین حرکت پیستون یا پلانجر ، معادل حاصلضرب سطح پیستون در طول سیلندر می باشد.

انواع پمپ های رفت و برگشتی

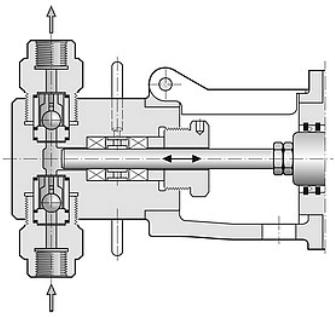
اساسا پمپ های رفت و برگشتی بر دو نوع می باشند :

عمل مستقیم محرکه بخار (direct-acting steam-driven) و پمپ های توانی. ولی انواع و اقسام متفاوتی از این طرح ها وجود دارد که برای مصارف خاصی در صنایع خاص ، تولید می شوند. برخی از آن ها توسط سازندگانشان بعنوان پمپ های روتاری طبقه بندی می شوند ولی در عمل از حرکت پیستون یا پلانجر برای عملیات پمپاژ استفاده می کنند. در این کتاب عبارت کلی *رفت برگشتی* برای این نوع پمپ ها استفاده خواهد شد.

پمپ های توانی

این پمپ ها (شکل ۴-۳) ، دارای میل لنگی می باشد که معمولا توسط یک موتور الکتریکی ، یک تسمه یا یک زنجیر ، از خارج به حرکت در آورده می شود. به منظور کاهش سرعت خروجی محرکه ، دنده ها اغلب بین محرکه و میل لنگ قرار می گیرند. در سرعت های ثابت ، پمپ های توانی ، تقریبا ظرفیت ثابتی را برای محدوده وسیعی از هد ها فراهم می کنند و راندمان آن ها نیز مطلوب می باشد. هنگامی که شیر رانش بسته می باشد، پایانه سیال (liquid end) که ممکن است از نوع پیستونی یا پلانجری باشد ، فشار زیادی را تولید خواهد کرد. بنابراین در عمل برای محافظت از پمپ و لوله ها از یک شیر سوپاپ (discharge relief valve) استفاده می شود. پمپ های عمل مستقیم ، در هنگامی که مجموع نیروهای روی پیستون سیال با مجموع نیروهای روی پیستون بخار برابر شود، از حرکت باز می ایستاند ؛ ولی پمپ های توانی قبل از آنکه از حرکت بیافتند ، فشار زیادی را تولید خواهند کرد. فشار بازدارندگی از حرکت ، چندین برابر فشار رانش پمپ های توانی می باشد. پمپ های توانی بویژه برای مصارفی با فشار بالا بسیار مناسب

می باشند و برای مصارفی نظیر تغذیه دیگ بخار ، پمپاژ لوله ای ، صنایع پتروشیمی ، و کاربرد هایی مشابه ، مورد استفاده قرار می گیرند. اولین پمپ های توانی نوع میل لنگ و فلایویل (crank-and-flywheel-type power pumps) غالبا از نوع تحریک بخار (steam-driven) بودند. امروزه ، موتور یا موتور محرکه (شکل ۴-۳) کاملاً رایج می باشد زیرا نحوه قرارگیری آن ها، از نظر اقتصادی به صرفه تر است و هر چه اجزاء فشرده تر باشند، نیاز به مراقبت کمتری دارند. پمپ های توانی پلانجری فشار بالا ، ممکن است افقی یا عمودی باشند. این نوع پمپ ها غالبا در پرس های هیدرولیکی ، صنایع پتروشیمی و مصارف مشابه ، بکار می روند. طرح های دیگری از پمپ ها را نیز می توان برای اینگونه مصارف بکار برد. پمپ های توانی فشار بالا غالبا عمودی می باشند ولی نوع افقی آن ها نیز ساخته می شود.



شکل ۴-۳ پمپ توانی پلانجری

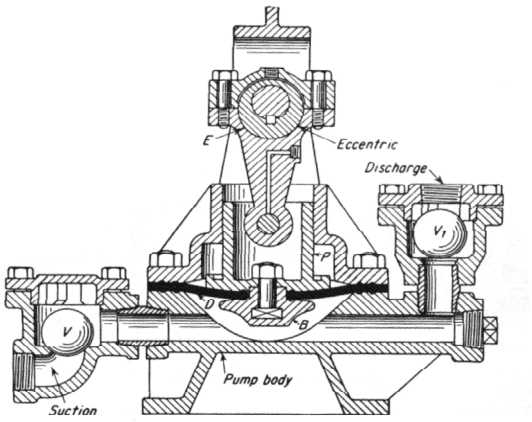
پمپ های نوع توانی کم ظرفیت

به این پمپ ها اغلب پمپ های ظرفیت متغیر ، حجم – کنترل شده (controlled volume) و پمپ های تناسب دهنده (proportioning pumps) اطلاق می شود. کاربرد های اصلی این پمپ ها در کنترل جریان سیال هایی با مقادیر کم می باشد که به دیگ ها و تجهیزات صنعتی و موارد مشابه ، متصل می باشند. از اینرو این نوع پمپ ها جایگاه مهمی را در بسیاری از صنایع دارا می باشند.

ظرفیت این پمپ ها می تواند با تغییر طول سیلندر تغییر کند .

پمپ های نوع دیافراگمی

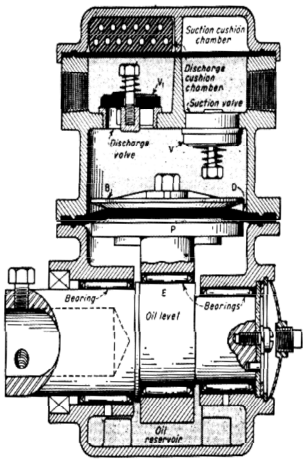
پمپ های دیافراگمی (شکل ۸-۳ و ۹-۳) برای ظرفیت هایی بزرگتر با سیال هایی خالص یا حاوی ذرات جامد ، استفاده می شود. این پمپ ها همچنین برای سیال های خمیری (thick pulp) ، فاضلاب ، گل و لای، محلول های اسید الکالین ، و ترکیبات آب و ذرات جامد ، مورد استفاده قرار می گیرند. دیافراگم هایی که از مواد غیر آهنی و قابل انعطاف ساخته شده اند، بهتر از قسمت های آهنی برخی از پمپ های رفت و برگشتی می توانند در مقابل سایش و فرسایش از خود مقاومت نشان دهند. پمپ اسپری دیافراگمی نوع سیلندر کوتاه و سرعت بالا یی که در شکل ۱۰-۳ نشان داده شده است مجهز به شیرهای مکش و رانش دیسکی شکل می باشد. این پمپ برای سیال های شیمیایی طراحی شده است.



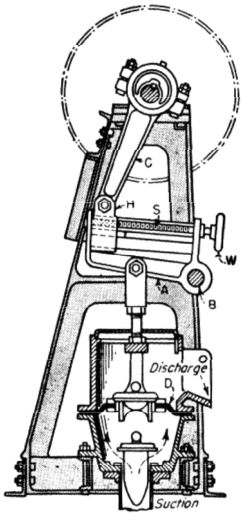
شکل ۸-۳ پمپ دیافراگمی از نوع فشار تحریک شده با توان

طرح های دیگر

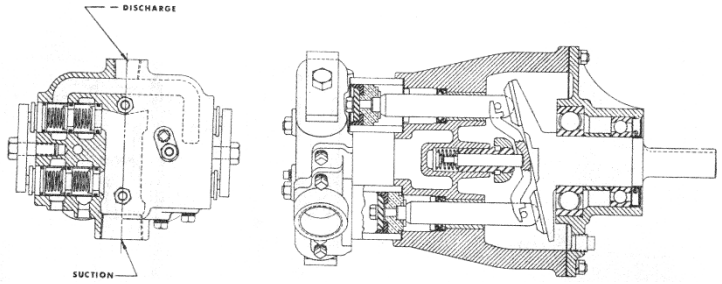
انواع دیگری از پمپ های رفت و برگشتی برای مصارف خاصی نیز طراحی شده اند. بسیاری از آن ها در صنایع هیدرولیکی ، روغن کاری ، صنایع شیمی و موارد مشابه مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل ۹-۳ خروجی این پمپ در حال کار می تواند تنظیم شود



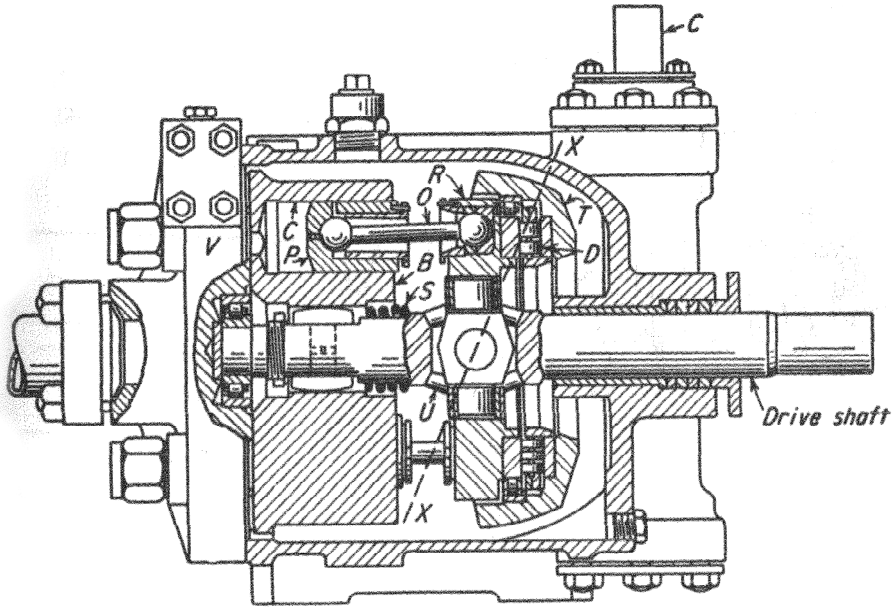
شکل ۱۰-۳ پمپ اسپری سیلندر کوتاه و سرعت بالا در ۶۰psi تا ۸۰psi عمل می کند و قادر به جا به جایی سیال های شیمیایی می باشد



شکل ۱۱-۳ پمپ پلانجری تک – عمل روتاری دارای چندین پلانجری بر روی سطح یک دایره می باشد

ظرفیت و فشار رانش این پمپ ها ، بسته به کاربردی که بدان منظور طراحی شده اند ، متفاوت می باشد.

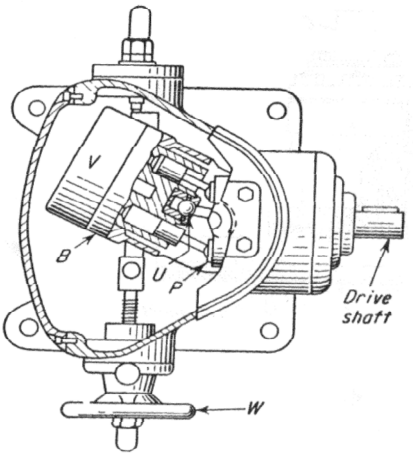
پمپ روتاری پلانجری تک عمل که در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است ، دارای چند پلانجر بر روی سطح یک دایره می باشد. هر پلانجر مشترکا به یک صفحه لرزنده (wobbler) متصل می باشد که با محرکه می چرخد. چرخش این صفحه ، حرکت رفت و برگشتی پلانجر ها را باعث می شود که خود موجب عملیات مکش و رانش می شود. جریان رانش این پمپ ها نیز یکنواخت می باشد. پمپ پیستون – موازی ای که در شکل ۱۲-۳ نشان داده شده است ، دارای محفظه ای (box) می باشد (در شکل با T نشان داده شده است) که با C کنترل می شود . این امر موجب کنترل خروجی سیال پمپ شده از دستگاه می شود. در طرحی دیگر (شکل ۱۳-۳) ، محفظه سیلندر (cylinder barrel) و پیستون آن ، با اختلاف زاویه ای حرکت می کنند که موجب تنظیم جریان رانش می شود. پمپ پیستون – افقی شکل ۱۴-۳ ، دارای یک صفحه لرزنده W می باشد که ثابت می باشد. پیستون های P ، عملیات پمپاژ مطلوب را فراهم می کنند.



شکل ۱۲-۳ پمپ پیستون – موازی جا به جایی متغیر ؛ محفظه سیلندر و پیستون ها توسط یک محرکه چرخانده می شوند

مشخصه های پمپ های رفت و برگشتی

جریان رانش پمپ های گریز از مرکز و اکثر پمپ های روتاری ، پایا (steady) می باشد. ولی در پمپ های رفت و برگشتی ، جریان ، تپش هایی دارد که وابسته به نوع پمپ و استفاده یا عدم استفاده از اطاقک Cushion می باشد.

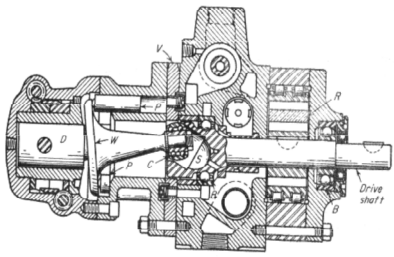


شکل ۱۳-۳ محفظه سیلندر و پیستون های این پمپ با زاویه ای نوسان میکنند که میزان رانش را تنظیم کنند.

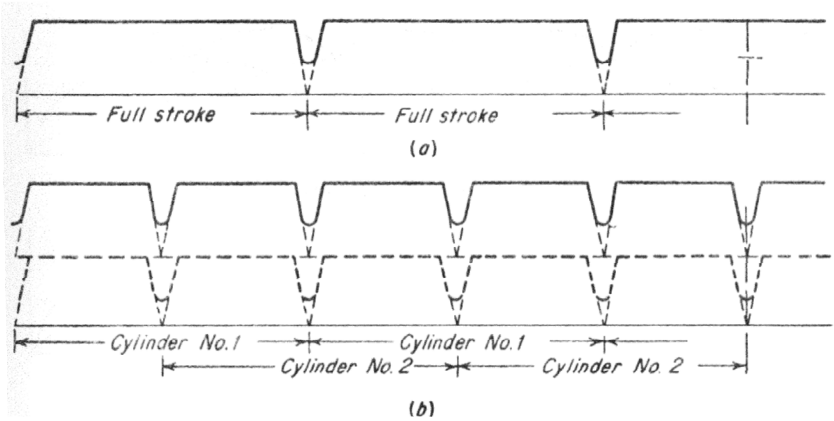
پمپ های عمل مستقیم تک گانه

پمپ های بخاری که در سرعت های معمولی کار می کنند ، منحنی رانشی شبیه شکل ۱۵a-۳ دارند. جریان در هر سیکل از ابتدای حرکت پیستون تا انتهای آن ، جایی که پیستون از حرکت می ایستد و حرکت آن معکوس می شود ، پایا می باشد. بدون اطاقک cushion ، جریان از نظر تئوری ، وقتی پیستون می ایستد ، متوقف می شود. ولی اطاقک هوا ، از توقف جریان ممانعت می کند و حلقه هایی که بر روی منحنی نشان داده شده است را موجب می شود. پمپ های بخار عمل مستقیم دوگانه ، دارای دو سیلندری می باشند که پیستون های آن ، به اندازه نصف طول سیلندر، با هم اختلاف مکانی دارند.

رانش کل ، مجموع رانش این دو سیلندر می باشد که خط پررنگ شکل ۳-۱۵b را بدست می دهد. این منحنی ، دو بر ابر پمپ های تک گانه فرورفتگی دارد ولی این فرورفتگی ها به شدت پمپ های بخار – مستقیم تک گانه نمی باشند



شکل ۳-۱۴ پمپ جا به جایی متغیر با صفحه لرزنده که در آن صفحه W با محور چرخانده نمی شود



شکل ۳-۱۵ منحنی های رانش برای (a) پمپ های عمل مستقیم تک گانه (b) دوگانه

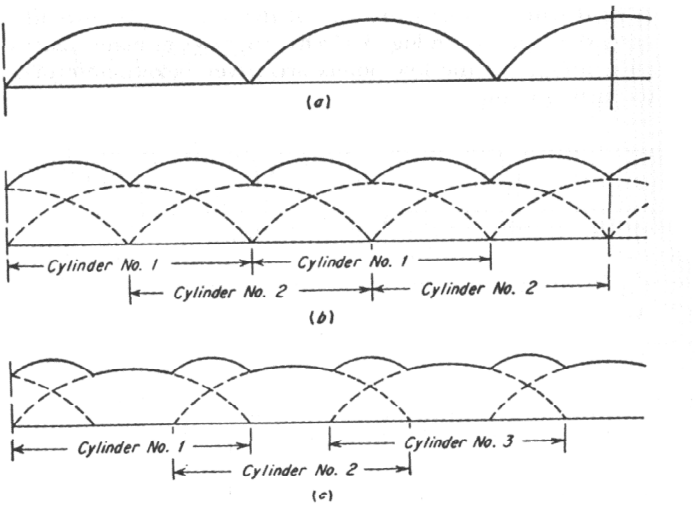
پمپ توانی

از آنجاییکه پیستون ها یا پلانجر ها با میل لنگ تحریک می شوند ، منحنی های رانش پمپ های توانی ، سینوسی شکل می باشند (شکل ۱۶-۳) . جریان رانش همانند پمپ های عمل – مستقیم ، بطور ناگهانی تغییر نمی کنند. پمپ های توانی عمل – دوتایی تک گانه ، که در شکل ۱۶-۳a نشان داده شده است ، دارای حداکثر جریانی معادل ۶۰ درصد بالاتر از میانگین جریان می باشد ؛ و حداقل جریان ، ۱۰۰ در صد پایین تر از میانگین می باشد. این بدان معناست که در هر سیکل پمپاژ ، در برخی از نقاط ، جریان پمپ صفر می باشد. ولی جریان خط رانش بسته به شکل لوله ها و میزان و نوع ظرفیت کوشنینگ (cushioning) استفاده شده ، ممکن است تقریبا ثابت باشد.

پمپ های عمل – دوتایی دو گانه ای که منحنی آن ها در شکل ۱۶-۳b رسم شده است ، حداکثر جریانی معادل ۲۶,۷ درصد بالاتر از جریان میانگین دارا می باشند ، و حداقل آن ۲۱,۶ درصد زیر جریان میانگین می باشد. بنابراین هنگامی که پمپ کار می کند همواره جریانی در لوله های رانش جریان خواهد داشت. پمپ های عمل – تکی سه گانه ، حتی منحنی رانش را بیشتر هموار می کنند (شکل ۱۶-۳c) . حداکثر جریان بالاتر از میانگین برای این پمپ ها ، ۶,۶۴ درصد و حداقل جریان زیر میانگین ۱۸,۴ درصد می باشد. در همه پمپ های رفت و برگشتی ، تا موقعیکه رانش به زیر میانگین افت پیدا نکند ، اختلاف رانش بین حداکثر رانش و رانش میانگین در اطاقک کوشن cushion ذخیره می شود.

پمپ های توانی پنج گانه و هفت گانه ، حتی منحنی رانش را بیشتر از این هموارتر می کنند تا در عمل جریان خط رانش ثابت باقی بماند. در هر صورت ، آزمایش نهایی برای مناسب بودن منحنی رانش ، همچنان به قوت خود باقی می ماند. تپش در جریان ممکن است در یک پروژه از اهمیت پایینی برخوردار باشد و در پروژه دیگر ، فاکتوری کلیدی محسوب شود.

توجه شود که درصدهای که در شکل ۱۶-۳ داده شده اند ، تنها برای منحنی های نشان داده شده در شکل معتبر می باشند. شکل پمپ ، زاویه میل لنگ و چند فاکتور دیگر ، باعث تغییر جریان از یک پمپ به پمپی دیگر خواهد شد. مقادیر داده شده ، در هر حال ، مقادیر عملی آزمایش شده می باشند و تغییرات از یک سازنده تا سازنده دیگر چندان مهم نمی باشد.



شکل ۳-۱۶ منحنی های رانش سه نوع پمپ توانی. (a) عمل دوتایی تک گانه (b) عمل دوتایی دوگانه (c) عمل تکی سه گانه

پمپ های توانی کم ظرفیت

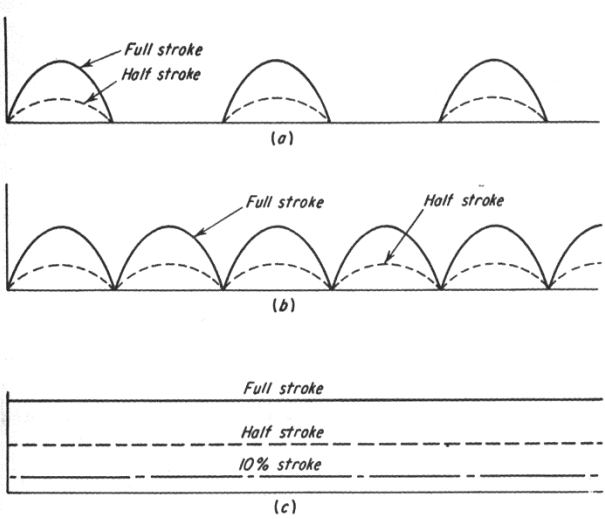
از برخی جهات ، این پمپ ها از نظر منحنی های رانش مشابه پمپ های توانی می باشند ولی این حقیقت که اکثر این پمپ ها ، پمپ های ظرفیت متغیر می باشند ، شکل ظاهری منحنی ها را تا حدودی تغییر می دهد. شکل ۷-۱۳ چند منحنی رانش را برای پمپ های ظرفیت متغیر نشان می دهد.

پمپ عمل تکی دوگانه ای که در شکل ۳-۱۷a نشان داده شده است ، تپشی در جریان دارد بطوریکه جریان در حین عمل مکش صفر می باشد . همانطور که مشاهده می شود هنگامی که ظرفیت کاهش می یابد ، منحنی سینوسی شکل ، مسطح می شود. طرح های عمل – تکی دوگانه ، ظرفیتی معادل دو برابر پمپ های تک گانه را تحویل می دهند و منحنی های رانش ای مشابه پمپ های تک گانه دارند (شکل ۳-۱۷b). همانطور که ملاحظه می شود چنانچه پیستون ها با هم ۱۸۰ درجه اختلاف داشته باشند ، در صورت توقف یک پیستون ، پیستون دیگر ، جریان را به خروجی تحویل می دهد و در نتیجه مدت زمانی که جریان پمپ صفر می باشد ، چندان طولانی نمی باشد. در مواقعی که جریان بدون تپش ، مورد نظر باشد ، منحنی رانشی شبیه شکل ۳-۱۷c می تواند با استفاده از پمپ های خاصی بدست آید. توجه شود که این منحنی ، در کل مسطح

می باشد، چه پمپ تمام ضربه (full stroke) نیم ضربه یا کمتر باشد . بار دیگر خاطر نشان می سازیم که منحنی رانش پمپ های رفت و برگشتی ، معیاری از راندمان نمی باشد و تنها آنچه را که در حین رانش پمپ اتفاق می افتد را به تصویر می کشند. این منحنی ها از آن جهت اهمیت دارند که جریان سیال را در لوله ها نشان می دهند.

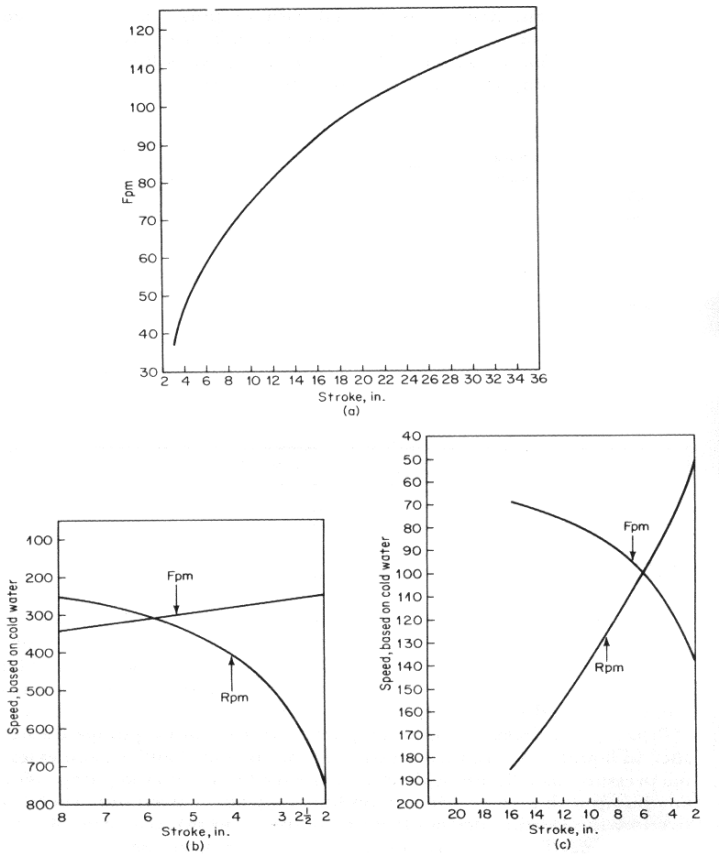
ظرفیت و سرعت

همانند دیگر پمپ ها ، پمپ های رفت و برگشتی ، سیال را مکش نمی کنند ؛ این پمپ ها ، فشار را در محفظه مکش کاهش داده ، و فشار خارجی که معمولا جو می باشد ، سیال را به داخل پمپ فشار می دهد. در هر پمپی با قطر مکش معین ، ظرفیت یا حداکثر سرعت ، بخاطرNPSH ثابت می باشد ؛ به فصل ۴ مراجعه نمایید. با افزایش سرعت پمپ های رفت و برگشتی ، ظرفیت نیز افزایش می یابد به شرط آنکه مانعی جلوی جریان به داخل و خارج پمپ را مسدود نکند. منحنی های شکل ۱۸-۳ ، سرعت های پمپ های عمل مستقیم و توانی را نشان می دهد. اولین منحنی ، سرعت حرکت پیستون برحسب فوت بر دقیقه می باشد و منحنی دوم ، سرعت پیستون یا rpm می باشد.



شکل ۱۷-۳ منحنی های رانش سه پمپ ظرفیت متغیر کوچک. (a) عمل تکی تک گانه (b) عمل تکی دوگانه (c) جریان ثابت

در سال های اخیر سرعت پمپ های توانی بطرز چمشگیری برای مصارف خاصی افزایش یافته اند. و منحنی های شکل ۱۸-۳ ، ممکن است مطابق با سرعت های پمپ های امروزی نباشد. در هر صورت ، پمپ های سرعت بالای مورد مصرف در کلیه صنایع ، هنوز در مرحله پیشرفت قرار دارند . بنظر می رسد که قدری زمان خواهد گرفت تا همه مشکلات بویژه مسائلی که مربوط به شیر های سیال می باشند ، برطرف شوند. در نتیجه منحنی های شکل ۱۸-۳ برای بسیاری از پمپ های توانی که امروزه مصرف می شوند و بسیاری دیگر از طرح های موجود در بازار ، معتبر خواهد بود.



شکل ۱۸-۳ سرعت های اصلی برای (a) پمپ های بخار عمل مستقیم تک گانه و دوگانه ، (b) پمپ های پلانجری سه گانه و چندگانه ، و (c) پمپ های پیستونی دوگانه . (Hydraulic Institute.)

ویسکوزیته و دمای سیال

هر دوی این متغیر ها ، بر روی حداکثر سرعت و ظرفیت پمپ ها تاثیر خواهند داشت. بنابراین ، با تغییر ویسکوزیته سیال مثلاً از ۲۵۰ SSU به ۵۰۰۰ SSU ، سرعت پمپ ۳۵ درصد کاهش می یابد و یا با افزایش دمای آب از ۷۰ F به ۲۵۰ F ، سرعت پمپ ۳۸ درصد افت خواهد داشت. نیمه جامد هایی (semi-solid) مانند گل و لای ، شیره و محلول های قندی ، برای پمپ های رفت و برگشتی که بدون شیر مکش طراحی شده اند ، مناسب می باشند . از هر دو نوع شیرهای دیسکی یا توپی برای این نوع از پمپ ها نیز می توان استفاده کرد.

در هنگام بررسی پمپ ها به دیتاشیت های ارائه شده توسط سازنده مراجعه نمایید تا اثرات دقیق ویسکوزیته ، NPSH ، دما و نوع طرح را بر روی ظرفیت ، بدست آورید. اگر چه تاکید بر عبارت فوق مفید می باشد ولی نباید خیلی آزادانه و بدون قید و شرط از آن استفاده شود.

پمپ های رفت و برگشتی جهت سیالات مختلف و طیف وسیعی از ویسکوزیته ها کاربرد دارند بنابراین متریال ساختمانی، سرعت، کورس پیستون و نوع سوپاپ های ورودی و خروجی بسته به نوع سیال، درجه حرارت، ویسکوزیته و غیره ممکن است متفاوت و بسیار متنوع باشد.