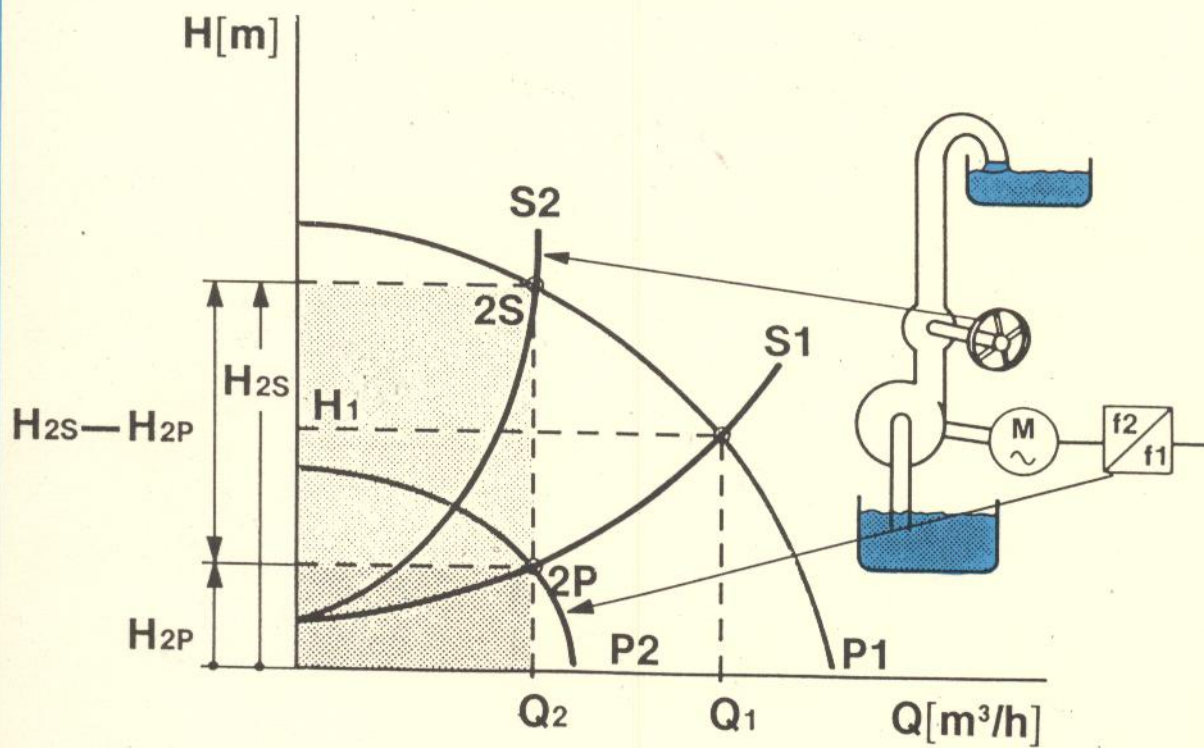


نشریه فنی آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران - پمپیران  
(سهامی عام)



# الرحمن الرحيم

## پمپ ۱۷

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع  
پمپ سازی ایران (سهامی عام)



PUMPIRAN

نام نشریه: پمپ

صاحب امتیاز: شرکت صنایع پمپ سازی ایران - پمپیران (سهامی عام)

مدیر مسئول: مهندس میریوک احقافی

سرمدیر: مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری

هیئت تحریریه: گروه مهندسين و متخصصين شرکت صنایع پمپ سازی ایران

حروفچینی انتشارات گلباد ۳۴۴۸۵۷

نشانی نشریه:

تبریز: قراملک مجتمع ماشین سازی تبریز - صندوق پستی ۱۳۵ - ۵۱۸ شرکت صنایع پمپ سازی ایران -

دفتر مدیر مسئول نشریه پمپ

تلفن: ۹ - ۸۰۸۰۵۶

تهران: خیابان ولیعصر، نبش میرداماد، برج های اسکان، برج ب، طبقه ۲،

تلفن: ۲۲۷۸۹۴۳

## فهرست مطالب

صفحه	نویسنده	عنوان
۱	مهندس رحیم خانی	۱- عملکرد پمپ‌های دور متغیر
۹	مهندس حمداله سمندری	۲- گشتاور راه‌اندازی در پمپ‌های سانتریفوژ
۱۷	مهندس ش. پشت‌چی اسکویی	۳- مهندسی برینگها
۳۵	مهندس مینو آلماسی	۴- کاربرد پمپ در صنایع شیمیایی

نرخ روی جلد: در صفحات ۲ و ۳

## شرایط درج مقاله در نشریه پمپ

- ۱- مطالب مقاله باید فنی، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد.
  - ۲- مقاله ارسالی بایستی قبلاً در هیچ نشریه داخلی چاپ نشده باشد.
  - ۳- مطالب ارسالی باید حتی المقدور با ماشین تایپ گردیده و در غیراینصورت با خط خوانا در یک طرف کاغذ A4 نوشته و ارسال گردند.
  - ۴- به همراه مقاله بایستی اصل یا کپی اول عکسها، شکلها و نمودارهای مربوط به مقاله ارسال گردند. مدارک موردنظر بایستی از کیفیت تصویری مطلوبی برای چاپ برخوردار باشند.
  - ۵- محل عکسها و شکل‌های مورد استفاده در متن مقاله مشخص شده باشند.
  - ۶- عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید.
  - ۷- چکیده مقاله از حدود یک صفحه کاغذ A4 تجاوز ننموده و بایستی حاوی نکات اصلی و نتایج مقاله باشد. به طوری که بتوان آنرا جداگانه چاپ نمود.
  - ۸- در پایان مقاله فهرست منابع مورد استفاده قید گردد.
  - ۹- عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی و درجه تحصیلی، شغل و آدرس کامل مؤلف یا مترجم در صفحه اول مقاله قید شود.
- ضمناً چون مسئولیت صحت مطالب مقاله بعهده نویسنده آن است لذا هر گونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تأیید نهایی نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد.
- \* در صورت هر گونه تغییر در آدرس خودتان، مسئولین نشریه را در جریان امر قرار دهید.
- \* اگر مایل به دریافت مستمر نشریه پمپ هستید، لطفاً "فرم درخواست اشتراک نشریه پمپ" را پر نموده و به آدرس نشریه ارسال نمائید. /

بسمه تعالی

### فرم درخواست اشتراک نشریه پمپ

اینجانب ..... دارای شغل ..... شاعلی در.....

به نشانی: .....

مایل به اشتراک نشریه پمپ می‌باشم و رسید بانکی پرداخت مبلغ ۱۶۰۰ ریال حق اشتراک یکساله را که به حساب شماره ۵۱۰۰۵ بانک ملت شعبه مرکزی تبریز واریز نموده‌ام به ضمیمه ارسال می‌نمایم. تقاضا دارم نشریه پمپ را بنشانی فوق ارسال نمائید.

امضاء



PUMPIRAN

# عملکرد پمپ‌های دور متغیر

مهندس رحیم خانی

شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - امور پروژه‌های آبرسانی

مقدمه

پمپ نمایش داده شده است. کارکرد موتور با منحنی‌های محرک  $D$  و کارکرد پمپ با منحنی‌های بار  $S$  نشان داده شده است.

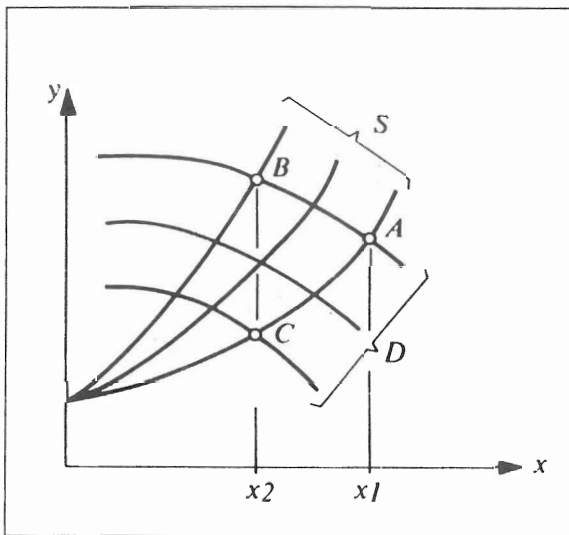
در شکل فوق محور  $x$  انرژی سینتیک، سرعت یا دبی و محور  $y$  مقدار انرژی مورد نیاز جهت انجام کار مورد نظر را نشان می‌دهد. نقطه کار سیستم محل تلاقی منحنی محرک  $D$  و منحنی بار  $S$  می‌باشد. (نقاط

از اوایل انقلاب صنعتی کنترل سرعت نقش مهمی در علم مکانیک داشته است. در ابتدای قرن هیجدهم که جیمزوات ماشین خود را به گاورنر سانتریفوژ مجهز کرد، انواع مختلف زیادی از دستگاه مذکور جهت کنترل سرعت، در ماشین‌ها بکار رفته است. ساده‌ترین مثال کاربرد تنظیم سرعت، تنظیم سرعت خودروها است. سرعت خودرو را براساس وضعیت ترافیک تنظیم می‌کنیم. با تنظیم سرعت موتور و انتخاب دنده مناسب بهترین سرعت مورد نظر خود را انتخاب کرده‌ایم. سوالی که مطرح می‌شود این است آیا با گذاشتن پا روی پدال گاز و تنها با گرفتن ترمز امکان کنترل سرعت وجود دارد؟ البته که نه! تنها فقط با کاهش سرعت موتور حداقل اصطکاک و مصرف سوخت کم و بهترین تنظیم برای ترافیک مورد نظر عایدمان می‌شود.

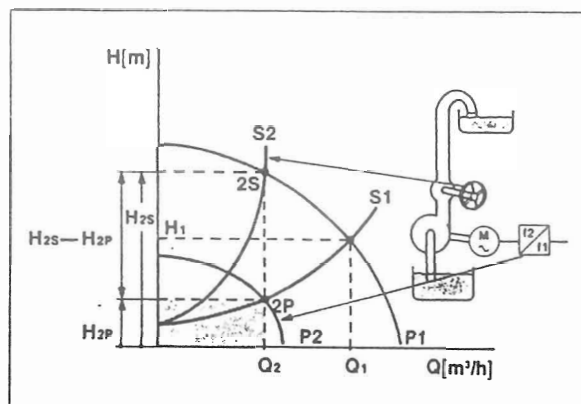
چرا کنترل سرعت پمپ‌ها مورد نیاز است؟

سیستمی که در آن یک دستگاه موتور - پمپ

کار می‌کند در شکل ۱ توسط منحنی‌های موتور و



شکل ۱



شکل ۳

شکل ۳ کارکرد و منحنی‌های  $Q - H$  یک پمپ سانتریفوژ را نشان می‌دهد. جهت کاهش دبی از مقدار  $Q_1$  به مقدار  $Q_2$  از دو روش شرح داده شده استفاده می‌کنیم.

۱ - کنترل دبی با شیر فلکه: نقطه کار پمپ در روی منحنی ( $P1$ ) از نقطه  $IS$  به نقطه  $2S$  منتقل می‌شود مقدار دبی از  $Q_1$  به  $Q_2$  و ارتفاع متناظر آن از  $H_1$  به  $H_{2S}$  منتقل خواهد شد. منحنی سیستم از  $S1$  به  $S2$  تبدیل می‌شود.

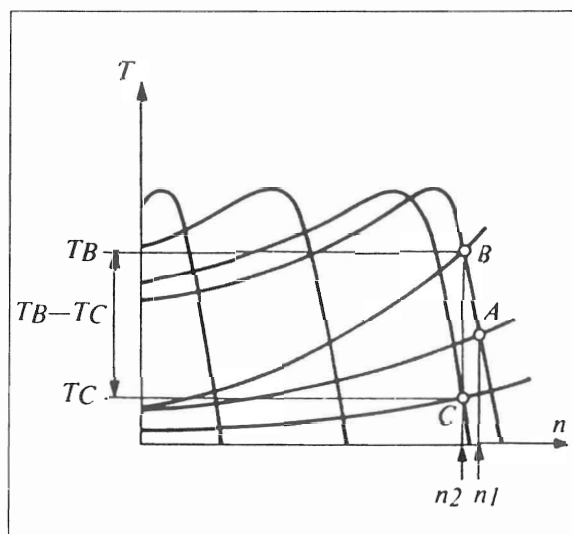
۲ - کنترل دبی با تغییر سرعت: نقطه کار پمپ از منحنی  $P1$ ، در امتداد منحنی سیستم  $S1$  به نقطه  $2P$  روی منحنی  $P2$  متصل می‌شود. مقدار دبی از  $Q_1$  به  $Q_2$  و ارتفاع متناظر آن از  $H_1$  به  $H_{2P}$  تغییر پیدا می‌کند.

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta_p}$$

محاسبه می‌شود با فرض اینکه مقادیر  $\rho$ ،  $g$ ،  $\eta_p$  اعداد ثابتی هستند می‌توان فرمول را بصورت  $P = K \cdot Q \cdot H$  بیان کرد. لذا قدرت مصرفی پمپ با حاصلضرب دبی و ارتفاع آن نسبت مستقیم دارد. در حالت کنترل دبی با

$A$ ،  $B$  و  $C$  نقطه کار سیستم در سه حالت مختلف را نشان می‌دهد). دبی مورد نظر در روی محور  $x$  را با دو روش تغییر نیروی بار و یا تغییر نیروی محرکه می‌توان تغییر داد. تغییر نیروی بار یا کنترل بار توسط بستن شیر فلکه (ترمز کردن) انجام پذیر است و تغییر نیروی محرکه با کنترل و تغییر سرعت موتور (تغییر پدال گاز) امکان دارد.

جهت آسان شدن توضیح مسئله منحنی کارکرد موتور و پمپ را بطور جداگانه توضیح می‌دهیم. در شکل ۲ منحنی‌های کارکرد الکتروموتور نوع قفس سنجایی با کنترل سرعت (فرکانسی) نشان داده شده است. نقطه کار  $A$  مترادف با دور  $n1$  الکتروموتور می‌باشد. کاهش دور موتور به مقدار  $n2$  یا توسط ترمز کردن (زیاد کردن بار) و رساندن موتور به نقطه کار  $B$  و یا توسط کنترل سرعت و رساندن موتور به نقطه کار  $C$  امکان پذیر است. مابه‌التفاوت مصرف انرژی الکترو موتور در دو روش فوق متناسب با  $(TB - TC)$  خواهد بود.



شکل ۲

- ۲ - کوپلینگ هیدرولیکی
- ۳ - موتورهای الکتریکی جریان مستقیم
- ۴ - موتورهای جریان متناوب با اسلیپ رینگ
- ۵ - موتورهای الکتریکی جریان متناوب با مبدل‌های فرکانس

روشهای فوق استفاده عمومی در صنعت دارند کنترل دور مکانیکی با بکاربردن تسمه و تنظیم پولی مخروطی شکل توسط دست انجام می‌شود کوپلینگ‌های هیدرولیکی اکثراً در توربین‌ها بکار می‌روند. با تغییر مقدار روغن داخل کوپلینگ دور محور محرک و متحرک تغییر پیدا می‌کند تغییر مقدار روغن کوپلینگ هیدرولیکی توسط شیرفلکه انجام می‌شود.

در محرک‌های الکتریکی جریان مستقیم با تغییر ولتاژ تغذیه موتور، دور آن تغییر می‌کند. در روش مبدل فرکانس از الکتروموتورهای روتور قفس سنجابی بعنوان محرک استفاده می‌شود. کنترل دور الکتروموتور با تغییر و کنترل فرکانس برق موتور انجام می‌شود. شکل ۴ شمای عمومی چهار روش کنترل را نشان می‌دهد.

انتخاب سیستم کنترل سرعت:

از آنجائیکه میلیونها الکتروموتور روتور قفس سنجابی در صنایع مختلف جهان بکار می‌رود به غیر از موارد خاصی روش کنترل سرعت توسط مبدل‌های فرکانس،

شیر فلکه فرمول  $P1 = K Q_2 \cdot H_{2s}$  و در حالت کنترل دبی با تغییر سرعت فرمول  $P2 = K Q_2 H_{2P}$  مقدار قدرت مصرفی پمپ را نشان می‌دهد. در هر دو فرمول مقادیر دبی ( $Q_2$ ) یکسان هستند. نسبت مصرف توان پمپ در دو حالت فوق برابر خواهد بود با:

$$\frac{P1}{P2} = \frac{KQ_2H_{2s}}{kQ_2H_{2P}} = \frac{H_{2s}}{H_{2P}}$$

بطوریکه ملاحظه می‌شود قدرت مورد نیاز پمپ در حالت کنترل دبی با شیرفلکه به مقدار  $\frac{H_{2s}}{H_{2P}}$  برابر، بیشتر از قدرت مورد نیاز پمپ در حالت کنترل سرعت خواهند بود. لذا در مصرف انرژی در حالت تغییر سرعت پمپ صرفه جویی خواهد شد.

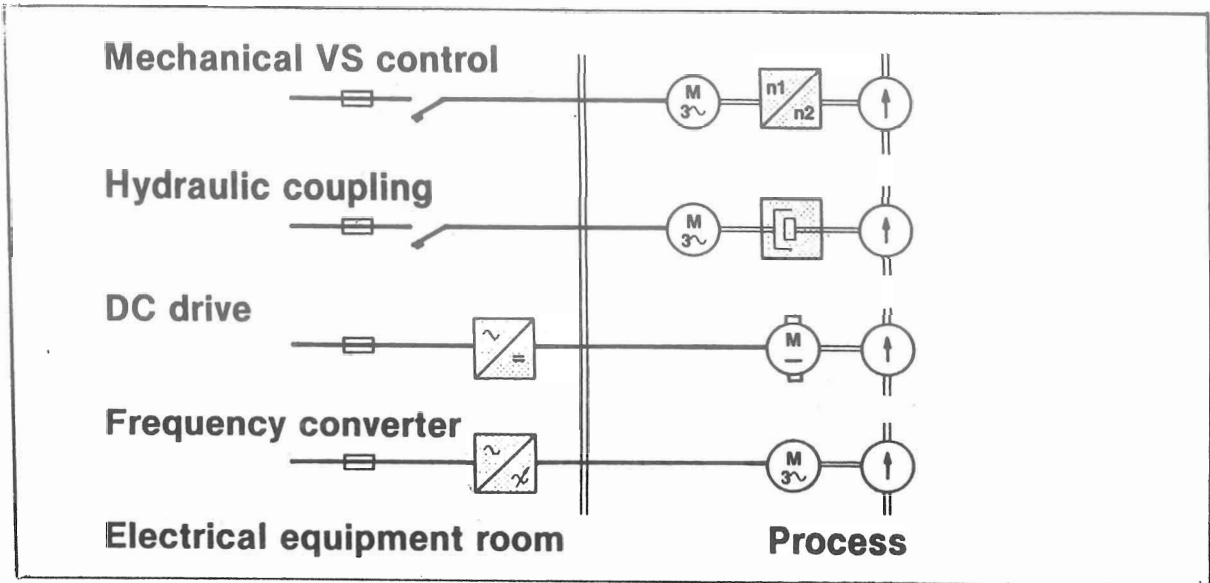
مزایای کنترل دور پمپ‌ها:

- ۱ - راه‌اندازی آرام
- ۲ - آمپر راه‌اندازی کم الکتروموتور
- ۳ - امکان کنترل از راه دور سیستم موتور پمپ
- ۴ - امکان کارکرد پمپ در هر نقطه دلخواه، ارتفاع و دبی پمپ
- ۵ - هزینه کم کارکنان جهت بهره‌برداری
- ۶ - افزایش اتوماسیون سیستم
- ۷ - نگهداری و تعمیرات کمتر
- ۸ - مصرف انرژی کمتر

روشهای مختلف کنترل دور پمپ‌ها:

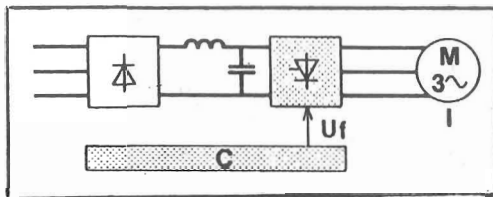
در صنعت روشهای مختلفی جهت کنترل دور بکار می‌رود که جهت مقایسه، تعدادی از این روشها توضیح داده می‌شود.

- ۱ - کنترل دور مکانیکی



شکل ۴

$f$  فرکانس شبکه برق  
 $2P$  تعداد جفت قطب الکتروموتور  
 $N$  دور الکتروموتور در دقیقه می‌باشد.



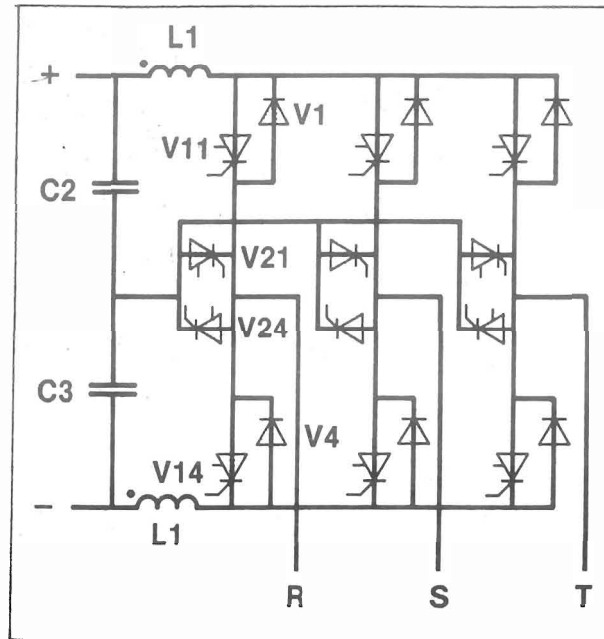
دیاگرام شماره ۵

لذا با تنظیم فرکانس ولتاژ تغذیه آن می‌توان دور الکتروموتور را به دلخواه تنظیم کرد. دستگاهی که عمل تنظیم فرکانس را انجام می‌دهد مبدل فرکانس (*Frequency Converter*) نامیده می‌شود. طبق دیاگرام شماره ۵ دستگاه مبدل فرکانس از چهار قسمت

بهترین روش شناخته می‌شود. دلایل زیادی برای انتخاب الکتروموتور قفس سنجایی بعنوان محرک در صنایع وجود دارد که ذیلاً به مواردی اشاره می‌شود ارزاتر از سایر محرک‌هاست - از نقطه نظر ابعاد، قدرت، دور و سایر مشخصات یک محصول با استاندارد جهانی است و هر سازنده‌ای موظف به رعایت استاندارد می‌باشد لذا مصرف کننده ملزم به خرید از یک سازنده خاص نیست - در بازار به وفور یافت می‌شود - در یک قدرت یکسان حجم کمتری نسبت به سایر محرک‌ها (از جمله الکتروموتورهای جریان مستقیم) دارد - هزینه استهلاک و تعمیر و نگهداری کمتری لازم دارد.

دستگاه مبدل فرکانس

دور الکتروموتورهای قفس سنجایی به فرکانس ولتاژ تغذیه آن بستگی مستقیم دارد  $N = \frac{60f}{2P} = Kf$  که در آن



دیاگرام شماره ۶

می‌شود. دیاگرام شماره ۶ اصول کار مبدل و طرز تشکیل فازهای  $R$  و  $S$  و  $T$  را نشان می‌دهد. هر سه فاز توسط تریستورها به شاخه‌های مثبت و منفی دستگاه وصل شده‌اند. هر شاخه از هر سه فاز شامل سه نیمه هادی قدرت بشرح زیر هستند:

تریستور اصل  $V11$  و  $V14$

تریستور کمکی  $V21$  و  $V24$

دیود  $V1$  و  $V4$

تریستورهای اصلی همانند کلیدهای قطع و وصل عمل می‌کنند با فرمان از قسمت کنترل فرکانس در مواقع معینی و به ترتیب زمانی سه فاز  $R$  و  $S$  و  $T$  را با شاخه‌های مثبت، یا منفی دستگاه وصل می‌کنند.

تریستورهای کمکی و دیودها و نیز چوک  $L1$  و خازنهای  $C1$  و  $C2$  قسمتی از عملیات قطع و وصل تریستورهای اصلی را تشکیل می‌دهند.

عمده زیر تشکیل یافته است.

- ۱ - قسمت یکسوکننده: که ولتاژ متناوب را به ولتاژ یکسو شده تبدیل می‌کند.
- ۲ - قسمت صافی: که ولتاژ یکسو شده را کاملاً صاف می‌کند.
- ۳ - قسمت مبدل: (*Inverter*) که ولتاژ مستقیم را به ولتاژ متناوب با فرکانس قابل تنظیم تبدیل می‌کند.
- ۴ - قسمت کنترل: تنظیم فرکانس ولتاژ متناوب خروجی و کنترل سه قسمت قبلی توسط این قسمت انجام می‌شود. در شبکه‌های الکتریکی ۵۰ هرتز دستگاه‌های مبدل فرکانس قابل تنظیم از ۲/۵ تا ۱۰۰ هرتز ساخته شده‌است.

#### مبدل Inverter

بطوریکه قبلاً توضیح داده شد برق متناوب شبکه توسط دستگاه یکسوکننده و قسمت صافی به برق جریان مستقیم تبدیل می‌شود. برق جریان مستقیم به ورودی دستگاه مبدل مطابق شکل شماره ۶ وصل

مداوم پمپ‌ها و ایجاد تنش در خطوط لوله و تأسیسات مربوطه جلوگیری خواهد شد.

شکل شماره ۷ نمای عمومی سیستم و عملکرد آنرا به ازاء مصارف مختلف آب و تعداد پمپ‌های در حال کار را نشان می‌دهد.

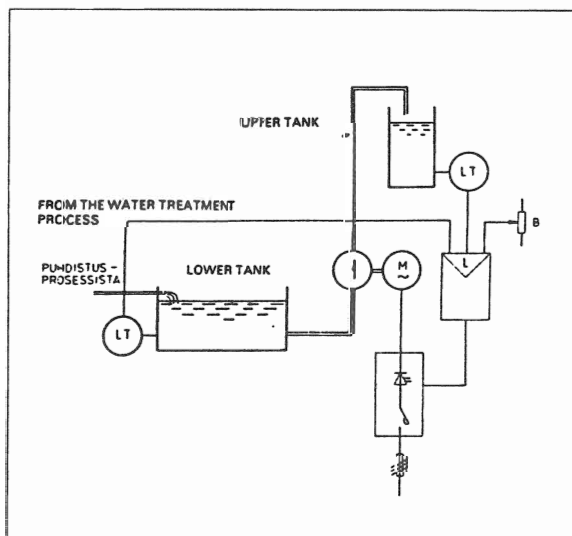
۲ - ثابت نگهداشتن حجم آب پمپاژ شده:

اندازه ابعاد مخازن آب در تأسیسات آبرسانی طوری تعیین می‌شود که بتواند مقدار آب مورد نیاز را به مدت ۲۴ ساعت تأمین کند. معمولاً آب از مخزن پائین دست به مخزن بالا دست پمپاژ می‌شود و از مخزن بالائی (با فشاری که از مخزن به خطوط لوله اعمال می‌شود) جهت مصارف توزیع می‌شود. بهترین وسیله جهت کنترل مقدار آب پمپاژ شده و اعمال فشار یکسان به سیستم لوله کشی، پمپ دور متغیر می‌باشد.

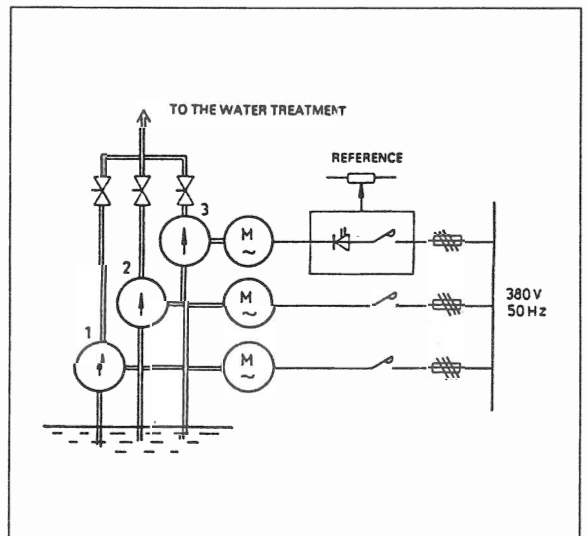
حتی در تأسیسات کوچکتر می‌توان از مخزن بالائی صرف نظر کرد (شکل شماره ۸).

مثالهایی از کاربرد پمپ‌های دور متغیر و مزایای آن:

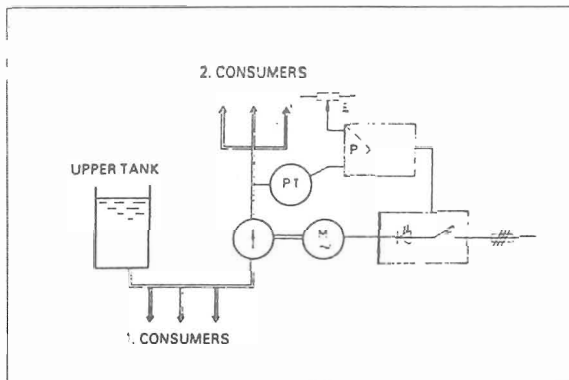
۱ - ایستگاههای پمپاژ: وظیفه هر ایستگاه پمپاژ انتقال آب از دریاچه یا رودخانه پائین دست به حوضچه یا تصفیه‌خانه در ارتفاع بالاتر است. برای اطمینان از کارکرد مداوم سیستم حداقل سه دستگاه پمپ طراحی و نصب می‌شود بطوریکه در صورت از کار افتادن یکدستگاه از پمپ‌ها دو دستگاه باقی‌مانده بتوانند حداقل میانگین آب مورد نیاز را تأمین کنند. در صورتیکه هر سه دستگاه از پمپ‌ها با الکتروموتور دور ثابت مجهز شوند کنترل مقدار آب مورد نیاز اجباراً فقط بطور پله‌ای امکان‌پذیر است. به عبارت دیگر پمپ‌ها نمی‌توانند مقدار آب مورد نیاز را بطور دقیق تأمین کنند و بطور مداوم پمپ‌ها با کاهش و افزایش سطح آب روشن و خاموش می‌شوند. در صورتیکه یکی از پمپ‌ها مجهز به دستگاه مبدل فرکانس باشد کنترل یکنواختی در روی هر پمپ اعمال خواهد شد و برحسب نیاز به مصرف آب، پمپ مذکور با دور مناسب کار خواهد کرد و از قطع و وصل



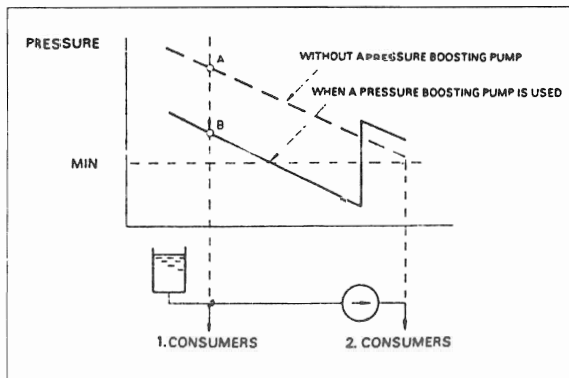
شکل شماره ۸



شکل شماره ۷



شکل شماره ۹



شکل شماره ۱۰

شود. این روش معایبی دارد که استفاده از پمپ دور متغیر می‌توان بر طرف کرد.

شکل ۱۱ طرز عمل پمپ دور متغیر در این سیستم را نشان می‌دهد. پمپ شماره ۱ پمپ با دور قابل تنظیم و پمپ شماره ۲ پمپ با دور ثابت می‌باشد وقتی که ارتفاع آب مابین حدود  $L2$  و  $L4$  است پمپ شماره ۱ با توجه به مقدار ارتفاع آب چاهک کار می‌کند. اگر ارتفاع آب از  $L2$  بیشتر شود دور پمپ ۱ افزایش

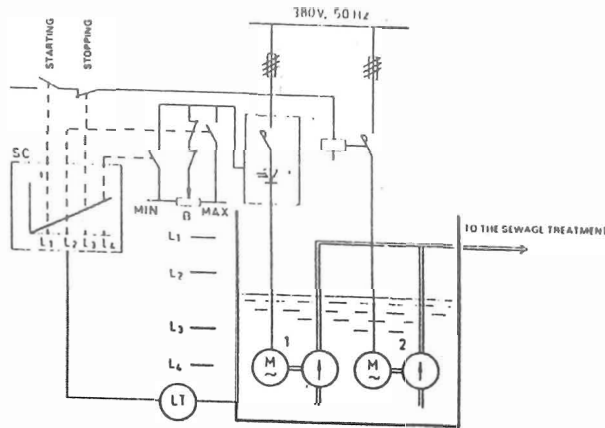
۳- بوسترپمپ: در مواردی که مصرف‌کننده‌های متفاوتی در فواصل طولانی و ارتفاعات مختلف نسبت به مخزن اصلی آب وجود دارند با یک خط لوله اصلی نمی‌توان آب مورد نیاز مصرف‌کنندگان را با فشار و دبی دلخواه تأمین کرد. با استفاده از بوستر پمپ به همراه دستگاه مبدل فرکانس آب مورد نیاز مصرف‌کنندگان با فشار و دبی مناسب را می‌توان تأمین کرد.

شکل ۹ طرز کار سیستم با بوسترپمپ را نشان می‌دهد. فرکانس موتور پمپ توسط یک دستگاه کنترل‌کننده فشار ( $PT$ ) که در روی خط رانش پمپ نصب شده کنترل می‌شود. لذا بدون توجه به مقدار مصرف آب، مصرف‌کننده در هر لحظه فشار ثابت مورد نظر خود را خواهد داشت.

دیازگرم شماره ۱۰ نحوه توزیع فشار آب را در خط لوله و محل مصرف برای دو حالت با بوستر پمپ و بدون بوسترپمپ نشان می‌دهد. به طوری که ملاحظه می‌شود با داشتن بوسترپمپ، در محل‌های مصرف آب، فشار مورد نیاز تأمین می‌شود.

#### ۴- ایستگاههای پمپاژ فاضلاب:

کار ایستگاه پمپاژ فاضلاب جمع‌آوری و انتقال آب از چاهک‌های فاضلاب به تأسیسات فاضلاب می‌باشد ساده‌ترین روش کنترل چنین است که وقتی ارتفاع فاضلاب مخزن از حد معینی بیشتر شد پمپ روشن و وقتی به حد معین کمتری رسید پمپ خاموش



شکل شماره ۱۱

کاهش ابعاد چاهک و هزینه‌های سیویل می‌شود.

- ۳ - به علت متصل و مداوم بودن جریان فاضلاب مواد عالی و جامد موجود در سیال متراکم نشده و رسوب نمی‌کند.
- ۴ - به علت جمع نشدن سیال فاضلاب در چاهک از گندیدگی و ایجاد بو و گازهای سمی جلوگیری می‌شود.

می‌یابد که منجر به کاهش ارتفاع آب چاهک خواهد شد. اگر به عللی و در شرایط خاصی ارتفاع آب از  $L1$  بیشتر شود پمپ شماره ۲ روشن خواهد شد و باعث کاهش ارتفاع آب به مقدار کمتر از  $L3$  می‌شود. به محض کاهش ارتفاع آب به مقدار کمتر از  $L4$  فقط پمپ شماره ۱ با حداقل سرعت تنظیم شده کار خواهد کرد مداوم و بدون وقفه

پمپ شماره ۱ دارای مزایای زیادی به شرح زیر خواهد بود.

- ۱ - باعث می‌شود در خطوط لوله و کل سیستم ضربات ناشی از روشن و خاموش شدن پمپ از بین برود لذا عمر سیستم را افزایش می‌دهد.
- ۲ - با توجه به اینکه هر مقدار آب به چاهک بریزد توسط پمپ‌ها خارج خواهد شد لذا باعث

□ مراجع :

1. *Pumping Station Design*
2. *Electric Machinery*
3. *Control Engineering*

*Butter Worths Publisher*

*Fitzgerald - Mc Graw - Hill*

*Noel. M. Morris - Mc Graw - Hill*



PUMPIRAN

# گشتاور راه‌اندازی در پمپ‌های سانتریفوژ

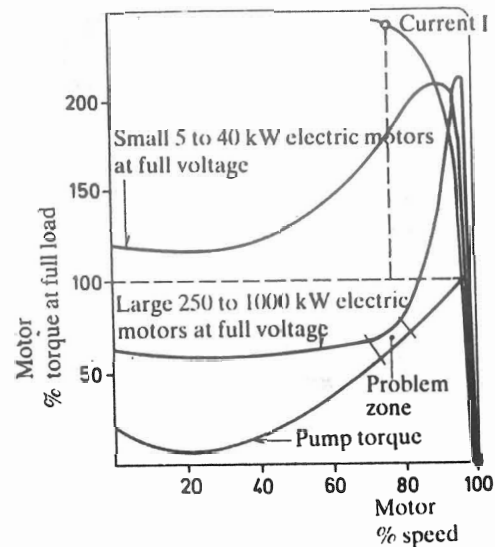
Torque / speed curves in centrifugal pump

مهندس حمده سمندری

مدیر فنی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

## مقدمه

در پمپ‌های سانتریفوژ در حالت کلی گشتاور راه‌اندازی کم بوده و نیازی به بررسی خاصی ندارد. واحدهایی نظیر توربین‌های گازی، بخاری و آبی نیاز به گشتاور راه‌اندازی بیشتری دارند. بدلیل اختلاف در گشتاور راه‌اندازی است که یک پمپ سانتریفوژ نسبت به واحدهای فوق در مدت زمان کمتری بدور نامی خود می‌رسد. وقتی که یک پمپ با یک موتور احتراق داخلی کوپله شده باشد سیستم استارت موتور احتراق داخلی باید قادر باشد تا پمپ و موتور را براحتی بحرکت در آورده و آنها را بدور نامی برساند. در هر صورت می‌توان در چنین حالتی از سیستم کلاچ نیز در لحظه استارت استفاده نمود. هر الکتروموتوری بسته به نوع و بزرگی آن منحنی گشتاور راه‌اندازی نسبت بدور مخصوص خود را دارد در قدرت‌های بالا باید در محاسبه حالت استارت موتور خیلی دقت کرد زیرا در نواحی ۸۰٪ سرعت نامی الکتروموتور گشتاور راه‌اندازی آن افت پیدا کرده و به حدود گشتاور پمپ می‌رسد. بنابراین در چنین حالتی گشتاور شتاب‌دهنده که ناشی از اختلاف بین گشتاور راه‌اندازی موتور و پمپ می‌باشد به حدود صفر خواهد رسید. در نتیجه موتور جریان بیشتری کشیده و باعث آسیب دیدن سیم‌پیچی آن خواهد شد. (شکل ۱) گشتاور راه‌اندازی در پمپ‌های سانتریفوژ از رابطه زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۱ - منحنی گشتاور نسبت به دور الکتروموتور و پمپ .

$$T = 9549 \left( \frac{P}{n} \right)$$

$$T = \text{گشتاور راه‌اندازی} \quad [ N.m ]$$

$$P = \text{قدرت ورودی به پمپ} \quad [ KW ]$$

$$n = \text{دور پمپ} \quad [ rpm ]$$

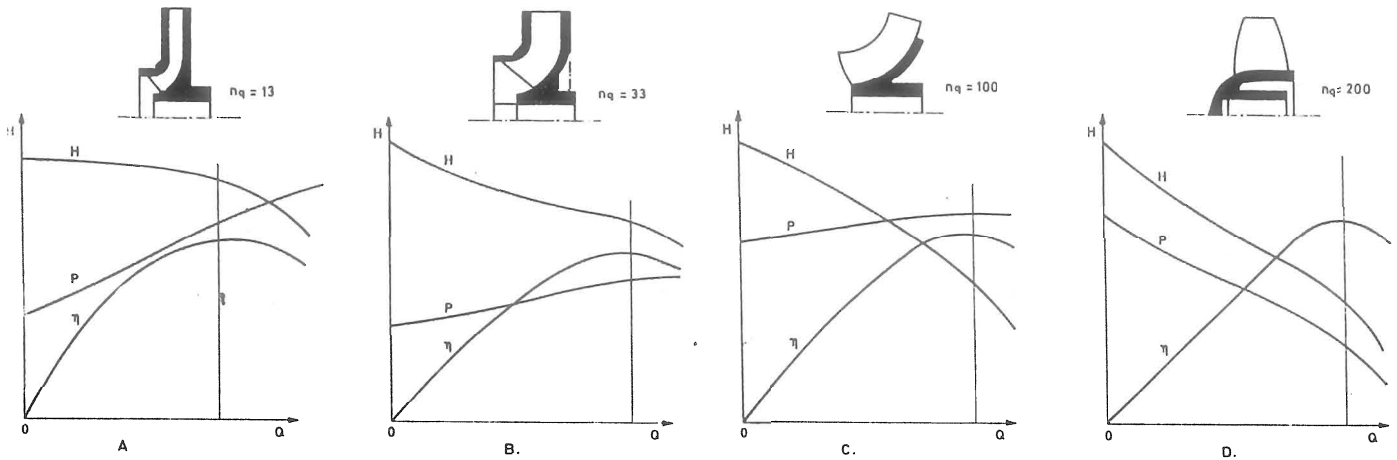
بنابراین روابط تشابه گشتاور با توان دوم نسبت سرعتها تغییر می‌کند .

$$T_2 = T_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

$T_2$  گشتاور راه‌اندازی در سرعت  $n_2$  و  $T_1$  گشتاور راه‌اندازی در سرعت  $n_1$  می‌باشند .

برای شروع به دوران پمپ از حالت ترمز آن، گشتاور استارتی بین ۱۰ الی ۲۵ درصد گشتاور پمپ در نقطه بهترین راندمان معمولاً مورد نیاز می‌باشد تا بر اصطکاک حالت استاتیک قطعات گردنده غلبه کند . البته برای پمپ‌های عمودی با لوله خروجی بلند یا پمپ یا فشار ورودی بالا گشتاور استارت با توجه به تعداد یاتاقانها، یاتاقانهای کف گرد، اصطکاک مجموعه آب‌بندی و ... محاسبه می‌شود . منحنی گشتاور راه‌اندازی نسبت بدور در پمپ‌های سانتریفوژ بطور محسوس به سرعت مخصوص ( *specific speed* ) بستگی دارد .

همانطوریکه از شکل ۲ مشخص است، گشتاور راه‌اندازی پمپی با سرعت مخصوص کمتر با افزایش آبدهی



شکل ۲ - اثرات سرعت مخصوص روی شکل منحنی مشخصه پمپ‌های .

(بدلیل بالا رفتن توان مصرفی  $P$ ) افزایش پیدا می‌کند. ولی برعکس در پمپ‌هایی با سرعت مخصوص بالاتر با افزایش آبدهی (بدلیل کاهش توان مصرفی  $P$ ) مقدار گشتاور راه‌اندازی کاهش پیدا می‌کند. به همان دلیل است که توصیه می‌شود پمپ‌های سانتریفوژ در حالت شیرفلکه بسته و پمپ‌های ملخی در حالت شیرفلکه باز استارت زده شوند.

### راه‌اندازی پمپ‌های سانتریفوژ ( start - up )

هر پمپ سانتریفوژی امکان دارد به یکی از چهار حالت زیر راه‌اندازی شود:

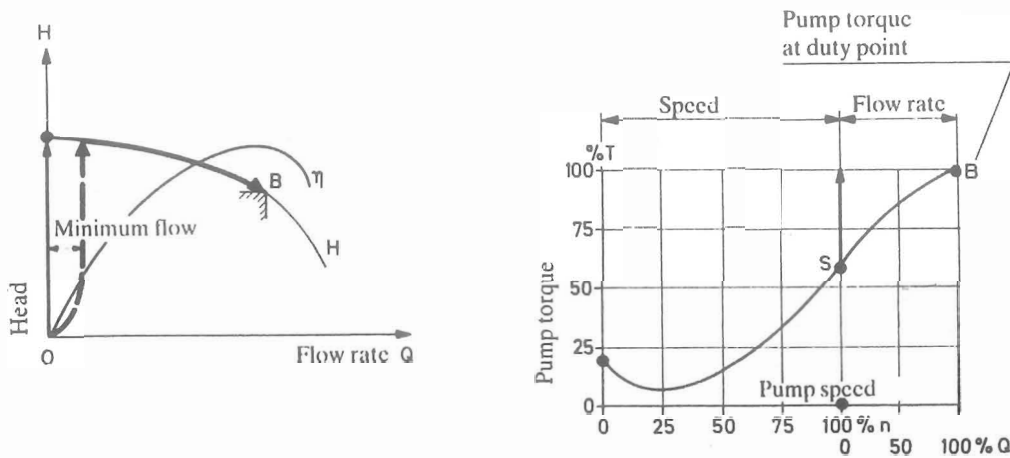
#### ۱ - راه‌اندازی پمپ در حالت شیرفلکه بسته : ( start - up against closed valve )

در شکل ۳ منحنی استارت یک پمپ سانتریفوژ که در حالت شیرفلکه بسته راه‌اندازی شده کشیده شده‌است. برای جلوگیری از خطر احتمال تبخیر آب در داخل پمپ معمولاً یک مقدار کمی شیرفلکه را موقع استارت باز می‌کنند. سپس بتدریج با رسیدن پمپ به سرعت نامی شیرفلکه خروجی را باید باز کرد این روش فقط برای پمپ‌هایی با سرعت مخصوص کم مقدور می‌باشد. در این صورت قدرت و گشتاور جذبی پمپ‌ها در حالت شیرفلکه بسته کمتر از قدرت و گشتاور جذبی آنها در نقطه کارشان خواهد بود.

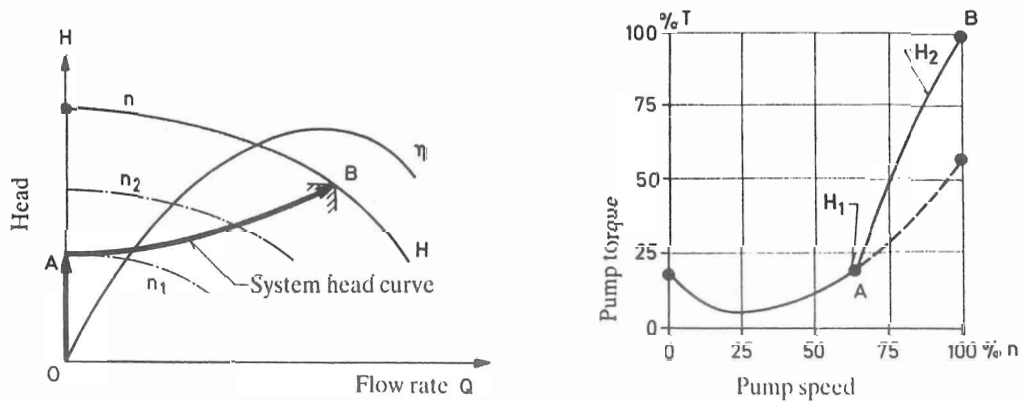
#### ۲ - راه‌اندازی پمپ در حالت بسته‌بودن شیر یکطرفه در رانش و باز بودن شیرفلکه خروجی

#### start - up against closed non - return valve with the delivery valve open

در شکل ۴ منحنی استارت یک پمپ سانتریفوژ تحت شرایط فوق رسم شده‌است. وقتی پمپ استارت زده می‌شود، شیر یکطرفه در نقطه  $A$  باز می‌شود درست در حالتی که فشار معکوس جهت باز کردن شیر مهیا



شکل ۳ - منحنی استارت یک پمپ سانتریفوژ در حالت شیر فلکه بسته .



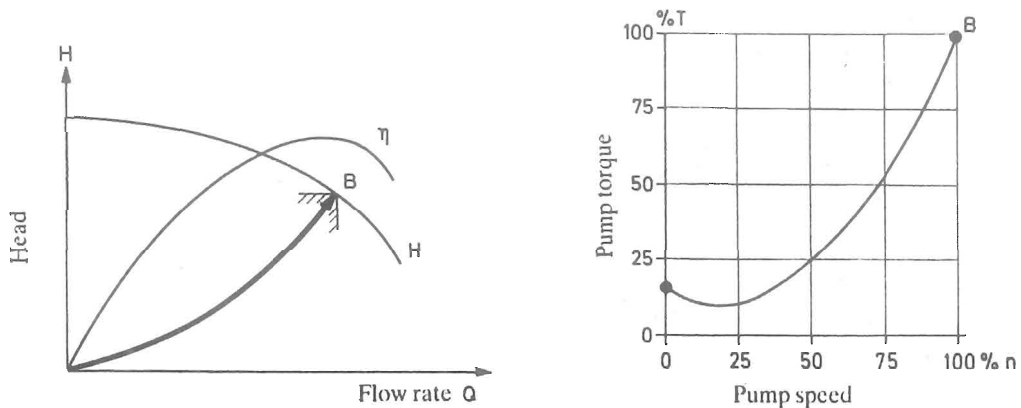
شکل ۴ - منحنی استارت یک پمپ سانتریفوژ در حالت بسته بودن شیر یک طرفه رانش و باز بودن شیر فلکه خروجی .

شده باشد . با افزایش دور پمپ از سرعت  $n_1$  به  $n_2$  ارتفاع و آبدهی پمپ و همچنین تلفات سیستم افزایش می‌یابد .

### ۳ - راه‌اندازی پمپ در حالت شیرفلکه باز و فاقد ارتفاع استاتیک

#### start - up with delivery valve open but no geodetic head

در این حالت همانطوریکه در شکل ۵ رسم شده است منحنی گشتاور پمپ بصورت سهمی تا نقطه کار B ادامه پیدا می‌کند . بدلیل کوتاه بودن لوله تخلیه زمان لازم برای شتاب گرفتن ستون آب جهت پرکردن آن با زمان استارت پمپ یکی خواهد بود .

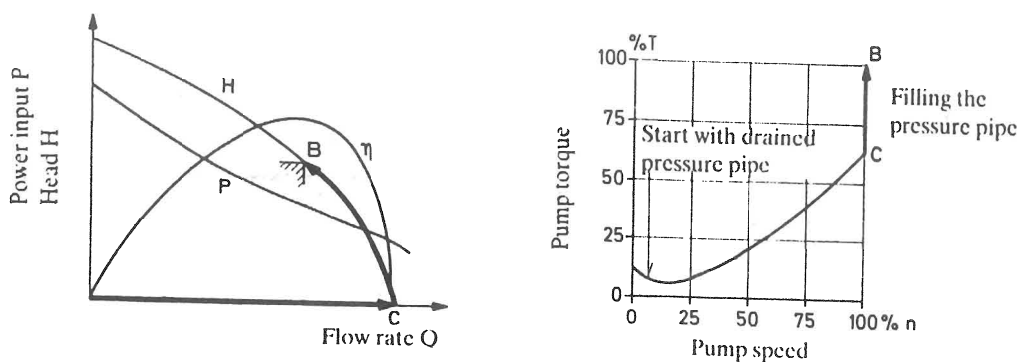


شکل ۵ - منحنی استارت یک پمپ سانتریفوژ در حالت شیر فلکه باز و فاقد ارتفاع استاتیک .

۴ - راه‌اندازی پمپ با شیرفلکه خروجی باز در شرایطی که پمپ به یک خط لوله تحت فشار وصل شده باشد .

#### start - up with delivery valve open and pressure pipeline drained

در شکل ۶ منحنی استارت پمپ تحت شرایط فوق رسم شده است . اغلب پمپ‌های با سرعت مخصوص بالا تحت این شرایط استارت زده می‌شود . برای جلوگیری از بروز پدیده کاتیاسیون در مکش پمپ می‌توان با کمی بستن شیرفلکه خروجی یک فشار معکوس روی پمپ اعمال نمود . استارت کردن این نوع پمپ‌ها با مسیر پر نیز با تعبیه سیستم بای‌پس امکان پذیر می‌باشد .

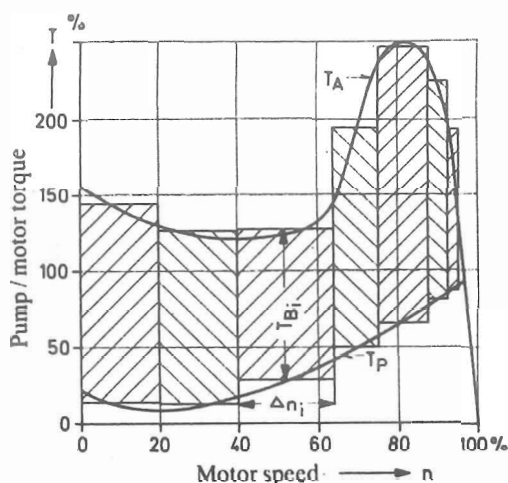


شکل ۶ - منحنی استارت یک پمپ با شیر فلکه خروجی باز وقتی که پمپ به یک خط لوله تحت فشار وصل شده باشد .

#### start time for centrifugal pumps

زمان راه‌اندازی در پمپ‌های سانتریفوژ :

زمان راه‌اندازی یک پمپ سانتریفوژ بستگی دارد به گشتاور شتاب دهنده که آنهم ناشی می‌شود از اختلاف بین گشتاور راه‌اندازی موتور ( $T_A$ ) و گشتاور راه‌اندازی مورد نیاز پمپ ( $T_P$ ) .



شکل ۷ - نحوه محاسبه زمان راه‌اندازی یک پمپ سانتریفوژ

شکل ۷ تغییرات گشتاور شتاب دهنده را با سرعت نشان می‌دهد ضمناً همانطوریکه در آن شکل مشخص می‌باشد با تقسیم سطح بین دو منحنی به بازه‌های کوچک و جمع نمودن آنها مقدار تقریبی گشتاور شتاب‌دهنده بدست می‌آید.

$$T_B = T_A - T_P = J \cdot \varepsilon \quad [ N \cdot m ]$$

$$J = m \frac{D^2}{4} \quad [ kg \cdot m^2 ]$$

$J$  ممان اینرسی تمام قطعات دوار و سیال داخل پمپ در سرعت مورد نظر بوده  $D$  قطر اینرسی معادل و  $\varepsilon$  شتاب زاویه‌ای محرک می‌باشند.

$$J_2 = J_1 \left( \frac{n_1}{n_2} \right) \quad [ kg \cdot m^2 ]$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{dn}{dt} \quad [ 1/s^2 ]$$

از رابطه زیر زمان راه‌اندازی یک پمپ سانتریفوژ محاسبه می‌شود.

$$t_A = \sum t_i = \frac{\pi \cdot J}{30} \left( \frac{\Delta n_1}{T_{B1}} + \frac{\Delta n_2}{T_{B2}} + \dots + \frac{\Delta n_i}{T_{Bi}} \right)$$

دیمانسیون‌ها عبارتند از:

$$T_B [ N \cdot m ], n [ \text{min}^{-1} ], J [ kg \cdot m^2 ], t_A [ s ]$$

اندا بسته به اینکه پمپ با شیرفلکه بسته راه‌اندازی شود یا باز مقدار گشتاور راه‌اندازی آن و زمان راه‌اندازی آن فرق خواهد کرد.

### زمان خاموش شدن یک پمپ سانتریفوژ (بدون در نظر گرفتن اثرات موج فشاری)

#### Run - out time for a centrifugal pump ( disregarding the pressune surge )

وقتی که واحد محرک پمپ خاموش می‌شود یا عیب پیدا می‌کند گشتاور واحد محرک به صفر می‌رسد. در این صورت خواهیم داشت:

$$- T_p = J \cdot \varepsilon$$

$$T_p = \text{گشتاور راه‌اندازی پمپ} = \text{گشتاور خاموش شدن پمپ} \quad [ N.m ]$$

$$J = \text{ممان اینرسی تمام قطعات دوار در سرعت مربوطه (پمپ با آب داخل آن)} \quad [ kg.m^2 ]$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \frac{\pi}{30} \cdot \frac{dn}{dt} \quad \text{شتاب زاویه‌ای محور پمپ} \quad [ 1/s^2 ]$$

زمان خاموش شدن پمپ از رابطه زیر بدست می‌آید:

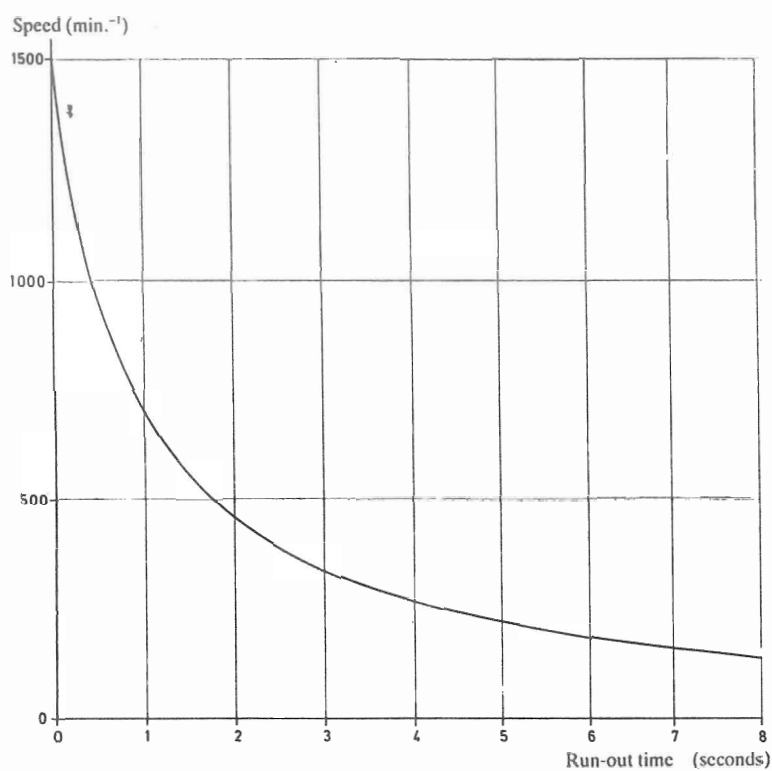
$$t_H = \sum t_i = \frac{\pi \cdot J}{30} \left( \frac{\Delta n_1}{T_{p1}} + \frac{\Delta n_2}{T_{p2}} + \dots + \frac{\Delta n_i}{T_{pi}} \right)$$

در این رابطه برای دیمانسیون‌ها داریم:

$$J [ kg.m^2 ] , n [ min^{-1} ] , T_p [ N.m ] , t_H [ s ]$$

بسته به اینکه پمپ با شیرفلکه خروجی بسته خاموش شود یا باز مقدار گشتاور خاموش شدن آن و همچنین زمان خاموش شدن آن فرق خواهد کرد.

از آنجائیکه مقدار  $\frac{\Delta n_1}{T_{p1}}$  خیلی کم می‌باشد لذا به محض خاموش شدن پمپ سرعت آن خیلی سریع افت پیدا می‌کند شکل ۸ در حالت کلی زمان خاموش شدن را نشان می‌دهد. ولی در حالت دقیق‌تر زمان خاموش شدن با محاسبه ضریب قوچی بدست می‌آید.



شکل ۸ - زمان خاموش شدن یک پمپ سانتریفوژ .

□ مرجع :

1. Sulzer Centrifugal Pump Hand book .



## مهندسی برینگها (۱)

### طرح و مشخصات عمومی انواع بلبرینگها و رولر برینگها

مهندس ش. پشت چی اسکوئی - مدیر بخش تحقیقات و توسعه

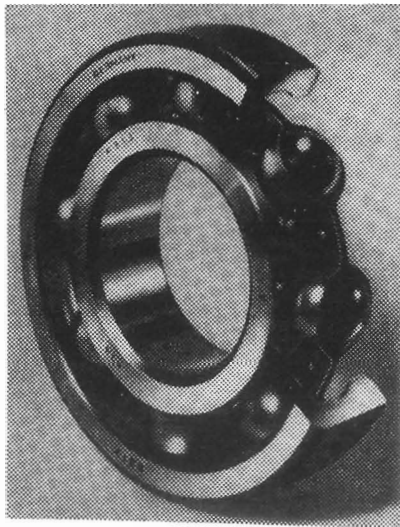
#### مقدمه:

عنوان مهندسی برینگها برای انتشار سلسله مطالعات و بررسیهای انجام یافته در حوزههای ساخت، تولید و طراحی برینگها تخصیص یافته است. قصد اساسی از یک چنین اقدامی نه تنها فراهم سازی و ارائه منابع جامع در زمینههای فعالیتی شرکت بلبرینگ ایران و در عرصه های قید شده است بلکه کمک و یاری رسانیدن به طراحان داخلی و مصرف کنندگان نهایی محصولات شرکت در نیل به انتخاب و استفاده صحیح و اصولی تر از برینگها هم در مرکز بذل توجهات می باشد.

مقاله حاضر بمنظور ارائه یک تقسیم بندی سیستماتیک از طرح و مشخصات عمومی بلبرینگها و رولر برینگهای پر مصرف در صنایع تهیه، ترجمه و تدوین گردیده است و هدف از آن ترسیم یک شمای کلی از طرح و موارد مصرف انواع برینگها می باشد.



تصویر شماره ۱: نمایش مقطع عرضی بلبرینگ شیار عمیق



تصویر شماره ۲: بلبرینگ شیار عمیق

آن شیارها فقط بصورت بسیار اندکی از شعاع ساچمه مربوطه بزرگتر می باشند و همین امر سبب می گردد که توان حمل بار در بلبرینگ بنحو چشم گیری فزونی داشته باشد.

تصویر شماره ۳ نشان دهنده نحوه و چگونگی مونتاژ اجزای مختلف این نوع بلبرینگ می باشد. همچنانکه در این تصویر مشاهده می گردد، ساچمه ها در حد فاصل دو رینگ داخلی و خارجی که بر روی

بلبرینگها و رولر برینگها عموماً از دو رینگ شیار داری تشکیل یافته اند که در ما بین آنها اجزای چرخنده ( ساچمه و یا رولر ) قرار گرفته اند. اجزای چرخنده معمولاً با استفاده از یک قفسه در فواصل مشخص و مساوی از همدیگر جاگذاری می شوند. بهره گیری از قفسه، همچنین امر جاگذاری برینگهای از نوع قابل تفکیک را تسهیل می نماید.

در برخی شرایط مشخص، مجموعه اجزای چرخنده بنحوی پیش بینی، طراحی و ساخته شده اند که مستقیماً روی شفت و یا مقر محفظه ای قابل نصب و استفاده باشند.

در بلبرینگها و رولر برینگهای استاندارد، جنس مواد رینگها و اجزای چرخنده از فولاد سخت کاری شده انتخاب می گردند ولی در برخی موارد بجهت ملاحظات اقتصادی و یا نوع خاص طراحی برینگ، از شیار رینگها و اجزای چرخنده سخت کاری نشده هم استفاده می شود. قفسه ها از ورقه های فولادی نورد شده که بروشهای پرسکاری و یا ماشینکاری فرم دهی گردیده اند می باشند. استفاده از روشهای ریخته گری و یا نوع ریخته گری تزریقی هم رواج دارد. مواد اولیه موارد اخیر از روش ساخت قفسه ها بنا به مورد محل مصرف برینگ مربوطه از فولاد، آلیاژهای مس، آلیاژهای سبک و یا پلاستیکها انتخاب می گردند.

## الف - بلبرینگهای شعاعی<sup>۱</sup>

### بلبرینگهای شیار عمیق<sup>۲</sup>

در بلبرینگهای شیار عمیق ( تصاویر ۱ و ۲ ) هر دو رینگ استفاده شده دارای شیارهایی هستند که شعاع

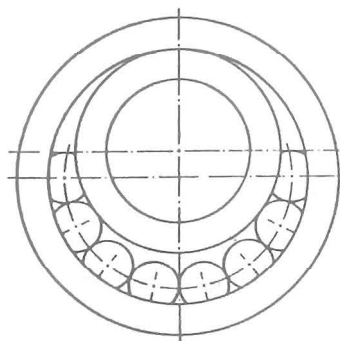
1 RADIAL BALL BEARINGS

2 DEEP - GROOVE BALL BEARINGS

رینگ خارجی بصورت مماسی واقع می‌شود. در یک چنین شرایطی باید موضوع روانکاری مناسب در سطح تماس لغزشی قفسه با کناره رینگها مورد توجه فراوان قرار گیرد.

استفاده از بلبرینگهای شیار عمیق بدلیل توان مناسب و ظرفیت بالای حمل بارهای محوری و شعاعی، امکان کارکرد خوب در سرعتهای زیاد و نیز ساختار ساده آنها، در گستره صنایع اتومبیل، ماشین ابزارها و دیگر ماشین آلات عمومیت دارد.

از انواع بلبرینگهای شیار عمیق قدیمی می‌توان به نوعی اشاره کرد که در یک طرف رویه رینگ داخلی و خارجی آنها محل شیاری برای پرکردن ساچمه‌ها در مابین شیارهای دو رینگ منظور شده بوده است<sup>۱</sup>. بدلیل امکان استفاده از تعداد ساچمه‌های بیشتر در مرحله مونتاژ این نوع برینگها، بر قابلیت امکان حمل بارهای شعاعی در آنها بیش از پیش افزوده می‌گردد ولی از طرف دیگر از ظرفیت حمل بار محوری بدلیل وجود موضع سست در محل پرکردن ساچمه‌ها از کناره رینگها، کاسته می‌گردد. در دهه‌های اخیر دیگر استفاده از این نوع برینگها تقریباً منسوخ شده است و برای ساخت بلبرینگهای شیار عمیق از همان روش قبلی توضیح داده شده استفاده می‌شود.



تصویر شماره ۳:  
نحوه جاگذاری ساچمه‌ها در بلبرینگهای شیار عمیق

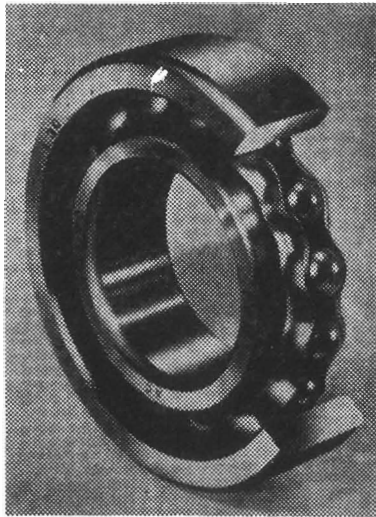
یک محور بصورت خارج از مرکز قرار داده شده‌اند پر گردیده‌اند. تعداد و قطر ساچمه‌ها بنحوی انتخاب می‌گردند که رینگ داخلی واقع شده در مابین اولین و آخرین ساچمه، بتواند با بهره‌گیری از خاصیت الاستیسیته هر دو رینگ بصورت هم مرکز با رینگ خارجی واقع شود.

عموماً از قفسه‌های ساخته شده از ورقه‌های فولادی جهت حصول اطمینان از حفظ فواصل مشخص ساچمه‌ها، استفاده می‌شوند و دو قفسه فلزی که هر کدام در یکطرف برینگ قرار داده می‌شوند به نحو مناسبی بهم مرتبط می‌گردند. استفاده از قفسه‌های یکپارچه فولادی، آلیاژهای مسی، آلیاژهای آلومینیومی و یا پلاستیکی برای مواقعی است که ضرورتاً لازم است برینگ در یک شرایط مشخص و مخصوصی کار کند. این نوع قفسه‌ها همانند قفسه‌های ساخته شده از ورقه‌های فولادی، نسبت به ساچمه‌ها مرکزیت داده می‌شوند. در برخی موارد برای استفاده از برینگها در سرعتهای بسیار بالا، قفسه مورد نظر در روی سطح کناری رینگ داخلی و یا سطح کناری

۱ در صنعت این نوع بلبرینگها به بلبرینگهای پرشده از ناچ معروف هستند. (م)



تصویر شماره ۴:  
نمایش مقطع عرضی یک برینگ ماگنتی



تصویر ۵: برینگ ماگنتی

۳۰ درجه بر روی صفحه مار بر جهت شعاعی برینگ صورت می‌پذیرد و بخاطر همین قابلیت است که این

### برینگهای ماگنتی<sup>۱</sup> (تصاویر ۴ و ۵)

برینگهای داخلی برینگهای نوع ماگنتی<sup>۲</sup> دقیقاً بهمان طرح و شکل رینگ داخلی بلبرینگهای شیار عمیق که قبلاً به آنها اشاره گردید می‌باشند در صورتی که پروفیل قسمت داخلی رینگ خارجی یعنی محل ساچمه‌رو، به صورت فصل مشترک برخورد یک استوانه با نیم شیار دایروی می‌باشد. در این نوع برینگها نیز همانند بلبرینگهای شیار عمیق، شعاع انحنايي نیم شیار فقط اندکی از شعاع ساچمه‌های مربوطه افزون می‌باشد.

بلبرینگهای ماگنتی اغلب به صورت جفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً با یک لقی محوری مشخصی نسبت بهم دیگر تنظیم می‌گردند. با استفاده از عمل یاد شده، اعوجاج طولی در عرض مدت زمان طولانی جبران می‌گردد و بر این حسب یک تنظیم محوری ایده آل در شفت‌های پر دور فراهم می‌شود.

از بلبرینگهای ماگنتی در ابزار آلات الکتریکی کوچک، جاروهای برقی، قطب‌نماها و غیره استفاده می‌شود. با توجه به اینکه اجزای برینگهای گفته شده قابل تفکیک از همدیگر می‌باشند بدین جهت رینگ خارجی و رینگ داخلی با مونتاژ اجزای چرخنده آن بصورت مجزاً قابل استفاده هستند. مجموعه ساچمه‌ها بر روی قفسه برنجی یک تکه ریخته‌گری شده و یا قفسه ورقه فلزی با پروفیل U شکل تعبیه گردیده‌اند.

### بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای<sup>۳</sup> (تصویر ۶)

معمولاً در یک بلبرینگ از نوع تماس زاویه‌ای، انتقال نیرو از شیار به ساچمه‌ها تحت زاویه ۲۰ الی

#### 1 MAGNETO BEARINGS

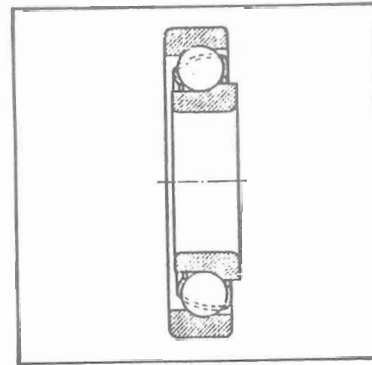
#### ۲ Magneto Bearings "برینگهای ماگنتی"

این نوع برینگها بجهت استفاده وسیع‌شان در روی ژنراتورها و موتورهای الکتریکی بهمین نام معروف گردیده‌اند و ما بجهت اجتناب از اشتباه تداعی مغناطیسی بودن برینگها، ترجیحاً به آوردن همان نام رایج بین‌المللی بجای ترجمه تحت‌اللفظی "برینگهای مغناطیسی" اکتفا کرده‌ایم. (م)

#### 3 ANGULAR - CONTACT BALL BEARINGS

داشت که اعمال تلرانس لقی مناسب در این نوع برینگها مستلزم آگاهی از احتیاجات و شرایط کاری سیستم تعلیق می‌باشد. مدنظر قرار دادن شرایط کاری یاد شده عموماً بمنظور اجتناب از تفکیک برینگها در مدت زمان کاری طولانی، بدلائل تغییرات دمائی محیط کارکرد و اعوجاج مداوم طول در حدفاصل شفت و مقر محفظه‌ای استقراری می‌باشد که لقی چرخشی برینگ را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. بنابراین در یک محدوده یا تاقانی، بهره‌گیری از بلبرینگهای تماس زاویه‌ای آنگاه ضرورت پیدا می‌کند که ضمن فراهم بودن بارهای سنگین محوری، بارهای از نوع شعاعی هم در یاتاقان اعمال گردد. با این تفصیل معلوم می‌گردد که بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای قابلیت انتقال بارهای محوری را در سرعتهای زیاد دارا هستند. بعنوان مثال در اسپندل ماشینهای ابزار که ضرورتاً باید در سرعتهای بسیار زیاد و در محدوده حداقل لقی کار بکنند ترجیحاً از بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای استفاده می‌شود.

کناره شیارهای رینگهای داخلی و خارجی بلبرینگهای مورد بحث بازوایای ثابت بترتیبی پیش‌بینی گردیده‌اند که عملاً غیرقابل تفکیک باشند. در موقع موتناژ بلبرینگ در کارخانه سازنده، رینگ خارجی را اندکی گرم کرده و بر روی مجموعه موتناژ رینگ داخلی و اجزای متحرک جاگذاری می‌کنند. برای تسهیل امر نصب از نوع دیگری هم استفاده می‌شود که در آن، رینگ داخلی با مجموعه اجزای متحرک بصورت یکجا بهمراه رینگ خارجی ارائه می‌گردند.



تصویر ۶: نمایش مقطع عرضی یک بلبرینگ از نوع تماس زاویه‌ای

نوع بلبرینگها قادر به انتقال بارهای محوری بیشتری نسبت به بلبرینگهای شیار عمیق هستند. با عنایت به طرح قسمت داخلی بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای معلوم می‌گردد که این بلبرینگها فقط در شرایطی می‌توانند بارهای شعاعی را متحمل شوند که بارهای شعاعی همزمان با بارهای محوری اعمال شده باشند.

اگر برحسب مورد، بارهای محوری گفته شده بصورت مداوم اعمال نگردند و یا نسبت بارهای شعاعی خارجی به بارهای محوری افزایش داشته باشند، محدودیت استفاده از بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای را می‌توان با تغییر انتخاب زاویه برخورد و یا پیش‌بینی استفاده از دو برینگ از نوع تماس زاویه‌ای را که همدیگر را پشتیبانی نمایند جبران کرد. در استفاده از روش اخیرالذکر، ضرورتاً لازم است جهت حصول اطمینان بیشتر از انتقال مناسب بار و نیز شرایط و وضعیت چرخشی صحیح، یک تنظیم محوری در حد فاصل شیارها و ساچمه‌ها صورت پذیرد. باید توجه

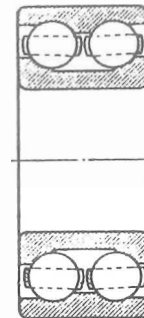
صدا در دورهای زیاد در اولویت باشد از قفسه‌های پلاستیکی هم استفاده می‌گردد .

بلبرینگهای تماس زاویه‌ای دو ردیفه برحسب نوع طراحی خود کلاً شامل دو جفت بلبرینگ از نوع تماس زاویه‌ای یک ردیفه می‌باشند .

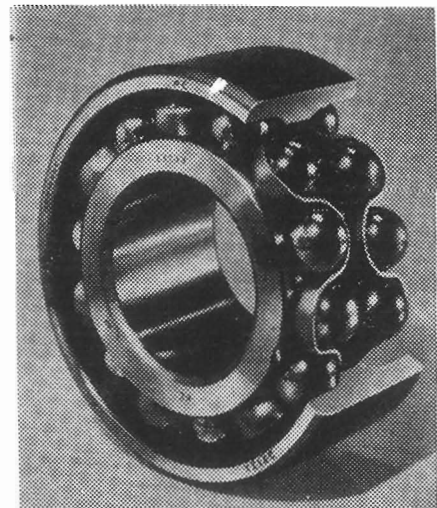
این نوع بلبرینگها از سوی تولیدکنندگان ، بدون و یا با لقی شعاعی و محوری بسیار اندک ارائه می‌گردند . با عنایت به این مطلب ، از جاگذاری سفت برینگ در محل نصبی خود که موجبات انبساط و انقباض الاستیکی در شیارها را فراهم می‌آورد بایستی اجتناب گردد چرا که عملاً بارگذاری زیاده از حد و نتیجتاً آسیب دیدگی شدید را به همراه خواهد داشت .

بلبرینگهای تماس زاویه‌ای دو ردیفه برای استفاده در شفتهای پنبیونهای خودروها که متداوماً تحت نیروهای تکراری شدید قرار دارند و لازم است شفت در مقابل انحرافات مقاومت از خود نشان دهد پیش‌بینی و طراحی شده‌اند . در یک طرف رویه رینگهای این بلبرینگها ، محل پرکردن ساچمه‌ها پیش‌بینی گردیده است با این محلها باید بدقت سنگزنی شوند تا در حین کار و چرخش برینگ از گیرکردن ساچمه‌ها در کناره‌های تداخل شیار رینگها با محلهای پرکردن ساچمه‌ها اجتناب گردد .

در بلبرینگهای تماس زاویه‌ای دو ردیفه معمولاً هر ردیف دارای قفسه مخصوص بخود می‌باشد که از ورقه فلزی فرم داده شده تهیه می‌گردند .



تصویر شماره ۷: نمایش مقطع عرضی یک بلبرینگ از نوع تماس زاویه‌ای دو ردیفه



تصویر شماره ۸: بلبرینگ نوع تماس زاویه‌ای دو ردیفه

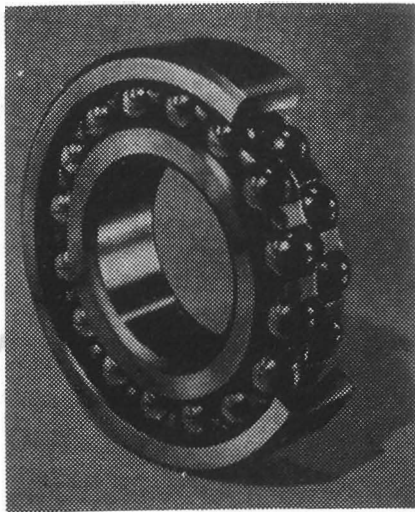
بیشترین مورد استفاده از بلبرینگهای از نوع تماس زاویه‌ای در چرخهای جلویی خودروها و در صنایع نورد می‌باشد .

قفسه بلبرینگهای تماس زاویه‌ای عموماً از نوع فلزی و ساخته شده از ورقه‌های فولادی است . از قفسه‌های یکپارچه فلزی ساخته شده از مس و آلیاژهای سبک و یا در مواردی که بحداقل رسانیدن

فاصل دو دیواره کناری ثابت یکی از رینگها قرار گرفته‌اند بصورتیکه رینگ دیگر دارای هیچ شیار و یا دیواره‌ای نیست. این نوع رولر برینگها به رولر



تصویر شماره ۹: نمایش مقطع عرضی بلبرینگ خود میزان



تصویر شماره ۱۰: بلبرینگ خود میزان

### بلبرینگهای خود میزان<sup>۱</sup> (تصاویر ۹ - ۱۰)

شیار رینگ خارجی بلبرینگهای خود میزان به صورت کروی شکل داده می‌شوند در حالی که رینگ داخلی آنها دارای دو شیار می‌باشد. در این نوع بلبرینگها، ساچمه‌ها با استفاده از قفسه فلزی ساخته شده از ورقه فولادی در فواصل مشخص از همدیگر قرار داده شده‌اند. استفاده از قفسه‌های ریخته‌گری شده از فولاد و یا آلیاژهای مس هم در برخی موارد کاربرد دارند. ساچمه‌ها به‌مراه قفسه مربوطه و رینگ داخلی تشکیل واحدی را می‌دهند که در داخل رینگ خارجی تحت نوسانات آن واحد، وضعیت خود را میزان می‌نمایند.

با بهره‌گیری از بلبرینگهای خود میزان موضوع صدمه‌پذیری برینگ تحت نامیزانی شفت نسبت به مقر محفظه‌ای و کماتش شفت متنفی می‌گردد. از این بلبرینگها در ماشین‌آلات کشاورزی تجهیزات نقاله‌ای، ماشین‌آلات و تجهیزات صنایع چوب و ... استفاده‌های شایانی می‌شود.

### ب - رولر برینگهای شعاعی<sup>۲</sup>

#### رولر برینگهای استوانه‌ای<sup>۲</sup>

رولر برینگهای استوانه‌ای برحسب راهنمای حرکت محوری شفت، اساساً در سه گروه عمده طبقه‌بندی می‌شوند که ذیلاً به تشریح هر کدام از آنها پرداخته می‌شود.

نوع اول رولر برینگهای استوانه‌ای برینگهایی هستند که اجزای متحرک آنها (رولرها) در شیار واقع در حد

- 1 SELF - ALIGNING BALL BEARINGS
- 2 RADIAL ROLLER BEARINGS
- 3 CYLINDRICAL ROLLER BEARINGS

نوع اول هستند با این تفاوت که در رینگ دوم هم یک دیواره کناری پیش‌بینی شده است. این نوع رولر برینگها به رولر برینگهای استقراری از یک طرف شناخته می‌شوند. شماتیک رولر برینگهای یادشده در تصویر شماره ۱۳ نشان داده شده است.

در نوع سوم رولر برینگهای استوانه‌ای، اجزای متحرک (رولرها) در مابین هر دو رینگ داخلی و خارجی که هر کدام دارای دو دیواره کناری هستند قرار داده شده‌اند. این رولر برینگها بنام رولر برینگهای استقراری از دو طرف شناخته می‌شوند و به عنوان یک برینگ ثابت جهت تثبیت شفت در دو جهت محوری قابل نصب و جاگذاری هستند.

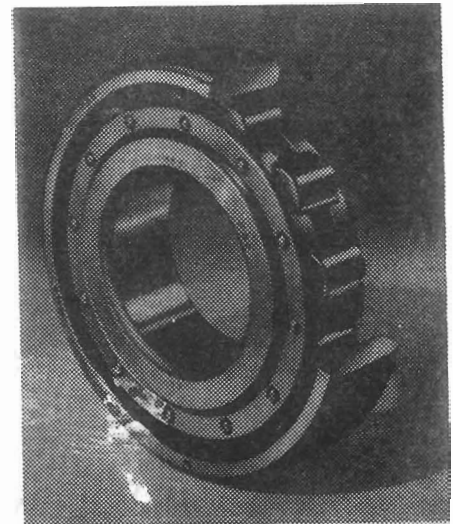
اساساً در رولر برینگهای استوانه‌ای، شیارها و اجزای متحرک (رولرها) بصورت استوانه‌ای هستند اما در سطح رویه رولرها یک منحنی با شیب بسیار کم در نظر گرفته می‌شود تا امکان سازگاری برینگ برای جبران خارج از محوری شفت (البته تا یک درجه محدودی) فراهم شده باشد.



تصویر شماره ۱۳: نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ استوانه‌ای (نوع غیراستقراری از یک طرف)



تصویر شماره ۱۱: نمایش مقطع عرضی یک نوع رولر برینگ استوانه‌ای (غیراستقراری)



تصویر شماره ۱۲: رولر برینگ استوانه‌ای (غیراستقراری)

برینگهای غیراستقراری معروف هستند. رولر برینگهای غیراستقراری نیروی محوری را تحمل نمی‌کنند و برای جبران تغییرات طولی شفت یا محفظه نصب نسبت به همدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نوع دوم رولر برینگهای استوانه‌ای مشابه همان،

رینگ داخلی تطبیق داده شده‌اند استفاده شود. باید توجه داشت که در یک چنین وضعیتی باید از روانکارهای نوع روغنی بهره‌گیری شود.

محل استفاده رولر برینگهای استوانه‌ای بیشتر در واحدهای سیستم تعلیق موتورهای الکتریکی با خروجی‌های متوسط و بالاتر و همچنین در سیستم تعلیق محوری قطارها عمومیت دارد. از رولر برینگهای استوانه‌ای دو ردیفه با دقت چرخشی بالا در اسپندلهای ماشینهای ابزار استفاده می‌شود. یا تاقان رول‌های اصلی دستگاههای نورد هم با رولر برینگهای استوانه‌ای چند شیاره تجهیز می‌گردند. این نوع رولر برینگها بدون قفسه هستند و بهمین دلیل و با امکان افزایش تعداد رولرها، به ظرفیت حمل بار در آنها بنحو چشم‌گیری افزوده می‌گردد.

#### رولر برینگهای سوزنی<sup>۱</sup>

رولر برینگهای سوزنی خود یک نوع مشخص دیگری از انواع رولر برینگهای استوانه‌ای هستند که تفاوت آنها روی نوع رولر (سوزنی یا استوانه‌ای) می‌باشد (تصاویر ۱۵ و ۱۶). وجه تسمیه رولر سوزنی بجای رولر استوانه‌ای، بجهت طویل بودن یلندی رولرها نسبت به قطر آنها می‌باشد. با عنایت به این مطلب معلوم می‌گردد که اندازه قطر رولرهای نوع سوزنی خیلی کوچک می‌باشد. تولید کنندگان مربوطه، نه تنها معمولاً رولر برینگهای سوزنی را بصورت مجموعه کاملی از رینگ داخلی، رینگ خارجی و



تصویر شماره ۱۴: نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ استوانه‌ای (نوع استقراری از دو طرف)

امکان انفکاک پذیری رینگ خارجی و داخلی بصورت مجزا، در آسان کردن امر نصب بعنوان یک امتیاز شناخته می‌شود. برینگهایی که اندازه ابعاد آنها در محدوده اندازه‌های متوسط باشند، معمولاً مجهز به قفسه فلزی از ورقه‌های فولادی هستند. این نوع برینگها با روانکارگریسی سازگاری بیشتری دارند چرا که این نوع قفسه‌ها بجهت شکل مخصوص خود قادر به حفظ گریس شارژ شده در مدت زمان طولانی هستند و یک روانکاری مناسب را در حد فاصل سطوح لغزشی تأمین می‌نمایند.

قفسه‌های یک تکه فولادی، آلیاژهای سبک یا آلیاژهای مسی معمولاً نسبت به رولرها تطبیق داده می‌شوند و عموماً برای استفاده در رولر برینگهای بزرگ سازگاری بیشتری دارند.

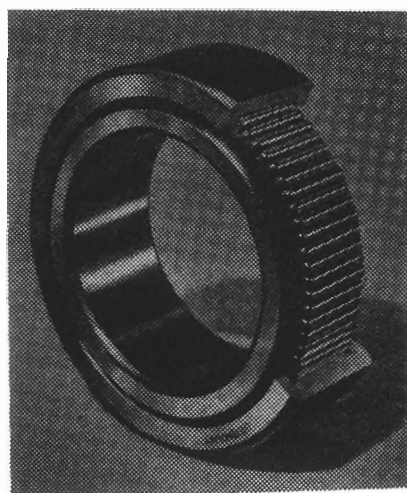
در مواقعی که چرخش مناسب قفسه در سرعتهای بالا مورد نظر باشد پیشنهاد می‌شود که از قفسه‌های یک تکه‌ای که نسبت به کناره‌های رینگ خارجی و یا

رولرها و بدون قفسه هم عرضه می‌دارند ولی با توجه به اینکه نسبت اندازه قطر شفت به قطر رولرهای سوزنی بسیار زیاد است نتیجتاً سرعت نسبی رولرها نسبت به شفت هم زیاد خواهد بود و از آنجائیکه حرکت چرخشی رولرها در خلاف جهت چرخشی شفت می‌باشد بدین دلیل برای کسب یک حرکت موزون در اجزای چرخشی معمولاً آنها را با قفسه مورد استفاده قرار می‌دهند.



تصویر شماره ۱۵:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ سوزنی

مطابق توضیحات فوق، محدوده کارکرد رولر برینگهای سوزنی بستگی زیادی با شمای طرح محل جاگذاری و نصبی آن خواهد داشت که از آن میان می‌توان به یاتاقان بندی شاتون در موتورهای احتراق داخلی، یاتاقان بندی میل سوپاپ، یاتاقان فنرهای برگه در سیستم تعلیق، یاتاقان قفل کاردان و یاتاقانهای چرخنده‌های هرزگرد، محورهای متحرک گیربکس‌ها و غیره نام برد.



تصویر شماره ۱۶: رولر برینگ سوزنی

### رولر برینگهای مخروطی<sup>۱</sup>

در رولر برینگهای مخروطی (تصاویر ۱۷ و ۱۸) رولرها و محل حرکتی رولرها در سطح رینگهای داخلی و خارجی بصورت مخروطی می‌باشند بصورتیکه ادامه خطوط سطح تماس رولرها و محل حرکتی رولرها، در نقطه‌ای واقع در روی خط محوری رولر برینگ و در خارج از رولر برینگ همدیگر را قطع می‌کنند. موقعیکه رولر برینگ تحت

رولر سوزنی به‌مراه قفسه عرضه می‌دارند بلکه خود رولرهای سوزنی بصورت مجزا هم قابل ارائه هستند. با این امکان، خریدار خود می‌تواند رولرهای سوزنی را بصورت مستقل تهیه کرده و در آرایش یاتاقانی مورد نظر خود در روی شفت‌ها و محفظه نصب و جاگذاری بکار گیرد و با این کار خود یک آرایش یاتاقانی مناسبی را در یک حجم و فضای محدود بدست آورد.

رولر برینگهای سوزنی را با مجموعه کامل

روش جاگذاری گفته شده در مورد بلبرینگهای از نوع برخورد زاویه‌ای، بهمان صورت در مورد رولر برینگهای مخروطی هم بکار گرفته می‌شود چرا که تحت اثر نیروی شعاعی یک نیروی محوری هم در برینگ ایجاد می‌گردد.

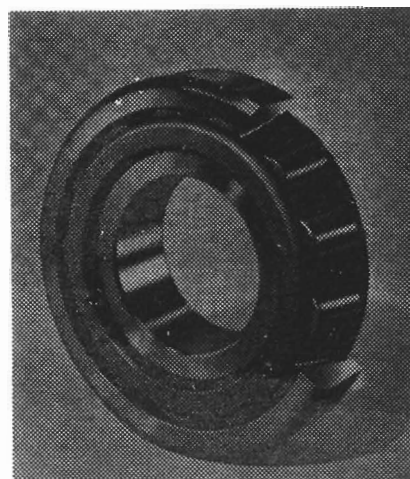
در یک آرایش یاتاقانی، بطور معمول از یک جفت رولر برینگ مخروطی استفاده می‌شود و بدین ترتیب این برینگها همدیگر را در جهت محوری پشتیبانی می‌نمایند. در اسپندلهای اصلی ماشینهای ابزار از ترکیب یک بلبرینگ کف گرد و یک رولر برینگ مخروطی استفاده می‌شود.

قفسه این نوع رولر برینگها از ورقه فولادی پرس شده و بصورت یک پارچه ساخته می‌شود و بارولرها در حول محور رینگ داخلی یک مجموعه مشخصی را بوجود می‌آورد. در رولر برینگهای بزرگتر از قفسه ریخته‌گری شده یک پارچه استفاده می‌شود.

اساساً از رولر برینگهای مخروطی در توپی چرخ خودروها، نقاله‌ها و غیره استفاده بعمل می‌آید. این مطلب نه تنها بخاطر قابلیت خوب این نوع برینگها در انتقال بارهای محوری و شعاعی می‌باشد بلکه با عمل تنظیم محوری موقعیت هر کدام از رینگها، امکان تثبیت لقی مطلوب در جفت برینگ بکار برده شده فراهم می‌آید. بخاطر همین دلایل مهم استفاده از این نوع برینگها در خودروهای سنگین و شفت چرخ دنده پنیون که عملکرد مناسب آنها یک آرایش یاتاقانی مستحکم با لقی محوری حداقل امکان کمتری را تحت



تصویر شماره ۱۷:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ مخروطی



تصویر شماره ۱۸: رولر برینگ مخروطی

بار قرار گیرد، نیروهای نرمال در سطوح چرخشی یک زاویه کمتر از  $180^\circ$  را می‌سازند، نتیجتاً با تجزیه نیرو در جهت محور رولر منتجه بار وارده بر کناره رینگ داخلی معلوم می‌گردد. سطح پیشانی رولرها و سطح کناره رینگ داخلی که نسبت بهم حرکت لغزشی دارند طوری طراحی و ساخته میشوند که با روانکاری لازم یک فیلم روغن بصورت مداوم در مابین آنها تشکیل شده باشد.



تصویر شماره ۱۹:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ از نوع خود میزان

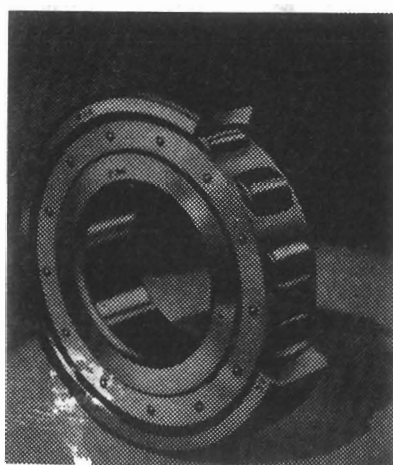
بارهای شدید محوری و شعاعی ایجاب می‌نماید، شایان توجه است. امکان تنظیم ظریف لقی در رولر برینگهای مخروطی، استفاده از آنها را در اسپندلهای اصلی ماشینهای ابزار بسیار متداول ساخته است. در انگلستان و آمریکا برای استفاده در صنایع نورد، اسپندلهای ماشینهای ابزار و اکسل بندی قطارها از رولر برینگهای مخروطی چند ردیفه استفاده می‌شود.

### رولر برینگهای خود میزان ۱

شیار رینگهای خارجی رولر برینگهای خود میزان بصورت کروی شکل داده می‌شوند بصورتیکه وضعیت نامیزانی و کمانش محوری حرکت مجموعه رینگ داخلی و مونتاژ رولرها نسبت به رینگ خارجی با امکان حرکت نوسانی مجموعه اخیر در داخل برینگ، جبران می‌گردد.

در رولر برینگهای خود میزان یک ردیفه (تصاویر ۱۹ و ۲۰)، رولرها در مابین دو کناره ثابت رینگ داخلی جاسازی می‌شوند. قفسه این نوع رولر برینگها، رولرها را در فواصل صحیح و مشخص از همدیگر حفظ می‌نمایند و از ورقه فولادی، آلیاژ فلزات سبک و یا آلیاژهای مس ساخته می‌شوند. در رولر برینگهای کوچکتر عموماً از قفسه ساخته شده از ورقه‌های فولادی استفاده می‌گردد.

رولر برینگهای خود میزان یک ردیفه بجهت ساختار ساده و قوی آنها برای استفاده در مواردی که، بارهای سنگین و از نوع ضربه‌ای به یاتاقان وارد شود مورد نظر هستند. این نوع شرایط کار بیشتر در مورد



تصویر شماره ۲۰: رولر برینگ از نوع خود میزان

ماشین آلات معدن کاری و عملیات نورد مصداق پیدا می‌کند. ظرفیت حمل بار محوری رولر برینگهای خود میزان در حد بسیار نازلی قرار دارد.

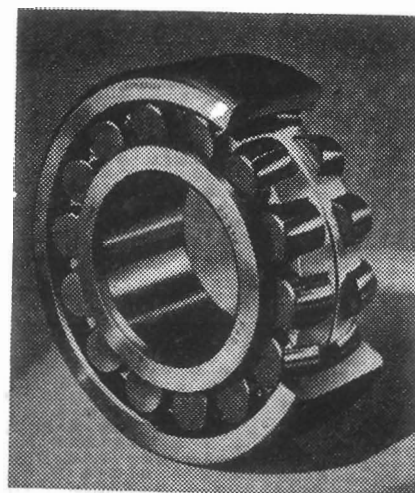
اساساً دو نوع رولر برینگ خود میزان دو ردیفه، طراحی و ساخته می‌شوند. نوع اول آنها عبارت از تیبی می‌باشد که، رولرهای مورد استفاده در آنها بصورت بشکهای متقارن شکل داده شده‌اند (تصاویر ۲۱ و ۲۲)

علی الظاهر بلااستفاده مانده و نقش آنها فقط هدایت رولرها به منطقه بدون بارگذاری شده است. در سالهای اخیر ساخت رولر برینگهای خود میزان دو ردیفه و بدون کناره‌های شیار رینگ داخلی رواج بیشتری یافته است.



تصویر شماره ۲۱: نمایش مقطع عرضی یک رولربرینگ دو ردیفه از نوع خود میزان

نوع دوم از رولر برینگهای خود میزان عبارت از تپی می‌باشد که رولرهای آن بصورت بشکه‌ای نامتقارن شکل داده شده‌اند. متوجه نیروهای نرمال در سطوح رولرها، تشکیل یک زاویه کمتر از  $180^\circ$  را می‌دهند و بدینجهت تجزیه نیروی محوری بر روی مرکز کناره‌های شیار رینگ داخلی اعمال می‌گردند. تحت این نیروها رولرها به مرکز شیار، منطقه‌ای که فشار تماس تحت بار روی برینگ متغیر است هدایت می‌گردند.

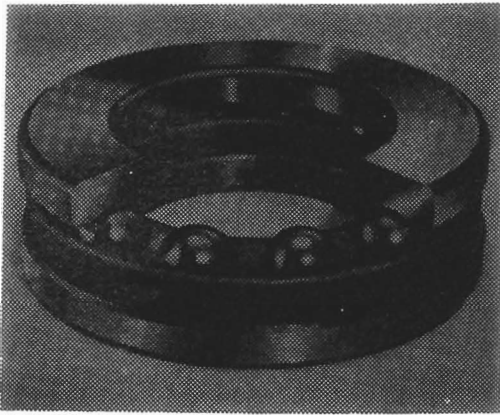


تصویر شماره ۲۲: رولربرینگ دو ردیفه از نوع خود میزان

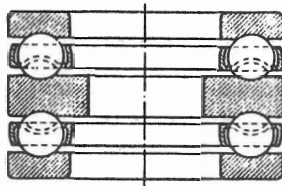
ظرفیت حمل بار شعاعی و محوری در هر دو نوع رولر برینگ خود میزان دو ردیفه بسیار زیاد است و بدلیل قابلیت خود میزانی آنها تحت حرکتی نامیزان، جاگذاری غلط و یا تا حدودی سرویس غیر صحیح نمی‌توانند عملکرد مناسب‌شان را تحت تأثیر زیاد قرار دهند.

استفاده از این برینگها در صنایع نورد، سکان و شفتهای پروانه کشتی‌ها، سنگ شکن‌ها، میل لنگ‌ها و غربال‌های نوسان کننده بسیار رایج و گسترده است.

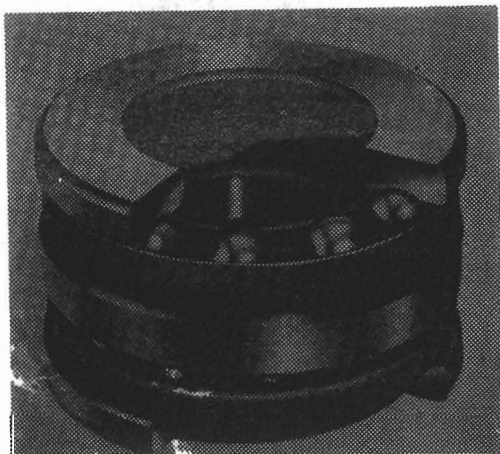
بصورتیکه متوجه نیروهای اعمال شده از رینگهای داخلی و خارجی برینگ بر روی رولرهای متقارن، دارای یک خط اثر می‌باشند. بارهای محوری اعمال شده روی برینگ منحصراً توسط سطوح تماس رولرها جذب می‌گردند و بخاطر همین مطلب محل کناره‌های رینگ داخلی و پیشانی رولرها تحت بار قرار نمی‌گیرند. تقریباً در قیل و در جریان نصب، این مناطق



تصویر شماره ۲۴:  
بلبرینگ کف گرد یک جهته با محل شیار ساچمه رو



تصویر شماره ۲۵: نمایش مقطع عرضی یک بلبرینگ کف گرد دو جهته با محل شیارهای ساچمه رو



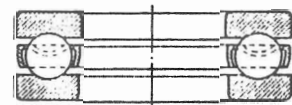
تصویر شماره ۲۶: بلبرینگ کف گرد دو جهته.

### ج - بلبرینگهای کف گرد ۱

#### بلبرینگهای کف گرد با محل شیار ۲

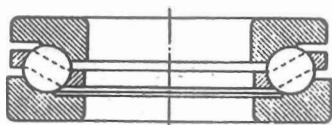
بلبرینگهای کف گرد یک جهته (تصاویر ۲۳ و ۲۴) دارای دو واشر محفظه‌ای ساچمه رو شیارداری هستند که شعاع شیار هر کدام از واشرها فقط اندکی از شعاع ساچمه‌ها بیشتر است. جهت تماس واشرها با ساچمه‌ها، در جهت موازی محوری چرخشی برینگ می‌باشد بصورتیکه تحت هر مقدار بار محوری اعمال شده، ساچمه‌ها بسمت مرکز شیارها رانده می‌گردند. با یک چنین عملی در مورد هدایت ساچمه‌ها، نیروی گریز از مرکز ساچمه‌ها تا یک درجه محدودی توسط محل شیار تحمل می‌شود و بدین جهت از این نوع برینگها فقط در محدوده سرعتهای پائین می‌توان استفاده کرد.

در یک بلبرینگ کف گرد دو جهته، (تصاویر ۲۵ و ۲۶) دو واشر محفظه‌ای و یک واشر واسطه شفت بکار می‌رود و استفاده از آنها در مواقعیکه نیروهای محوری از نوع معکوس باید یا تا قان بندی گردند رایج می‌باشد. در انواع برینگهای متداول کنونی معمولاً از واشرهای نوع تخت بهره‌گیری می‌شود استفاده از واشرهای خود میزان که علی‌الظاهر برای جبران بک ناخود میزانی تحت زوایای مشخصی طراحی گردیده‌اند پیشنهاد نمی‌گردد چرا که تحت اصطکاک لغزشی زیاد لنگی شفت حفظ نمی‌گردد این اشکال بیشتر در سطوح روانکاری نشده رخ می‌دهد.



تصویر شماره ۲۳: نمایش مقطع عرضی یک بلبرینگ کف گرد یک جهته با محل شیار ساچمه رو

- 1 THRUST BALL BEARINGS
- 2 THRUST BALL BEARINGS WITH GROOVED RACEWAYS



تصویر شماره ۲۷: نمایش مقطع عرضی یک بلبرینگ کف گرد از نوع تماس زاویه‌ای

این نوع برینگها اندکی بار شعاعی را همراه با بار محوری زیاد متحمل می‌شوند. لازم به اشاره است که هنوز ساخت وسیع این نوع برینگها عمومیت نیافته است.

#### ۵ - رولر برینگهای کف گرد شعاعی<sup>۱</sup>

##### رولر برینگهای کف گرد خود میزان<sup>۲</sup>

در رولر برینگهای کف گرد خود میزان، جهت تماس نسبت به محور شفت شیب دار می‌باشد (تصاویر ۲۸ - ۲۹). زاویه تماس بترتیبی انتخاب می‌گردد که برینگ ضمن داشتن ظرفیت حمل بارهای محوری بسیار زیاد بتواند بارهای شعاعی نسبتاً بیشتری را هم متحمل گردد. با توجه به شکل بشکهای رولرها و نیز طرح کروی محل حرکتی رولر روی رینگها، قابلیت هم‌میزانی برینگ خود بخود فراهم می‌باشد. برحسب نحوه تنظیم خود میزان شعاعی، اجزای متحرک (رولرها) این نوع برینگها بصورت بشکهای متقارن یا نامتقارن انتخاب می‌گردد. در امر مونتاژ برینگهای مورد بحث اساساً از یک یا دو قفسه فلزی یکپارچه که معمولاً از ورقه‌های فولادی ساخته شده باشند استفاده

صرف نظر از مطلب گفته شده، در مورد محفظه‌هایی که در نحوه ماشینکاری آنها بی‌مبادلاتی شده باشد استفاده از این نوع واشرها تا حدودی جبران مافات می‌نماید. برحسب مقدار لقی محوری و شعاعی پیش‌بینی شده، احتمال خمش انحنائی شفت در یک آرایش یا تاقانی افقی حذف می‌گردد ولی باید توجه داشت که چون بهر حال واشرهای کف گرد در تحمل نامیزانی قابلیت چندانی از خود ندارند نتیجتاً مسبب توزیع نامتعادل بارها در یاتاقان بندی گردیده و خستگی زودرس مواد را فراهم می‌آورند.

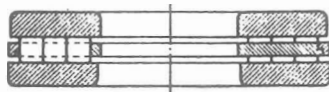
در بلبرینگهای کف گرد که در اندازه‌های ابعادی کوچک و یا متوسط تولید شده باشند، از قفسه‌های تهیه شده از ورقه‌های فولادی در شرایط کاری نرمال استفاده می‌شود. در برینگهای بزرگتر، از قفسه‌های یک پارچه ریخته‌گری شده از فولاد، آلیاژهای سبک و یا از آلیاژهای مسی بهره‌گیری می‌شود.

استفاده از بلبرینگهای کف گرد برای تحمل بارهای محوری زیاد و نیز کاهش مقدار بارها محوری اعمال شده به برینگهای نوع شعاعی شایان توجه می‌باشد. از موارد نمونه می‌توان به نوع یاتاقان بندی در مواردی که سرعت چرخشی چندان زیاد نباشد اشاره کرد.

برخی از بلبرینگهای کف گرد با سطح تماس شیب‌دار محل شیار ساچمه رو نسبت به محور برینگ طراحی و ساخته می‌شوند (تصویر شماره ۲۷) که به آنها بلبرینگ کف گرد از نوع تماس زاویه‌ای گفته می‌شود.

1 ROLLER THRUST BEARINGS

2 SELF - ALIGNING ROLLER THRUST BEARINGS

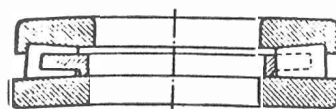


تصویر شماره ۳۰:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ کف گرد استوانه‌ای

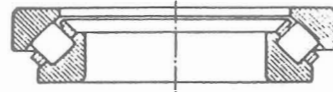
خود را بر حسب وضعیت محور چرخشی میزان سازند. سطح مستوی محل حرکتی رولرها، امکان یک تنظیم شعاعی در برینگ را فراهم می‌آورد. بمنظور حصول اطمینان از نصب رولرها در فواصل مشخص و مناسب و نیز تسهیل امر نصب آنها، از قفسه‌های ریخته‌گری شده و یا قفسه‌های ساخته شده از ورقه‌های فولادی استفاده بعمل می‌آید.

#### رولر برینگهای کف گرد مخروطی ۲

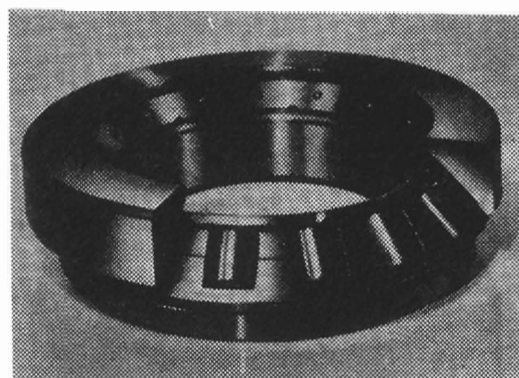
رولر برینگهای کف گرد مخروطی عموماً با یک واشر مسطح و یک واشر با شیار مخروطی (تصویر شماره ۳۱) طراحی و ساخته می‌شوند. تحت تأثیر وضعیت مخروطی رولرها، نیروی شعاعی پدید آمده به دیواره کناری واشر متحرک وارد می‌گردد.



تصویر شماره ۳۱:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ کف گرد مخروطی



تصویر شماره ۲۸:  
نمایش مقطع عرضی یک رولر برینگ کف گرد خود میزان



تصویر شماره ۲۹:  
رولر برینگ کف گرد خود میزان

می‌گردد. موارد استفاده گسترده از این نوع برینگها عبارتند از: یاتاقان بندی مرکزی جراثقالها، شفتهای پروانه کشتی‌ها به عنوان برینگهای کف گرد، واحدهای چرخنده‌ای بزرگ و ...

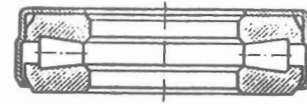
#### رولر برینگ کف گرد استوانه‌ای ۱

همچنانکه در تصویر شماره ۳۰ مشاهده می‌گردد در ساختمان رولر برینگ کف گرد استوانه‌ای از دو واشر مسطح استفاده شده است. با منظور نمودن چند رولر کوتاه بجای یک رولر بلند که در داخل محفظه‌های قفسه برینگ جاسازی گردیده‌اند، بر شرایط بهتر وضعیت چرخشی اجزای متحرک (رولرها) بیش از پیش افزوده می‌گردد. برآیند تعادل اصطکاکی موجب می‌گردد که رولرها موقعیت شعاعی

1 CYLINDRICAL ROLLER THRUST  
BEARINGS

2 TAPER ROLLER THRUST BEARINGS

وجود دارد که در طرح آنها از دو واشر با شیار مخروطی استفاده شده است. نمایش مقطع عرضی این نوع رولر برینگها در تصویر شماره ۳۲ آورده شده است. نوع بدون قفسه برینگهای یاد شده دارای یک مجموعه کاملی از اجزای متحرک ( رولرها ) هستند و مشخصاً در یاتاقان بندی بازوئی مفصلی فرمان خودروها بکار گرفته می‌شوند. برای این چنین مواردی، برینگ در داخل یک بسته ساخته شده از ورقه‌های فلزی تحویل داده می‌شود.



تصویر شماره ۳۲: نمایش مقطع عرضی رولر برینگ کف گرد مخروطی ( برینگ برای بازوئی مفصلی فرمان )

این نوع برینگها همانند رولر برینگهای کف گرد استوانه‌ای، وضعیت خود را در جهت شعاعی میزان می‌نمایند. یک نوع رولر برینگ کف گرد مخروطی نیز

□ مرجع :

این مقاله ترجمه فصل اول کتاب :

BALL AND ROLLER BEARINGS  
( THEIR THEORY , DESIGN , AND APPLICATION )  
ESCHMANN. HASBARGEN. WEIGAND  
R. OLDENBOURG MÜNCHEN

تحت عنوان : TYPES OF BALL AND ROLLER BEARINGS می‌باشد.





PUMPIRAN

## کاربرد پمپ در صنایع شیمیائی

مهندس مینو الماسی - کادر علمی و پژوهشی

سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران - مرکز شیراز

### چکیده:

صنایع شیمیائی مصرف کنندگان اساسی انواع مختلف پمپهای پروسس بخصوص پمپهای سانتریفوژ می باشند. از آنجائیکه پمپهای سانتریفوژ در طیف وسیعی از سرویسهای مختلف بکار می رود احتیاج به استاندارد کردن ابعاد و خصوصیات عملکرد پمپها بطور وضوح آشکار است. ابتدا " تولید کنندگان، پمپهای سانتریفوژ نوع شیمیائی با طراحی های استاندارد و با امکان زیاد برای تعویض قسمت های مختلف را مناسب تشخیص دادند.

در سال ۱۹۴۹، انجمن شیمی دانان تولید کننده<sup>۱</sup> (MCA) تقاضای تشکیل کمیته هایی را از طرف انجمن استانداردهای امریکا<sup>۲</sup> (ASA) جهت روشن شدن تناسب و امکانات یک، پمپ سانتریفوژ استاندارد برای صنایع شیمیائی دادند. ASA در سال ۱۹۵۵، به وسیله انستیتو هیدرولیک و انجمن شیمی دانان تولید کننده تشکیل کمیته 73 - B را داد. اگر چه خصوصیات بدست آمده توسط کمیته عاقبت الامر بطور ثابتی تصویب نشد ولی MCA آنها را به عنوان طرح پیشنهادی استانداردهای داوطلبانه امریکائی<sup>۳</sup> AVS انتشار داد. در سال ۱۹۶۷ انستیتو هیدرولیک، "

- 1 The Manufacturing Chemist Association
- 2 The American Standards Association
- 3 American Voluntary Standards

استانداردهای آزمایشی پمپ سانتریفوژ برای کاربردهای پروسی "را که بر اساس خصوصیات AVS بود انتشار دادند. در حال حاضر بیشتر از ۱۲ تولیدکننده پمپهای مرسوم به AVS را تولید می‌کنند.

### پمپهای شیمیائی:

امروزه تعداد زیادی از پمپهای شیمیائی که بصورت پوسته دو پارچه عمودی می‌باشند بطور وسیعی برای پروسهای شیمیائی بکار می‌روند. این پمپها طوری طراحی شده‌اند که وسیع‌ترین امکان کاربرد را در سرویسهای پروسی بدون احتیاج به تغییرات عمده در مواد، کاسه نمدها، محرکه‌ها و غیره را دارند. موادی که در ساخت قسمت‌های اصلی این پمپها بکار می‌روند شامل برنز، آهن، کربن، آلیاژ استیل، شیشه، پلاستیک، گرافیت، لاستیک سخت، فولاد ضد زنگ، فلزات مقاوم در مقابل خوردگی وسایش و مواد مصنوعی می‌باشند. هدف اصلی طراحی اینگونه پمپها جلوگیری از خوردگی وسایش در مقابل اسیدها، بازها و مایعات دیگر است. علاوه بر آن کارکرد، تعمیرات و نصب راحت‌تری دارند.

شکل (1 - 14) دو طراحی معمولی برای پمپهای شیمیائی را نشان می‌دهد.

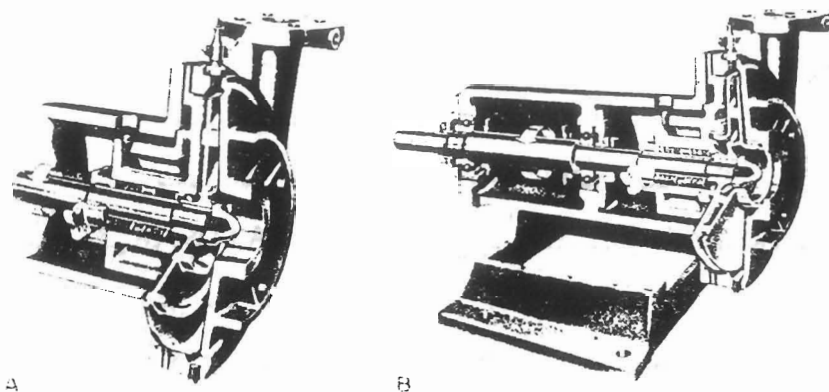


Fig. 14-1 Chemical pumps. (A) Semiopen impeller (B) Closed impeller. (From Pump Division, EMC Corp.)

پمپهای شیمیائی مدرن با محرکه‌های موتوری معمولاً دارای پروانه‌های پیچی با مکش انتهائی بوده که این پروانه‌ها بصورت بسته و یا نیمه باز هستند . در شرایطی که جعبه آب‌بندی<sup>۱</sup> معمولی دارای آب سردکننده برای کاسه نم ( وقتیکه دمای مایعی که پمپ می‌شود متجاوز از ۳۰۰۴ باشد ) است از بلبرینگ با مقاومت زیاد<sup>۲</sup> استفاده می‌شود . در بعضی اوقات از آب‌بندی مکانیکی بجای کاسه‌نمد استفاده می‌کنند . بعضی از تولید کنندگان پمپ از یک تبدیل کننده که به پوسته پمپ متصل شده استفاده می‌کنند تا از طریق آن بتوان این جابجائی را انجام داد . پوسته دو پارچه عمودی امکان کاربرد یک قطعه واشر حلقوی را می‌دهد . گرچه دو سیستم که در شکل ( 1 - 14 ) آمده بصورت یک مرحله‌ای می‌باشند از طراحی‌های مشابه استاندارد نیز برای پمپ دو مرحله‌ای استفاده می‌شود .

شکل ( 2 - 14 ) یک نمونه آب‌بندی مکانیکی مقاوم در مقابل سایش را که با این نوع پمپ کار می‌کند نشان می‌دهد . پمپهایی که در شکل ( 1 - 14 ) نشان داده شده‌است در اندازه‌های ۱ تا ۶ اینچ و ظرفیتهای تا ۱۲۰۰ gpm در حداکثر ارتفاعی تا ۲۳۱ فوت و دمای ۶۰۰۴ ساخته می‌شوند .

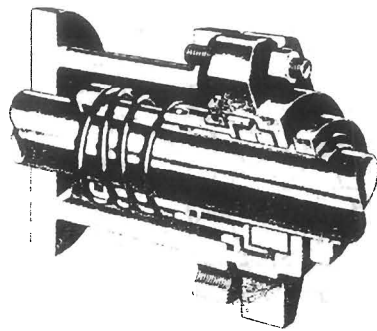


Fig. 14-2 Mechanical seal for use with abrasive liquids

- 1 Stuffing box .
- 2 heavy duty

مایعاتی که از طریق این پمپها منتقل می‌شوند شامل اسیدها ، بازها ، نمکها ، استاتها ، هیدروکربن‌ها ، کلریدها ، نشاسته و نفت است . خیلی از این پمپها روی پایه نصب می‌شوند و انواع دیگر که مایعات را با دمای بالاتری انتقال می‌دهند بصورت محور مرکزی نصب می‌گردند . روغنکاری باگریس برای مایعات تا دمای ۴۰۰°F استاندارد می‌باشد و برای دماهای بالاتر از روغن استفاده می‌شود .

**پمپهای AVS<sup>۱</sup>:**

در انتخاب مواد پمپها ، استانداردهای پمپهای AVS بطور وسیعی کاربرد پیدا کرده است . شکل ( 4 - 14 ) و ( 3 - 14 ) محدوده عملکرد و ابعاد استاندارد را برای پمپهای شیمیائی AVS نشان می‌دهد . پمپهای AVS دارای مکش محور مرکزی و نازلهای خروجی بوده که باعث ساده‌تر شدن اتصالات در لوله کشی میشود . پروانه‌ها از نوع تماماً باز و یا نیمه باز هستند . شکل ( 5 - 14 ) ، پمپ جدیدی را که توسط سازندگان پمپ ساخته شده و در صنایع شیمیائی استفاده می‌گردد را نشان می‌دهد . در این شکل پمپ بصورت عمود بر خط لوله قرار گرفته که بدینوسیله پمپ و موتور از طریق سیستم لوله کشی محافظت می‌شود .

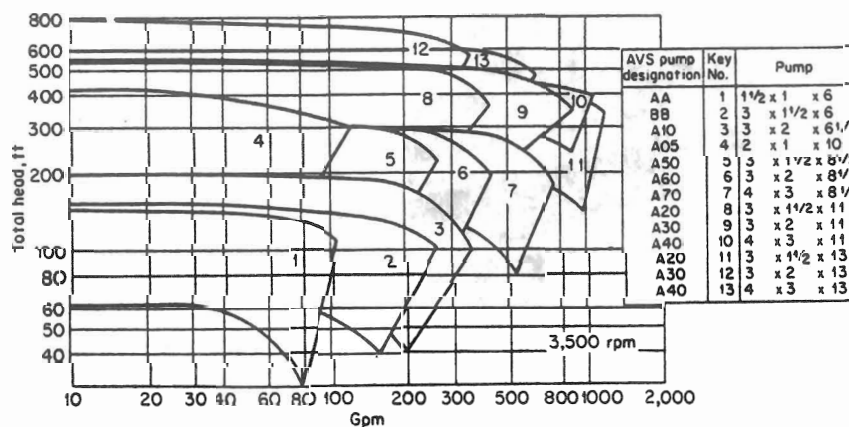
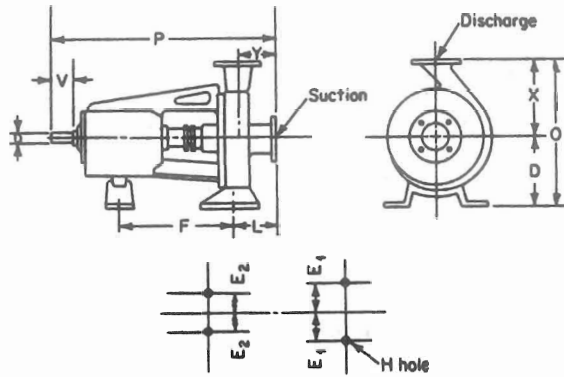


Fig. 14-3 AVS pump operating range at 3,500-rpm covers 1- to 3-in. pumps up to about 1,000 gpm. (Allis-Chalmers.)

1 The American Voluntry Standards .

Group I F4A Frame — 1 1/2 x 1 x 6,  
3 x 1 1/2 x 6

Group II F4B Frame  
2 x 1 x 10 4 x 3 x 8 1/2 3 x 2 x 13  
3 x 2 x 6 1/2 3 x 1 1/2 x 11 4 x 3 x 11  
3 x 1 1/2 x 8 1/2 3 x 1 1/2 x 13 4 x 3 x 13  
3 x 2 x 8 1/2 3 x 2 x 11



Dimensions	F4A frame	F4B frame
CP —	17 1/2	23 1/2
E <sub>1</sub> —	3	4 7/8
E <sub>2</sub> —	0	3 5/8
F —	7 1/4	12 1/2
H —	5/8	5/8
L —	4	4
U —	7/8 — 3/16 x 3/32	1 1/8 — 1/4 x 1/8
V —	2	2 5/8
Y —	4	4

Fig. 14-4 AVS pump standard dimensions cover two frame sizes for 1- to 3- in. pumps. (Allis-Chalmers.)

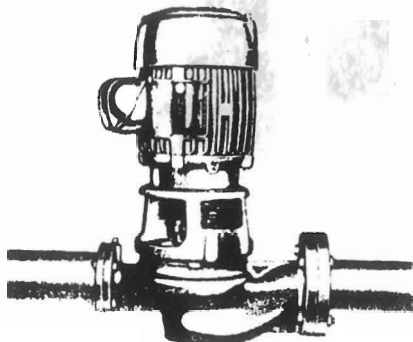


Fig. 14-5 A vertical in-line chemical pump is supported by the piping system. (Crompton Co.)

از آنجا که برای پمپهای افقی مسائل بسیاری وجود دارد لیکن تنها یک بعد مهم برای پمپهایی که بصورت عمودی در خط قرار می‌گیرند وجود داشته که آن فاصله بین فلنجهای می باشد. این نوع پمپها طرز لوله کشیها را در سیستم آسان کرده و فضای با ارزشی از زمین را ذخیره می‌کند. گرچه پمپهای فوق هنوز استناداری ندارند ولی حداقل یک تولید کننده در صنایع شیمیایی از مزایای امکان تعویض قسمتهای مختلف پمپ با پمپ افقی مشخص شده مشابه برخوردار شده است.

### پمپهای پروسس:

این پمپها از خیلی جهات شبیه به پمپهای شیمیایی هستند ولی طراحی آنها به گونه‌ای است که در دماهای بالاتری کار می‌کنند. شکل ( 6 - 14 ) یک نمونه از پمپ مدزن پروسس را نشان می‌دهد. برای اطمینان از منحرف نشدن پمپ در محدوده عملکرد آن در محور مرکزی افقیش کار می‌کند. آب بندی بصورت مکانیکی و یا کاسه نمداست. پوسته را معمولاً آنقدر ضخیم درست می‌کنند تا در مقابل خوردگی وسایش مقاومت لازم را داشته باشد.

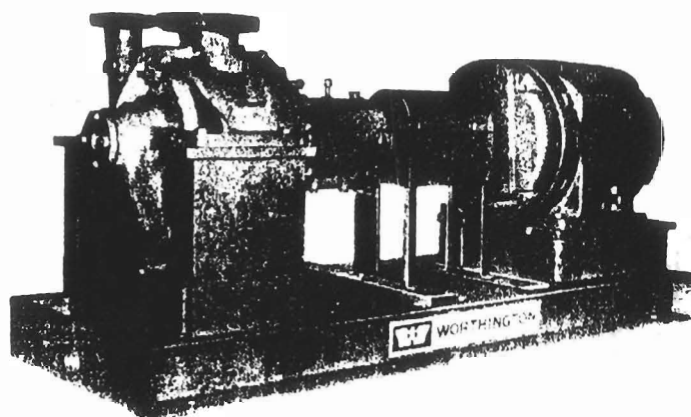


Fig. 14-6 Process pump is center line supported to hold shaft alignment regardless of temperature. (Worthington Corp.)

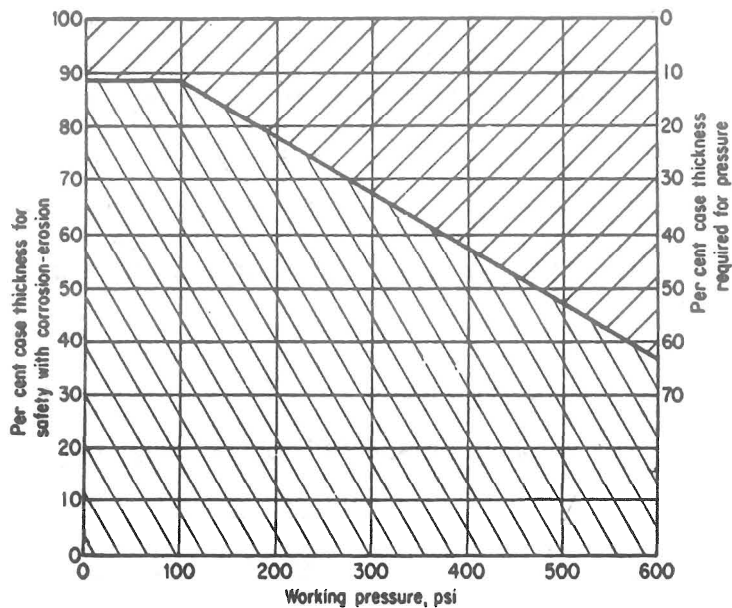


Fig. 14-7 Typical corrosion-erosion allowance in a process-pump casing.

شکل ( 7 - 14 ) ضخامت لازم برای خوردگی پوسته که در طراحی یک پمپ پروسس بکار رفته نشان می دهد .

تخمین یک تولید کننده با ترکیبی از شش سری از ورودی و خروجیهای مایع که برای نصب روی یک موتور ، توربین ، یا قاب یا تاقان مناسب است در حدود ۱۱۱ ، اندازه مختلف و ترکیب برای پمپهای شیمیائی و پروسس بدست آمده است . تلفیق این اندازهها با مواد مختلف موجود و اصلاحات طراحی استاندارد بیش از ۶۰۰۰۰ نوع پمپ است . تا کنون تمام این واحدها با قسمتهای استاندارد ساخته می شوند . امروزه بعضی پمپهای جدید مجهز به جمع کننده ای می باشند که به جعبه آب بندی متصل شده و باعث جمع آوری هرگونه نشست از جعبه می شود . آب بندی مکانیکی دوبله برای مایعات خورنده و با دماهای بالا بکار می رود .

با وجودیکه امروزه هیچ قانون ثابتی وجود ندارد ، ارتفاعی که برای بیشتر پمپهای شیمیائی و پروسس از کم تا متوسط یعنی از ۲۰ تا ۸۰ فوت مایع در دسترس است و محدوده ظرفیت تا حدود ۵۰۰۰ gpm و دما تا ۸۰۰<sup>o</sup>f است .

### سرویسهای فشار بالا:

پمپهای پیچکی چند مرحله‌ای که دو پارچه و افقی می‌باشند شکل ( 8 - 14 ) در واحدهای مدرن پروسس و شیمیائی برای سرویسهای هیدرولیک فشار بالا و متوسط بکار می‌روند .

واحدی که در شکل نشان داده شده است برای فشارهای  $1000 - 3000$  psi و ظرفیتهای تا  $700$  gpm بکار می‌رود .

از پمپهای نوع بشکه‌ای ( شکل 5 - 11 ) زمانیکه به فشار خیلی بالاتری احتیاج است استفاده می‌شود . امروزه در جاهائیکه تنها NPSH محدود موجود است پمپهای چند مرحله و یا تک مرحله‌ای عمودی را برای انتقال مواد شیمیائی بکار می‌برند .

این پمپها انواع مختلفی دارد و در آنها از کاسه نمد و یا آب‌بندی مکانیکی استفاده می‌شود . محدوده ظرفیت آنها تا  $5000$  gpm و ارتفاع تا  $1000$  ft و دما تا  $400^{\circ}\text{F}$  و یا بیشتر است .

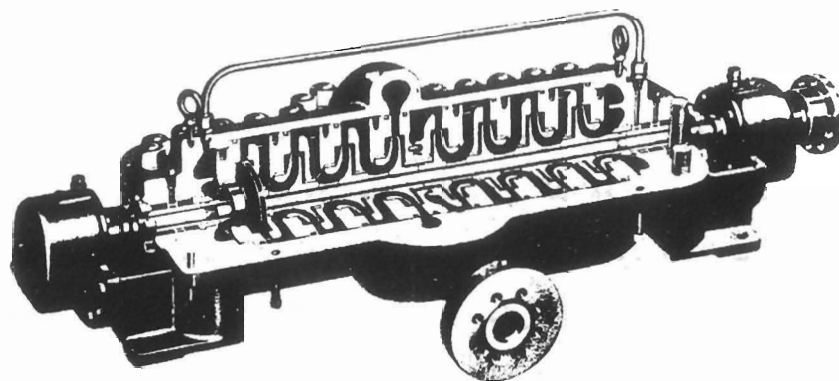


Fig. 14-8 Horizontally split multistage pump for general-process use (Angeroli-Rand Co.)

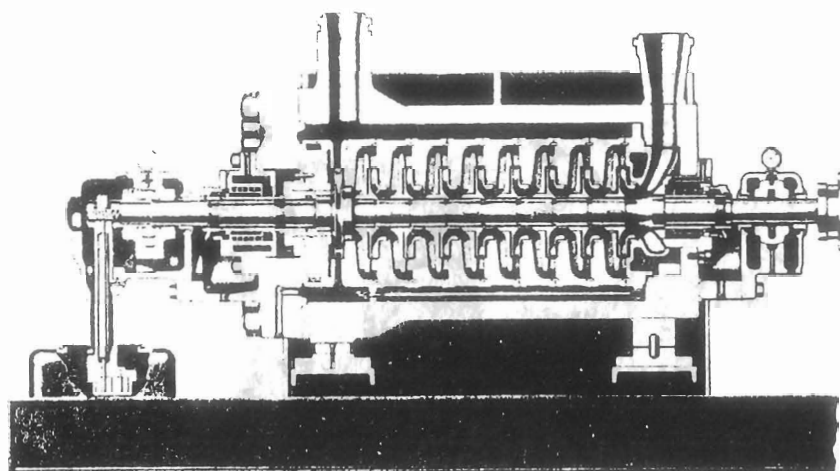


Fig. 11 5 High pressure, 8 stage barrel type feed pump. (Ingersoll-Rand Co.)

### پمپهای بدون نشست:

پمپهای با موتور مخصوص و نوع کنسروی<sup>۱</sup> (که پمپ و موتور بعنوان یک واحد در نظر گرفته می‌شوند) با طراحی‌های مختلف جهت سرویسهای بدون نشست که کاربرد وسیعی دارد ساخته شده است. (شکل 17 - 1)

خیلی از طراحی‌های مربوط به پمپ که در انرژی هسته‌ای کاربرد دارند در واحدهای شیمیایی نیز بکار می‌روند. اینها شامل انواع مختلفی از پمپهای نوع الکتروماگنتیک و موتور کنسروی می‌باشند. سیستمی که شبیه به شکل بکار رفته (17b - 1) می‌باشد دارای محدوده ظرفیت تا ۳۰۰ gpm و ارتفاعی تا ۱۹۵ فوت است. در حال حاضر پمپهای موتوری نوع کنسروی در دسترس است.

پمپهای جهت انتقال اسید و مواد خمیری شکل: تولید کنندگان اینگونه پمپها طراحی را برای شرایط خاص انجام می‌دهند. از آنجائیکه شرایط سرویس برای پمپهای اسیدی معمولاً جداگانه است (شکل 9 - 14) انتخاب دقیق و کاربرد آنها نهایتاً مهم است. درجائی که به طراحی خاصی احتیاج نیست پوششی از لاستیک، تفلون و نئوپرن برای پوسته، پروانه و پوشش پمپ استفاده می‌شوند.

1 Canned

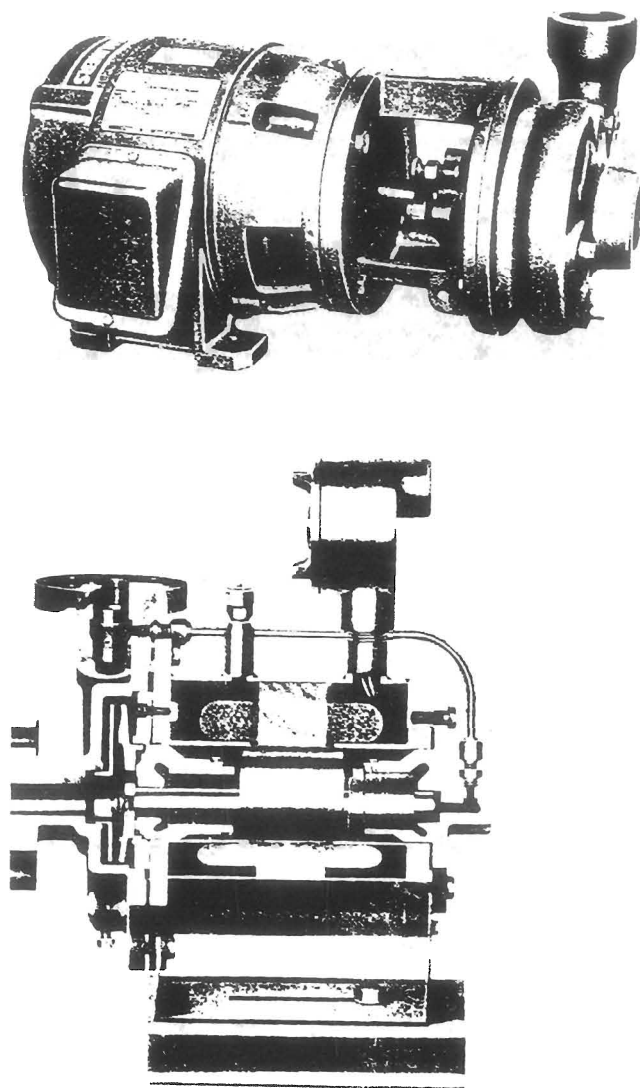


Fig. 14-17 Centrifugal pump case (a) with shaft and motor shaft extension (b) pump and motor shafts (c) pump and motor shafts with sealless telescopic case coupled (d) pump and motor shafts

شکل ( 10 - 14 ) یک نمونه از پمپ پوشش داده شده با تفلون را نشان می دهد .  
 شکل ( 11 - 14 ) پمپی جهت انتقال اسیدها و مواد خمیری شکل را نشان می دهد . پمپهای افقی و عمودی بالاستیک سخت ، پلاستیک جامد ، فولاد ضد زنگ و تمام سرب برای پمپاژ

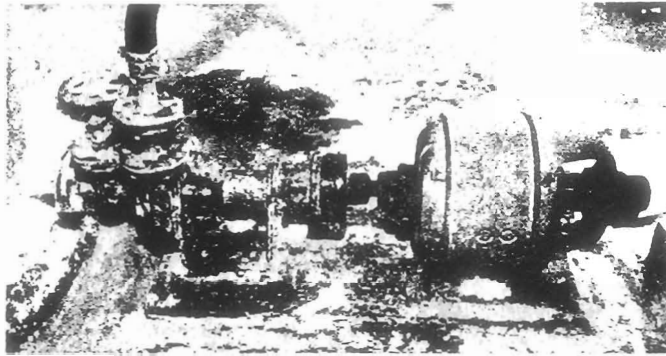


Fig. 14-9. Pump handling phosphoric acid. (Courtesy of Worthington Corp.)

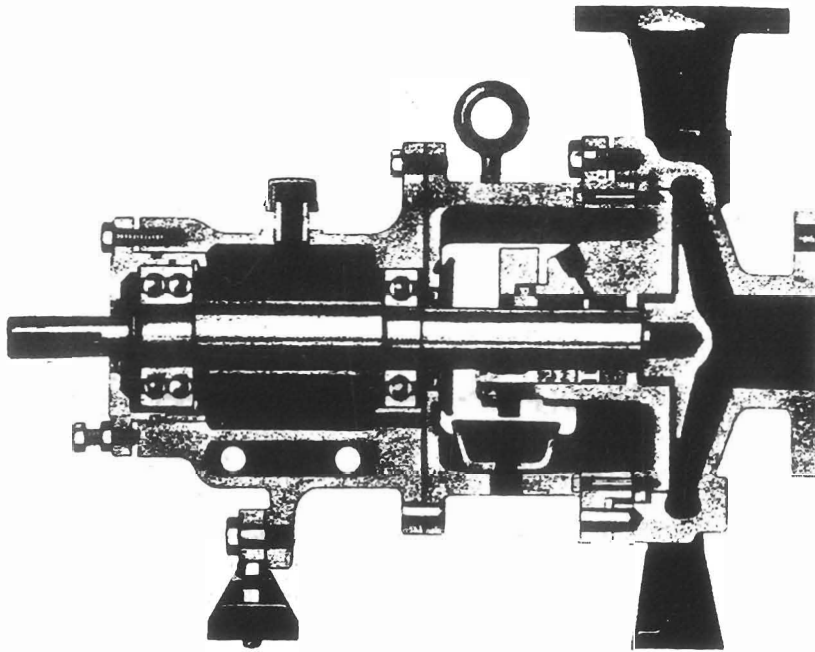


Fig. 14-10 Acid and slurry pump with two possible stuffing-box constructions shown (Goulds Pumps Inc.)

اسیدها بکار می‌رود. سیستمی که در شکل ( 11 - 14 ) نشان داده شده است می‌تواند به انواع مختلفی از جنعبه آب‌بندی، آب‌بندی مکانیک و کاسه نمدشیمیائی مجهز باشد. جمع‌کننده چکه از مواد مقاوم در مقابل مواد شیمیائی ساخته می‌شود تا از خوردگی یاتاقانها جلوگیری شود.

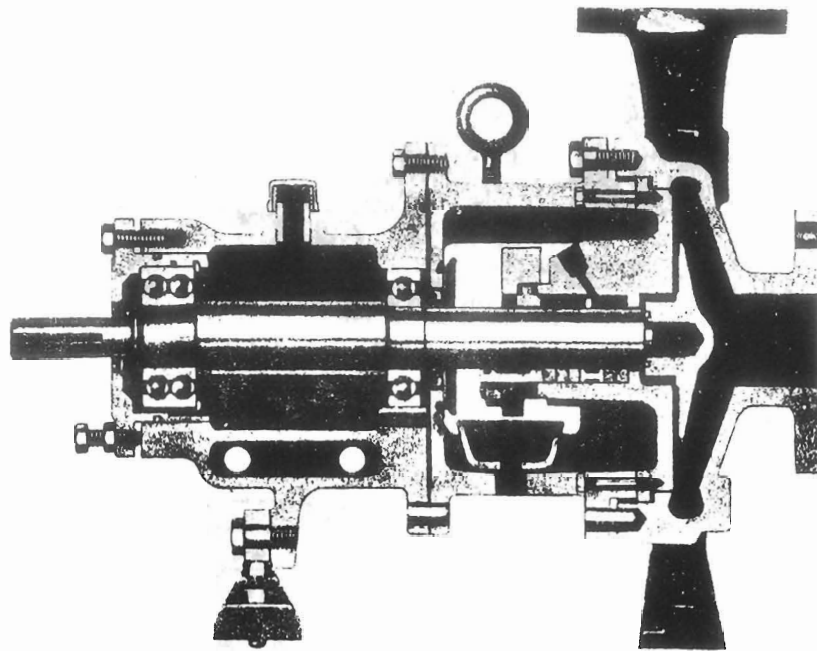
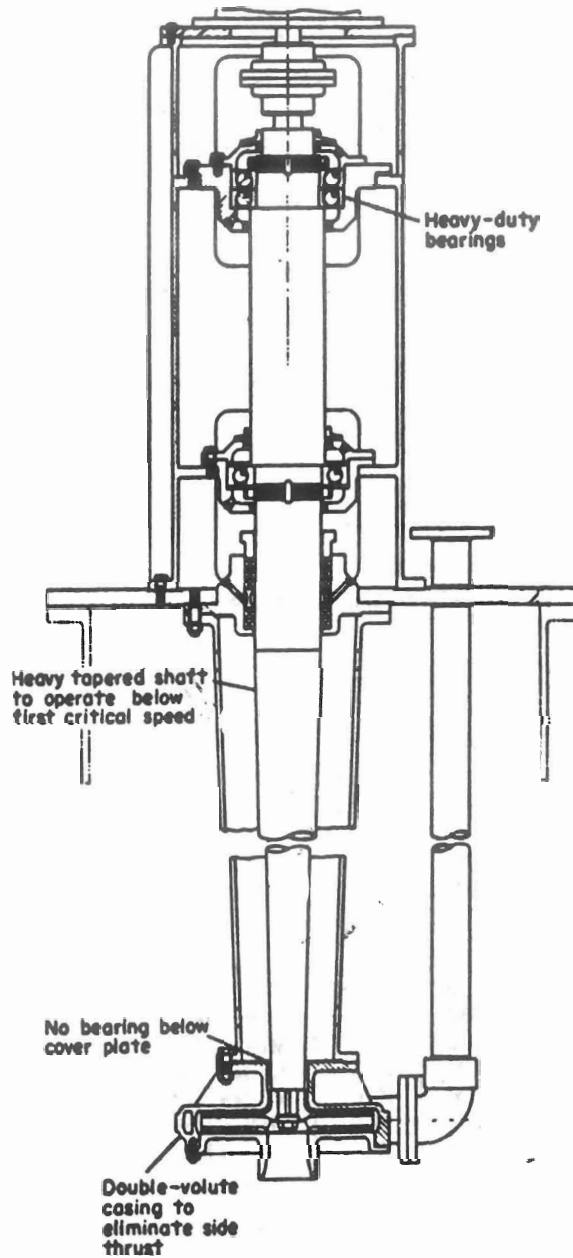


Fig. 14-11 Acid and slurry pump with two possible stuffing box constructions shown (Goulds Pumps Inc.)

### پمپهایی که جهت فلزات ذوب شده بکار می‌روند:

شکل ( 12 - 14 ) یک طراحی بدون کاسه نمد برای انتقال فلزات ذوب شده را نشان می‌دهد. در این پمپ از یک شفت باریک شونده با مقاومت زیاد استفاده می‌شود و با اینکار دیگر نیازی به وجود یاتاقان در زیر صفحه پوشاننده نمی‌باشد. جعبه لائی<sup>۱</sup> که در زیر یاتاقان وجود دارد باعث محصور کردن فشار و بخار و نه مایع است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است در بعضی از پمپهای عمودی بجای آنکه ورودی مایع در زیر پروانه باشد در بالای آن می‌باشد. پمپهای بدون کاسه نمد در طراحیهای نوع افقی در دسترس است. اما برای انتقال فلزات، انواع عمودی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1 Packing box



بعضی از پمپهائی که جهت انتقال مواد مذاب مورد استفاده قرار می‌گیرند چاه مکش آن عایقکاری شده و یا دارای پوشش بخار می‌باشد همچنین بطور الکتریکی گرم شده و یا با آب و بخار سرد می‌شود. امروزه تقریباً تمام پمپهائی که برای سرویسهای فوق بکار می‌روند بصورت عمودی، تک و یا چند مرحله‌ای می‌باشند. محدوده ارتفاع معمولاً کم و بین ۵ تا ۲۰۰ فوت بوده و محدوده ظرفیت معمولی از ۱۰ - ۲۰۰۰۰ gpm است. محدوده دمای قابل قبول آنها تا ۱۵۰۰°F است. در ضمن پمپاژ، اجزاء اصلی پمپ باید در دمای ذوب فلز بوده تا از پدیده جامد شدن جلوگیری شود.

لیست مواد قابل انتقال، بوسیله پمپهای سانتریفوژ که در سرویسهای شیمیائی و متالورژی مورد استفاده قرار می‌گیرد در جدول ( 1 - 14 ) نشان داده شده است.

TABLE 14-1 Typical Operating Conditions for Molten-metal and Hot-service Pumps\*

Temp, F	Specific gravity	Pumped liquid	Head, ft	Gpm	Rpm
1450	1.55	Molten magnesium	15	20	1,800
1250	1.43	Molten salt	48	50	1,800
1200	10.0	Molten bismuth	75	50	1,800
1000	1.69	Molten salt	36	240	1,500
950	1.98	Molten salt	25	600	1,200
850	1.75	Molten salt	45	17,000	720
850	1.75	Molten salt	55	9,000	900
850	1.75	Molten salt	45	4,600	1,200
850	2.14	Hot caustic	16	50	900
850	10.6	Molten lead	8.7	600	900
840	6.0	Molten alloy	19	50	1,800
800	10.6	Molten lead	65	50	1,800
800	10.6	Molten lead	60	50	1,800
800	10.0	Molten bismuth	22	50	1,200
750	10.6	Molten lead	22	85	1,200
750	10.6	Molten lead	60	50	1,800
720	6.0	Molten alloy	30	11	1,800
700	11.34	Molten lead	12	280	720
650	0.8	Clay oil	124	2,300	900
490	0.97	Dowtherm A.	25	140	1,800
475	0.90	Dowtherm A.	14	1,500	1,800
260	1.9	Sulfur	6	3,000	720

\* Byron Jackson. Pump Division, Borg-Warner Corp.

پمپهای جامدات و همزن: پمپ پره‌ای و جریان محوری عمودی و افقی معمولاً برای سرویسهای مخلوط کردن و همزدن بکار می‌روند که پمپهای فوق در یک خط لوله متصل شده و یا مجهز به یک مخروط عمودی است. شکل (13 - 14) کارگزاری یک همزن نمونه که با استفاده از پمپ جریان محوری عمودی و افقی است را نشان می‌دهد.

طراحی پمپهای جامدات (شکل 14 - 14) بگونه‌ای است که محلولهای شامل مقدار زیادی از مواد ساینده سوسپانسیونی را انتقال می‌دهد. پمپ نشان داده شده برای خمیرهای شیمیایی، دولومیت، بوکسیت و غیره مناسب است که یک پمپ مکش انتهایی و تک مرحله‌ای است که از آلیاژ مخصوص چدن ساخته می‌شود و ظرفیت آن  $10000 - 175$  gpm و ارتفاع  $140$  فوت است.

پمپ توربینی: در واحدهای شیمیایی برای انتقال اسیدها، استات‌ها، نمکها، پروپان، بوتان، اتان، فرتون و غیره.... از پمپهای توربینی اصلاح شده<sup>۱</sup> تک مرحله‌ای که بصورت مکش کناری بوده و پروانه آن مستقیماً به الکتروموتور وصل است (شکل 17 a - 1) بطور وسیعی استفاده می‌شود.

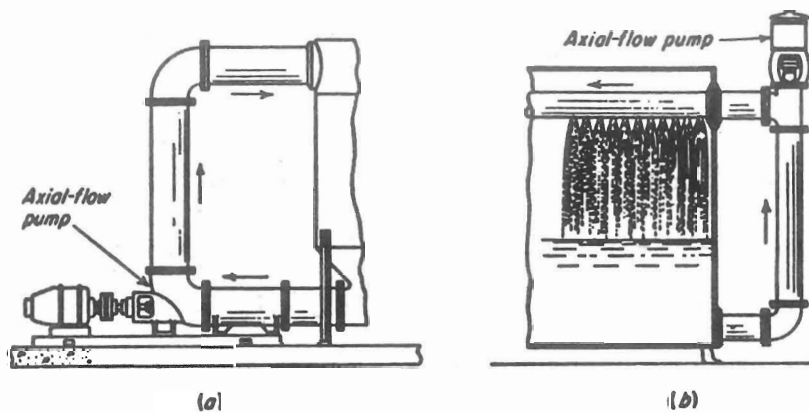


Fig. 14-13 (a) Typical agitator using an axial-flow pump. (b) Bottle-washer agitator or pasteurizer.

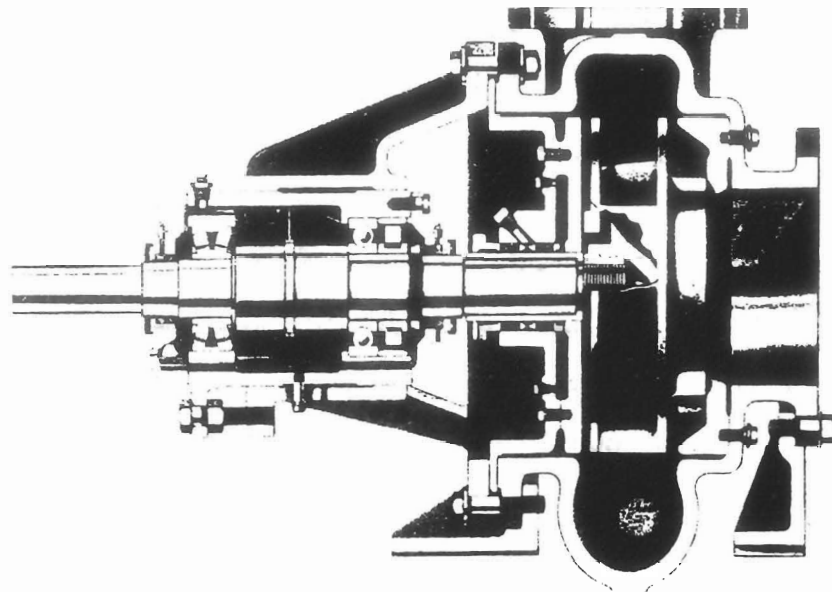


Fig. 14-14 Single-stage end-suction solids pump. (Allis-Chalmers.)

محدوده معمولی ظرفیت از ۱۰۰ - ۵۰۰ gpm و در فشار جزئی ۲۵۰ psi است. این پمپها از مواد مختلفی ساخته شده‌اند و برای مایعات گوناگون بکار می‌روند و بمنظور جلوگیری از نشست شفت، آب‌بندی مکانیکی و یا کاسه نمد استفاده می‌شود.

### پمپهای رتاری:

پمپ تک پیچی (شکل 14 - 15) از ظرفیت کم تا متوسط (تا ۳۵ gpm) و فشار ۶۰۰ Psi برای انتقال سود، اسید، رنگ، محلولها، صابون و رزینها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. جامدات از طریق پمپهای طراحی شده تک پیچی انتقال داده می‌شود و بمنظور شکسته نشدن ذرات مواد ساختمانی مخصوصی از این پمپها مورد استفاده قرار می‌گیرد. که فشاری تا ۱۰۰۰ psi را فراهم می‌کنند.

پمپ پروانه‌ای نشوین بدون چرخ دنده برای ظرفیتهای و فشارهای پائین تر بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماگزیمم ارتفاع در حدود ۳۵psi و محدوده ظرفیت تا ۱۰۰ gpm در سرعت‌های تا ۷۵۰ rpm است.

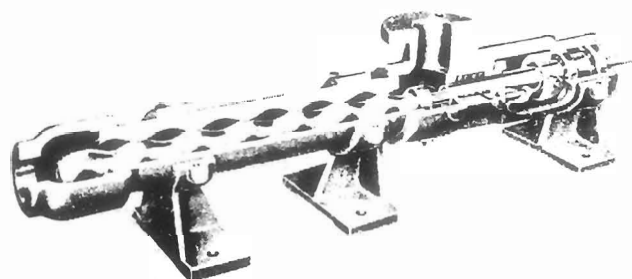


FIG. 14-15. Single-screw pump for chemical applications. (Courtesy of Robbins & Myers Inc.)

انواع دیگر پمپ‌های رتاری که در صنایع شیمیائی بکار می‌روند شامل چرخ دنده داخلی ، زائده‌ای ، لوله قابل انعطاف و واحدهای پره‌ای - غلتکی می‌باشند .

### پمپ‌های رفت و برگشتی :

کاربرد وسیع پمپ‌های حجم کنترل شده ، تناسبی و اندازه‌گیر ( شکل 17 - 14 ) در انتقال خمیرها ، اسیدها ، محصولات کریستالی و غیره ... در واحدهای شیمیائی و متالورژی است . نوعهای سرعت پائین آن در ۳۰ - ۱۵ ضربه کار می‌کند و با ظرفیتهای ۶۰ - ۵۰ gpm در فشار تا ۱۰۰ psi ساخته می‌شود . فشار هوا در ۱۰ - ۵ بالاتر از فشار مورد احتیاج کارکرد پمپ ثابت نگه داشته می‌شود .

پمپ مرحله تکمی جریان متناوبی دارد و جریانش از طریق اتاقک هوا در خروجی پمپ تنظیم و صاف می‌شود . بسته به اندازه لوله و ویسکوزیته جریان ۳ تا ۱۰ فوت NPSH برای پرکردن پمپ لازم است . وقتی جریان  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{8}$  gpm بوسیله پمپ دیافراگمی شکل

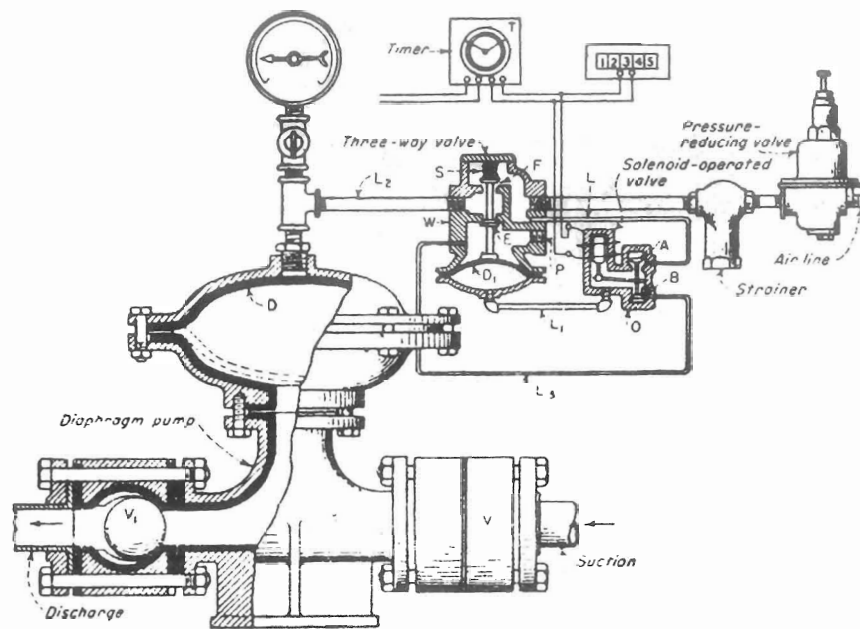


Fig. 14-17 An air-operated timer-controlled diaphragm pump runs at 15 to 30 strokes per minute for capacities of 5 to 60 gpm, pressure to 100 psi

( 14 - 18 ) انتقال داده می شود ۳۰۰ psi فشار آشکار می شود . اغلب پمپهای رفت و برگشتی بزرگتر ، از نوع برقی هستند که در ساخت آنها از آلیاژهای مخصوص ، لاستیک سخت و غیره ... استفاده شده است . شکل ( 14 - 19 ) یک پمپ برقی سه تایی فشار بالا که کاربردهای شیمیائی و پروسسی دارد را نشان می دهد . انتقال اسیدها ، رنگها ، مواد ساینده و غیره ... از کاربردهای آن می باشد .

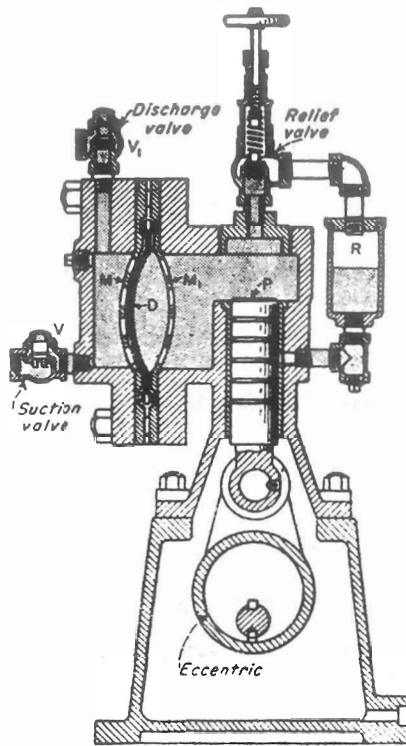


Fig. 14-18 High-pressure pump operates with two fluids pumped and pumping

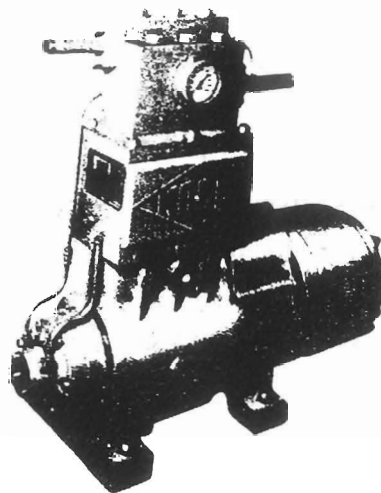


Fig. 14-19 High pressure triplex power pump (Kobe Inc.)

### انتخاب پمپ :

**ظرفیت :** ظرفیت مورد احتیاج از شرایط پروسس محاسبه می‌گردد و همچنین باید مطمئن بود که ظرفیت دقیق، دما و ویسکوزیته مشخص است .

**ارتفاع :** از آنجائیکه خیلی از پمپ‌های شیمیائی پروسس محدوده ارتفاع باریکی دارند ، ارتفاع مورد احتیاج باید بدقت محاسبه گردد .

**مواد :** خیلی از مواد شیمیائی خورنده ، ساینده ، و یا بسیار قلیائی می‌باشند بنابراین در انتخاب مواد برای ساخت پمپ باید دقت کافی مبذول داشت .

**محرکه‌ها :** معمولاً موتورهای الکتریکی بعنوان محرکه بکار می‌روند و در درجه دوم از توربینهای بخار استفاده می‌شود . تنها بعد از تخمین شرایط آتمسفری پمپ ، محرک انتخاب می‌شود . به این نکته که مایعی که بوسیله پمپ انتقال می‌یابد خطرناک بوده و یا نه و همچنین پمپ در محدوده زمانی نزدیک و یا در نقطه عطف<sup>۱</sup> کار می‌کند نباید زیاد توجه شود .

**NPSH :** چون بعضی از اوقات پمپ‌های شیمیائی احتیاج به مقادیر NPSH بالائی دارند . بنابراین سیستم لوله کشی آنها باید طوری باشد که از داشتن یک NPSHa در تمام زمانها مطمئن بود .

**کنترل :** معمولترین متد کنترل ایجاد گلوگاه کردن<sup>۲</sup> در خروجی پمپ‌های پروسس و شیمیائی است زیرا طراحی آنها بگونه‌ای است که در سرعت ثابت گردش می‌کنند .

**کاسه نمد :** معمولاً جعبه آب‌بندی باید دارای ضخامت زیاد باشند و با شرط اینکه کاسه نمد پمپ‌های مایع گرم بوسیله آب سرد و یا مایع مناسب دیگر آب‌بندی شود . وقتی اطمینان کامل از جلوگیری مدنظر است آب‌بندی مکانیکی تکی و یا دوبله شفت بکار می‌رود .

**تعداد پمپ :** در پروسسهای شیمیائی پمپ‌های یدکی کم بکار می‌روند و این موضوع وجود قابلیت بالای واحدهای جدید را نشان می‌دهد .

1 shutt of point

2 Throttling

پوشش بخار: اگر مناسب باشد خیلی از واحدها با یک پوشش بخار در صنایع شیمیائی کار می‌کنند. پوششها با مایعات ویسکوز بکار می‌روند و در زمانیکه لازم است مایعی که پمپ می‌شود در یک سطح دمائی ثابت نگهداشته می‌شود.

انواع دیگر: تعداد زیادی از پمپها برای تولید آب، ایستگاههای تولید نیرو، حفاظت در مقابل آتش در صنایع شیمیائی بکار می‌روند. زمانیکه انواع دیگر پمپها مناسب نبوده و یا وقتی مخلوط شدن و یا عمل پمپاژ مدنظر است پمپ جهت هوا یا بخار که براساس یک اژکتور ساخته شده بکار می‌رود.

▣ مراجع:

Hick & Edwards ,

Pump Application engineering ; 1971 ; MC Graw Hill ;

printed in the United States of America ; P 311 - 326

