پمپ

نشریه فنی و آموزشی
صنایع پمپ سازی ایران

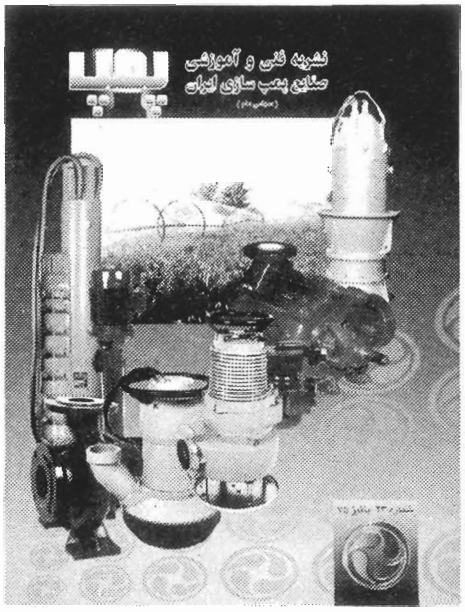
(سهامی عام)

شماره ۲۳ پائیز ۷۵

نشریهٔ فنی آموزشی پمپیران

شماره ۲۳

پائیز ۱۳۷۵



عکس روی جلد نمونه محصولات تولیدی پمپیران

نام نشریه : پمپ

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

مدیر مسئول : مهندس میر بیوک احقاقی

سردبیر : مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری

هیئت تحریریه : گروه مهندسین و متخصصین شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

حروفچینی انتشارات گلباد ☎ ۳۴۹۵۷۶

فتوگرافی: «روآ» ۶۶۸۶۱ - ۶۸۵۶۱ - ۶۸۴۸۰

چاپ: طلوع ۶۷۵۹۰

نشانی نشریه :تبریز: قراملک مجتمع ماشین‌سازی تبریز - صندوق پستی ۱۳۵ - ۵۱۸ شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - دفتر مدیر مسئول نشریهٔ پمپ تلفن :۲۵ - ۴۵۶۷۲۳

در این شماره می‌خوانید :

پمپهای گریز از مرکز را بشناسیم

«قسمت اول»

مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری ۱

مسائل مکانیکی در طراحی پمپ،

«قسمت دوم»

مهندس سید بهزاد مبین ۱۵

کوپلاژ

«قسمت دوم»

مهندس بابک رضوی اقدم

خانم پونه عرفانی ۲۹

اثر ویسکوزیته و گازهای محلول روی انتخاب نوع پمپ

مهندس مینو الماسی ۴۰

استاندارد مربوط به چدنهای خاکستری

مجتبی جباری مقدم ۵۰

راه‌اندازی و بررسی مشکلات پمپهای جابجایی معین در هنگام کار

مهندس محمدرضا طلاقت ۵۵

مایع خروجی پمپ، نسبت به تغییرات شدت جریان مایع از داخل پمپ تغییر پیدا می‌کرد.

تاریخچهٔ پمپ گریز از مرکز به ۱۶۰۰ سال قبل بر می‌گردد. با این وجود تاریخچهٔ پمپ گریز از مرکز مدرنی که امروزه می‌شناسیم به صد سال اخیر بر می‌گردد. پیشرفت و توسعه پمپ‌های گریز از مرکز با ساخت موتورهای الکتریکی و توربین‌های قوی بطور همزمان صورت گرفته است. طراحی و طرح کلی پمپ‌های گریز از مرکز در پنجاه سال اخیر تغییر زیادی نکرده است، با این وجود از نظر بهبود راندمان، اصلاح محفظه حلزونی و قابلیت اطمینان تغییر کرده‌اند. در سالهای اخیر سازندگان پمپ توجه اصلی خود را بر کاهش هزینه تولید، کاهش نشتی از آببندها، قابل اطمینان بودن و بهبود عملکرد پمپ متمرکز کرده‌اند. چنین توسعه‌ای در صنعت پمپ‌سازی الزاماً توجه به موارد زیر را می‌طلبد :

۱ - طراحی سیستم‌های جدید کنترل پمپ مثل استفاده از موتورهای الکتریکی با سرعت متغیر[1] و سیستمهای کنترل از راه دور.

۲ - کاربرد مواد مدرن مثل کومپوزیتها[2] ، سرامیکها و پلاستیکها.

۳ - ساخت پمپهای بدون نشتی مثل پمپهای موتور بسته[3] و یاتاقان مغناطیسی[4]

ضمناً توسط کامپیوتر و روشهای مدرن آشکارسازی جریان مایع، طراحی شکل پروانه و محفظه بسرعت در حال پیشرفت است.

در سرتاسر جهان صنایع پتروشیمی و پالایشگاههای نفت، از بزرگترین مصرف‌کنندگان پمپ‌های گریز از مرکز هستند. اغلب مایعات مورد پمپاژ در این صنایع از نوع سمی و یا آتش‌زا بوده و مشخصه‌های هیدرولیکی آنها نیز در محدودهٔ وسیعی تغییر می‌یابد. مثلاً درجهٔ حرارت در محدوده‌ای بین ۵۰- الی ۷۰۰ درجهٔ فارنهایت، فشار نسبی از ۲۸ اینچ جیوه خلاء (in - Hg) تا ۳۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (PSI)، و چگالی مایع از ۰/۶۲ الی ۲ تغییر می‌کند. چنین محدودهٔ وسیعی از شرایط پمپاژ، هم تولید کننده و هم مصرف کنندهٔ پمپ را به یک مبارزهٔ بی‌امان فرا می‌خواند.

---

1 Variable - speed motors

2. Composites

3 Canned orotor pumps

۴ - این نوع برینگ به جهت استفاده وسیع در ژنراتورها و موتورهای الکتریکی بهمین نام معروف گردیده‌اند.

مقالهٔ حاضر، مقدمتاً در مورد پمپ‌هایی که برای صنایع نفت طراحی شده‌اند بحث می‌کند. با اینحال دانش فنی مربوط به این پمپ‌ها، تکنولوژی توسعه و روشهای نگهداری آنها می‌توانند برای تمامی پمپ‌های گریز از مرکز مورد استفاده قرار بگیرند.

عملکرد هیدرولیکی پمپ گریز از مرکز در سایت، ممکن است به طرز قابل ملاحظه‌ای با منحنی عملکرد منتشر شدهٔ آن تفاوت داشته باشد. از علل بالقوهٔ این مسئله می‌تواند طراحی هیدرولیکی پمپ باشد. در مواقعی علت این امر، مربوط به تولید نادرست و یا مونتاژ غلط قطعات مختلف پمپ است. برای تعیین قطعی علت مسئله بایستی پمپ از محل سرویس باز شده و جهت بازرسی دمونتاژ گردد. ضمناً کلیه قطعات پمپ بدقت از نظر ابعادی مورد بررسی قرار گیرد. باید خاطرنشان سازیم که تشخیص و رفع عیب در سایت کاری مشکل است.

بیشتر هندبوکهای سنتی مربوط به پمپ، بیشتر صفحات خود را به ارقام تکنیکی، جداول افت فشار، چارتهای تبدیل و غیره اختصاص داده‌اند ولی از جمع‌بندی مطالب مربوط به کلیات پمپ عاجز مانده‌اند. در این کتابها توضیحات اندکی در رابطه با ملاحظات عملی مربوط به انتخاب پمپ، عملکرد و نگهداری آن داده شده است. بطور مثال مطالب مندرج در سه پاراگراف زیر، اغلب در بیشتر هندبوکهای پمپ فراموش شده است. در این سه پاراگراف روابط بین شرایط هیدرولیکی پمپاژ و اثرات مکانیکی و هیدرولیکی این شرایط بر روی پمپ بطور مختصر بیان شده است :

۱ - پمپ گریز از مرکز باید در شرایطی از آبدهی و ارتفاع کار کند که کارخانهٔ سازندهٔ آن پیشنهاد نموده است. اغلب مواقع این نقطه، همان نقطه‌ای است که پمپ بهترین راندمان خود را دارد. این نقطه را با (BEP)[1] نشان می‌دهند. زوایای پره‌های پروانهٔ پمپ و شکل کانالهای عبور جریان در داخل پروانه می‌توانند فقط برای یک نقطهٔ کار بهینهٔ پمپ طراحی و ساخته شوند. برای شرایط جریان متفاوت با نقطهٔ کار بهینه، زوایای پره‌ها و شکل و اندازهٔ کانالهای پروانه تغییر خواهند کرد.

1. Best efficiency point

۲ - هر پمپی که تحت شرایط دبی بیشتری کار کند، به عبارتی با دبی بیشتر و ارتفاع کمتر از نقطهٔ BEP کارکند، زوایای ثابت پره‌ها باعث ایجاد جریانهای گردابی در داخل پروانه، محفظه و رینگهای سایش می‌شوند. در نتیجه :

- افت ناشی از شوک هیدرولیکی افزایش پیدا می‌کند.
- ارتعاشات زیاد می‌شود.
- مشکلات آببندها و یاتاقانها بیشتر بروز می‌کند.
- پمپ توان بیشتری مصرف می‌کند.

۳ - وقتی پمپ در دبی خیلی کمتر و ارتفاع خیلی بیشتر از نقطهٔ BEP کار کند، زوایای ثابت پره‌ها باعث می‌شوند :

- بار شعاعی وارده بر روتور افزایش پیدا کند.
- تنش‌های وارده بر شافت پمپ زیاد شود.
- خیز و تغییر شکل شافت پمپ بیشتر شود.
- مشکلات آببندهای مکانیکی و یاتاقانها بیشتر بروز کند.
- ارتعاشات شعاعی و جابجائی محوری شافت پمپ زیاد شود.

اگر پمپ در چنین شرایطی از پمپاژ به کار خود ادامه دهد، فرایند خرابی پمپ تسریع گردیده و عملکرد هیدرولیکی و مکانیکی آن بد و نهایتاً پمپ خراب خواهد شد.

تکنولوژی پمپ گریز از مرکز

۱-۱ وظایف پمپ گریز از مرکز

پمپ‌های گریز از مرکز برای پمپاژ انواع مایعات بکار می‌روند. انواع سیستمهای پمپاژ در سه دستهٔ اصلی مطابق اشکال 1.1a تا 1.1c و یا ترکیبی از این سیستمها تعریف می‌شوند. بنابراین وظایف پمپ گریز از مرکز عمدتاً عبارتند از :

- راندن مایع از یک ارتفاع پائین‌تر، به یک ارتفاع بالاتری که مخزن ذخیره‌ای در آن قرار گرفته است.
- راندن مایع از مخزنی با فشار خلاء به یک مخزن تحت فشار (مثل پمپ تغذیهٔ دیگ بخار[1]، که آب مخزنی با خلاء نسبی را به یک دیگ بخار تحت فشار پمپاژ می‌کند).
- راندن مایع از طریق خطوط لولهٔ طولانی با اتصالات و شیرآلات مربوطه، در اثر غلبه بر افت‌های اصطکاکی مسیر. بطور مثال یک پمپ خط لولهٔ نفت می‌تواند میلیونها گالن نفت سفید و محصولات پالایش شدهٔ نفت را توسط خطوط لولهٔ طولانی از طریق مایل‌ها مسافت حمل نماید.

۲-۱ مبانی هیدرولیک پمپ

قانون اول ترمودینامیک، اساس تئوری پمپ‌های گریز از مرکز است. دانیل برنولی اولین کسی بود که تئوری انرژی خود را حدود سال ۱۷۳۰ ارائه داد. تئوری برنولی یکی از مهمترین مفاهیم دینامیک سیالات را که برای بیان تبدیل انرژی بکار می‌رود، تشکیل می‌دهد.

برنولی می‌گوید :

انرژی داخلی و یا انرژی مکانیکی یک سیستم به اشکال انرژی جنبشی، انرژی فشاری و انرژی پتانسیل ظاهر می‌شود. این اشکال انرژی قابل تبدیل به یکدیگر بوده ولی مجموع آنها مقداری ثابت است.

به عبارت دیگر قانون برنولی بیان می‌کند که :

در یک سیستم ایده‌آل، انرژی نه از بین می‌رود و نه خلق می‌شود، بلکه از شکلی به شکلی دیگر تبدیل می‌شود (اصل بقاءانرژی).

1. Boiler feed pump

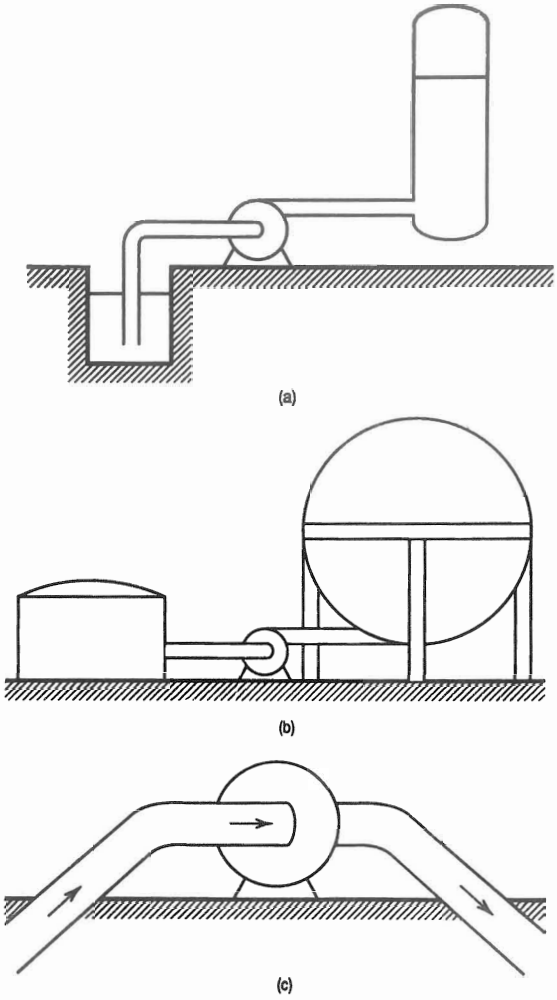


Figure 1 Uses of centrifugal pumps.

مایعی که وارد پمپ می‌شود دارای مقداری انرژی اولیه است. انرژی اولیهٔ مایع وقتی از داخل پمپ عبور می‌کند، توسط کاری که پروانه روی آن انجام می‌دهد افزایش پیدا می‌کند. بنابراین پمپ ماشینی است که انرژی مکانیکی (انرژی جنشی) محرک را به انرژی فشاری مایع خروجی، تبدیل می‌کند.

عبارت "ارتفاع"[1]، انرژی مایع را که ناشی از سرعت، فشار و فاصلهٔ آن از یک خط مرجع (مثل محور پمپ) است، بیان می‌کند. معمولاً ارتفاع برحسب فوت آب بیان می‌شود، زیرا این نوع بیان برای فهم و توصیف طراحی پمپ و عملکرد آن مهم است. دو نوع فشار را برای مایع می‌توان در نظر گرفت :

1. Head

– فشار استاتیک یا ارتفاع استاتیک، در مواقعی که مایع ساکن است.

– فشار دینامیک یا ارتفاع دینامیک، در مواقعی که مایع در حال جریان است.

ارتفاع استاتیک[1] عبارتست از بلندی ستون مایع در حال سکون، از یک نقطهٔ مرجع نسبت به سطح مایع . ارتفاع استاتیک برحسب فوت – مایع بیان می‌شود. فشار استاتیک در نقطهٔ مرجع از تقسیم ارتفاع استاتیک بر عدد ۲/۳۱ بدست می‌آید. فاکتور ۲/۳۱ عبارتست از بلندی ستون آبی برحسب فوت، که می‌تواند در محل قاعده‌اش یک پوند بر اینچ مربع (PSI) تولید فشار نماید.

ارتفاع دینامیکی[2] ، میزان انرژی جنبشی مایع در حال جریان است. در حقیقت ارتفاع دینامیکی مایع، ارتفاع استاتیکی لازمی است که می‌تواند مایع را به سرعت مربوطه‌اش برساند.

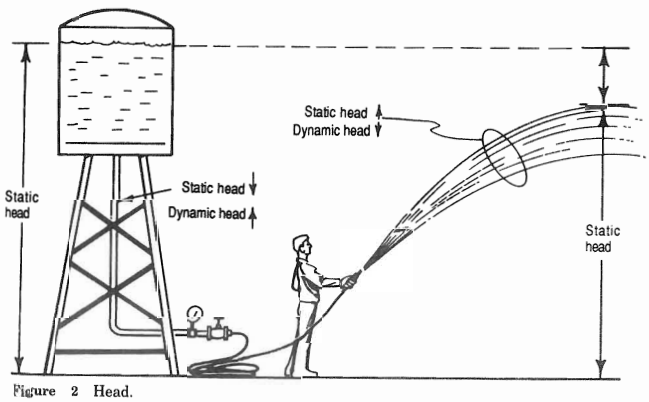


Figure 2 Head.

در شکل 1.2 فاصلهٔ سطح آب مخزن مرتفع تا سطح زمین (نقطهٔ مرجع) همان ارتفاع استاتیک مایع است. وقتی که مایع از طریق لوله به پایین جریان پیدا می‌کند، ارتفاع استاتیکی کم شده ولی سرعت یا به عبارتی ارتفاع دینامیکی آن افزایش پیدا می‌کند.

در نقطهٔ تخلیه مایع، ارتفاع دینامیکی شروع به تبدیل شدن به ارتفاع استاتیکی نموده، بنابراین مایع بالا می‌رود. پرتاب مایع تا ارتفاعی صورت می‌گیرد که کل ارتفاع دینامیکی مایع به ارتفاع استاتیکی تبدیل شود. از این به بعد، مایع شروع به سقوط آزاد می‌کند. افت ارتفاعی که در شکل 1.2

1. Static Head

2. Dynamic Head

ملاحظه می‌شود ناشی از افت اصطکاکی در لوله و هوا است. رابطهٔ بین ارتفاع استاتیکی مایع و فشار مربوطه‌اش توسط فرمول زیر بیان می‌شود:

$$\text{pressure } [\text{lb/in}^2] = \frac{(\text{static head,ft})(SG)}{2.31}$$

که در آن (SG) بصورت نسبت وزن حجم معینی از مایع (مثلاً یک فوت مکعب) به وزن همان حجم از آب ۶۰ درجهٔ فارنهایت تعریف می‌شود.

شما بایستی موقع تبدیل ارتفاع به فشار (PSI) و بالعکس، از اینکه SG را بکار برده‌اید مطمئن باشید. **توجه داشته باشید که ارتفاع کل تولید شده توسط پمپ برای مایعات مختلف (با ویسکوزیتهٔ یکسان) برابر بوده و به نوع مایع بستگی ندارد. در صورتیکه همین ارتفاع برحسب پوند بر اینچ مربع (PSI) برای سیالات مختلف با SG متفاوت فرق خواهد داشت.** بنابراین تبدیل پارامتر انرژی فشاری به واحدهای معادل ارتفاع، کار محاسبات هیدرولیکی پمپ را بطرز قابل ملاحظه‌ای ساده خواهد نمود.

برای مثال اگر مخزنی داشته باشیم و در ته آن فشارسنج بوردون نصب شده باشد، این فشارسنج فشار نسبی در ته مخزن را نشان خواهد داد. اگر مخزن را تا ارتفاع استاتیکی ۱۰۰ فوت با آب (SG = 1) پر نماییم، فشارسنج عددی برابر [PSI]43.3 را نشان می‌دهد:

$$(100 \times 1.0) / 2.31 = 43.3[\text{PSI}]$$

در صورتیکه اگر همین مخزن را با مایع دیگری (SG = 0.7) پر کنیم که دارای حجم برابری با آب بوده و همان ارتفاع استاتیکی را داشته باشد، فشارسنج عددی برابر [PSI]30.3 را نشان می‌دهد:

$$(100 \times 0.7) / 2.31 = 30.3\ [\text{PSI}]$$

توجه:

برای تعریف عملکرد پمپ بدلیل رعایت اطمینانهای لازم، از پارامتر ارتفاع استفاده می‌شود. استفاده از پارامتر ارتفاع این مزیت را دارد که کارخانهٔ سازندهٔ پمپ با خیالی آسوده و با قلبی مطمئن، آزمایشات عملکرد پمپ را در محل کارخانه با آب انجام دهد. سازنده و مصرف کننده نیز مطمئن خواهند بود که نتایج حاصله در مورد بیشتر مایعات دیگر (با ویسکوزیته یکسان) صادق می‌باشد. حتی در مورد مایعاتی که آتش‌زا و سمی باشند.

ارتفاع دیفرانسیلی[1] پمپ گریز از مرکز عبارتست از افزایش کل انرژی مایع در اثر کار انجام شده بر روی آن در داخل پمپ.

ارتفاع کل پمپ[2] عبارتست از ارتفاع مایع خروجی پمپ، بعلاوه یا منهای ارتفاع مایع ورودی پمپ.

رابطهٔ مفید دیگری که مکرراً در مطالعات هیدرولیکی پمپ بکار می‌رود و برای درک بهتر نحوهٔ کارکرد پمپ گریز از مرکز کمک می‌کند، همانا معادلهٔ پیوستگی[3] است. این رابطه بصورت زیر بیان می‌شود :

اگر پمپ را بعنوان حجم کنترلی در نظر بگیریم، بطوریکه مایع از یکطرف وارد و از طرف دیگر آن خارج می‌شود، با فرض پایداری جریان و پربودن جریان، مقدار دبی وزنی مایع ورودی پمپ با دبی وزنی خروجی آن برابر است (با فرض اینکه نشتی از محلهای آببندی وجود نداشته باشد). از آنجائیکه اکثر مایعات عملاً تراکم‌ناپذیرند، بنابراین دبی حجمی ورودی و خروجی پمپ نیز برابر خواهد بود. بیان مفهوم فوق بصورت معادلهٔ زیر خواهد بود :

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

$$V = \frac{0.321Q}{a}$$

که در آن :

V = سرعت مایع برحسب فوت بر ثانیه (ft/se).

Q = دبی حجمی برحسب گالن در دقیقه (gal/min).

a = سطح مقطع جریان برحسب اینچ مربع (in^2).

بنابراین برای دبی معینی که از یک لوله و یا پمپ عبور می‌کند، اگر قطر لوله و یا سطح مقطع جریان مایع در پمپ افزایش پیدا کند، انرژی جنبشی مایع کمتر خواهد شد. همچنین طبق قانون اول ترمودینامیک، اگر انرژی جنبشی مایع کاهش پیدا کند، انرژی پتانسیل و یا فشاری آن افزایش پیدا خواهد کرد. این مطلب دقیقاً چگونگی کار یک پمپ گریز از مرکز ایده‌آل را بیان می‌کند (شکل 1.3).

1. Differential head
2. Pump total head
3. Cotinuity equation

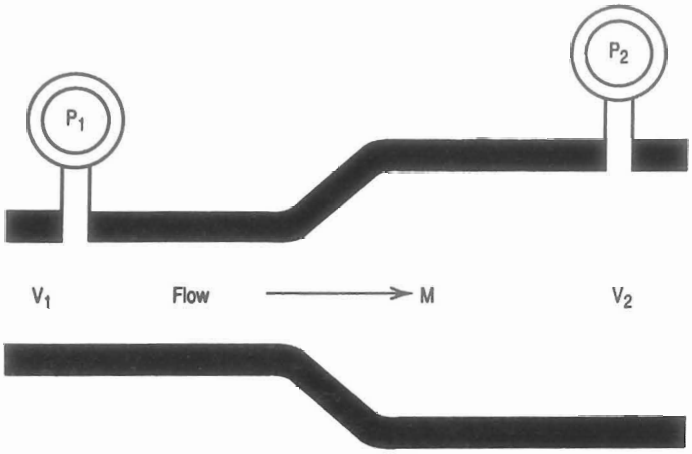


Figure 3 Continuity equation. Mass flow = constant; $P_1 < P_2$; $V_1 > V_2$.

در یک پمپ واقعی گریز از مرکز، افت‌هایی وجود دارد (معمولاً بصورت حرارت) که بعداً در مورد آن با جزئیات بیشتری بحث خواهد شد.

۳-۱ اصطلاحات

در شکل 1.4 ، اجزاء اصلی یک پمپ گریز از مرکز نشان داده شده است. پروانهٔ پمپ بمثابه قلب پمپ عمل می‌کند.

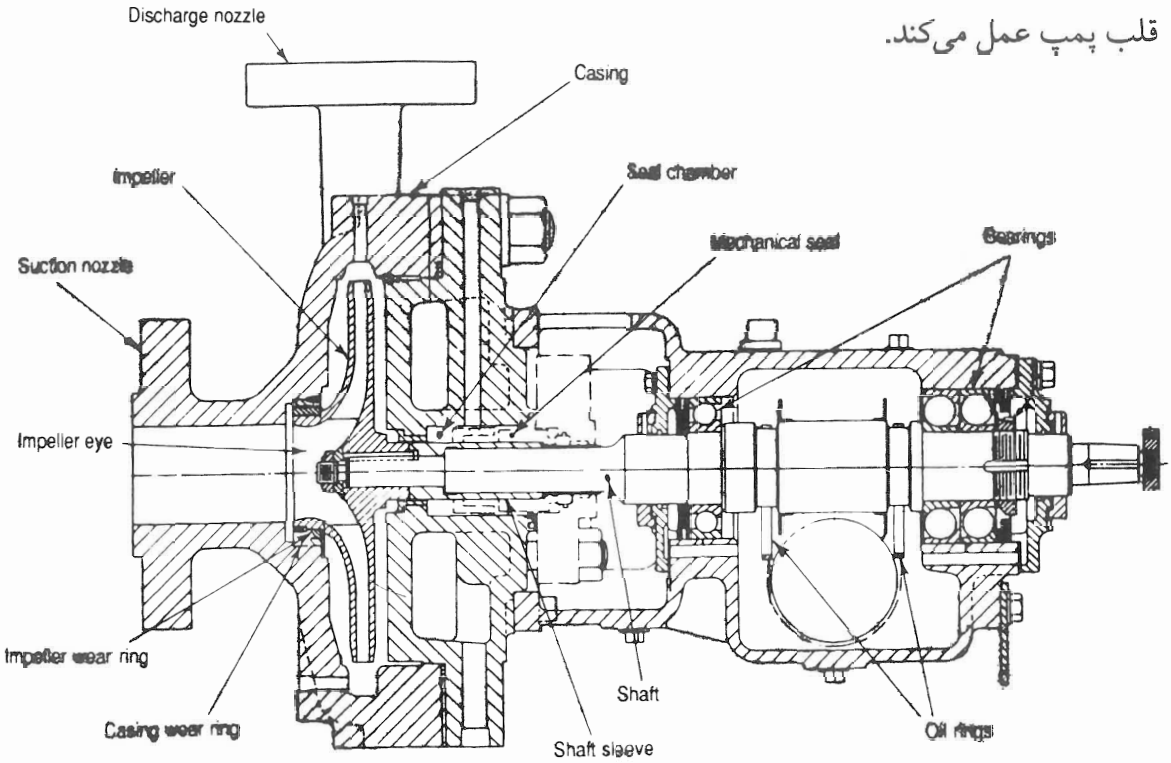


Figure 4 Nomenclature.

انرژی دورانی (جنبشی) محرک، توسط پروانه‌ای که روی شافت پمپ ثابت شده است به مایع انتقال می‌یابد. پروانه (پروانه‌ها در پمپ‌های چند طبقه) در داخل محفظهٔ ثابتی احاطه می‌شود. فلنجهای ورودی و خروجی پمپ بر روی محفظه در حالت ثابتی قرار گرفته‌اند. ورودی پمپ، مایع را به مرکز و یا چشم پروانه[1] هدایت می‌کند. وقتی مایع داخل پروانه گردید سرعت مایع (انرژی جنبشی مایع) شروع به افزایش می‌کند. مطابق شکل 1.5 ، مایع مورد پمپاژ بیشترین انرژی جنبشی خود را در خروجی پره‌ها کسب نموده و سرعتش به سرعت تخلیهٔ پروانه می‌رسد. پروانه، مایع را به داخل محفظهٔ حلزونی و یا دیفیوزر پمپ هدایت می‌کند. با کمی دقت ملاحظه می‌کنید که سطح مقطع محفظه حلزونی پمپ از ابتدای ورود تا خروج، بتدریج بزرگ می‌شود. افزایش سطح مقطع محفظهٔ حلزونی طوریست که در تمام نقاط آن سرعت جریان مایع ثابت می‌ماند. بنابراین توزیع نیروهای شعاعی مایع روی پروانه یکنواخت خواهد شد.

بمنظور جلوگیری از نشت مایع مورد پمپاژ از اطراف شافت پمپ، از آببندهای مختلفی استفاده می‌کنند. این آببندها می‌توانند از نوع آببندهای مکانیکی[2] و یا آببندهای نواری[3] باشند.

برای جلوگیری از نشت داخلی مایع پرفشار به طرف مکش پمپ از دو حلقهٔ سایشی [4] (یکی ثابت روی محفظهٔ پمپ و دیگری چرخان روی پروانهٔ پمپ) با فاصلهٔ اندک نسبت بهم، استفاده می‌کنند.

۱-۴ طراحی هیدرولیکی

پمپ‌های گریز از مرکز می‌توانند براساس شکل محفظه[5] طبقه‌بندی گردند. ساختمان محفظهٔ پمپ‌های گریز از مرکز بیشتر به شکل حلزونی است (شکل 1.5) . محفظهٔ حلزونی طوری طراحی می‌شود که سطح مقطع (به عبارتی حجم) آن، متناسب با افزایش حجم مایع خروجی از پروانه (ورودی به محفظه) افزایش پیدا کند. بنابراین در یک پمپ ایده‌ال و در دبی طراحی آن، سرعت مایع

---

1. Impeller eye
2. Mechanical sealing
3. Packing rings (آببندهای گرافیتی)
4. Wear rings
5. Casing Configuration

در داخل محفظه و محیط پروانه ثابت می‌ماند. سپس مؤلفهٔ سرعت در قسمت گلویی پمپ به فشار تبدیل می‌شود.

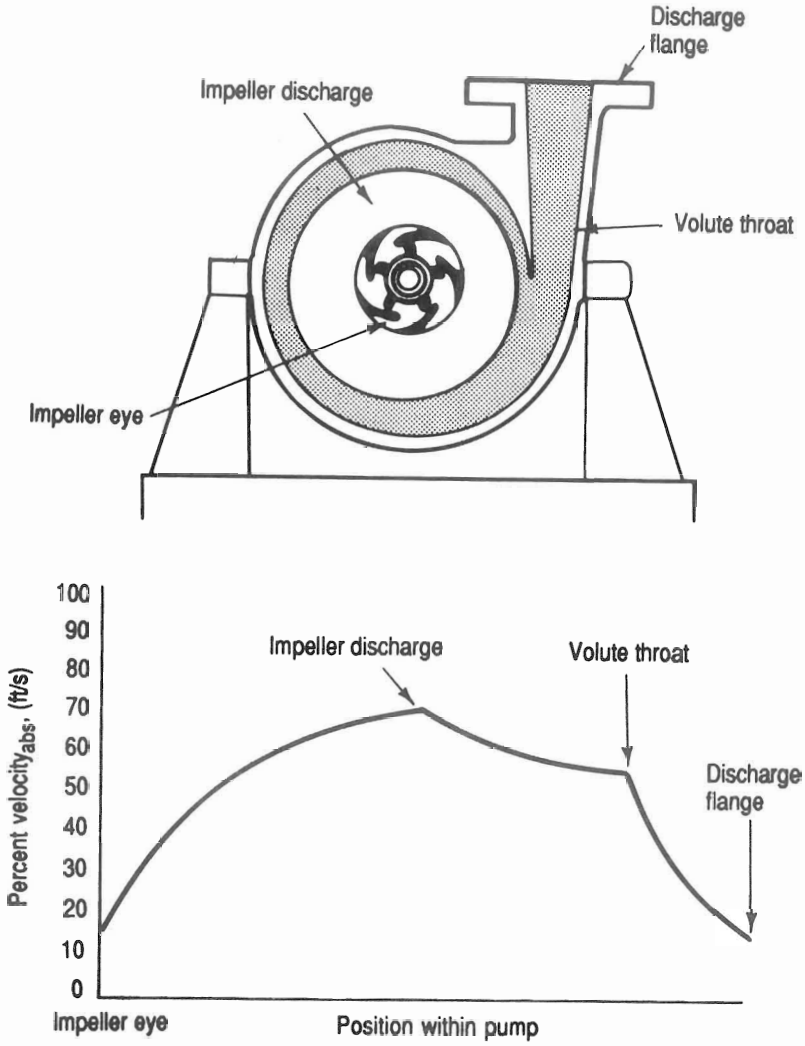
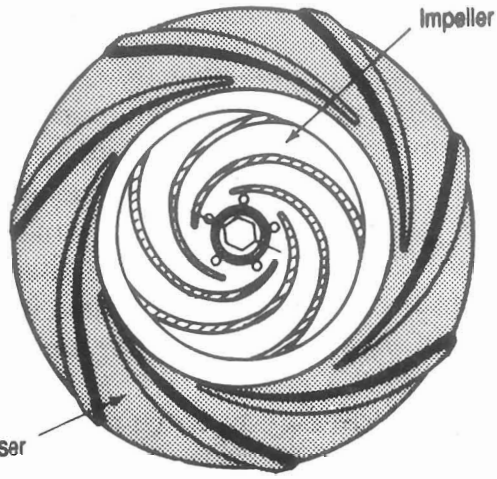


Figure 5 Fluid velocity within the pump.

از دیگر مشترکات طراحی پمپ گریز از مرکز شکل پره و یا دیفیوزر[1] می‌باشد (شکل 1.6).در این نوع طراحی، هر یک از کانالهای واگرای بین پره‌ها، تشکیل دیفیوزر کوچکی را می‌دهند که در آنها سرعت مایع به فشار تبدیل می‌شود. ضمناً در پمپ‌های چند طبقه، دیفیوزر، مایع خروجی از

1. Vane or diffuser



شکل 6 Diffuser pump.

پروانهٔ طبقه اول را به چشم پروانهٔ طبقهٔ دوم هدایت می‌کند. پمپ‌های گریز از مرکز براساس شکل پروانه نیز طبقه‌بندی می‌گردند. سه شکل عمدهٔ معمول پروانه عبارتند از :

● - **نوع کاملاً باز:**

در این نوع پروانه، پره‌ها بطور شعاعی از توپی پروانه به طرف محیط آن امتداد پیدا می‌کنند و فاقد صفحات جلویی و پشتی هستند.

● - **نوع نیمه باز:**

در این نوع پروانه، پره‌ها بطور شعاعی از توپی پروانه به طرف محیط آن امتداد پیدا کرده و روی صفحهٔ عقبی قرار می‌گیرند و فاقد صفحهٔ جلویی هستند.

● - **نوع کاملاً بسته :**

در این نوع پروانه، پره‌ها بطور شعاعی از توپی پروانه بطرف محیط آن امتداد پیدا کرده و توسط صفحات جلویی و عقبی احاطه می‌شوند.

نوع باز و نیمه‌باز پروانه، برای پمپاژ مایعاتی که حاوی ذرات جامد (بدون الیاف) هستند یعنی در تأسیسات پمپاژ دوغاب و لجن بکار میروند. این پروانه‌ها می‌توانند ذرات جامد را براحتی از خود عبور دهند. با این حال بدلیل وجود جریان چرخشی و نشتی داخلی در این پمپ‌ها، راندمان آنها نسبت به پمپ با پروانهٔ بسته، کمتر است. برای افزایش راندمان پمپ‌های لجن‌کش بزرگ که در آنها پاساژ پره‌ها بزرگ هستند از پروانهٔ کاملاً بسته استفاده می‌شود. برای مصارف صنعتی و عملی،

پروانه‌های نوع نیمه باز و کاملاً بسته مصرف زیادی دارند و در پمپ‌های یک طبقه و چند طبقه کاربرد دارند. سه نوع عمدهٔ پروانه‌ها در شکل 1.7 نشان داده شده است.

Figure 7 Impeller styles: (*a*) fully open; (*b*) semiopen; (*c*) fully closed.

ادامه دارد

مسائل مکانیکی در طراحی پمپ

مهندس سیدبهزاد مبین
سرپرست طراحی هیدرولیکی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

«قسمت دوم»

۴ - روش‌های سوار نمودن پروانه

تقریباً تمام روش‌های محکم نمودن پروانه در پمپ‌های یک طبقه شامل رزوه‌ای در جهت خلاف گردش پروانه می‌باشد تا احتمال شل شدن اتصال در هنگام گردش پروانه در جهت صحیح کاهش یابد. بعضی پروانه‌ها خود روی محور یا در انتهای محور پیچ می‌شوند. پروانه‌های پیچ شده در مقابل گردش معکوس یا جریان معکوس سیال آسیب‌پذیر هستند. هیچ سازنده‌ای از روش یکسانی برای محکم کردن پروانه در تمام اندازه‌ها استفاده نمی‌کند. روش واقعی اتصال گاهی در نقشه پمپ به وضوح مشخص نیست. مهره‌های اتصال بطورکلی قطعات پیش ساخته‌ای هستند که توسط سازنده پمپ به صورت مجموعه ارائه می‌شود. چنین مهره‌های استاندارد ممکن است در پمپ‌های پروسس مشکل ساز باشند. جنس آنها ممکن است بسیار سخت بوده و با بسیاری از مواد مورد پمپاژ (مانند کلرایدها) همخوانی نداشته باشد. در نتیجه مهره اتصال به راحتی در حین کار می‌شکنند. همین مسئله ممکن است برای واشر قفل کننده و خارهای گرد پیش آید.

۵ - حلقه‌های سایشی

۵-۱- کلیات

حلقه‌های سایشی در پمپ‌های گریز از مرکز چهار عملکرد اساسی دارند.

۱ - نقش یاتاقان را بین قطعات ثابت و متحرک پمپ بازی می‌کنند.

۲ - حلقه‌های سایشی ابزاری برای کنترل یا به حداقل رساندن بارهای هیدرولیک در پمپ محسوب می‌شوند (توضیح بیشتر در شماره ۲۰ نشریه پمپ ارائه شده است)

۳ - باعث ایجاد محفظه کم فشار برای پکینگ یا آببند مکانیکی می‌شوند. یک طرف حلقه‌ها فشار مکش و درطرف دیگر فشار رانش وجود دارد. لازم است لقی بین حلقه‌ها تا حدامکان کوچک باشد تا نشتی از طرف رانش به طرف مکش به حداقل برسد.

۴ - حلقه‌های سایشی محفظه و پروانه را در مقابل سایش و خوردگی محافظت کرده و همچنین تعمیرات پمپ را تسهیل می‌کنند. زیرا در صورت وجود خوردگی کافیست که حلقه‌های سایشی تعویض گردند.

۵-۲- نصب حلقه‌های سایشی پروانه

حلقه‌های سایشی پروانه روی آن پرس شده و در جای خود قفل می‌شوند تا از حرکت آنها در اثر سایش یا گیر کردن جزئی جلوگیری شود. اندازه انطباق پروانه و حلقه‌های سایشی پروانه بین ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۴۰ میلیمتر برای حلقه‌هایی به قطر ۶۰ تا ۱۵۰ میلیمتر و ۰/۰۵ تا ۰/۰۶ میلیمتر برای حلقه‌هایی به قطر ۱۶۵ تا ۳۰۰ میلیمتر درنظر گرفته می‌شود. به طورکلی دو روش برای قفل کردن حلقه وجود دارد.

روش اول ایجاد سوراخ عمودی یا افقی به صورتی است که از حلقه و پروانه بگذرد سپس سوراخ را رزوه نموده و پیچ اتصال حلقه و پروانه در آن محکم می‌شود. محل پیچ سوهان زده شده و با ماده‌ای پوشش داده می‌شود تا روی حلقه براده و برجستگی وجود نداشته باشد. استاندارد API 610 قطر پین را به یک سوم عرض حلقه محدود می‌کند.

این روش مشکلاتی دارد زیرا رزوه‌ها باید ریز باشد که در حلقه‌های سایشی از جنس نرم

باعث برآمده شدن محل پین می‌شود و در صورتی که سختی زیاد باشد به ایجاد ترک منجر می‌شود.

روش دوم جوش دادن حلقه به پروانه است. از تنش‌های حرارتی و تغییرات متالوژیکی در پروانه باید جلوگیری نمود. استاندارد API با این روش موافق نیست، اما اگر به صورت مناسب انجام گیرد روش خوبی است. پس از آنکه به هر روش حلقه‌های سایشی قفل شدند باید از نظر انحراف شعاعی کنترل شوند.

۵-۳- نصب حلقه‌های سایشی محفظه

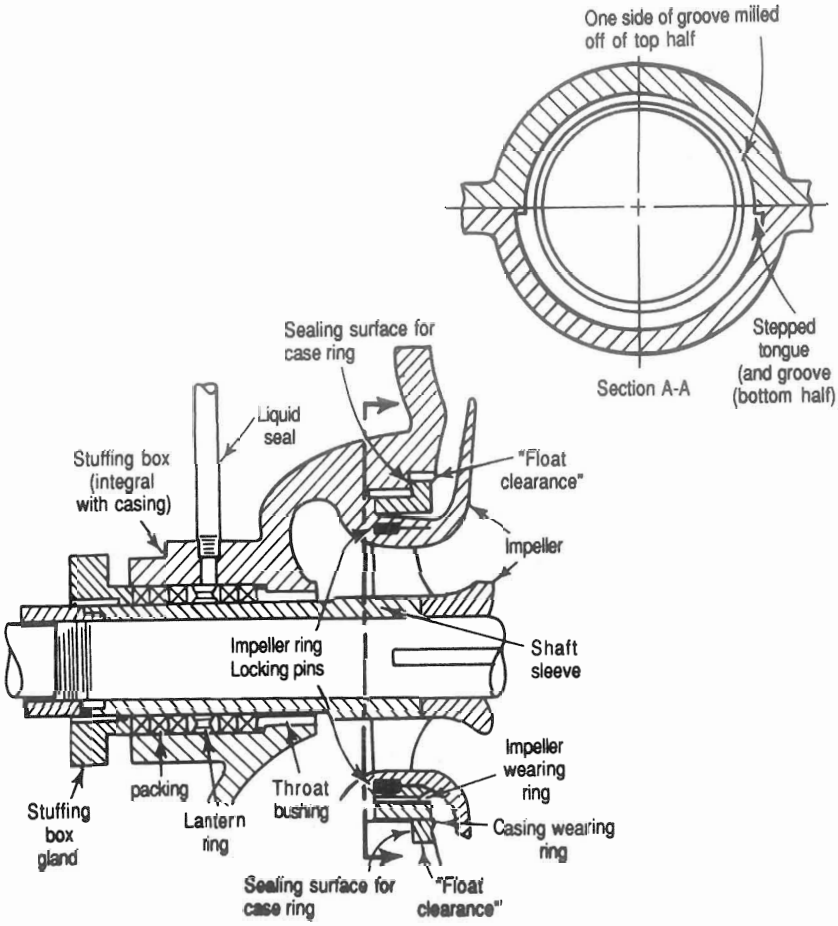
در اغلب پمپ‌های دو تکه افقی رینگ‌های سایشی با یک اتصال شیار و زبانه نصب می‌شوند (شکل ۴).

حلقه‌های سایشی در اثر فشار هیدرولیک جریان نشتی شناور شده و هنگام کار پمپ توسط فشار رانش در محل خود ثابت می‌شوند. ابعاد مهم عبارت است از قطر داخلی و سطوح عمودی حلقه سایشی، سه دلیل برای این مسئله وجود دارد :

۱ - به این ترتیب هم محور کردن محفظه و روتور آسان‌تر می‌شود.

۲ - واشر آببندی می‌تواند بدون آنکه حلقه سایشی محفظه شکل خود را از دست بدهد به مقادیر مختلفی فشرده گردد.

همانطور که در بخش ۳ - ۱ شرح داده شد میزان معمول فشردگی واشر می‌تواند تا ۰/۳ میلیمتر تغییر کند. در پوش محفظه بدون دید نصب می‌شود بنابراین محل اتصالات باید دارای مقداری انحراف مجاز باشد. در شکل ۴ نیمه بالایی هر حلقه به صورت متفاوتی فرم داده شده است تا کمک نماید که حلقه‌ها هنگام بستن درپوش محفظه خود به خود جایگیر شوند، به لبه‌ها که جهت جلوگیری از چرخش حلقه درنظر گرفته شده است توجه شود. لقی مجاز باید به اندازه‌ای باشد که در حدود نصف فشردگی واشر را جبران نماید. در پمپ‌های کوچک این مقدار باید بین ۰/۱ تا ۰/۱۵ میلیمتر در قطر حلقه‌ها باشد. در پمپ‌های بزرگی که جهت چرخش آب بکار می‌روند لقی ممکن است قدری بزرگتر باشد. به هیچ ترتیبی نمی‌توان بعد از محکم کردن درپوش محفظه نسبت به محکم کردن حلقه‌های سایشی محفظه اقدام نمود.



شکل ۴ – حلقه‌های سایشی در پمپ دو تکه افقی

۳ – منطقه آببندی بین محفظه و حلقه سایشی، سطوح عمودی حلقه سایشی می‌باشد. حلقه سایشی محفظه ممکن است بارها درآورده و جا زده شود ولی حلقه سایشی پروانه معمولاً تعویض می‌گردد.

در پمپ‌های دو تکه عمودی، دو روش برای حفظ لقی مناسب حلقه‌های سایشی در حین تعمیرات وجود دارد. یک روش عبارت است از نصب حلقه‌های سایشی جدید روی محفظه و پروانه، روش دوم اقتصادی‌تر است. در این روش حلقه سایشی پروانه تا از بین رفتن اثرات خوردگی از سطوحی که اهمیت دارند ماشینکاری می‌شود. سپس حلقه پروانه اندازه‌گیری شده و حلقه سایشی جدید محفظه با در نظر گرفتن لقی‌ها و تلرانس‌های مربوطه براساس اندازه‌های فوق ماشینکاری می‌شود. این روش عکس عملیات معمول در پمپ‌های دو تکه افقی است.

در پمپ‌های دو تکه عمودی اغلب حلقه‌های سایشی بدون زبانه و شیار بوده و به صورت پرسی جا زده می‌شوند. منطقه آببندی حلقه و محفظه روی قطر خارجی حلقه می‌باشد. قطر خارجی باید برای محافظت در مقابل خوردگی و صدمه دیدن محفظه بزرگ درنظر گرفته شود. صدمه ممکن است در اثر گریپاژ حلقه‌ها ایجاد شود.

در پمپ‌های دو تکه عمودی گاهی حلقه‌هایی با مقطع L شکل بکار می‌رود. از این نوع باید حتماً بعنوان قطعه یدکی موجود باشد. سطوح عمودی حلقه سایشی، منطقه آببندی محسوب می‌شود.

۵-۴- شیار حلقه سایشی

سایش دشمن واقعی لقی مناسب در حلقه سایشی است. استفاده از مواد با سطوح سخت شده، رویه کاری با مواد سخت و عملیات حرارتی، در کاهش سایش به درجات مختلف مؤثر می‌باشند. برای اطمینان بیشتر اغلب از شیارهای مارپیچ استفاده می‌شود. به این ترتیب ذرات کوچک مواد ساینده که همراه سیال مورد پمپاژ می‌چرخند و سعی می‌کنند که وارد لقی بین حلقه‌های سایشی شوند به این شیارها وارد شده و به خارج هدایت می‌شوند. آزمایش نشان می‌دهد که به این ترتیب نشتی تا ۳۵ درصد کاهش می‌یابد. معمولاً یک شیار در هر سانتیمتر هر کدام به عرض ۲/۵ میلیمتر و عمق ۰/۸ میلیمتر به صورت مارپیچ راست گرد ایجاد می‌گردد. تجربه نشان داده است که تأثیر شیار وقتی که هم جهت یا در خلاف جهت جریان سیال باشد یکسان است.

۵-۵- لقی‌های زمان کار

هنگامی که لقی‌های زمان کار بین حلقه‌های سایشی و دیگر قطعات متحرک، به جز یاتاقان‌ها، محاسبه می‌شود باید به دمای پمپاژ، شرایط مکش، مشخصات سیال مورد پمپاژ و ضرایب انبساط مواد حلقه‌های سایشی توجه نمود. لقی‌ها باید تا حدامکان آزاد باشند. مهمترین موردی که باید مورد توجه قرار گیرد روان بودن کار و جلوگیری از گریپاژ تحت شرایط کارکرد است حتی اگر به قیمت کاهش اندکی در بازده اولیه پمپ باشد. در مورد چدن، برنز، مواد سختی که ۱۱ تا ۱۳ درصد کروم دارند و مواد با مقاومت به سایش مشابه از لقی‌هایی که در شکل ۵ فهرست شده است استفاده می‌شود.

به طور معمول این اندازه‌ها در دماهای کارکرد زیر ۲۶۰°C بکار می‌رود. در پمپ‌های عمودی برای تعیین لقی‌های یاتاقان‌ها یا بوش‌های طبقات از اندازه‌های مذکور در شکل ۶ استفاده می‌شود در این موارد موادی با مقاومت به سایش کم بکار می‌رود.

برای چدن، برنز، مواد با ۱۱ تا ۱۳٪ کروم و موادی با مقاومت به سایش مشابه لقی‌های زمان کار زیر باید رعایت شود	
قطر اجزاء گردنده در محل لقی به اینچ	**حداقل لقی در قطر به اینچ**
Under 2.5	0.011
2.500 to 2.999	0.012
3.000 to 3.499	0.014
3.500 to 3.999	0.016
4.000 to 4.499	0.016
4.500 to 4.999	0.016
5.000 to 5.999	0.017
6.000 to 6.999	0.018
7.000 to 7.999	0.019
8.000 to 8.999	0.020
9.000 to 9.999	0.021
10.000 to 10.999	0.022
11.000 to 11.999	0.023
12.000 to 12.999	0.024
13.000 to 13.999	0.025
14.000 to 14.999	0.026
15.000 to 15.999	0.027
16.000 to 16.999	0.028
17.000 to 17.999	0.029
18.000 to 18.999	0.030
19.000 to 19.999	0.031
20.000 to 20.999	0.032
21.000 to 21.999	0.033
22.000 to 22.999	0.034
23.000 to 23.999	0.035
24.000 to 24.999	0.036
25.000 to 25.999	0.037

۱ - برای موادی با مقاومت به سایش بیشتر مانند فولاد ضد زنگ 18 - 8 یا دماهای کارکرد بالای ۲۶۰°C به میزان ۰/۰۰۵ به مقادیر فوق اضافه شود.

۲ - بین مواد درگیر باید حداقل ۵۰ برنیل اختلاف سختی وجود داشته باشد.

شکل ۵ - لقی حلقه‌های سایشی مطابق API 610

۵-۶-تعویض حلقه‌های سایشی

در اغلب پمپ‌ها با آبدهی و ارتفاع متوسط، دو برابر شدن لقی بین حلقه‌های سایشی توان جذبی را ۵ تا ۷ درصد افزایش می‌دهد. بنابراین از نظر اقتصادی بهتر است که در این شرایط نسبت به نصب حلقه‌های سایشی جدید اقدام نمود.

پمپ‌های عمودی که در آنها از بوش‌های یاتاقان روانکاری شونده، با سیال مورد پمپاژ و بوش‌های تعادل ساخته شده از برنز یا کربن در مقابل محورها یا بوش‌های فولاد 416 یا 18 - 8، استفاده شده است باید از لقی‌های زمان کار زیر استفاده شود.	
لقی به میلیمتر	قطر قطعه گردنده به میلیمتر
۰/۱۰ تا ۰/۱۵	۲۰ تا ۴۰
۰/۵ تا ۰/۲۰	۴۰ تا ۶۰

شکل ٦ – لقی بوش‌ها و یاتاقان‌ها در پمپ‌های عمودی

۶ – تراشه پروانه پمپ‌ها

ارتفاع و آبدهی یک پمپ گریز از مرکز را می‌توان با تراش پروانه تنظیم نمود. تغییرات حاصل در عملکرد پمپ تحت تأثیر عوامل مختلفی خواهد بود. نخست باید تأثیر کاهش قطر پروانه در ارتفاع، NPSH، آبدهی، بازده و ارتعاش را بررسی نمود. سپس باید دید که تمام پروانه تراش داده شود، یا تراش پره‌ها مناسب‌تر خواهد بود.

۶-۱-ملاحظات طراحی هیدرولیک :

تأثیر تراش پروانه بر منحنی عملکرد پمپ تا حد زیادی به سرعت ویژه پمپ بستگی دارد. سرعت ویژه مشخصه‌ای است که رفتار هیدرولیکی پروانه، نوع و خواص آن را تعیین می‌کند. جزئیات بیشتری در شماره ۲۰ نشریه پمپ بیان شده است. بسیاری از پمپ‌های پالایش سرعت ویژه‌ای بین ۱۸ تا ۵۰ دارند. بعضی پمپ‌های عمودی چند طبقه در محدودهٔ بین ۸۰ تا ۱۲۰ قرار دارند.

۶-۲- تأثیر بر آبدهی و ارتفاع

اگر سرعت دوران ثابت باشد معمول است که از سه قانون تشابه برای محاسبهٔ تأثیر تراش پروانه استفاده شود. در این مورد نیز در شماره‌های قبلی نشریه پمپ توضیحات بیشتری وجود دارد. عدم دقتی با علامت منفی بین قطر پروانه محاسبه شده از قوانین تشابه و منحنی عملکرد واقعی پمپ وجود دارد. بطورکلی مقدار تراشی که از طریق محاسبه پیدا می‌شود بیش از مقداریست که در واقع برای بدست آوردن ارتفاع و آبدهی مورد نظر مناسب است. بنابراین باید پروانه را تا قطری بزرگتر از مقدار محاسبه شده تراش داد. هر چه سرعت ویژه پروانه کمتر باشد و هر چه مقدار تراش بیشتر باشد عدم دقت محاسبه بیشتر است.

دلایل متعددی برای کمتر بودن آبدهی و ارتفاع از مقدار محاسبه شده وجود دارد :

۱ - در قوانین تشابه فرض شده است که صفحات جانبی پروانه موازی باشند. در واقع صفحات جانبی فقط در پمپ‌هایی با سرعت ویژه کم موازیند.

۲ - زاویهٔ خروج سیال در ضمن تراش کوچکتر می‌شود بنابراین منحنی ارتفاع به تدریج نزول می‌کند.

۳ - میزان درهم شدن جریان سیال به علت زیاد شدن فاصله بین محفظه و پروانه در اثر تراش آن، افزایش می‌یابد.

تمام این دلایل به کاهش بیش از انتظار آبدهی و ارتفاع منجر می‌شود. پمپ‌های پروسس اغلب جریان متخلط‌اند و بیش از پروانه‌های جریان محوری واقعی، که در پمپ‌های با ارتفاع زیاد دیده می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بنابراین در محاسبه کاهش قطر پروانه‌های جریان مختلط باید دقت بیشتری به عمل آید. خطای محاسبه ممکن است در حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد مقدار کاهش محاسبه شده باشد. اگر مقدار تراش محاسبه شده معادل ۱۰ درصد کاهش در قطر باشد کافیست ۷ تا ۸ درصد کاهش قطر به عمل آید. اگر پروانه‌ای با سرعت ویژه زیاد (N_S بزرگتر از ۴۰) مورد نظر باشد و یا اگر اصلاح هر نوع پروانه بیش از ۱۰ درصد باشد، تغییرات باید پله به پله انجام گیرد. در این حالت باید پروانه را به مقداری کمتر از مقدار محاسبه شده تراش داد و سپس پمپ را مورد آزمایش قرار داد. با توجه به نتایج آزمایش پروانه به مقدار نهایی اصلاح می‌شود.

۳-۶- حدود کاهش قطر

کاهش قطر پروانه‌های جریان محوری باید به ۷۰ درصد حداکثر قطر یا ۳۰ درصد کاهش محدود گردد. در صورت زیاد بودن تراش پروانه کاهش قابل ملاحظه‌ای در بازده به وجود آمده و منحنی ارتفاع حالت ناپایدار پیدا می‌کند. در پمپ‌های با سرعت ویژه زیاد (۵۰ تا ۸۰) تراش پروانه باید به ۹۰ درصد حداکثر قطر پروانه محدود گردد. بزرگ بودن قطر چشم پروانه امکان تراش پروانه را کاهش می‌دهد.

۶-۴- تأثیر در بازده

هنگامی که قطر پروانه کاهش می‌یابد، عرض کانال خروجی، زاویه خروج پره و طول پره تغییر می‌کند. اگر قطر پروانه نسبت به اندازه حداکثر آن به مقدار قابل ملاحظه کاهش داده شود، ابعاد هندسی پروانه به شدت تغییر می‌کند و در نتیجه ممکن است بازده به میزان زیادی کم شود. همچنین تأثیر این تغییرات تا حد زیادی به سرعت ویژه پروانه بستگی دارد و هر چه سرعت ویژه بیشتر باشد، کاهش بازده در اثر تراش پروانه بیشتر خواهد بود.

۶-۵- تأثیر بر NPSH

اگر اصلاح کوچکی (۵ درصد یا کمتر) در قطر خروجی پروانه لازم باشد می‌توان فرض کرد که NPSH لازم فقط اندکی افزایش می‌یابد. کاهش قطر بیش از حدود ۵ الی ۱۰ درصد باعث افزایش NPSH لازم خواهد شد. علت افزایش NPSH کاهش باربرداری پره‌هاست که در اثر کاهش طول پره حاصل می‌شود و بر توزیع سرعت در ورودی پروانه تأثیر می‌گذارد. اغلب سازندگان پمپ افزایش NPSH لازم در اثر کاهش قطر پروانه را در منحنی‌های پمپ نشان نمی‌دهند. در مواردی که اختلاف NPSH و NPSH موجود بسیار کم است باید به این مسئله توجه بیشتری معطوف نمود.

۶-۶- تأثیر بر ارتعاشات محوری

به علت وجود فاصله بین نوک پروانه و محفظه، جریان گردابی در اطراف پروانه به وجود می‌آید که باعث ارتعاشات محوری با فرکانس پایین می‌شود. همچنین همواره در هر دو نوع پمپ، با دیفیوزر یا محفظه حلزونی، در اثر باز چرخش سیال و کاویتاسیون در مقطع مکش، جریان دچار آشوب خواهد شد. هنگامی که قطر پروانه کاهش داده می‌شود توزیع جریان در مقطع خروجی کانال پروانه به شدت ناپایدار می‌شود و احتمال بازگشت سیال پرفشار به طرف کم فشار و ایجاد جریان بازچرخش به شدت افزایش می‌یابد. در این مورد نیز پمپ‌هایی با سطح انرژی بالاتر (بالاتر از ۱۵۰ کیلووات و ارتفاع ۲۰۰ متر به ازاء هر طبقه) بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

۶-۷- تأثیر بر ارتعاشات شعاعی

در سالهای اخیر جهت کاهش ارتعاش حاصل از تواتر عبور پره به صورت گسترده از ماشینکاری دقیق محفظه یا دیفیوزر به منظور افزایش فاصلهٔ "B"، در حالی که فاصلهٔ "A" ثابت بماند، استفاده می‌شود. نیروهای هیدرولیک ضربانی که به پروانه وارد می‌شود با این روش کاهش می‌یابد. این کاهش به ازای ۱ تا ۶ درصد افزایش در فاصله شعاعی در حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد خواهد بود. برخلاف انتظار بسیاری از طراحان پمپ، با ماشینکاری لبه‌های ورودی پروانه یا دیفیوزر هیچگونه افتی در بازده کلی پمپ پیش نخواهد آمد. چنین تصور می‌شود که هر گونه تغییری که موجب کوتاهتر شدن کانالهای دیفیوزر یا حلزونی شود باعث کاهش بازده می‌شود. اما در مقابل به علت محدود نمودن بعضی پدیده‌های جاذب انرژی مانند نوفه[1]، شوک، ارتعاش حاصل از تواتر عبور پره و واماندگی[2] تولید شده در ورودی دیفیوزر، بازده افزایش می‌یابد در نتیجه بازده کلی پمپ تغییر نمی‌کند.

---

1 . Noise

2 . Stall

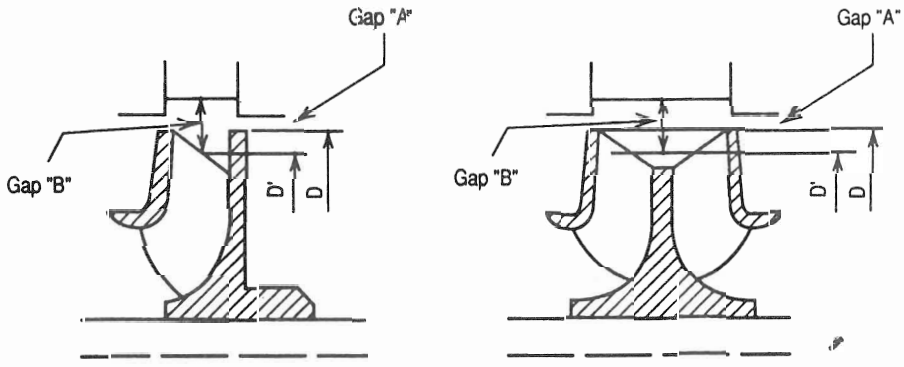
۸-۶- آنچه باید تراش شود

هیچگونه راهنمای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که روش مکانیکی تراش پروانه را مشخص کند وجود ندارد اما ملاحظات چندی در مورد ساختمان پمپ و ضرایب طراحی هیدرولیکی وجود دارد که لازم است هنگام تصمیم‌گیری در مورد آنچه باید ماشینکاری شود، مدنظر قرار گیرد.

نحوهٔ تراش پروانه تا حد زیادی در عملکرد هیدرولیکی و مقدار ارتعاش محسوس پمپ مؤثر است. برآوردی از مشخصه‌های هیدرولیکی قبل از اخذ تصمیم در مورد تراش پروانه لازم است.

در پمپ‌های با محفظه حلزونی ممکن است پره‌ها، صفحات جانبی یا هر دو تراشیده شود. در بعضی پمپ‌ها تراش پروانه ممکن است موجب افزایش ارتعاش محوری شود و مشکلات دیگری که به فاصلهٔ "A" وابسته است بروز کند. تأثیر فاصلهٔ "A" (لقی پروانه و پوسته) مربوط به توزیع نامتقارن جریان در ناحیه خروجی پروانه است.

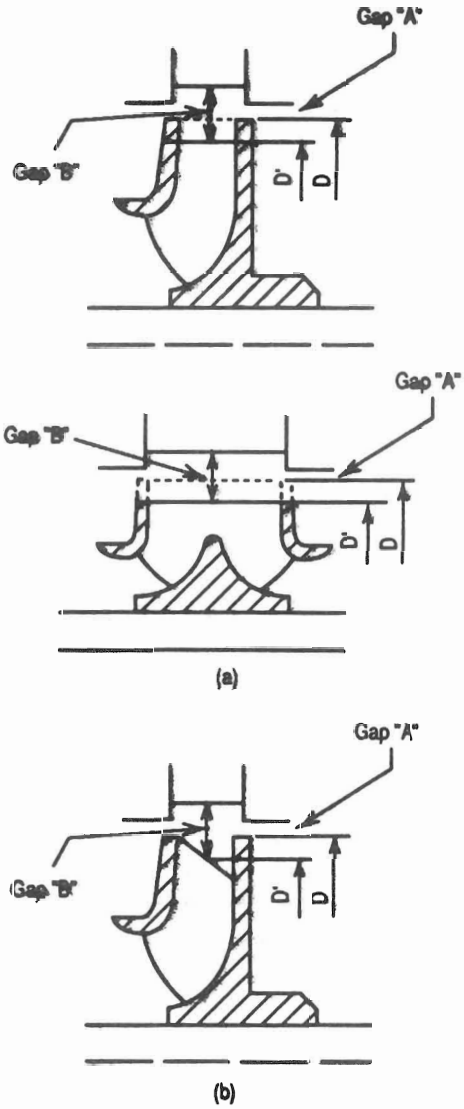
پمپ‌های دارای پروانه دو مکشه به ویژه به مسائل حاصل از افزایش فاصله "A" حساس بوده و کاهش قطر تمام پروانه در این مورد روش مناسبی نخواهد بود. بهتر است به صورتی که در شکل ۷ نشان داده شده است پره‌ها به صورت مورب بریده شده و صفحات جانبی دست نخورده بماند یا مانند شکل ۸ فقط پره‌ها تراش داده شود. تراش پره‌ها منجر به تغییر الگوی جریان خروجی می‌شود و احتمال ایجاد باز چرخش در این ناحیه را کاهش می‌دهد. فاصلهٔ "A" باید در حدود ۱/۲۵ میلیمتر (در جهت شعاعی) باشد تا ارتعاش حاصل از تواتر عبور به حداقل برسد.



شکل ۷ برش مورب پره‌ها

در اغلب پمپ‌های دیفیوزردار بهتر است که فقط پره‌ها کوتاه شود (مطابق شکل ۸) به این ترتیب بازچرخش در نوک پره‌ها و تأثیرات نامطلوب حاصل از افزایش فاصله A کنترل می‌شود. منحنی ارتفاع حاصل از این نوع برش حالت پایداری خواهد داشت زیرا امکان باز چرخش در نوک پره‌ها و احتمال بازچرخش در مکش به شدت کاهش می‌یابد. علت آنست که توزیع جریان در ناحیه خروجی بیشتر همگن خواهد بود.

استحکام صفحات جانبی پروانه عامل دیگری است که هنگام انتخاب نحوهٔ تراش پروانه باید درنظر گرفت. ممکن است مقدار زیادی از لبه‌های صفحات جانبی بعد از تراش پره‌ها بدون محافظ بماند. برش مورب باعث می‌شود که صفحات ثابت بماند و مشکل استحکام را حل می‌کند و الگوی جریان خروجی را توسعه می



شکل ۸ـ روش‌های کاهش قطر پروانه.
(a) تراش پره‌ها و صفحات جانبی
(b) تراش پره‌ها

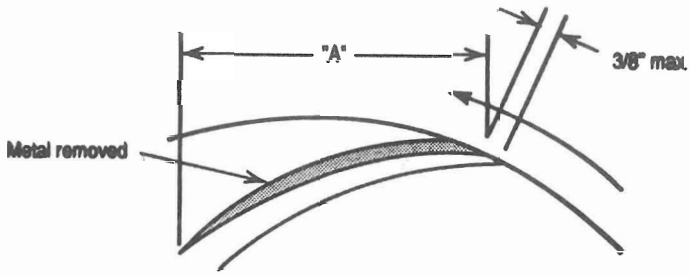
۶-۹- اصلاح فرم پره

تراش پره‌های پروانه باعث تیز شدن لبه پره‌ها می‌شود که به ایجاد آشوب در محفظه حلزونی منجر می‌گردد. پروانه‌هایی که با پره‌هایی با لبهٔ کند تولید می‌شوند نیز می‌توانند باعث بروز مشکلاتی مانند ایجاد ضربه قوچ شوند، حتی در مواردی که فاصله مناسب بین لبه خارجی پروانه و آب شکن‌ها (فاصلهٔ "B") وجود داشته باشد. لبه‌های کند پره‌ها باعث آشوب در ناحیهٔ خروجی پروانه و محفظه می‌شود. به روش‌های مختلفی می‌توان فرم پره‌ها را اصلاح نمود.

۶-۱۰- پخ رویی

آشوب فوق‌الذکر را می‌توان به صورت جزئی یا کلی با پخ زدن پره‌ها به صورت پخ رویی از بین برد.

منظور از پخ رویی برداشتن فلز از رویه هدایت کنندهٔ پره است (شکل ۹). این روش یک مزیت دیگر هم دارد و آن حفظ زاویهٔ خروجی پره تقریباً نزدیک به حالت طراحی پروانه در ماکزیمم قطر و پیش از تراش پروانه است.

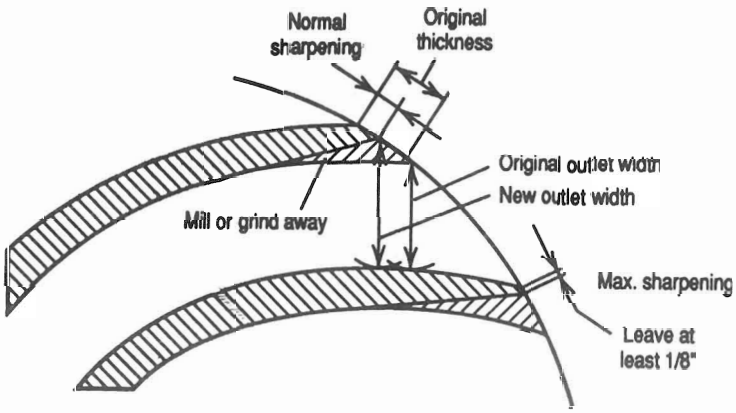


Length of blend for over filing	
Impeller diameter, in	"A" distance of blend, in
10 & below	1½
10 1/16 through 15	2½
15 1/16 through 20	3½
20 1/16 through 30	5
30 & larger	6

شکل ۹ پخ رویی پروانه

۶-۱۱- پخ‌زیری

با تیز کردن طرف پایین یا لبهٔ کشنده[1] پره مانند شکل ۱۰ ناحیه خروجی کانال سیال گسترش می‌یابد. این مسئله منجر به ۵ درصد افزایش ارتفاع در نزدیکی نقطه بهترین بازده (bep) خواهد شد که بستگی به زاویهٔ خروجی پره دارد. حداقل ۳ میلیمتر از ضخامت نوک پره باید حفظ شود. همچنین تیز کردن پره‌ها بازده را اندکی افزایش می‌دهد. اگر فشار در هر طبقه زیاد باشد تیز کردن باید با دقت زیاد انجام گیرد تا از تمرکز تنش استاتیک و دینامیک اضافی در پره جلوگیری گردد.



شکل ۱۰-تیز کردن پره‌ها توسط پخ زیری

■ مرجع :

1. Centrifugal Pump sourcebook
by : JOHN W. Dufour & WILLIAM E. NELSON

1 . trailing

کوپلاژ[1]

مهندس بابک رضوی‌اقدم
خانم پونه عرفانی
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

«قسمت دوم»

۵ - تلرانس انحراف محور

هدف اصلی از هم محورسازی دو شفت دوار، در یک امتداد قرار دادن آنهاست بطوریکه مانند یک شفت یکپارچه مستقیم عمل نمایند. تلرانسهای زیر در هم محورسازی اعمال می‌گردند.

ایده‌آل‌ترین حالت زمانی است که فاصله بین المانهای انعطاف‌پذیر (نظیر فضای بین دنده‌ها یا فاصله بین توپی کوپلینگ‌ها) در حدود ۰/۰۰۰۵ اینچ بر اینچ باشد.

عملاً" فاصلهٔ فوق در نوع دنده‌ای ۰/۰۳ ± اینچ و در مورد المانهای قابل انعطاف ۰/۰۱ ± اینچ در نظر گرفته می‌شود.

1 Alignment

۶ - روشهای متداول هم محورسازی

روشهای بسیار مفید بمنظور هم محورسازی شفتهای دوار بترتیب زیر معرفی می‌گردند.

۱ - **هم مرکزکردن داخلی**[1]: با استفاده از ساعت اندازه‌گیری زاویه بین صفحه‌ای توپی و میزان انحراف مراکز آنها اندازه‌گیری می‌شود.

۲ - **هم مرکزکردن حاشیه‌ای و صفحه‌ای**[2]: همانطوریکه در شکل (۷) نشان داده شده با استفاده از ساعت اندازه‌گیری زاویه سطوح و میزان اختلاف محوری سطح توپی‌ها نسبت بهم دیگر اندازه‌گیری می‌شود. این یکی از روشهای **بسیار دقیق در هم مرکز کردن بوده و اصول عملیات** در روشهای بعدی مشابه می‌باشد.

۳ - **روش اندازه‌گیری معکوس**[3]: همانطوریکه در شکل (۸) نشان داده شده است با نصب دو مجموعهٔ فک بهمراه ساعتهای اندازه‌گیری مربوطه همراستائی محورها سنجیده می‌شود.

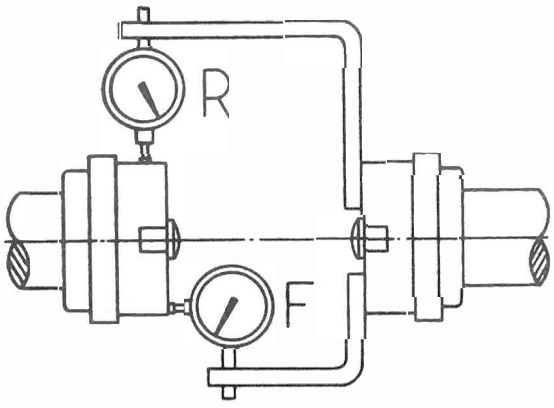


Figure 7 Mounting and arranging dial indicators for rim and face method.

۴ - **هم محورسازی اپتیکی**[4]: تعیین موقعیت توپی‌ها با استفاده از نور در وضعیت سرد و گرم صورت می‌پذیرد.

---

1 Sighting in

2 Rim and Face

3 Reverse indicator method

4 Optical alignment

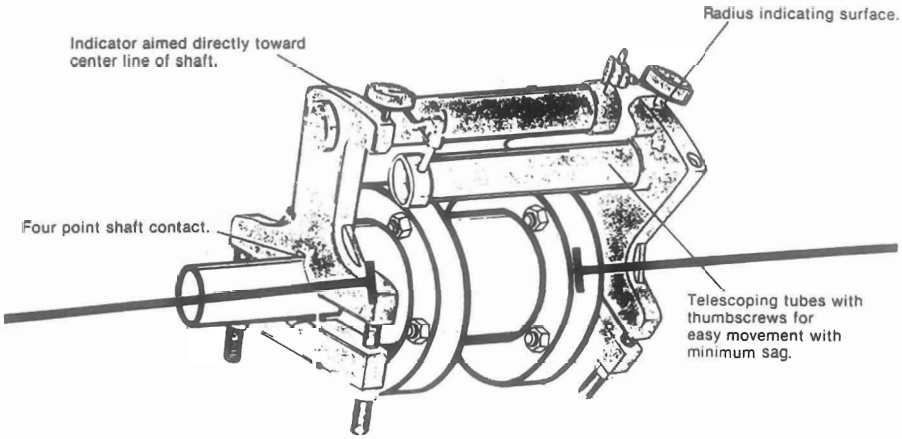


Figure 8 Reverse indicator method setup. (*Courtesy A-Line Manufacturng Co.*)

۵ - **هم محورسازی با استفاده از لیزر[1]:** استفاده از لیزر و روش اندازه‌گیری معکوس بسیار دقیق می‌باشد زیرا اندازه‌گیری با استفاده از انعکاس نور توسط آینه دقیقاً اختلافات را مشخص می‌سازد. با استفاده از ماشین حسابهای دستی قابل برنامه‌ریزی مطابق با روش اندازه‌گیری معکوس میزان انحرافات محوری و زاویه‌ای قابل محاسبه است. با استفاده از لیزر میزان عدم همراستائی در وضعیتهای سرد (سکون) و گرم (حین دوران) قابل محاسبه است.

بمنظور استفاده بهینه‌از تجهیزات، لازم‌است اپراتورها کاملاً به‌روشهای اندازه‌گیری آشناشوند.

۷ - مشخصات روش اندازه‌گیری معکوس[2]:

در حال حاضر بعنوان یک روش مفید عملی از اندازه‌گیری معکوس بطور گسترده‌ای استفاده می‌گردد.

استفاده از نمودارهایی که بر مبنای داده‌های بدست آمده از این روش تهیه گردیده‌اند بسیار معمول است. روش اندازه‌گیری معکوس با استفاده از ساده‌ترین ابزارها توسط افراد ماهر بمنظور استفادهٔ بهینه از ماشین‌آلات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مزیّت نخست این روش آن است که تصویر صحیحی از میزان انحراف حاشیه‌ها و سطوح توپی به ساده‌ترین روش ممکن تعیین می‌گردد. در اثر جابجائی دستگاهها در جهات نامطلوب، مکرراً نیاز به اندازه‌گیری می‌باشد. زمانی که توپی کوپلینگها در انتهای شفتها نصب می‌گردند انتظار می‌رود که بدون ایراد کار کنند ولی در عمل به علت خطاهای ماشین‌کاری تلرانس‌ها دقیقاً رعایت نشده و مشکلاتی پدید می‌یابد. به منظور هم محورسازی شفتها و رفع انحراف مراکز محورها لازم است تا

1 Laser alignment

2 Details of the Reverse indicator Methodes

دو توپی شفت بصورت همزمان دوران یابد.

مزایای مهم روش اندازه‌گیری معکوس عبارتند از :

۱ - برای هر شفت فقط یک سطح جهت اندازه‌گیری لازم است. (صفحه قائم حذف می‌شود)

۲ - انتقال محوری شفت تأثیری در دقت اندازه‌گیری ندارد. از آنجائیکه اندازه‌گیری مربوط به صفحه قائم حذف گردیده است خطای ناشی از جابجائی روتور درون یاتاقان محوری خود، وجود ندارد.

۳ - با گرداندن همزمان دو تکه کوپلینگ (توپی‌ها) کلیه خطاهای ناشی از ناصافی سطوح و انحراف مراکز حذف می‌گردد.

۴ - بعلت اینکه در روی هر پایه یک ساعت اندازه‌گیری نصب می‌گردد، مجموعه ساعت اندازه‌گیری بسیار پایدار و یکپارچه است.

۵ - روش اندازه‌گیری معکوس دید فیزیکی کاملی از آنچه که بهنگام انبساط حرارتی رخ می‌دهد ارائه داده و اصلاحات لازم را کاملاً مشخص می‌سازد.

۸ - مشخصات صفحه اندیکاتور[1] :

صفحات ساعتهای اندازه‌گیری معمول بسادگی قابل خواندن هستند. میزان انحراف کل خوانده شده روی ساعت اندازه‌گیری دو برابر میزان انحراف محوری شفت است. در حالت دیگر میزان انحراف با علائم منفی و مثبت روی صفحه اندازه‌گیری خوانده می‌شود. در ساعتهای اندازه‌گیری کوچک مورد مصرف در کوپلاژ شاخص ساعت از زیر آن بیرون آمده است. ساعت اندازه‌گیری Starrett ۱۹۶ مشابه آنچه ذکر گردید تا میزان (۰/۲in) انحراف را با دقت (۰/۰۰۱in) اندازه‌گیری می‌کند. در صورتیکه شاخص ساعت بسمت داخل فشرده و دوباره خارج گردد، مقادیر انحراف با علائم مثبت و منفی روی ساعت خوانده می‌شود. بعنوان یک اصل مهم در ساعتهای اندازه‌گیری می‌توان به این نکته اشاره کرد که عقربه ساعت اندازه‌گیری پس از دوران یک دور کامل روی شفت به نقطه اولیه خود برگشته و جمع جبری انحراف افقی تقریباً برابر با انحراف عمودی است (با دقت ۰/۰۰۱in) اگر مقادیر فوق با دقت مذکور برابر باشند در نحوه اندازه‌گیری اشکالی وجود ندارد. در مجموع کلیه مراحل اندازه‌گیری مجدداً باید بررسی گردد.

---

1 Understanding Dial Indicatirs

۹ - اندازه‌گیری میزان انحراف تکیه‌گاه[1]:

یکی از پارامترهائی که حین کوپلاژ مدنظر قرار گرفته می‌شود، انحراف تکیه‌گاه ساعت اندازه‌گیری است. اصلاح این انحراف و تأثیر دادن آن در محاسبات مشخص کننده فرق بین عملیات صحیح و نادرست است. تکیه‌گاه ساعت اندازه‌گیری ممکن است برای مشتری کالیبره گردد و یا به یک کالیبر مطابق شکل (۸) مجهز گردد. این کالیبر باید کاملاً تثبیت شده و از روی قسمت قابل انعطاف کوپلینگ عبور داده شود. انحراف تکیه‌گاه تحت هر شرایطی وجود دارد. ولی مقدار آن بستگی به طرح تکیه‌گاه دارد. پایه‌های ساعت اندازه‌گیری تا جائیکه ممکن است باید بصورت صلب و سخت ساخته شوند و میزان انحراف آنها دقیقاً اندازه‌گیری شده و در محاسبات اعمال گردد. برای کاربردهای مختلف نمی‌توان از یک طرح استفاده کرد. اغلب پایه‌ها با دهنه ۱۲in تا ۱۵in بمیزان ۰/۰۰۵in الی ۰/۰۱in انحراف پیدا می‌کنند. همانطوریکه در شکل (۹) نشان داده شده است بمنظور کنترل میزان انحراف، پایهٔ اندیکاتور در روی یک لولهٔ صلب نصب می‌گردد. عقربه ساعت اندازه‌گیری روی صفحه تنظیم می‌گردد.

لوله به اندازه °۱۸۰ دوران می‌یابد و عدد مشخص شده بر روی صفحه ساعت اندازه‌گیری خوانده می‌شود. اختلاف بین دو مقدار خوانده شده میزان انحراف را مشخص می‌سازد. این عدد مهم معمولاً دارای علامت منفی است. تست میزان انحراف برای کلیه ساعتهای اندازه‌گیری باید انجام پذیرد.

۱۰ - عوامل مؤثر در کوپلاژ[2]:

عوامل زیر بترتیب در مراحل کوپلاژ مؤثر هستند:

۱۰-۱- پایه‌ها[3]:

در صورتیکه شاسی ماشین‌آلات صحیح طراحی نگردد، انجام عملیات کوپلاژ دقیق

---

1 Bracket sag Measurement

2 Alignment phases

3 Foundations

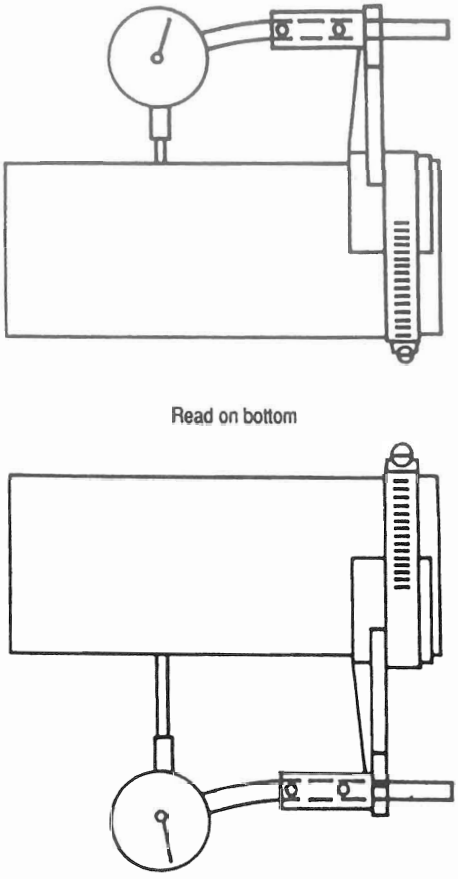


Figure 9 Checking for bracket sag.

امکـانپذیر نـیست. مسئلهای کـه اغـلب حـین نـصب ماشینآلات پدید میآید، تثبیت پایههاست. در صورتیکه کلیه پیچهای پایهها را به اندازه یک دور کامل باز کنیم، میتوانیم با استفاده از ساعت اندازهگیری مـحل دقـیق تثبیت پایهها را تعیین نمایند.

تـلرانس بـرای ایـن کـار ۰/۰۰۲in/ft است. در صورتیکه جابجائی دستگاه روی شاسی بیشتر از تلرانس فوق باشد با استفاده از صفحات نـازک (شـیم) قـبل از بهرهبرداری، پایهها را در محل صحیح تثبیت مینمایند.

۱۰-۲- شیمها (صفحات نازک فولادی)[1]:

شیمها بصورت گسترده در عملیات کوپلاژ مورد استفاده قرار میگیرند. در زمان استفاده از شیمها موارد زیر کاملاً رعایت شود:

الف - فقط از ورقهای ضدزنگ (Stainless steel) استفاده شود.

ب - در اطراف سوراخهای پیچهای نگهدارنده شیمهای موازی، باید سـه وجـه سـوراخـها را در برگیرند.

ج - کلیه وجوه ورقها قبل از استفاده کاملاً تمیز شود.

د - در آغاز با شیمهایی به ضخامت ۰/۱۲۵in که در زیر کلیهٔ پایهها نصب شده کار را آغاز نمائید. این توصیه از طرف استاندارد API ارائه شده است.

۱۰-۳- تکیهگاههای لولهها[2]:

کلیه اتصالات را باز کرده و تکیهگاهها را بدقت بدون انحراف در محلهای خود نصب نمائید.

---

1 Shims

2 Pipe hangers

۱۰-۴- تثبیت پایه‌ها[1]:

روش ساده برای تثبیت پایه‌ها استفاده از دو پیچ به ازای هر پایه جهت اتصال به شاسی است. استفاده از اتصال دهنده‌های معمول در کاهنده‌های سرعت مجاز نیست. در پمپهای بزرگ که سیالات داغ را پمپاژ می‌کند لازم است پایهٔ یاتاقان در طرف کوپلینگ جابجائی داشته باشد. بطور معمول این عمل با استفاده از یک خار که در جای خار ایجاد شده روی شاسی قابل حرکت است، صورت می‌پذیرد. این روش در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

۱۱ - محاسبات[2]

محاسبات مربوط به کوپلاژ باید با در نظر گرفتن انبساط طولی شفت حین کار ماشین نسبت به وضعیت سرد آن بدقت انجام گیرد. قابلیت انبساط حرارتی زمانی پیچیده می‌گردد که در جهت افقی و عمودی مدنظر گرفته شود. تنش‌های کششی در سیستمهای لوله‌کشی نمونه بارز ناشی از انبساط حرارتی می‌باشد. معمولاً سازندگان تجهیزات دید عملی کمتری نسبت به تأثیر افزایش حرارت دارند. توصیه‌های آنها معمولاً بر مبنای روش محاسباتی ساده‌ای استوار است. در اندازه‌گیری اولیه تغییر ارتفاع قائم (منظور فاصله مرکز شفت ماشین تا لبهٔ بالائی شاسی است) میزان افزایش دما

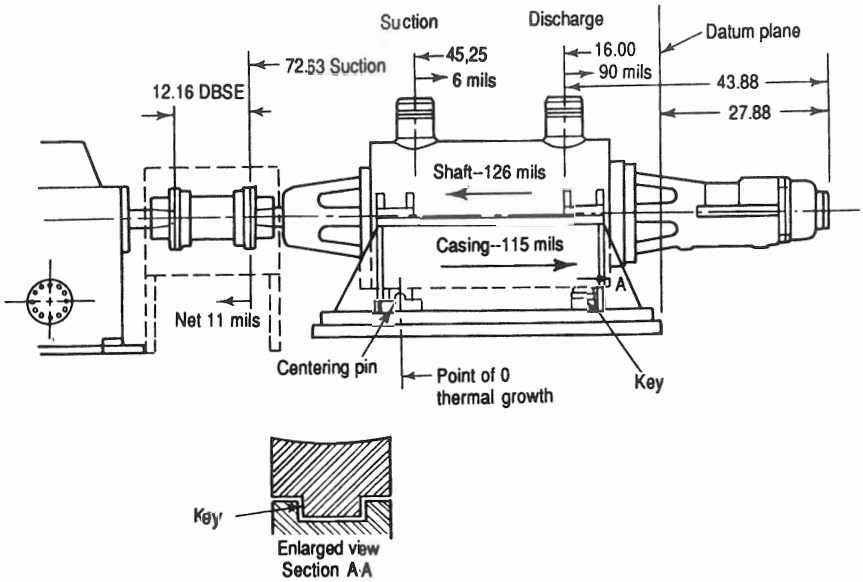


Figure 10 Thermal expansion and doweling of hot oil multistage pump.

1 Doweling

2 Detemination

تخمین زده می‌شود که میزان آن از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$\Delta H = L(in) \times 0.0000067 \times \Delta T(F^\circ)$$

$$\Delta H = L(cm) \times 0.00012 \times \Delta T(C^\circ)$$

که در آن ΔH عبارتست از میزان تغییر ارتفاع و ΔT میزان تغییر دما است.

معمولاً جابجائی قائم با استفاده از یک پایه ثابت متصل به خط محور محفظه به حداقل مقدار خود می‌رسد. دمای متوسط پایه‌های محفظه به صورت قابل ملاحظه‌ای کمتر از دمای محفظه است. میزان انبساط حرارتی قابل پیش‌بینی نیست. افزایش حرارت به میزان ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۵ اینچ بیشتر از مقدار محاسبه شده توسط فرمولهای فوق باعث افزایش طول می‌گردد. مقدار واقعی افزایش طول با استفاده از دو مرحله زیر قابل اندازه‌گیری است.

الف - کوپلاژ اولیه با توجه به محاسبات ارائه شده از طرف سازنده انجام گرفته و پس از راه‌اندازی آزمایشی و تأثیر انبساط حرارتی با استفاده از روشهای کوپلاژ گرم (روش اپتیکی لیزر، سنسورهای جداری و گونیا) اقدام به کوپلاژ نهایی می‌گردد.

ب - محاسبات باید بر مبنای مقادیر عملی انجام گرفته و ماشین مجدداً هم محور می‌گردد. اندازه‌گیریهای عملی نتایج بهتری در عملکرد دستگاهها بدست می‌دهد. زمانیکه تلرانس‌ها انتخاب می‌شوند به یادداشته باشید که دستگاه شما ۳۶۰ روز در سال در گرمترین و سردترین روزها کار خواهد کرد. در شرایطی که دستگاهها خارج از سرویس می‌باشند محاسبات تقریبی جهت انبساط حرارتی انجام می‌گیرد.

۱۲ - اصول تنظیم دستگاه[1]

پس از انجام محاسبات دقیق و ساخت‌شاسی مناسب و تکرار محاسبات، تنظیم دقیق دستگاه امکان‌پذیر است. در این بخش با استفاده از روش اندازه‌گیری معکوس به بیان روش دقیق تنظیم دستگاه می‌پردازیم. حین کوپلاژ الکتروموتورها و پمپها، توربین‌ها و پمپها و غیره مشکلات اصلی کوپلاژ بروز می‌کند. و تنظیم محرک نسبت به متحرک جزء کارهای معمول می‌باشد. عملیات کوپلاژ

1 Actoal Adyustment of the Mochine

در سیستمهای لوله‌کشی نیز معمول است اما نه به حساسیت موارد مذکور. زمانیکه در تجهیزات از گیربکس استفاده می‌شود عملیات کوپلاژ باید از گیربکس آغاز گردد. به این ترتیب که گیربکس باید با استفاده از پیچها و ورقهای فولادی (شیم‌ها) روی شاسی در محل دقیق خود تثبیت شود سپس محرک و متحرک نسبت به آن کوپلاژ گردند. مراحل کار در روش A-Line جهت انجام عملیات کوپلاژ به ترتیب زیر است :

۱ - همانطوری که در شکل (۱۱) نشان داده شده است فاصله محور به محور سوراخهای پایه‌ها را از هم اندازه بگیرید. در اندازه‌گیری DBSE (فاصله بین انتهای شفتها) کاملاً باید دقت عمل داشت. نموداری جهت شرایط کارکرد گرم زیر نقشهٔ مشخص کننده فاصله‌ها رسم نمائید.

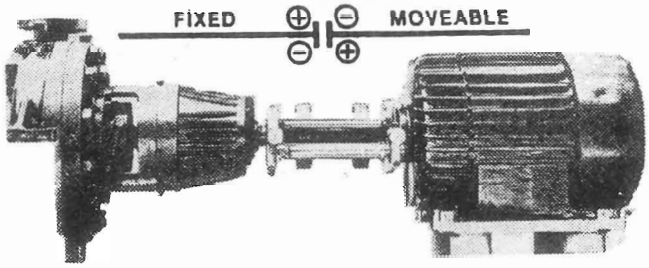


Figure 11 Reverse indicator setup. (*Courtesy A-Line Manufacturing Co.*)

۲ - همانگونه که در شکلهای (۸) و (۱۱) نشان داده شده پایه‌های ساعتهائی اندازه‌گیری را روی شفت و محیط شفت دیگر نصب کنید. مطمئن شوید که محور میله اندیکاتور از خط مرکز شفت عبور می‌نماید.

۳ - روی توپی‌های کوپلینگ در موقعیت °۹۰ نسبت به محل نصب پایه علامت بزنید.

۴ - به عنوان مثال در شکل (۱۲) در صورتی که کوپلاژ صحیح انجام گیرد در سه وضعیت بعدی ساعت (زوایای °۱۸۰ و °۲۷۰ و °۳۶۰) انحراف عقربه‌ها باید صفر باشد. هر دو شفت را °۱۸۰ بگردانید. بمیزان نصف انحراف نشان داده شده توسط ساعت اندازه‌گیری دستگاهها را نسبت بهم تنظیم کنید. ماشین متحرک را طوری حرکت دهید که محور شفت آن با محور ماشین ثابت در یک امتداد قرار گیرد و انحراف به صفر میل نماید. پیچهای تثبیت ماشین را محکم سفت کنید، این کار باعث تثبیت ماشین و ساعت اندازه‌گیری گشته و دقت اندازه‌گیری را بالا می‌برد.

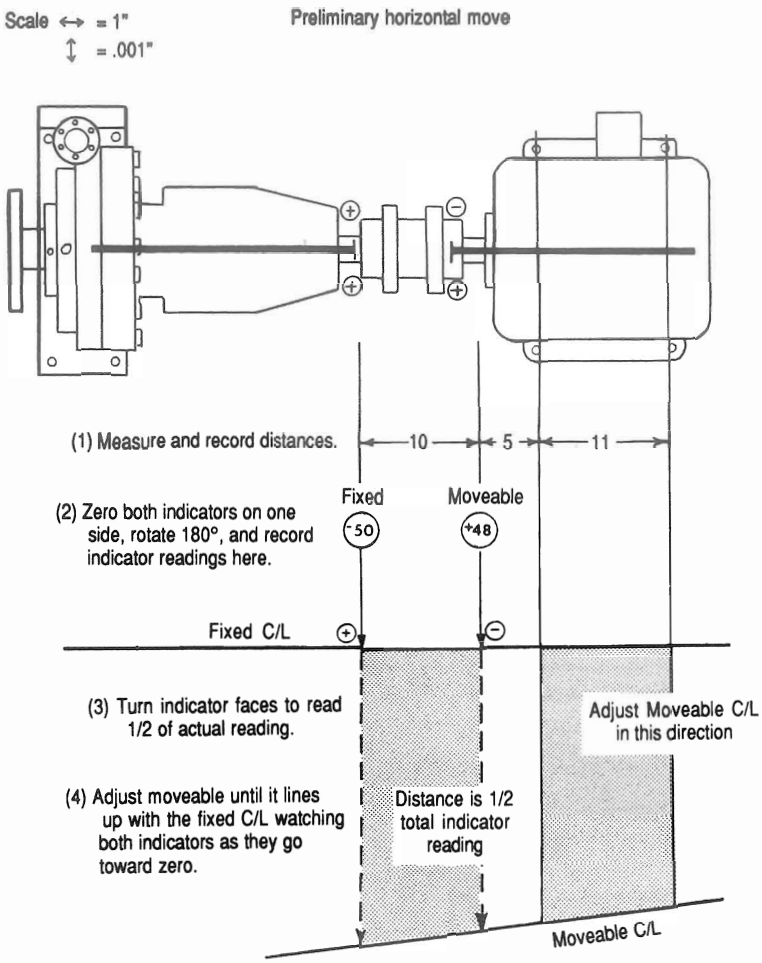


Figure 12 Sample problem—horizontal movement. (*Courtesy A-Line Manufacturing Co.*)

۵ - جهت هم محورسازی قائم لازم است هر دو ساعت اندازه‌گیری در ۱۲ وضعیت، جهت اندازه‌گیری میزان انحراف، تثبیت گردد. به آرامی هر دو شفت و مجموعه پایه‌های ساعتهای اندازه‌گیری را نسبت به هم دوران دهید و میزان انحراف در وضعیت °۱۸۰ را بخوانید. در حین اندازه‌گیری مقادیر انحراف دارای علایم مثبت و منفی خواهد بود.

۶ - همانطوریکه در شکل (۱۳) مشخص گردیده مقادیر خوانده شده را در یک نمودار رسم نمائید.

۷ - صفحات فولادی جهت تنظیم (شیمها) را کم یا زیاد کرده میزان انحراف را از بین ببرید و مراحل ۲ تا ۵ را تا رسیدن به نتیجه مطلوب مجدداً تکرار نمائید.

۸ – زمانیکه هم محورسازی قائم انجام پذیرفت. مجدداً انحراف محوری افقی را اندازه‌گیری نمائید. حین اجرای عملیات ممکن است موتور حرکت نماید. بر مبنای میزان انحرافات خوانده شده دقیقاً آنرا تثبیت نمایید.

۹ – قبل از اینکه پیچهای موتور را به صورت کامل سفت کنید مقدار DBSE را با مقدار ارائه شده از طرف سازنده کوپلینگ چک کنید.

۱۰ – زمانیکه کوپلاژ نهایی صورت گرفت صفحات تثبیت برای محرک و متحرک در دو موقعیت باید سوراخکاری شوند و فضای لازم جهت پیچها با در نظر گرفتن شرایط سهولت نصب آنها بوجود آید. کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات باید بدقت حمل شوند محاسبات و اندازه‌گیریها باید بدقت انجام پذیرند. تلرانس خطا در مورد اندازه‌گیرهای نهایی ۰/۰۰۳ اینچ می‌باشد. این میزان انحراف در اغلب تجهیزات قابل استفاده بوده و در صورت بیشتر بودن نیاز به تنظیم مجدد است.

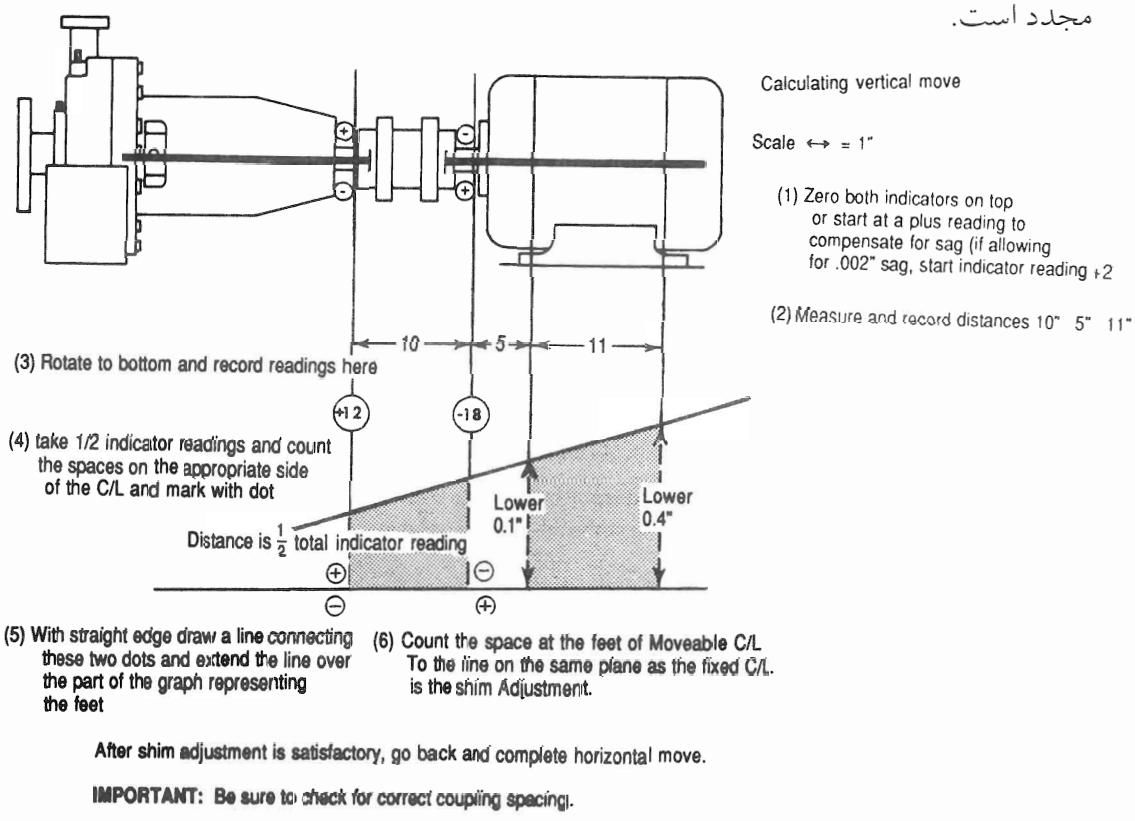


Figure 13 Sample problem—vertical movement. (*Courtesy A-Line Manufac-*

مرجع : Centrifueal Pumps Sourcebook
by: Hohn W. Dufour & William E. Nelson

اثر ویسکوزیته وگازهای محلول روی انتخاب نوع پمپ

مهندس مینو الماسی

سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران - مرکز شیراز

در انتخاب نوع پمپ بایستی فاکتورهائی مانند آبدهی، ارتفاع کلی دینامیکی، ارتفاعهای ورودی و خروجی درجه حرارت، چسبندگی یا ویسکوزیته، فشار بخار، نوع سیال منتقل شونده و جرم مخصوص بدقت مطالعه شوند. بعلت فاکتورهای گوناگونی که در انتخاب پمپ‌ها مؤثر بوده و همچنین طیف وسیعی که از انواع پمپها وجود دارد، یک مهندس طراح در وحله اول باید بتواند یک یا چند گروه از پمپها را انتخاب کند.

همانطوری که در سطور قبلی اشاره شد ویسکوزیته روی انتخاب نوع پمپ اثر بسیار زیادی دارد (بخصوص پمپهای گریز از مرکز) همانطور که قبلاً اشاره شد، واحدی بنام ssu وجود دارد که زمان لازم برحسب ثانیه که برای جریان یافتن ۶۰ سانتی‌متر مکعب از مایع از ویسکومتر استاندارد (saybo lt) لازم است می‌باشد. از فرمول زیر نیز می‌توان برای تبدیل استفاده کرد.

برای $suu<100$, μ, in $cp=\gamma[(0.226\ ssu)-(195/ssu)]$

برای $suu>100$, μ, in $cp=\gamma[(0.226\ ssu)-(130/ssu)]$

تقریباً تمام سیالاتی که در فرآیند صنعت نفت بکار می‌روند و همچنین نفت خام دارای گرانروی کمتر از ۵۰۰ssu بوده که این مقدار کمتر از حدی می‌باشد که روی انتخاب پمپ اثر بگذارد. سیالی که دارای گرانروی بالاتر از این حد باشد بهتر است با یک پمپ جابجائی مثبت انتقال یابد.

انتقال سیالات خمیری شکل جامد - مایع با پمپهای دوار ایجاد مساله می‌کنند و اگر بنا به عللی از این سرویسها استفاده شود بهتر است در سرعتهای پایین بکار روند.

اگر سیالی حاوی ۴ تا ۵ درصد گاز باشد کاربرد پمپهای جابجائی مثبت توصیه می‌شود. سیالات خورنده بهتر است در سرعتهای پایین پمپها بکار روند زیرا باعث کاهش پدیده سایش می‌گردد.

اثر ویسکوزیته روی پمپهای سانتریفوژ :پمپهای سانتریفوژ برای جابجائی سیالات ویسکوز محدودیت دارند. برای سیالاتی که تقریباً ویسکوزیته پایینی دارند (تا حدود ۲۰ سانتی استوک) طرز کار پمپ سانتریفوژ خیلی شبیه به طرز کار آن برای پمپاژ آب است. در محدودهٔ ویسکوزیته بین ۲۰ -۱۰۰سانتی استوک کاهش کمی در ارتفاع بوجود می‌آید ولی بعلت توان ورودی بیشتر که احتیاج است راندمان بشدت افت می‌کند. وقتی که ویسکوزیته بیشتر از ۱۰۰ سانتی‌استوک باشد تلفات در ارتفاع و کاهش قابل توجه در راندمان بوجود می‌آید که در مباحث بعدی در این فصل روی آن بحث شده است.

مایع گرانرو روی طرز کار پمپ‌های سانتریفوژ به طرق زیر اثر می‌گذارد :

۱ - پمپ با ارتفاع کمتری نسبت به مواقعی که آب را جابجا می‌کند کاری می‌کند.

۲ - پمپ با ظرفیت کمتری کار می‌کند.

۳ - توان ورودی بیشتری احتیاج است.

بهرحال طرز کار یک پمپ سانتریفوژ وقتی که مایع گرانرو را جابجا می‌کند با مواقعی که آب را جابجا می‌کند در محدودهٔ دمای ۳۲°F−۸۰°F باهم مقایسه می‌شود و توان ورودی بیشتری که

احتیاج است بعلت افزایش اصطکاک در پروانه است.

ضرایب تصحیح :با استفاده از شکل (۱) ضرایب تصحیح برای پمپ‌های سانتریفوژ حاوی مایع گرانرو بدست می‌آید. البته وقتی می‌توان از این ضرایب تصحیح استفاده کرد که مشخصات پمپ سانتریفوژ برای آب موجود باشد. (با استفاده از جداول و منحنی‌ها.)

منحنی فوق تنها در محدودهٔ خودش بایستی بکار رود و قیاس انجام نمی‌گیرد. برای پمپهای نوع جریان مخلوطی یا جریان محوری منحنی استفاده می‌شود. همچنین برای پمپهائی که طراحی خاصی دارند. منحنی فوق تنها برای سیالات یکنواخت بکار می‌رود. برای سیالات خمیری شکل و ژلاتین‌ها نتیجه مطلوب داده نمی‌شود. با ذکر یک مثال طرز استفاده از منحنی (۱) بیان شده است.

مثال : پمپی را انتخاب کنید که[1] ۷۵۰gpm روغن را با ویسکوزیته ۱۰۰۰ssu را به ارتفاع کلی ۱۰۰ فوت برساند. روغن دارای جرم‌مخصوص ۰/۹ در دمائی که پمپ می‌شود است.

حل : در پایین منحنی نقطه ۷۵۰gpm را مشخص کرده، بطور عمودی بالا آمده تا خط ارتفاع را قطع کند. بعد بطرف راست خط افقی کشیده تا نمودار ویسکوزیته را در ۱۰۰۰ssu قطع کند و بطور عمودی بالا رفته تا سه منحنی مربوط به ضرایب تصحیح C_H و C_Q و C_E قطع شود که فاکتورهای فوق بدست می‌آیند. برای این مثال خاص مقادیر زیر بدست می‌آید.

O_Q=۰/۹۵ ،C_H=۰/۹۲ (1 Q_{NW} برای) ،C_E=۰/۶۳۵

اندیسهای Q، H، E ظرایب تصحیح برای ظرفیت، ارتفاع و راندمان می‌باشند N_W مربوط به ظرفیت آب در یک راندمان مخصوص است. در راندمان ماکزیمم، ظرفیت آب ۱G_{NW} داده شده است و در ظرفیتهای دیگر بوسیله اعداد بزرگتر و یا کوچکتر از یک بیان می‌شود.

ظرفیت آب مورد احتیاج $Q_W=G_u/C_Q=\frac{۷۵۰}{۰/۹۵}=۷۹۰gpm$

1 gallon per minute

$Q_v(gpm)$ ظرفیت سیال گرانرو

$H_W=H_V/C_H=\frac{۱۰۰}{۰/۹}=۱۰۸/۸$ فوت ارتفاع آب

H_V = ارتفاع سیال گرانرو

در اینجا بایستی پمپی انتخاب شود که ۷۹۰gpm آب را به ارتفاع ۱۰۹ فوت ببرد و پمپ انتخاب شده نزدیک به راندمان ماکزیموم کار می‌کند.

اگر راندمان پمپی که با ظرفیت ۷۹۰gpm کار می‌کند ۸۱ درصد باشد راندمان آن زمانی که سیال ویسکوز را جابجا می‌کند برابر است با :

$E_V=E_W.(C_E)=۰/۸۱(۰/۶۳۵)=۰/۵۱۵$

E_W= راندمان آب

توان ورودی برای سیال ویسکوز به پمپ برابر است با

$P_V=Q_V(HV)(S_g)/(۳۹۶۰)(Ev)$

P_V= توان ورودی سیال گرانرو

S_g = جاذبه ویژه سیال گرانرو

$P_V=(۷۵۰)(۱۰۰)(۰/۹)(۳۹۶۰)(۰/۵۱۵)=۳۳/۱$ hp

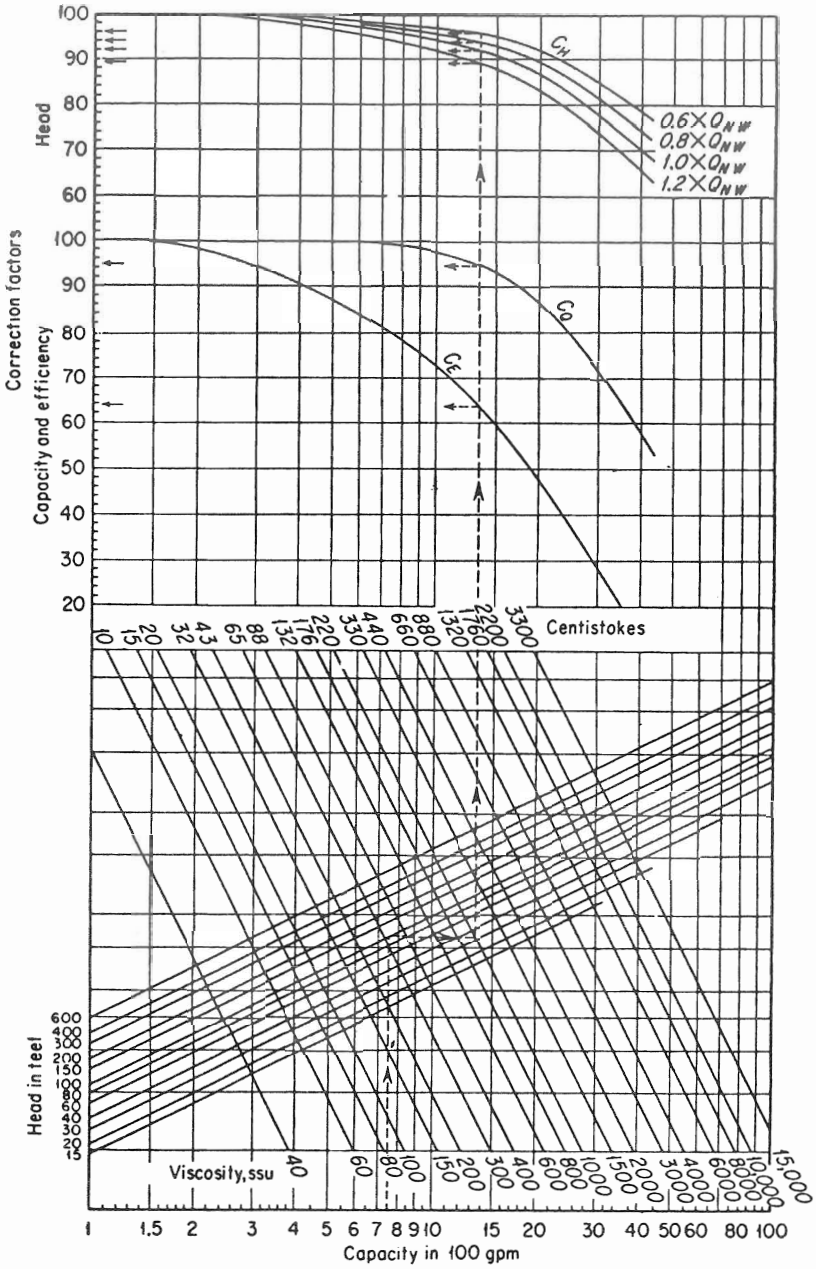
اثر گازهای محلول روی پمپهای سانتریفوژ :

اگر گازهای محلول بیشتر از ۵ درصد حجم مایع را اشغال کند باعث کاهش ظرفیت پمپهای سانتریفوژ افقی می‌شود. در پمپهای عمودی اگر کاهش بیشتر از ده درصد باشد مسئله جدی می‌شود (بجز در انواع جریان مخلوطی و ملخی.)

اثر ویسکوزیته روی پمپهای دوار :

انواع مختلفی از پمپهای دواری که فاصله پوسته و پروانه آن کم است، در محدودهٔ وسیعی از وسیکوزیته‌های مختلف و برای انواع سیالات تمیز و ویسکوز بکار می‌روند. بعضی از انواع پمپهای دوار دارای جدارهٔ بخار برای کاهش ویسکوزیته مایع از طریق گرم کردن هستند. که این امر باعث

می‌شود که کار تلمبه کردن سیال با توان ورودی کمتری انجام گیرد. سیالاتی که ویسکوزیته آنها تا



شکل ۱ – فاکتور تصحیح برای سیالات ویسکوز در پمپهای سانتریفوژ (انستیتو هیدرولیک)

۲۵۰۰۰۰ssu بوده بوسیله مدلهای استاندارد پمپهای دوار جابجا می‌شوند و برای وسیکوزیته‌های بالاتر از این عدد طراحی‌های بخصوصی لازم است.

پمپهای دوار سیالات ویسکوزو غیرویسکوزو را جابجا کرده این سیالات شامل آب، امونیاک، فرئون، گازوئیل، بنزین، نفت سفید و نفت چراغ است. وقتی دمای سیالی که بوسیله یک پمپ دوار جابجا می‌شود متجاوز از ۳۵۰°F باشد از یک جعبه آببندی با جداره‌ای از آب[1] استفاده می‌شود و در دماهای بالاتر از ۴۵۰°F پوسته پمپ بایستی از نوع فولاد ضدزنگ ریخته‌گری شده باشد[2].

در صورتیکه ویسکوزیته سیالی که بوسیله پمپ جابجا می‌شود بیشتر از ۶۰۰ssu باشد شرکت‌های تولید کننده توصیه می‌کنند که پمپ در سرعتهای پایین‌تر کار کند تا از ارتعاشات و سر و صدا جلوگیری شود.

در جدول (۱) کاهش سرعتها که بوسیله یک سازنده داده شده است نشان می‌دهد. برای مثال پمپی که سیالی را با ویسکوزیته ۱۰۰۰۰۰ssu جابجا کند و دارای سرعت اسمی ۸۰۰ دور در دقیقه می‌باشد باید با سرعت معادل ۴۰۰rpm=۸۰۰(۰/۵)−۸۰۰ (دور در دقیقه) گردش کرده که آبدهی پمپ نیز بطور مستقیم با سرعت گردش آن تغییر می‌کند که در این حالت بخصوص ظرفیت آن نصف می‌شود.

جدول ۱ – کاهش سرعت پمپ دوار

کاهش سرعت، درصد سرعت اسمی پمپ	ویسکوزیته سیال (SSU)
۲	۶۰۰
۶	۸۰۰
۱۰	۱۰۰۰
۱۲	۱۵۰۰
۱۴	۲۰۰۰
۲۰	۴۰۰۰
۳۰	۶۰۰۰
۴۰	۸۰۰۰
۵۰	۱۰۰۰۰
۵۵	۲۰۰۰۰
۵۷	۳۰۰۰۰
۶۰	۴۰۰۰۰

1 water jacket stuffing box

2 cast steel

اثر هوا یا گازهای محلول روی آبدهی پمپهای دوار :

خیلی از مایعاتی که بوسیله پمپهای دوار جابجا می‌شوند شامل گازی که در مایع حل شده است می‌باشند. برای مثال روغنی که برای نرم کردن وسایل و یا خنک‌کاری بکار می‌رود در فشار و دمای اتمسفری حدود ۱۰ درصد حجمی گازهای محلول دارد. گازوئیل در تحت همین شرایط شامل ۲۰ درصد گازهای محلول است. وقتی که فشار ورودی پمپ دوار زیر اتمسفری باشد. گازهای محلول در مایع انبساط یافته و حجمی از فضای پمپ را اشغال می‌کند که باعث کاهش آبدهی پمپ می‌شود.

در جدول (۲) اثر گازهای محلول را روی آبدهی یک پمپ دوار که دارای فشاری زیر فشار اتمسفریک بوده نشان می‌دهد. ظرفیت مایع یک پمپ دوار بطور حداقل و تئوری متناسب با مقدار گازی که در ورودی فلنج پمپ بوده کم می‌شود ولی کاهش واقعی بزرگتر بوده و بستگی به حجمی که در فاصله بین پروانه و پوسته است دارد و همچنین بستگی به کاهش فشار داخل پمپ دارد.

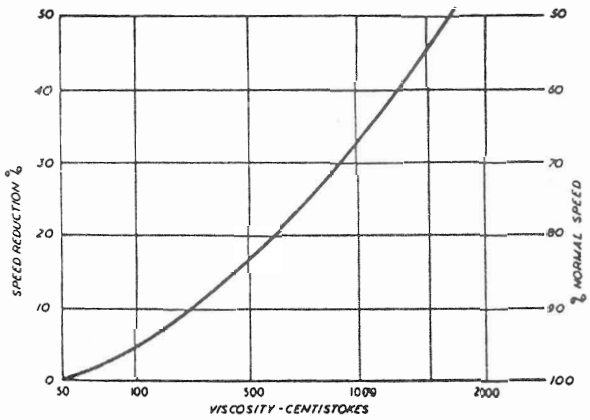
Vacuum at pump inlet, in. Hg	Gas entrainment					Gas solubility					Gas entrainment and gas solubility combined				
	1%	2%	3%	4%	5%	2%	4%	6%	8%	10%	1% 2%	2% 4%	3% 6%	4% 8%	5% 10%
5	99	97½	96½	95	93½	99½	99	98½	97	97½	98½	96½	96	92	91
10	98½	97¼	95½	94	92	99	97½	97	95	95	97½	95	93	90	92¼
15	98	96½	94½	92½	90½	97	96	94	92	90½	96	93	89½	86½	83¼
20	97½	94½	92	89	86½	96	92	89	86	83	94	88	83	78	74
25	94	89	84	79	75½	90	83	76½	71	66	85½	75½	68	61	55

For example: with 5% gas entrainment at 15 in. Hg vacuum, the liquid displacement will be 90½% of the pump displacement neglecting slip or with 10% dissolved gas liquid displacement will be 90½% of pump displacement, and with 5% entrained gas combined with 10% dissolved gas, the liquid displacement will be 83¼% of pump displacement.

اثر ویسکوزیته روی پمپ‌های رفت و برگشتی :

پمپهای فوق برای انواع سیالات خمیری شکل و مایعات بسیار ویسکوز و همچنین وقتی ارتفاع زیاد برای سیال مورد نظر است مناسب است این پمپها بخاطر سرعت کمتری که دارند، مخارج تعمیرات آنها کمتر از انواع سانتریفوژ است.

پمپ‌های رفت و برگشتی قادر به جابجائی سیالاتی تا ویسکوزیته ۱۰۰ سانتی استوک هستند که در حالت فوق هیچگونه کاهشی در سرعت و آبدهی پیش نمی‌آید ولی راندمان نسبت به مواقعی که آب را منتقل می‌کنند کم شده و علت آن نیز افزایش توان ورودی مورد احتیاج می‌باشد. در ویسکوزیته‌های بالاتر راندمان افت کرده و این موضوع بعلت افزایش مقاومت در مقابل جریانی که در شیرها و اتصالات است می‌باشد. در ویسکوزیته‌های بالاتر بهتر است پمپ در سرعتهای پایین‌تر کار کند (به نمودار ۲ توجه کنید)



که این مقادیر بستگی به طراحی پمپ و خصوصیات آن دارد ولی در ویسکوزیته‌های بالاتر از ۲۰۰۰ سانتی استوک سرعت مجاز پمپاژ بطور افزاینده‌ای کاهش می‌یابد. برای مثال از منحنی‌های موجود وقتی سیالی با ویسکوزیته ۱۰۰۰ سانتی استوک بکار رود، باید پمپی انتخاب شود که سه برابر

ظرفیت مورد احتیاج را داشته باشد (شکل ۲) که وقتی پمپی با $\frac{1}{2}$ سرعت طراحی شده می‌چرخد ظرفیت مورد نظر را تأمین کند. در ویسکوزیته‌های بالا حتی لازم است که طراحی پمپ بگونه‌ای باشد که بدون شیر ورودی کار کند و یا شیر خروجی طوری اصلاح شود که از جریان آزاد مایع مطمئن بود. که با این تکنیک پمپ رفت و برگشتی برای ویسکوزترین سیال و یا نیمه‌جامدات مناسب است. پمپ رفت و برگشتی برای سرویسهای فشار بالا[1] بسیار مناسب است و انواع پمپهای دوار پیستونی و انگشتی معمولاً برای آبدهی‌های زیاد و ظرفیت پایین که شامل سیالات روغنی و هیدرولیکی است ترجیح داده می‌شود.

سیالاتی که دارای ویسکوزیته زیاد هستند باعث کاهش سرعت پیستون در انواع پمپهای برقی و مرحله مستقیم می‌شوند. چون ظرفیت تابعی از سرعت پیستون می‌باشد این پمپها دارای آبدهی کمتر نسبت به سیالات ویسکوز تا آب بوده (زیرا سرعت پمپ کمتر است).

در جدول (۳) اثر ویسکوزیته روی سرعت پمپ نشان داده شده است.

نیمه‌جامدات، سرباره‌های اسیدی، ملاس، با پمپهای رفت و برگشتی که طراحی آنها بدون شیر ورودی[2] است انتقال می‌یابند. شیرهای خروجی دیسکی و یا توپی در اینگونه واحدها بکار می‌رود.

جدول (۳) فاکتور تصحیح سرعت

ویسکوزیته سیال (ssu)	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰
درصد کاهش سرعت (%)	۰	۴	۱۱	۲۰	۲۶	۳۰	۳۵
دمای آب (°F)	۷۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰
درصد کاهش سرعت (%)	۰	۹	۱۸	۲۵	۱۹	۳۴	۳۸

توضیح جدول (انستیتو هیدرولیک)

دمای آب و ویسکوزیته مایع: هر دو پارامتر فوق روی ظرفیت و ماکزیموم سرعت پمپ اثر می‌گذارد.

1 high pressure duty

2 Suction valve

و همانگونه که ویسکوزیته سیال از ۲۵۰ssu تا ۵۰۰۰ssu تغییر می‌کند سرعت پمپ نیز متغیر است، همانطور که دمای آب از ۷۰°F تا ۲۵۰°F تغییر می‌کند کاهش سرعت به مقدار ۶۲ درصد سرعت اولیه بوجود می‌آید. جدول فوق فاکتور تصحیح سرعت برای ویسکوزیته و دماهای داده شده را که بوسیله انستیتو هیدرولیک می‌باشد خلاصه کرده است. برای کاربرد جدول فوق سرعت اولیه (rate speed) را با درصد کاهش ضرب می‌کنند.

با بکار بردن مقادیر جدول (۳) برای مثال اگر پمپی سیالی را با ویسکوزیته ۲۰۰ssu انتقال دهد (برای انتقال آب دارای ظرفیت ۱۰۰gpm و ۵۰ ضربه در دقیقه) باید با سرعتی معادل ۴۰=(۵۰)(۰/۸) دور در دقیقه بچرخد که ۲۰ درصد ظرفیت آن کم شده و یا به ۸۰ گالن در دقیقه می‌رسد.

یکی از عیوب این پمپها موج و سرعتی بوده که در ضمن ضربه‌ها بوجود می‌آید که راه‌حل آن استفاده بیشتر از یک پمپ و بطور موازی قرار گرفتن است. گازهای محلول اثر ملایمی روی پمپ‌های رفت و برگشتی دارند.

منابع :

1. Tyler G.Hicks and Theodore W. Ed wards,
"pump application engineering", 1971, McGraw-Hill

استاندارد مربوط به چدنهای خاکستری

مجتبی جباری مقدم
کارشناس متالورژی- شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

مقدمه :

چدن واژه‌ای عمومی است و کلیهٔ آلیاژهای آهنی حاوی بیش از دو درصد کربن را چدن می‌نامند استفاده از واژه چدن در صنعت پسندیده نیست زیرا این واژه معنای مشخصی ندارد و در حقیقت انواع مختلف چدنهای خاکستری، چکش‌خوار، داکتیل (با گرافیک کروی) سفید، آلیاژی و با گرافیت فشرده را دربر می‌گیرد. ترکیب شیمیائی به تنهائی نمی‌تواند چدنی را با خواص مکانیکی خاصی مشخص کند خواص خواسته شده از چدن توسط خریدار در استانداردی معین گنجانده شده است.

چدن خاکستری پرمصرفترین فلز ریخته‌گی است، و تولید سالانهٔ آن به چند برابر کل تولید سایر فلزات ریخته‌گری می‌رسد. نام آن از رنگ مشخصهٔ خاکستری فلز که از پولکهای گرافیت ناشی می‌شود، اقتباس شده است. چدن خاکستری بدلیل دارا بودن خواصی چون ماشینکاری پذیری عالی، مقاومت خوب در برابر سایش، و بویژه به دلیل قابلیت ریخته‌گری به صورت شکلهای پیچیده با هزینهٔ کم به شکل گسترده‌ای در صنعت پمپ‌سازی کاربرد دارد استاندارد زیر می‌تواند در کنترل کالای ورودی قطعات چدنی با توجه به توافقات قبلی بین ریخته‌گر و خریدار مدنظر قرار گیرد.

چدن گرافیت تیغه‌ای DIN 1691 (GG)

۱ - زمینه کاربرد مقاله

در رابطه با شرایط تحویل قطعه ریخته‌گری شده و خواصِ استاندارد چدن گرافیت تیغه‌ای که در قالبهای ماسه‌ای ریخته‌گری شده‌اند خواص زیر باید مدنظر قرار گیرند.

a. **استحکام کششی :** در روی نمونه‌ای جداگانه ریخته‌گری شده یا نمونه‌ای چسبیده به قطعه

b. **سختی :** در قطعات ریخته‌گری

۲ - مفاهیم

۲ - ۱ **چدن گرافیت تیغه‌ای :** ماده ریخته‌گری شده از آهن و کربن که کربن آن به شکل گرافیت تیغه‌ای در قطعه وجود دارد.

۲ - ۲ **قطعات ریخته سبک :** طبق استاندارد به قطعات تا ۲۰۰ کیلوگرم اطلاق می‌شود.

۲ - ۳ **قطعات ریخته متوسط :** طبق استاندارد به قطعات ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم اطلاق می‌شود.

۳ - ۴ **قطعات ریخته سنگین :** طبق استاندارد به قطعات بالای ۱۰۰۰ کیلوگرم اطلاق می‌شود.

تشریح

چدن گرافیت تیغه‌ای براساس خصوصیات زیر پایه‌گذاری شده است :

الف - حداقل استحکام کششی نمونه به قطر ۳۰ میلیمتر

ب - سختی برینل در یک ضخامت ۱۵ میلیمتری که از زیر ۲ میلیمتری سطح سنجیده می‌شود.

استاندارد : اگر استحکام ملاک باشد باید حداقل $۲۵۰n/mm^2$ در یک نمونه جداگانه ریخته‌گری شده بدست بیاید در نقشه مدل به GG25 و شماره مواد 0.6025 باید اشاره شود.

اگر سختی ملاک باشد و اگر حداقل سختی ۱۹۰ برینل در ضخامت ۱۵ میلی‌متری باید حاصل شود و به شکل زیر در نقشه مشخص می‌گردد. DIN 1691-GG190HB

مشخصاتی که در هنگام سفارش باید قید شوند

خواص مورد انتظار: در سفارش میزان سختی یا استحکام مورد نظر باید قید شود و تغییرات قابل قبول نیز همینطور باید معلوم گردد.

استحکام: نوع نمونه در سفارش باید قید گردد نمونه می‌تواند جداگانه ریخته‌گری شود یا به قطعه ریخته‌گی متصل باشد.

الف - نمونه نوع G : برای نمونه‌های منفصل

ب - نمونه نوع A : در صورتیکه انتخاب نمونه به اختیار سازنده باشد از نمونه متصل نوع A استفاده می‌شود.

ج - نمونه نوع K : برای نمونه‌های متصل نوع K

د - نمونه نوع H : برای نمونه‌های متصل نوع H

سختی: در سفارش، میزان سختی مورد نظر نمونه و خود قطعه باید مشخص شود نمونه می‌تواند جداگانه ریخته‌گری شود.

سایر خصوصیات: غیر از خواص فوق اگر خاصیت دیگری مدنظر باشد به عنوان مثال عدم نشت در تست فشار باید هنگام سفارش قید شود.

نوع پروسه تولید و ترکیب شیمیائی چدن طبق توافق می‌تواند در هنگام سفارش قید شود.

استحکام کششی به عنوان خاصیتی که می‌تواند مدنظر قرار بگیرد.

۱ -در نمونه جداگانه ریخته‌گری شده این مقادیر باید معادل اعداد جدول شماره ۱ باشند معمولاً در قطعات ریخته‌گری سبک نمونه جداگانه ریخته‌گری شده کاربرد دارد.

۲ -استحکام کششی در نمونه متصل به قطعه : مقادیر استحکام در جدول ۱ آمده است و این نمونه برای قطعات سنگین بکار می‌رود. شکل نمونه باید به هنگام سفارش قید شود به دلیل چسبیدن نمونه به قطعه اصلی خواص بسیار نزدیکی بین قطعه و نمونه بدست خواهد آمد. این نمونه‌ها

می‌توانند از نوع K یا H باشد که کنار قطعه اصلی بصورت عمودی جایگذاری و ریخته می‌شود.

به این نکته باید توجه شود که حداقل استحکام در نمونه متصل به قطعه، کمتر از نمونه منفصل ریخته‌گری شده می‌باشد.

۳- **استحکام کششی در خود قطعه ریخته:** این مقادیر باید در هنگام سفارش قید شود که چه مقدار استحکام کششی از قطعه انتظار می‌رود.

۴- **سختی برینل قطعه:** اگر قطعه در معرض سایش باشد و یا سرعت ماشینکاری روی قطعه زیاد باشد باید به هنگام سفارش قید شود میزان سختی بسته به ضخامت‌های مختلف در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱ - استحکام کششی چدن‌های گرافیت تیغه‌ای (خاکستری)

نوع ماده		ضخامت دیواره		استحکام کششی N/MM2		قطعه	
شماره	سمبل	از	تا	نمونه جداگانه	نمونه چسبیده	استحکام	سختی HB
GG-10	0.6010	5 mm	40	min100	min	min	max
GG-15	0.6015	2.5	5	150-250	-	180	270
		5	10		-	155	215
		10	20		-	130	225
		20	40		120	110	205
		40	80		110	95	-
		80	150		100	80	-
		150	300		90	-	-
GG-20	0.6020	2.5	5	200-300	-	230	285
		5	10		-	205	270
		10	20		-	180	250
		20	40		170	155	235
		40	80		150	130	-
		80	150		140	115	-
		150	300		130	-	
GG-25	0.6025	5	10	250-350	-	250	285
		10	20		-	225	265
		20	40		210	195	250
		40	80		190	170	-
		80	150		170	155	-
		150	300		160	-	-
GG-30	0.6030	10	20	300-400	-	270	285
		20	40		250	240	265
		40	80		220	210	-
		80	150		210	195	-
		150	300		190	-	-

جدول ۲ - سختی برنیل برای چدنهای گرافیت تیغه‌ای (خاکستری)

نوع مواد		ضخامت دیواره		سختی برنیل HB	
سمبل	شماره	از	تا	MIN	MAX
GG150HB	0.6012	2.5	5	-	210
		5	10	-	185
		10	20	-	170
		20	40	-	160
		40	80	-	150
GG170HB	0.6017	2.5	5	170	260
		5	10	140	225
		10	20	125	205
		20	40	110	185
		40	80	100	170
GG190HB	0.6022	4	5	190	275
		5	10	170	260
		10	20	150	230
		20	40	135	210
		40	80	120	190
GG220HB	0.6027	5	10	200	270
		10	20	180	260
		20	40	160	235
		40	80	145	220

اگر می‌خواهیم موقع سفارش برای سختی، محدوده معینی بدهیم حداقل محدوده‌ای که می‌توانیم از سازنده بخواهیم، برابر ۴۰ واحد سختی برینل خواهد بود.

سایر خواص: اگر هر خاصیت دیگری غیر از سختی و استحکام کششی را بخواهیم باید دقیقاً به آن در هنگام سفارش اشاره کنیم.

۵ - شکل و اندازه براساس DIN 1680 و DIN 1690 باید باشد و انقباض ریخته‌گری ۱٪ درنظر گرفته می‌شود.

۶ - **جوش روی محصول:** جوشکاری روی محصول با اجازه خریدار صورت می‌گیرد برای این کار باید پروسه جوشکاری و الکترود مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

۷ - **عملیات حرارتی:** قطعات ریخته معمولاً بدون عملیات حرارتی عرضه می‌شوند هر گونه

عملیات حرارتی برای افزایش قابلیت ماشین‌کاری یا سخت نمودن در موقع سفارش باید قید شود.

۸ - **نمونه‌برداری** :اگر مقدار معینی برای استحکام کششی در موقع سفارش قید شود طبق DIN 50109 نمونه تهیه می‌گردد. نمونه به قطر ۲۰ میلیمتر برای نمونه‌های ریخته‌گری شده، منفصل و به قطر ۲۰ یا ۳۲ میلیمتر برای نمونه‌های متصل به قطعه باید باشد.

تست سختی: سختی برینل طبق DIN 50351 با نیروی ۳۰ انجام می‌گیرد قطر ساچمه برینل در جدول ۳ بر اساس ضخامت نمونه داده شده است.

جدول شماره ۳ - قطر ساچمه‌های سختی سنجی برینل

ضخامت دیواره mm	از ۴ تا ۶	از ۶ تا ۱۲	بالای ۱۲
قطر ساچمه mm	۲/۵	۵	۱۰
نیروی تست KN	۱/۸۳۹	۷/۳۵۵	۲۹/۴۲

برای آماده سازی سطح قطعه آن را صاف و صیقلی می‌کنیم.

(برای قطعات متوسط سنگین که سختی سنجی مستقیم روی قطعه میسر نیست از نمونه متصل به قطعه استفاده می‌شود. Fig 3)

نمونه متصل به قطعه از قطعه جدا می‌شود محل جدایش سنگ زده شده و سختی سنجی روی نمونه انجام می‌گیرد.

ابعاد نمونه متصل نوع H برای استحکام کششی

اندازه	ابعاد MM				مورد استفاده در ضخامتهای MM
	d1	d2	d3	L2	
H30	30	30	50	MIN140	UPTO 80
H50	50	50	70		OVER80

ابعاد نمونه متصل نوع K برای استحکام کششی

اندازه	ابعاد MM				مورد استفاده در ضخامتهای MM
	b	h	r	L1	
k30	33	50	15	MIN140	UPTO80
k50	53	70	25		OVER80

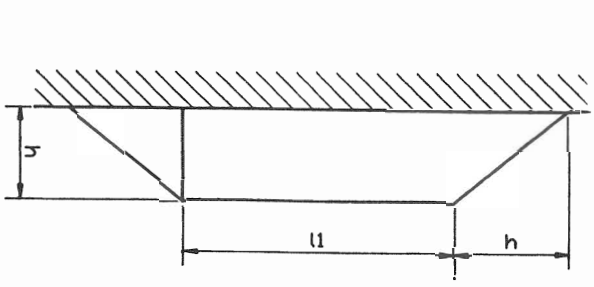


Fig 1. Type K cast on test piece

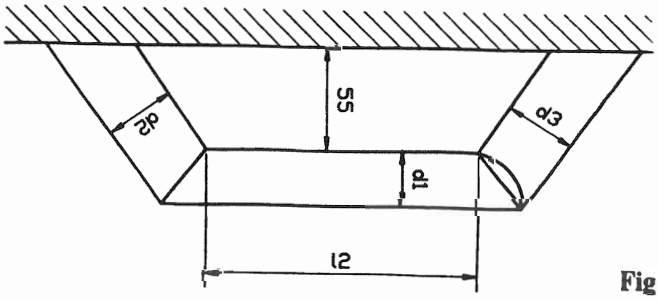


Fig 2. Type H cast on test piece

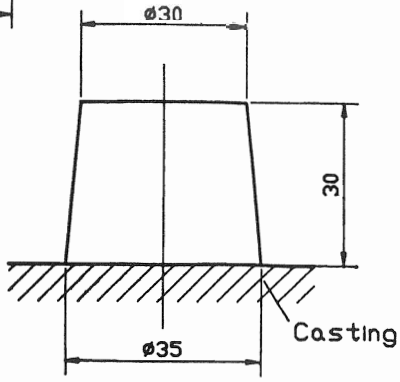


Fig 3. Cast on for testing brinell hardness

راه‌اندازی و بررسی مشکلات پمپ‌های جابجایی معین در هنگام کار

مهندس محمدرضا طلاقت
سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران - پژوهشکدهٔ فارس

نظر به اینکه بعضی از مصرف کنندگان پمپ از سطح معلومات فنی و پایینی برخوردار هستند و همچنین با توجه به اینکه خسارت ناشی از این عدم آگاهی سرمایه هنگفتی را به خود اختصاص می‌دهد. لذا جهت جلوگیری از این خسارات و اطلاعات بیشتر در این مقاله به راه‌اندازی پمپهای جابجایی معین که از اهمیت ویژه‌ای برخودار است و طی مراحلی انجام می‌شود و همچنین مشکلاتی که در هنگام کار با این پمپ ممکن است بوجود آید با بیانی ساده و روشن اشاره می‌گردد. امید است که این مقاله مورد استفاده علاقمندان و مصرف کنندگان پمپ قرار گیرد.

راه‌اندازی پمپ‌های جابجایی معین

۱ - قبل از راه‌اندازی بایستی سطح روغن قسمتهای مختلف پمپ را بررسی نمود.

۲ - یاتاقان‌ها و لائی‌هایی که احتیاج به گریسکاری داشته باشند باید طبق یک برنامه معین گریس‌کاری کنند. البته گریس کاری زیاد باعث می‌شود که یاتاقان به شدت گرم شده و به از کار افتادن پمپ منجر می‌شود.

۳ - سیستم خنک کننده پمپ را که عمل خنک کردن را توسط آب یا هر ماده دیگر انجام می‌دهد باید قبل از راه‌اندازی بکار انداخت.

۴ - اگر مایعی که پمپ میشود گرم باشد، قبل از راه‌اندازی باید درجه حرارت قسمتهای مختلف پمپ را به درجه حرارت مایع رسانید.

۵ - اگر نیروی محرکه پمپ برقی باشد قبل از راه‌اندازی باید از چرخش آزاد محور پمپ و موتور اطمینان حاصل نمود.

۶ - در مورد پمپ‌های بخاری بایستی سیلندرهای بخار را قبل از راه‌اندازی از مایع خالی کرد.

۷ - محفظه آببندی نباید نشت بیش از حد داشته باشد.

۸ - شیرهای ورودی و خروجی پمپ بایستی باز باشند.

۹ - شیرهای اطمینان بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

۱۰ - در مورد پمپ‌های رفت، و برگشتی، مخزن ضربه‌گیر روی خروجی بایستی پر از گاز و تحت فشار باشد.

۱۱ - اگر پمپ، دارای شیر کنارگذر بوده و لازم است که پمپ با بار کم راه‌اندازی شود، این شیر بایستی باز باشد.

اشکالات عمومی پمپ‌ها

۱ - کم شدن تدریجی ظرفیت

ظرفیت یک پمپ ممکن است در اثر یکی از عوامل زیر کم شود.

الف - خراب بودن لائی و نشت تدریجی

ب - گرفتن شیرهای سیلندر

ج - شکستن شیرها

د - نشت کردن شیر کنارگذر

هـ - ازدیاد فشار خروجی

۲ - حبس شدن بخار

می‌دانیم که گازها قابل فشرده شدن هستند. حال اگر همراه مایع ورودی هوا و یا گاز وارد پمپ شود هنگامی که پیستون جلو می‌رود گاز فشرده شده و حجم آن کم می‌شود.

اگر فشار برای باز شدن شیر خروجی کافی نباشد، شیر خروجی باز نشده و گاز در سیلندر حبس می‌شود. در موقع برگشت پیستون گاز منبسط شده و فشار آن مانع ورود مایع به پمپ می‌شود. لذا پمپ بدون داشتن ورودی و خروجی کار می‌کند. در این حالت پمپ شروع به صدا دادن کرده و تمام اجزاء آن به ارتعاش درمی‌آیند. این حالت پمپ را حبس بخار و یا اصطلاحاً هوا گرفتن پمپ گویند.

۳ - از دست دادن ورودی پمپ

کم شدن فشار ورودی پمپ و یا کافی نبودن (NPSH) باعث می‌شود که پمپ مکش کافی نداشته باشد. همچنین افت فشار زیاد در لوله‌های ورودی باعث از دست دادن ورودی پمپ می‌شود.

۴ - از دست دادن ناگهانی ظرفیت

بسته شدن شیر خروجی باعث از دست دادن ظرفیت می‌شود. اگر شیر اطمینان روی خروجی پمپ وجود نداشته باشد سیلندر و لوله‌ها ممکن است ترک بخورند.

۵ - اضافه بار

ازدیاد نیروی اصطکاک بطرق مختلف باعث افزایش بار و در نتیجه از کار افتادن پمپ می‌شود. همچنین با زیاد شدن فشار خروجی و زیاد شدن گران روی و وزن مخصوص مایع، پمپ دچار اضافه باری می‌شود.

۶ - اضافه سرعت

اگر پمپی که در حال کار کردن است یکباره بار آن بعللی برداشته شود پمپ دچار اضافه سرعت شده و از کار می‌افتد.

۷ - صدا و لرزش

صدا و لرزش غیرعادی حاکی از بد کار کردن پمپ است. دقیق نبودن تراز، شل و یا سفت بودن بیش از حد اجزاء پمپ، کار کردن با سرعت زیاد، پر بودن مخزن ضربه‌گیر از مایع از عواملی هستند که باعث ایجاد صدا و لرزش غیرعادی در پمپ می‌شوند.

بررسی پمپ در هنگام کار

۱ - از نقطه نظر خوب کار کردن باید متناوباً پمپ را بررسی کرد.

۲ - سطح روغن در پمپ باید بررسی شود تا از رسیدن روغن به تمام نقاط اطمینان حاصل شود. همچنین جریان روغن را باید بررسی نمود تا از روغنکاری کامل قطعات متحرک اطمینان یافت.

۳ - درجه حرارت آب خنک کن نشان دهنده خوب خنک‌شدن و یا نشدن یاتاقان‌ها و روغن پمپ است. بنابراین بمنظور زیاد گرم نشدن لائی‌ها و یاتاقانها بایستی این درجه حرارت مرتب بررسی شود.

۴ - ثبت کردن مرتب سرعت پمپ، جریان، فشار و درجه حرارت کمک خوبی برای نشان دادن تغییرات وضعیت و شرایط پمپ خواهد بود.

۵ - تمام لوله‌های سیستم حداقل روزی یک بار بایستی بررسی گردد تا از تلف شدن سوخت، روغن، آب و یا هوا که در اثر نشت از سوراخ‌ها و منافذ بوجود میایند جلوگیری شود.

۶ - در سیستم‌هایی که آب خنک‌کن دارای ماده باز دارند نیست احتمال اینکه درون لوله‌ها جرم گرفتگی ایجاد شود زیاد است. لذا حداقل ماهی یکبار بایستی قسمتهای مربوط به آب خنک‌کن را از نقطه نظر جرم گرفتگی بررسی نمود.

۷ - لائی‌های خراب شده را بایستی اگر قابلیت سفت شدن دارند سفت نمود و در غیراینصورت آنها را تعویض نمود.

یادداشت:

یادداشت: