

فصل اول: تعمیر و نگهداری

۱-۱- مقدمه

برای اینکه سرمایه گذاری انجام شده در یک واحد صنعتی برگشت داده شود و یا امکان سرمایه گذاری بیشتری را میسر سازد، نخست باید کاری کرد که سیستم قادر باشد در ظرفیت طراحی شده و یا نزدیک به آن بکار خود ادامه دهد. تعمیر و نگهداری عبارت است از کلیه اقداماتی که بر روی تجهیزات مورد استفاده در یک واحد صنعتی صورت می گیرد تا آن واحد بتواند به اهداف فوق دست یابد.

اگر به پمپ به عنوان یک ابزار نگریسته شود، تأثیر آن بر تولیدات واحد و هزینه های بهره برداری به قابلیت های بهره برداری، انرژی مصرف شده و هزینه تعمیر و نگهداری بستگی دارد.

در بین کلیه ماشین های دواری که در واحدهای صنعتی به کار گرفته می شوند، پمپ های گریزازمرکز بعد از الکتروموتورها، پرمصرف ترین ماشین دوار می باشد. گسترش دامنه بهره برداری و تنوعی که در بین پمپ های گریزازمرکز وجود دارد باعث شده است تا تأثیر آن بر روی عملکرد سیستم همانند سرمایه هایی که برای خرید آنها صرف گردیده بسیار چشمگیر باشد. بدیهی است بروز هر گونه اشکال در عملکرد پمپ ها باعث کاهش میزان تولید، افزایش انرژی مصرفی و افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری می گردد و یا اینکه ممکن است به طور همزمان سه عامل فوق دست به دست هم داده و موجب افزایش مشکلات تعمیر و نگهداری شوند.

تعمیر و نگهداری شامل تجهیزات مورد استفاده برای نمایش شرایط بهره برداری، انجام تنظیم های مورد نیاز، اجراء تعمیرات ادواری پیشگیری کننده، نگهداری شرایط عملکرد تجهیزات در حد مورد انتظار و بهبود وضعیت آنها بوده تا به کمک آن بتوان به قابلیت های تولید در حد قابل قبول دست یافت.

آنچه که در این بخش مورد اشاره قرار می گیرد طبیعتاً جنبه عمومی داشته و دستورالعمل های ویژه برای تعمیر و نگهداری هر پمپ را باید از دستورالعمل ارائه شده از سوی شرکت سازنده پمپ استخراج و مورد استفاده قرار داد.

۱-۲- برنامه تعمیر نگهداری

نیروهای مورد نیاز، سطح کیفی توانائی های علمی و تجربی آنها، تجهیزات و ابزارهای مورد نیاز برای تعمیر و نگهداری پمپ های گریزازمرکز در هر واحد تولید به میزان فرسایش، مشکلات مربوط به تعمیرات، قابلیت دست یابی به قطعات یدکی جهت تسریع در امر تعمیرات بستگی دارد. توجه به چهار عامل زیر می تواند به عنوان یک راهنما در تعیین نیازهای هر واحد مورد توجه قرار گیرد:

الف: مشخصه های واحد و یا فرآیند. سیستم پمپاژ آب را می توان اولین آنها دانست، در حالی که انتقال فاضلاب بسیار فرساینده می باشد.

ب: پیچیدگی پمپ‌های بکار گرفته شده. در حالی که پمپ‌های یک مرحله ای کوچک ساده ترین آنها می‌باشد، پمپ‌های چند مرحله ای با توان مصرفی زیاد جزء پیچیده ترین پمپ‌ها می‌باشد.

ج: قابلیت دست یابی به قطعات یدکی. تأمین قطعات یدکی پمپ‌هایی که به صورت انبوه تولید می‌شوند چندان مشکل نمی‌باشد، ولی برای پمپ‌هایی که دارای طراحی خاص می‌باشند، بهتر است که قطعات یدکی مصرفی در انبار نگهداری شود.

د: نزدیک بودن شرکت سازنده پمپ. نزدیکی به شرکت سازنده پمپ باعث می‌شود تا به تجهیزات و ابزار کمتری برای زمان تعمیرات پمپ مورد نیاز باشد و می‌توان از شرکت سازنده تأمین کرد. البته دقت شود که برای پمپ‌های با طراحی ویژه بهتر است که این تجهیزات در داخل شرکت نگهداری شود.

بعد از تأمین نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز برای تعمیرات، تدوین برنامه مناسب برای انجام بازرسی‌ها و تعمیرات ضروری می‌باشد. این امر در زمان راه‌اندازی واحد چندان واضح نبوده ولی بهر حال باید برنامه ریزی مناسب برای تأمین قطعات یدکی مورد نیاز صورت پذیرد تا در صورت لزوم بتوان اصلاحات لازم را بر روی پمپی که دچار مشکل گردیده انجام داد. اطلاعات مورد نیاز که باید در سیستم تعمیر و نگهداری جمع آوری شوند عبارت است از:

× شرح تجهیزات و تاریخچه خریداری آن

× نقشه ارائه شده از سوی شرکت سازنده

× لیست قطعات یدکی پیشنهادی از سوی شرکت سازنده

× انطباقات و مواد اولیه بکار برده شده در ساخت قطعات

× تأییدیه‌های کنترل کیفی شرکت سازنده

× اطلاعات مربوط به راه‌اندازی (به عنوان الزامات در سیستم نمایش دهنده شرایط سیستم Monitoring)

× ثبت تعمیر و نگهداری بروش پیشگیری (PM)

× ثبت هر گونه تغییری که در سیستم داده شده است

۳-۱- تعمیر و نگهداری بروش پیشگیری (Preventive Maintenance)

دستورالعمل‌های مربوط به تعمیر و نگهداری باید به نحوی تهیه شود که تحت آن ماشین بتواند در شرایط مطلوب به کار خود ادامه دهد. جهت کاهش تعداد دفعاتی که پمپ باید تحت بازرسی و تعمیرات قرار گیرد بهتر است که نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

تنظیم آب بند کننده: نوارهای آب بند کننده و حتی بعضی از آب بند کننده‌های مکانیکی که در پمپ‌های مخصوص انتقال لجن (Slurry) مورد استفاده قرار می‌گیرند نیازمند تنظیم‌های ادواری

بوده تا نشتی از آن درحد قابل قبول نگهداری شود. تنظیم ها باید طوری باشد که نه نشتی پمپ بسیار زیاد بوده و نه آن چنان کم که باعث فرسایش زودرس قطعات آب بند کننده گردد.

روانکاری: ماده روانکار مورد استفاده دریاطاقان ها لازم است که در دوره های زمانی مناسب تعویض شوند. در بعضی از طرح ها، لازم است که پوسته یاطاقان باز شده و بعد از تمیز کردن، گریس آن عوض شود. در سیستم هایی که از روغن برای روانکاری استفاده می شود، چه در روغنکاری پاششی و چه در سیستم هایی که بروش اجباری روانکاری می شود، روغن آن نیز باید به صورت ادواری تعویض شود. زمان تعویض روان کننده به طراحی سیستم، نحوه روانکاری و شرایط بهره برداری از پمپ (از نظر محیطی) بستگی دارد.

خنک کاری: در اغلب پمپ ها قسمت آب بند کننده و یاطاقان ها (ویا هردو) باید خنک کاری شوند. سیال خنک کننده می تواند مایع (نظیر آب) و یا گاز (نظیر هوا) و یا هردو باشد. برحسب شرایط ماده خنک کننده، بویژه در هنگام مصرف مایعاتی نظیر آب باید هرچند وقت یکبار تخلیه شده و سطوح انتقال حرارت تمیز شود تا انتقال حرارت بنحو مطلوب صورت پذیرد.

سایش: در بعضی از پمپ ها که در قسمت پروانه دارای لقی محوری می باشند لازم است که محل قرار گرفتن پروانه آن تنظیم شده تا سایش بوجود آمده جبران شود. این امر بویژه در مواردی که کار آئی پمپ کاهش یافته است، بیشتر ضروری می نماید.

راه اندازی: تراز بودن کوپلینگ در طول زمان ممکن است بهم بخورد، به همین خاطر باید در دوره های زمانی مناسب تراز بودن پمپ و الکتروموتور بررسی شده و در صورت نیاز مجدداً تراز شوند. در صورت استفاده از تسمه به عنوان عامل اتصال قدرت تنش آن باید بازرسی شده و در صورت نیاز تنظیم شود. وجود هر گونه اشکال در این بخش می تواند باعث بروز خرابی در راه انداز (الکتروموتور) و تجهیزات متصل به آن گردند. در هر حال برنامه ریزی برای تعمیر و نگهداری از پمپ های بروش پیشگیری (PM) به شرایط بهره برداری و نصب پمپ بستگی دارد.

در صورت عدم دسترسی به هر گونه اطلاعات اولیه در زمینه برنامه ریزی تعمیراتی برای پمپ ها می توان از توصیه های زیر به عنوان قدم اولیه استفاده نموده و در طول زمان آن را اصلاح کرد:

تنظیم آب بند کننده	برحسب نیاز
سیستم روان کننده - سیستم راه انداز	هر ۶ ماه یکبار
سیستم خنک کاری - سایش	هر ۱۲ ماه یکبار

۴-۱- تعمیرات کلی Overhaul

یک سؤال قدیمی هنوز پاسخ مناسب خود را نیافته است. چه موقع باید ماشین را تعمیر کامل کرد؟ برای این سؤال سه نظریه وجود دارد. در نظریه اول اعتقاد بر این است که هر ماشینی را باید در یک دوره زمانی مناسب کاملاً باز نموده، و قطعات آسیب دیده آن را تعویض کرد. طرفداران این

نظریه معتقدند با اجراء این روش می‌توان مطمئن بود که ماشین مورد اشاره تا زمان تعمیرات بعدی بدون هیچگونه مشکلی قادر به کار خواهد بود. البته لازم است که بازرسی‌های انجام شده بر روی قطعات بدقت صورت پذیرفته و دوره در نظر گرفته برای تعمیرات باید متناسب با عمر مفید قطعات باشد، در این صورت می‌توان به صحت این روش مطمئن بود. تعمیرات هواپیماها در دوره‌های زمانی مناسب مثال خوبی برای این نظریه می‌باشد. اگر بازرسی قطعات بنحو کامل صورت نگیرد و یا دوره‌های پیش بینی شده برای بررسی وضعیت ماشین به‌طور صحیح انتخاب نشود، دقت این روش بشدت کاهش می‌یابد. خرابی قطعات در اثر بروز خستگی (Fatigue) می‌تواند باعث کاهش دوره بهره‌برداری از پمپ گردد. بعبارت دیگر عوامل فوق می‌توانند باعث افزایش غیر عادی هزینه‌های تعمیراتی شوند.

روش دیگر در امر تعمیرات *استفاده از ماشین تا توقف کامل آن* می‌باشد. اگر تعمیرات چندان حیاتی نبوده و قطعات یدکی در حد کافی در دسترس نیست و خرابی‌های ناشی از توقف پمپ قابل تحمل باشد، بعضی‌ها ترجیح می‌دهند که از این روش برای تعمیرات پمپ استفاده کنند. در روش سوم نظر بر این است که تصمیم‌گیری برای تعمیرات باید براساس شرایط ماشین صورت پذیرد. برای این منظور عواملی نظیر لرزش، درجه حرارت، سرو صدا، دبی و ظرفیت پمپ می‌توانند اطلاعات مناسبی را در انتخاب زمان تعمیرات در اختیار واحد تعمیرات قرار دهند. بدیهی است در میان سه روش فوق، نظریه سوم از مطلوبیت بالاتری برخوردار می‌باشد. در این روش برای انتخاب زمان توقف پمپ جهت انجام تعمیرات اساسی می‌توان از عوامل زیر استفاده کرد:

الف: یک یا چند تاز پارامترهای فوق در حدی تغییر نموده که از محدود مجاز تجاوز کرده است.
ب: کار آئی پمپ آنچنان کاهش یافته که بر روی عملکرد سیستم تأثیر نامطلوب گذاشته و هزینه‌های تعمیراتی را می‌توان با افزایش شرایط بهره‌برداری از سیستم در اسرع وقت برگشت داد.
ج: بروز حوادث ناگهانی نظیر حضور ذرات خارجی در پمپ، خشک کارکردن و یا بهره‌برداری نامطلوب از پمپ که باعث خرابی شدید اجزاء آن می‌گردد نیز می‌تواند عامل توقف ناگهانی پمپ و لزوم انجام تعمیرات اساسی بر روی آن گردند. در چنین مواردی میزان خرابی می‌تواند در حدی باشد که تنها از طریق تعمیرات کامل و برگشت آن به شرایط اولیه و حفظ لقی‌ها امکان پذیر می‌باشد.

۵-۱- باز کردن پمپ

برای باز کردن پمپ جهت تعمیر کامل، نخست لازم است که پمپ را به‌طور کامل از سیستم جدا کرده و مدار قدرت آن را قطع کرد. برنامه ریزی‌ها به‌نحوی باشد که در طول تعمیرات احتمال بروز حادثه ناشی از روشن شدن پمپ وجود نداشته‌اشد. مایع درون پمپ را باید به‌طور کامل تخلیه

کرد. قبل از باز کردن پمپ باید شرایط تراز بودن پمپ را بررسی نموده و اطلاعات مربوطه را یادداشت کرد. اتصالات جانبی (نظیر آب بند کننده، سیستم روانکاری و آب خنک کننده) و تجهیزات ابزار دقیق را از پمپ جدا کنید. در صورت نیاز به جدا کردن کامل پمپ از سیستم باید با دقت و بدون بکار بردن نیروی اضافی لوله‌های مکش و دهش پمپ را بدون بهم زدن تراز پمپ با الکتروموتور جدا کنید. پوسته پمپ را جدا کرده و پروانه آن را در آورید. اگر پوسته پمپ دو تکه باشد (Split Casing)، باید ابتدا در پوش فوقانی آن را بدقت جدا کرد.

در هنگام در آوردن در پوش باید دقت شود که پوسته در جهت عمودی در آورده شود تا آسیبی به قطعات داخلی پمپ وارد نگردد. اگر پمپ از نوع دو تکه عمودی باشد باید در پوش آن را به صورت افقی جدا کرد.

اگر پمپ از نوع افقی با پروانه آویزان بوده و فضای بین پمپ و الکتروموتور در حد کافی باشد می‌توان باباز کردن کوپلینگ پمپ را به طور کامل از جای خود در آورد. در هنگام باز کردن قطعات پمپ باید نشانه‌های لازم بر روی قطعات گذاشته شده تا در موقع جمع کردن اشتباهی رخ ندهد. بعد از باز کردن پمپ عملیات بازرسی قطعات از نظر سایش، تاب داشتن، خوردگی، شکستگی و کاویتاسیون باید بدقت صورت پذیرد. ابعاد مربوط به قطعات اصلی را بدقت اندازه گیری نموده و با مقادیر داده شده از سوی شرکت سازنده مقایسه کرد تا میزان سایش در قطعات مشخص گردد. اگر پمپ از نوع افقی با پروانه آویزان بوده و فضای بین پمپ و الکتروموتور در حد کافی باشد می‌توان باباز کردن کوپلینگ پمپ را به طور کامل از جای خود در آورد.

۶-۱ دلایل خرابی

قبل از بازرسی پمپ جهت یافتن علل خرابی در آن لازم است تا شرایط بهره‌برداری و وضعیت اجزاء آن با اطلاعات داده شده از سوی شرکت سازنده پمپ مقایسه شود. یافتن علل بروز سایش در قطعات پمپ کار چندان آسانی نمی‌باشد، باین وجود می‌توان براساس اطلاعات داده شده در جدول (۱-۱) علت بسیاری از خرابی‌ها در پمپ‌ها را شناسایی کرد. این جدول براساس ویژگی‌های مایع مورد پمپاژ از نظر قابلیت فرسایش تهیه شده است. برای دست یابی به لقی مورد نظر در قسمت رینگ سایشی، بهتر است محل آن را تمیز کرده و بعد از ماشین کاری، حلقه‌های جدید در محل مربوطه نصب شود.

اساساً در انتخاب بین تعویض و یا بازسازی قطعات عوامل زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف: مقایسه قیمت بین تعویض و تعمیر.

ب: قابلیت دست یابی به قطعات مورد نظر.

ج: کیفیت قطعاتی که باید بازسازی شوند.

د: کیفیت تأثیر گذاری قطعات بازسازی شده بر عملکرد پمپ.

۷-۱- جمع کردن پمپ

در زمان جمع کردن پمپ باید مقادیر مربوط به لقی‌ها، جابجائی و ابعاد قطعات را به دقت اندازه‌گیری نموده و در یک مجموعه مشخص جمع آوری کرد. این مقادیر در تعمیرات بعدی و دست‌یابی به عملکرد مطلوب از پمپ می‌توانند مفید واقع گردند. در جمع کردن قطعات دواړع اصل مهم زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

الف: در هنگام جازدن پروانه روی شافت، باید سطوح شافت را با ماده مناسب (نظیر پودر دی سولفید مولیبدن) و یا مواد مشابه با آن (نه گریس) روانکاری کرد. در صورت که لقی در حدی باشد که با نیروی دست نتوان پروانه را جازد، بجای بکارگیری از نیروی مکانیکی باید از روش گرم کردن قطعات استفاده شود. برای این منظور بهتر است که صفحه پشتی پروانه و نافی آن را گرم کرد تا پروانه به راحتی جازده شود.

ب: قطعاتی که در داخل هم قرار می‌گیرند (نظیر پروانه و شافت) باید از نظر گردبودن سازگاری را داشته باشند. عدم توجه به این امر باعث وارد شدن بار اضافی بر قطعات و آسیب دیدگی آن در حین بهره‌برداری (نظیر تاب برداشتن) خواهد شد.

ج: جهت جازدن پروانه‌هایی که قطر سوراخ پروانه آن از قطر شافت کمتر است، باید نافی پروانه را گرم کرد. در چنین حالتی جهت جلوگیری از تاب برداشتن شافت لازم است شافت در وضعیت عمودی قرار داده شود.

د: بعد از نصب پروانه باید شافت را از نظر تاب داشتن بررسی کرد. اگر شافت در نقاطی محکم شده‌اند، وجود داشته باشد باید احتمال تاب داشتن آن را در حالت باز و بسته بودن پیچها بررسی کرد.

شرایط مایع	خرابی
تمیز	عادی: محل لقی‌ها دچار سایش شده است، به سایر قطعات هیدرلیکی آب بند کننده، باطاقان‌ها و... آسیب کمی رسیده است. غیر عادی: × فرسایش ناشی از سایش: وجود ذرات جامد در مایع مورد پمپاژ × سایش ناشی از خوردگی: خاصیت خوردگی مایع مورد پمپاژ × فرسایش ناشی از کاویتاسیون: کافی نبودن NPSHA و یا بهره‌برداری از پمپ در دبی کم × فرسایش ناشی از چسبندگی: (خراش در قسمت لقی‌ها): بالا بودن نیروی وارده بر روتور، خرابی پمپ، خشک کار کردن

× پائین بودن عمر آب بند کننده: کیفیت نامطلوب آب بند کننده، نامناسب بودن محیط نصب آب بند کننده، نامناسب بودن شرایط نصب آب بند کننده × پائین بودن عمر یاطاقان ها: بهره برداری در دبی کم، آلودگی در مواد روان کننده در اثر نشست مواد از آب بند کننده، کیفیت نامطلوب سیستم خنک کننده، از بین رفتن لقی ها، کوچک بودن یاطاقان ها × شکستن: خستگی ناشی از خوردگی، تنش مکانیکی و یا حرارتی زیاد، اشتباه در طراحی (نازک بودن و یا تیز بودن نقاط گوشه ای)، پدیده تشدید.	خورنده
عادی سایش ولقی ها، جدا شدن قطعات فلزی از سایر قطعات غیر عادی نظیر مایعات تمیز عادی:	فرساینده
فرسایش بر روی تمامی قطعات هیدرولیکی، شدت خرابی به شرایط بهره برداری بستگی دارد. غیر عادی: مشابه مایع تمیز با در نظر گرفتن تأثیر ذرات جامد بر عمر قطعات. در مورد علت خرابی ناشی از وجود ذرات جامد و سایر عوامل باید دقت لازم بکاربرده شود.	

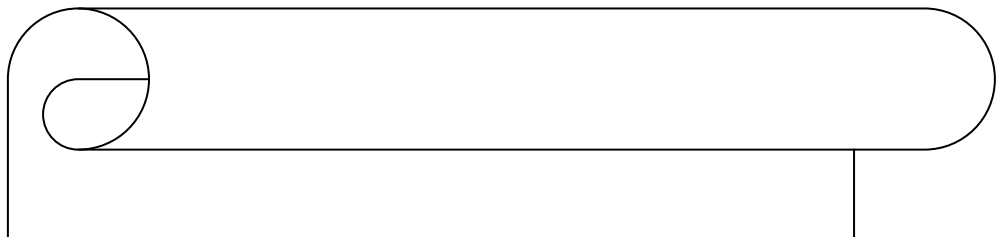
جدول (۱-۱): راهنمای خرابی پمپ

در پمپ های یک یا چند طبقه که با سرعت بالاتر از ۳۸۰۰ دور در دقیقه کار می کنند، بالانس دینامیکی روتور و قطعات تعمیر و یا تعویض شده آن ضروری می باشد.

بعد از نصب روتور باید وضعیت های شعاعی و محوری آن را بازرسی کرد. برای بازرسی وضعیت شعاعی روتور باید موقعیت آن را نسبت به قرار گرفتن در مرکز لقی موجود مشخص نمود. در صورت وجود هر گونه انحراف از مرکز دوران باید موقعیت آن را بوسیله جابجا کردن یاطاقان ها اصلاح کرد.

موقعیت مکانی محوری صحیح را می توان از طریق قرار گرفتن در مرکز بین دو یاطاقان و یا اندازه گیری فاصله آن از نقطه ای مشخص تعیین کرد. در صورت نیاز به اصلاح مکان آن باید محل قرار گرفتن یاطاقان محوری را جابجا کرد. اگر پمپ به طور کامل از جای خود در آورده شده باشد، در هنگام نصب مجدد باید تنش های ناشی از لوله کشی و تراز بودن کوپلینگ بدقت مورد بررسی قرار گیرد. اگر از پمپ دیگری بجای پمپ اصلی استفاده شود، بعلت وجود اختلاف احتمالی در ابعاد دو پمپ تنش مربوط به لوله ها می تواند مشکل ساز شود به همین خاطر لازم است که در نصب پمپ و

لوله کشی آن به نحوی عمل شود که هیچگونه تنشی از لوله ها بر روی پمپ وارد نشود. بعد از تعمیر پمپ در هنگام راه اندازی آن باید دستورالعمل های داده شده از سوی شرکت سازنده پمپ بدقت رعایت گردد. کلیه اطلاعات مربوط به وضعیت قطعات و شرایط کارکرد پمپ باید مشخص شده و در پرونده پمپ بایگانی شود.



فصل دوم:

شناخت مشکلات بهره برداری

۱-۲- مقدمه

مشکلات پمپ‌های گریزازمرکز را می‌توان به دودسته تقسیم کرد: هیدرولیکی و مکانیکی. مشکلات از نوع هیدرولیکی به‌صورت کاهش و یا قطع جریان مایع از پمپ، کاهش فشار دهش، هوا گرفتن و یا

افزایش توان مصرفی خود را نشان می‌دهد. در صورتی که خرابی‌های مکانیکی عموماً در شافت، آب بند کننده و یاطاقان‌ها و یایجاد لرزش، سروصدا و گرم کردن پمپ بروز می‌کنند. باید توجه نمود که بسیاری از خرابی‌های مکانیکی و هیدرولیکی ذاتاً به یکدیگر مرتبط بوده و ریشه یابی آنها و اینکه نهایتاً مشکل بوجود آمده به کدامیک مربوط است، کاری سخت می‌باشد. به عنوان مثال افزایش فرسایش در نقاطی که میزان لقی آنها اهمیت زیادی دارد، راباید اشکال از نوع مکانیکی دانست، ولی عوارض آن خود را به صورت کاهش دبی خروجی از پمپ نشان می‌دهد، یک خرابی از نوع مکانیکی بدون بروز شکست قطعات و یا حتی افزایش لرزش.

رمز موفقیت در عیب یابی پمپ‌ها در این است که در اسرع وقت بتوان لیستی از عواملی که می‌تواند موجب بروز مشکل موجود در پمپ گردیده راتپیه کرده و بعد از انجام بررسی‌های مقدماتی، عوامل غیر محتمل را از لیست حذف و اقدامات بعدی جهت شناسائی مشکل قطعی براساس باقیمانده لیست اولیه صورت پذیرد.

برای این منظور در جدول (۲-۱) علائم ظاهری بروز مشکلات در پمپ و در جدول (۲-۲)، دلایل و عوامل مؤثر در بروز هر یک از مشکلات مربوطه در جدول (۲-۱)، ذکر گردیده است.

ذکر این نکته ضروری است که بررسی تمامی دلایل احتمال بروز مشکل در پمپ اکیداً توصیه می‌شود، چرا که در بروز بسیاری از خرابی‌ها بجای یک عامل، عوامل متعددی می‌توانند نقش داشته باشند. به عنوان مثال اگر پمپی در جهت عکس دوران نماید، منحنی مشخصه پمپ تغییر شکل خواهد داد که می‌تواند بر روی عملکرد پمپ در سیستم تأثیر بگذارد ولی اگر مشکل خود را به صورت تغییرات شدید و چشمگیر منحنی مشخصه سیستم نشان دهد. علت امر می‌تواند بسیار متعدد بوده که نمونه‌هایی از آن بشرح زیر می‌باشد:

- ۱- پائین بودن سرعت دورانی پمپ در مقایسه با میزان طراحی
- ۲- غلط بودن جهت دوران
- ۳- بر عکس بستن پروانه در پمپ‌های با دو مکش
- ۴- افزایش غیر منطقی لقی داخلی قطعات
- ۵- پر نبودن قطر لوله مکش از مایع مورد پمپاژ
- ۶- NPSHA در حد کافی نباشد
- ۷- لوله مکش به اندازه کافی در مایع قرار نداشته باشد که نهایتاً منجر به تشکیل گرداب در قسمت مکش پمپ و ورود هوا به درون پمپ می‌گردد.
- ۸- ورود ذرات خارجی به درون پروانه
- ۹- بالا بودن ویسکوزیته مایع
- ۱۰- خرابی واشر پوسته پمپ و نشت هوا به درون آن

جدول (۲-۱): لیست بررسی عوامل مؤثر بر روی بروز مشکل در پمپ گریزازمرکز

علائم خرابی	عوامل احتمالی خرابی براساس ردیف‌های جدول (۲)
۱- پمپ مایعی را جابجا نمی‌کند	۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۲۱، ۲۲، ۲۵، ۳۰، ۳۲، ۳۸، ۴۰، ۴۱، ۴۳، ۵۱، ۵۰
۲- دبی پمپ کافی نمی‌باشد	۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۵۱، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۳- فشار خروجی پمپ کافی نیست	۳۲، ۴۰، ۴۱، ۴۴، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۵۱، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۴- پمپ بعد از راه‌اندازی مجدداً هوا می‌گیرد	۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۵۱، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۵- توان مصرفی در پمپ زیاد است	۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۵۱، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۶- پمپ لرزش و سروصدا دارد	۲، ۱۶، ۳۷، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۷- پمپ در دبی کم لرزش و سروصدا دارد	۲، ۳، ۱۷، ۱۹، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۵، ۳۸، ۷۷
۸- پمپ در دبی زیاد لرزش و سروصدا دارد	۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۳۳، ۳۴، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۹- شافت پمپ دارای نوسان حرکت طولی است	۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۷، ۲۹، ۳۵، ۳۸
۱۰- تیغه‌های پروانه در قسمت قابل رؤیت دچار فرسایش شده است	۳، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۴۱
۱۱- تیغه‌های پروانه در قسمت غیرقابل رؤیت دچار فرسایش شده است	۱۲، ۱۷، ۱۹، ۲۹
۱۲- تیغه‌های پروانه در قسمت خروجی نزدیک به مرکز دچار فرسایش شده است	۳۷
۱۳- تیغه‌های پروانه در قسمت خروجی نزدیک به صفحات نگهدارنده و یا نزدیک به محل اتصال تیغه به صفحه دچار فرسایش شده است	۲۷، ۲۹
۱۴- صفحه نگهدارنده پروانه کج شده و یا ترک برداشته است	۲۷، ۲۹
۱۵- پمپ داغ کرده و یا گریپاژ کرده است	۱، ۳، ۱۲، ۲۸، ۲۹، ۳۸، ۴۲، ۴۳، ۴۵، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰
۱۶- قطعات داخلی دچار خوردگی زود هنگام گردیده است	۶۵
۱۷- لقیه‌های داخلی سریعاً دچار فرسایش شده است	۳، ۲۸، ۲۹، ۴۵، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۷، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵
۱۸- پوسته پمپ‌های ۲ تکه در اثر پدیده کشش مفتولی (Wire Drawing) بریده شده است	۶۳، ۶۴، ۶۵
۱۹- اتصالات ساکن داخلی در اثر پدیده کشش مفتولی (Wire Drawing) بریده شده است	۵۳، ۶۳، ۶۴، ۶۵

۲۰- نشتی از نوار آب بند کننده زیاد بوده

و یا نوارهای آب بند کننده زود خراب می ۷۴، ۷۳، ۷۲، ۷۱، ۷۰، ۶۹، ۶۸، ۶۶، ۵۷، ۵۵، ۵۴، ۴۵، ۸، ۹

۲۱- غلاف شافت در سیستم آب بند کننده نواری زود فرسوده می شود. ۸، ۹

۲۲- نشتی از آب بند کننده مکانیکی زیاد است ۷۶، ۷۵، ۷۴، ۶۲، ۵۸، ۵۷، ۵۵، ۵۴، ۴۵، ۷۷a، ۷۶

۲۳- قطعات آب بند کننده مکانیکی شامل سطوح ساکن

و متحرک، غلاف شافت و قطعه آکاردئون خراب شده است. ۷۶، ۷۵، ۷۴، ۶۲، ۵۸، ۵۷، ۵۵، ۵۴، ۴۵، ۷۷a، ۷۶

۲۴-

یاطاقان ها زود خراب می شوند. ۸۵، ۸۴، ۸۳، ۸۲، ۸۱، ۸۰، ۷۹، ۷۸، ۷۷، ۶۶، ۵۸، ۵۵، ۵۴، ۵۱، ۵۰، ۴۵، ۴۲، ۴۱، ۳۹، ۳

۲۵- کوپلینگ خراب شده است. ۶۷، ۵۴، ۵۱، ۴۵، ۴۰

جدول (۲-۲): عوامل بروز اشکال در پمپ

A - مشکلات مربوط به مکش پمپ

۱- پمپ هواگیری نشده باشد.

۲- لوله مکش پمپ از مایع پر نشده باشد.

۳- NPSH کافی نیست.

۴- وجود هوا یا گاز به مقدار زیاد در مایع مورد پمپاژ.

۵- تشکیل محفظه هوا (Air Packet) در لوله مکش

۶- نشت هوا به درون لوله مکش

۷- نشت هوا به درون پمپ از طریق محفظه آب بند کننده

۷a- نشت هوا از طریق مایع آب بند کننده

۸- گرفتگی مجرای مایع آب بند کننده

۹- قطعه آب بند کننده در محفظه آب بند کننده خوب نصب نشده باشد.

۱۰- لوله مکش به اندازه کافی درون مایع قرار ندارد.

۱۱- تشکیل گرداب در لوله مکش

۱۲- شیر مکش کمی یا کاملاً بسته است.

۱۳- گرفتگی صافی مکش

۱۴- گرفتگی در لوله مکش

۱۵- زیاد بودن از دست رفت انرژی در مسیر مکش

۱۶- گرفتگی پروانه

۱۷- زانوئی مکش موازی شافت پمپ باشد (برای پمپ ها با دو مکش)

۱۸- وجود دو زانوئی در لوله مکش با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم که موجب ایجاد می شود.

۱۹- انتخاب پمپ با سرعت مخصوص مکش زیاد

B- سایر مشکلات هیدرولیکی

۲۰- بالا بودن سرعت دورانی پمپ

۲۱- پائین بودن سرعت دورانی پمپ

۲۲- غلط بودن جهت دوران پمپ

۲۳- نصب پروانه دومکش در جهت عکس

۲۴- تنظیم غلط تجهیزات ابزار دقیق

۲۵- کم بودن قطر پروانه انتخاب شده

۲۶- زیاد بودن قطر پروانه انتخاب شده

۲۷- انتخاب پروانه با ضریب ارتفاع خیلی زیاد

۲۸- بهره‌برداری از پمپ با شیر دهش بسته بدون باز کردن شیر برگشت (By Pass)

۲۹- بهره‌برداری از پمپ در دبی کمتر از حداقل دبی مجاز

۳۰- ارتفاع استاتیکی از حداکثر ارتفاع قابل دسترس توسط پمپ بیشتر باشد.

۳۱- از دست رفت ارتفاع دینامیکی از حد پیش بینی شده بیشتر باشد.

۳۲- ارتفاع کلی سیستم از مقدار پیش بینی شده بیشتر باشد.

۳۳- ارتفاع کلی سیستم از مقدار پیش بینی شده کمتر باشد.

۳۴- بهره‌برداری از پمپ در دبی خیلی زیاد (برای پمپ‌های جریان شعاعی)

۳۵- بهره‌برداری از پمپ در دبی خیلی کم (برای پمپ‌های جریان محوری)

۳۶- نشستی با گریپاژ کردن شیر یک طرفه

۳۷- کم بودن فاصله هوایی بین تیغه‌های پروانه و گلوئی پوسته یا تیغه‌های افشان

۳۸- نامناسب بودن بهره‌برداری از دو پمپ به صورت موازی

۳۹- وزن مخصوص مایع از مقدار پیش بینی شده بیشتر باشد.

۴۰- ویسکوزیته مایع از مقدار پیش بینی شده بیشتر باشد.

۴۱- وجود فرسایش غیر عادی در قطعاتی که باید با لقی قابل قبول کار کنند.

۴۲- گرفتگی در تجهیزات متعادل کننده بار محوری

۴۳- عدم تعادل بین فشار مایع مکش و فشار بخار مایع در دهانه مکش پمپ

B- مشکلات مکانیکی - عمومی

۴۴- وجود اجسام خارجی در پروانه و یا خرابی پروانه

۴۵- تراز نبودن کوپلینگ

۴۶- نامناسب بودن فونداسیون

- ۴۷- شل بودن پیچهای فوندانسیون
- ۴۸- شل بودن پیچهای پمپ یا موتور
- ۴۹- کافی نبودن دوغاب (Grout) پایه
- ۵۰- زیاد بودن تنش وارده از لوله‌ها به دهانه‌های پمپ
- ۵۱- نصب غلط اتصال انبساطی (Expansion Joint)
- ۵۲- راه‌اندازی پمپ بدون گرم کردن اولیه
- ۵۳- نصب غلط قطعاتی که باید هم محور باشند نظیر پروانه - رینگ سایشی - غلاف شافت - پوسته یاطاقان‌ها
- ۵۴- پیچیدگی شافت
- ۵۵- بالانس نبودن روتور
- ۵۶- قطعه ای روی شافت شل باشد.
- ۵۷- در اثر خرابی یاطاقان‌ها، شافت خارج از محور می‌چرخد.
- ۵۸- پمپ در سرعت بحرانی و یا نزدیک به آن کار می‌کند.
- ۵۹- طول شافت زیاد بوده و یا قطر آن کم است.
- ۶۰- وجود تشدید بین سرعت دورانی و فرکانس طبیعی فوندانسیون، پایه و یا لوله کشی
- ۶۱- فرسایش قطعات دوار بر روی قطعات ثابت پمپ
- ۶۲- ورود ذرات جامد به فضای لقی بین قطعات متحرک
- ۶۳- استفاده از مواد اولیه نامناسب در ساخت واشرها
- ۶۴- وجود نشی در سطوح آب بند کننده داخلی ناشی از فرسایش آنها
- ۶۵- استفاده از مواد اولیه نامناسب در ساخت قطعات پمپ
- ۶۶- عدم تعادل (نابالانسی) هیدرولیکی
- ۶۷- کیفیت نامطلوب روانکاری بعضی از کوپلینگها
- C- خرابی آب بند کننده در محدوده آب بند کردن
- ۶۸- شافت و یا غلاف آن در محل تماس با نوار آب بند کننده دچار فرسایش شده باشد.
- ۶۹- انتخاب نوار آب بند کننده نامناسب برای شرایط بهره‌برداری
- ۷۰- نصب غلط نوار آب بند کننده
- ۷۱- سفت بستن قطعه عینکی به‌طوری که مایع مورد پمپاژ به محل تماس شافت و نوار آب بند کننده نرسد.
- ۷۱a- در پوش نوار آب بند کننده مکانیکی سفت بسته شده باشد.

۷۲- وجود لقی زیاد در قسمت انتهایی محفظه آب بند کننده، به طوری که موجب نفوذ نوار آب بند کننده بداخل پمپ گردد.

۷۳- وجود ذرات جامد در مایع آب بند کننده

۷۴- اشکال در تأمین مایع خنک کننده در حد مورد نیاز برای خنک کاری محفظه آب بند کننده

۷۵- انتخاب آب بند کننده مکانیکی نامناسب برای شرایط بهره برداری از پمپ

۷۶- نصب غلط آب بند کننده مکانیکی

۷۶a- محفظه آب بند کننده با محور شافت موازی نباشد.

C- مشکلات مکانیکی - قسمت یاطاقان ها

۷۷- وجود بار محوری زیاد در پمپ های پیچکی، نامتقارن بودن پمپ های دویچکی، هم محور نبودن افشان کننده

۷۸- وجود بار محوری زیاد ناشی از فرسایش قطعات در محل لقی و یا فرسایش تجهیزات متعادل کننده

۷۹- انتخاب روانکار (روغن یا گریس) نامناسب

۸۰- زیاد بودن روغن یا گریس در یاطاقان ها

۸۱- کیفیت نامطلوب روانکاری

۸۲- نصب غلط یاطاقان ضد اصطکاک (خرابی در هنگام نصب، جمع کردن غلط، ناسازگار بودن قطعات و یا طاقانها با هم)

۸۳- ورود ذرات خارجی به درون یاطاقان ها

۸۴- نفوذ رطوبت به درون ماده روان کننده

۸۵- زیاد بودن دبی آب خنک کننده یاطاقان ها

۲-۲- پمپ سرو صدا دارد

سرو صدا در پمپ بیانگر وجود اشکال در عملکرد آن می باشد. اگر صدا از نوع شکستگی باشد منبع مشکل را باید در قسمت مکش جستجو کرد، کاویتاسیون مهمترین مشکل قسمت مکش پمپ ها بوده که ناشی از پائین بودن NPSHA در مقایسه با NPSHR می باشند.

بهترین آزمایش برای تشخیص این امر که آیا مشکل کاویتاسیون است یا خیر، کاهش دبی خروجی از پمپ بوسیله شیر دهش می باشد. پدیده کاویتاسیون با کاهش دبی رفع می شود. لذا اگر سرو صدای ایجاد شده با کاهش دبی پمپ، برطرف شد قطعاً مشکل را باید در پدیده کاویتاسیون دانست که در قسمت مربوط به طور مفصل بدان اشاره شده و راه حل های مناسب برای رفع دائم آن ارائه گردیده است.

پدیده ضربه قوچ (Water Hammer) به تغییر ناگهانی سرعت مایع بویژه در مسیرهای طولانی مربوط می‌شود. برای جلوگیری از بروز این پدیده بهتر است که پمپ را با شیر بسته روشن نموده و بعد از رسیدن به سرعت نامی پمپ، به تدریج شیر باز شود. همین کار را باید در مرحله خاموش کردن پمپ تکرار کرد. قبل از خاموش کردن پمپ باید شیر خروجی را بتدریج بسته و سپس پمپ را خاموش کرد. از دیگر تدابیر جلوگیری از بروز پدیده ضربه قوچ استفاده از شیرهای یک طرفه تأخیری می‌باشد. عملکرد این شیر به نحوی است که در هنگام راه اندازی پمپ سرعت مایع در قسمت دهش رابه آرامی افزایش داده و در عوض در هنگام خاموش کردن پمپ، دبی مایع در خط دهش را با تأخیر در بسته شدن بتدریج کاهش می‌دهد. بهر حال با هر روش مناسب باید ترتیبی اتخاذ شود که فشار ناشی از ضربه قوچ به سطح خطرناک نرسد. گاهی اوقات نیز برای جلوگیری از صدمات ناشی از ضربه قوچ از شیرهای مخصوص استفاده می‌شود که بهنگام کاهش فشار که بخشی از پدیده ضربه قوچ می‌باشد و در هنگام بروز جریان برگشتی (Back Flow) به آرامی بسته می‌شود. استفاده از مخازن تحت فشار گاز نیز روش دیگری برای کاهش عوارض ناشی از پدیده ضربه قوچ می‌باشد در پمپ‌هایی که با الکتروموتور راه اندازی شده و با یک سیستم فرمان خاموش و روشن می‌گردد، پدیده قوچ خود یکی از مشکلات آن سیستم خواهد بود. در سیستم‌هایی که با ارتفاع زیاد کار می‌کند، با بکارگیری از فلایویل می‌توان زمان بروز پدیده را طولانی کرده و بالطبع عوارض آن را کاهش داد.

۲-۳- لرزش در پمپ

در پمپ‌های با ارزش امروزه با بکارگیری از سیستم‌های اندازه گیری و تحلیل لرزش از صدمات وارده بر روی پمپ در اثر بروز لرزش‌های شدید جلوگیری می‌شود. امروزه تعیین فرکانس لرزش و مقایسه آن با فرکانس دورانی پمپ می‌تواند در شناخت عوامل بوجود آورنده لرزش بسیار مفید واقع گردد. فرض می‌شود که مقدار لرزش در فرکانس f_1 به حداکثر خود رسیده و فرکانس روتور پمپ f_r باشد. در این صورت:

$$K = \frac{f_1}{f_r} \quad (2-1)$$

با تعیین K و مقایسه آن با جدول (۲-۳) می‌توان علت بروز لرزش در پمپ را شناسائی کرد. احتمال بروز پدیده چرخش روغن و لرزش ناشی از آن در پمپ‌های گریز از مرکز بسیار ناچیز بوده و در صورت وقوع آن غالباً با خرابی یا طاقان توام می‌باشد.

نا بالانسی: نابالانسی مکانیکی ممکن است در زمان ساخت و یا در حین بهره‌برداری از پمپ بوجود بیوندد. در ضمن ورود حبابهای گاز (ناشی از هوا گرفتن و یا پدیده کاویتاسیون) می‌تواند موجب بروز نابالانسی هیدرولیکی پروانه گردد. تراز نبودن کوپلینگ عموماً خود را در مقادیر $K=1$ و $K=2$ نشان می‌دهد.

۱-۳-۲- پدیده تیغه‌های عبوری: مشکل ناشی از پدیده تیغه عبوری دارای عوارض زیادی در هنگام افزایش ارتفاع پمپ از ۲۵۰ متر در هر طبقه به ۵۵۰ متر و بعد ۷۶۰ متر خواهد بود. بعد از تکرار شکست پروانه و افشان کننده این مشکل با تغییر نسبت تیغه‌های پروانه و افشان کننده و افزایش لقی بین تیغه‌های متحرک و ثابت و نیز تغییر شکل هندسی تیغه‌های ثابت حل شد. امروزه با انجام اصلاحاتی که بر روی ساخت پمپ‌ها صورت گرفته است مشکل فوق بندرت بوقوع می‌پیوندد مگر آنکه فرکانس آن به فرکانس طبیعی پوسته یا طاقان نزدیک باشد.

مقدار K	علت بروز لرزش
کم، غیر یکنواخت	جریان گردشی در اطراف پروانه - کاویتاسیون
۰/۱۵ - ۰/۱	از حرکت ایستادن افشان کننده دوار
۰/۴۹ - ۰/۴	چرخش روغن در یاطاقان‌های هیدرودینامیکی
۰/۵	سایش داخلی
۰/۹ - ۰/۷	از حرکت ایستادن در دهانه ورودی پروانه
۱	نابالانس روتور ناشی از نابالانسی اولیه - ورود قطعه جامد به درون پروانه - خرابی پروانه - پیچیدگی روتور - نابالانسی هیدرولیکی - فرسایش قطعات داخلی - تراز نبودن کوپلینگ
۲	شل بودن قطعات داخلی - تراز نبودن کوپلینگ
Z (تعداد تیغه‌های پروانه)	بروز لرزش عبوری تیغه ای ناشی از کم بودن لقی بین تیغه‌های پروانه و تیغه‌های حلزونی
اعداد زوج	تشدید ساختاری - تشدید ناشی از فشار - انتقال لرزش از سایر ماشین‌ها
اعداد زیاد	خرابی یاطاقان

جدول (۲-۳): تحلیل عوامل بروز لرزش براساس تعیین فرکانس لرزش

در چنین حالتی سرعت لرزش در پوسته یاطاقان بمقدار زیادی از میزان لرزش مجاز (جدول ۲-۴) بیشتر خواهد بود و این در حالتی است که لرزش روتور پمپ در همان فرکانس ناچیز می‌باشد. در مواردی که مشکل فوق مسئله سازشده باشد، بهتر است که لرزش تحریک ویالرزش طبیعی پوسته یاطاقان تغییر داده شود.

۲-۳-۲- محدوده لرزش مجاز:

اگر اطلاعات دقیقی در مورد حداکثر لرزش مجاز در پمپ مورد نظر در دست نباشد، می‌توان از مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۴) به عنوان راهنما برای تعیین وضعیت لرزش در پوسته یاطاقان پمپ‌های افقی و عمودی استفاده کرد اگر یاطاقان پمپ از نوع (Hydrodynamic Journal) باشد مقدار جابجائی شافت از میزان اندازه گیری شده در پوسته یاطاقان بیشتر خواهد بود و لذا اندازه گیری

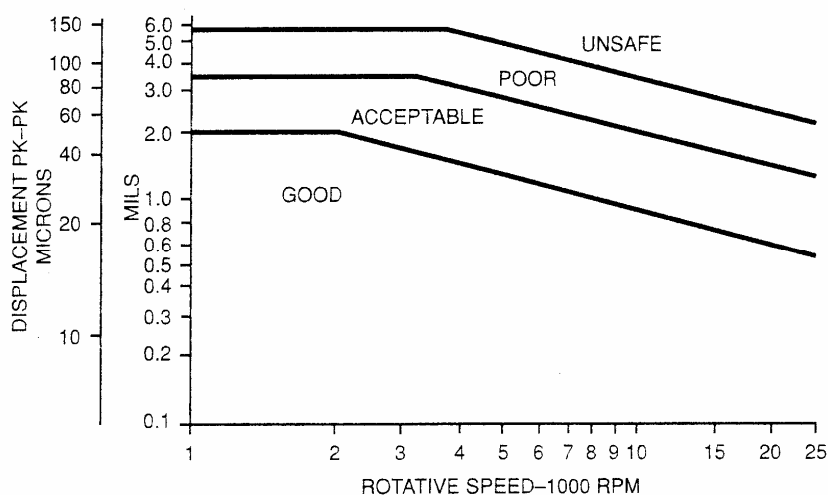
مقدار آن به طور مجزا ضروری می باشد. از شکل (۲-۱) می توان به عنوان راهنما آنهم برای پمپ هایی که در شرایط نزدیک به BEP کار می کنند استفاده کرد.

بهره برداری از پمپ در شرایط دور از شرایط طراحی می تواند باعث افزایش لرزش در پمپ گردد. میزان آن به اندازه و طراحی پمپ بستگی دارد. براین اساس گاهی اوقات دامنه بهره برداری مجاز پمپ را در حدی می دانند که لرزش در آن ۱/۳ برابر لرزش در BEP باشد (برای دبی های کمتر و بیشتر از BEP هر کدام به طور جداگانه) مقادیر داده شده در جدول (۲-۴) برای مواقعی است که موتور ۲ قطبی باشد (۳۰۰۰ RPM). بررسی های انجام شده نشان می دهد که برای پمپ های با سرعت دورانی بین ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ دور در دقیقه، سرعت لرزش (بر حسب سرعت RMS) بتوان ۰/۳۳ نسبت سرعت افزایش می یابد. به همین ترتیب با افزایش فرکانس لرزش، سرعت مجاز قابل تحمل نیز افزایش خواهد یافت.

خوب	قابل قبول	ضعیف	نیاز به برنامه ریزی جهت تعمیرات	توقف پمپ
> ۲	۲-۴	۴-۵.۵	۵.۵-۹	> ۹

جدول (۲-۴): میزان سرعت مجاز لرزش در پوسته یا طاقان در پمپ های گریز از مرکز (میلی متر بر ثانیه)

به عنوان مثال بسیاری از پمپ ها می تواند با لرزش ناشی از فرکانس عبور تیغه ای حدود 7-11mm/s RMS مدتهای طولانی بدون بروز هر گونه مشکل در یا طاقان ها و آب بند کننده ها کار کند.



شکل (۲-۱) میزان لرزش مجاز در پمپ های گریز از مرکز

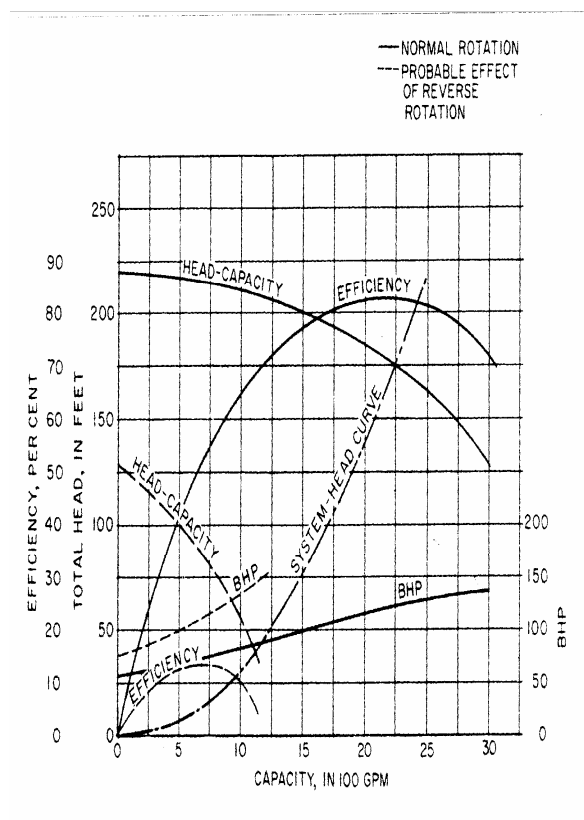
۲-۴- نشت هوا به درون پمپ

در پمپ‌هائی که در حالت مکش (Lift) کار می‌کنند اگر فاقد رینگ فانوسی بوده و محفظه آب بند کننده آنها تحت فشار نباشد، احتمال ورود مایع به‌درون پمپ از طریق محفظه آب بند کننده زیاد است. گاهی اوقات نشت هوا به‌درون پمپ از طریق غلاف شافت صورت می‌گیرد. آب بند نبودن لوله مکش و اتصالات آن نیز می‌تواند عامل نشت هوا به‌درون پمپ بوده و مایع مورد پمپاژ ممکن است اشباع از هوا بوده که در هنگام ورود به‌درون پمپ هوای آن آزاد می‌شود. البته اگر میزان هوای وارد شده به‌درون پمپ در حد قابل قبول باشد مشکل چندان برای پمپ ایجاد نمی‌کند. با افزایش میزان هوا، دبی و توان مصرفی پمپ کاهش یافته به‌طوری که در درصد معینی هوای موجود در مایع مورد پمپاژ که مقدار آن به طراحی پمپ بستگی دارد، پمپ قادر به جابجائی هیچگونه مایعی نبوده و دبی مایع خروجی از آن صفر می‌شود.

در مواردی ممکن است پمپی که در شرایط مطلوب کار می‌کند، با کاهش دبی آن دچار هوا گرفتگی شود. علت امر در این است که وقتی پمپ با دبی بالا کار می‌کند، سرعت مایع در پوسته پمپ در حدی است که قادر به خارج سازی هوای موجود در پوسته پمپ می‌باشد ولی با کاهش ظرفیت پمپ سرعت مایع کاهش یافته به‌نحوی که قادر به خارج کردن حبابهای هوا از پوسته نبوده و همین امر باعث افزایش میزان هوای درون پوسته پمپ می‌شود. پروانه توسط حلقه ای از هوا پوشانیده شده و قابلیت ایجاد ارتفاع آن کاهش می‌یابد به‌نحوی که پمپ کاملاً دچار هوا گرفتگی می‌شود. گاهی اوقات ممکن است پمپ با شرایط خوب راه‌اندازی شده ولی بتدریج دبی آن کاهش می‌یابد. این امر نشان‌دهنده نشت هوا به‌درون پمپ می‌باشد. اگر سطح مایع در قسمت مکش بالاتر از پمپ باشد، بهتر است که پیچ هواگیری پمپ را باز کرده و اجازه داد تا پمپ هواگیری شود. اگر پمپ مایع را از سطحی پایین تر از دهانه مکش می‌کشد، لازم است که پمپ به کمک تجهیزات موجود هواگیری کامل شود.

۵-۲- مشکلات سیستم پمپاژ

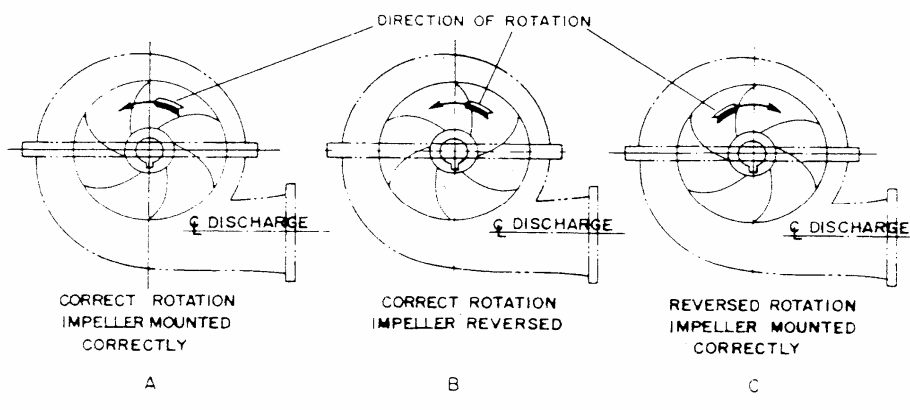
بعضی از مشکلات سیستم پمپاژ را به راحتی می‌توان برطرف کرد. مثلاً اگر سربندی الکتروموتوری به طور غلط بسته شود، پمپ در جهت عکس دوران نموده و کارآئی آن شدت کاهش می‌یابد در شکل (۲-۲)، نمونه ای از تغییرات منحنی مشخصه یک پمپ گریز از مرکز در هنگامی که در جهت عکس دوران می‌کند نشان داده شده است. توصیه می‌شود که قبل از اتصال موتور به پمپ، جهت دوران آن را آزمایش کرد، چرا که بعضی از پمپ‌ها (مثلاً پمپ توربینی عمودی)، که کوپلینگ آنها رزوه ای هستند چرخش آنها در جهت معکوس می‌تواند باعث بروز خرابی در سیستم انتقال قدرت گردد.



شکل (۲-۲): منحنی مشخصه پمپ گریزازمرکز در هنگام چرخش در جهت عکس

جمع کردن غلط پمپ نیز می‌تواند یکی از عوامل بروز مشکل در سیستم پمپاژ گردد. همانطوری که قبلاً گفته شد تیغه‌های پروانه پمپ‌های گریزازمرکز از نوع روبع‌ب می‌باشند.

در شکل (۲-۳a) حالت صحیح و دوران صحیح پروانه نشان داده شده است. در صورتی که اگر پروانه به‌طور معکوس بسته شده (در پروانه‌های با دو مکش) و به‌صورت صحیح دوران یابد، پروانه وضعیت روبجلو داشته (شکل ۲-۳b) و اگر به‌صورت صحیح بسته شده ولی در جهت عکس دوران یابد وضعیت عملکرد آن مانند شکل (۲-۳c) رایج می‌گردد.



شکل (۲-۳): روشهای مختلف نصب پروانه و دوران پمپ‌های گریزازمرکز

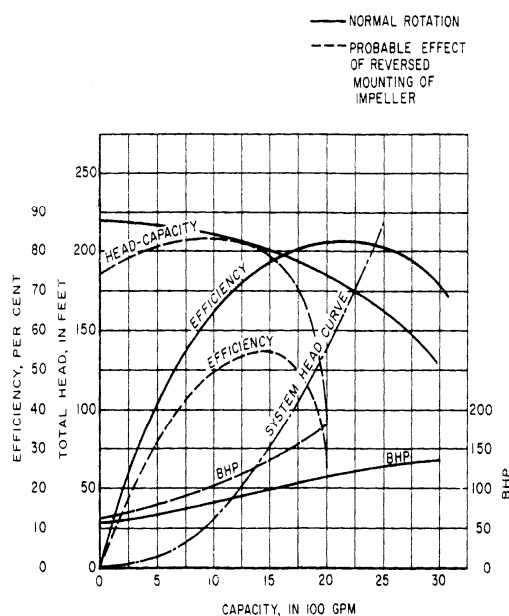
در شکل (۲-۴) منحنی مشخصه یک پمپ گریزازمرکز در حالتی که جهت دورانی آن درست بوده ولی پروانه آن در جهت صحیح و عکس آن نصب شده نشان داده شده است

همانطوری که از شکل (۲-۴) پیداست نصب غلط پروانه در مقایسه با معکوس بودن جهت دورانی دارای تأثیرات نامطلوب بیشتری بوده که بروی دبی، ارتفاع، توان مصرفی و راندمان پمپ تأثیر می گذارد.

اگر فشار دهش پمپ معادل میزان طراحی آن باشد سرعت دورانی پمپ در جهت عکس می تواند برای پمپ با ارتفاع کم (سرعت مخصوص زیاد نظیر پمپ های ملخی) حدود ۱۷۵ درصد سرعت دورانی الکتروموتور بوده و در پمپ های با ارتفاع زیاد (سرعت مخصوص کم، پمپ های جریان شعاعی) به کمتر از سرعت دورانی الکتروموتور می رسد.

اکثر سیستم های پمپاژ دارای ارتفاعهای استاتیکی و دینامیکی می باشند. بنابراین وقتی جریان معکوس در پمپ بوقوع پیوندد، خالص ارتفاع سیستم برابر است با ارتفاع استاتیکی منهای ارتفاع دینامیکی که قطعاً از ارتفاع کل سیستم که برابر است با ارتفاع استاتیکی بعلاوه ارتفاع دینامیکی کمتر خواهد بود. بعبارت دیگر در زمان بروز جریان معکوس، سرعت دورانی پمپ کمتر از سرعت آن در حالت کار عادی خواهد شد.

در هنگام بهره برداری از چند پمپ متفاوت به صورت موازی باید دقت شود که پمپ ها در دبی های بالا بکار گرفته شوند، چرا که عدم توجه به این امر (بهره برداری از پمپ ها در دبی کم و یا بعبارت صحیح تر در ارتفاع زیاد) باعث می شود تا پمپ های با ارتفاع کمتر عملاً از مدار خارج شده و با دبی صفر کار کنند که همین امر ضمن بهدر دادن انرژی می تواند باعث گرم شدن (وحتی سوختن آن در طولانی مدت) گردد. در صورت پمپاژ مایعات با دمای نزدیک به نقطه جوش در چنین شرایطی بهتر است که یک سیستم برگشت مایع (By-pass) برای پمپ های با ارتفاع زیاد پیش بینی شود.



شکل (۲-۴): تأثیر نحوه نصب پروانه بر منحنی مشخصه یک پمپ گریز از مرکز یک مرحله ای با پروانه بادومکشی

وجود هر گونه شکستگی در قسمت لوله دهش پمپ بویژه در نزدیکی دهانه خروجی موجب افزایش غیر طبیعی دبی پمپ و بالارفتن توان مصرفی در آن می گردد که می تواند باعث وارد شدن بار اضافی بر الکتروموتور و توقف ناگهانی آن گردد. بروز شکستگی در فواصل دورتر از پمپ بعلت وجود اصطکاک آثار نامطلوب کمتری بر روی الکتروموتور باقی خواهد گذاشت.

۶-۲- وجود ذرات خارجی در پمپ

وجود ذرات خارجی در پمپ می تواند باعث بروز مشکلات و خرابی جدی در قطعات پمپ گردد، مگر آنکه پمپ دارای طراحی ویژه بوده و برای پمپاژ مایعات با مواد جامد ساخته شده باشد. برای جلوگیری از بروز خرابی در پمپ بهتر است که در قسمت مکش پمپ صافی و یا توری نصب شده باشد. تمیز نکردن لوله های مکش بعد از نصب پمپ می تواند عامل وارد شدن ذرات و قطعات متفرقه نظیر پیچ و مهره، تکه های جوش و... به درون پمپ گردند. به همین خاطر در راه اندازی پمپ باید یک صافی موقت در قسمت مکش آن نصب شود. اگر یک چشمه پروانه در پمپ های با پروانه دو مکش به طور کامل دچار گرفتگی شود، ظرفیت پمپ می تواند باندازه نصف کاهش یابد ولی بار محوری وارده بر یاطاقان ها بعلت یکسان بودن فشار مکش در دو سمت این پروانه چندان تغییر نمی کند. گرفتگی جزئی در چشمه یک سمت پروانه می تواند باعث بهم خوردن تعادل در پروانه گردیده که موجب افزایش بار وارده بر یاطاقان ها خواهد شد.

۷-۲- تراز نبودن و خرابی قطعات داخلی

تراز نبودن غالباً به قسمت کوپلینگ بین پمپ و الکتروموتور اطلاق می شود ولی ممکن است این امر به قطعات دوار و پوسته داخلی پمپ نیز مربوط شود. تراز نبودن کوپلینگ عموماً به دو عامل زیر مربوط می شود:

الف: پمپ و الکتروموتور آن تراز نصب نشده باشند.

ب: نیروهای وارده از سوی لوله ها باعث بهم خوردن تراز پمپ شده باشد.

جدا از دستورالعمل های متعددی که در زمینه جلوگیری بهم خوردن تراز پمپ و الکتروموتور ارائه گردیده است، رعایت ۲ توصیه زیر می تواند در حل مشکلات مربوطه مفید واقع گردد:

الف: طراحی، جمع کردن و نصب لوله ها باید با دقت صورت پذیرد تا هیچگونه تنشی از سوی آن بر روی پمپ وارد نشود. بهره برداری از پمپ در شرایط خارج از طراحی می تواند باعث افزایش بار وارده بر محور پمپ و نهایتاً بهم خوردن تراز آن شود.

ب: کیفیت طراحی واحداث فونداسیون بسیار مهم بوده و باید در این زمینه دقت لازم را به خرج داد. تراز نبودن کوپلینگ موجب تسریع در فرسایش آن گردیده که در نهایت می تواند باعث خرابی آن گردد. علاوه بر آن می تواند دارای عوارض نامطلوب بر روی سایر اجزاء پمپ نظیر یاطاقان ها، آب بند کننده و در مواردی شافت باشد. خرابی زودرس یاطاقان ها و آب بند کننده حتی شکستن

محفظه یاطاقان ها می تواند به تراز نبودن مرتبط باشند که در نهایت حتی می تواند موجب بهم خوردن تراز قطعات متحرک داخل پمپ یا پوسته آن گردد. زیاد نبودن باروراده بر پمپ از سوی لوله ها دارای عوارض نامطلوب بوده که عمده ترین آن خرابی زودرس یاطاقان ها و افزایش سرعت فرسایش و بهم خوردن لقی ها و... می باشد.

در شرایط بسیار محدودی ممکن است که پمپ در مرحله راه اندازی بایکسری مشکلات مواجه گردد، به همین خاطر توصیه می شود که قبل از نصب و راه اندازی پمپ قسمت های مختلف آن نظیر تاب داشتن شافت، آسیب دیدگی قطعات داخلی، خرابی واشر پوسته، نابالانسی بودن روتور و غیره مورد بازرسی قرار گیرد. تماس قطعات متحرک با قسمت های ساکن پمپ بسیار معمولی بوده و لذا قبل از نصب پمپ باید آن را بازرسی کرده و در صورت مشاهده هر گونه مشکل جدی آن را برطرف نمود. این امر بویژه در مورد پمپ هایی که از فولاد ضد زنگ ساخته شده اند متداول تر می باشد، چرا که این مواد سهولت پوسته ای (Galling) شده و همین امر می تواند احتمال تماس بین قطعات را بالا ببرد.

مشکل دیگر چسبیدن روتور در لقی بین آن و قطعات ساکن می باشد. این پدیده بویژه برای پمپ هایی که برای جابجائی مایعات گرم طراحی شده اند و یا در سرعت کمتر از سرعت طراحی (نصف تا یک چهارم سرعت طراحی) مورد بهره برداری قرار می گیرند بیشتر مشاهده می شود. تماس اندک قطعات متحرک با سطوح ساکن موجب تولید حرارت شده و اگر پمپ در سرعت پائین مورد بهره برداری قرار گیرد، مایع خنک کننده در حد کافی به آن نقاط نرسیده و همین امر موجب فرسایش شدید قطعات می گردد.

با خاموش کردن پمپ در زمان آسیب دیدگی، روتور بارینگیهای سایشی تماس حاصل نموده و سرعت آن بتدریج کاهش یافته تا از حرکت بایستد. برای جلوگیری از آسیب دیدگی پمپ هایی که برای کار در درجه حرارت زیاد طراحی شده اند و دمای آن هنوز به حد مورد انتظار نرسیده است بهتر است که آن را در سرعت زیاد بکار گرفت تا در صورت وجود تماس های جزئی بسرعت برطرف شود.

اگر سطوح تماس محوری نافه پروانه، غلاف شافت و مهره شافت به طور کامل بر سوراخ مربوط عمود نباشد، تراز کردن آن در محل بهره برداری و بدون تجهیزات ماشین کاری مناسب غیر ممکن می باشد. سفت کردن بیش از حد مهره های شافت باعث تاب برداشتن آن شده و می تواند موجب تماسی بین قطعات گردد. به همین خاطر بهتر است که روتور هایی که باز شده اند، قبل از جاگذاری در پوسته پمپ به طور کامل بازرسی شده تا فاقد هر گونه خروج از مرکز و تاب باشند. در صورت مشاهده هر گونه فرسایش در لقی های موجود، باید آن را بدقت بازرسی کرده و علت آن را یافته و نسبت به رفع آن اقدام شود.

۸-۲- آب بند کننده:

عمده ترین خرابی که در پمپ ها بوقوع می پیوندد، به قسمت آب بند کننده آن مربوط می شود. علت این امر مستقل بودن شرایط طراحی آب بند کننده، پمپ و بهره برداری از آنها در کنار هم می باشد. علاوه بر آن چگونگی بازرسی ادواری در هنگام استفاده از نوارهای آب بند کننده می تواند بر عمر مفید آن تأثیر بگذارد.

برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه آب بند کننده ها به کتاب آب بند کننده ها^{۱۱} مراجعه شود.

۹-۲- یاطاقان ها

خرابی یاطاقان ها در پمپ های گریز از مرکز عموماً با خرابی سیستم آب بند کننده همزمان می باشد. با این وجود در زمان بروز خرابی در یاطاقان ها، علت را باید در موارد زیر جستجو کرد:

۱- زیاد بودن بار شعاعی ناشی از بهره برداری از پمپ در دبی کم (ارتفاع زیاد) و یا خرابی قطعه ای در داخل پمپ

۲- زیاد بودن بار محوری در مواقعی که فشار مکش از حد مجاز بالاتر باشد (در پمپ های با مکش انتهائی)، بهم خوردن شرایط مایع ورودی به درون پروانه (در پروانه های با دو مکش)، بهم خوردن لقی در اثر سایش (بویژه در پمپ های چند مرحله ای)

۳- زیاد بودن روغن یا گریس در محفظه روانکاری برای یاطاقان های ضد اصطکاک. زیادی روان کننده موجب افزایش اصطکاک بین مولکولی و داغ شدن روان کننده و یاطاقان ها می گردد.

۴- کم بودن ماده روان کننده

۵- گرم کردن محفظه و یاطاقان در اثر کیفیت نامطلوب خارج سازی حرارت ناشی از اصطکاک در یاطاقان ها

۶- وجود ذرات خارجی در محفظه یاطاقان ها که عمدتاً به نشتی از آب بند کننده مربوط می شود.

۷- نصب غلط یاطاقان (بویژه آسیب دیدگی در زمان نصب)، نامناسب بودن لقی ها و انتخاب غلط مجموعه یاطاقان ها

۸- زنگ زدن یاطاقان در اثر وجود آب در محفظه یاطاقان ها

۹- سرد کردن بیش از حد یاطاقان که می تواند منجر به میعان رطوبت موجود در هوا در داخل محفظه آب بند کننده گردد.

۱۰- تراز نبودن، تاب داشتن شافت، زیادبودن لرزش که موجب زیاد شدن بار وارده بر یاطاقان ها می گردند.

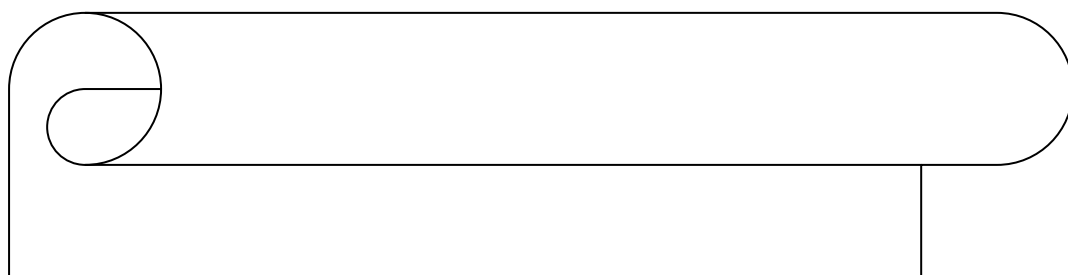
۱۱- کافی نبودن لقی ها جهت غلبه بر انبساط ناشی از گرم شدن

۱۲- قطعات لغزنده تحت بار محوری زیاد بر روی ردیف های بی بار در یاطاقان های دوردیفه سر می خورند.

اکثر شرکت‌های سازنده یاطاقان‌ها ضمن ارائه لیستی از علت خرابی‌ها در یاطاقان‌های ضد لصدکاک، تصاویری از اغلب موارد خرابی یاطاقان‌ها تهیه کرده و در اختیار مشتریان خود قرار می‌دهند تا به کمک آن بتوان علت خرابی یاطاقان‌ها را تشخیص داد. با توجه به مصرف زیاد یاطاقان‌های ضد اصطکاک در پمپ‌های گریز از مرکز و سایر تجهیزات صنعتی توصیه می‌شود که در زمینه تهیه مقالات، کتابهای آموزشی و دستورالعمل‌های عیب یابی و آموزشی پرسنل واحد تعمیر و نگهداری اقدام لازم بعمل آید.

۱۰-۲- خوردگی و فرسایش

در بین مشکلات اساسی و هزینه بر که در پمپ‌های گریز از مرکز بوقوع می‌پیوندد، خرابی قطعات پمپ در اثر پدیده خوردگی و فرسایش اهمیت زیادی داشته و متأسفانه رفع آن بلحاظ ارتباط آن با مشخصه‌های فیزیکی و شیمیائی مایع مورد پمپاژ چندان آسان نمی‌باشد. در بین تمامی راه‌های موجود، انتخاب مواد اولیه مناسب در ساخت پمپ‌ها بهترین اقدام بوده و باید سعی شود تا در هنگام سفارش پمپ، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیائی مایع مورد پمپاژ به‌طور دقیق در اختیار سازنده پمپ قرار داده شده تا بر اساس آن مواد اولیه مناسب در ساخت اجزاء پمپ بکار گرفته شود.



بخش سوم: عیب یابی سیستم های انتقال مایعات

۱-۳- مقدمه

عیب یابی (Trouble shooting)، هنر بکارگیری اصول مهندسی در امر تعمیر و نگهداری پمپ می باشد. بسیاری از مهندسين براي باورند که تعمیر و نگهداری باید بر مبنای عرف و یا فرهنگ صنعتی صورت

پذیرد. بدیهی است که در این صورت هیچگاه نمی‌توان دستورالعمل مناسبی را برای درک مشکلات و رفع آن در واحد پیدا نموده و بکار گرفت. بنابراین اصلی ترین سؤال در این زمینه پیدا کردن نقطه شروع و چگونگی ارتباط مسائل و مشکلات بیکدیگر جهت تحلیل مشکلات موجود می‌باشد. خرابی‌هایی که در پمپ‌های گریز از مرکز بوقوع می‌پیوندد ممکن است ناگهانی (نظیر بریدن شافت) و یا تدریجی (نظیر خوردگی پروانه و یا پوسته) صورت پذیرد.

خوشبختانه در پمپ‌هایی که به‌طور صحیح نصب شده و تحت مراقبت و تعمیرات منظم می‌باشند، هیچ یک از مشکلات فوق بوقوع نمی‌پیوندد. ضمناً در صورت بروز نیز شدت خوردگی در پروانه‌ها آنچنان کم می‌باشد که هیچوقت موجب توقف پمپ نمی‌گردد.

شکستن قطعات فلزی که در ساختمان پمپ بکار می‌روند بندرت مشاهده می‌شود، مگر آنکه پمپ تحت شرایط نامناسبی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و یا کیفیت تعمیر و نگهداری آنها بسیار نامطلوب باشد. به عنوان مثال اگر آلیاژ بکار برده شده در ساخت قطعات پمپ از جنس برنز بوده و پمپ برای محیط‌های قلیایی با PH بالا مورد استفاده قرار گیرد، در طی دوره‌های تعمیراتی باید انتظار خوردگی سریع قطعات فوق را داشت. در یک جمع بندی کلی، پمپ‌هایی که به‌طور غلط بکار گرفته شوند، قبل از آنکه باعث بروز مشکلات شدید در واحد گردند، با پمپ مناسب دیگری تعویض گردیده و عوارض مربوطه به‌طور ریشه ای حل می‌گردند. مشکلاتی که ریشه هیدرولیکی دارند نظیر کاهش دبی پمپ، کاهش فشار دهش و... بیشتر محتمل بوده و متأسفانه یافتن دلایل بوجود آمدن و یافتن راه حل مناسب برای رفع آنها به آسانی امکان پذیر نمی‌باشد. براساس آمار منتشره از سوی یکی از سازندگان پمپ‌ها جدا از خرابی‌های مکانیکی حدود ۸۵٪ از خرابی‌های پمپ‌های گریز از مرکز به قسمت مکش پمپ و سیستم آب بند کننده مربوط می‌شود.

۳-۲- اجزاء سیستم انتقال مایع

تحقیق مدون می‌تواند بهترین روش برای یافتن ریشه‌های مشکلات در پمپ‌ها می‌باشد. قبل از انجام هر گونه اقدامی در امر عیب یابی، لازم است فرصت مناسبی برای بررسی نتایج تعمیر و نگهداری که قبلاً صورت پذیرفته در نظر گرفته شود. باید به محل بهره‌برداری از پمپ رفته و از بهره بردار واحد خواست تا آنچه را که در این زمینه مشاهده کرده به‌طور مبسوط شرح دهد. در صورت امکان، باید پمپ را روشن نموده و عملکرد آن را نظاره کرد. یک سیستم شناخته شده انتقال مایع را می‌توان جهت رسیدگی به هشت جزء تقسیم نمود:

الف - فوندانسیون: طراحی فوندانسیون ضعیف، دوغاب ریزی نامناسب و پایه ارتجاعی می‌تواند عامل بسیاری از مشکلات باشد.

ب- راه‌اندار Driver: تحریک ناشی از لرزش راه‌اندار (الکتروموتور، توربین بخار) می‌تواند به سایر اجزاء پمپ منتقل گردد.

ج - سیستم انتقال توان مکانیکی: تحریک ناشی از منطقه کوپلینگ، بویژه ناشی از تراز نبودن راه انداز و یا غیرهم مرکز بودن سوراخ نافی های کوپلینگ می باشد

د - راه اندازی پمپ: طراحی غلط پمپ بر روی اثر متقابل هیدرولیکی پروانه و پوسته تأثیر بسزائی داشته و می تواند مشکلات زیادی را بدنبال داشته باشد.

س - شیر و لوله کشی مکش پمپ: شرایط نامطلوب جریان ورودی نظیر کاویتاسیون، اغتشاش در مکش و یا جریان گردشی ناشی از طراحی و نصب غلط لوله کشی و شیرهای قسمت مکش می توانند عوامل جریان نامناسب مایع به درون پمپ باشند.

ش - شیر و لوله کشی دهش پمپ: رفتار دینامیکی نامناسب لوله کشی ناشی از وارد شدن بار دینامیکی، استاتیکی و یا حرارتی و تحریک های ناشی از تشدید (Resonance) عوامل مهمی در بروز مشکلات در پمپ ها هستند.

ص - وسائل اندازه گیری برای کنترل دبی جریان پمپ: سیستم کنترل دبی پمپ در طول راه اندازی و یا در مواقعی که پمپ بادی کم کار می کند موجب بروز ضربان های فشاری در سیستم می گردند. ضربان های با فشار زیاد می توانند ناشی از ناپایداری هیدرولیکی مجموعه سیستم انتقال مایع باشند.

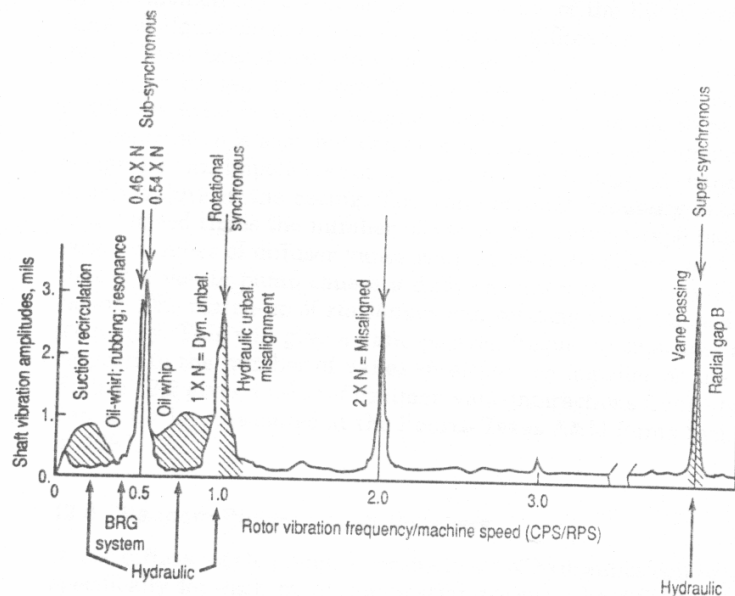
ض - خرابی های ناشی از عدم تثبیت تراز بودن: از زمانی که اقدامات لازم برای تراز کردن قطعات صورت پذیرفت، پین هایی که درون پایه پمپ قرار داده شده اند باید قادر به تراز نگهداشتن پمپ باشند.

۳-۳- مبانی نمایش لرزش

تعمیر و نگهداری بروش نمایشی (Predictive Maintenance) به صورت نمایش لرزش، در تحلیل مشکلات مربوط به عملکرد پمپ بسیار مؤثر می باشد. این روش امروزه به طور وسیع در بین منشاء مشکلات پمپ ها و موتورهای آن بکار گرفته می شوند. مقالات علمی متنوعی در زمینه نمایش لرزش در تخمین مشکلات مربوط به کارآئی توربین های بخار و توربو کمپرسورها نوشته و ارائه گردیده است. مشابهت بین پمپ ها و ماشین فوق کم بوده و لذا بندرت قابل استفاده می باشند.

کوچکی و طبیعت غیر بحرانی پمپ ها عوامل اصلی این ناسازگاری هستند. از سوی دیگر سیالی که از درون ماشین عبور می کند در مقایسه با وزن روتور دارای جرم ناچیزی است. سیال تراکم پذیر فقط تأثیر ناچیزی بر روی رفتار لرزشی روتور می گذارد. به همین خاطر اغلب مشکلات ناشی از لرزش در ماشین های پنو ماتیکی از نوع مکانیکی هستند. پمپ ها، بهر حال جزء ماشین های هیدرولیکی بحساب می آیند. سیالی که در آن انتقال می یابد دارای جرم قابل توجهی بوده و قادر به انتقال ضربان فشاری بدون هر گونه تغییر در میزان آن است. اثر متقابل بین روتور و پوسته بسیار مهم بوده و می تواند مکانی برای اشتباه در زمینه ساختار لرزش در روتور باشد. تفسیر اطلاعات بدست آمده از بررسی لرزش در یک سیستم عملی بسیار مشکل می باشد.

درهرپمپ نیروهای دینامیکی بامنشاء مکانیکی ویا هیدرولیکی وجودداشته که بایستی قبل ازهر اقدامی جهت ارائه راه حل برای آنها جداگردیده ومنظور گردند. بعضی ازدلائل لرزش در پمپ های گریزازمرکزدر دیاگرام لرزش (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل (۱-۳): فرکانس به سرعت ماشین درلرزش روتور

نیروهای هیدرولیکی چه از نظر تعدادی وچه از نظر مقداری همانند نیروهای مکانیکی بزرگ می باشند. درهر برنامه تحلیلی، هرگونه اقدامی که می تواند موجب تمایز منشاء مکانیکی و یا هیدرولیکی لرزش گردد باید صورت پذیرد. اطلاعات مبسوط در زمینه طراحی پمپ، بخصوص شرایط مکانیکی آن برای تحلیل دقیق هر گونه اطلاعات مربوط به لرزش ضروری می باشد.

۱-۳-۳- لرزش های ناشی از انتقال قدرت

مهمترین عامل خارجی لرزش، تراز نبودن پمپ باراه انداز آن می باشد. تراز نبودن می تواند موجب افزایش لرزش درجهت محوری گردد که مقدار آن به ۱٫۵ برابر مقدار قرائت شده در محورهای عمودی ویا افقی نیز می رسد. لرزش غالباً در سرعت کاری پمپ ظاهر می شود ولی در سرعت هایی که مضربی از سرعت دورانی پمپ هستند نیز می تواند مشاهده شود.

لرزش های ناشی از تراز نبودن غالباً مضرب صحیحی از سرعت دورانی پمپ می باشد. تکنسین هایی که با پمپ ها در دمای بالا کار می کنند باید به لرزش پمپ در حال کار در دماهای کمتر از دمای عادی بهره برداری توجه نمایند، چراکه تغییرات دما می تواند موجب بهم خوردن تراز اجزاء سیستم بایکدیگر گردد.

کوپلینگ های ارتجاعی قادرند مقدار قابل توجهی از غیر هم تراز را بدون اثرگذاری برروی عمر مفید آن خنثی سازند. حال آنکه همان مقدار غیر هم تراز می تواند در شرایط معمول موجب خرابی یا طاقان های پمپ، راه انداز آن ونیز آب بند کننده مکانیکی گردد. کوپلینگ های از نوع دنده ای

عموماً "لرزش رادرجهت محوری منتقل کرده و فرکانس آن غالباً" دوبرابر سرعت دورانی پمپ می باشد.

۲-۳-۳- لرزش دریاطاقان بانصف فرکانس

چرخش روغن دربارکم یاطاقان های استوانه ای (Journal Bearing) (بارکمتر از ۱۰۰ - ۹۰ psi) عموماً "درفرکانس های ۴۰ تا ۹۴ درصد سرعت دورانی بوقوع می پیوندد. آنها از نوع خود نگهدار (Self - Sustaining) سرعت دورانی بوده و دارای قدرت تخریب بالائی می باشند.

۳-۳-۳- لرزش های بامنشاء داخلی

لرزش درپمپ می تواند مربوط به مایع موردانتقال و یاناشی از عوامل مکانیکی درون پمپ باشد. لرزش های بامنبع داخلی پمپ می تواند شامل موارد زیر باشد:

۱- رفتار دینامیکی نامطلوب روتور ناشی از سایش زیاد آن، بوش ها و سایر لقی های مربوط به نشتی درونی باشد.

۲- قرار گرفتن نامطلوب روتور بر روی یاطاقان بعلت شل بودن شافت درون یاطاقان و یالقی یاطاقان درون پوسته پمپ می باشد. بالا بودن لقی شافت در داخل یاطاقان و یاشل بودن خار (Clam) در قسمت نگهداری یاطاقان درون پوسته پمپ نیز می تواند اثرات مشابه ای بر روی رفتار پمپ و ایجاد لرزش داشته باشد.

۳- نابالانسی مکانیکی قطعات دوار ناشی از بالانس نبودن آنها و یا عدم دقت در جاگذاری آنها نیز باید مورد توجه قرار گیرد. شرایط بهره برداری نظیر کاویتاسیون، سایش، تشکیل رسوب، خوردگی، خرابی پروانه ها، فرسایش قطعات و سائیدگی رانیز می توان عوامل نابالانسی دانست.

۴- افزایش نیروهای هیدرولیکی محوری و شعاعی در هنگام بهره برداری از پمپ در شرایط دوراز شرایط طراحی نیز باید توجه قرار گیرند. افزایش مختصر لرزش در هنگام کار در شرایط خارج از BEP ناشی از جریان گردشی در قسمت مکش نمونه ای از این پدیده است.

۵- اشکال در ریخته گری و ماشینکاری در شرکت سازنده پمپ

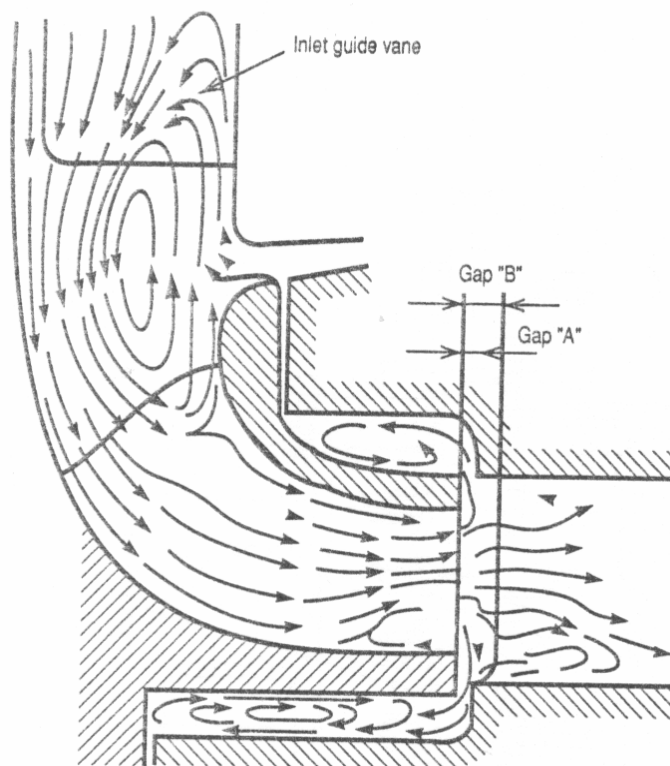
۶- اثر متقابل نیروهای شعاعی بین کانال جریان مایع در پروانه در حال گردش و کانالهای ساکن در پوسته پمپ می تواند پدیده عبور تیغه ای (Vane Passing) را بوجود آورد که عموماً "بطرز شدیدی تحت تأثیر فاصله هوایی

(B) قرار می گیرد (شکل ۲-۳).

۴-۳-۳- فرکانس جریان تیغه ای

فرکانس جریان تیغه ای، نوعی لرزش بامنشاء هیدرولیکی بوده و فرکانس آن به تعداد تیغه های پروانه، تعداد تیغه های ساکن و سرعت دورانی پمپ بستگی دارد. این لرزش در اثر حرکت ناگهانی مایع ساکن موجود در کانال درون پروانه توسط تیغه های ساکن درون پوسته پخش کننده (Diffuser) و یالبه

تیغه حلزونی بوجود می آید. به طور خلاصه، هرچه فاصله هوایی (B) وسیعتر باشد، جریان بیشتری می تواند به آرامی وبدون برخورد با تیغه های پخش کننده ویا گلولی حلزونی از آن خارج شود. شناسایی فرکانس صدای جریان تیغه ای به راحتی امکان پذیر بوده ولی می تواند اشتباه پذیر باشد در اغلب طرحهایی که برای پروانه ها مورد استفاده قرار می گیرد تعداد تیغه های آن فرد و برای پخش کننده که درون پوسته نصب می شود تعداد تیغه ها به صورت زوج در نظر گرفته می شود.



شکل (۳-۲): فاصله های هوایی بین پروانه و پوسته پمپ

فرکانس جریان تیغه ای برابر است با حاصل ضرب سرعت دورانی پمپ در تعداد تیغه ها. برای پمپ های افشان (Diffuser - Type)، افزایش تعداد تیغه های پخش کننده همراه با فاصله هوایی (B) در مقایسه با پمپ های پیچکی موجب تغییر اثر متقابل بین روتور و پوسته می گردد. سازگاری تیغه های ثابت و دوار دارای فرکانس های متفاوتی خواهند بود. این امر فرکانس جریان تیغه ای را نشان خواهد داد که نه معادل تعداد تیغه ها در پروانه و نه در پوسته می باشد. در جدول (۳-۱) جدول اثر متقابل تعداد تیغه های پروانه و پخش کننده بایکدیگر نشان داده شده است.

۵-۳-۳- جاگذاری نامرتب پروانه ها

در پمپ های افشان، مجموعه کاملی از عوامل هیدرولیکی رامی توان برپاداشت بویژه برای هر یک از موارد کاربرد پمپ، چراکه هر کدام برای حالت خاصی ریخته گری شده و زاویه تیغه و محل آن رابه راحتی می توان تغییر داد. در طرح پیچکی، پیچک رامی توان فقط باروش های خیلی گران تغییر مکان

داد. درپمپ‌های پیچکی چندمرحله نحوه جاگذاری پیچکها برحسب طرح پوسته بسیارمحدود می‌باشد.

جای خار درپروانه را باید به‌طور دلخواه وبدون نظم برید تا مطمئن شد که تیغه‌های چسبیده بر روی پروانه ها ترازن بوده و ازسوی دیگر به‌طور همزمان از گلوئی پیچک عبور نکنند. گاهی اوقات تعیین محل جای خار در هنگام ساخت پروانه‌ها و در خط قراردادادن تیغه‌ها بر روی پروانه صورت نمی‌گیرد، چراکه می‌تواند موجب ایجاد لرزش ناشی از جریان تیغه ای بافرکانس زیاد گردد.

		Number of impeller vanes			
		4	5	6	7
Number of diffuser vanes	8	*	15	9	7
	9	8	10	4	28
	10	6	*	6	21
	11	12	10	12	21
	12	*	25	*	35
	13	12	25	12	14
	14	6	15	6	3
	15	16	*	6	14

جدول (۳-۱): جدول فرکانس جریان تیغه ای برای پروانه‌های با تعداد تیغه‌های متفاوت

تراز کردن پروانه‌ها و پیچکها در هر مرحله باید به دقت و در هنگام بازرسی و یا مونتاژ کردن یک پمپ جدید و یا در زمان جاگذاری پروانه‌ها بعد از انجام تعمیرات بررسی گردند.

۳-۳-۶- اصلاح تیزی تیغه‌ها

پروانه‌های ساخته شده با تیغه‌های ضخیم می‌توانند عامل بروز مشکلاتی در اثر برپائی توزیعات هیدرولیکی در منطقه خروجی پروانه‌ها حتی هنگامی که پروانه دارای فاصله صحیحی (فاصله هوائی (B) از مجرای آب) باشند، این توزیع را می‌توان بمقدار زیادی باتیز کردن تیغه‌های پروانه در سمت غیر مفید و یا بارگیری (Trailing) از لبه تیغه‌ها کاهش داد.

۳-۳-۷- محدودیت‌های لرزشی لوله کشی

میزان لرزش مجاز در سیستم لوله کشی پمپ چه مقداری است؟ یک محاسبه سرانگشتی نشان می‌دهد که سرعت لرزش مجاز اصلاح نشده که از قسمت مرکزی لوله کشی قرائت می‌شود می‌تواند تا ۳ برابر مقدار مجاز آن بهنگام قرائت از درپوش یا طاقان پمپ باشد.

سرعت لرزش در درپوش یا طاقان پمپ اگر $15 - 12 \text{ mm/s}$ باشد مقداری قابل قبول خواهد بود که اگر به 25 mm/s برسد لازم است که پمپ متوقف شده و لرزش آن بررسی و کاهش داده شود. دستورالعملهای موجود حداکثر لرزش مجاز در لوله کشیهای مرتبط به پمپها را $38 - 75 \text{ mm/s}$ ذکر کرده اند.

۴-۳: اشکالات مربوط به ظرفیت

مشکل: پمپ قادر به انتقال مایع به اندازه کافی نمی باشد.
زمینه قبلی: این یک صدای قابل توجهی از پمپ نمی باشد. تجربیات نشان می دهد که مشکلات مربوط به کاهش ظرفیت بیشتر به محدودیت ارتفاع قابل دسترس توسط پمپ می باشد.

دلایل ممکن	عمل لازم جهت بهبود شرایط
۱- آیا شیردهش به اندازه کافی باز است ؟ شیر ممکن است کمی باز بوده و همین علت بروز اشکال است. ۲- لقی حلقه های سایش زیاد است. (برای پمپ های با پروانه بسته)	شیردهش را به طور کامل باز کنید پمپ را خاموش کنید. حلقه های سایشی را در صورتی که میزان لقی آن از ۲ برابر میزان طراحی بیشتر است تعویض کنید تا در مصرف انرژی و عملکرد پمپ بهبود حاصل شود. تغییر محل جاگذاری پروانه جهت حصول به لقی مناسب
۳- فاصله پروانه با پوسته زیاد است (برای پروانه های باز) ۴- هوا از قسمت مکش به درون پمپ وارد می شود بویژه اگر فشار در قسمت مکش کمتر از فشار اتمسفر باشد. ۵- افزایش اصطکاک در لوله دهش ناشی از موارد زیر:	اجراء هر کاری که مانع از نشست هوا به درون لوله مکش پمپ می گردد. a: تعمیر و یا تعویض شیر دروازه ای b: تعویض فنر شیریک طرفه c: تعمیر شیریک طرفه و رفع عواملی که مانع از بازی کردن پروانه می گردد و یا تعویض شیریک طرفه d: تعویض لوله e: تغییر کورس شیر کنترل تا حد مطلوب
a: دیسک (Gate) شیراز شافت آن جدا شده و درون بدنه شیر آزاد است. b: شکستن فنر شیریک طرفه فنر دار c: خرابی پین شیریک طرفه از نوع پروانه ای به طوری که پروانه حرکت نکند. d: در لوله روکش داده شده، روکش آن جدا شده باشد.	

	۵: کورس شیرکنترل خوب تنظیم نشده باشد به طوری که موجب زیاد شدن افت فشار در آن گردد.
کالیبراسیون وسائل کنترل سطح ضروری است بررسی وضعیت چرخش و یا نصب پروانه. تغییر جای سر سه فاز الکتروموتور در صورت نیاز باتغییر شرایط فرآیند میزان ورود گاز به درون پمپ را کاهش دهید. توقف پمپ و تمیز کردن رسوبات تغییر شرایط درگیری سطوح آب بند کننده و یا افزایش تنش فنر آب بند کننده مکانیکی کاهش دبی پمپ. افزایش سطح مایع در مخزن مکش نصب سپری گرداب شکن در قسمت مکش تنظیم سرعت دورانی پمپ تا حد مورد نیاز توقف پمپ و اصلاح مناطق صدمه دیده	۶- سطح مایع در مخازن مکش و دهش صحیح نمی باشد. ۷- چرخش موتور به سمت عقب بوده و یا پروانه باد و مکش به طور معکوس نصب شده باشد. این امر موجب کاهش ارتفاع (Heat) پمپ بمقدار نصف شرایط طبیعی می گردد. ۸- ورود گاز به درون پمپ موجب کاهش NPSH قابل دسترس می شود. ۹- پلیمریزاسیون و یا تشکیل رسوب در سطح شیپوری خروجی ۱۰- ورود هوا به درون پمپ در مواردی که قسمت مکش تحت خلاء کار نموده و سیستم آب بند کننده خراب باشد. این امر موجب افت منحنی مشخصه پمپ میشود. ۱۱- تشکیل گرداب در دبی های زیاد و یا پائین بودن سطح مایع در مخزن مکش. آیا مخزن مکش دارای سیری گرداب شکن می باشد؟ آیا شکل جریان مایع ورودی به درون پمپ طوری است که باعث جریان چرخشی و یا تشکیل گرداب شود؟ ۱۲- الکتروموتور دور متغیر با سرعت کم کار می کند. ۱۳- برگشت مایع از طریق مجرای پیچک در پمپ های دارای دو پیچک ناشی از ریخته گری نامناسب و یا وجود خوردگی
توقف پمپ و جاگذاری صحیح پروانه ها. تغییر مکان کلی روتور با تغییر بوش های نگهدارنده	۱۴- مکان نصب پروانه از نظر محوری باتیغه های پوسته پمپ خوب تنظیم نشده باشد. جابجا شدن

تعداد زیادی از پروانه‌های می‌تواند موجب بروز لرزش و کاهش ارتفاع پمپ شود.	دوسر روتور
۱۵- هنگامی که قسمت مکش تحت خلأ باشد، پمپ یدکی به سختی وارد مدار می‌شود.	اعمال فشار مثبت در قسمت مکش (توسط پمپی که در حال کار می‌باشد) در حد فاصل شیریک طرفه و شیر فلکه نصب شده در قسمت مکش توقف پمپ و رفع نواقص بوجود آمده
۱۶- بعضی از پمپ‌ها طوری طراحی می‌شوند که از طریق یک مجرای (Orifice) درونی بتوان منحنی $(H - Q)$ آن را تغییر داد. بالابودن سرعت جریان سیال موجب فرسایش مجرا گردیده که می‌تواند باعث تغییر شدید منحنی مشخصه پمپ شود. تغییر منحنی مشخصه سیستم موجب اصلاح دبی جریان می‌گردد.	توقف پمپ، تعویض پروانه و استفاده از پروانه مناسب
۱۷- تعمیر پروانه به طور صحیح صورت نپذیرفت و همین امر باعث تغییر NPSH مورد نیاز گردید.	توقف پمپ، تعویض پوسته و یابازسازی آن
۱۸- پیچک و مجاری جریان پمپ در طول زمان دچار سایش شده است.	باجوش دادن، تنش زدائی بعد از جوشکاری ضروری می‌باشد.

۵-۳: مشکلات ناشی از بالا رفتن جریان مصرفی در موتور

مشکل: بالا رفتن شدت جریان مصرفی در الکتروموتور، باعث عمل کردن وسایل ایمنی آن (نظیر بی متال و فیوز و...) می‌گردد. سابقه قبلی: سیستم الکتریکی قبلاً با چنین مشکلاتی مواجه نمی‌گردید.

دلایل ممکن	اقدام لازم جهت رفع آن
۱- پلیمره شدن مایع و رسوب آن در بین سطوح سایشی	کندن مواد تشکیل شده و حصول به لقی‌های مورد نظر
۲- بالابودن میزان سایش حلقه‌های سایشی (پروانه‌های بسته) و یا افزایش لقی‌های داخلی (پروانه‌های باز)	تعویض حلقه سایشی جهت تنظیم لقی‌های محوری در پروانه‌های باز. در موارد لازم تعویض حلقه‌های سایشی
۳- بالابودن میزان جریان برگشتی از طریق	توقف پمپ و تعویض قطعات مورد نیاز

بستن مسیر اضافی کنترل جریان برگشتی بازرسی لوله دهش و انجام اصلاحات ضروری بازرسی اتصالات سیمها و رفع نواقص احتمالی انجام تغییرات لازم جهت اصلاح وزن مخصوص و یا ایجاد خفگی در قسمت دهش برای کاهش توان مصرفی. این عمل در بعضی از پمپ ها که منحنی مشخصه $P - Q$ (توان - دبی) آنها تخت و یانزولی باشند مؤثر واقع نمی شود. تعویض الکتروموتور باموتور قوی تر و یا کاهش دبی جریان افزایش لقی پروانه بپوسته در آوردن پروانه و اصلاح قطر آن	مجاری و بوش های درونی و یا و اشرهای قسمت پخش کننده ۴- مسیر کنترل جریان برگشتی جهت کنترل حداقل دبی بیشتر از مورد نیاز بازمی باشد و یا مسیر برگشت در سر شیر کنترل جریان برگشتی بازمانده است. ۵- وجود نشتی در لوله دهش ۶- اشکال در کنتاکت و رولق بودن یکی از سر سیمها به طوری که موجب افزایش شدت جریان در دیگر فازها شود ۷- وزن مخصوص مایع از میزان مورد استفاده در طراحی پمپ بیشتر باشد. ۸- الکتروموتور برای سمت راست منحنی $H - Q$ صحیح انتخاب نشده است ۹- پروانه باز موجب سایش پوسته گردیده، این پدیده عموماً در بهره برداری از پمپ در دماهای زیاد اتفاق می افتد که می تواند باعث افزایش تنش لوله ها و انبساط غیر عادی پمپ گردد. ۱۰ - پروانه انتخاب شده برای شرایط بهره برداری خوب تراش نخورده و قطر آن از حد مورد نیاز بیشتر است.
---	---

۶-۳: خرابی های آب بند کننده مکانیکی

عیب یابی و یاد دلائل فنی خرابی آب بند کننده های مکانیکی کاری بسیار دشوار و پیچیده می باشد. بررسی لرزش نمی تواند منشأ خرابی آب بند کننده های مکانیکی را معرفی کند و در خیلی از موارد تعمیر کار را به عوامل بیرونی پمپ هدایت می کند. تعداد عواملی که بر روی شرایط محیطی بهره برداری از آب بند کننده مؤثر می باشد، نامحدود است. خیلی از افراد احساس می کنند که تحلیل علت خرابی آب بند کننده باید در کارگاه و بعد از باز کردن پمپ صورت پذیرد.

هرچند که این تفکر می تواند در شرایط خاصی نظیر مواردی که خوردگی حضور دارد، مفید باشد، ولی نمی تواند تمامی عوامل مؤثری را که در واحد وجود دارد، با خود داشته باشد. اکثر بررسی هایی که بر روی افزایش زمان بین دو توقف (MTBF) Mean Time Between Failure صورت پذیرفته، گویای این است که باید از آب بند کننده های با کیفیت خوب و مهندسی ساز استفاده شود.

عوامل متعدد دیگری غیر از طراحی آب بند کننده، چه مربوط به پارامترهای داخلی و یا خارجی می تواند بر کاهش عمر مفید آب بند کننده اثر بگذارند. آب بند کننده باید قادر باشد در شرایط مختلف محیطی که بر روی عمر آن اثر می گذارند و قابل کنترل و یا غیر قابل کنترل هستند کار کنند. خیلی از این عوامل همانهایی هستند که بر روی عملکرد هیدرولیکی پمپ نیز تأثیر می گذارند. لرزش ناشی از تراژ نبودن کوپلینگ، تاب برداشتن شافت، شرایط یاطاقان ها، بالانس دینامیکی قطعات دوار و سایر مشکلات مکانیکی در فهرست زیر قرار ندارند:

۱- تغییر در دبی پمپ ناشی از:

a: عملکرد شیر کنترل بر حسب نیاز فر آیند

b: تنظیم دستی شیر دهش توسط بهره بردار در محل

۲- تغییر در NPSH ناشی از:

a: تغییر فشار در مخزن مکش

b: تغییر ارتفاع مایع در مخزن مکش

c: تغییر دمای مایع مورد انتقال

۳- تغییرات در خواص مایعی که باید آب بندی شود در اثر:

a: فر آیند ناپیوسته تولید

b: تغییر در دمای مایعی که در سیستم در حال انتقال می باشد ناشی از تغییر فر آیند و یا شرایط محیطی

c: تغییر در فشار محیط انتقال مایع که می تواند بر روی رفتار آن اثر بگذارد.

۴- تغییرات خارجی در خواص مایع آب بند کننده (Flushing Fluid) ناشی از:

a: تغییر در میزان مصرف مایع آب بند کننده در اثر قطع و وصل سیستم های مصرف کننده آن

b: تنظیم نامناسب شیرهای کنترل دبی خطوط انتقال مایع آب بند کننده

c: خرابی در سیستم گردش مایع و نیز گرم و سرد شدن آن

۵- نوسان فشار (تا ۱۰ درصد ارتفاع ایجاد شده) ناشی از فر کانس جریان تیغه ای پروانه و یا بروز جریان گردشی در چشمه پروانه

۶- اثر لوله کشی سیستم خدماتی (Utility) آب بند کننده در اثر:

a: تغییر دبی آب خنک کننده محفظه جا گذاری آب بند کننده مکانیکی

b: تغییر در سیستم گرم کن بخار لوله ها و یا پمپ

شرایط ششگانه فوق غالباً قابل پیش بینی نبوده و اغلب نیز ناشناخته می باشند. ثبت شرایط بهره برداری می تواند در اصلاح شرایط بهره برداری از آب بند کننده مکانیکی و افزایش متوسط زمان بین دو خرابی (MTBF) مفید باشد.

در بعضی از موارد حتی تغییرات شدید شرایط بهره برداری نیز تأثیر چندانی بر روی عمر مفید آب بند کننده مکانیکی نمی گذارد.

عوامل بحرانی که می توانند در این زمینه مؤثر باشند باید به دقت مورد تحلیل قرار گرفته و تحت کنترل باشند. موارد فوق باید به دقت شناسائی و راه حل مناسب برای جلوگیری از اثرات نامطلوب آن بر روی عمر مفید آب بند کننده انتخاب گردد.

راه حل های توصیه شده می توانند شامل تغییر در طراحی آب بند کننده، تغییر در شرایط بهره برداری از پمپ و فرآیند و یا تغییرات مورد نیاز در ویژگی های محیطی سیال آب بند کننده باشد.

خصوصیات پمپ و آب بند کننده که موجب هدایت سیستم در جهت خرابی آب بند کننده می گردد باید شناسائی شده و راه حل های مناسب برای کاهش و یا اصلاح آنها انتخاب گردد، به طوری که بتوان شرایطی را در سیستم

بوجود آورد که با کمترین مشکلات بکار خود ادامه دهد.

۷-۳: ارزیابی کار پمپ

وقتی اپراتورها بخواهند مشکلات بهره برداری از پمپ را شرح دهند، غالباً آن را به صورت معما و یا ناقص بیان می کنند. جملاتی نظیر "پمپ، پمپاژ نمی کند" یا "پمپ صدامی دهد" یا "پمپ گریپاژ کرده است" از جمله توضیحاتی است که در بیان مشکلات و خرابی های یک پمپ از اپراتورها شنیده می شود. بدیهی است اولین کاری که باید در این زمینه صورت پذیرد، ترجمه این اصطلاحات به زبان مهندسی است.

دسته بندی و جمع آوری مشکلات پمپ از نظر اجزاء آن همانند مواردی که در قسمت (۲-۳) ارائه گردید می تواند در پیدا کردن راه حل مناسب برای رفع آنها کمک های مؤثری نماید. متأسفانه در بعضی از موارد، کاویتاسیون و یا مشکلات مربوط به عملکرد پمپ را تنها می توان از طریق انجام یک سری محاسبه فنی نتیجه گیری کرد. اغلب راهنمایی هایی که در مورد عیب یابی پمپ ها ارائه می شود تنها قادر به جهت دادن به مهندسان برای تحلیل فنی مشکلات می باشند. آنچه که در ادامه این بخش ارائه می گردد می تواند به عنوان یک دستورالعمل طبقه بندی شده برای شناخت شرایط بهره برداری از پمپ در محل نصب آن مفید واقع گردد. هر چند که این لیست کامل نمی باشد ولی می توان آن را راهنمای خوبی در این زمینه دانست.

مشکلات هیدرولیکی

۸-۳: پمپ هیچگونه مایعی را جابجا نمی کند.

الف: خوب هواگیری نکردن.

قسمت مکش پمپ رابامایع مورد پمپاژ پر کنید. جهت تخلیه هوا از درون لوله مکش و پوسته پمپ تمامی شیرهای (Coks) تخلیه هوا را هنگام پر کردن لوله ها و پوسته پمپ باز نگهدارید. بعد از آنکه مایع به صورت شفاف و فاقد هوا خارج گردید می توان آنها را بسته و پمپ را روشن کرد. ب: سرعت دورانی پمپ کم است.

در پمپ هایی که بالکتروموتور کار می کنند نخست لازم است که از ولتاژ خط تغذیه الکتروموتور مطمئن شد. در الکتروموتورهای جریان متناوب فرکانس جریان را بررسی نموده تا مقدار آن از میزان فرکانس مورد نیاز برای راه اندازی الکتروموتور کمتر نباشد. اگر یکی از فازهای تغذیه الکتروموتور بسته نشده باشد، موتور با سرعت کمتر از میزان مورد نیاز دوران چرخش نموده که همین امر موجب کاهش کار آئی پمپ خواهد شد.

در پمپ هایی که با توربین کار می کنند، گاورنر (Governer) آن را بررسی نموده و شیر خفه کن (Throttle Valve) را تنظیم کنید. لق بودن و یا خرابی دیسک شیر خفه کن می تواند باعث گرفتگی مجرای جریان بخار گردیده و همین امر می تواند موجب بروز پدیده کشیده شدن (Wire Drawing) و کاهش فشار گردد. در پمپ هایی که توسط موتورهای احتراق داخلی کار می کنند، سیستم تغذیه سوخت، تنظیم گاورنر، فیلتر هوا، فشار هوای سیستم جرعه زن، سیستم های مغناطیسی، کاربوراتر و یا پمپ انژکتور (بر حسب نوع سوخت) باید بازرسی شوند.

در پمپ هایی که با فشار هوا کار می کنند، باید فشار هوا را بررسی نموده تا از فشار هوای لازم برای راه اندازی و بهره برداری پمپ مطمئن شد. پائین بودن فشار هوا می تواند ناشی از کم بودن دبی کمپرسور هوا، بالا بودن مصرف هوا در سایر قسمت های سیستم، انتخاب غلط قطر لوله و اتصالات و یا نشستی زیاد هوا باشد.

ج: ارتفاع دهش زیاد است.

کلیه شیرهایی که در مسیر دهش پمپ قرار دارند را بازرسی نموده و از باز بودن کامل آن مطمئن شوید. لوله های اتصال فشار سنج ها را کنترل کرده، تمیز و باز بودن آن را بررسی کنید. در مواردی که هنوز ارتفاع دهش بالا بوده و هیچگونه وسیله جدیدی در سیستم نصب نشده است، باید احتمال گرفتگی خط لوله دهش و وجود ذرات معلق و رسوب کننده در مایع مورد پمپاژ را بررسی کرده و نسبت به رفع آنها اقدام شود.

د: ارتفاع مکش مسیر ورودی زیاد است.

گرفتگی لوله مکش و تشکیل رسوب در آن بررسی شود. در صورت استفاده از شیر یک طرفه لوله مکش (Foot Valve)، سطح آب بند کننده آن را بررسی کرده و سالم بودن و آب بند کردن آن و گرفتگی صافی مکش مورد بررسی قرار گیرد. طراحی غلط مسیر مکش پمپ و بکارگیری از

اتصالات غیر ضروری با کیفیت نامطلوب می‌تواند موجب افزایش از دست رفت ارتفاع دینامیکی در لوله مکش گردد.

اگر پمپ برای اولین بار راه‌اندازی می‌شود وقادر به مکش آب نمی‌باشد، حداکثر مکش (Lift) مجاز که از سوی شرکت سازنده اعلام شده است را با شرایط بهره‌برداری مقایسه کرده و از صحت شرایط کار مطمئن شوید. در شرایط معمولی حداکثر مکش پمپ‌های گریز از مرکز معمولی حدود ۱۵ فوت (معادل ۴٫۵ متر می‌باشد) در حالت فوق بهتر است که $NPSH_R, NPSH_A$ را با هم مقایسه کرده، در شرایط مطلوب باید $NPSH_A \geq NPSH_R + 0.5$ باشد.

همچنین بایستی خط لوله عمودی را در حد فاصل بین سطح آزاد مایع تا دهانه مکش از نظر احتمال گرفتگی توسط مواد رسوب کننده و مواد جامد دیگر بررسی نموده و از باز بودن خط لوله مطمئن شد. ممکن است قطر واشرهای مورد استفاده در قسمت مکش از قطر لوله مکش کمتر بوده و همین امر می‌تواند باعث افزایش افت فشار در قسمت مکش پمپ گردد.

س: گرفتگی پروانه

وجود ذرات جامد در مایع ورودی می‌تواند باعث گرفته شدن چشمه پروانه و مجاری جریان مایع در داخل پروانه گردیده که نهایتاً بر روی جریان مایع در قسمت دهش تأثیر می‌گذارد. به همین خاطر لازم است که پوسته پمپ را باز نموده و پروانه و پوسته پمپ را باز نموده و آنها را بازرسی و تمیز نمود.

ش: غلط بودن جهت دوران پمپ

غلط بستن سر سیم‌های الکتروموتور می‌تواند باعث چرخش پمپ در جهت معکوس گردیده و به همین خاطر در هنگام راه‌اندازی پمپ باید جهت دوران آن با جهت چرخش توصیه شده که غالباً به صورت فلش بر روی پوسته پروانه حک شده است، مقایسه نمود. میزان کاهش دبی پمپ ناشی از غلط بودن جهت دوران آن به منحنی مشخصه پمپ و سیستم بستگی دارد.

۹-۳: پمپ به اندازه کافی مایع را پمپاژ نمی‌کند.

در این حالت پمپ همواره مقداری مایع را جابجا نموده ولی مقدار آن از میزان مورد انتظار کمتر است. عواملی نظیر غلط بودن جهت دوران پمپ، پائین بودن سرعت دوران پمپ، زیاد بودن ارتفاع دهش، گرفتگی پروانه، زیاد بودن ارتفاع مکش، تشکیل محفظه هوایی (Air Pocket) در لوله مکش، قرار نگرفتن صحیح لوله مکش در داخل مایع، کافی نبودن $NPSH$ قابل دسترس، گرفتگی شیر یک طرفه و صافی لوله مکش غالباً دلایل اصلی بروز پدیده فوق در پمپ‌های گریز از مرکز می‌باشند. علاوه بر مطالب ذکر شده در بالا عوامل دیگری نیز می‌توانند موجب کاهش دبی پمپ گردند که عمده ترین آنها به شرح زیر می‌باشد.

الف: نشت هوا

نشت هوا به درون پمپ می تواند ازدو قسمت صورت پذیرد، خط لوله مکش و یا سیستم آب بند کننده.

در صورتی که مایع مورد پمپاژ اشتعال پذیر نباشد بهترین وسیله برای یافتن محل نشت هوا به درون سیستم استفاده از شعله کبریت و یا مشعل با شعله خفیف می باشد. شعله را به محل های مورد نظر نظیر فلنج ها، مهره ماسوره، مهره شافت شیر مکش و... نزدیک کنید. در صورت وجود نشتی هوا، شعله در آن قسمت به سمت قطعه کشیده شده و محل نشت هوا مشخص می گردد.

در صورتی که مایع مورد پمپاژ اشتعال پذیر بوده و تست با شعله با آن امکان پذیر نباشد، بهتر است که شیر قسمت مکش رابسته و یا دهانه لوله ورودی رابادر پوش کور نموده، آنگاه توسط پمپ کوچکتری لوله مکش را تحت فشار قرارداد. فشارسنجی را بر روی لوله مکش نصب کرده و تغییرات فشار را در آن بررسی کنید، اگر فشار در لوله مکش در یک دوره زمانی مثلاً ۳۰ دقیقه کاهش یافت، این امر بیانگر وجود نشتی در لوله مکش بوده و باید نقاط مشکوک را بررسی و نسبت به رفع آن اقدام نمود.

در صورت اطمینان از عدم وجود نشتی در لوله مکش، قسمت محفظه آب بند کننده (Stuffing Box) را باید مورد بررسی قرارداد. سیستم آب بند کننده به عنوان عامل ممانعت کننده از نشتی مایع از طریق شافت بکار گرفته می شود ولی بهر حال در اکثر اوقات مقداری نشت مایع در هنگام کار پمپ در آن وجود خواهد داشت. باید پیچ های تنظیم کننده گلند را تا میزان مناسب سفت نمود تا نشتی مایع در هنگام کار به حداقل مورد نیاز کاهش یابد.

در صورتی که این عمل اثر مثبتی بر روی نشت هوا به درون پمپ نداشت باید پمپ را خاموش نموده و نسبت به تعویض آب بند کننده (Packing) اقدام کرد. بعد از تعویض آب بند کننده مجدداً باید نشتی مایع از سیستم آب بند کننده مورد بررسی قرار گیرد. اگر اقدام فوق نیز نتیجه بخش نبود، باید لوله آب مربوط به (Sealing Water) را باز نموده و دبی آب آن را کنترل کرد. کلیه لوله هایی که بهر دلیل دچار گرفتگی شده اند را باید تمیز کرد. حلقه فانوسی (Lantern Ring)) که وظیفه انتقال آب تمیز کننده به سیستم آب بند کننده را به عهده دارد باید بررسی شده و از صحت محل نصب آن مطمئن شد. باید دقت شود که شیار حلقه فانوسی دقیقاً مقابل لوله آب تمیز کننده قرار گرفته باشد.

غلاف شافت (Shaft Sleeve) را از نظر سایش مورد بررسی قرار دهید. وجود شیار و خراش بر روی آن می تواند موجب نشت هوا به قسمت مکش پوسته پمپ گردد. به همین خاطر در صورت مشاهده هر گونه خرابی بر روی غلاف شافت باید آن را تعویض نمود.

البته روش دیگری نیز برای آزمایش نشت هوا از طریق سیستم آب بند کننده به درون پمپ وجود دارد که با وجود آنکه روش آسانی نمی باشد، ولی از کار آئی خوبی برخوردار است. برای این منظور

باید پمپ را از قسمت فلنج مکش از خط لوله جدا نموده و آن را توسط فلنج دیگری کور کرد. دقت شود که واشر ویا رزوه های در پوش خوب آب بند شده باشند.

فلنج یا درپوش را با مته سوراخ کرده و بعد از قلاویز کردن یک فشار سنج خلاء به آن وصل کنید. پمپ را با آب پر کرده و سپس روشن کنید تا به سرعت نامی خود برسد. در این صورت بعد از گذشت یک دقیقه خلاء درون پمپ باید به حدود ۲۰ اینچ جیوه (۵۰،۸ سانتیمتر جیوه) ویا بیشتر برسد. در صورتی میزان خلاء از مقدار ذکر شده کمتر باشد، نشان دهنده وجود نشتی هوا در سیستم آب بند کننده می باشد.

ب: پائین بودن *NPSH* قابل دسترس

به لوله مکش یک فشار سنج مرکب (فشار سنجی که خلاء و فشار مثبت را نشان می دهد) وصل نمایید. اگر عقربه فشار سنج دارای نوسان شدیدی باشد، در این صورت مایع پمپاژ بعلت پائین بودن فشار در قسمت مکش به بخار تبدیل شده است. در این صورت باید با شرکت سازنده پمپ تماس گرفته و اقدامات لازم را برای جلوگیری از بروز این پدیده بعمل آورد.

ج: فرسایش رینگ سایشی (*Wearing Ring*)

رینگ سایشی هر چند وقت یکبار باید مورد بازرسی قرار گیرد. بالا بودن میزان فرسایش (وقتی که مقدار

لقی به دو برابر میزان مجاز رسید) در آن باعث بروز نشتی داخلی در پمپ گردیده و باید هر چه سریعتر تعویض گردد. این امر باعث بهبود شرایط بهره برداری و کاهش توان مصرفی در پمپ خواهد شد.

د: خرابی پروانه

پوسته پمپ را باز کرده و پروانه را بازرسی کنید. در صورت خرابی ویا فرسایش تیغه های پروانه، باید آن را تعویض نمود.

س: کوچک بودن شیر یک طرفه (*Foot Valve*) مکش

سطح مقطع آزاد جریان مایع در شیر یک طرفه ای که در ابتدای لوله مکش نصب می شود باید حداقل مساوی سطح مقطع لوله مکش باشد، البته ترجیحا بهتر است که از نمونه های بزرگتر که سطح مقطع آن ۱،۵ تا ۲ برابر سطح مقطع لوله باشد استفاده شود. سطح مقطع آزاد صافی شیر یک طرفه بایستی حداقل ۳ تا ۴ برابر سطح مقطع لوله انتخاب شود.

ش: غلط بودن جهت دوران پمپ

اگر پمپی در جهت عکس جهت توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ راه اندازی شود، پمپ ممکن است مقداری مایع را پمپاژ نماید، ولی ارتفاع آن کم بوده و احتمال دارد که پمپ در اثر مصرف جریان غیر مجاز خاموش شود (*Over Loading*). دبی پمپ در اینگونه موارد غالبا از یک سوم

ظرفیت مورد انتظار کمتر خواهد بود. لذا بایستی دوران پمپ را بررسی نموده و در صورت غلط بودن جهت دوران، آن را اصلاح کرد.

ص: اغتشاش در حوضچه مکش

پمپ‌های عمودی باید طوری نصب شوند که لوله مکش آنها از دیواره‌های حوضچه مکش دارای فاصله کافی باشند. در مواردی که دبی پمپ از مقدار مورد انتظار کمتر باشد، لازم است که مورد فوق بررسی شده

و براساس توصیه‌های ارائه شده از سوی شرکت سازنده پمپ آن را نصب نمود.

ض: بالا بودن ویسکوزیته مایع

هنگامی که پمپی برای پمپاژ آب طراحی و نصب می‌شود، اگر از آن برای جابجاکردن مایعی با ویسکوزیته بالاتر استفاده شود، دبی و ارتفاع پمپ کاهش می‌یابد. لذا اگر به هر دلیل ویسکوزیته مایع مورد انتقال بیشتر از ویسکوزیته مایع مورد نظر در هنگام طراحی و انتخاب پمپ باشد باید دقت شود که مقدار آن از ویسکوزیته مایع در شرایط طراحی و انتخاب خیلی بیشتر نباشد. ضمناً اصلاحات لازم بر روی منحنی‌های مشخصه پمپ (دبی - ارتفاع)، (دبی - توان مصرفی) و (دبی - راندمان) صورت پذیرد.

ط: خرابی واشرها

در طی دوره تعمیر پمپ، توصیه می‌شود که کلیه واشرها و اورینگهای آن تعویض گردد. در بستن پیچها دقت شود که تا گشتاور توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ سفت شوند.

ظ: کوچک بودن چشمه پروانه (Impeller Eye)

ظرفیت هر پمپ با قطر چشمه پروانه آن رابطه مستقیم دارد. انتخاب غلط پمپ و یا تغییر شرایط بهره‌برداری از آنها می‌تواند منشاء بسیاری از مشکلات و خرابی‌های پمپ باشد. رفع این مشکل تنها از طریق انتخاب صحیح پمپ امکان پذیر می‌باشد.

ع: زیاد بودن فاصله پروانه با پوسته پمپ

این امر به ویژه در پمپ‌هایی که دارای پروانه ای باز می‌باشند اهمیت زیادی داشته و لازم است که لقی بین پروانه و پوسته پمپ همواره در حد توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ نگهداری شود.

۱۰-۳: کم بودن فشار دهش

مهمترین عواملی که می‌توانند موجب کاهش فشار دهش گردند، پائین بودن سرعت دورانی پمپ، خرابی رینگ سایشی، خرابی پروانه، خرابی سیستم آب بند کننده، وجود گاز یا بخار در مایع، زیاد بودن ویسکوزیته مایع، غلط بودن جهت دوران پمپ و خرابی واشرها می‌باشد. جدا از موارد فوق عوامل زیر نیز می‌توانند موجب کاهش فشار دهش گردند.

الف: وجود هوا یا گاز در مایع

هنگامی که مایع به قسمت دهانه ورودی پمپ می‌رسد، حبابهائی که درون مایع وجود دارند ظاهر می‌شوند. در صورت امکان باید فشار روی مخزن مکش را بطریقی کاهش داد. در اینصورت تشکیل حبابها را می‌توان مشاهده کرد. در یک چنین مواردی اگر امکان حضور حبابها در مایع مستمر باشد بهتر است که یک منبع جداکننده گاز از مایع را در قسمت مکش پمپ نصب نموده تا گاز محلول در مایع قبل از ورود به پمپ از آن جدا شود.

ب: گرفتگی در مجاری جریان مایع در پوسته پمپ

پوسته پمپ راباز نموده و مجاری جریان مایع در آن را کنترل کنید. هر گونه گرفتگی احتمال در آن در صورت وجود باید برطرف گردد.

ج: کوچک بودن قطر پروانه

این مشکل به مسئله انتخاب پمپ مربوط می‌شود. در این صورت باید با اندازه گیری قطر پروانه و مقایسه آن

با منحنی مشخصه پمپ (دبی - ارتفاع) ارتفاع قابل قبول را بدست آورد. اگر مشکل در کم بودن قطر پروانه باشد، در صورت امکان باید از پروانه ای با قطر بیشتر استفاده شود.

البته جدا از روش فوق اجراء یک سری عملیات بهینه سازی نظیر کاهش از دست رفت انرژی در اثر اصطکاک در لوله‌ها و اتصالات، کاهش ارتفاع استاتیکی در قسمت‌های مکش و دهش پمپ و یا افزایش سرعت دورانی پمپ نیز می‌تواند در رفع این مشکل مؤثر واقع گردد.

باید دقت شود که اقدامات فوق می‌تواند موجب افزایش توان مصرفی در پمپ گردد. لذا توان مصرفی پمپ را باید بدقت کنترل نموده تا مقدار آن از حد مجاز تجاوز ننماید.

د: خرابی شیر یک طرفه دهش جدا شدن دیسک (Gate) شیر از شافت آن، شکستن فنر، خرابی پین و... می‌تواند باعث افزایش افت فشار در لوله دهش گردد.

س: اشکال در سیستم کنترل ظرفیت پمپ در بعضی از سیستم‌ها برای کنترل ظرفیت پمپ از یک روزنه (Orifice) درونی جهت تغییر منحنی (H-Q) استفاده می‌شود. بالا بودن سرعت جریان مایع موجب فرسایش روزنه گردیده که می‌تواند باعث تغییر شدید منحنی مشخصه پمپ گردد. در مواردی که از شیر کنترل برای کنترل ظرفیت پمپ استفاده می‌شود بهم خوردن کورس شافت شیر می‌تواند موجب بروز اختلال در عملکرد پمپ گردد.

۱۱-۳: پمپ بعد از راه اندازی هوا می‌گیرد.

هوا گرفتن پمپ‌ها می‌تواند ناشی از عوامل متعددی باشد، هواگیری (Priming) ناقص پمپ و لوله مکش، زیاد بودن ارتفاع مکش، نشت هوا به درون پمپ از طریق اتصالات لوله مکش، کم بودن عمق فرورفتگی لوله در مخزن مکش، پائین بودن NPSH قابل دسترس، گرفتگی مجرای لوله مایع آب

بند کننده (Sealing Water)) و نصب غلط رینگ فانوسی می‌توانند عمده ترین دلایل هواگرفتن پمپ باشند که اغلب آنها در قسمت‌های قبلی مورد بررسی قرار گرفته و راه حل مناسب برای آنها ارائه گردید.

اشکالات مکانیکی - هیدرولیکی

۱۲-۳: بار اضافی (Over Loading) در الکتروموتور

الف: کم بودن ارتفاع دهش

باتوجه به شکل منحنی مشخصه پمپ‌های گریزازمرکز، با کاهش ارتفاع دهش، دبی پمپ افزایش یافته و همین امر موجب افزایش توان مصرفی در پمپ‌های گریزازمرکز گردیده که نهایتاً باعث اضافه بار کشیدن الکتروموتور می‌شود. لازم به ذکر است که مورد فوق برای پمپ‌های گریزازمرکز با سرعت مخصوص (Specific Speed) کم صادق می‌باشد و در پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد (نظیر پمپ‌های جریان محوری و جریان مختلط) صدق نمی‌کند.

یکی از راه حل‌های مناسب برای رفع این مشکل، کاهش قطر پروانه از طریق تعویض آن با پروانه ای با قطر کمتر و یا کاهش قطر آن بروش تراشکاری می‌باشد. باید دقت شود که عملیات فوق حتماً با هماهنگی شرکت سازنده صورت پذیرد، چراکه عدم رعایت بعضی از نکات مهم، مثلاً بهم خوردن بالانس پروانه در اثر تراشکاری می‌تواند موجب بوجود آمدن مشکلات جدیدی در پمپ گردد.

ب: نامناسب بودن مایع مورد پمپاژ

اگر وزن مخصوص و یا ویسکوزیته مایعی که توسط پمپ جابجا می‌شود با مشخصه‌های مایعی که در طراحی پمپ مورد استفاده قرار گرفته است اختلاف زیادی داشته باشد، همین امر می‌تواند باعث افزایش توان مصرفی در پمپ گردد. در یک چنین مواردی تنها راه حل موجود، استفاده از الکتروموتور با قدرت بیشتر بعد از مشورت با شرکت سازنده پمپ می‌باشد. قبل از اینکه الکتروموتور تعویض گردد، لازم است که وزن مخصوص و ویسکوزیته مایع اندازه گیری شده و اثر آن بر روی توان مصرفی پمپ محاسبه گردد، چراکه دلیل بالا رفتن توان مصرفی در پمپ ممکن است عامل دیگری بوده و تعویض الکتروموتور راه حل مناسبی نباشد.

ج: بالا بودن سرعت دورانی و یا غلط بودن جهت دوران پمپ

برای رفع مشکل فوق باید به توصیه‌های ارائه شده در قسمت‌های قبل مراجعه شود.

د: سفت بستن آب بند کننده

نخست باید مهره‌های گلند را شل نموده و آنگاه آن‌ها را به آرامی سفت کرد. در طی زمان سفت کردن مهره‌های گلند باید نشتی مایع و شدت جریان الکتروموتور را تحت کنترل داشت. اگر تا زمانی که شدت جریان در حد قابل قبول قرار داشته ولی نشت مایع در سیستم آب بند کننده قطع نگردید،

لازم است که نسبت به تعویض پکینگ اقدام شود. لازم است که غلاف شافت بازرسی شده تا در صورتی که سطح خارجی آن دچار سایش گردیده تعویض شود.

س: فرسایش در پوسته

نصب نامناسب لوله‌های مکش ودهش پمپ و بهم خوردن تراز آن می‌تواند موجب تماس پروانه با پوسته پمپ گردیده و همین امر موجب افزایش اصطکاک و بروز فرسایش در پوسته پمپ خواهد شد. برای این منظور باید به‌طور دوره ای تراز بودن پمپ با الکتروموتور و صحت شرایط اتصال لوله‌های مکش ودهش با پمپ مورد بازرسی قرار گیرد. رینگهای سایشی را بازرسی نمود و در صورت وجود فرسایش در آن تعویض شود.

ش: تاب داشتن شافت

صدمات حرارتی در طی انجام تعمیرات، نصب غلط پمپ و یا وارد شدن بار غیر مجاز بر روی شافت می‌تواند باعث تاب برداشتن شافت گردد. برای بررسی وضعیت شافت لازم است توسط وسیله مناسبی آن را آزمایش نموده تا از کیفیت مطلوب آن مطمئن شد. نصب شافت بر روی یک دستگاه تراش و آزمایش آن توسط ساعت اندازه گیری مناسب ترین روش برای بررسی وضعیت شافت پمپ می‌باشد.

برای پمپ‌هایی که با سرعت بالا کار می‌کنند، حداکثر انحراف مجاز شافت ۰،۰۷۵ میلی متر و برای پمپ‌هایی که با سرعت کم کار می‌کنند مقدار فوق تا ۰،۱۵ میلی متر نیز می‌رسد. البته مقادیر فوق جنبه راهنمایی داشته و مقادیر دقیق آن باید توسط شرکت سازنده پمپ اعلام گردد.

ص: خرابی‌های مکانیکی

خرابی‌های مکانیکی باعث وارد شدن بار اضافی بر روی شافت و افزایش توان مصرفی در الکتروموتور می‌گردد. برای این منظور کلیه قطعات دوار پمپ نظیر شافت، یاتاقان‌ها، پروانه، رینگهای سایشی، گلند آب بند کننده، بوشها و... را بازرسی نماید.

ض: تراز نبودن

تراز نبودن پمپ با الکتروموتور اهمیت خاصی داشته و باید به‌طور دوره ای بازرسی و نسبت به تراز کردن آن اقدام شود.

ط: سرعت پمپ زیاد است

توان مصرفی در پمپ‌ها با توان سوم سرعت دورانی آن رابطه مستقیم دارد. لذا باندکی تغییر در سرعت دورانی پمپ، توان مصرفی در آن بشدت تغییر خواهد کرد.

در صورت استفاده از الکتروموتور، باید ولتاژ خط تغذیه و در صورت استفاده از توربین، گاورنر آن را بازرسی نمود تا در صورت مشاهده هر گونه اشکالی نسبت به برطرف کردن آن اقدام نمود.

۱۳-۳: گرم شدن محفظه آب بند کننده

مهمترین دلایل بروز این مشکل در پمپ‌ها، سفت بستن مهره‌های گلند، کافی نبودن روانکاری آب بند کننده (Packing)، انتخاب نامناسب ماده اولیه آب بند کننده، کافی نبودن دبی آب خنک کننده سیستم آب بند کننده و نصب غلط آن می‌باشد.

باید به خاطر داشت که نصب انواع مختلف آب بند کننده‌ها دستورالعمل خاص خود را داشته که باید توسط شرکت سازنده آن ارائه گردد. به همین خاطر اگر ایراد مربوط به نحوه نصب آب بند کننده باشد، باید با شرکت سازنده آن مشورت نموده تا براساس دستورالعمل ارائه شده، آب بند کننده نصب شود.

۱۴-۳: بالا بودن میزان لرزش

حضور گاز یا هوا در مایع ورودی به درون مکش موجب ایجاد کمبود مایع در این قسمت از پمپ گردیده که این امر می‌تواند ناشی از کمبود NPSH قابل دسترس در قسمت مکش، ناکافی بودن طولی از لوله مکش که باید در داخل مایع فرو رفته باشد و یا تشکیل محفظه‌های هوایی در خط لوله مکش باشد. وجود لرزش در پمپ می‌تواند ناشی از ناتراز بودن پمپ بالکتروموتور آن، لقی و یا خرابی یاطاقان‌ها، نابالانسی روتور در اثر گرفتگی و یا خرابی پروانه، تاب داشتن شافت، نصب شیر کنترل در مکان نامناسبی در لوله دهش و نامناسب بودن فوندانسیون پمپ باشد.

۱۵-۳ گرم کردن یاطاقان‌ها

بسیاری از مشکلاتی که در امر روانکاری یاطاقان‌ها ممکن است بوجود آید، منجر به گرم شدن یاطاقان‌ها می‌گردد. این امر شامل کم بودن سطح روغن در مخزن، استفاده از روانکار نامناسب در سیستم روانکاری، وجود ذرات معلق و گرد و غبار در روانکار، حضور رطوبت در روغن، تشکیل رسوب و گرفتگی در سیستم خنک کن روغن، کمبود لقی یاطاقان‌ها، تراز نبودن قطعاتی که باید در یک محور قرار داشته باشند و سفت بستن آب بند کننده روغن (Oil Seal) بر روی شافت پمپ می‌باشد.

۱۶-۳: خرابی سریع یاطاقان‌ها

سایش غیر عادی شافت غلاف و یاطاقان‌ها (از نوع کروی یا استوانه ای) می‌تواند ناشی از تراز نبودن قطعات، تاب دادن شافت، وجود لرزش غیر مجاز، وارد شدن بار محوری (Thrust) غیر عادی در اثر خرابی قطعات داخلی پمپ، کیفیت نامطلوب روانکاری، وجود رطوبت در روغن و خنک کردن بیش از حد روغن بوده و هر یک به تنهایی می‌توانند موجب خرابی سریع یاطاقان‌ها ی پمپ گردند.



فصل چهارم:

دستورالعمل تعمیر پمپ های گریز از مرکز

۴-۱- بازرسی پمپ قبل از بهره برداری

قبل از راه اندازی و بهره برداری از پمپ، لازم است که بازرسی های زیر توسط تعمیر کار صورت پذیرد. دستورالعمل زیر برای تمامی انواع پمپ ها کامل نبوده و بهتر است که به دستورالعمل شرکت سازنده پمپ مراجعه شود.

۱- پمپ های مجهز به آب بند کننده مکانیکی دوطرفه و یا نوارهای آب بند کننده غالباً مجهز به سیستم روا نکاری بیرونی میباشند. لوله رابط را باز کرده و با حلال مناسب تمیز نموده و سپس به پمپ وصل کنید. دبی و دمای جریان روغن را در سیستم روا نکاری تنظیم کرده و سعی شود که آن را در دمای حدود ۷۰ درجه سانتیگراد (و یا دمای بهره برداری) بمدت حداقل ۴ ساعت شستشو دهید. مسیر جریان روغن باید مجهز به فیلتر باشد. بعد از گذشت هر ۳۰ دقیقه پمپ و سیستم روا

نکاری را خاموش نموده و فیلتر را تمیز کنید. اساساً زمان شستشو باید در حدی باشد که در دوبار باز کردن متوالی فیلتر تغییر در میزان کثیفی آن مشاهده نشود.

۲- در پمپ‌های با آب بندکننده از نوع متوالی (Tandem)، مخزن روغن بالاسری و تمامی مسیرهای جریان روغن باید با روغن شستشو (Flushing Oil) شسته شود.

۳- در هر حال باید تریبی اتخاذ شود که هیچگونه ذرات خارجی به محفظه آب بندکننده وارد نشود. تذکر: آب بندکننده‌های مکانیکی دوطرفه هیچگاه نباید بدون سیستم روا نکاری کار کرده و یا تست فشار شوند. فشار مایع روان کننده در آن همواره باید ۱-۷/۰ بار بیشتر از فشار مایع مورد انتقال در قسمت ورودی محفظه آب بندکننده باشد. این امر باعث می‌شود تا مایع مورد انتقال که ممکن است حاوی ذرات جامد باشد به روی محفظه آب بندکننده نفوذ ننماید.

۴- شستن و بخار دادن پمپ‌های با آب بندکننده مکانیکی تکی (Single) و یا متوالی باید در حداقل مدت ممکن تمیز صورت پذیرد. این امر باعث کاهش احتمال ورود ذرات جامد به درون محفظه آب بندکننده و گرم شدن قطعات ساکن آب بندکننده می‌گردد.

۵- تمامی خطوط مایع خنک کننده را قبل از بهره‌برداری شستشو دهید.

۶- روغن و یا گریس موجود در قسمت یاطاقان‌ها را تخلیه کرده و آن را مجدداً در حد توصیه شده از سوی شرکت سازنده از روغن و یا گریس مناسب پر کنید. سطح روغن را در محفظه مربوطه بازرسی نمایید. عملکرد سیستم روغن زن با سطح ثابت را بررسی کنید.

۷- در سیستم‌هایی که به صورت ذره ای روا نکاری می‌شوند، لوله‌های جریان روغن باید دارای شیب مناسب به سمت محفظه یاطاقان‌ها بوده و بهتر است که لوله خروجی آن مجهز به شیشه آب نما باشد تا بتوان جریان روغن در سیستم را مشاهده کرد.

تذکر: مگر در مواردی که سیستم روان کاری با روغن با ویسکوزیته بالا شستشو داده شده باشد، سیستم روا نکاری قطره ای باید حداقل ۲ ساعت قبل از بهره‌برداری از پمپ روشن باشد.

۸- الکتروموتور را روشن کرده و جهت دوران آن را بررسی نمایید.

۹- قبل از راه‌اندازی سیستم، حفاظ کوپلینگ را نصب کنید.

۱۰- در صورت بکارگیری از سیستم روا نکاری جداگانه، باید آن را تمیز کرده و تجهیزات کنترل و حفاظتی آن را تنظیم نموده و بعد از اطمینان از صحت عملکرد آن، پمپ را روشن کنید.

توصیه نهایی: در عملکرد و قابلیت اطمینان در بهره‌برداری از پمپ‌ها عوامل متعددی در کیفیت نصب، نظیر تراز کردن، وجود تنش در لوله‌ها، کیفیت روا نکاری و... مؤثر می‌باشند که برطرف کردن نواقص موجود به راحتی امکان پذیرند. هر گونه بی توجهی به این امر می‌تواند باعث خرابی زودرس پمپ و قطعات داخل آن گردد. بنابراین قبل از راه‌اندازی پمپ باید موارد فوق به دقت بازرسی شوند.

۴-۲ - آماده سازی پمپ برای بهره برداری

- ۱- پمپ و راه انداز آن را از نظر روانکاری مناسب بازرسی نمایید.
 - ۲- جهت دوران پمپ را بررسی کنید.
 - ۳- شیر مکش پمپ را بازرسی کنید.
 - ۴- وجود نشتی در پمپ را بررسی نمایید.
 - ۵- پیچ هواگیری را باز کرده و پمپ را هواگیری کنید. پیچ فوق در قسمت فوقانی پوسته پمپ قرار دارد.
 - ۶- اگر مایع مورد انتقال گرم باشد، اجازه دهید تا پوسته به آرامی گرم شود. گرم شدن ناگهانی پوسته و قطعات متحرک پمپ ممکن است موجب آسیب دیدگی آن گردد.
 - ۷- قبل از روشن کردن پمپ، آن را با دست بچرخانید. چرخش شافت باید به راحتی و بدون وجود هیچگونه مقاومت صورت پذیرد.
 - ۸- شیر دهش را کمی باز کنید (پمپ های جریان شعاعی در شرایط بسته بودن نسبی شیر خروجی با کمترین توان مصرفی راه اندازی می شوند). این اقدام باعث ممانعت از بروز کاویتاسیون ابتدایی نیز می گردد.
 - ۹- پمپ را روشن کنید. شیر خروجی را به آرامی باز کرده و فشار دهش را بررسی کنید، هنگامی که شیر خروجی کاملاً باز شد، فشار سنج باید مقدار ثابتی را نشان بدهد. بدیهی است با باز کردن شیر خروجی، فشار دهش کاهش می یابد.
- تذکر: هیچگاه پمپ برای مدت طولانی با شیر بسته روشن نباشد.

۴-۳ - بازرسی پمپ در هنگام بهره برداری

- ۱- در طول بهره برداری از پمپ های گریز از مرکز، لازم است که به صورت دوره ای مورد بازرسی قرار گیرد
- ۲- با باز کردن کامل شیر خروجی پمپ، فشار دهش کاهش یافته و این امر بیانگر جریان مایع توسط پمپ می باشد.
- ۳- باز دید از فشار سنج های مکش و دهش و عدم بروز لرزش در آنها مؤید عدم هوا گرفتگی و یا بروز کاویتاسیون در پمپ خواهد بود.
- ۴- چند دقیقه بعد از راه اندازی پمپ، یاطاقان های پمپ و الکتروموتور را با دست لمس کنید تا از عادی بودن دمای پوسته یاطاقان ها اطمینان حاصل شود.

تذکر: در هنگام لمس یاطاقان های الکتروموتور، همواره از پشت دست خود استفاده کنید تا در صورت وجود اتصال بدنه، دست شما به طور غریزی به بیرون حرکت نموده و دچار برق گرفتگی نشوید.

۵- سیستم آب بندکننده را از نظر نشتی بررسی نمایید. این امر به ویژه در چند ساعت اولیه راه اندازی اهمیت خاصی دارد. در غالب اوقات مقدار نشتی بعد از طی زمان کوتاه در آب بندکننده مکانیکی قطع می شود ولی اگر مقدار آن باز هم زیاد باشد، لازم است که پمپ را متوقف کرده و نسبت به رفع اشکال موجود اقدام نمایید.

در پمپ هایی که از نوار آب بندکننده (Packing) استفاده می شود، بهتر است که همواره مقداری نشتی وجود داشته باشد. این امر به روانکاری و خنک کاری آب بندکننده و در نهایت به افزایش عمر نوار آب بندکننده کمک می کند.

مقدار نشتی مجاز به عوامل متعددی نظیر اندازه پمپ، فشار دهش، نوع مایع مورد انتقال و خواص فیزیکی و شیمیایی آن و ... بستگی داشته و در غالب اوقات حدود ۶۰-۲۰ قطره در دقیقه توصیه می شود.

۶- اگر پمپ در فشار کمتر از میزان طراحی پمپ مورد بهره برداری قرار گیرد، بعلت افزایش توان مصرفی در الکتروموتور، باید مراقبت بیشتری از الکتروموتور و شدت جریان مصرفی در آن بعمل آورد.

اگر شدت جریان در حدی باشد که ممکن است به الکتروموتور آسیب وارد شود، باید با بستن تدریجی شیر خروجی، شدت جریان مصرفی در الکتروموتور به حد قابل قبول کاهش داد.

بدیهی است که این اقدام موجب کاهش دبی پمپ نیز خواهد شد. پمپ های گریز از مرکز هیچگاه نباید با دبی کمتر از یک حداقل مجاز (Minimum Flow Rate) که به طراحی پمپ و خواص فیزیکی مایع مورد انتقال بستگی دارد، کار کند. چرا که انرژی داده شده توسط پمپ به مایع مورد انتقال در اثر ایجاد خفگی در قسمت دهش به حرارت تبدیل شده که توسط جریان مایع از پمپ خارج می شود، پایین بودن دبی پمپ موجب افزایش درجه حرارت مایع و احتمالاً تبخیر آن می گردد. علاوه بر آن کاهش دبی پمپ به مقدار زیاد باعث بروز ناپایداری در عملکرد آن و افزایش بار وارده بر یاطاقان ها و بروز آسیب به یاطاقان ها، شافت و سیستم آب بندکننده می گردد.

۴-۴- خاموش کردن پمپ

در پمپ های جریان شعاعی، قبل از خاموش کردن پمپ باید شیر خروجی آن را به آرامی بست. این امر ضمن کاهش شوک ناشی از توقف ناگهانی پمپ بر روی الکتروموتور و سیستم انتقال قدرت (کوپلینگ و شافت) مانع از بروز جریان برگشتی در پمپ می گردد. البته بهتر است که در چنین مواردی در قسمت خروجی پمپ یک شیر طرفه نصب شود.

۵-۴- تشخیص خرابی پمپ و آب بندکننده در محل بهره‌برداری

شرایط سخت بهره‌برداری پمپ‌های گریز از مرکز را در معرض داغ کردن، سایش، خوردگی، خرابی یاطاقان‌ها و آب بندکننده قرار می‌دهد. خرابی قطعات ممکن است در قسمت داخلی و یا بیرونی پمپ صورت پذیرد. شرایط محیطی پمپ (نظیر درجه حرارت، رطوبت، گرد و غبار، خوردگی و...) نیز می‌تواند بر کاهش عمر مفید پمپ تأثیر بگذارد.

خرابی سیستم آب بندکننده می‌تواند ناشی از خرابی یاطاقان‌ها، شافت و یا سایر قطعات داخلی پمپ باشد. خرابی و رفع اشکال از سیستم آب بندکننده پمپ ممکن است از زمان راه‌اندازی پمپ شروع شود. تکنسین‌ها و کارشناسان تعمیر و نگهداری در حله نخست باید مشخص کنند که اشکال مربوط به پمپ می‌باشد و یا سیستم آب بندکننده؟ لذا نخست باید مشخص شود که آیا پمپ در شرایط طراحی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و یا خیر؟ برای این منظور قرائت فشارسنج‌های مکش و دهش پمپ ضروری می‌باشد.

وجود لرزش و تاب داشتن احتمالی شافت، سروصدای غیر عادی و بالا بودن درجه حرارت در یاطاقان‌ها باید مورد بررسی قرار گیرد.

اگر عملکرد پمپ از نظر هیدرولیکی (فشار و دبی) عادی بوده ولی پمپ دارای لرزش و سروصدا می‌باشد، احتمالاً پمپ تراز نبوده و یا کوپلینگ و یاطاقان‌ها دچار آسیب دیدگی شده‌اند. با بررسی لرزش و تحلیل آن می‌توان منشأ لرزش در پمپ را شناسایی نموده و نسبت به رفع آن اقدام کرد. اگر میزان لرزش در یاطاقان‌ها بیش از حد زیاد باشد، باید پمپ را از سیستم جدا کرده و جهت انجام تعمیرات به تعمیرگاه برد. در صورت زیاد بودن نشتی از آب بندکننده مکانیکی باید نسبت به تعویض قطعات آسیب دیده آن اقدام شود.

۶-۴- تعمیر و نگهداری پمپ‌ها بروش پیشگیری (PM)

در تعمیر و نگهداری پمپ‌ها قبل از هر چیز انتخاب یک روش مناسب برای اجراء آن ضروری می‌باشد. برای اجراء مطلوب تعمیر و نگهداری بروش پیشگیری (PM) لازم است که این امر به‌عهده افرادی که در این زمینه از اطلاعات کافی برخوردارند و دارای حسن مسئولیت بالایی هستند گذاشته شود.

۷-۴- بازرسی پمپ‌های گریز از مرکز

الف: روزانه

۱- وجود سروصدا در یاطاقان‌ها

۲- سروصدا از نظر بروز کاویتاسیون

۳- وجود آب، مواد آلاینده و تغییر رنگ روان کننده

۴- درجه حرارت یاطاقان‌ها

۵- نشتی روان کننده از آب بند کننده ها، اتصالات و واشرها

۶- در پمپ هایی که از مایع شستشو دهنده (Flushing liquid) استفاده می شود درجه حرارت و دبی جریان مایع شستشو دهنده را بررسی کنید.

۷- وضعیت سیستم آب بند کننده (نوار آب بند کننده یا آب بند کننده مکانیکی) را بررسی کنید.

۸- در صورت وجود سیستم خنک کننده (Cooling)، درجه حرارت ورودی و خروجی مایع خنک کننده را بررسی کرده و در صورت نیاز سیستم را باز کرده و سرویس کنید.

۹- در صورت استفاده از لوله گرم کننده (Tracing)، شرایط آن را بررسی کنید.

۱۰- بررسی نشتی از آب بند کننده و شیرها

۱۱- بررسی نشتی از پوسته و واشرها

ب: ماهیانه

۱- در صورت نیاز اضافه کردن روان کننده

۲- تمیز کردن شیشه نشان دهنده و تنظیم مخزن روان کننده

۳- بررسی وضعیت قرار گرفتن شافت در روغن

۴- مجرای تخلیه پوسته یا طاقان را بررسی کرده و در صورت گرفتگی، آن را باز کنید.

۵- آیا پمپ به نظافت احتیاج دارد؟ در صورت تأیید اقدام شود.

ج: ۶ ماهه

۱- تعویض روغن

۲- پمپ هایی که به صورت یدکی می باشند را بررسی کنید. وضعیت روغن آن را بررسی کرده و با دست چندین بار محور پمپ را بچرخانید. سطح روغن را بررسی کرده و در صورت نیاز بدان روغن اضافه نمایید.

۳- بررسی وضعیت رنگ و پوشش پمپ و الکتروموتور

د: سالیانه

۱- بازرسی کوپلینگ از نظر فرسایش و شکستگی

۲- پیچ های کوپلینگ را محکم کنید.

۳- وضعیت لقی مورد نیاز در کوپلینگ را هنگام گرم شدن بررسی نمایید.

۴- بررسی وضعیت شناوری محوری توسط ساعت اندازه گیری

۸-۴- تعمیر پمپ

۸-۴-۱- بازرسی پمپ قبل از باز کردن

در بسیاری از موارد تعمیر پمپ بلحاظ خرابی و شکسته شدن بعضی از قطعات آن بوده که می تواند موجب بروز اشکالات زیر در عملکرد پمپ شود:

* نشتی از آب بندکننده * گریپاژ کردن * خرابی یاطاقان ها * بالا بودن لرزش * نشتی از پوسته قبل از باز کردن پمپ لازم است که اقدامات زیر صورت پذیرد:

۱- مذاکره با واحد بهره برداری در زمینه گزارش ارائه شده.

۲- در صورت امکان پمپ را راه اندازی نموده و بروش های زیر وضعیت آن را بررسی کنید:

* مشاهده کردن * شنیدن * لمس کردن * بو کردن * اندازه گیری دمای یاطاقان ها * اندازه گیری توان مصرفی * تحلیل لرزش * اندازه گیری دبی و فشار

۲-۸-۴- بررسی پمپ در واحد هنگام باز کردن

اگر تشخیص اولیه بر این باشد که باید پمپ جهت تعمیر باز شود، قبل از باز کردن آن لازم است که بررسی های زیر در حد امکان بر روی پمپ صورت پذیرد:

۱- کوپلینگ را از نظر فرسایش و میزان گریس بررسی نمایید.

۲- کیفیت روغن و میزان آن را بازرسی کنید.

۳- پمپ را جدا کرده، واشرها و محل قرار گرفتن واشرها را بررسی کنید.

۴- پروانه و رینگ سایشی را بازرسی نمایید. لقی بین پروانه و رینگ سایشی را اندازه گیری نموده و آن را با مقدار توصیه شده از سوی شرکت سازنده پمپ مقایسه نمایید. پروانه، پوسته و سوراخ های متعادل کننده بار محوری (Balance holes) بررسی نموده و در صورت گرفتگی سوراخ های متعادل کننده، آن را تمیز نمایید.

۵- لوله های جریان مایع تمیزکننده (Flushing Liquid) و مایع رقیق کننده (Quenching Liquid) را از نظر وجود خوردگی و گرفتگی بررسی کنید.

۶- کیفیت فشار سنج ها را بررسی نمایید.

۷- پمپ را جهت تعمیر به کارگاه ببرید.

یاطاقان های پمپ و الکتروموتور را بازرسی کرده و در صورت وجود خرابی در آن:

* لقی محوری و میزان شناوری در موتور را اندازه گیری کنید.

* الکتروموتور را روشن کرده، سروصدا و لرزش در آن را اندازه گیری نمایید.

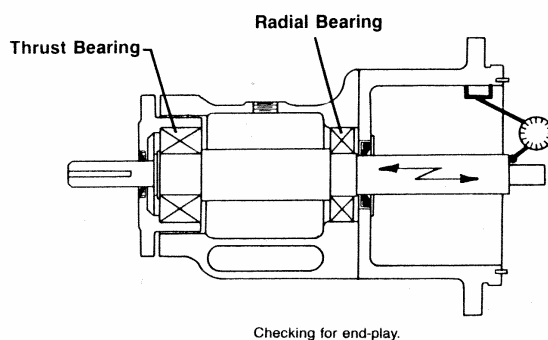
* اگر عملکرد الکتروموتور مطلوب نباشد، آن را باز کرده و تعمیر کنید.

۹-۴- تشخیص خرابی پمپ و آب بندکننده در کارگاه

در صورت لزوم تعمیر پمپ، توصیه می شود که اجزاء آن بدقت آزمایش شوند. بهتر است که قبل از باز کردن قطعات آنها را علامت گذاری کرده و سپس پمپ را باز کنید. بعد از باز کردن پمپ قطعات آن بشرح زیر بازرسی شوند:

۱- بازرسی پروانه و مهره آن از نظر سایش، خوردگی و سایر عواملی که می توانند موجب خرابی آنها گردند.

- ۲- فلنج آب بندکننده را باز نموده و میزان تنش فنر آن را بررسی نمایید.
 - ۳- موقعیت پروانه را در مقایسه با پوسته آن مشخص نمایید.
 - ۴- مهره پروانه و پروانه را باز کنید.
 - ۵- رینگهای سایشی را در محل بازرسی کنید.
 - ۶- میزان لقی بوش خفه کن (Throttle Bushing) را اندازه گیری کنید.
 - ۷- سطوحی که واشرها در آنجا نصب می شوند را بازرسی نمایید.
 - ۸- محفظه آب بندکننده را از بدنه پمپ جدا کنید.
 - ۹- واشر محفظه آب بندکننده و محل نصب آن و قسمت داخلی محفظه آب بندکننده را بازرسی کنید.
 - ۱۰- خار شافت را درآورده و کیفیت آن را بازرسی نمایید.
 - ۱۱- غلاف شافت (Sleeve)، آب بندکننده، واشر غلاف شافت و فلنج را در آورید. در صورت نیاز علت خرابی آب بندکننده را مشخص کرده و موارد مشاهده شده در زمان بازرسی را در جایی ثبت نمایید.
 - ۱۲- شرایط یاطاقان ها را بازرسی کنید. میزان شناوری شافت را اندازه گیری کنید. وضعیت شافت را از نظر سایش، خوردگی و تاب داشتن بررسی نمایید.
 - ۱۳- اگر میزان شناوری محوری شافت زیاد باشد:
- زیاد بودن میزان شناوری محوری شافت می تواند ناشی از خوردگی، پوسته شدن و یا سایش در محل تماس با نوار آب بندکننده و یا آب بندکننده مکانیکی باشد.
- زیاد یا کم بودن تنش فنر نیز می تواند عامل سایش قطعات و وجود نشتی در آب بندکننده باشد. این امر می تواند باعث تنش و سایش در یاطاقان های پمپ گردد. خرابی یاطاقان ها نیز می تواند موجب افزایش شناوری محوری شافت شوند. جهت بررسی میزان لقی محوری می توان از ساعت اندازه گیری استفاده کرد. برای این منظور، باید آن را همانند شکل (۱-۴) بر روی پمپ نصب نمود.



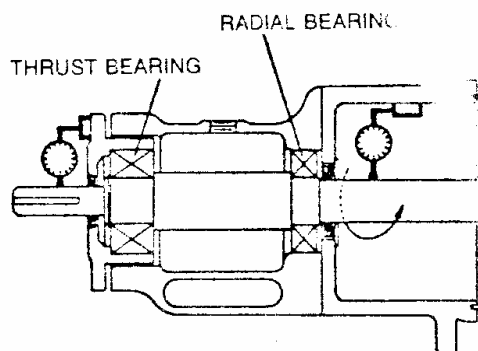
شکل (۱-۴): اندازه گیری شناوری محوری شافت

بعد از نصب ساعت اندازه گیری، بوسیله یک چکش نرم به روی شافت ضربه زده و میزان جابجایی شافت را در دو وضعیت انتهایی توسط ساعت اندازه گیری یادداشت نمایید. مقدار مجاز آن باید $0.025 - 0.1$ میلی متر باشد.

۱۴- پیچیدگی شافت: پیچیدگی (Bent) یا تراز نبودن شافت می تواند بر روی عمر مفید یاطاقان ها، آب بندکننده و کارآیی پمپ تأثیر نامطلوب گذاشته و علاوه بر آن باعث افزایش لرزش در پمپ و خرابی زودرس کوپلینگ گردد.

جهت بررسی پیچیدگی شافت، باید ساعت اندازه گیری را نظیر شکل (۲-۴) بر روی پمپ نصب نمود. شافت را با دست چرخانده و میزان خروج از مرکز (Run-off) را اندازه گیری کنید. اگر مقدار آن از 0.05 میلی متر بیشتر باشد، باید نسبت به رفع پیچیدگی شافت و یا تعویض آن اقدام شود. بازرسی شافت از نظر پیچیدگی باید در چند نقطه در طول آن صورت پذیرد.

۱۵- هم محور بودن شافت با محفظه آب بندکننده و سوراخی که شافت از پمپ خارج می شود با قسمت داخلی محفظه آب بندکننده باید بررسی شود. میزان لقی شعاعی شافت را اندازه گیری نمایید.



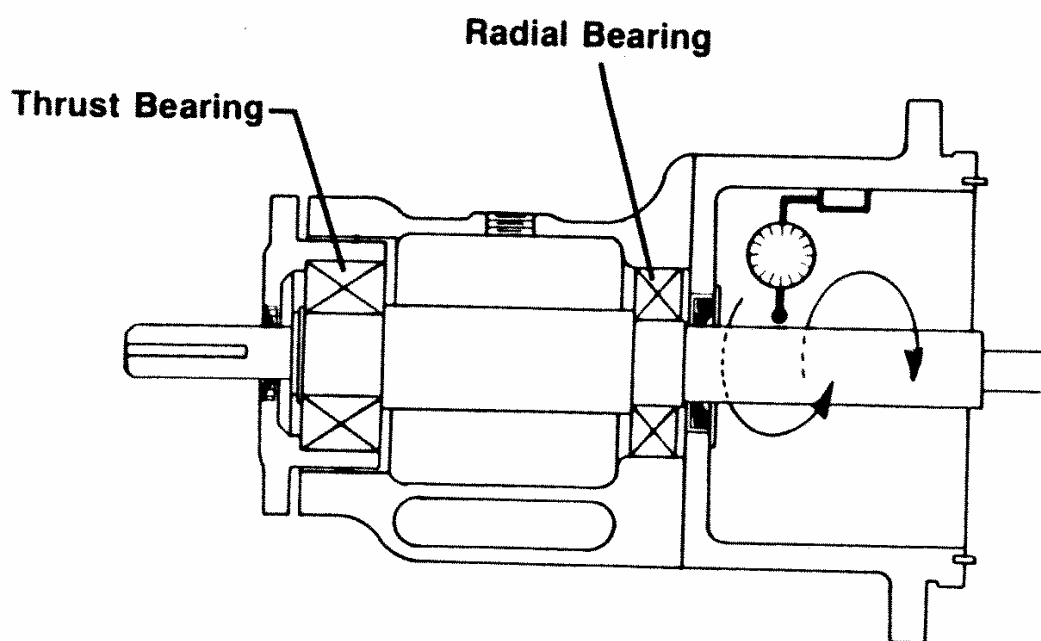
Checking for bent shaft.

شکل (۲-۴) اندازه گیری میزان پیچیدگی شافت.

زیاد بودن حرکت شعاعی شافت می تواند موجب کوبیدن شافت و آب بندکننده گردیده که در نهایت باعث تاب برداشتن شافت، خرابی یاطاقان ها و قطعات آب بندکننده گردد. اگر قطر داخلی محفظه یاطاقان ها بزرگتر از حد مجاز باشد، باید علت آن مشخص گردد. خوردگی، سایش و یا ماشین کاری غلط می تواند عامل آن باشد. برای بررسی آن ساعت اندازه گیری را در قسمت قطر خارجی شافت و در نزدیکترین محل نسبت به یاطاقان ها نصب کنید (شکل ۳-۴).

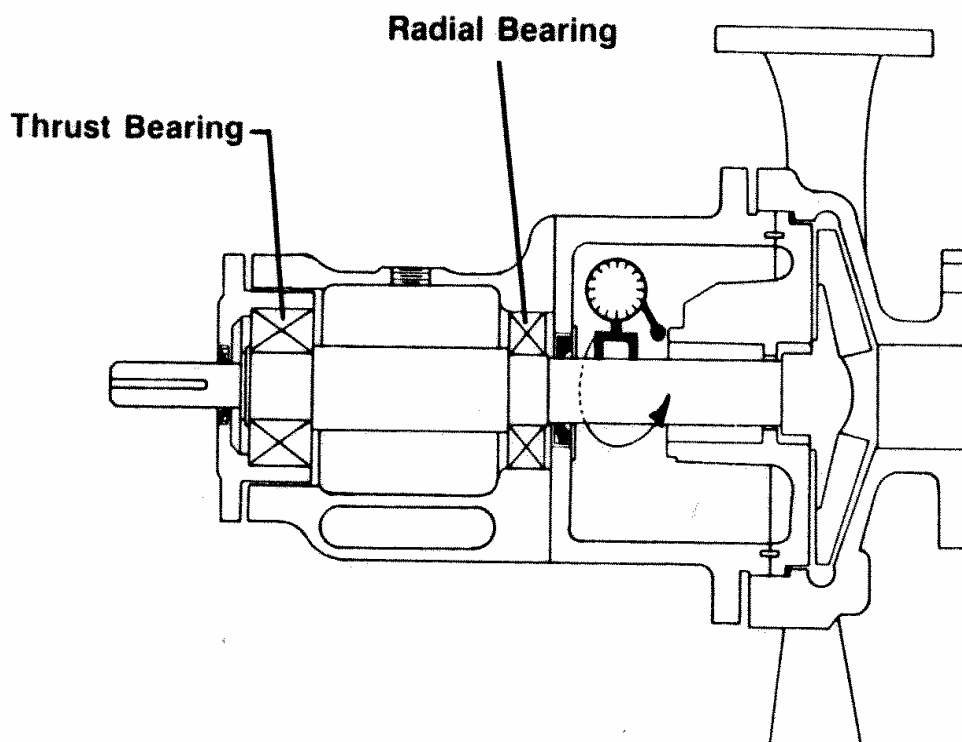
شافت را بلند کنید (با دست، پرس و یا جک هیدرولیکی). حداکثر مقدار مجاز 0.075 می باشد، در غیر این صورت باید یاطاقان ها و نگهدارنده آن (Bearing fit) را بازرسی کرده و در صورت نیاز تعویض کنید.

۱۶- مسطح بودن لبه محفظه آب بندکننده: اگر سطح مقطع لبه محفظه آب بندکننده بر محور شافت عمود نباشد، قطعه عینکی (Gland) در هنگام جازدن آب بندکننده به صورت کج نصب می شود. این امر باعث لنگ زدن آب بندکننده و خرابی زودرس آن می گردد. جهت بررسی این امر باید ساعت اندازه گیری را نظیر شکل (۴) بعد از سفت کردن قطعه عینکی بر روی لبه محفظه آب بندکننده نصب نموده و با چرخش شافت میزان انحراف را قرائت کرد. اگر مقدار اندازه گیری شده از $0.5/0$ میلی متر بیشتر باشد باید بروش ماشین کاری اشکال موجود را برطرف نمود. علاوه بر آن لبه محفظه آب بندکننده در اثر احتمال وجود خوردگی، سایش، پریدگی و لبه دار شدن هر چند وقت یکبار بازرسی شود.



Checking for whip or deflection.

شکل (۳-۴): بررسی کوبیدن و خیز (Deflection) شافت.



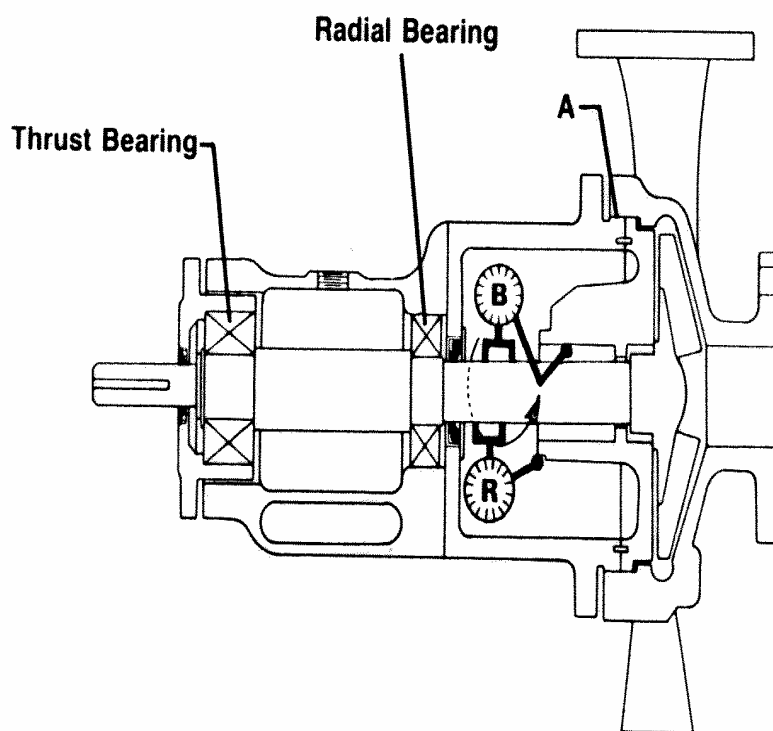
Checking for seal chamber face run-out.

شکل (۴-۴): بررسی سطح بودن لبه محفظه آب بندکننده

۱۷- بررسی هم مرکز بودن محفظه آب بندکننده: تعیین هم مرکز بودن قسمت داخلی محفظه آب بندکننده با شافت کاری مشکل بوده و این امر بخاطر وجود زنگ و یا خوردگی ناشی از نشتی از واشرها می باشد. با این وجود بررسی آن بسیار مهم بوده و در صورت زیاد بودن مقدار اندازه گیری شده (بیش از ۰/۱۳ میلی متر) باید بروش جوشکاری و ماشین کاری مقدار آن را کاهش داد. در پمپ هایی که یاطاقان ها در دو سر پمپ نصب می شوند (Double - Ended) و فاصله بین دو محفظه یاطاقان زیاد می باشد، این امر اهمیت بیشتری داشته و لازم است که مقدار انحراف از مرکز در حد توصیه شده توسط شرکت سازنده پمپ باشد. برای اندازه گیری مقدار انحراف، ساعت اندازه گیری باید همانند شکل (۴-۵) بر روی شافت نصب شود.

۱۸- در صورت خرابی یاطاقان ها و یا زیاد بودن شناوری محوری شافت بر اساس دستورالعمل زیر اقدام شود:

- * شافت و یاطاقان ها را از پمپ جدا کنید.
- * یاطاقان ها را از روی شافت در آورید.
- * سطح شافت، کوپلینگ و یاطاقان ها را بازرسی نمایید.
- * قسمت پوسته یاطاقان ها را تمیز کرده و کیفیت قرار گرفتن یاطاقان ها در آن را بررسی نمایید.
- * قبل از جمع کردن پمپ تمامی قطعات آسیب دیده را تعویض کنید.



Checking for seal chamber bore concentricity.

شکل (۵-۴): بررسی هم محوری شافت با قسمت داخلی محفظه آب بند کننده

۴-۱۰- دستورالعمل بازرسی قطعات

در زمینه بازرسی و تعمیر قطعات پمپ دستورالعمل های گوناگونی ارائه گردیده که بعضی از آنها بشرح زیر می باشد:

- ۱- لقی های مورد نیاز باید کاملاً شناسائی و بررسی شود.
- ۲- تمامی مقادیر ارائه شده در جداول ضمیمه را اندازه گیری کرده و در آن درج کنید.
- ۳- در هنگام جمع کردن پمپ کلیه واشرها و اورینگ ها را تعویض نمایید.
- ۴- محیط کارتان در زمان باز و جمع کردن پمپ باید همواره تمیز باشد.

۴-۱۱- بازرسی قطعات

الف: شافت

- ۱- شافت را از نظر تاب داشتن بررسی کنید. حداکثر مقدار انحراف مجاز ۰/۰۵ میلی متر بوده و سطح آن باید تمیز و صیقلی باشد.
- ۲- رزوه ها، خار، جای خار و پله های روی شافت را بازرسی کنید و در صورت وجود هر گونه اشکال آن را رفع نمایید.
- ۳- تمامی اندازه های شافت را بررسی کرده و یادداشت نمایید. قطعاتی که اندازه آنها در حد استاندارد نمی باشد باید ترمیم و یا تعویض شوند.

ب: درپوش و بدنه پوسته

۱- کلیه اندازه‌های مربوط به پوسته پمپ و قطعاتی که بر روی آن نصب می‌شوند را مشخص کرده و یادداشت کنید.

۲- کلیه اتصالات را باز کرده و رزوه‌های آن را بازرسی نموده و مجدداً وصل کنید.

۳- قسمت پایه پمپ را بازرسی کرده و از تخت بودن آن‌ها و موازی بودن با محور پمپ مطمئن شوید. در صورت وجود هر گونه اشکال با ماشین کاری آن را رفع نمایید.

ج: پوسته یاطاقان‌ها و یاطاقان‌ها

۱- دستورالعمل‌های ارائه شده در زمینه یاطاقان‌های ضد اصطکاکی (Anti Friction) را خوب مطالعه فرمائید.

۲- اگر یاطاقان مورد نظر از نوع بلبرینگ باشد در صورت خرابی، لقی و یا سروصدا داشتن در هنگام چرخاندن باید تعویض شوند. در صورت کثیف بودن آن را با حلال مناسب شسته، خشک نموده و در ماده روان کننده مناسب نگهداری کنید. در صورت استفاده از بلبرینگ نو، تا زمان تعویض آن را باز نکنید. اگر بلبرینگ مورد استفاده کار نکرده ولی قدیمی باشد جهت بررسی و اطمینان از آن مجاز به باز کردن آن می‌باشید و در غیر این صورت نیازی به باز کردن آن تا زمان تعویض نمی‌باشد.

۳- برای مواردی که یاطاقان از نوع غلافی (Sleeve) می‌باشد، لازم است که سطح آن را بازرسی نموده تا از کیفیت بایت آن مطمئن شوید. البته وجود غیر یکنواختی جزئی مسئله مهمی نمی‌باشد میزان لقی شعاعی آن حدود ۰/۱۵ درصد قطر شافت توصیه می‌شود. جهت بهره‌برداری مطلوب میزان لقی نباید از ۰/۱۳ درصد قطر شافت تجاوز کند.

۱۲-۴- آب بند کننده مکانیکی

با توجه به اهمیت آب بند کننده مکانیکی، دستورالعمل بازرسی آن در یک فصل جداگانه ای ارائه شده است.

۱۳-۴- پروانه‌ها

۱- اگر پروانه دچار فرسایش و یا خوردگی زیاد باشد، باید آن را تعویض نمود. پروانه‌ها بایستی به‌طور استاتیکی و دینامیکی بالانس شده باشند و این امر باید در طی دوران بهره‌برداری به‌طور مستمر تحت نظارت قرار گیرد.

۲- قطر داخلی و خارجی قسمت‌های مختلف را اندازه گیری کرده و در صورت نیاز با عملیات ترمیمی آن را بازسازی کنید. محل قرار گرفتن پروانه بر روی شافت را بازرسی کرده و از دقت آن مطمئن شوید.

۳- قطر خارجی رینگ سایشی پروانه را اندازه گیری کرده و یادداشت نمایید.

۱۴-۴- سعی شود که پمپ با راندمان مطلوب کار کند

در بهره برداری از پمپ‌های گریز از مرکز بالا بودن کارآئی و عملکرد هیدرولیکی آن منوط به جلوگیری از افزایش نشتی داخلی (جریان گردشی) می‌باشد. این هدف از طریق به حداقل رسانیدن لقی بین قطعات متحرک و ساکن امکان پذیر بوده و این امر با بکارگیری از رینگهای سایشی میسر می‌باشد.

رینگهای سایشی با ایجاد خفگی مانع از جریان مایع از قسمت دهش به قسمت مکش پروانه و نیز نشتی از طریق بوشهای بین مراحل (در پمپ‌های چند مرحله ای) می‌گردد. نقش بوش‌ها، آب بند کردن بین پمپ‌های چند مرحله ای می‌باشد. در بعضی از پمپ‌ها که از تجهیزات متعادل کننده بار محوری استفاده می‌شود، این قطعات می‌توانند منشأ بروز نشتی داخلی در پمپ باشند.

از آنجایی که در اثر سایش، خوردگی، فرسایش و تعمیرات نامناسب بمرور زمان لقی بین قطعات افزایش می‌یابد، لذا پدیده نشتی داخلی در پمپ همواره سیر صعودی دارد. بدیهی است که این پدیده موجب افزایش انرژی مصرفی در پمپ بلحاظ جابجا کردن چند باره مایع توسط پروانه می‌شود. افزایش توان مصرفی در اثر نشتی داخلی تابعی از سرعت مخصوص پمپ می‌باشد. در پمپ‌های با سرعت مخصوص پائین (پمپ‌های با دبی کم و ارتفاع زیاد) افزایش لقی در مقایسه با پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد (پمپ‌های با دبی زیاد و ارتفاع کم) با درصد بیشتری بر روی افزایش توان مصرفی تأثیر می‌گذارد.

۱۵-۴- تجربیات تعمیراتی

فرسایش قطعات در حین بهره‌برداری از پمپ تنها عامل افزایش لقی نبوده و افزایش توان مصرفی و هزینه‌های بهره‌برداری نیز تنها عارضه ناشی از آن نمی‌باشد.

بعضی از تعمیرکاران سعی می‌کنند بعضی از مشکلات پمپ را از طریق افزایش لقی قطعات حل کنند. متأسفانه گاهی اوقات اقدامات فوق موجب بهبود شرایط بهره‌برداری در کوتاه مدت می‌شود ولی غالباً در بلند مدت موجب بروز مشکلات شدیدتری در پمپ خواهد شد که نتیجه نهائی آن افزایش نشتی و پرداخت هزینه‌های اضافی در بهره‌برداری از پمپ می‌باشد. افزایش لقی می‌تواند عوارض دیگری نظیر لرزش، گرم کردن و خرابی زودرس یاطاقان‌های پمپ، بریدن شافت، افزایش شدت جریان مصرفی در الکتروموتور و حتی خرابی کلی پمپ را دربرداشته باشد. بدیهی است عوامل فوق موجب افزایش هزینه‌های تعمیراتی و توقفات بهره‌برداری و هزینه‌های مربوط به آن خواهد شد.

گر دو یا چند پمپ برای بهره‌برداری به صورت موازی خریداری شده باشند، افزایش لقی در یکی از آنها موجب توزیع غیر منطقی دبی سیستم بر روی پمپ‌ها خواهد شد، به نحوی که بعضی از پمپ‌ها با افزایش دبی خود، کاهش ظرفیت پمپ‌های با لقی زیاد را جبران می‌کنند. همین امر ضمن انحراف آنها از شرایط طراحی و مسائل و مشکلات مرتبط با آن، کاهش راندمان و افزایش توان مصرفی را بدنبال خواهد داشت.

۱۶-۴- لقی های متحرک

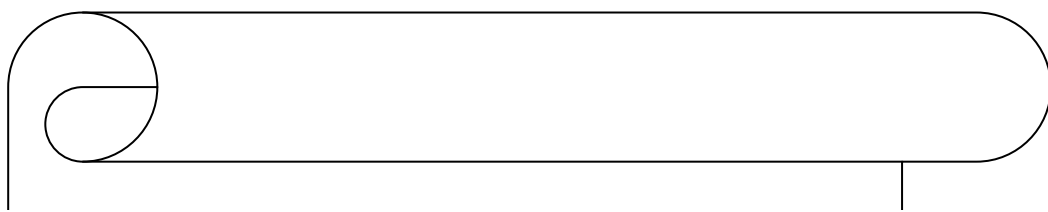
افزایش لقی رینگ سایشی در دهانه ورودی پروانه موجب افزایش جریان مایع به درون پروانه (این امر بمعنی افزایش دبی خروجی از پمپ نمی باشد) گردیده که افزایش درجه حرارت و بهم خوردن توزیع جریان مایع بداخل پروانه را بدنبال خواهد داشت.

در پمپ هایی که در شرایط نهائی NPSHA خود قرار دارند، این امر افزایش لرزش، سرو صدا و خرابی های ناشی از کاویتاسیون را بدنبال خواهند داشت. اساساً سعی شود که لقی مجاز بر مبنای اطلاعات ارائه شده از سوی شرکت سازنده پمپ انتخاب شود ولی در صورت عدم دسترسی می توان بر حسب قطر قطعه متحرک در محل لقی، مقدار آن را بر اساس دستورالعمل API 610 (جداول ۱-۴ و ۲-۴) مشخص نمود.

مقادیر فوق بر اساس سالها تجربه و رعایت مسائل اقتصادی و بهره برداری مطمئن از پمپ تهیه گردیده است.

بدیهی است بایر بهره برداری از پمپ و وجود عواملی نظیر سایش، خوردگی، گرم شدن، شوک های حرارتی، خرابی یاطاقان ها و سیستم آب بند کننده، مقدار لقی بمرور افزایش خواهد یافت. به همین خاطر جهت تثبیت شرایط بهره برداری از پمپ در حد مطلوب توصیه می شود که در دوره های زمانی مناسب (بویژه در زمان تعمیرات اساسی) لقی قطعات اندازه گیری شده و در صورت نیاز نسبت به ترمیم قطعات آسیب دیده اقدام شود. در بعضی از پمپ های چند مرحله ای که مجهز به سیستم متعادل کننده بار محوری می باشند. با نصب تجهیزات مناسب می توان جریان نشتی بیرونی را اندازه گیری نموده و به کمک آن می توان شرایط لقی در قطعات داخلی پمپ را تحت نظر داشت. افزایش جریان متعادل کننده، بمعنی افزایش لقی در قطعات داخلی پمپ می باشد. در زمان تعمیرات ضمن اندازه گیری لقی، باید هم محور بودن قطعات نیز بررسی شود. قطعات مورد نیاز در زمان تعمیرات باید از منابع مطمئن تهیه شوند. این امر باعث می شود تا قطعات با آلیاژ، کیفیت سطوح، سختی، ابعاد و... مناسب مورد استفاده قرار گیرند.

بهر حال مدیریت مطلوب در امر بهره برداری و تعمیر و نگهداری پمپ ها ایجاب می کند تا کلیه پرسنلی که در امور فوق دخالت دارند به اهمیت لقی و تأثیر آن بر عملکرد سیستم آگاه بوده و براین اساس قادر به اتخاذ تدابیر مناسب برای بهره برداری مطلوب از پمپ باشند.



فصل پنجم:

رینگهای سایشی Wearing Ring

۱-۵: تعریف رینگهای سایشی

رینگهای سایشی ساده ترین و ارزان ترین وسیله برای بازسازی لقی بین پروانه و پوسته پمپ می باشند. اگر پوسته پمپ فاقد رینگ سایشی باشد، میزان لقی پروانه و پوسته بهره برداری در شکل

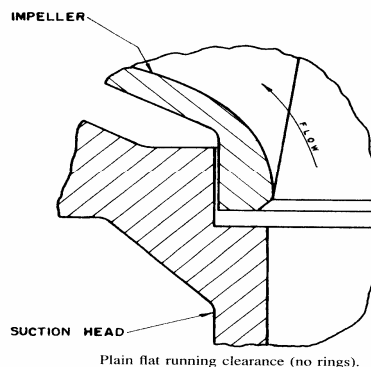
(۵-۱) نشان داده شده است. اگر در بهره‌برداری از پمپ و بعلت بروز فرسایش میزان لقی تغییر کند، ترمیم آن بروش‌های زیر امکان پذیر می‌باشد:

الف: بازسازی قطعات معیوب

بازسازی قطعات معیوب می‌تواند بروش‌های جوشکاری، پاشش فلز (Metal Spray) و یا... صورت پذیرد و سپس با ماشین کاری قطعات ترمیم شده آنها را مورد استفاده قرار داد.

ب: تعویض قطعات معیوب.

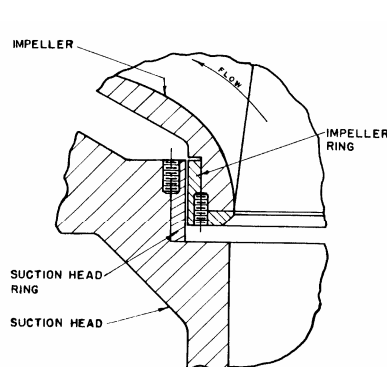
تعویض قطعات در پمپ‌های کوچک چندان گران نمی‌باشد، ولی در اغلب موارد این کار چندان اقتصادی نبوده، مخصوصاً در مواقعی که قطعه آسیب دیده بخش پیچیده‌ای از یک پمپ باشد. قطعات تعویض پذیر رامی‌توان بر روی پوسته و پروانه پیش بینی کرد (شکل ۵-۲، ۵-۳). ولی امروزه غالباً این تدبیر فقط بر روی پوسته پمپ صورت می‌گیرد، چرا که روشی ساده و ارزان بوده و ضمناً بعلت کیفیت آلیاژی بهتر پروانه، عمر مفید آن در حد قابل قبول می‌باشد. رینگ سایشی رامی‌توان در قسمت‌های مختلف پوسته و یا پروانه جاگذاری کرد. اگر این قطعه بر روی پروانه نصب شود آن رارینگ پروانه (Impeller Ring) می‌نامند.



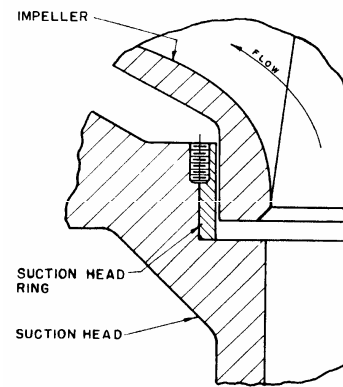
شکل (۵-۱): لقی بین پروانه و پوسته پمپ (بدون استفاده از رینگ سایشی)

در پمپ‌های کوچک با یک مکش، رینگ سایشی عموماً با فشار درون پوسته جا گذاشته شده و سپس توسط چند پیچ که نیمی از آن بارینگ و نصف دیگر با پوسته در گیر می‌باشد، نگهداشته می‌شود (شکل ۵-۳).

رینگ سایشی پروانه را می‌توان بروش‌های مختلفی جا گذاری کرد. نصب تحت فشار همراه با آجدار کردن قطعات مناسب ترین روش برای شرایط دمایی کمتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. در دماهای بالاتر، احتمال شل شدن و در آمدن رینگ وجود دارد، به همین خاطر بهتر است در چنین مواردی رینگ توسط پیچ یا پین (شکل ۵-۵) به پروانه چفت شود. پیچ یا پین مورد استفاده حتماً باید به نحوی قفل شود تا در طی بهره‌برداری و به ویژه در اثر تغییرات درجه حرارت از جا در نیاید.



Double flat ring construction.



Single flat casing ring construction.

شکل (۵-۲): رینگ سایشی پوسته (از نوع تخت) شکل (۵-۳): رینگ سایشی دوتائی

بعضی‌ها ترجیح می‌دهند که این کار با استفاده از خال جوش صورت پذیرد. اگر رینگ از فلزات شکننده نظیر چدن، فولادهای کرم دار سخت و... ساخته شده باشد، نباید آن را تحت فشار جازد. در چنین مواردی قبلاً از روش رزوه ای کردن پروانه و رینگ استفاده می‌شد، ولی امروزه به لحاظ مشکل بودن اجراء آن چندان متداول نمی‌باشد. اگر لازم باشد که سطح پروانه سخت باشد، بهتر است که ابتدا سطح آن را سخت کاری نموده و در صورت نیاز آن را باز سازی نمود. این روش هر چند که برای پمپ‌های گریز از مرکز چندان متداول نیست، ولی بسرعت در حال گسترش می‌باشد. در مواردی که سرعت پمپ زیاد باشد (مانند پمپ‌های تغذیه دیگ بخار) بهتر است که از نصب رینگ سایشی بر روی پروانه خودداری شود.

۵-۲: تعمیرات رینگ سایشی

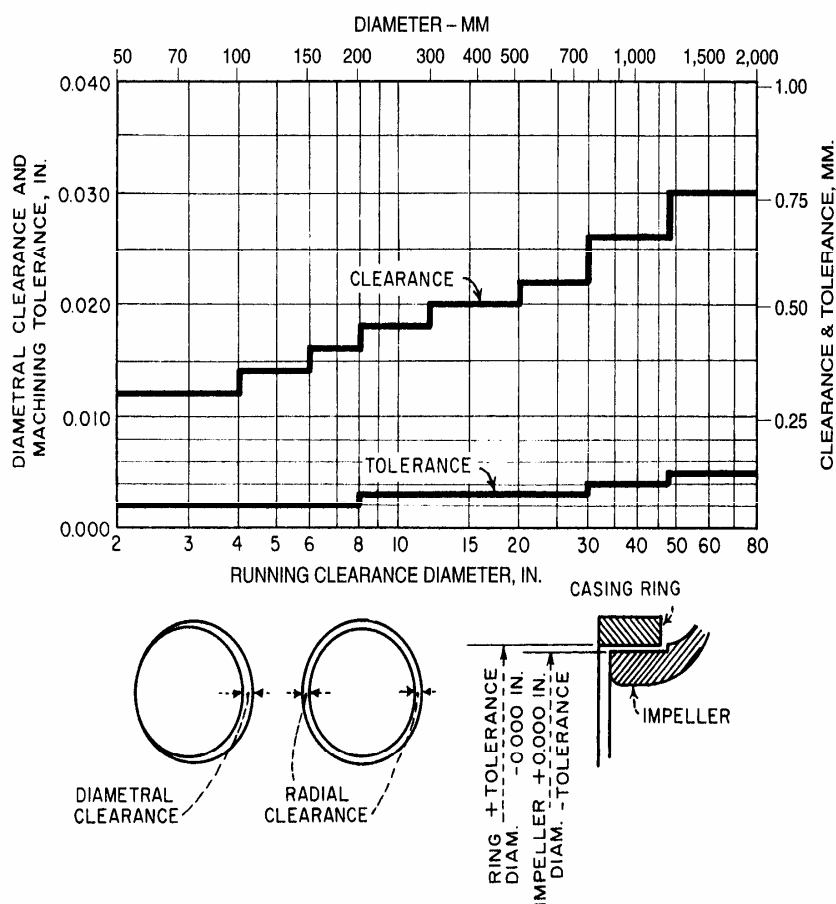
الف: نصب: اغلب رینگهای سایشی با فشار (پرس) جازده می‌شوند. از آنجائی که در چنین مواردی ممکن است به رینگ سایشی آسیب برسد، بهتر است که قبل از هر گونه اقدامی سطوح رینگ و محل جازدن آن از نظر کیفیت صیقلی و هم محور بودن بازرسی شود.

ب: لقی: لقی مجاز براساس استانداردهای توصیه شده، در شکل (۵-۴) نشان داده شده است. از این شکل برای آرایش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱- برنز با فلزات غیر برنزی ۲- چدن با برنز ۳- فولاد با برنز ۴- مونل (Monel) با برنز ۵- چدن با چدن

اگر فلزات به راحتی تاول زده و یا پوسته کند (Galling) نظیر فولادهای کرم دار، مقادیر داده شده باید تا حدود ۰/۰۵ میلی متر افزایش داده شود. در پمپ‌های چند مرحله ای، لقی‌های قطری اصلی را برای رینگهای بزرگ تر به اندازه ۰/۰۷۵ میلیمتر اضافه شود. انطباقات داده شده برای رینگ مربوط به پوسته باید علامت مثبت (+) و برای نافی پروانه و یا حلقه پروانه با علامت منفی (-) منظور شود. در پمپ‌های یک مرحله ای لقی برای قطعات متحرک از جنس فلزات پوسته شونده اگر قطر صحیح برای حلقه پوسته ۲۲۵ میلی متر باشد، مقدار واقعی آن باید $225 + 0.075$ میلی متر

و برای نافی ویا رینگ پروانه مقدار آن باید $225 + 0.000$ باشد. لقی قطری واقعی باید بین 0.006 - 0.008 میلی متر قرار داشته باشد.



Wearing-ring clearances for single-stage pumps using nongalling materials.

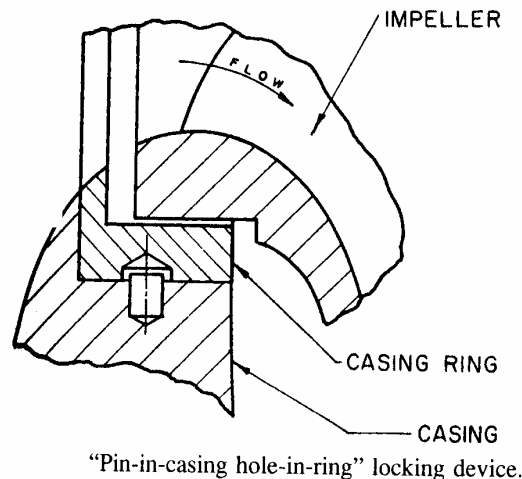
شکل (۴-۵): لقی مجاز در رینگ‌های سایشی از جنسی که پوسته نمی‌کند برای پمپ‌های یک طبقه لقی‌های فوق برای مایعات با دمای کمتر از 260 درجه سانتیگراد صادق بوده و گاهی اوقات لازم است در مواردی که درجه حرارت از 260 درجه سانتیگراد بالاتر می‌باشد و یا مواردی که فلز مورد استفاده دارای قابلیت پوسته‌ای شدن کم می‌باشد، باید مقادیر لقی را بیشتر در نظر گرفت تا موجب بروز خرابی در قطعات نگردد. البته در شرایط خاص دیگری (نظیر تجهیزات متعادل کننده بار محوری در پمپ‌های چند مرحله‌ای) لازم است تا مقادیر لقی از میزان بدست آمده از جدول فوق کمتر منظور شود.

در صورتی که از سوی شرکت سازنده پمپ مقادیر لقی بین رینگ سایشی، پروانه و پوسته ارائه نشده باشد، میزان لقی مجاز را می‌توان از استاندارد API610 بدست آورد.

۳-۵: سایش مجاز

سایش مجاز در پمپ‌ها به عوامل متعددی بستگی دارد. بهر حال باید بخاطر داشت که هر گونه نشی داخلی در پوسته پمپ بمعنی کاهش راندمان پمپ خواهد بود. در بازسازی و یا تعویض رینگ‌های

سایشی باید طوری عمل نمود که عواید ناشی از افزایش راندمان بر هزینه های تعمیراتی و اصلاحی مورد نظر فائق آید. مثلاً در کشورهایی که قیمت انرژی بالا می باشد عموماً ترجیح داده می شود که اقدامات لازم در زمینه کاهش نشتی و اصلاح لقی موجود هر چه زودتر صورت پذیرد. اساساً از دست رفت انرژی ناشی از نشتی داخلی با افزایش سرعت مخصوص کاهش می یابد در عوض با افزایش تعداد طبقات برای پمپی با سرعت مخصوص معین، مقدار نشتی افزایش خواهد یافت.



شکل (۵-۵): استفاده از پین جهت نگهداری حلقه سایشی

این امر بلحاظ متعادل ساختن بار محوری در پمپ می باشد. در یک بیان کلی می توان گفت که در پمپ یک مرحله ای اگر میزان لقی دو برابر شود میزان نشتی حدود ۳ برابر افزایش یافته، حال آنکه در پمپ های چند مرحله ای اگر میزان لقی ۱/۵ برابر شود، میزان نشتی دو برابر می گردد. بنابراین توصیه می شود حتی قبل از آنکه میزان لقی بین ناف و پروانه و رینگ سایشی بمقدار غیر قابل قبول برسد، باید در دوره های زمانی مناسب آن را مورد بررسی قرار داده تا میزان سایش و خروج از مرکز آن مشخص شده و در فرصت مناسب برای اصلاح آن اقدام گردد.

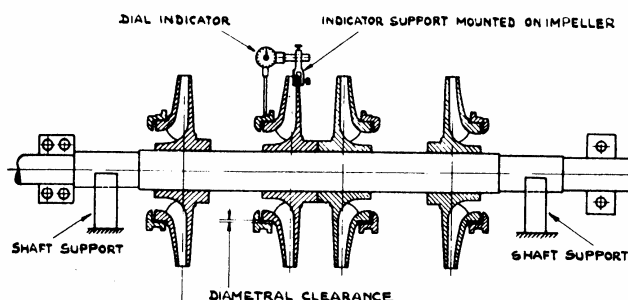
۴-۵: اندازه گیری لقی

لای بین پروانه و رینگ سایشی را می توان توسط فیلر اندازه گیری کرد. اگر رینگ سایشی از نوع L باشد و لبه آن مانع از ورود فیلر گردد، میزان تقریبی را می توان بشرح زیر اندازه گیری کرد.
الف: یک ساعت اندازه گیری را طبق شکل (۵-۶) روی پروانه و حلقه ساکن رینگ سایشی ناف نصب کرده و آن را روی صفر تنظیم کنید.

ب: بدون جابجا کردن پروانه و ساعت اندازه گیری، رینگ سایشی ساکن را با فشار به سمت بالا جابجا کرده و حداکثر میزان انحراف سایش را قرائت کنید. مقدار بدست آمده لقی قطری می باشد.

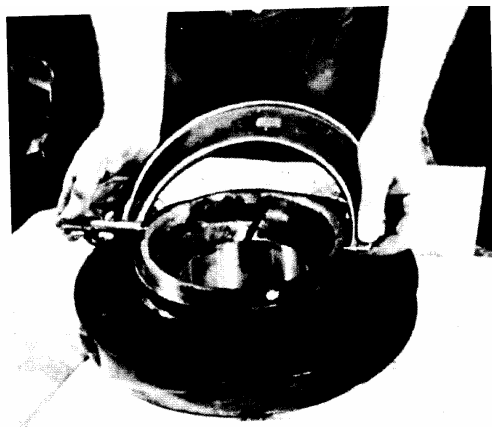
ج: این عمل را برای تمامی نقاطی که اندازه گیری آن ضروری است تکرار کنید. این روش که نیاز به در آوردن قطعات از پمپ ها می باشد، را باید بهترین روش دانست. از این روش می توان برای پمپ های چند مرحله ای نیز استفاده کرد، چرا که در پوسته پمپ های یک مرحله می توان رینگ

ساکن را به راحتی در آورده و با اندازه گیری قطر خارجی و نافی پروانه و قطر داخلی حلقه سایشی میزان لقی را اندازه گیری کرد (شکل های ۵-۷ و ۵-۸).



Measuring wearing ring clearances in a multistage pump with a dial indicator.

شکل (۵-۶): اندازه گیری لقی در پمپ های چند طبقه ای



Measuring OD of impeller hub with outside micrometer.

شکل (۵-۸): اندازه گیری قطر خارجی

نافی پروانه



Measuring wearing ring bore with an inside micrometer.

شکل (۵-۷): اندازه گیری قطر داخلی

رینگ سایشی

جهت اندازه گیری دقیق بهتر است که قطر هر قطعه را در چند نقطه اندازه گیری کرده تا ضمن تعیین میزان سایش، میزان خروج از مرکز نیز مشخص گردد. مقدار لقی، حداکثر اختلاف بین قطر داخلی و خارجی دو قطعه می باشد. روش دیگر جاگذاری پروانه در داخل رینگ سایشی و تعیین مقدار لقی به وسیله یک ساعت اندازه گیری از طریق جابجا کردن پروانه در داخل رینگ سایشی می باشد (شکل ۵-۹). برای مشخص کردن سایش در نقاط مختلف بهتر است که پروانه را در داخل رینگ چرخش داده و با ساعت اندازه گیری که در چند نقطه قطعه ساکن نصب شده است میزان لقی را اندازه گیری کرد. قبل از اندازه گیری میزان لقی باید درجه حرارت دو قطعه یکسان باشد. چرا که وجود اختلاف درجه حرارت باعث انبساط حرارتی قطعات شده و همین امر می تواند بر روی دقت مقادیر اندازه گیری شده تأثیر نامطلوب بگذارد.

۵-۵: بازیابی لقی وقتی که سیستم فاقد رینگ سایشی باشد

اگر لقی بین نافی پروانه و پوسته درحالتی که سیستم فاقد رینگ سایشی است از حد مجاز بیشتر باشد باید به روش تعویض، جوشکاری، پاشش فلزو یا نصب یک حلقه سایشی در داخل پوسته، میزان لقی بمقدار مورد نظر رسانیدشود.



Measuring wearing ring clearance with dial indicator.

شکل (۵-۹): اندازه گیری لقی در رینگ های سایشی به وسیله ساعت اندازه گیری

۵-۶: بازیابی لقی وقتی که پمپ فقط یک رینگ سایشی دارد

اگر پمپ فقط دارای یک رینگ سایشی از نوع تخت و یا L باشد برای بازیابی لقی می توان از یکی از سه روش زیر استفاده کرد:

الف: استفاده از رینگ سایشی با قطر داخلی کمتر و اصلاح قسمت نافی پروانه جهت دست یابی به لقی مورد نظر

ب: بازسازی سطوح آسیب دیده از طریق جوشکاری و پاشش فلزو تراشکاری سطوح اصلاح شده جهت بازیابی لقی مورد نظر.

ج: گشاد کردن داخل رینگ ساکن و استفاده از حلقه سایشی با قطر داخلی بزرگتر و افزایش قطر خارجی نافی پروانه جهت دست یابی به لقی مورد نظر.

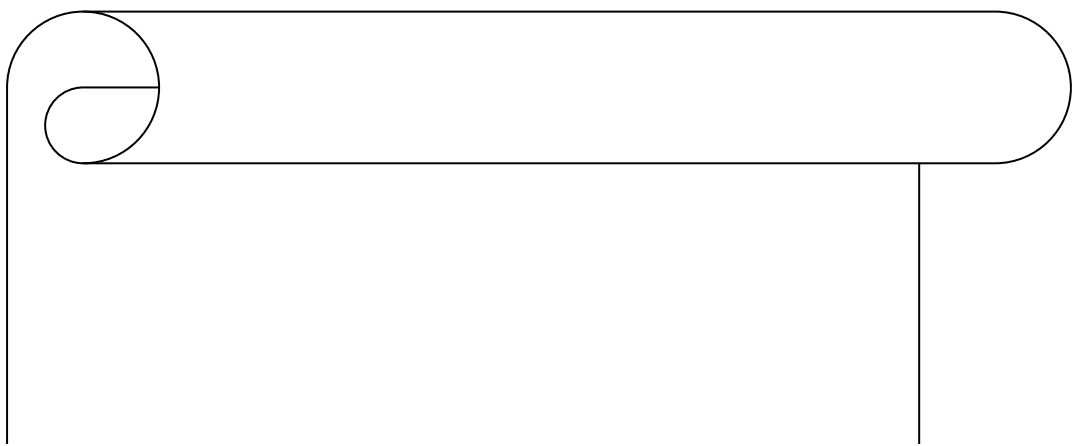
در بین سه روش فوق روش اول بهتر می باشد. اگر نتوان قطعات را بروش جوشکاری اصلاح کرد (نظیر قطعات چدنی) بهتر است که بجای یک رینگ سایشی از دو رینگ سایشی بر روی پروانه و پوسته پمپ استفاده شود.

۵-۷: بازیابی لقی در پمپ های با دورینگ سایشی

اگر پمپ دارای ۲ رینگ سایشی از نوع تخت و یا L باشد، بازیابی لقی مورد نظر را می توان به یکی از روشهای زیر انجام داد:

۱- استفاده از رینگ سایشی بزرگتر برای نافی پروانه و استفاده از رینگ قبلی برای پوسته

- ۲- استفاده از رینگ سایشی کوچکتر برای پوسته و استفاده از رینگ قبلی برای نافی پروانه
- ۳- تعویض هردو رینگ سایشی
- ۴- اصلاح رینگ‌های آسیب دیده از طریق جوشکاری و یا پاشش فلز و دست یابی به لقی مورد نظر.



فصل ششم:

کاویتاسیون Cavitation

۱-۶: مقدمه

اکثر ماشین‌ها دارای نقاط وضعی هستند که می‌توان آن را پاشنه آشیل (Achilles' Heel) ماشین دانست. پاشنه آشیل پمپ‌ها (بویژه پمپ‌های گریز از مرکز) قسمت مکش آن می‌باشد. چرا که اگر شرایط بهره‌برداری از سیستم به نحوی باشد که بتوان سیال مورد انتقال را به صورت مایع بدهانه پمپ رسانید، پمپ در انتقال مایع به محل مورد نظر کمتر دچار مشکل می‌گردد. اکثر مشکلات و خرابی‌های پمپ‌های گریز از مرکز به قسمت مکش آن مربوط بوده که در بین آن‌ها هوا گرفتن و بروز پدیده کاویتاسیون (Cavitation) جزء مشکلات اساسی پمپ‌ها می‌باشد.

در یک تعریف ساده کاویتاسیون عبارت است از تشکیل حبابهای گاز در قسمت مکش (در اثر کاهش فشار)، ورود حبابها به درون پروانه و پوسته، ترکیدن حبابها در داخل پروانه و پوسته، آزاد شدن انرژی و بروز خرابی در قطعات پمپ.

بروز پدیده کاویتاسیون همواره با عوارض نامطلوبی توأم بوده که عمده ترین آنها عبارت است از کاهش راندمان، نوسان شدید فشار مایع خروجی از پمپ، صدمات مکانیکی، خوردگی سایشی سطوح و قطعات داخلی پمپ، افزایش میزان لرزش، ایجاد سرو صدای غیر طبیعی ناشی از ضربات هیدرولیکی و... سرو صدای ایجاد شده از گونه خاصی می باشد، به نحوی که می توان آن را به صدای عبور ذرات شن از داخل پوسته پمپ تشبیه کرد. هر چند که تمامی نقاط داخل پوسته پمپ می توانند در معرض آسیب دیدگی ناشی از ترکش حبابها قرار گیرند، ولی باین وجود، پروانه و بویژه در سطوح محدب آنها بیشتر در معرض آسیب دیدگی ناشی از پدیده کاویتاسیون قرار دارند. بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ های گریزاز مرکز یک حادثه اتفاقی و بی مقدمه نبوده و به شرایط بهره برداری و طراحی پمپ بستگی دارد.

۲-۶: خالص ارتفاع مثبت در قسمت مکش NPSH

پدیده کاویتاسیون در پمپ های گریزاز مرکز هنگامی بوقوع می پیوندد که خالص ارتفاع مثبت در قسمت مکش پمپ از آنچه که شرکت سازنده پمپ توصیه نموده است کمتر شده باشد. بنا براین برای تحلیل شرایط بروز این پدیده در پمپ های گریزاز مرکز لازم است که هم شرایط قسمت مکش پمپ از نظر فشار (ارتفاع) و هم مشخصه های پمپ مورد استفاده از نظر وجود حداقل شرایط مورد نیاز جهت ممانعت از بروز این پدیده مورد بررسی قرار گیرد. جهت سهولت در تحلیل فوق NPSH به دو دسته تقسیم می شود:

الف: خالص ارتفاع مثبت قابل دسترس در قسمت مکش پمپ (NPSHA)

ب: خالص ارتفاع مثبت مورد نیاز در قسمت مکش پمپ (NPSHR)

NPSHA جزء مشخصه های سیستم پمپاژ بوده و به عوامل متعددی نظیر فشار جو، خواص فیزیکی مایع مورد پمپاژ (درجه حرارت، وزن مخصوص، فشار بخار در دمای انتقال، ویسکوزیته و...)، اختلاف سطح انرژی پتانسیل (فشار یا ارتفاع) در منبع مکش تا دهانه چشمه پروانه، تعداد و نوع اتصالات مورد استفاده در قسمت مکش، طول و قطر لوله مکش، دبی جریان و... بستگی دارد. بنابراین تعیین آن بعهده طراحان سیستم پمپاژ می باشد.

NPSHR به مشخصه های رفتاری و طراحی، دبی جریان، سرعت دورانی و... پمپ بستگی داشته که از سوی شرکت سازنده پمپ و به صورت یک دسته منحنی سهمی گونه صعودی برای قطرهای مختلف پروانه های مورد استفاده در پمپ بر حسب تغییرات دبی پمپ تهیه شده و در اختیار مشتریان قرار داده می شود. وجه مشترک NPSHR با NPSHA وابستگی هر دو آنها به دبی جریان مایع می باشد. با

این تفاوت، در حالی که NPSHR با افزایش دبی افزایش می‌یابد، NPSHA با افزایش دبی کاهش یافته و همین مغایرت رفتاری باعث می‌شود که بتوان اذهان داشت که یکی از عوامل اصلی بروز کاویتاسیون در پمپ‌های گریز از مرکز بالا بودن دبی جریان می‌باشد.

۳-۶: خالص ارتفاع مثبت مورد نیاز در قسمت مکش پمپ (NPSHR)

NPSHR را می‌توان انرژی پتانسیل مورد نیاز (ارتفاع بر حسب متر) در قسمت مکش پمپ مازاد بر فشار بخار مایع در دمای انتقال (بر حسب متر) تعریف کرد که امکان بهره‌برداری از پمپ بدون بروز پدیده کاویتاسیون در آن را میسر می‌سازد. NPSHR جزء مشخصه‌های رفتاری پمپ (یا پروانه) بوده و تابعی از سرعت جریان مایع به‌درون پروانه می‌باشد و مقدار آن تقریباً با مربع دبی پمپ افزایش می‌یابد.

عوامل دیگری نظیر قطر چشمه پروانه، سطح مقطع مکش پروانه، تعداد تیغه‌های پروانه، فضای بین تیغه‌ها، قطر شافت، قطر نافی پروانه، سرعت مخصوص پمپ، طراحی مجاری مایع در قسمت مکش پروانه و... نیز بر روی NPSHR مؤثر می‌باشند. در یک تعریف تجربی NPSHR در عمل عبارت است از افت فشار بین دهانه ورودی پمپ تا لبه خروجی پروانه که اگر مقدار آن از NPSHA تجاوز نماید، مایع به‌صورت ناگهانی تبخیر (Flashing) شده و در منطقه فشار قوی خواهد ترکید.

۴-۶: فرسایش ناشی از کاویتاسیون

تجربیات عینی نشان می‌دهد که میزان فرسایش قطعاتی که در معرض کاویتاسیون قرار می‌گیرند به ۴ عامل زیر بستگی دارد:

× دوره زمانی که قطعه در معرض کاویتاسیون قرار می‌گیرد.

× شدت پدیده کاویتاسیون

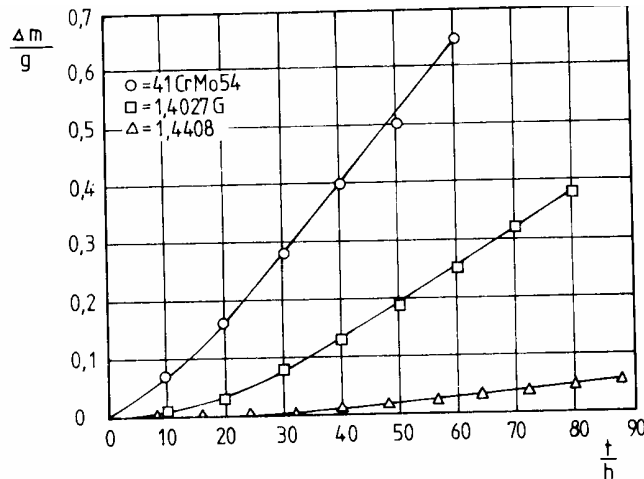
× خواص فیزیکی مایع

× مقاومت مکانیکی فلزی که در معرض کاویتاسیون قرار دارد.

در اکثر موارد بر حسب شکل فیزیکی قطعه ای که در معرض کاویتاسیون قرار می‌گیرد، شدت آسیب دیدگی آن ممکن است وضعیت خاص خود را داشته باشد. مثلاً در قسمت لبه جلوئی پروانه، سرعت خرابی حالتی پیش‌رونده را بخود می‌گیرد.

در رابطه با تأثیر خواص فیزیکی مایع بر روی شدت فرسایش ناشی از کاویتاسیون اطلاعات جامعی در دست نمی‌باشد. ولی بنظر می‌رسد که هیدروکربنها در مقایسه با آب سرد کمتر قادر به آسیب رسانی به قطعات می‌باشند. این امر برای آب گرم (150°C) نیز صادق می‌باشد. مقاومت فلز در مقابل کاویتاسیون به خواص مکانیکی آن نظیر مقاومت کششی (Tensile Strength) بستگی دارد. در شکل (۱-۶) شدت فرسایش سه آلیاژ مختلف در مقابل کاویتاسیون نشان داده شده است. بروز پدیده‌هایی نظیر خوردگی همزمان با کاویتاسیون نیز می‌تواند بر روی میزان فرسایش قطعات تأثیر

بگذارد. چراکه در فرآیند خوردگی، تشکیل لایه‌های مقاوم مانع از تسریع آن گردیده، در حالی که بروز کاویتاسیون، باعث تخریب لایه مقاوم درمقابل خوردگی شده و همین امر موجب تسریع فرسایش قطعات در اثر خوردگی می‌گردد.



شکل (۱-۶): مقاومت مکانیکی آلیاژها در مقابل پدیده کاویتاسیون

۵-۶: علائم بروز کاویتاسیون در پمپ‌های گریزازمرکز

پدیده کاویتاسیون همانند هر عارضه دیگری دارای نشانه‌ها و علائمی بوده که به کمک آن می‌توان بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ را شناسائی کرده و سپس براساس دستورالعمل‌هایی که در ادامه این بخش ارائه خواهد شد، تصمیم مناسب جهت غلبه بر آن اتخاذ نمود.

بنابر قرارداد شروع کاویتاسیون در پمپ هنگامی است که در اثر کاهش NPSHA، ارتفاع پمپ به میزان ۳ درصد کاهش یابد. اما واقعیت امر در این است که استناد به تعریف فوق برای شناخت بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ‌ها کافی نبوده و گاهی اوقات غیر قابل تشخیص می‌باشد، به نحوی که غالباً، هنگامی اپراتورها ویا تعمیرکاران به وقوع این پدیده نامطلوب در پمپ‌ها پی می‌برند که پمپ دچار خسارات جبران ناپذیری گردیده است. بنابراین لازم است کلیه افرادی که به نحوی با پمپ‌ها سروکار دارند، به علائم مشخصه بروز کاویتاسیون در پمپ‌ها آشنا شده تا به محض مشاهده آنها با انجام یک سری عملیات اصلاحی، مانع از پیشرفت کاویتاسیون در پمپ‌ها و بروز صدمات شدید در ساختار مکانیکی آن گردند. مهمترین علائم مشخصه بروز کاویتاسیون در پمپ‌های گریزازمرکز عبارتند از تشکیل حباب در پروانه و پوسته، ایجاد سرو صدا، افزایش لرزش، کاهش ارتفاع و دبی و راندمان پمپ، کاهش فشار دهش، لرزش در فشار سنج‌های مکش و دهش، خرابی زودرس یاتاقان‌ها، آسیب دیدگی قطعات داخلی پمپ و ...

الف: تشکیل حباب

همانطوری که قبلاً اشاره شده، بروز پدیده کاویتاسیون با تشکیل حباب‌های بخار شروع می‌شود. برای این منظور می‌توان از تجهیزاتی که قادر به نشان دادن شرایط داخلی پمپ نظیر Endoscope می‌باشد، استفاده کرد.

ب: سرو صدا

تشکیل حباب و ترکش آنها در اثر پدیده کاویتاسیون همواره با بروز سروصدای غیر عادی (صدائی نظیر عبور ماسه از درون پوسته پمپ) توأم خواهد بود.

در شناخت کاویتاسیون اندازه گیری مقدار سرو صدا (میزان مطلق آن) لازم نبوده و بلکه تغییر سطح (Level) آن باید معیار تشخیص قرار گیرد. این روش اجازه می‌دهد تا براساس آن بتوان سیستم‌های هشداردهنده را براساس سطح فشار صوتی ناشی از کاویتاسیون برای تشخیص وضعیت هشدار، توقف و یا کنترل پیش بینی کرده و از آن جهت کنترل شرایط بهره برداری استفاده نمود.

ج: لرزش

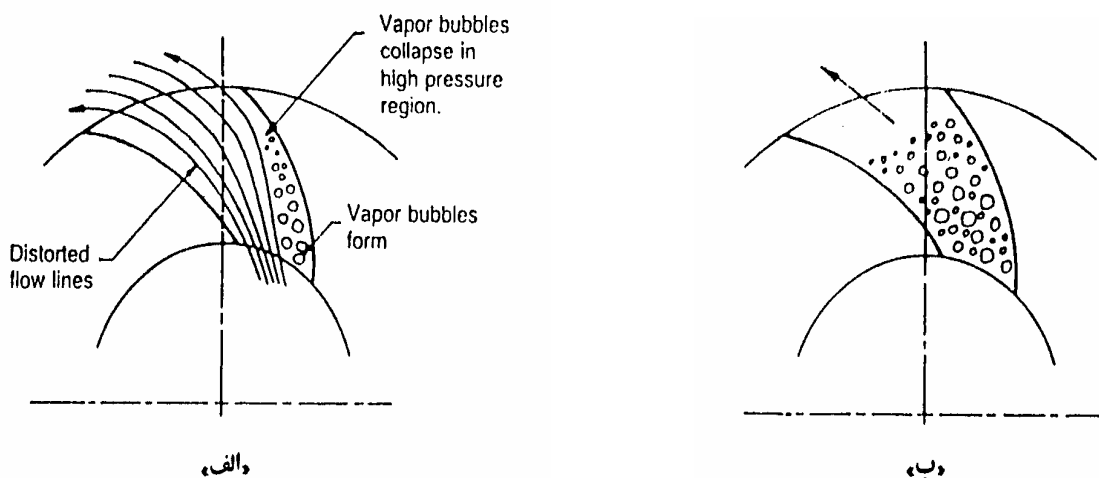
لرزشی که در زمان بروز کاویتاسیون در پمپ پدید می‌آید ناشی از سه پدیده زیر می‌باشد:

۱: بعلت وجود تفاوت‌های اجتناب ناپذیر در تیغه‌ها، دنباله کاویتاسیون در تمامی تیغه‌ها یکسان نمی‌باشد، در نتیجه جریان مایع در اطراف تیغه‌ها در حال تغییر بوده و همین امر باعث نابالانسی در پروانه گردیده که لرزش پمپ را بدنبال خواهد داشت.

۲: دنباله کاویتاسیون دائماً در حال تغییر بوده و همین امر باعث بروز کاویتاسیون با فرکانس زیاد و در حال تغییر خواهد شد.

۳: اگر گسترش دنباله کاویتاسیون در حدی باشد که جریان مایع به‌طور چشم گیری پخش شود (کاهش ارتفاع)، جریان مایع خروجی از پروانه یکنواخت نبوده و می‌تواند باعث بروز پدیده جدا شدن در قسمت پائین دستی مجرای هر تیغه گردد. هرچه جریان مایع در اثر کاویتاسیون در پروانه بیشتر پخش شود، مایعی که به گلوئی پوسته پمپ می‌رسد دارای نوسان بیشتری خواهد بود. فرکانس لرزش در این حالت برابر است با فرکانس دوران ضربدر تعداد تیغه‌های پروانه. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که بروز کاویتاسیون ابتداءً با تشکیل مقادیر جزئی حباب شروع گردیده و در این مرحله فقط قسمتی از پروانه توسط حباب پر خواهد شد (شکل الف ۲-۶) که اصطلاحاً آن را "کاویتاسیون جزئی" می‌نامند. بعد از گسترش کاویتاسیون، پروانه از حبابهای گاز پر شده (شکل ب ۲-۶) و کاویتاسیون حالت کلی را بخود می‌گیرد. در حالت کاویتاسیون جزئی هرچند که لرزش ناشی از ترکش حبابها در مقایسه با کاویتاسیون کلی کمتر می‌باشد ولی بخاطر غیر یکنواختی توزیع سیالات (مایع و بخار) در آن، لرزش ناشی از نابالانسی در پروانه زیاد تر از کاویتاسیون کلی خواهد بود. به همین خاطر در تحلیل فرآیند کاویتاسیون کاهش لرزش را نباید یک عامل بهبود شرایط عملکرد

سیستم (رفع کاویتاسیون) تلقی کرد، بلکه خود می‌تواند تأییدی بر پیشرفت و گسترش کاویتاسیون در پمپ باشد.



شکل (۲-۶): کاویتاسیون جزئی (الف) و کلی (ب)

د: کاهش ارتفاع قابل دسترس، دبی و راندمان پمپ

در مواردی که NPSHA در حدی باشد که پمپ دچار کاویتاسیون نگردد، نقطه کار پمپ، محل تلاقی منحنی مشخصه سیستم با منحنی مشخصه پمپ خواهد بود. عدم بروز کاویتاسیون باعث ثبات منحنی مشخصه پمپ گردیده و لذا ارتفاع قابل دسترس، دبی و راندمان پمپ مقادیر قابل قبول را خواهند داشت. ولی در شرایط بروز کاویتاسیون، منحنی مشخصه پمپ دچار تغییرات نامطلوبی گشته و قادر به اعمال ارتفاع همانند شرایط عادی نخواهد بود و همین امر باعث کاهش ارتفاع قابل دسترس، دبی و راندمان پمپ نخواهد شد.

هر چند که در منابع علمی اشاره چندانی به تأثیر کاویتاسیون بر روی توان مصرفی در پمپ تحت شرایط بروز کاویتاسیون نگردیده ولی با بررسی رابطه (۶-۱) شاید بتوان نتیجه گرفت که با توجه به کاهش همزمان دو پارامتر H و Q در صورت و کاهش راندمان در مخرج کسر نباید انتظار افزایش توان مصرفی را داشته و احتمال کاهش توان مصرفی بیشتری می‌باشد.

$$P = \frac{\rho Q H}{367 \eta} \quad (6-1)$$

ولی در هر حال اظهار نظر قطعی در این زمینه نیازمند تعیین مقادیر H ، Q و η بوده تا براساس آن بتوان نظر قطعی را در زمینه تأثیر کاویتاسیون بر روی توان مصرفی در پمپ اعلام کرد.

ه: کاهش فشار دهش

با توجه به رابطه (۶-۲) می‌توان نتیجه گرفت:

$$H = \frac{10.2 P}{SG} \Rightarrow P = \frac{H \cdot SG}{10.2} \quad (6-2)$$

بروز پدیده کاویتاسیون ضمن کاهش ارتفاع قابل دسترس، باعث تشکیل حبابهای بخار گردیده که دارای وزن مخصوص کمتری نسبت به فاز مایع می باشند. با توجه به رابطه (۲-۶) بدیهی است که کاهش ارتفاع قابل دسترس و وزن مخصوص مایع موجب کاهش فشار دهش پمپ خواهد شد.

و: نوسان شدید عقربه فشار سنج های مکش و دهش

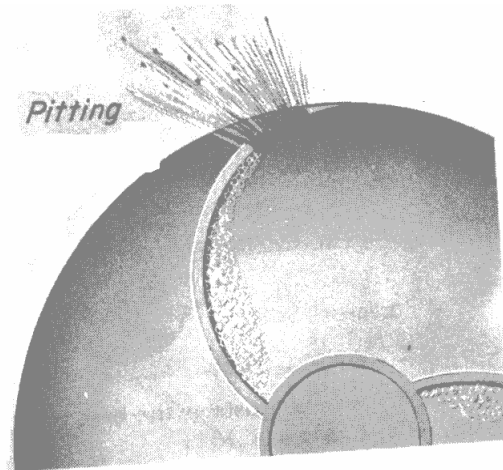
در مواردی که پمپ دچار پدیده کاویتاسیون می گردد، فاقد رفتار یکنواخت و پایدار خواهد شد. یکی از مهمترین ناهماهگنی رفتاری آن نوسان شدید در فشار مکش و دهش بوده که به صورت نوسان شدید در عقربه های فشار سنج های مکش و دهش می توان آن را مشاهده کرد.

ز: خرابی زودرس یاطاقان ها

پمپ های گریز از مرکز غالباً دارای دونوع یاطاقان (Bearing) می باشند که یکی از آنها برای بار شعاعی (Radial Load) بوده و دیگری برای تحمل بار محوری (Axial Load) می باشد. بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ ها موجب تغییرات شدید بارهای وارده بر یاطاقان ها گردیده و همین تغییرات شدید بار وارده، موجب تغییرات شدید در بردار نیروهای وارده بر یاطاقان ها خواهد شد که نهایتاً باعث کاهش عمر مفید و خرابی زودرس یاطاقان ها می شود.

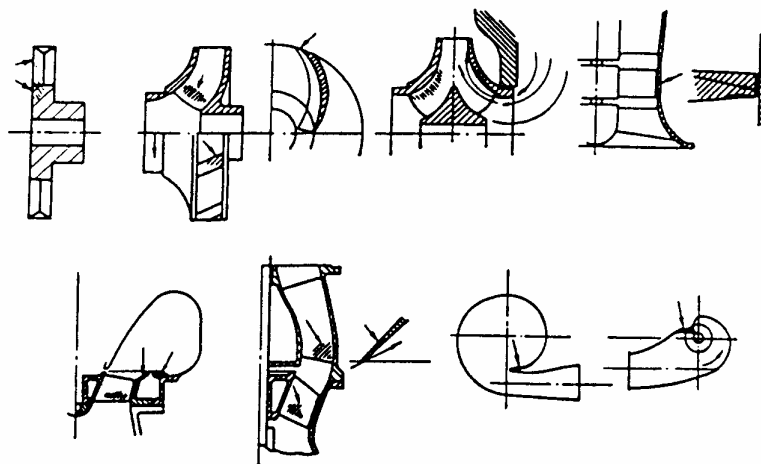
ص: بروز صدمات و خرابی در پروانه و پوسته یک پمپ

تشکیل حباب در هنگام بروز پدیده کاویتاسیون در داخل پروانه پمپ غالباً در قسمت فشار ضعیف تیغه پروانه صورت پذیرفته و بدیهی است هنگامی که این حبابها به مناطقی با فشار زیاد می رسند، وارد شدن فشار بر این حبابها موجب ترکیدن آنها خواهد شد. ترکیدن حبابها همواره با آزاد شدن مقدار زیادی انرژی توأم بوده که همان انرژی نهان تبخیر مایع می باشد که در زمان تبخیر، به مایع داده شده است. انرژی آزاد شده، بر روی سطوحی که حبابها بر روی آن می ترکند نیرو وارد کرده و می تواند باعث کنده شدن ذرات فلز از بدنه پروانه و پوسته گردد. کنده شدن فلز از بدنه پروانه را اصطلاحاً آبله گون شدن (Pitting) می نامند (شکل ۳-۶).



شکل (۳-۶): آبله گون شدن پروانه در اثر پدیده کاویتاسیون

آثار تخریبی کاویتاسیون نه در محل تشکیل حبابها و بلکه در نواحی با فشار بالا که در اثر افزایش فشار، حبابها می ترکند بوقوع می پیوندد. اگر ترکش حبابها در حین جریان مایع بوقوع پیوندد آسیبی به پمپ وارد نمی شود ولی در نزدیکی دیواره قطعات و در اثر پدیده ضربه جت (Jet Impact)، در ابتدای امر فقط سطح قطعه آسیب دیده ولی بمرور زمان در عمق آن نفوذ خواهد کرد. در شکل (۴-۶) نقاطی که می توانند در معرض آسیب دیدگی ناشی از کاویتاسیون قرار گیرند با پیکان نشان داده شده است که شامل تیغه های پروانه اند کی دورتر از لبه هدایت کننده و در قسمت پشتی آن، نقاطی که لقی متحرک (Running Clearance) وجود دارد، قسمت ورودی پروانه جائی که تغییر ناگهانی مسیر جریان بروز می کند و در تیغه های هدایت کننده بعدی بوقوع می پیوندد.



شکل (۴-۶): مکانهای بروز کاویتاسیون در پمپ های گریزازمرکز

لازم به ذکر است که در زمان تعمیرات پمپ ها غالباً مسئولین تعمیرات با خرابی هایی بر روی پروانه و پوسته پمپ مواجه می شوند که در ابتدای امر به نظر می رسد ناشی از بروز پدیده کاویتاسیون می باشد. حال آنکه خرابی های موجود ممکن است ناشی از پدیده خوردگی (Corrosion) و یاسایش (Erosion) و یا مجموعه ازدو یا سه پدیده فوق باشد. شناخت علت خرابی پروانه و پوسته پمپ و یافتن راه حل مناسب برای برطرف کردن و یا جلوگیری از آن اهمیت بسزائی دارد که در قسمتهای بعدی همین بخش مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۶-۶- روشهای غلبه بر کاویتاسیون

پدیده کاویتاسیون هنگامی در پمپ های گریزازمرکز بوقوع می پیوندد که شرایط قسمت مکش (فشار مایع) در حد مطلوب نبوده، به نحوی که مایع قبل از ورود بداخل پروانه (و در مواردی حتی در قسمت های ابتدائی پروانه) به بخار تبدیل نشود. لذا جهت جلوگیری از بروز این پدیده لازم است که شرایط مایع در دهانه ورودی پمپ در حدی باشد که مایع مورد انتقال در طول عبور از مسیر مکش تا قسمت خروجی پروانه به صورت بخار تبدیل نشود. برای این منظور از نظر تئوریک کافی است که NPSHA از NPSHR پمپ در دبی بهره برداری بیشتر باشد. اکثر سازندگان پمپ های

گریز از مرکز توصیه می کنند که جهت اطمینان از بروز پدیده کاویتاسیون بهتر است که NPSHA حداقل ۰.۵ متر از NPSHR بیشتر باشد (رابطه ۳-۶). در بعضی از مراجع توصیه شده است که NPSHA برای آب حدود ۲۰ درصد و برای هیدروکربورها حداقل ۱۰ درصد از NPSHR بیشتر بوده ولی مقدار اختلاف نباید از ۰.۵ متر کمتر باشد.

$$NPSHA \geq NPSHR + 0.5(m) \quad (۳-۶)$$

بهر حال ممکن است شرایطی در سیستم انتقال مایع بوجود آید که عملاً شرایط فوق برقرار نبوده و پمپ در معرض کاویتاسیون قرار گیرد. همانطوری که قبلاً گفته شد NPSH (مورد نیاز و قابل دسترس) مقادیر ثابتی نبوده و خود تابعی از دبی جریان در سیستم می باشند. منحنی تغییرات NPSHA و NPSHR بر حسب دبی، شکلی سهمی گونه دارند. NPSHA با افزایش دبی کاهش یافته (جهت افزایش از دست رفت ناشی از اصطکاک در سیستم)، در عوض NPSHR با افزایش دبی پمپ کاهش می یابد. در شکل (۵-۶) تغییرات NPSHA و NPSHR بر حسب دبی نشان داده شده است.

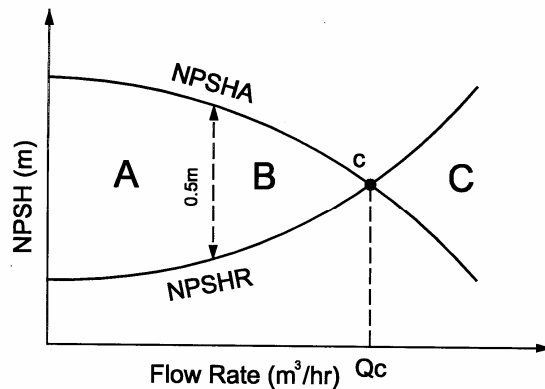
همانطوری که در شکل (۵-۶) مشاهده می شود، بهره برداری از پمپ را می توان به سه منطقه تقسیم کرد. در منطقه (A)، NPSHA به اندازه کافی از NPSHR بیشتر بوده و به همین خاطر می توان آن را منطقه امن بهره برداری نامید. احتمال بروز پدیده کاویتاسیون در مواردی که $Q < Q_A$ باشد تقریباً صفر می باشد. در منطقه B هر چند که $NPSHA > NPSHR$ می باشد، ولی اگر به هر دلیلی در طی بهره برداری از پمپ، NPSHA کاهش یابد (نظیر وجود گرفتگی در مسیر مکش و چشمه پروانه و...)، احتمال بروز کاویتاسیون وجود داشته و به همین خاطر این منطقه را باید منطقه احتیاط در بهره برداری نامید. در منطقه C که در آن $Q \geq Q_C$ می باشد بروز کاویتاسیون قطعی بوده و به همین خاطر بهره برداری از پمپ در شرایط فوق بهیچ عنوان توصیه نمی شود.

برای غلبه بر کاویتاسیون می توان از روش های زیر استفاده کرد:

الف: افزایش NPSHA

ب: کاهش NPSHR

ج: افزایش مقاومت مکانیکی قطعات پمپ در مقابل کاویتاسیون



شکل (۵-۶): منحنی تغییرات NPSHA و NPSHR بر حسب دبی

۶-۷: روشهای افزایش NPSHA

NPSHA جزء مشخصه‌های سیستم و مایع مورد پمپاژ می‌باشد. بنابر این جهت افزایش آن باید در شرایط طراحی و بهره‌برداری از سیستم و مشخصه‌های فیزیکی مایع مورد انتقال تجدید نظر بعمل آورد. بنا بر تعریف NPSHA از رابطه (۴-۶) و در دهانه مکش پمپ محاسبه می‌شود:

ارتفاع سرعتی + ارتفاع معادل فشار بخار مایع - ارتفاع استاتیکی مکش = NPSHA

ارتفاع معادل از دست رفت انرژی در قسمت مکش - اختلاف ارتفاع مایع تا منبع مکش ±

رابطه فوق را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

$$NPSHA = \frac{(P_s - P_v) \times 10.2}{SG} + \frac{V_1^2}{2g} \pm Z - \sum h_L \quad (۴-۶)$$

که در آن:

P_s =	فشار مطلق در منبع مکش	بار
P_v =	فشار بخار مایع در دمای پمپاژ	بار
V_1 =	سرعت مایع در دهانه مکش پمپ	متر بر ثانیه
Z =	اختلاف ارتفاع سطح مایع تا دهانه مکش پمپ	متر
$\sum h_L$	جمع از دست رفت انرژی در لوله مکش	متر
SG =	وزن مخصوص مایع	

تذکر: اگر سطح مایع از دهانه مکش پمپ بالاتر باشد (Head)، علامت Z مثبت بوده و اگر از دهانه مکش پمپ پایین‌تر باشد (Lift)، علامت Z منفی خواهد بود. در حالتی که مایع و دهانه مکش پمپ در یک سطح قرار دارند $Z=0$ می‌باشد. جهت افزایش NPSHA لازم است که در رابطه (۴-۶) مقادیر مثبت افزایش داده شده و یا مقادیر با علامت منفی کاهش داده شود. افزایش NPSHA موجب افزایش هزینه‌های ثابت (هزینه‌های لوله کشی) در سیستم می‌گردد.

۶-۸: روشهای غلبه بر کاویتاسیون از طریق افزایش NPSHA

جهت افزایش NPSHA لازم است که در رابطه (۴-۶) مقادیر منفی را کاهش و یا مقادیر مثبت را افزایش داد. برای این منظور می توان از روشهای زیر استفاده کرد:

الف: افزایش فشار در منبع مکش (P_s)

این روش برای مواردی که پمپ مایع مورد انتقال را از مخزنی بسته دریافت می کند قابل اجراء می باشد. افزایش فشار منبع مکش می تواند با تزریق گاز به بالای سطح مایع و افزایش فشار مایع موجود در منبع به طور مستقیم صورت پذیرد. گاز مورد استفاده باید سازگاری لازم را با مایع مورد انتقال داشته باشد. در شرایط عادی غالباً از هوا و در شرایط خاص (ضرورت خنثی بودن گاز مورد استفاده) عموماً از ازت استفاده می شود.

ب: کاهش فشار بخار مایع از طریق سرد کردن آن

همانطوری که در قسمت (۲-۸) اشاره شد، فشار بخار مایعات تابعی از دمای آن بوده و با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد (و بالعکس). در مواقعی که امکان کاهش درجه حرارت مایع موردانتقال مجاز باشد، با استفاده از مبدل حرارتی و یا تزریق مایع سرد به قسمت مکش پمپ می توان درجه حرارت مایع و در نتیجه فشار بخار آن را کاهش داد.

در صورت استفاده از مبدل حرارتی از آنجائی که عبور مایع مورد انتقال از درون مبدل حرارتی خود باعث کاهش فشار مایع در قسمت مکش پمپ می شود که چندان مطلوب نمی باشد. بنابراین مبدل حرارتی باید طوری طراحی شود که افت فشار مایع بهنگام عبور از آن حتی الامکان کم بوده و در حدی باشد که نتایج حاصل از کاهش دمای مایع را که منجر به کاهش فشار بخار آن می شود خنثی نسازد.

تزریق مایع سرد به مایع مورد انتقال حتی در مقادیر کم می تواند نتایج بسیار مطلوبی را در پی داشته و به همین خاطر در اکثر موارد برای کاهش فشار بخار مایع از این روش استفاده می شود.

ج: بالا بردن سطح مایع در منبع مکش

شاید در نظر اول بالا بردن سطح مایع در منبع مکش جهت افزایش NPSHA راه حل ساده ای بنظر برسد ولی در خیلی از موارد این امر تقریباً غیر ممکن می باشد. مثلاً اگر پمپ برای انتقال آب از رودخانه و یا دریاچه بکار گرفته شود و یا هزینه بالا بردن منبع مکش زیاد باشد، امکان اجراء این دستورالعمل تقریباً غیر ممکن خواهد بود. با این وجود در مواردی که این اقدام عملی باشد، افزایش جزئی ارتفاع سطح مایع ضمن حل مشکل کاویتاسیون این امکان را مهیا می سازد تا بتوان از پمپ ارزانتر و باراندمان بیشتر استفاده کرد که در نهایت منجر به کاهش هزینه خرید، هزینه های بهره برداری (مصرف انرژی) و تعمیرات خواهد شد.

د: پائین بردن پمپ

در اکثر موارد پائین بردن پمپ و کاهش میزان مکش (Lift) و یا افزایش ارتفاع (Head) آسان تر از بالابردن سطح مایع (بندج) می باشد. نتایج حاصل از این اقدام همانند حالت قبل خواهد بود. یک روش جایگزین و مشابه آن استفاده از پمپ های عمودی که پروانه آن در قسمت زیرین پمپ و پائین تر از سطح زمین قرار دارد می باشد. مشکل این روش در روانکاری یاطاقان های پمپ خواهد بود. باید بررسی شود که آیا مایع مورد انتقال قابلیت روانکاری مطلوب یاطاقان ها را دارا می باشد یا خیر؟ امروزه با پیشرفت هایی که در طراحی و انتخاب مواد اولیه یاطاقان ها حاصل شده است مشکل روانکاری یاطاقان ها تقریباً حل شده است. با این وجود نباید انتظار داشت که عمر مفید یاطاقان ها حتی هنگامی که باروغن و یا گریس روانکاری می شوند در حد عمر پمپ باشد. در هر حال این روش موجب افزایش میزان تعمیرات مورد نیاز برای پمپ می گردد.

هـ: کاهش ازدست رفت انرژی در لوله مکش

جریان مایع از منبع مکش تا دهانه چشمه پروانه همواره با از دست رفت انرژی (افت فشار) توأم می باشد. بنابراین هر اقدامی در زمینه کاهش افت فشار ناشی از عبور مایع از درون لوله و اتصالات موجود در مسیر مکش پمپ می تواند در افزایش NPSHA مؤثر واقع گردد که عمده ترین آنها عبارتند از:

۱- کاهش دبی پمپ

۲- کاهش طول مسیر مکش

۳- کاهش تعداد اتصالات

۴- افزایش قطر لوله مکش

۵- استفاده از اتصالات با از دست رفت انرژی کمتر

هریک از اقدامات فوق تأثیری جداگانه در کاهش از دست رفت انرژی در لوله مکش (افزایش NPSHA) باقی می گذارد. از دست ارتفاع در سیستم های لوله کشی با مربع دبی جریان (و یا عبارت صحیحی تر با $Q^{1.85}$) رابطه مستقیم دارد. از سوی دیگر کاهش دبی موجب کاهش NPSHR نیز خواهد شد.

همانطوری که در شکل (۵-۶) مشاهده می شود، با کاهش دبی، فاصله NPSHA از NPSHR زیادتر شده و عملکرد پمپ در جهت بهره برداری با شرایط امن تر هدایت می شود. برای کاهش دبی پمپ می توان از روش های مختلفی نظیر تغییر سرعت دورانی، ایجاد مقاومت در قسمت مکش و یا ایجاد مقاومت در مسیر دهش (استفاده از شیر کنترل دبی) و... استفاده کرد.

ایجاد مقاومت در قسمت مکش (Suction Throttling) هرچند که باعث کاهش دبی جریان در لوله مکش می گردد ولی باتوجه به اینکه خود باعث افزایش افت فشار در لوله مکش می شود روش منطقی نبوده و به هیچ وجه توصیه نمی شود. تغییر سرعت دورانی جهت کاهش دبی پمپ در

صورت قابلیت اجراءِ روش مطمئنی می باشد. ایجاد خفگی در مسیر دهش پمپ جهت کاهش دبی روش ساده ای بوده و لذا جهت حل مقطعی مشکل بروز کاویتاسیون می توان آن را بهترین روش دانست.

البته کاهش دبی خود عوارض جدیدی را بدنبال داشته که عمده ترین آن بروز جریان گردشی در قسمت مکش پمپ می باشد، لذا نباید این روش را به عنوان یک راه حل قطعی تلقی نمود.

کاهش طول مسیر مکش از طریق نزدیک کردن پمپ به منبع مکش هر چند که روی ارتفاع کل مورد نیاز در سیستم تأثیری نمی گذارد ولی باعث کاهش ازدست رفت انرژی در لوله مکش و افزایش NPSHA می گردد. به همین خاطر در طراحی سیستم لوله کشی بویژه در مواردی که احتمال بروز کاویتاسیون زیاد می باشد اکیداً توصیه می شود که پمپ در نزدیک ترین محل نسبت به منبع مکش نصب گردد. تأثیر طول مسیر بر روی افت فشار یک رابطه خطی بوده و لذا میزان ازدست رفت انرژی در لوله مکش با کم کردن طول آن به طور خطی کاهش می یابد.

افزایش قطر لوله و سایر اتصالات موجود در لوله مکش تأثیر زیادی بر روی کاهش ازدست رفت انرژی باقی می گذارد. به طوری که مثلاً با ۲ برابر کردن قطر لوله مکش، میزان افت انرژی در آن حدود ۳۲ برابر (معادل 2^5) کاهش می یابد.

در اکثر سیستم های انتقال حتی در مواردی که احتمال بروز کاویتاسیون کم می باشد توصیه می شود که لوله مکش حدود یک تا دو اندازه (Size)، از لوله دهش بزرگتر در نظر گرفته شود. با کاهش تعداد اتصالات و حذف قطعات غیر ضروری در مسیر مکش می توان NPSHA را افزایش داد. مثلاً باید از پیچ و خم دادن غیر ضروری مسیر مکش خودداری کرد و یا در مواقعی که منبع مکش در پائین تر از دهانه ورودی پمپ قرار دارد نیازی به نصب شیر تعمیراتی (Repair Valve) در لوله مکش نمی باشد.

اتصالات براساس کیفیت طراحی و ساختمان آنها دارای از دست رفت انرژی مختلفی می باشند، مثلاً از دست رفت انرژی در زانوئی شعاع بلند (Long Radius Elbow) در مقایسه با زانوئی استاندارد (Standard Elbow) بسیار کمتر بوده، و یا افت فشار در هنگام عبور مایع از درون شیر کشوئی (Gate Valve) چندین برابر کمتر از شیر توپی (Globe Valve) می باشد. به همین خاطر در انتخاب اتصالات برای نصب در قسمت مکش پمپ ها باید سعی شود از اتصالاتی استفاده شود که از دست رفت انرژی در آن در حداقل ممکن باشد.

و: استفاده از پمپ تقویتی (Booster Pump) در قسمت مکش

این روش بویژه برای مواردی که پمپ اصلی برای اعمال ارتفاع (فشار) زیاد طراحی شده است بسیار مؤثر می باشد، چرا که اجازه می دهد تا پمپ اصلی با سرعت بیشتری کار کرده و همین امر ضمن

کاهش قیمت پمپ اصلی، موجب افزایش راندمان، کاهش تعداد مراحل و افزایش قابلیت اعتماد در سیستم می گردد.

پمپ های تقویتی عموماً پمپ های با سرعت و ارتفاع کم و از نوع یک مرحله ای با NPSHR کم می باشند که با افزایش جزئی فشار مایع، NPSHA در دهانه مکش پمپ اصلی را افزایش می دهند.

۹-۶: روشهای کاهش NPSHR

بر خلاف NPSHA که به ویژگیهای سیستم لوله کشی و خواص فیزیکی مایع بستگی داشت، NPSHR جزء مشخصه های رفتاری پمپ و بویژه پروانه آن می باشد. بنابراین کاهش NPSHR نیازمند به انجام اقداماتی در زمینه بهبود شرایط عملکرد و یا انتخاب پمپ (پروانه) مناسب می باشد.

پمپ های با NPSHR کم غالباً گران و با راندمان کم بوده و پمپ های با سرعت مکش مخصوص (S) بالا را شامل می شود. خریداران پمپ علاقه مندند که منحنی NPSHR با افزایش دبی ناشیب کمتری افزایش یابد. در این قسمت روشهای متداول برای کاهش NPSHR مورد بررسی قرار می گیرد:

الف: کاهش سرعت دورانی

هنگامی که براساس شرایط مورد نیاز در سیستم پمپ انتخاب شده دارای سرعت مخصوص مکش کم است، این امر بمعنی پائین بودن سرعت دورانی پمپ نیز می باشد. با توجه به پائین بودن سرعت دورانی پمپ جهت دست یابی به دبی و ارتفاع مورد نیاز در سیستم ناچاراً باید از پمپ بزرگتر که قطعاً گران نیز خواهد بود استفاده شود. کاهش سرعت دورانی به سهم خود موجب کاهش راندمان پمپ نیز خواهد شد، به همین خاطر این روش از نظر اقتصادی نمی تواند تصمیم مناسبی برای رفع مشکل کاویتاسیون در سیستم باشد.

البته اگر شرایط پوسته پمپ اجازه دهد می توان عوارض ناشی از کاهش دورانی روی دبی و ارتفاع را به کمک افزایش قطر پروانه جبران کرد.

ب: استفاده از پروانه با دو مکش

عموماً برای مواردی که دبی مورد نیاز در سیستم زیاد باشد، ترجیح داده می شود که از پمپ هایی با پروانه

دو مکش استفاده شود. این اقدام باعث کاهش سرعت جریان مایع به درون پروانه و نهایتاً کاهش NPSHR می گردد.

ج: استفاده از پروانه با چشمه (Eye) وسیع تر

افزایش سطح جریان مایع به درون پروانه (Eye Area) موجب کاهش NPSHR می گردد. چرا که با توجه به ثابت نگهداشتن دبی، افزایش سطح مقطع باعث کاهش سرعت جریان مایع به درون پروانه می شود. هرچند که این اقدام تأثیر چندانی روی عملکرد پمپ در نزدیکی BEP نمی گذارد ولی

هنگامی که دبی پمپ از BEP کمتر باشد، این اقدام می تواند باعث افزایش سرو صدا، بروز موج (Surge) هیدرولیکی و سایش زودرس پروانه شود.

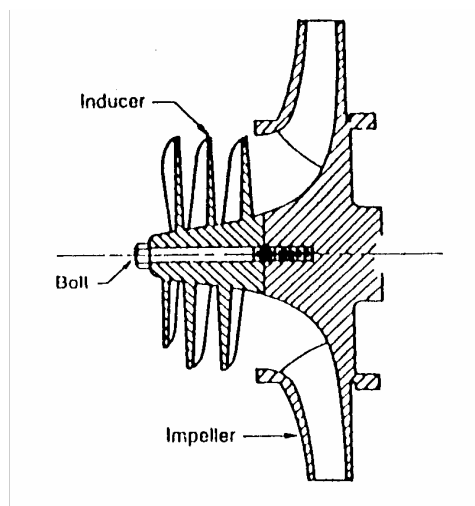
در هر حال این اقدام می تواند عوارض جانبی بدنبال داشته و حتی الامکان باید از بکارگیری از این روش خودداری شود. در پمپ های چند طبقه، فقط تغییر دهانه پروانه مرحله اول توصیه می شود و تغییر چشمه پروانه مراحل بعدی تأثیری بر روی NPSHR نمی گذارد.

د: استفاده از پمپ بزرگتر (Oversizing)

از آنجائی که NPSHR در یک خانواده از پمپ های گریزازمرکز با بزرگ شدن ابعاد پمپ، کاهش می یابد، در موارد خاصی برای حل مشکل کاویتاسیون و کاهش NPSHR ترجیح داده می شود که از پمپ بزرگتر استفاده شود. البته باید توجه داشت که در اکثر ماشین آلات صنعتی (بویژه پمپ های گریزازمرکز)، باید سعی شود که مشخصات رفتاری ماشین با سیستم بهره برداری نزدیکی قابل قبول را داشته باشد. مغایرت بین شرایط بهره برداری و شرایط طراحی ماشین غالباً با عوارض نامطلوبی توأم بوده که در زمینه استفاده از پمپ بزرگتر جهت حل مشکل کاویتاسیون، نباید از افزایش قیمت پمپ، کاهش راندمان و خرابی های ناشی از بهره برداری از پمپ در ظرفیت های پائین غفلت کرد. عوارض مربوط به این تصمیم گیری همانند بزرگ کردن دهانه چشمه پروانه می باشد.

ه: استفاده از پیش ران Inducer

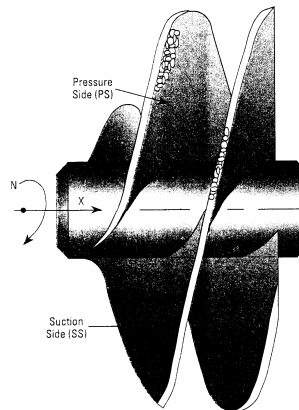
پیش ران پروانه ای با ارتفاع کم (Low Head) از نوع جریان محوری با تعداد کمی تیغه (بین ۲ تا ۴ عدد) بوده که در جلوی پروانه اصلی نصب می شود. شکل (۶-۶).



شکل (۶-۶): بکارگیری از پیش ران در پمپ های گریزازمرکز

در شکل (۶-۷) تشکیل حباب بر روی یک پیش ران نشان داده شده است. NPSHR پیش ران در مقایسه با پروانه اصلی کم بوده و لی در عوض با افزایش جزئی فشار مایعی که بسمت پروانه اصلی در جریان است، NPSHR مجموعه پروانه اصلی و پیش ران را کاهش می دهد. بنابراین پیش ران می تواند یک پمپ تقویتی جهت تأمین NPSHR پمپ اصلی تلقی کرد. کاهش NPSHR پمپ این امکان

را مهیا می سازد تا بتوان از پمپ اصلی در سرعت های بالاتر بهره برداری کرد. طراحی صحیح پیش ران باعث می شود تا NPSHR پمپ حتی تا میزان ۵۰ درصد کاهش یابد.



شکل (۷-۶): تشکیل حباب بر روی یک پیش ران

هر چند که راندمان پیش ران چندان بالا نمی باشد ولی با این وجود تأثیر نامطلوب چندانی بر روی راندمان پمپ اصلی نمی گذارد. بکارگیری از پیش ران ممکن است نتواند عملاً امکان بروز کاویتاسیون در پمپ را منتفی سازد ولی در خیلی از موارد باعث می شود تا حبابهایی که در اثر جوشش مایع مورد انتقال در لوله مکش ایجاد شده اند در اثر افزایش فشار حاصل از کارکرد پیش ران در بیرون از پوسته پمپ و بر روی پیش ران تر کیده و مانع از آسیب دیدگی قطعات پمپ اصلی گردد. به همین خاطر در انتخاب ماده اولیه برای ساخت پیش ران سعی می شود که از فولادهای آلیاژی مقاوم در مقابل کاویتاسیون استفاده شود.

در هنگام بکارگیری از پیش ران باید دقت شود که لوله مکش در قسمت دهانه پمپ حداقل به اندازه ۱۰-۵ برابر قطر لوله مکش مستقیم و فاقد هر گونه اتصالی باشد.

لازم به ذکر است که استفاده از پیش ران باعث می شود تا در دبی های زیاد، NPSHR بشدت افزایش یافته و به همین خاطر بهره برداری از پمپ مجهز به پیش ران در دبی زیاد مجاز نمی باشد.

این امر برای دبی های کم نیز صادق است. بنابراین پیش ران فقط در یک دامنه محدودی از دبی قابل دسترس توسط پمپ می تواند باعث کاهش NPSHR گردیده و در خارج از این محدوده نه تنها باعث کاهش NPSHR نمی شود بلکه حتی موجب افزایش آن شده و همین امر موجب محدودیت در بکارگیری آن می گردد.

جهت جلوگیری از گرفتگی مسیر جریان مایع بلحاظ حضور حباب در آن، غالباً پیش ران برای حدود ۲،۳-۱،۵ برابر ظرفیت طراحی پمپ ساخته می شود.

و: استفاده از چند پمپ کوچکتر به صورت موازی

اساساً NPSHR مورد نیاز برای پمپ های کوچک در مقایسه با پمپ های بزرگتر که دارای سرعت دورانی یکسان هستند، کمتر می باشد. استفاده از این ویژگی ها و بهره برداری از چند پمپ کوچک

بجای یک پمپ بزرگتر که به صورت موازی کار می کنند باعث افزایش هزینه های سرمایه ای، تعمیر و نگهداری و بهره برداری می شود. ولی در خیلی از موارد استفاده از سه پمپ که ۲ تای آن در حال کار و دیگری به صورت یدکی در یک سیستم بجای یک پمپ بزرگتر نصب شده اند و یا اینکه اصلاً پمپ یدکی در سیستم نصب نشده باشد (در سیستم هایی که کاهش دبی پمپ چندان بحرانی نیست)، چندان باعث افزایش هزینه های سیستم انتقال مایع نمی گردد.

از سوی دیگر اساساً در سیستم هایی که تغییرات دبی در طول سال زیاد باشد بهتر است که بجای یک پمپ بزرگ از دو یا چند پمپ کوچکتر جهت سازگاری سیستم پمپاژ با سیستم مصرف کننده استفاده شود. این روش ضمن حل مشکل کاویتاسیون (کاهش NPSHR)، باعث کاهش مصرف انرژی و هزینه های تعمیراتی می گردد.

هـ: تغییر زاویه و تعداد تیغه ها

برای پمپ های تغذیه دیگ بخار که دمای مایع زیاد می باشد، سعی می شود که پروانه های مورد استفاده در آن طوری طراحی گردد که زاویه جریان مایع در آن کم بوده (کمتر از ۱۰ درجه)، تعداد تیغه های آن حتی الامکان کم (حداکثر ۴ تیغه) و عرض تیغه ها باریک باشد.

کاهش تعداد تیغه ها و باریک کردن آن باعث افزایش سطح آزاد جریان مایع در پروانه و کاهش امکان گرفتگی در مسیر جریان مایع در پروانه می گردد. کاهش زاویه ورودی مایع به درون پروانه و افزایش قطر چشمه پروانه باعث محدودیت در بهره برداری از پمپ در ظرفیت های کمتر از ۵۰ درصد ظرفیت طراحی می شود.

همانطوری که قبلاً گفته شد، NPSHR را می توان ارتفاع مورد نیاز جهت غلبه بر از دست رفت انرژی ناشی از اصطکاک در هنگام عبور از درون پروانه تعریف کرد. بدیهی است با افزایش سطح آزاد جریان مایع در پروانه، سرعت عبور مایع در پروانه کاهش یافته که بنوبه خود موجب کاهش از دست رفت انرژی ناشی از اصطکاک گردیده که این امر در واقع همان کاهش NPSHR می باشد.

۱۰-۶: مقاومت در مقابل کاویتاسیون

با وجود تدابیر متعددی که جهت غلبه بر کاویتاسیون پیش بینی شده و در قسمت های قبل مورد اشاره قرار گرفت، باز هم احتمال بروز این پدیده در پمپ های گریز از مرکز وجود دارد. محدودیت های موجود در سیستم و طراحی پمپ ممکن است به نحوی باشد که بنا به دلایلی، بکارگیری از هریک از روش های قبلی غیر ممکن بوده و یا اثر بخش نباشد. لذا در قدم آخر ناچاراً باید قابلیت پایداری پروانه و سایر قسمت های پمپ که در معرض آسیب دیدگی قرار دارند را افزایش داد. برای این منظور می توان بدوروش زیر اشاره کرد:

الف: انتخاب مواد اولیه با مقاومت مطلوب در مقابل کاویتاسیون

فلزات و آلیاژهای فلزی بخاطر داشتن خواص مکانیکی و متالورژی متفاوت در مقابل پدیده کاویتاسیون دارای قابلیت‌های متفاوتی بوده و به همین خاطر میزان فرسایش آنها در مقابل این پدیده یکسان نمی‌باشد.

براین اساس طی آزمایشات متعددی که بر روی فلزات و آلیاژهای مختلف در مقابل پدیده کاویتاسیون صورت پذیرفته، برحسب شدت کاویتاسیون و خواص فیزیکی مایع مورد انتقال می‌توان از مواد اولیه مناسب برای ساخت قطعاتی که در معرض این پدیده قرار دارند (نظیر پروانه و پوسته پمپ) استفاده کرد.

بدیهی است که این روش هیچگونه تأثیری بر بروز این پدیده نداشته و فقط عمر مفید قطعات را در مقابل کاویتاسیون افزایش می‌دهد. آزمایشات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که افزایش سختی، صیقلی بودن سطوح، مقاومت در مقابل پدیده خستگی می‌تواند در نیل به این هدف مفید واقع گردد. در جدول (۱-۶) مقاومت آلیاژهای مختلف در مقابل کاویتاسیون براساس میزان ازدست رفت وزن قطعاتی که بمدت ۲ ساعت در معرض کاویتاسیون قرار داده شده اند ارائه گردیده است.

ب: افزایش مقاومت قطعات بروش روکش دادن (Coating)

روش دیگر جهت افزایش مقاومت قطعات در مقابل عوارض ناشی از کاویتاسیون روکش دادن با مواد اولیه مناسب و مقاوم در مقابل فرسایش ناشی از کاویتاسیون می‌باشد. در جدول (۲-۶) میزان فرسایش ناشی از کاویتاسیون در تعدادی از ترکیبات الاستومری که در دوره‌های زمانی مختلف در معرض پدیده کاویتاسیون قرار داده شده اند و قابلیت مقاومت مکانیکی آنها در مقابل این پدیده نشان داده شده است.

۱۱-۶: بروز همزمان کاویتاسیون با خوردگی و یا فرسایش در پمپ‌های گریزازمرکز

در قسمت‌های قبلی این بخش تأثیرات نامطلوب پدیده کاویتاسیون بر عملکرد پمپ‌های گریزازمرکز و آسیب‌های وارده بر قطعات داخلی پمپ نظیر پروانه و پوسته مورد بررسی قرار گرفت. ولی گاهی اوقات حضور ذرات جامد و یا خورنده بودن (Corrosive) مایع مورد انتقال می‌تواند باعث تغییراتی در نحوه تأثیر گذاری هر یک از پدیده‌های فوق بر روی قطعات داخلی پمپ گردد. از سوی دیگر بارها مشاهده شده، بسیاری از افرادی که در زمینه نحوه تأثیر گذاری هر یک از پدیده‌های فوق بر روی ساختار مکانیکی و متالورژی قطعات تجربه و تبحر کافی را ندارند در تشخیص عامل تخریب کننده (کاویتاسیون، فرسایش یا خوردگی) دچار اشتباه شده و همین امر باعث اتخاذ تصمیمات نامناسب در حل مشکل می‌گردد.

Cavitation Erosion Resistance of Metals

Alloy	Magnetostriction weight loss after 2 h, mg
Rolled stellite ^a	0.6
Welded aluminum bronze	3.2
Cast aluminum bronze	5.8
Welded stainless steel (2 layers, 17 Cr-7 Ni)	6.0
Hot rolled stainless steel (26 Cr-13 Ni)	8.0
Tempered rolled stainless steel (12 Cr)	9.0
Cast stainless steel (18 Cr-8 Ni)	13.0
Cast stainless steel (12 Cr)	20.0
Cast manganese bronze	80.0
Welded mild steel	97.0
Plate steel	98.0
Cast steel	105.0
Aluminum	124.0
Brass	156.0
Cast iron	224.0

^aDespite the high resistance of this material to cavitation damage, it is not suitable for ordinary use because of its comparatively high cost and the difficulty encountered in machining and grinding

جدول (۱-۶): مقاومت آلیاژهای فلزی در مقابل فرسایش ناشی از کاویتاسیون

بدیهی است که این اقدامات نه تنها باعث رفع مشکل نخواهد شد بلکه حتی در مواردی می‌تواند موجب بروز عوارض جدید بر عملکرد پمپ و ساختار قطعات داخلی آن گردد. در این بخش سعی شده است تا ضمن بررسی عوارض هریک از پدیده‌های فوق بر روی ساختار مکانیکی، متالورژی و هیدرولیکی پمپ به‌طور جداگانه، تأثیر همزمان پدیده‌های فوق در کنار هم و به‌صورت دوجه دو نیز مورد بررسی قرار گیرد. جهت نتیجه گیری مطلوب نخست لازم است تأثیر دو پدیده فرسایش و خوردگی هر یک به‌طور مجزا مورد اشاره قرار گرفته و آنگاه عوارض ناشی از بروز همزمان آنها به‌صورت دو بدو مورد بررسی قرار گیرد.

الف: فرسایش Erosion

با توجه با بالا بودن نسبی سرعت جریان مایع در پروانه و پوسته پمپ و شتاب حاصل از عملکرد پروانه در جهت افزایش انرژی جنبشی مایع، در صورت حضور ذرات جامد در مایع مورد انتقال و بویژه وقتی که این ذرات دارای قابلیت‌های فرسایشی زیاد باشند، باعث بروز فرسایش در پروانه و پوسته پمپ خواهند شد. پروانه و پوسته در اثر سایش و کنده شدن ذرات آن که به‌مراه مایع از پمپ خارج می‌شود بتدریج دچار تغییر حالت مکانیکی گردیده و عملکرد پمپ را تحت الشعاع قرار خواهد داد.

کاهش ضخامت و ارتفاع تیغه در امر انتقال انرژی جنبشی به مایع تأثیر نامطلوب خواهد گذاشت. میزان لقی مجاز در بین قطعات افزایش یافته که به‌سهم خود بر رفتار هیدرولیکی پمپ (ارتفاع و دبی) تأثیر نامطلوب می‌گذارد. چرا که در هر حال به‌م خوردن شرایط طراحی پمپ در اثر افزایش لقی‌ها باعث افزایش عوارض ناشی از جریان گردشی در پمپ خواهد شد. فرسایش در پروانه باعث

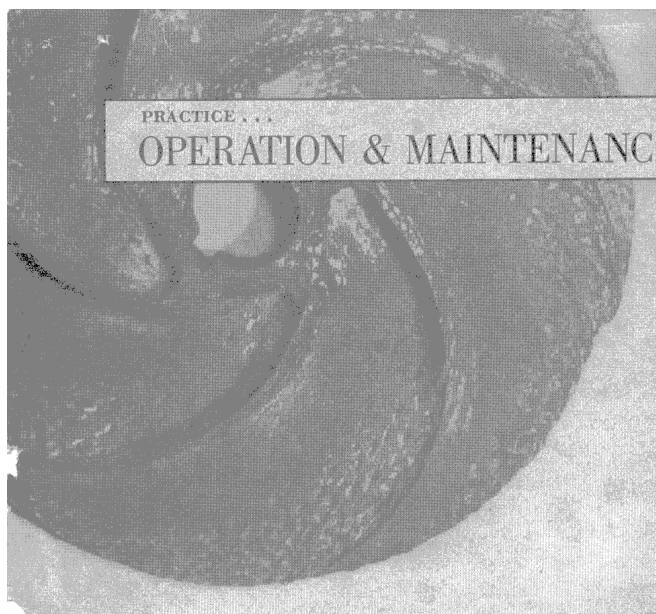
می شود تا شکل ظاهری آن به صورت صیقلی در آمده و در نقاطی نیز ممکن است حالت کنده شدن را داشته باشد. در شکل (۸-۶) نمونه ای از یک پروانه که در اثر فرسایش دچار آسیب دیدگی گردیده نشان داده شده است.

Cavitation Erosion Resistance of Elastomeric Coatings

Material	Subtype	Thickness of coating in rotating-disk cavitation tests, in (mm)	Cavitation test exposure period, h	Degree of erosion after exposure period, 150 ft/s (45.7 m/s)
Neoprene solvent base, brush-applied	A	0.030(0.76)	24	Slight
	B	0.025(0.64)	17	Slight
Neoprene, cured sheet, cold-bonded	...	0.062(1.57)	14	None
Neoprene, in situ cured and bonded	...	0.060(1.52)	10 1/2	None
Polyurethane, liquid	A	0.062(1.57)	12	Slight
	B	0.018(0.46)	12	Severe
	C	0.062(1.57)	12	None
Polyurethane, cured sheet, cold-bonded	A	0.060(1.52)	14	None
	B	0.062(1.57)	12	Severe
Polysulfide, liquid	...	0.062(1.57)	12	Severe
Polysiloxane, liquid	...	0.062(1.57)	7	Severe
Butyl, cured sheet, cold-bonded	...	0.060(1.52)	2 1/2	Severe
Butyl, in situ cured and bonded	...	0.060(1.52)	12	Severe
Cis-polybutadiene(98%) cured sheet, cold bonded	...	0.060(1.52)	10	None
Polybutadiene (polysulfide modified) in situ cured and bonded	...	0.060(1.52)	13	Severe
Styrene-butadiene copolymer, in situ cured and bonded (SBR)	...	0.060(1.52)	24	None
Natural rubber, cured sheet, cold-bonded	...	0.062(1.57)	10	None
Natural rubber, in situ cured and bonded	...	0.060(1.52)	16	Severe

جدول (۲-۶): مقایسه مقاومت ترکیبات الاستومری در مقابل فرسایش ناشی از کاویتاسیون

وضعیت فرورفتگی ناشی از فرسایش طوری است که اولاً در قسمت لبه فرورفتگی حالت صیقلی داشته (برخلاف کاویتاسیون که در اثر کنده شدن ذرات فلز و تشکیل حفره Pitting، حفره ها دارای لبه ای تیز و برنده نظیر سنگ پا می باشند)، ثانیاً فرورفتگی در نقاطی که سرعت مایع بیشتر است عمیق تر خواهد بود. آرایش فرورفتگی به نحوی است که در راستای جریان مایع دارای نظم خاصی بوده و همانند یک خط راهنما مسیر جریان مایع در پروانه را نشان می دهند. در عوض در نقاطی که جریان مایع در پروانه دچار تغییرات موضعی می گردد، نظیر نقاط نزدیک به پیچ هواگیری و یا سوراخ تخلیه پمپ (Drain Hole)، حفره ها چندان چشمگیر نخواهد بود.



Erosion . . .

. . . pumping vanes of this impeller were virtually washed away. Note the gouging caused by the abrasive fluid. Strange as it seems, this pump still was the most economical for handling this slurry.

(۶-۸): تأثیر فرسایش بر روی پروانه یک پمپ گریزازمرکز

فرسایش، حاصل عملکرد سایشی ذرات موجود در مایع بوده که همانند شن پاشی (Sandblast) باعث سائیدگی پروانه می شود. شدت فرسایش به عوامل متعددی نظیر تیزی، وزن، اندازه، غلظت و سرعت جریان مواد جامد فرساینده در مایع مورد انتقال بستگی دارد.

البته ذکر این نکته نیز ضروری است که با وجود تمامی عوارض نامطلوبی که در اثر حضور ذرات جامد عاید پمپ های گریزازمرکز می شود، بازهم این پمپ ها جزء مناسب ترین پمپ برای انتقال مایعات حاوی ذرات جامد می باشند. به همین خاطر توصیه می شود در صورت بکارگیری از پمپ های گریزاز مرکز برای انتقال مایعات حاوی ذرات جامد، در انتخاب مواد اولیه مورد استفاده در ساخت قطعات داخلی پمپ (پروانه، پوسته، شافت و غلاف آن) دقت لازم را بکار برده و شرایط بهره برداری از پمپ (سرعت جریان مایع)

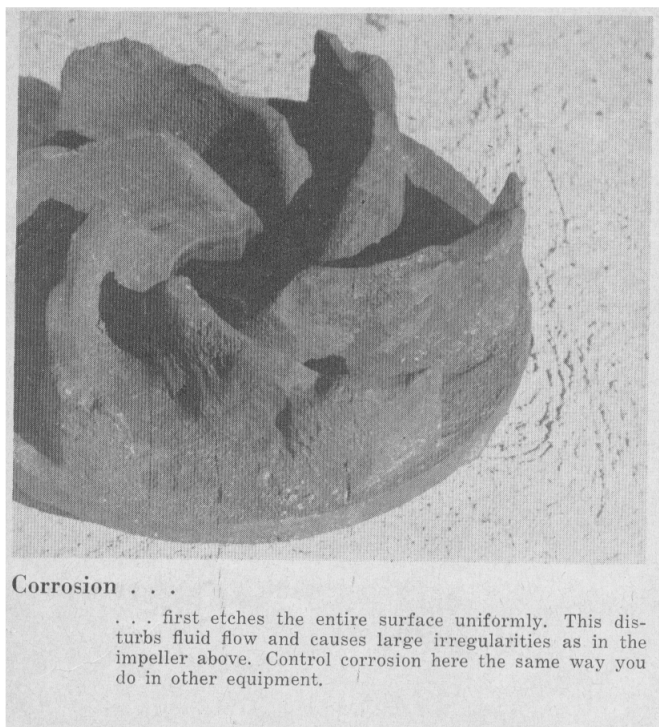
طوری انتخاب شود که صدمات ناشی از فرسایش به حداقل ممکن کاهش یابد.

بر حسب درصد مواد جامد می توان از پروانه های نیمه بسته و یا باز استفاده کرد و با انتخاب پروانه بزرگتر و کاهش سرعت دورانی پمپ، ضمن حفظ دبی و ارتفاع مورد نیاز (رجوع شود به قانون تشابه) سرعت جریان مایع در پروانه را کاهش داد.

ب: خوردگی Corrosion

بروز پدیده خوردگی در قطعات داخلی پمپ به خواص شیمیائی (pH) مایع مورد انتقال بستگی داشته ولی شدت تأثیر آن به مقاومت شیمیائی آلیاژ بکار برده شده در ساخت قطعات پمپ نیز مربوط می شود.

تغییرات ظاهری قطعات در اثر پدیده خوردگی شکلی یکنواخت داشته و شرایط موضعی قطعات تأثیر چندانی بر کیفیت خوردگی نمی گذارد (شکل ۹-۶).



شکل (۹-۶): تأثیر پدیده خوردگی پروانه

شکل ظاهری پروانه طوری تغییر می کند که بنظر می رسد پروانه توسط جریانی از مایع شستشو داده شده است. بویژه هنگامی که مایع حاوی مقداری ذرات جامد باشد حالت فوق بیشتر مشهود خواهد بود.

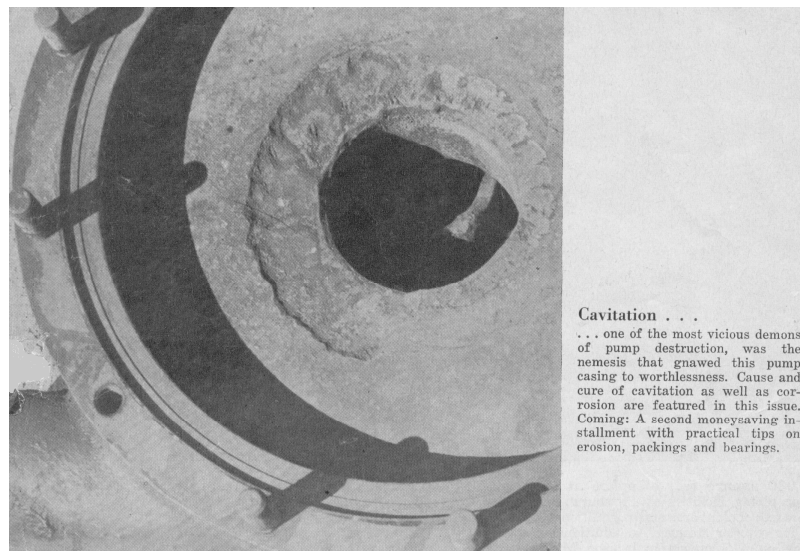
اساساً اگر خوردگی تنها علت جدا شدن ذرات فلز از بدنه قطعه اصلی باشد، بارگیری از قطعه شکلی یکنواخت داشته، نقش و نگار قطعه به طور یکنواخت تغییر کرده، برآمدگی و یا فرورفتگی آنها حالت کریستالی داشته، حفره ها با عمقی یکنواخت در تمامی قسمت های داخلی پمپ مشاهده می شود. بررسی سطح فلز به کمک میکروسکوپ، حالتی قلم کاری شدن را بر روی آن نشان می دهد. جهت مقابله با عوارض ناشی از خوردگی می توان از روش های معمولی نظیر کنترل pH مایع، حفاظت کاتودیک، روئین کردن (Passivation)، استفاده از مواد باز دارنده خوردگی (Corrosion Inhibitors)، پوشش دادن و در بهترین حالت انتخاب مواد اولیه مناسب که مقاومت لازم را در مقابل خوردگی دارا می باشند استفاده کرد.

پدیده خوردگی عموماً با تشکیل لایه ای از محصولات حاصل از فرآیند شیمیائی خوردگی توأم بوده که موجب محافظت سطح قطعه می شود. ولی از آنجائی که در اغلب پمپ های گریز از مرکز سرعت جریان مایع زیاد می باشد، لایه حفاظتی ممکن است توسط جریان مایع سائیده شده و از بین برود. به همین خاطر همواره سطح بدون حفاظت فلز در معرض خوردگی قرار داشته و در نتیجه پدیده خوردگی در پمپ های گریز از مرکز در مقایسه با سایر موارد که مایع خورنده در وضعیت ایستا قرار دارد با سرعت بیشتری سطح فلز را دچار خوردگی می نماید. بنابراین آزمایش خوردگی

فلزاتی که جهت ساخت قطعات داخلی پمپ مورد استفاده قرار می گیرند باید در شرایط بهره برداری (جریان مایع از روی سطح فلز مشابه با سرعت معادل جریان مایع در پمپ) صورت پذیرد. سایر عوامل مؤثر در خوردگی نظیر در صدمات جامد، pH، حضور حباب های هوا، درجه حرارت، کیفیت اختلاط و... نیز باید در زمان آزمایش، مشابه شرایط واقعی درون پمپ باشد. خوردگی گالوانیکی (Galvanic Corrosion) می تواند در داخل پمپ صورت پذیرد. به عنوان مثال نباید لوله هایی که از سرب ساخته شده اند به بدنه پمپ که از جنس فولاد ضد زنگ می باشد متصل شود.

ج: کاویتاسیون

بروز کاویتاسیون و عوارض ناشی از آن به طور مفصل در قسمت های مختلف این بخش مورد بررسی قرار گرفت. با این وجود شاید بعلت اهمیت این پدیده و احتمال اشتباه در تشخیص آن با سایر پدیده ها نظیر فرسایش و خوردگی ذکر نکاتی چند ضروری باشد.



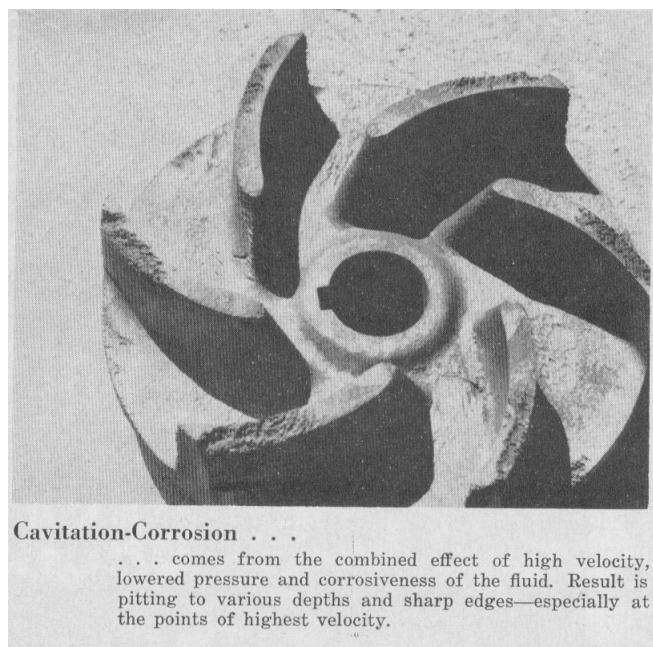
شکل (۱۰-۶): تأثیر کاویتاسیون بر روی دهانه ورودی پوسته یک پمپ گریز از مرکز

بروز کاویتاسیون و عوارض تخریبی آن بر روی قطعات داخلی پمپ همواره با نشانه های دیگری نظیر کاهش دبی، افزایش لرزش، ایجاد سروصدا و... توأم می باشد. اما از نظر بازرسی های عینی باید دقت شود که حفره های ایجاد شده در اثر ترکش حبابها غالباً دارای لبه های تیزی بوده (وجه تفاوت با حفره های ناشی از خوردگی و فرسایش ناشی از سائیدگی) و در نقاطی که فشار مایع کم می باشد نظیر چشمه پروانه، دهانه مکش پوسته و یا قسمت پشتی و حتی دنباله لبه تیغه های پروانه مشاهده می شود.

در شکل (۱۰-۶) پوسته یک پمپ گریز از مرکز که در اثر کاویتاسیون در قسمت دهانه ورودی دچار آسیب دیدگی گردیده نشان داده شده است.

د: تأثیر متقابل کاویتاسیون و خوردگی

اگر پدیده خوردگی در نقاطی که فشار مایع نیز کمتر از فشار بخار مایع در دمای پمپاژ می باشد بوقوع بپیوندد، انگار که حبابهای گاز حل شده از درون محلول خارج شده و قادر به تشدید عوارض ناشی از خوردگی خواهند بود. در شکل (۱۱-۶) پروانه ای که به طور همزمان در معرض دو پدیده کاویتاسیون و خوردگی قرار گرفته نشان داده شده است.



شکل (۱۱-۶): تأثیر کاویتاسیون و خوردگی بر روی پروانه یک پمپ گریزازمرکز

پروانه فوق مایعی با قابلیت خوردگی زیاد را منتقل نموده و افت فشار در آن نیز بلحاظ بالا بودن سرعت مایع زیاد می باشد. بروز خوردگی بلحاظ ماهیت مایع و پدیده کاویتاسیون در اثر افت فشار موضعی تا فشار کمتر از فشار بخار مایع باعث تشکیل حفره هایی با عمق متفاوت و لبه های تیز بویژه در نقاطی که دارای بیشترین سرعت می باشد، مشهود است.

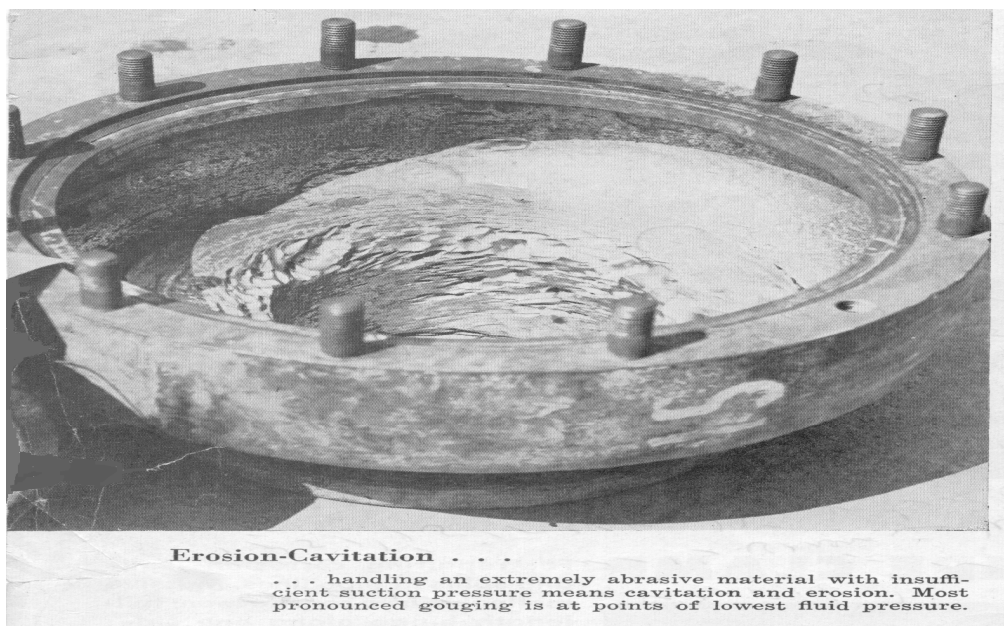
هـ: تأثیر متقابل کاویتاسیون و سایش در پمپ های گریزازمرکز

انتقال مایعات حاوی ذرات جامد با شرایط نامطلوب در قسمت مکش پمپ موجب بروز همزمان سایش و کاویتاسیون در قطعات داخلی پمپ می گردد. در چنین مواردی سایش یکنواخت در اثر حضور ذرات جامد در قطعات داخلی پمپ مشاهده می شود. با این تفاوت که در نقاطی که سرعت مایع زیاد تر باشد، میزان فرسایش افزایش یافته و در کنار آن در قسمت هایی از مسیر مایع که فشار مایع از فشار بخار آن در دمای پمپاژ کمتر باشد، بجهت بروز کاویتاسیون، حفره هایی با عمق بیشتر ملاحظه خواهد شد (شکل ۱۲-۶).

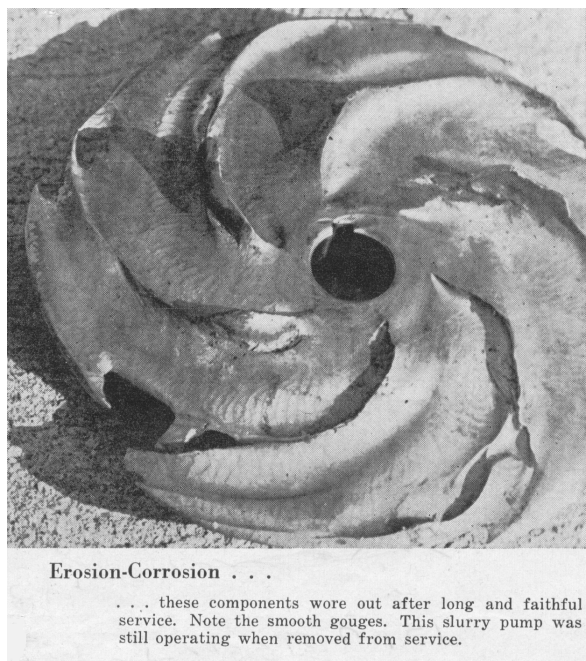
و: بروز همزمان خوردگی و فرسایش در پمپ های گریزازمرکز

خوردگی و فرسایش هر دو قابلیت تخریب قطعات داخلی پمپ را دارا می باشند، که در این میان خوردگی به خواص شیمیائی مایع مربوط بوده و به همین خاطر تأثیر آن در قسمت های مختلف قطعات داخلی پمپ (نظیر پروانه) یکسان می باشد. در عوض بروز سایش به وجود ذرات جامد در

مایع مورد پمپاژ ارتباط داشته و جدا از ویژگی‌های این ذرات، به سرعت موضعی جریان مایع در داخل پمپ نیز مربوط می‌باشد. بدیهی است که فرسایش در قسمت‌های مختلف پروانه یکسان نبوده و بروز همزمان دو پدیده فوق در پمپ (بویژه در پروانه) موجب تسریع فرسایش قطعات پمپ می‌گردد. از سوی دیگر وجود پدیده فرسایش باعث می‌شود تا لایه‌های مقاوم در مقابل خوردگی بسرعت از بین رفته و سرعت خرابی ناشی از خوردگی نیز شدت یابد که این امر تشدید مجدد درمیزان خرابی پروانه را بدنبال خواهد داشت. در شکل (۱۳-۶) نمونه ای از یک پروانه که به‌صورت همزمان در معرض پدیده خوردگی و فرسایش قرار گرفته نشان داده شده است.



شکل (۱۲-۶): تأثیر بروز همزمان کاویتاسیون و سایش در پروانه



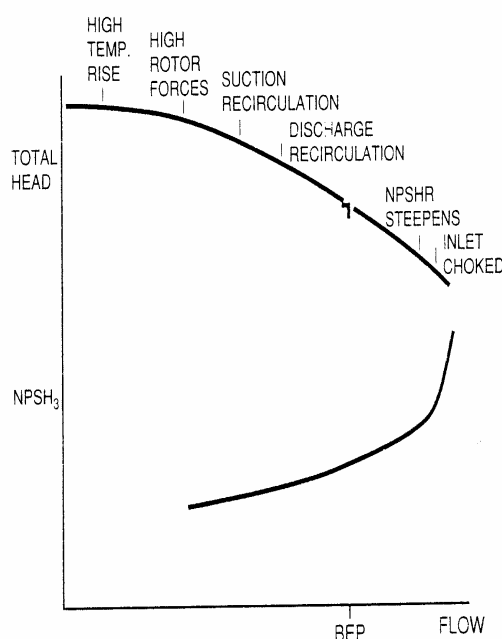
شکل (۱۳-۶): تأثیر پدیده‌های فرسایش و خوردگی بر روی پروانه یک پمپ گریز از مرکز

فصل هفتم: عوارض بهره‌برداری از پمپ در شرایط مغایر با طراحی

۷-۱: مقدمه

از نظر تئوریک، اگر $NPSHA$ از $NPSHR$ بیشتر باشد، پمپ گریز از مرکز قادر است که در یک دامنه وسیعی از دبی کار کند. از طرفی همانطوری که قبلاً گفته شد، نقطه کار عبارت است از محل تلاقی منحنی مشخصه سیستم با منحنی مشخصه پمپ. نقطه کار را می توان بطرق مختلفی که در قسمت روشهای کنترل ظرفیت بدان اشاره خواهد شد، تغییر داد.

با توجه به تعریف نقطه بهترین راندمان (BEP)، اکیداً توصیه می شود که نقطه کار پمپ به (BEP) نزدیک باشد. بهره برداری از پمپ در شرایطی دور از (BEP)، می تواند باعث کاهش راندمان پمپ و بروز عوارض و مشکلات متعددی در آن گردد. بهره برداری از پمپ در شرایط خارج از (BEP)، یعنی بکارگیری از پمپ در ظرفیت کمتر و یا بیشتر از دبی (BEP). در شکل (۷-۱) مشکلات مربوط به بهره برداری از پمپ در ظرفیت های کمتر و یا بیشتر از ظرفیت (BEP) نشان داده شده است.



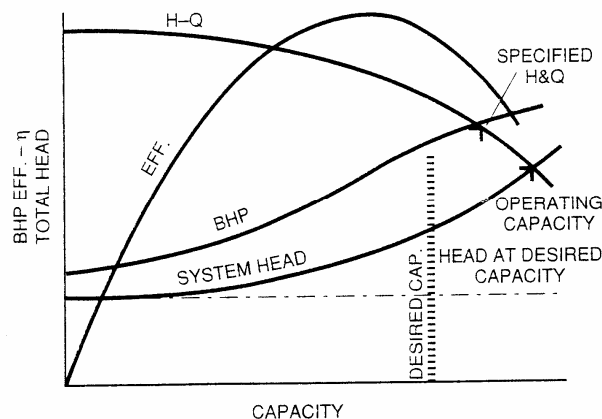
شکل (۷-۱): مشکلات مربوط به بهره برداری از پمپ در شرایط مغایر با (BEP)

۷-۲: بهره برداری در دبی زیاد

بهره برداری از پمپ در دبی بالاتر از (BEP) می تواند ناشی از ۲ علت زیر باشد:

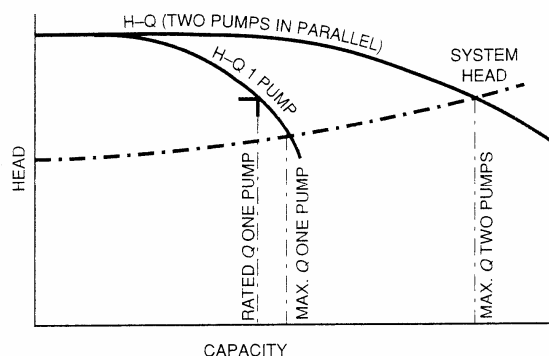
اگر ارتفاع واقعی نقطه کار، از ارتفاع پیش بینی شده در انتخاب پمپ کمتر باشد، قطعاً منحنی مشخصه سیستم، منحنی مشخصه پمپ را در دبی بیشتر از دبی مورد انتظار قطع خواهد کرد. در چنین حالتی اگر سیستم پمپاژ مجهز به وسائل کنترل دبی باشد، قطعاً انجام اقداماتی توسط سیستم کنترل (نظیر بستن شیر خروجی) دبی جریان به دبی مورد نظر کاهش داده می شود.

بدیهی است اگر پمپ از نوع جریان شعاعی باشد. این عمل منجر به از دست رفت مقداری انرژی در سیستم می گردد. در مواردی که سیستم فاقد وسائل کنترل دبی باشد، ناچاراً پمپ با ظرفیتی بیشتر از دبی مورد نظر کار کرده و در مواقعی این امر می تواند موجب بروز مشکلاتی نظیر کاویتاسیون، وارد شدن بار اضافی بر الکتروموتور و ... گردد. شکل (۷-۲)



شکل (۷-۲): تأثیر پائین بودن ارتفاع بر عملکرد پمپ

مورد دوم مربوط به مواقعی است که دو یا چند پمپ برای بهره برداری در سیستم به صورت موازی پیش بینی شده باشند. با مراجعه به شکل (۷-۳)، وقتی که دو پمپ به طور موازی باهم کار می کنند، دبی مجموعه در پمپ Q_2 می باشد. حال اگر یکی از پمپ ها به هر دلیلی خاموش شود، پمپ روشن با دبی Q_1 کار کرده که مقدار آن از $Q_2/2$ بیشتر می شود. احتمال دارد که پمپ برای شرایط فوق طراحی نشده باشد، به نحوی که دبی آن در حین کار از دبی (BEP) بیشتر خواهد بود. حالت فوق را نقطه خارج شدن (Run-Out) می نامند. پمپ در این حالت نیز می تواند دچار مشکلاتی نظیر حالت قبل گردد.



شکل (۷-۳): بهره برداری از یک و دو پمپ موازی

۷-۳: بهره برداری در دبی کم

متداولترین علت بهره برداری از پمپ در دبی کم، کاهش مصرف در واحدهای بهره برداری می باشد و یا اینکه اگر دو پمپ متفاوت به طور موازی بسته شده و بکار گرفته شوند، ممکن است

شرایط بهره‌برداری طوری باشد که پمپ بزرگتر وضعیتی را در سیستم بوجود آورد که شیر یک طرفه قسمت دهش پمپ کوچکتر دائماً بسته بماند. بهره‌برداری از پمپ‌های گریزازمرکز در دبی کم می‌تواند شرایط بسیار نامطلوبی را برای پمپ ایجاد نماید که عمده ترین آنها عبارتند از:

الف: اگر شرایط بهره‌برداری طوری تغییر کند که لازم باشد تا پمپ در دبی کم کار کند، بهتر است که با کاهش سرعت دورانی پمپ، ظرفیت آن را کاهش داد و یا آنکه با بکارگیری از چند پمپ کوچکتر به صورت موازی، تعداد پمپ‌هایی که در مدار قرار دارند را طوری انتخاب کرد که ضمن تأمین دبی مورد نیاز در سیستم، هر پمپ در ظرفیت مطلوب کار کند.

ب: اگر پمپ دارای یک پوسته حلزونی باشد، با کاهش دبی، بار شعاعی وارده بر یاطاقان‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین در چنین شرایطی، شافت از نظر چقرمی (Stiffness) و یاطاقان‌ها از نظر تحمل بار هیدرولیکی باید در حدی باشند که شرایط موجود را تحمل کنند.

ج: کاهش دبی می‌تواند باعث افزایش درجه حرارت مایع مورد پمپاژ در اثر وجود اصطکاک و جریان گردشی در پمپ گردد. جهت جلوگیری از افزایش دمای غیر عادی مایع، می‌توان از روش برگشت مایع اضافی (By - Pass) به صورت دستی و یا اتوماتیک استفاده کرد. این روش می‌تواند مشکل بسته بودن شیر یک طرفه در هنگام بهره‌برداری از پمپ رانیز برطرف سازد.

د: کار در دبی کمتر از BEP، باعث افزایش جریان گردشی در قسمت‌های ورودی و خروجی پروانه می‌گردد. این پدیده می‌تواند باعث بروز پدیده موجدار شدن (Surging) و سایش در پروانه شود.

ه: در پمپ‌های با سرعت مخصوص بالا (پمپ‌های جریان محوری)، توان مصرفی با کاهش دبی افزایش می‌یابد. در چنین پمپ‌هایی اگر الکتروموتور به‌طور منطقی انتخاب شده باشد، احتمال دارد که در دبی کم، بار اضافی کشیده و خاموش شود.

و: اگر مایع ورودی به پمپ حاوی مقدار زیادی گاز باشد، دبی پمپ در اثر هوا گرفتن کاهش می‌یابد.

از آنجائی که هر یک از موارد فوق نیاز به تصمیم‌گیری مناسب خود را دارد، لذا در ادامه این بخش عوارض مهم آن مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد.

۴-۷: افزایش درجه حرارت

مشکل ترمودینامیکی ناشی از بهره‌برداری از پمپ‌های گریزازمرکز در دبی کم، گرم شدن مایع مورد پمپاژ می‌باشد. اختلاف بین انرژی داده شده به شافت و مایع مورد پمپاژ، بجز قسمتی که در یاطاقان‌ها به‌در می‌رود، در داخل خود پمپ و به صورت گرما به‌در خواهد رفت. بخشی از گرمای حاصل توسط بدنه پمپ به خارج منتقل شده و باقیمانده آن صرف گرم شدن مایع مورد پمپاژ می‌گردد.

در مواقعی که از دست رفت انرژی در پمپ زیاد بوده و قبل از آنکه مقدار حرارتی که به پمپ داده می شود معادل انرژی خارج شده از پمپ گردد، این امر موجب افزایش دمای مایع درون پمپ می شود.

بهره برداری از پمپ در شرایط فوق عوارض نامطلوبی را در پی خواهد داشت. در چنین شرایطی می توان از انتقال حرارت از پمپ به محیط اطراف صرف نظر نموده و سرعت افزایش دمای مایع درون پمپ را با استفاده از رابطه (۷-۱) محاسبه کرد:

$$\Delta T / \min = \frac{14.34 P_0}{W_p C_p + W_w C_w} \quad (7-1)$$

درجه سانتیگراد در دقیقه شدت تغییرات درجه حرارت $\Delta T / \min$

کیلووات توان مصرفی در حالت شیر خروجی بسته P_0

کیلو گرم وزن پمپ W_p

گرمای ویژه فلز پمپ (تقریباً ۰/۱۳) C_p

کیلو گرم وزن مایع درون پمپ W_w

از آنجائی که افزایش درجه حرارت مایع درون پمپ می تواند آنچنان سریع باشد که نتواند به بدنه پمپ منتقل گردد، لذا بهتر است که از تأثیر آن صرف نظر شود. در این صورت رابطه (۷-۱) به صورت زیر ساده می شود:

$$\Delta T / \min = \frac{14.34 P_0}{W_w C_w} \quad (7-2)$$

به عنوان مثال اگر مایع مورد پمپاژ آب بوده ($C_w = 1$) و پمپ حاوی ۵۰ کیلو گرم مایع بوده و توان مصرفی در نقطه شیر خروجی بسته ($Q=0$)، ۷۵ کیلووات باشد در این صورت:

$$\Delta T / \min = \frac{14.34 \times 75}{50 \times 1} = 21.5 \quad \text{درجه سانتیگراد در دقیقه}$$

بهره برداری از پمپ با شیر خروجی بسته در شرایط فوق بسیار خطرناک خواهد بود. ولی در پمپ های با ارتفاع کم و دبی زیاد که مثلاً حاوی ۲۷۷۰ کیلو گرم مایع است، اگر توان مصرفی مشابه حالت فوق باشد، افزایش درجه حرارت در حد ۰،۴۷ درجه سانتیگراد در دقیقه بوده و فقط در مواقعی که این وضعیت طول بکشد می تواند مشکل ساز گردد.

اگر جریان مایع از درون پمپ متوقف نگردد، شرایط پایدار گشته ولی بهر حال درجه حرارت مایع در هنگام عبور از پمپ افزایش می یابد. افزایش درجه حرارت در این حالت به اختلاف بین توان داده شده به شافت (P_s) و توان هیدرولیکی (P_h) و دبی پمپ بستگی خواهد داشت (رابطه ۷-۳).

$$\Delta T = \frac{860(P_s - P_h)}{Q \cdot C_w} \quad (7-3)$$

که در آن P_s و P_n بر حسب کیلو وات و Q دبی جرمی مایع از پمپ بر حسب کیلو گرم در ساعت می باشد.

امروزه غالباً افزایش دما، براساس ارتفاع کلی پمپ محاسبه می شود. (رابطه ۷-۴)

$$\Delta T = \frac{H_t}{427 C_w} \left(\frac{1}{\eta - 1} \right) \quad (7-4)$$

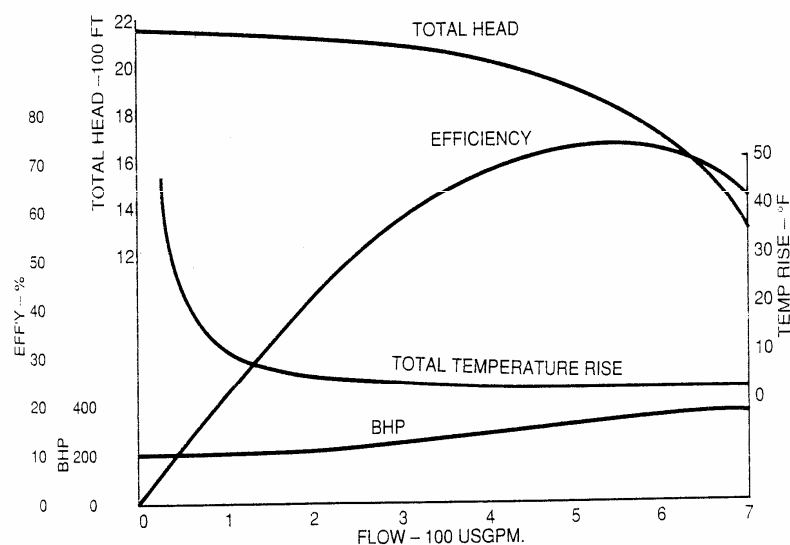
که در آن H_t ارتفاع کلی پمپ بر حسب متر و η راندمان پمپ در شرایط بهره برداری می باشند. براساس رابطه فوق می توان حداقل دبی مجاز پمپ را تعیین کرد به نحوی که افزایش دما در حدی نباشد که باعث تبخیر مایع و بروز مشکلات ناشی از آن گردد. مقدار کلی افزایش درجه حرارت از رابطه (۷-۵) بدست می آید.

$$\Delta T = \frac{H}{427 C_w (\eta)} \quad (7-5)$$

مقدار H در رابطه (۷-۵)، ارتفاعی است که در قسمت رینگ سایشی و یاسایر تجهیزات متعادل کننده فشار کاهش یافته تابه فشار مکش برسد. مقدار آن بر حسب طراحی پمپ متفاوت بوده که از جدول زیر قابل ارزیابی می باشد.

آرایش پمپ	ارتفاع کاهش داده شده تا فشار مکش
یک مرحله ای	ارتفاع کلی پمپ
چند مرحله ای با پروانه های متقابل	نصف ارتفاع کلی
چند مرحله ای با پروانه های پشت سرهم	ارتفاع کلی پمپ

در شکل (۴-۶) افزایش کلی درجه حرارت در یک پمپ نشان داده شده است.



شکل (۷-۴): افزایش کلی درجه حرارت در یک پمپ گریز از مرکز

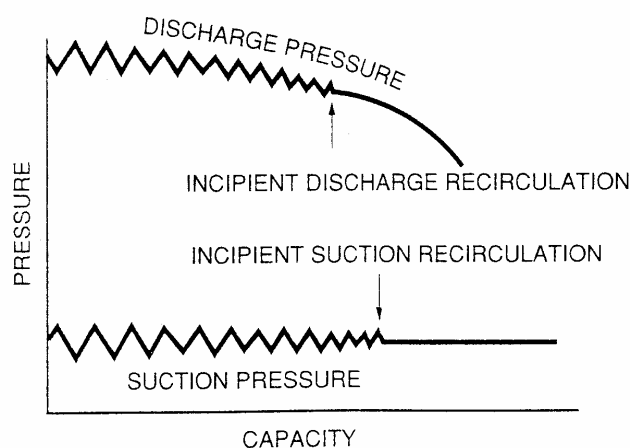
همانطوری که از شکل (۷-۴) پیداست، افزایش درجه حرارت در دبی کم بعلت بالا بودن ارتفاع و پائین بودن راندمان پمپ زیاد می باشد.

حداکثر افزایش دمای مجاز به طراحی پمپ و مایع مورد پمپاژ بستگی دارد. بهر حال مقدار آن باید در حدی باشد که موجب تبخیر مایع نگردد. مثلاً برای آب حداکثر آن ۲۵ درجه سانتیگراد توصیه شده است.

حداقل دبی مجاز را نباید فقط از دیدگاه افزایش دمای مایع مورد پمپاژ بررسی کرد، بلکه عوامل دیگری نیز باید مورد توجه قرار گیرند که در ادامه این بحث مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۷-۵: جریان گردشی داخلی

اگر دبی پمپ از دبی BEP کمتر باشد، بخشی از مایع مورد انتقال در ناحیه ورودی و خروجی پروانه و در داخل پوسته پمپ چرخش نموده که می تواند موجب افزایش نوسان در فشار پمپ گردد. شکل (۷-۵).



شکل (۷-۵): تأثیر جریان گردشی داخلی بر روی فشار مکش و دهش پمپ

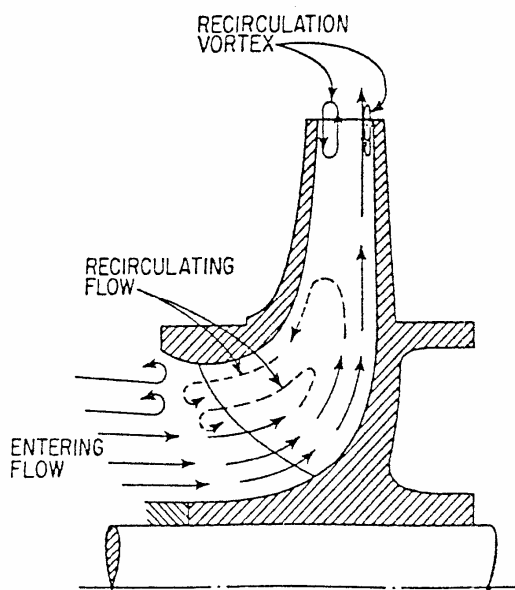
بالا رفتن ارتفاع (فشار) در پوسته پمپ و بهره برداری از آن در دبی کم می تواند باعث افزایش سایش در قسمت های لبه خروجی و مکش پروانه گردد، به نحوی که بعضی از کارشناسان معتقدند که این عوارض می تواند فرسایشی شبیه کاویتاسیون را در پمپ ایجاد نماید. با توجه به اهمیت این پدیده لازم است که عوارض آن به طور مستقل در قسمت های مکش و دهش پروانه مورد بررسی قرار گیرد.

۷-۵-۱: جریان گردشی در قسمت مکش پروانه

یکی از راه های کاهش NPSHR، افزایش قطر چشمه پروانه بوده که به هم خود موجب کاهش سرعت مایع ورودی به پروانه می گردد. این اصلاحیه ضمن افزایش سرعت خطی محیطی پروانه در قسمت چشمه آن، باعث بهم خوردن مثلث سرعت در این منطقه گردیده که به هم خود می تواند موجب برگشت مایع از پروانه شود. دبی واقعی پمپ در حالت بروز جریان گردشی در قسمت مکش به طراحی پروانه بستگی دارد.

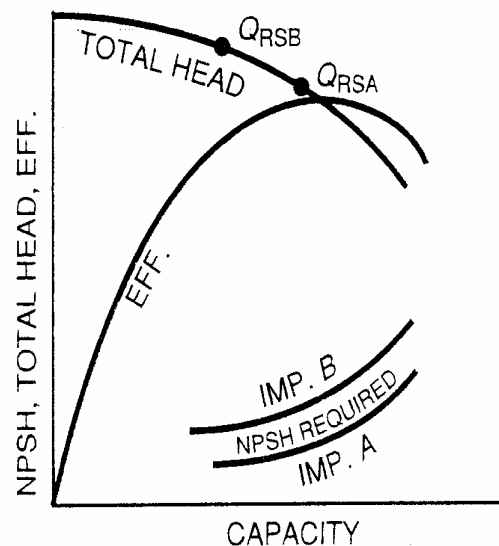
باید بخاطر داشت که افزایش نسبت قطر دهانه چشمه پروانه به قطر پروانه، ضمن کاهش NPSHR در ظرفیت و سرعت معین، موجب افزایش میزان جریان گردشی در مقایسه با شرایط موجود در BEP می گردد. شکل (۶-۷).

بروز جریان گردشی موجب پیدایش جریان گردابی با سرعت بالا در قسمت مرکزی پروانه گردیده که بسهم خود فشار استاتیکی در این منطقه را کاهش می دهد. (شکل ۷-۷).
کاهش فشار در منطقه مکش پمپ ضمن ایجاد نوسان فشار می تواند حتی موجب بروز پدیده کاویتاسیون گردیده که بسهم خود ضمن افزایش لرزش و سروصدا می تواند باعث وارد شدن صدمات شدید به پروانه و پوسته پمپ گردد.



شکل (۷-۷): جریان گردشی

در قسمت مکش پروانه



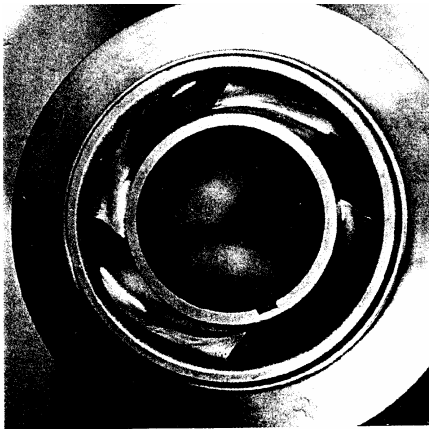
شکل (۶-۷): تأثیر □□□□

برروی جریان گردشی

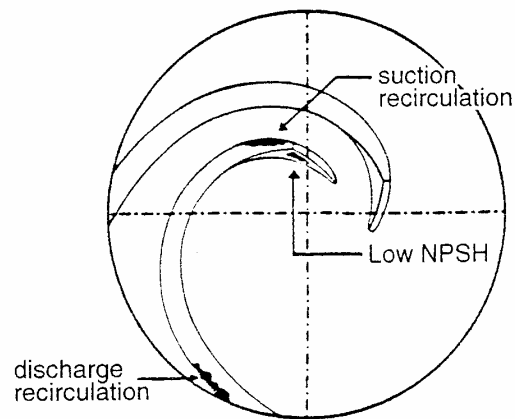
باید توجه نمود که محل بروز خرابی در پروانه می تواند علت آن را مشخص سازد (خرابی ناشی از کاویتاسیون کلاسیک یا خرابی ناشی از جریان گردشی در مکش). اگر محل خرابی در قسمت قابل رؤیت تیغه های پروانه باشد، علت آن کاویتاسیون کلاسیک خواهد بود، حال آنکه اگر خرابی در قسمت پنهان پروانه (پشت پروانه و قسمت فشار قوی) که باید به کمک یک آینه مشاهده شود بوقوع بپیوندد، عامل خرابی جریان گردشی مکش می باشد (شکلهای ۸-۷، ۹-۷ و ۱۰-۷).

دو عامل می تواند موجب تشدید احتمال بروز این پدیده گردد:

الف: فشارهایی که از سوی مصرف کننده گان به سازندگان پمپ در زمینه کاهش NPSHR وارد می شود باعث می شود تا سازندگان پمپ، پروانه ها را با قطر چشمه بزرگتری ساخته و همین امر باعث می شود تا میزان جریان گردشی به ظرفیت BEP نزدیک شود.



شکل (۷-۹): نمای روبرو از خرابی ناشی از جریان گردشی



شکل (۷-۸): تشخیص خرابی ناشی از کاویتاسیون

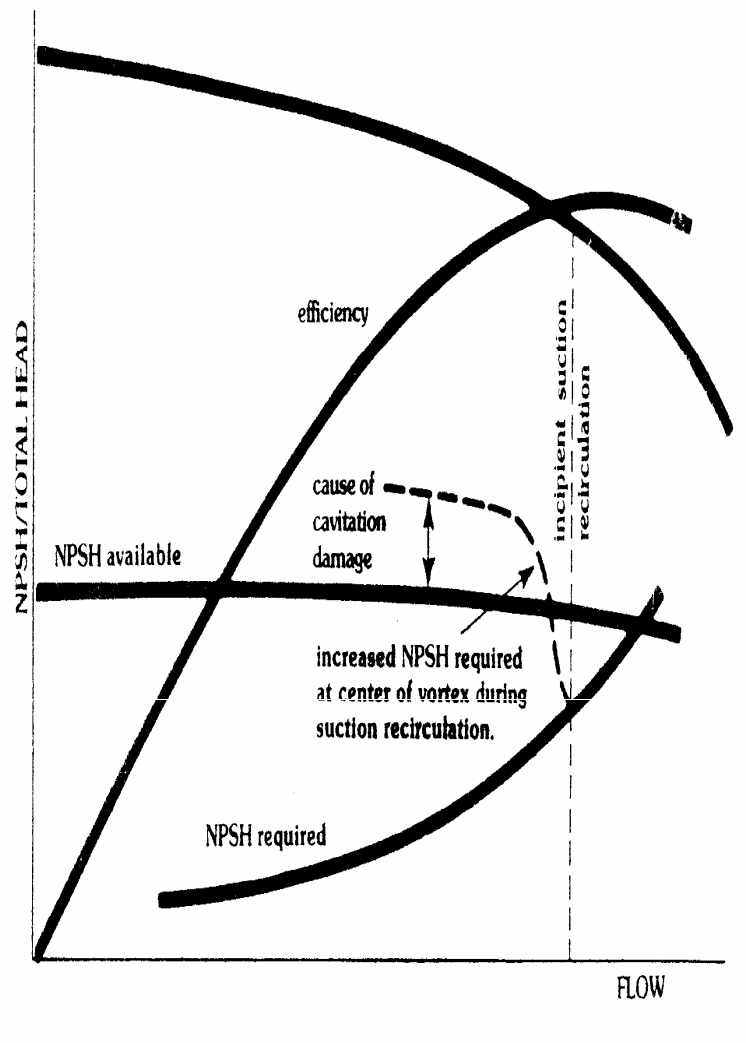


شکل (۷-۱۰): خرابی ناشی از جریان گردشی مکش

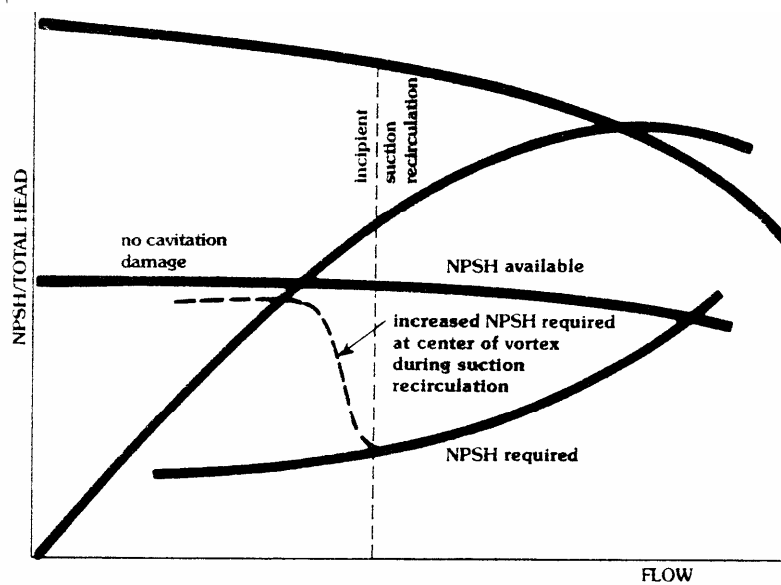
محل خرابی فوقانی (غیر قابل رویت) تیغه های ورودی پروانه بوده که به کمک آینه می توان آن را مشاهده کرد

ب: بالا بردن ارتفاع قابل دسترس در هر مرحله و افزایش ظرفیت پمپی موجب افزایش سطح انرژی پروانه ها گردیده که به سهم خود می تواند میزان جریان گردشی و عوارض ناشی از آن را تشدید کند. برای حل مشکلات فوق پیشنهاد شده است که سرعت مخصوص مکش (N_{ss} نباید از ۱۵۰ تا ۱۷۰) (۸۵۰۰ تا ۹۵۰۰ در سیستم آمریکائی) تجاوز کند. توصیه فوق برای این اساس می باشد که در N_{ss} زیاد جریان گردشی مکش در نزدیکی BEP بوقوع پیوسته و با شدتی که $NPSH$ برای جلوگیری از بروز خرابی $NPSH_d$ از خود نشان می دهد. مقدار آن از $NPSHA$ بالاتر خواهد بود. (شکل ۷-۱۱)

کاهش (N_{ss}) موجب کاهش ظرفیتی که جریان گردشی مکش شروع می شود و شدت آن شده به نحوی که $NPSHA$ بالاتر از $NPSH_d$ قرار خواهد گرفت (شکل ۷-۱۲).



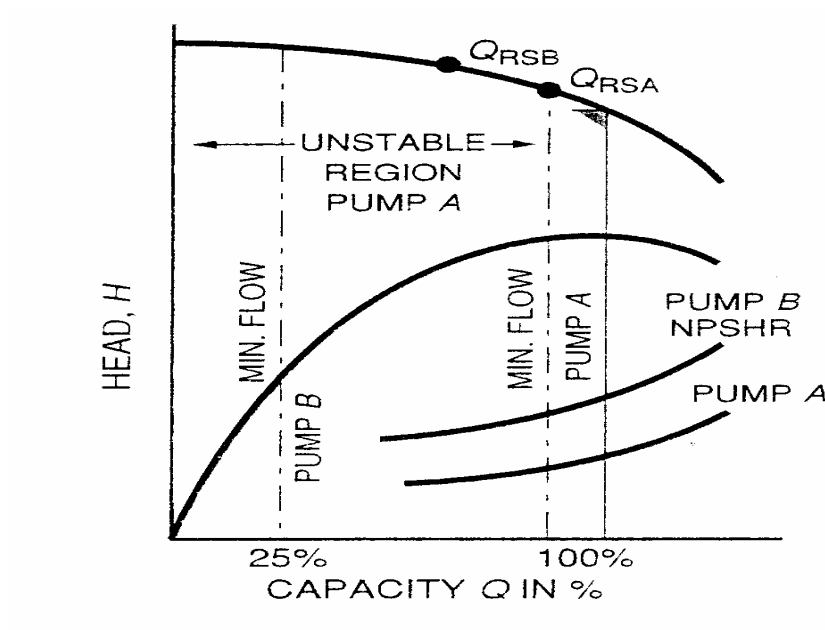
شکل (۷-۱۱): رابطه بین NPSH، دبی جریان گردشی مکش و فرسایش ناشی از کاویتاسیون برای پمپ‌هایی با سرعت مخصوص مکش بالا (NPSHR کم)



شکل (۷-۱۲): رابطه بین NPSH، دبی گردشی مکش و فرسایش ناشی از

کاویتاسیون برای پمپ‌های با سرعت مخصوص مکش متوسط (NPSHR بالاتر)

تحلیل دلایل فوق نشان می‌دهد که حداقل دبی مجاز برای پمپ‌های با N_{ss} (پائین را می‌توان توسط ریسک بروز فرسایش پیش پروانه مشخص کرد. حال آنکه از پمپ‌های با N_{ss} (کم می‌تواند با اطمینان بالا در ظرفیت کمتری که از طریق نظریه‌های مکانیکی و حرارتی حاصل شود بهره‌برداری کرد (شکل ۷-۱۳).



شکل (۷-۱۳): مقایسه منطقه امن بهره‌برداری از پمپ‌های با

پروانه‌های با سرعت مخصوص مکش معمولی و زیاد.

بهره‌برداری از پمپ در دبی کمتر از ظرفیت جریان گردش دارای علائمی نظیر سروصدای غیر عادی، لرزش بالا، خرابی زودرس یاطاقان‌ها و فرسایش زود هنگام پروانه می‌باشد. عوامل مؤثر در تعیین حداقل دبی برای جلوگیری از آن عبارتند از:

الف: اندازه، ظرفیت، ارتفاع و توان مصرفی پمپ

ب: طراحی پمپ که به وسیله N_{ss} (معرفی می‌گردد.

ج: مشخصه‌های فیزیکی مایع مورد پمپاژ

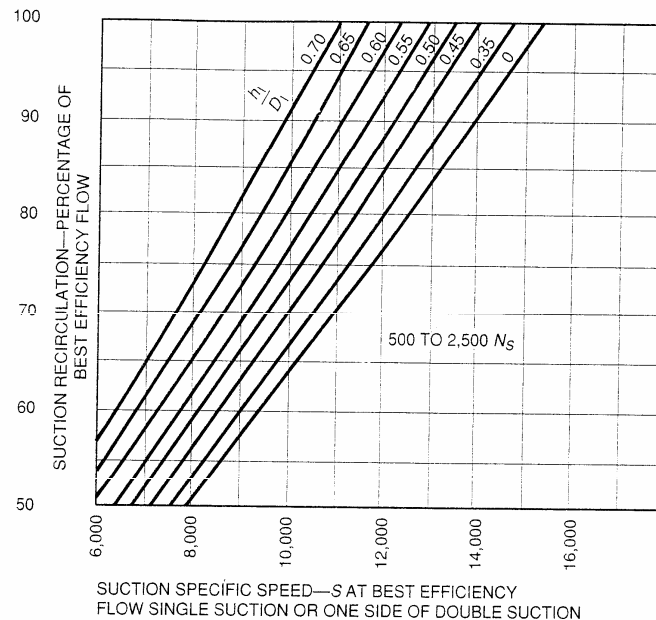
د: مواد اولیه بکاربرده شده در ساخت پمپ

ه: مدت زمانی که پمپ در دبی کمتر از حداقل دبی مجاز کار می‌کند.

و: آنچه را که بهره‌بردار از پمپ به‌عنوان شرایط عادی می‌پندارد.

مورد آخر توسط حداکثر لرزش مجاز و عمر مفید پروانه به‌طور واضح تعریف می‌شود. باید متذکر شد که در سرعت و ظرفیت معین، هر چه N_{ss} (بیشتر باشد، نشانده بزرگتر بودن نسبت قطر چشمه پروانه به قطر پروانه خواهد بود. این امر نشان می‌دهد که هنگام شروع جریان برگشتی در چشمه پروانه با افزایش N_{ss} (سرعت خطی محیطی جریان برگشتی افزایش می‌یابد. با توجه به

شکل (۷-۱۴) اگر نسبت قطر نافی (HUB) پروانه (h_1) به قطر چشمه پروانه (h_1/D_1) ، 0.45 باشد، پروانه‌های با سرعت مخصوص 14000 در سیستم آمریکائی، جریان برگشتی مکش در دبی 100 درصد دبی BEP ظاهر می‌شود حال اگر (N_{ss}) پمپ دیگری 8000 باشد، جریان برگشتی در دبی معادل 56 در صد دبی BEP شروع می‌گردد.



شکل (۷-۱۴): ظرفیت جریان برگشتی مکش به صورت تابعی از سرعت مخصوص مکش و

نسبت قطر نافی به قطر چشمه پروانه (h_1/D_1) برای سرعت مخصوص $2500-500$

در یک جمع بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت:

الف: در پمپ‌های نسبتاً کوچک (مثلاً 75kw در هر مرحله در پمپ‌های چند مرحله ای) در مقایسه با پمپ‌های بزرگتر، امکان بروز جریان برگشتی مکش تقریباً بعید می‌باشد.

ب: پمپ‌هایی که هیدروکربورها را پمپاژ می‌کنند در مقایسه با آب می‌توانند در دبی‌های کمتری کار کنند.

ج: خطر بهره‌برداری از پمپ در دبی بسیار کمتر از دبی جریان گردشی را می‌توان بنحو دقیق بعد از راه اندازی پمپ مشخص کرد. بنابراین بهتر است که حداقل دبی رابه کمک برگشت جریان (By-Pass) افزایش داد.

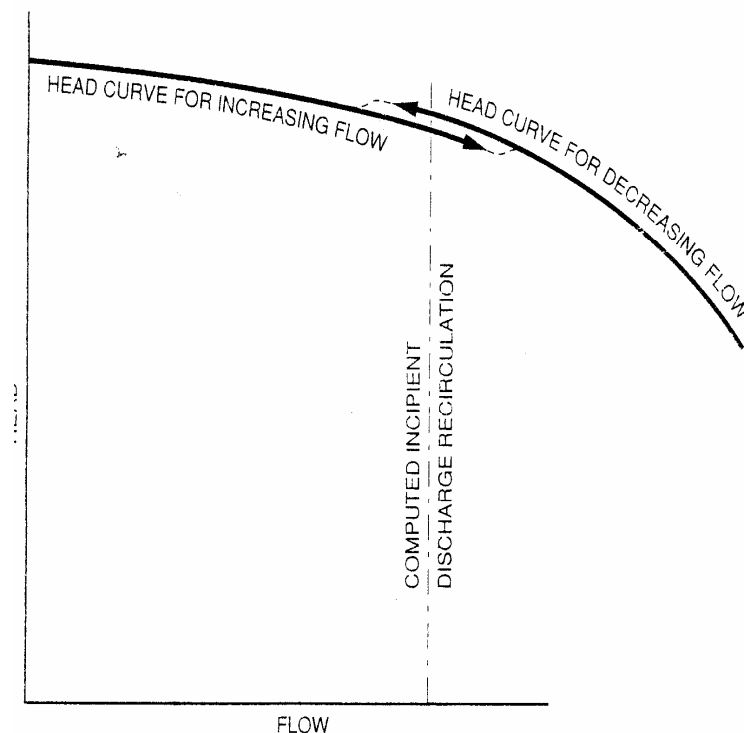
د: اگر پمپ هیچگاه در دبی کمتر از دبی طراحی کار نکند، می‌توان از پمپ با (N_{ss}) بیشتر بدون بروز هر گونه عارضه نامطلوب ناشی از جریان گردشی مکش استفاده کرد.

۷-۵-۲: جریان گردشی داخلی در قسمت دهش

هر چند که جریان گردشی در قسمت دهش، کمتر در پمپ‌ها بوقوع می‌پیوندد، ولی در صورت بروز می‌تواند مشکلات بیشتری را در مقایسه با جریان گردشی مکش در پمپ ایجاد کند. در صورت

بروز این پدیده، جریان مغشوشی در پی آن پدید می آید که می تواند منطقه ای با فشار کم ایجاد کند که قابلیت بروز کاویتاسیون سایشی و نوسان فشار را در پروانه در قسمت بین صفحات محافظ آن (Shroud) و فضای بین پروانه و پوسته را دارا می باشد. این پدیده می تواند عاثر نامطلوب بر روی عملکرد پمپ بگذارد.

نخست بروز نا پیوستگی در منحنی مشخصه پمپ (شکل (۷-۱۵)). این پدیده بلحاظ برگشت قسمتی از مایع بوجود می آید.



شکل (۷-۱۵): بروز نا پیوستگی در منحنی مشخصه پمپ در اثر جریان برگشتی در خروجی پروانه همانطوری که در شکل (۷-۱۵) نشان داده شده است در برقراری نا پیوستگی، رفتاری نا هنجار و غیرعادی وجود دارد. در حالت کاهش دبی جریان، مقدار دبی از میزانی که انتظار می رود کمتر بوده و در عوض در وضعیت افزایش دبی، بیشتر از حد مورد انتظار بروز می کند. اگر این پدیده در دبی های مختلف بوقوع بپیوندد و باعث ناپایداری در رفتار پمپ شود، لازم است که در طراحی پروانه تجدید نظر بعمل آید. امادر عمل وجود جریان برگشتی در قسمت دهش پمپ باعث بروز ضربان دربار محوری شافت و یاطاقان های مربوطه گردیده، به طوری که در مواردی که میزان لقی محوری در یاطاقان محوری زیاد باشد، جابجائی شافت پمپ بسهولت قابل رؤیت خواهد بود.

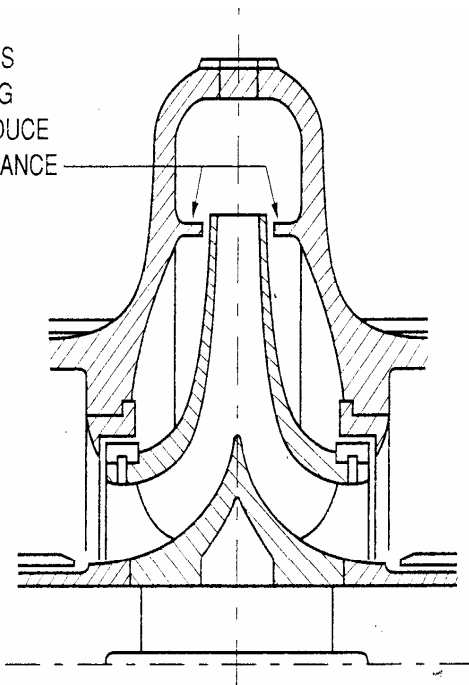
میزان بار محوری وارده بر شافت پمپ به شدت ضربان بستگی داشته که خود تابعی از اختلاف فشار در دو سمت پروانه، طراحی هیدرولیکی و سطوح پوشش دهنده پروانه (Shroud) می باشد.

تأثیر نامطلوب این پدیده در پمپ‌های جریان شعاعی شدید تر خواهد بود. در موارد خاصی میزان تأثیر این نیرو می‌تواند آنچنان شدید باشد که منجر به خرابی زودرس یاطاقان‌ها و یا آسیب دیدگی کلی شافت در اثر پدیده خستگی گردد. میزان جابجائی شافت را می‌توان با کاهش لقی محوری (End Play) در یاطاقان محوری (Anti-Friction Thrust Bearing) تحت کنترل در آورد (بدر نظر گرفتن میزان لقی لازم برای انبساط طولی ناشی از گرم شدن قطعات) و یا تغییر قطر یکی از حلقه‌های سایشی جهت تأمین لقی مورد نیاز برای جابجائی محوری شافت.

روش‌های فوق هیچکدام قادر به کاهش نیروی وارده بر روی پروانه (Rotor) نمی‌باشند و لذا در هر حال لازم است که روش مناسبی برای کاهش ضربان وارده بر صفحات پوشش دهنده پروانه اتخاذ نمود. در غالب اوقات برای حل این مشکل یک روزنه (Orifice) بین خروجی پروانه و فضای بین صفحه پوشش دهنده پروانه و دیواره پوسته پمپ نصب می‌نمایند. برای این منظور آرایش‌های مختلفی برای دست یابی به لقی کم در نزدیکی قطر خارجی پوشش پروانه پیشنهاد شده است (شکل ۷-۱۶).

سومین تأثیر نامطلوب جریان گردشی در قسمت دهش پمپ، بروز پدیده کاویتاسیون فرسایشی در دیواره بین قسمت فوقانی (فشار قوی) تیغه‌ها و صفحات نگهدارنده تیغه‌ها می‌باشد. (شکل ۷-۱۷).

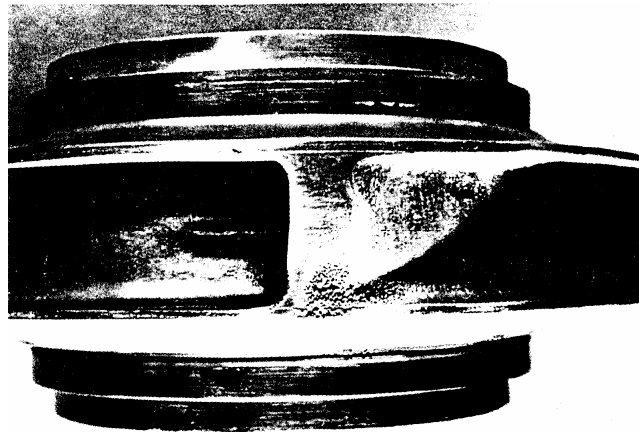
PROJECTIONS
FROM CASING
WALL TO REDUCE
AXIAL UNBALANCE



Projections from casing wall to minimize problems caused by discharge recirculation.
Close clearance with impeller shroud reduces pressure pulsations acting over impeller shroud:
see also Fig. 4.35.

شکل (۷-۱۶): نمایشی از آرایش پوسته پمپ جهت کاهش مشکلات ناشی از

جریان گردشی در قسمت دهش پمپ

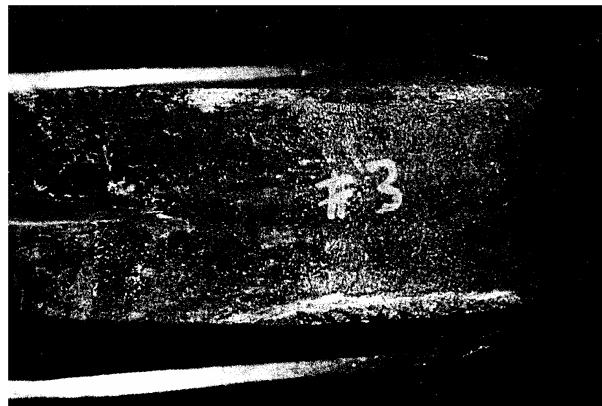


شکل (۷-۱۷): پدیده کاویتاسیون فرسایشی ناشی از جریان گردشی در خروجی پروانه

در اینجا ذکر این نکته ضروری است که این پدیده غالباً در اثر پدیده جریان گردشی در قسمت‌های مکش و دهش پروانه بوقوع پیوسته و فقط در مرحله اول پمپ‌های چند مرحله ای مشاهده می‌شود. سایر مراحل بلحاظ بالا بودن فشار در آنها، از ایمنی کافی در مقابل بروز پدیده کاویتاسیون برخوردار می‌باشند. پدیده کاویتاسیون فرسایشی باعث ضعیف شدن دیواره پروانه و بهم خوردن بالانس آن شده که در نهایت می‌تواند موجب کنده شدن قسمتی از پروانه گردد.

ضربان فشاری ناشی از پدیده جریان گردشی بدنال خود نوسان نیروی وارده بر صفحات پروانه را نیز بدنال خواهد داشت. اگر شدت ضربان فشاری بالا بوده و پروانه نیز از جنس شکننده (نظیر چدن و آلیاژهای نظیر Niresist) ساخته شده باشد، احتمال شکستگی پروانه بشدت وجود داشته که بدنال خود موجب بهم خوردن بالانس پروانه و عوارض ناشی از آن خواهد شد.

اگر پروانه از جنس نشکن (Ductile) نظیر برنز و فولادهای کرم دار ساخته شده باشد، هرچند که احتمال شکستگی آن در اثر پدیده کاویتاسیون فرسایشی بسیار کم است، ولی بروز پدیده فوق می‌تواند باعث کنده شدن صفحات پوشش دهنده پروانه گردد. (شکل ۷-۱۸)



شکل (۷-۱۸): کنده شدن صفحات پوشش دهنده پروانه در اثر جریان گردشی خروجی پروانه

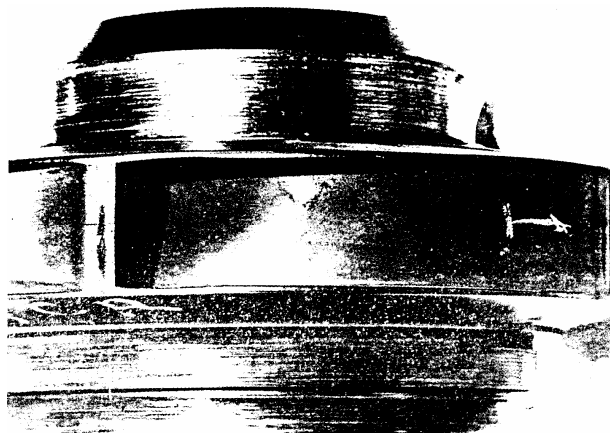
برای جلوگیری از بروز جریان گردشی در قسمت خروجی پروانه و عوارض ناشی از آن، بهترین اقدام افزایش دبی پمپ و یا انجام تغییرات مناسب در طراحی پروانه می باشد. اگر اقدامات فوق عملی نباشد، بهتر است که با انتخاب مواد اولیه مناسب در ساخت پروانه، تأثیرات ناشی از کاویتاسیون فرسایشی و خطرات مربوط به شکست صفحات نگهدارنده پروانه را کاهش داد، و در نهایت امر افزایش ضخامت صفحات نگهدارنده پروانه را می توان به عنوان یک راه حل مطلوب پیشنهاد کرد.

باید دقت شود که خرابی های ناشی از ضربان فشار حاصل از جریان گردشی در قسمت خروجی پمپ را نباید با عوارض ناشی از پدیده جریان عبوری تیغه ای (Vane-Passing) اشتباه گرفت. این پدیده در اثر تقابل بین حرکت لبه تیغه های پروانه با گلوئی پوسته و یا تیغه های ساکن افشاننده (Diffuser) بوجود می آید.

هنگامی که لبه های تیغه های پروانه از مقابل قطعات ساکن عبور می کنند، باعث بروز شوک هیدرولیکی می گردند. شدت این شوک و نوسانات فشار ناشی از آن به سرعت لبه ای پروانه و ابعاد پمپ بستگی داشته و فرکانس آن مضربی از سرعت دورانی پمپ و تعداد تیغه های پروانه می باشد. حداکثر شوک در فاصله هوائی بین لبه تیغه ها و گلوئی پوسته پمپ و یا افشاننده ها بروز خواهد کرد. بعبارت دیگر افزایش فاصله هوائی فوق می تواند برراندمان پمپ تأثیر نامطلوب باقی گذارد. به همین خاطر توصیه می شود که فاصله هوائی فوق را حتی الامکان کم در نظر گرفت ولی در هر حال نباید از ۴ تا ۶ درصد قطر پروانه کمتر باشد.

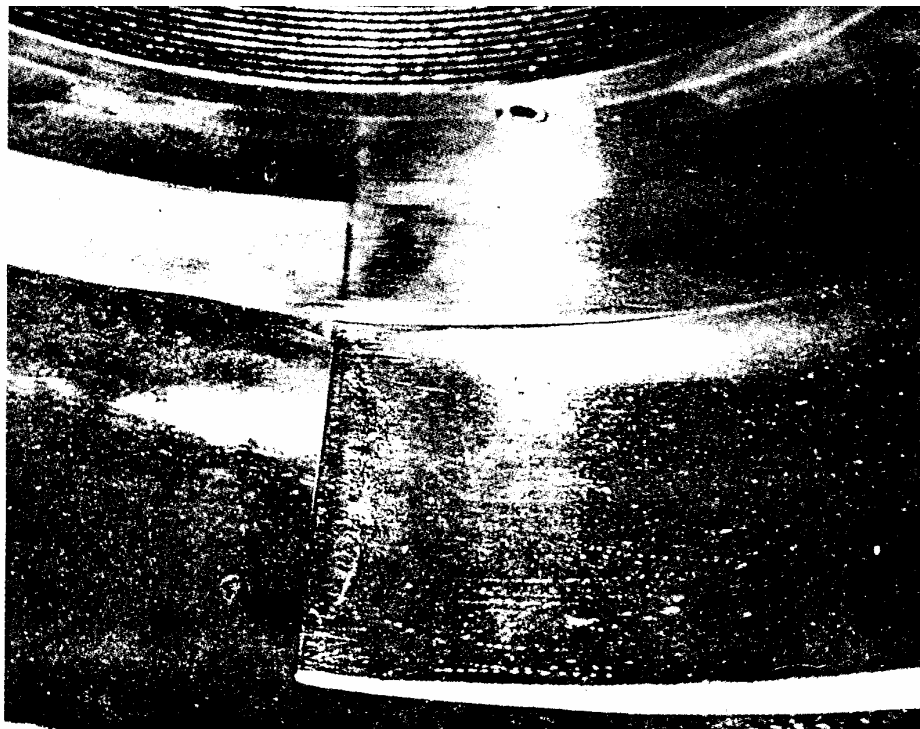
در شکلهای (۷-۱۹) و (۷-۲۰) پروانه پوسته های دوتائی (Twin-Volute) مرحله اول یک پمپ چند طبقه فشار قوی که در معرض پدیده عبور تیغه ای قرار گرفته اند و در آنها فاصله هوائی فوق ناچیز می باشد، نشان داده شده است.

خرابی، بجای لبه تیغه ها در نزدیکی صفحه پوشش دهنده، در قسمت مرکزی تیغه ها بوقوع می پیوندد، محلی که فشار در آن حدود ۳۰ تا ۴۰ بار بالاتر از فشار بخار مایع می باشد.



شکل (۷-۱۹): فرسایش لبه هائی تیغه پروانه در اثر کم بودن فاصله هوائی با قطعات ساکن

پدیده کاویتاسیون فرسایشی نشان گذاری شده معرف این امر است که شوک فشاری ناشی از عبور لبه تیغه هادر نزدیکی پوسته با دو گلوئی سریعاً فشار موضعی را تا حد کمتر از فشار بخار مایع کاهش می دهد.



شکل (۷-۲۰): فرسایش پوسته دوقلو در مرحله اول پمپ چند طبقه

در جداول (۷-۱) و (۷-۲) به طور خلاصه فرق بین کاویتاسیون معمولی و جریان گردشی چرخشی داخلی در قسمت مکش و نیز بین عارضه عبور تیغه ای و جریان گردشی داخلی در قسمت دهش را نشان می دهد.

جریان گردشی داخلی در قسمت مکش	کاویتاسیون معمولی
دردبی کم بوقوع می پیوندد.	دردبی زیاد بوقوع می پیوندد.
بافزایش دبی رفع می شود.	این عارضه در شرایط زیر رفع می شود: کاهش دبی یا افزایش NPSHA
خرابی در قسمت غیر قابل رؤیت پروانه بروز می کند.	خرابی در قسمت قابل رؤیت پروانه بروز می کند. جهت حذف آن:
دبی را افزایش داده و یا طراحی پروانه را تغییر دهید	NPSHA را افزایش داده، دبی را کاهش داده و یا از پروانه با NPSHR کمتر استفاده نمائید.

جدول (۷-۱): مقایسه کاویتاسیون معمولی با جریان گردشی داخلی در قسمت مکش

۶-۷: احتمال کشیدن بار اضافی (Over Load) در پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد

منحنی توان - دبی در پمپ‌های گریزازمرکز با سرعت مخصوص کم تا متوسط بشکلی هستند که با کاهش دبی، توان مصرفی نیز در آن کاهش می‌یابد (شکل ۶-۴a) و به همین خاطر بهره‌برداری از آن در دبی کم موجب وارد شدن بار اضافی بر الکتروموتور نمی‌گردد. ولی در پمپ‌های با سرعت مخصوص بالا ($N_s > 200$) نظیر شکل (۶-۴d)، کاهش دبی باعث افزایش توان مصرفی در پمپ می‌گردد. مثلاً اگر دبی پمپ به ۵۰ درصد دبی BEP تقلیل یابد، توان مصرفی در آن ممکن است به ۱۴۰ درصد توان مصرفی در BEP افزایش یابد.

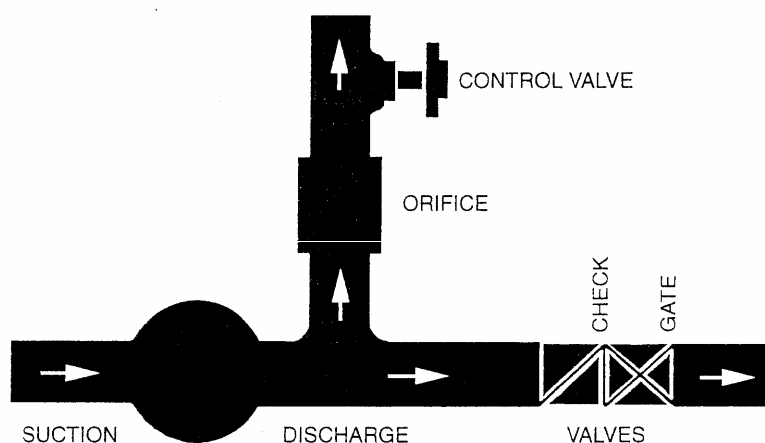
عارضه عبور تیغه ای	جریان گردشی داخلی در قسمت دهش
در تمامی دبی‌های قابل دسترس وقوع می‌پیوندد.	در دبی کم ایجاد می‌شود.
فرکانس آن مضربی از حاصل ضرب سرعت دورانی و تعداد تیغه‌های پروانه است.	فرکانس آن نظم خاصی ندارد.
محل خرابی لبه مرکزی تیغه‌ها در قسمت محیط پروانه می‌باشد.	خرابی در لبه تیغه‌ها در نزدیکی صفحه پوشش دهنده پروانه بروز می‌کند.
با کاهش و یا افزایش فاصله هوایی بین پروانه و پوسته از بین می‌رود	با افزایش دبی و یا تغییر پروانه از بین می‌رود.

جدول (۷-۲): مقایسه بین عارضه عبور تیغه ای و جریان گردشی داخلی در قسمت دهش

بدیهی است از آنجائی که ضریب اطمینان در انتخاب الکتروموتور هیچگاه به ۴۰ درصد نمی‌رسد، همین امر می‌تواند باعث کشیدن بار اضافی توسط الکتروموتور و آسیب دیدگی آن گردد. البته انتخاب الکتروموتور برای پمپ‌های گریزازمرکز با سرعت مخصوص زیاد که قادر به کار در دامنه وسیعی از دبی (حتی تا دبی صفر) باشد، عملاً تصمیمی غیر اقتصادی می‌باشد، به همین خاطر بهتر است که سیستم لوله کشی و کنترل ظرفیت در این پمپ‌ها طوری انتخاب شوند که هیچگاه پمپ نتواند در دبی کمتر از حداقل میزان تعیین شده مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

حداقل دبی مجاز به شرایط طراحی پمپ بستگی داشته و اطلاعات مربوطه باید از سوی شرکت سازنده پمپ در اختیار مشتریان قرار داده شود. یکی از روش‌های جلوگیری از بهره‌برداری از پمپ در دبی کمتر از حداقل میزان تعیین شده در پمپ‌های گریزازمرکز با سرعت مخصوص بالا، نصب خط لوله برگشت (By-Pass) در خروجی پمپ و قبل از شیر یک طرفه می‌باشد.

(شکل ۷-۲۱)



شکل (۷-۲۱): مسیر برگشت مایع در پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد

این اقدام، ضمن حفاظت از الکتروموتور، مانع از گرم شدن مایع در پوسته پمپ نیز گردیده که در قسمت (۷-۴) به‌طور مفصل مورد بحث قرار گرفت.

بهره‌برداری از پمپ در دبی کم کمی‌تواند عوارض زیر را در پی داشته باشد:

۱- افزایش بار محوری، خرابی زودرس شافت و یاطاقان

۲- افزایش درجه حرارت مایع مورد پمپاژ

۳- در حالت بروز جریان گردشی، ضربان‌های هیدرولیکی و لرزش مکانیکی موجب بروز خرابی در قطعات پمپ نظیر پروانه، یاطاقان‌ها، آب‌بند کننده و خرابی‌های مشابه کاپیتاسیون در پروانه می‌شود.

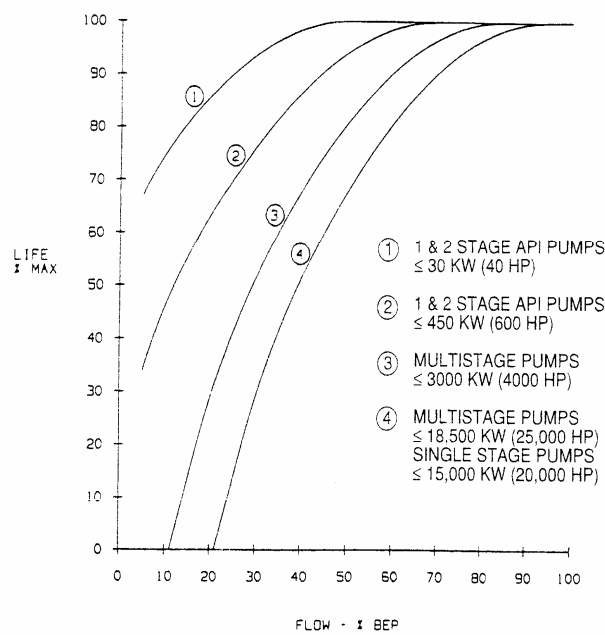
۴- وارد شدن بار الکتریکی اضافی بر الکتروموتور در پمپ‌های با سرعت مخصوص زیاد

۵- جمع شدن هوا و یا بخار در هنگام جابجائی مایع حاوی هوا و یا سایر گاز

براساس سالها تجربیاتی که در زمینه تأثیر پائین بودن دبی پمپ بر عملکرد آن و عمر مفید قطعات بدست آمده است، امروزه از پارامتری بنام ^۳ضریب عمر^۳ استفاده می‌شود که نمونه ای از آن در شکل (۷-۲۲) نشان داده شده است.

در این نمودار فرض شده که اگر پمپ در دبی BEP کار کند، عمر مفید آن ۱۰۰ واحد زمانی باشد. براساس اطلاعات موجود در شکل فوق می‌توان نتیجه گرفت که هر چه پمپ بزرگتر شود، بهره‌برداری از آن در دبی کمتر از BEP تأثیرات نامطلوب بیشتری بر روی عمر مفید پمپ و قطعات آن می‌گذارد.

این نمودار می‌تواند اطلاعات مفیدی در مدیریت بهره‌برداری از سیستم پمپاژ در اختیار کارشناسان واحدهای تأسیسات بگذارد. مثلاً اینکه آیا بهتر است از دو پمپ کوچک استفاده شود یا یک پمپ بزرگتر؟



Tentative chart of pump life factor versus capacity for 4 classes of pump.
Pump life is the period between having to renew internal running clearances.

شکل (۷-۲۲): ضریب عمر برای ۴ کلاس مختلف از پمپ‌های گریزازمرکز

بخش هشتم

عیب یابی در پمپ های دورانی

۸-۱ مقدمه

پمپ‌های دورانی جزء پمپ‌های جابجایی مثبت بوده و در صورت ثابت بودن ویسکوزیته و اختلاف فشار در دو سمت مکش و دهش آن در هر دور، مقدار معینی از مایع را جابجا می‌کند. حال اگر فشار در قسمت خروجی پمپ افزایش یابد، مقداری از مایع از طریق لقی بین دنده‌ها و یا لقی بین دنده‌ها و پوسته از قسمت فشار قوی به قسمت فشار ضعیف بر می‌گردند که اصطلاحاً آن را نشتی (Leakage)، جریان برگشتی (Back Flow) و یا لغزش (Slip) می‌نامند. از آنجائی که در طراحی و ساخت پمپ‌های جابجایی مثبت میزان لقی بین قطعات بسیار ناچیز می‌باشد، لذا اساساً نشتی داخلی در این پمپ‌ها در شرایط عادی بسیار کم بوده و بهمین خاطر این پمپ‌ها را دبی ثابت (Fixed Capacity) می‌نامند. عوامل اصلی در خرابی پمپ‌های دورانی در ادامه این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

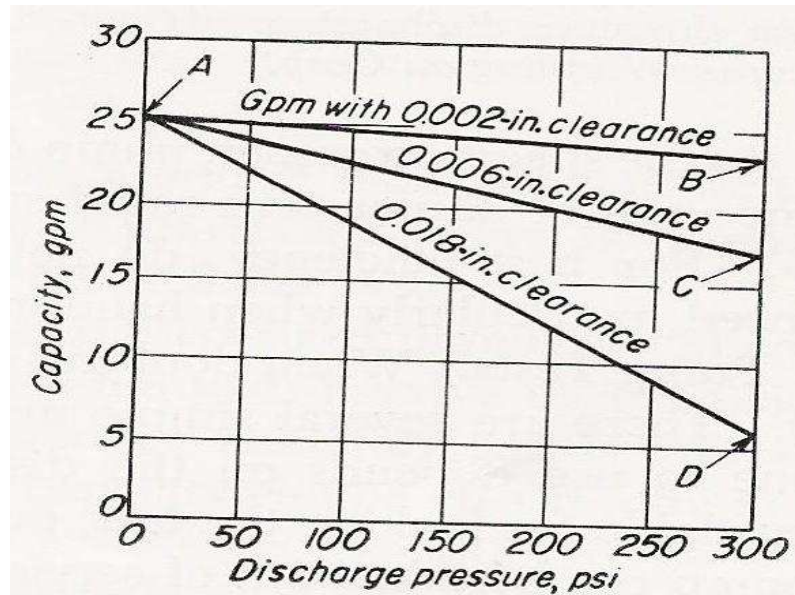
۸-۲ فرسایش قطعات (Part Wear)

بی اغراق فرسایش قطعات و افزایش لقی بین قطعات متحرک و ثابت مهمترین عامل خرابی پمپ‌های دورانی می‌باشد. در شکل (۸-۱) منحنی مشخصه یک پمپ دنده ای با ظرفیت 25 GPM که سوخت سنگین تر از گازوئیل (Fuel Oil NO. 4) را جابجا می‌کند برای سه میزان لقی مختلف را نشان داده شده است.

همانطوری که در شکل فوق نشان داده شده است، با افزایش فشار و در لقی ثابت بین قطعات، دبی پمپ کاهش یافته و این امر نشان دهنده افزایش نشتی داخلی در اثر افزایش فشار می‌باشد. طبیعی است که با افزایش لقی و در فشار دهش ثابت میزان نشتی داخلی افزایش خواهد یافت. باید متذکر شد که حتی اگر پمپ بتواند فشار دلخواه را تامین کند، این امر به معنی عدم وجود نشتی داخلی نمی‌باشد، بلکه پدیده فوق وجود داشته و ظرفیت پمپ از میزان طراحی کمتر خواهد بود.

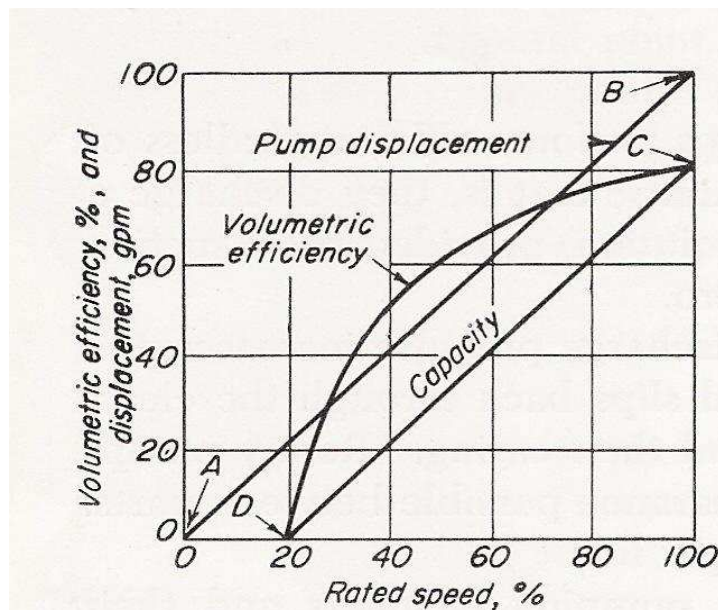
۸-۳ سرعت دورانی

راندمان حجمی پمپ‌های دورانی در سرعت‌های دورانی کمتر از سرعت طراحی و بویژه در مواقعی که مایع با ویسکوزیته کم را پمپاژ می‌کنند بشدت از میزان پیش بینی کمتر خواهد بود. در شکل (۸-۲) تحلیل پدیده فوق نشان داده است.



For best performance, maintain close clearance between parts.

شکل (۸-۱): تاثیر لقی و فشار بهره برداری بر روی ظرفیت پمپ های دورانی



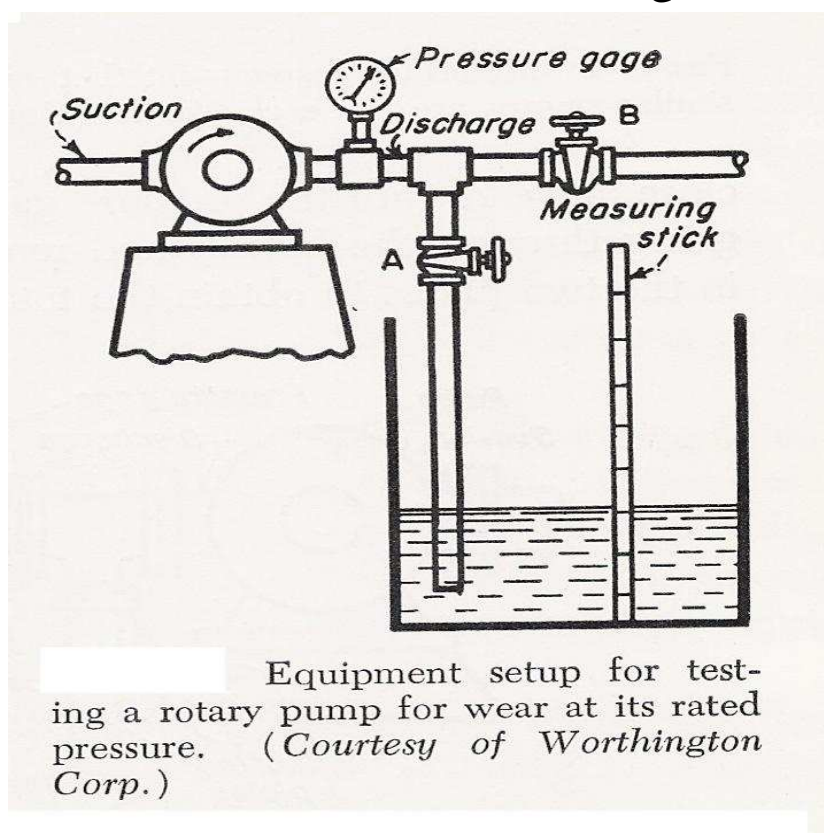
At 20 per cent of its normal speed, this pump with 20 per cent slip stops discharging.

شکل (۸-۲): تاثیر سرعت دورانی بر روی راندمان حجمی پمپ های دورانی

فرض می شود که پمپی در سرعت دورانی طراحی شده مایع را با دبی 100 GPM جابجا می کند. اگر سرعت دورانی پمپ صفر باشد، دبی پمپ صفر بوده (نقطه A) و اگر مقدار آن به ۱۰۰ درصد سرعت طراحی برسد، ظرفیت پمپ به ۱۰۰ درصد میزان طراحی خواهد رسید. (B) حال اگر این پمپ بخواهد مایعی را با ویسکوزیته کمتر جابجا کند، نشتی داخلی در آن افزایش یافته و با سرعت دورانی ۱۰۰ درصد میزان طراحی نمی تواند دبی قبلی را تامین و میزان آن مثلاً

به ۸۰ درصد دبی قبلی کاهش می یابد (نقطه C). در چنین حالتی اگر سرعت دورانی پمپ کاهش یابد دبی آن بر روی خط ظرفیت که از نقطه C عبور می کند کاهش یافته و زمانی که سرعت دورانی پمپ به ۲۰ درصد سرعت طراحی برسد، دبی پمپ صفر خواهد شد. (نقطه D)

بنابراین برای دست یابی به راندمان مطلوب از پمپ های دورانی، حتی الامکان باید سعی شود که سرعت دورانی آن از میزان طراحی کمتر نگردد. این توصیه بویژه برای پمپاژ مایعات با ویسکوزیته کم از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. برای تست پمپ و تعیین شرایط کاری آن آزمایش تعیین میزان دبی پمپ در فشارهای مختلف و رسم نمودار مربوط می باشد. برای این منظور می توان از تانک مدرج نظیر شکل (۳-۸) استفاده کرد.



شکل (۳-۸) روش تعیین تغییرات ظرفیت پمپ بر حسب تغییرات فشار و یا سرعت دورانی

۴-۸ تحلیل خرابی های پمپ های دورانی

۴-۸-۱ پمپ مایعی را پمپاژ نمی کند

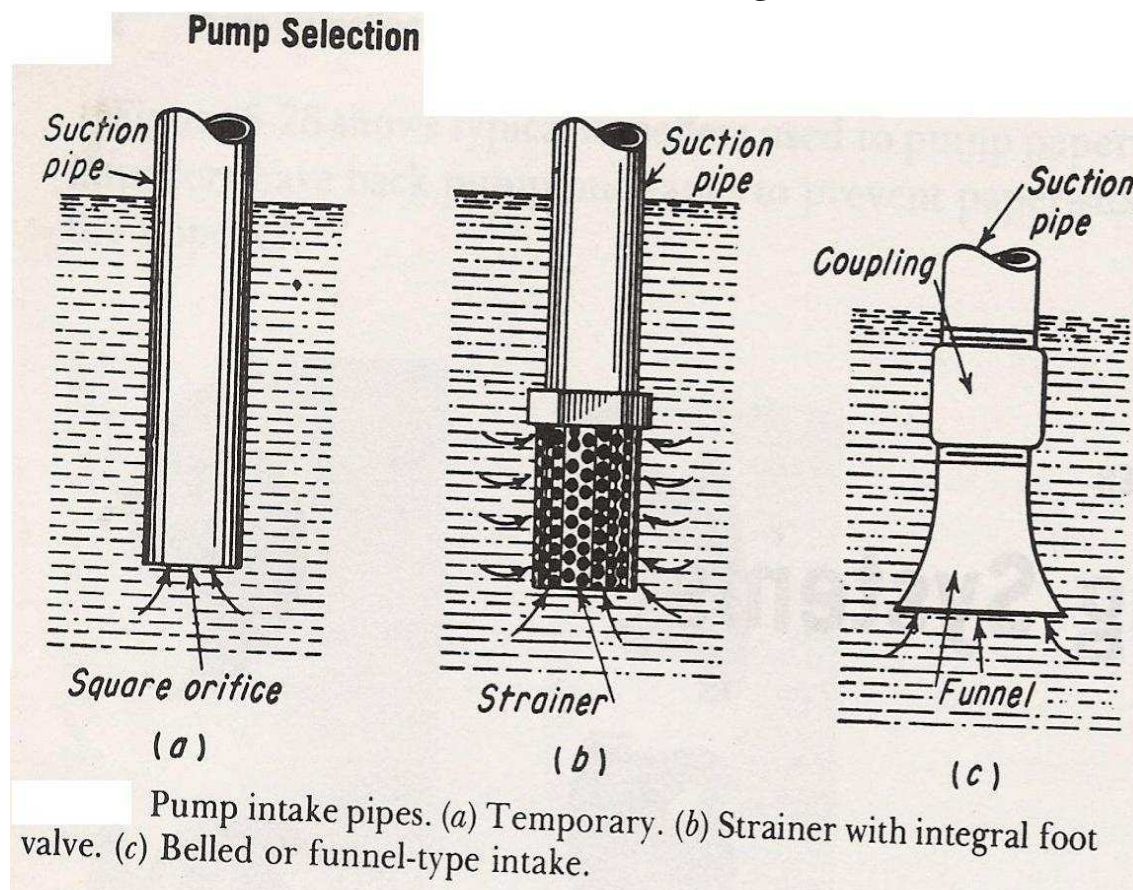
الف- مسیر لوله مکش اشکال دارد.

نخست باید احتمال نشت هوا به داخل لوله مکش را بررسی کرد. مهره ماسوره، واشر فلنج، نافی شیر مکش، گرفتگی لوله، کثیفی و مسدود شدن صافی مکش، کم بودن سطح مایع مکش، گرفتگی ویا چسبندگی شیر یک طرفه صافی دار (Foot Valve) می توانند عوامل اصلی بروز این مشکل باشند. برای این منظور نخست با آچار کشی و تمیز کردن قطعاتی که احتمال گرفتگی آن می باشد مانع از نشت هوا بدخل لوله مکش گردید. قبل از راه اندازی پمپ باید قسمت مکش را

هواگیری کرده و شیر موجود در مسیر مکش را به طور دائم باز نگهداشت. تحت هیچ شرایطی مجاز به استفاده از شیر مکش برای کنترل دبی پمپ نمی باشد. این اقدام موجب بروز سر و صدا، فرسایش قطعات و بروز پدیده کاویتاسیون می گردد.

همواره بهتر است که یک فشار سنج از نوع خلاسنج در مسیر لوله مکش و در نزدیکی پمپ نصب شود. این فشار سنج می تواند در شناخت وجود بسیاری از مشکلات در مسیر مکش کمک کند. بازرسی واشرهای مورد استفاده در فلنج لوله مکش از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. خرابی واشر و نصب غلط آن می تواند یکی از عوامل بروز مشکل در مسیر مکش پمپ باشد. گاهی اوقات در زمان نصب، تعمیرات و یا بهره برداری ممکن است قطعه ای در لوله مکش جا مانده و موجب گرفتگی آن شود.

کم بودن سطح مایع در حوضچه مکش می تواند یکی از دلایل هوا گرفتن پمپ باشد. دقت شود که لوله مکش در حد کافی در مایع فرو رفته باشد. شکل (۴-۸)



شکل (۴-۸): غوطه وری لوله مکش در مایع

صحت کارکرد شیر یک طرفه صافی دار (Foot Valve) را بررسی کنید. مجاری آن باید تمییز بوده و قطعه آب بند کننده آن سالم باشد. دقت شود که لوله بیش از حد داخل آن نرفته باشد تا مانع از کارکرد آن گردد.

ب - پمپ هواگیری نشده باشد

پوسته پمپ را از مایع پر کرده و مطمئن شوید که مقداری از آن نیز سر ریز شده است. در این حالت تمامی قسمت های پمپ و لوله مکش پر از مایع شده و هوای داخل آن خالی می گردد.

ج - قطعات پمپ دچار فرسایش غیر عادی گردیده

پمپ را از مدار خارج نموده و آن را کاملاً باز کنید. قطعات آن را بازرسی کرده و مواردی که دچار آسیب دیدگی و سایش شده را تعویض کنید. اقدامات تعمیراتی در اغلب مواقع برای چنین مواردی نتایج مطلوبی را در پی نداشته و توصیه نمی شود. دقت شود که همواره قطعات آسیب پذیر به تعداد کافی در اختیار داشته تا در زمان تعمیرات دچار مشکل نشوید. د- ماشین راه انداز مشکل دارد.

جهت دوران پمپ را بررسی کرده و از صحت آن مطمئن شوید. سرعت دورانی پمپ را اندازه گیری کرده و با مقدار پیش بینی شده مقایسه کنید. موارد فوق بویژه در مورد پمپ هایی که جدیداً نصب و یا تعمیر گردیده اند بسیار متداول می باشند.

ه- وجود اشکال در شیر خلاص کن (Relief valve) و یا برگشت جریان

شیر برگشت جریان (By Pass) را بررسی کرده و از بسته بودن آن اطمینان حاصل فرمایید. شیر خلاص کن را بازرسی نموده و از صحت تنظیم آن و سالم بودن فنر، نشستگاه (Seat) دیسک آن مطمئن شوید. لوله برگشت شیر خلاص کن را باز نموده و پمپ را روشن کنید. در شرایط عادی و تا هنگامی که فشار در خروجی پمپ به نقطه تنظیم این شیر نرسیده، نباید هیچ مایعی از آن خارج شود.

وجود هر گونه نشتی در فشار بهره برداری کمتر از فشار تنظیمی شیر خلاص کن نشان دهنده خرابی قطعات داخلی آن می باشد. شیر خلاص کن را باز کرده و نسبت به تعمیر و یا تعویض قطعه آسیب دیده اقدام شود. در شرایط حاد بهتر است که این شیر کلاً عوض شود. و- ارتفاع مکش از حد مجاز بیشتر است.

در قسمت مکش پمپ هایی که موظف به انتقال مایع از سطحی پایین تر از دهانه ورودی پمپ می باشند (Lift)، نصب فشارسنج از نوع خلا سنج الزامی می باشد. در چنین حالتی لازم است که فشار مطلق در دهانه ورودی پمپ حداقل ۱۷/۰ بار (2.5 Psi) از فشار بخار مایع در دمای پمپاژ بیشتر باشد.

۵-۸ سر و صدای پمپ از حد معمول بیشتر است

الف - مشکلات مربوط به مایع

حضور هوا و یا گازی دیگر در مایع مورد انتقال در اثر نشتی در لوله مکش، کمبود میزان مایع در مخزن مکش و... می تواند موجب بروز سر و صدا در عملکرد پمپ گردد.

حبابهای گاز در حین عبور از منطقه فشار ضعیف به فشار قوی، در اثر اعمال فشار تغییر شکل داده و در شرایطی خاص می ترکند. در چنین حالتی بهتر است که نخست پمپ را هواگیری کرد. اگر بعد از هواگیری، مجدداً سر و صدای فوق شنیده شد باید محل نشت هوا بداخل پمپ را پیدا کرده و آن را برطرف نمود. محفظه آب بند کننده، نافی شیر مکش، فلنج یا مهره ماسوره مسیر مکش و... مراکز اصلی نشت هوا بداخل لوله مکش و پمپ می باشند.

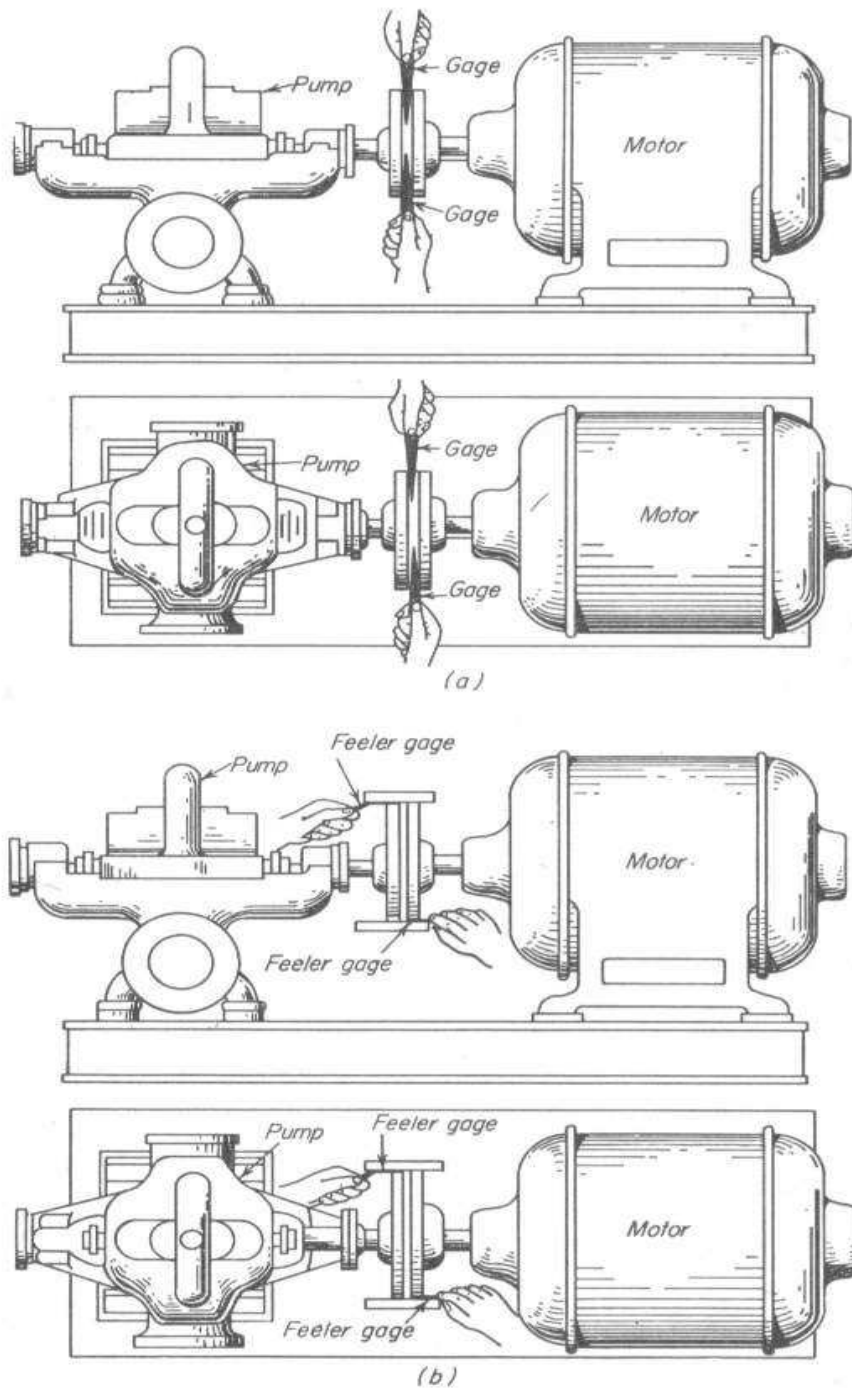
اگر مایع به اندازه کافی به درون لوله مکش جریان نیابد باید مسیر مکش بویژه شیر یک طرفه و شیر دستی و سایر موارد را بررسی نموده تا از باز بودن آنها اطمینان حاصل شود. کوچک بودن قطر لوله مکش یکی از عوامل احتمالی مشکلات می تواند باشد. اگر از سایر روشها نتیجه مطلوب حاصل نگردید بهتر است که قطر لوله مکش حداقل یک سایز بالاتر انتخاب شود. اگر میزان ارتفاع مکش (Lift) زیاد باشد بهتر است که سطح مایع در داخل منبع مکش را افزایش داده و یا پمپ را به منبع نزدیک کنید.

در صورت وجود نشتی در شیر خلاص کن (Relief Valve) و اطمینان از سالم بودن آن توصیه می شود که نقطه کاری (Set Point) آن را اندکی افزایش داده تانشتی آن قطع شود.
ب- تراز نبودن (Misalignment)

تراز نبودن پمپ با سیستم محرک (نظیر الکتروموتور) می تواند موجب بروز لرزش و ایجاد سر و صدا در آن گردد. در این صورت بهتر است که کیفیت تراز بودن پمپ با راه انداز را در حالت سرد (قبل از راه اندازی) و گرم (حدود نیم ساعت بعد از کارکرد) بررسی کرده و در صورت نیاز آن را تراز کنید. تراز گرم در مقایسه با تراز کردن در حالت سرد از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد.

برای تراز کردن باید کوپلینگ ها از زوایای مختلف و بشرح ذیل توسط وسیله اندازه گیری مناسب نظیر ساعت اندیکاتور و یا فیلر بررسی شوند.

در شکل (۵-۸) روش اندازه گیری برای بررسی کیفیت تراز بودن توسط فیلر نشان داده شده است.



Aligning pump couplings.

شکل (۵-۸) تراز کردن بوسیله فیلر

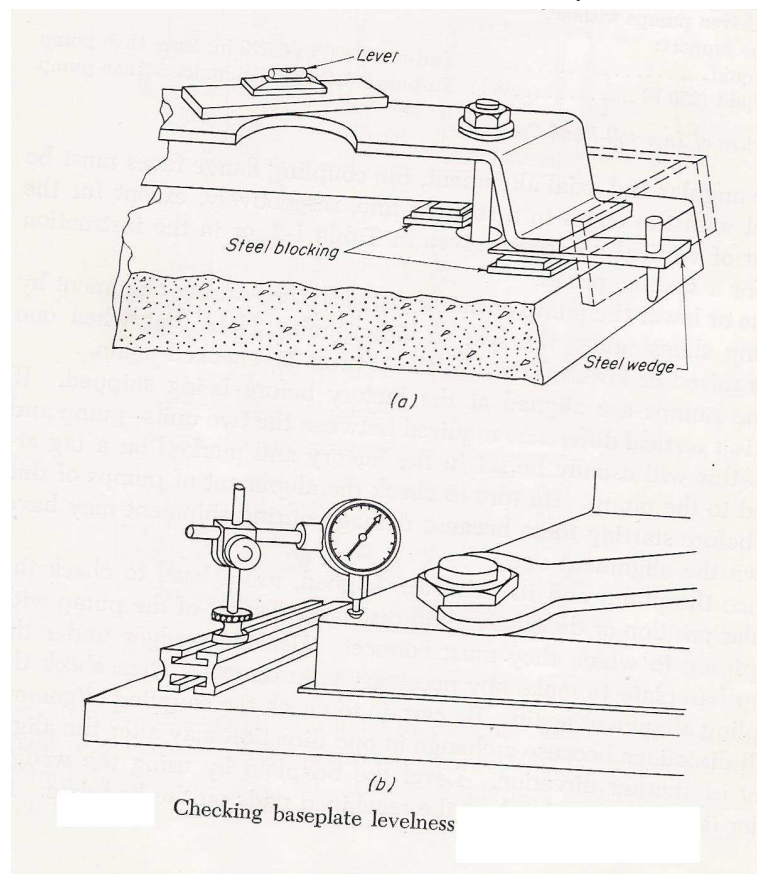
- a- تراز بودن از نظر موازی بودن محورها در حالت بازدید از بالا
- b- تراز بودن از نظر موازی بودن محورها در حالت بازدید از بغل
- c- تراز بودن از نظر هم محور بودن در حالت بازدید از بالا
- d- تراز بودن از نظر هم محور بودن در حالت بازدید از بغل

در شکلهای (۸-۶)، (۸-۷)، (۸-۸)، (۸-۹) و (۸-۱۰) روشهای تراز کردن پایه و کوپلینگ

پمپ و الکتروموتور نشان داده شده است.

دقت شود که لوله مکش هیچگونه تنش بر روی پمپ وارد نکند. متأسفانه بسیاری از تکنسینهای نصب به مورد فوق توجه ننموده و لولههای مکش و دهش را با اعمال نیرو و تحت تنش به پمپ وصل می کنند. این اقدام موجب اعمال نیروهای غیر مجاز به پوسته یاتاقانها و خرابی زودرس آنها گردیده که می تواند لرزش غیر عادی پمپ را در پی داشته باشد. در شرایط اضطراری بهتر است که از اتصالات انبساطی (Expansion Joint) استفاده شود.

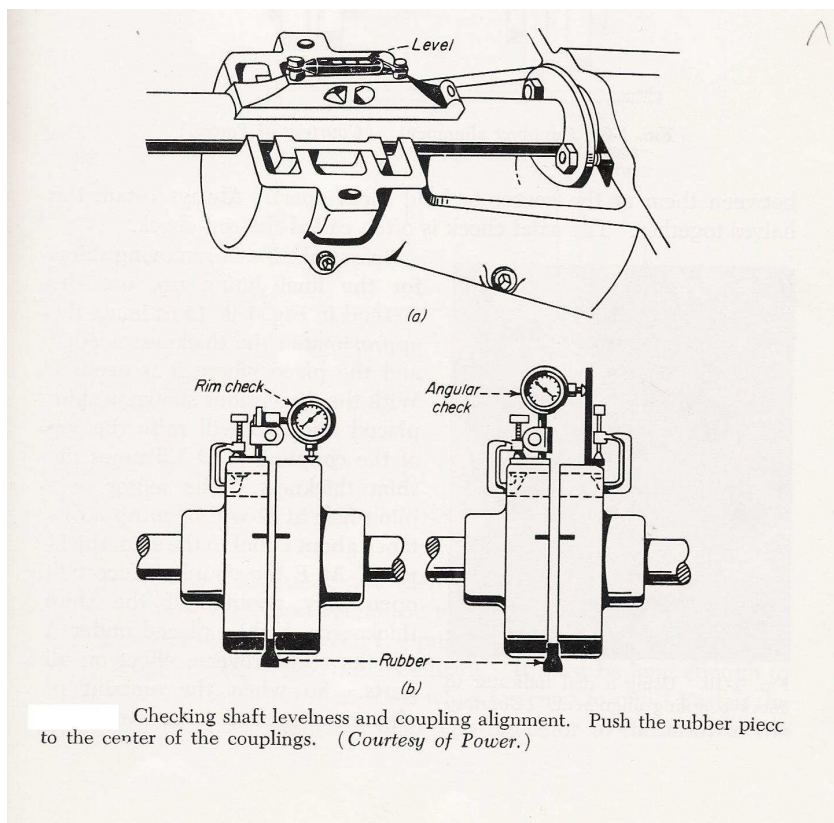
تاب داشتن شافت پمپ و یا الکتروموتور نیز می تواند عامل بروز لرزش در پمپ باشد. در این حالت بهتر است که با ساعت اندیکاتور تاب شافت را اندازه گیری نموده و اگر مقدار آن از حد مجاز بیشتر باشد نسبت به ترمیم آن اقدام شود.



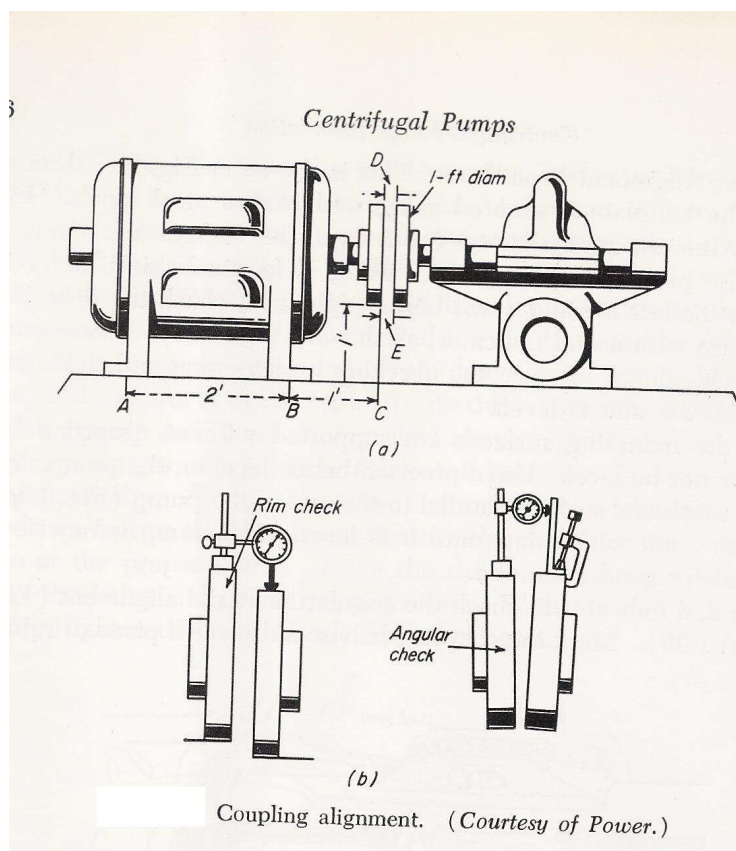
شکل (۸-۶): تراز کردن پایه پمپ و الکتروموتور

ج- فشار دهش از حد معمول بالاتر است

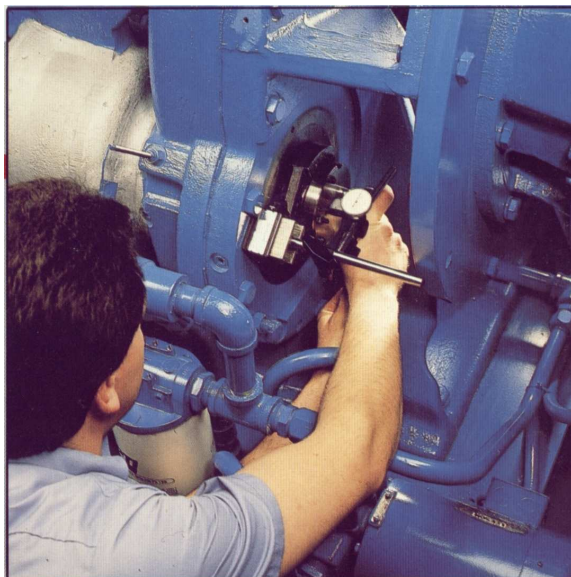
بالا بودن فشار دهش می تواند سر و صدایی نظیر عملیات سنگ زنی (Grinding) ایجاد کند. در این حالت باید فشار دهش را بررسی کرده و در صورتی که پمپ فاقد شیر خلاص کن باشد، باید یک عدد از آن را بعد از تنظیم بر روی پمپ نصب نمود.



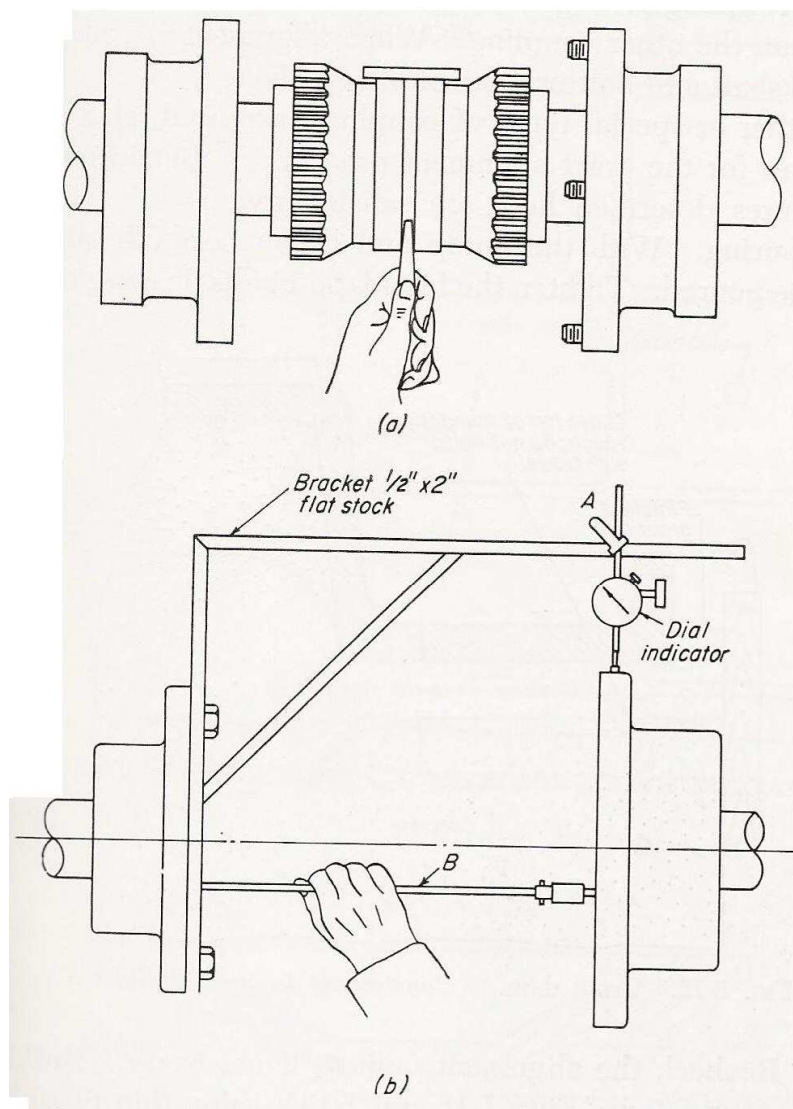
شکل (۷-۸): تراز کردن کوپلینگ ها توسط ساعت اندیکاتور



شکل (۸-۸): تراز کردن از نظر موازی بودن محورها و زاویه داشتن



شکل (۸-۹): تراز کردن کوپلینگ به وسیله ساعت اندیکاتور در محل



Aligning gear- and floating-type couplings.

شکل (۸-۱۰): تراز کردن دنده و کوپلینگ های شناور

۶-۸ فرسایش غیر عادی

الف- مشکلات مربوط به مایع

خوردگی (Corrosion) یکی از عوامل خرابی قطعات داخلی پمپ که با مایع در تماس هستند می باشد. در صورت امکان باید PH مایع را در حد قابل نگهداشت و یا از مواد اولیه مناسب برای ساخت قطعات پمپ استفاده نمود. وجود ذرات جامد را می توان مهمترین علت فرسایش (Wear) قطعات پمپ، افزایش لقی و کاهش راندمان حجمی، کاهش ظرفیت و فشار قابل دسترس در پمپ های دورانی دانست. به همین خاطر استفاده از صافی (Strainer) و فیلتر (Filter) با دانه بندی مناسب در قسمتهای مکش و دهش پمپ اکیدا توصیه می گردد. یکی از وظایف مایع مورد پمپاژ در پمپ های دورانی، روان کاری قطعات داخلی پمپ می باشد. بدیهی است که اگر بنا به هر دلیلی پمپ بدون مایع و در حالت خشک کار کند، قطعات داخلی آن آسیب دیده و دچار خرابی خواهد شد. به همین دلیل با وجود آنکه پمپ های دورانی دارای خاصیت خود هواگیری (Self Priming) می باشند ولی با این وجود و بلحاظ جلوگیری از فرسایش قطعات داخلی آن توصیه می شود قبل از راه اندازی این پمپ ها آنها را هواگیری کرد. لازم بذکر است که در صورت نصب صافی در ورودی پمپ، باید دقت شود که دچار گرفتگی نشده و مانع از ورود مایع به درون لوله مکش نگردد. به همین خاطر انتخاب صحیح صافی و بازرسی های ادواری و بموقع آنها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد.

پ- تغییر شکل پوسته

وجود تنش در لوله و انتقال آن به پوسته پمپ مهمترین علت تغییر شکل پوسته پمپ می باشد. بهمین خاطر در زمان نصب باید دقت شود که نخست پمپ در محل مناسب نصب شده و سپس لوله های آن را بدون اعمال هر گونه نیروی اضافی وصل کرد. در صورت تغییر دمای مایع در طول بهره برداری لازم است که تمهیدات لازم جهت جلوگیری از انتقال تنش های حرارتی از لوله ها به پوسته پمپ اتخاذ شود. اتصالات انبساطی (Expansion joint) وسیله مناسبی در این زمینه می باشند.

ج- بالا بودن فشار دهش

هیچگاه نباید از پمپ های دورانی در فشارهای بالاتر از میزان طراحی آن بهره برداری کرد. فشار غیر مجاز موجب وارد شدن نیروهای غیر قابل قبول بر قطعات داخلی پمپ نظیر دنده ها، پوسته، شافت و یاتاقانها گردیده و باعث خرابی زودرس آنها خواهد شد.

د- خرابی باتاقانها

کیفیت یاتاقانها نقش بسزایی در ممانعت از فرسایش قطعات داخلی پمپ‌های دورانی دارند. با افزایش لقی در یاتاقانها لقی قطعات متحرک با یکدیگر و یا با پوسته پمپ کاهش یافته و همین امر می تواند موجب تماس آنها با یکدیگر و خرابی زودرس آنها گردد.

۷-۸ کاهش ظرفیت

الف-مشکلات مربوط به لوله مکش

لوله مکش پمپ‌ها را می توان پاشنه آشیل پمپ‌ها دانست. برای بهره برداری مطلوب از پمپ‌ها (بدن توجه به نوع آنها) مایع باید باندازه کافی و بدون هر گونه مشکلی وارد پوسته پمپ شده تا بتواند با شرایط مطلوب پمپاژ گردد.

بالا بودن اصطکاک در لوله مکش ناشی از بکارگیری اتصالات زیاد، بالا بودن ویسکوزیته مایع، پایین بودن قطر لوله مکش، وجود هر گونه گرفتگی در مسیر مکش، زیاد بودن میزان مکش (Lift)، نشت هوا بداخل پمپ و... عوامل اصلی وجود مشکلات مکش پمپ می باشند.

ب-وجود هوا در پوسته پمپ

نشت هوا در اتصالات لوله مکش، پوسته پمپ، محفظه آب بند کننده، هواگیری نامناسب قبل از راه اندازی پمپ و... می توانند موجب حضور هوا در پوسته پمپ و کاهش دبی آن گردد. در پمپ‌هایی که از نوار آب بند کننده برای آب بندی پمپ استفاده می شود باید نوار آب بند کننده را در حدی سفت کرد که هوا قادر به نفوذ بداخل پمپ از محفظه آب بند کننده نگردد. البته باید دقت شود که نوارهای آب بند کننده پیش از حد سفت نشوند، چرا که جدا از کاهش عمر مفید آنها، موجب فرسایش زودرس شافت و یا غلاف (Sleeve) آن می گردند.

ج-اشکال مربوط به راه اندازی

پایین بودن سرعت دورانی پمپ یکی از دلایل کاهش دبی پمپ می تواند باشد، این امر بویژه در مواردی که انتقال قدرت توسط تسمه صورت می گیرد می تواند بسیار محتمل باشد. سفت نبودن تسمه‌ها و وجود لغزش (Slip) در تسمه‌ها موجب کاهش سرعت دورانی پمپ و بالطبع آن کاهش سرعت دورانی پمپ گردد.

د-فرسایش قطعات داخلی پمپ

فرسایش و خوردگی قطعات داخلی پمپ موجب افزایش لقی و افزایش نشتی داخلی پمپ گردیده که کاهش ظرفیت پمپ را بدنبال خواهد داشت.

د- اشکال در شیر خلاص کن

در صورت وجود هر گونه اشکال در شیر خلاص کن نظیر خرابی قطعات داخلی آن و یا تنظیم نامناسب این شیر، مقداری از مایع خروجی از پمپ به قسمت مکش پمپ برگشت داده شده و

دبی واقعی پمپ کاهش خواهد یافت. باز بودن شیر برگشت مایع (Bypass Valve) نیز می تواند یکی از دلایل پایین بودن ظرفیت پمپ باشد.

۸-۸ توان مصرفی در پمپ زیاد است

الف- فشار دهش زیاد است

در مواقعی که توان مصرفی در پمپ زیاد باشد، نخست باید فشار مایع خروجی از پمپ را بررسی کرد. اگر فشار در قسمت دهش پمپ از حد مجاز بیشتر باشد، می تواند موجب بالا رفتن توان مصرفی در پمپ گردد. برای این منظور نخست باید نقطه تنظیم شیر خلاص کن را بررسی نموده و در صورت نامناسب بودن، آن را مجدداً تنظیم کرد.

وجود هر گونه گرفتگی در مسیر دهش می تواند یکی از عوامل بالا رفتن فشار دهش پمپ باشد. بالا بودن ویسکوزیته مایع مورد پمپاژ نیز می تواند موجب افزایش توان مصرفی گردد. در این حالت لازم است در صورت امکان نسبت به کاهش ویسکوزیته مایع مورد پمپاژ اقدام شود. اگر بالا بودن توان مصرفی اجتناب ناپذیر باشد و هر گونه تغییر در آن موجب اختلال در عملکرد سیستم می شود، لازم است که از الکتروموتور با توان بیشتر استفاده کرد.

ب- مشکلات مربوط به محور

نا هم راستایی، تاب داشتن محور و سفت بستن نوارهای آب بند کننده می تواند جزء عوامل بالا رفتن توان مصرفی در پمپ گردد. در چنین مواردی لازم است که پمپ را مورد بررسی دقیق قرار داده و علت بالا بودن توان مصرفی را شناسایی و نسبت به رفع آن اقدام شود.

ج- سرعت دورانی پمپ زیاد است

بالا بودن سرعت دورانی موجب افزایش دبی و فشار خروجی از پمپ گردیده و چون توان مصرفی با حاصلضرب دو پارامتر فوق مرتبط می باشد، می تواند موجب بالا رفتن توان مصرفی در پمپ شود.

د- فرسایش داخلی

قبل از هر اقدامی باید لوله های ورودی و خروجی پمپ را باز کرده و از عدم اعمال تنش از طریق لوله ها به پوسته پمپ مطمئن شد، شافت را با دست چرخانیده و از روانی حرکت پمپ اطمینان حاصل کنید. در صورت وجود هر گونه گیری در چرخش قطعات دوار باید پمپ را باز کرده و علت آن را مشخص و برطرف نمود. لقی بین قطعات را اندازه گیری کرده و در صورت نیاز آن را اصلاح کنید. خرابی یاتاقانها مانع از چرخش آسان قطعات و بالا رفتن توان مصرفی در پمپ می گردد. در چنین مواردی باید یاتاقانهای معیوب را تعویض کرد.

بخش نهم: عیب یابی و تعمیرات پمپ های رفت و برگشتی

۱-۹ مقدمه

از آنجایی که پمپ‌های رفت و برگشتی (Reciprocating Pump) همانند پمپ‌های دورانی جزء پمپ‌های جابجایی مثبت می‌باشند، لذا اکثر مواردی که موجب بروز مشکلات در پمپ‌های رفت و برگشتی می‌گردند، همانند مشکلات مربوط به پمپ‌های دورانی بوده که در بخش هشتم مورد اشاره قرار گرفت. البته موارد خاصی هستند که مربوط به پمپ‌های رفت و برگشتی بوده و به صورت اختصاصی در این بخش بررسی خواهند شد و سایر موارد را می‌توان از مطالب ارائه شده در بخش هشتم استخراج کرد.

۲-۹ فهرست اشکالات اختصاصی پمپ‌های رفت و برگشتی

الف- خرابی زودرس نوار آب بند کننده

ب- خرابی سوپاپها

ج- وجود ضربان غیر عادی در مایع مورد پمپاژ

د- اشکالات مربوط به پمپ‌های دیافراگمی

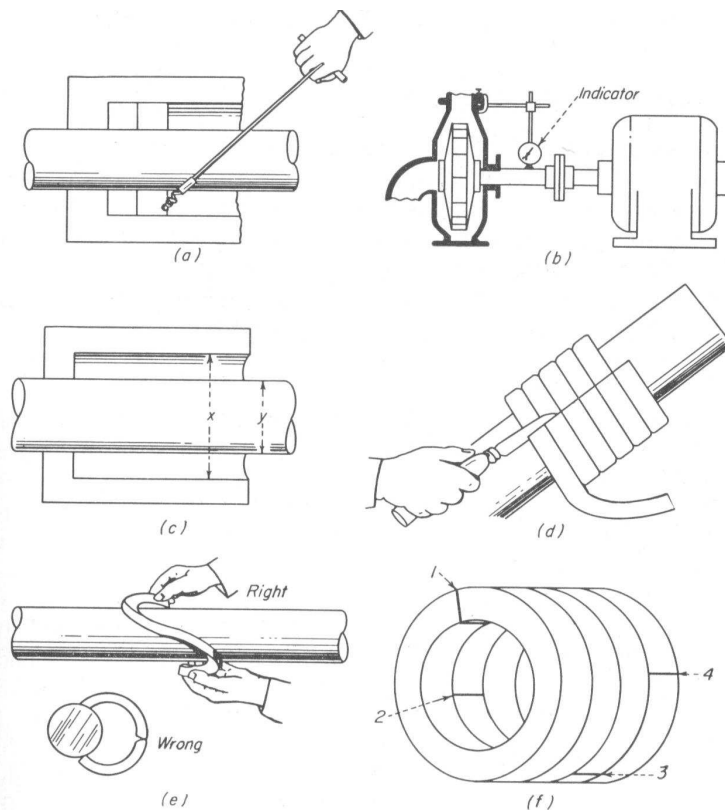
۳-۹ خرابی زودرس نوار آب بند کننده

کیفیت نوارهای آب بند کننده جهت جلوگیری و یا کاهش نشتی در تمامی پمپ‌ها از اهمیت بالائی برخوردار بوده ولی در مورد پمپ‌های رفت و برگشتی و بویژه پمپ‌های انگشتی (Plunger Type Pumps) نیازمند توجه بیشتری می‌باشد. این امر بلحاظ بالاتر بودن فشار خروجی در این پمپ‌ها و احتمال نشتی زیاد در هنگام بروز کمترین اشکال در سیستم آب بند کننده می‌باشد. یکی از نکات بسیار مهم در خرابی زودرس نوارهای آب بند کننده انتخاب غلط آن می‌باشد. در انتخاب نوارهای آب بند کننده باید حداقل ۱۵-۱۰ پارامتر مورد توجه قرار گیرد که یکی از آنها نحوه حرکت محور (دورانی و یا رفت و برگشتی) می‌باشد. بسیاری از سازندگان نوارهای آب بند کننده، طرحهای خاصی از نوارهای آب بند کننده را مخصوص حرکت دورانی و یا حرکت رفت و برگشتی طراحی و تولید می‌کنند. بدیهی است که در صورت بکارگیری از نوارهای آب بند کننده که برای حرکت دورانی ساخته شده اند جهت آب بند کردن محور پمپ رفت و برگشتی، نوارها سریعاً آسیب دیده و نیازمند تعویض می‌باشند.

تنظیم غلط قطعه عینکی (Gland) بویژه سفت بستن آن می‌تواند باعث خرابی زودرس نوار آب بند کننده گردد. سطح شافت باید دارای سختی مناسب و کاملاً صیقلی باشد. وجود هر گونه خراشیدگی، خوردگی، حفره ای شدن (Pitting) و... بر روی شافت انگشتی (Plunger) می‌تواند موجب تسریع در خرابی نوار آب بند کننده گردد.

اساساً پمپ‌های رفت و برگشتی و بالاخص سوپاپ و سیستم آب بند کننده پمپ نسبت به حضور مواد جامد (Solid) و هر گونه آلودگی حساس می‌باشند. در چنین مواردی لازم است که در

قسمت مکش پمپ صافی مناسب نصب نموده تا ذرات جامد را جدا کند. نصب سیستم Sealing Water در محفظه آب بند کننده می تواند در افزایش عمر مفید نوار آب بند کننده مؤثر باشد. بریدن صحیح نوار آب بند کننده و جا زدن آنها از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در زمان جا زدن باید دقت شود که شیارها روبروی هم قرار نگرفته و برحسب تعداد نوارهای آب بند کننده نسبت به هم زوایای ۹۰ یا ۱۲۰ درجه داشته باشند. در شکل (۹-۱) نحوه بریدن و جا زدن نوارهای آب بند کننده نشان داده شده است.



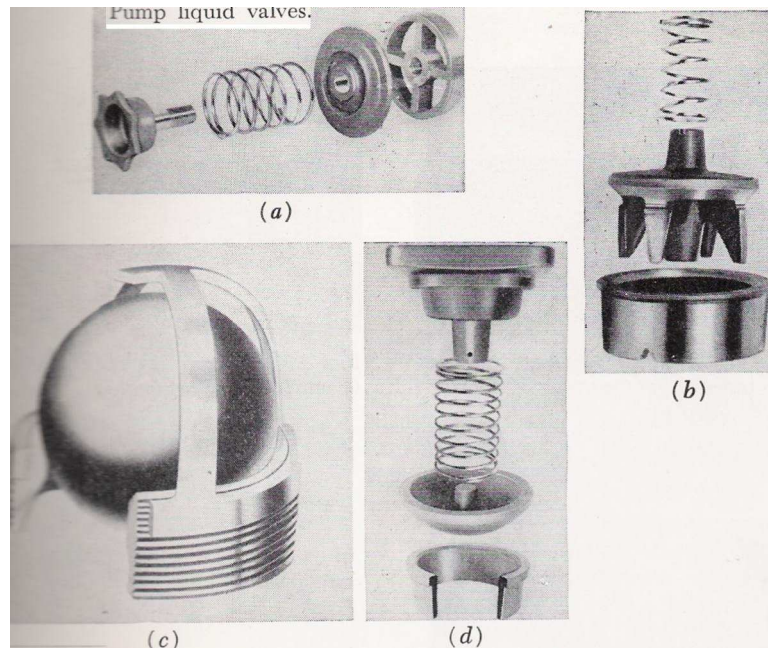
Steps in repacking a pump.

شکل (۹-۱) بریدن و جا زدن نوارهای آب بند کننده

۹-۴ خرابی سوپاپها

هر سیلندر پمپ های رفت و برگشتی (انگشتی و دیافراگمی) باید دارای حداقل یک سوپاپ مکش و یک سوپاپ دهش باشند.

سوپاپها، دریهای ورودی و خروجی مایع به داخل محفظه تراکم بوده و با فشار مایع و به کمک نیروی فنر باز و بسته می شوند. سوپاپها در زمان بسته بودن نباید دارای نشتی باشند. بنابراین در زمان تعمیرات پمپ و یا در مواقعی که دبی پمپ به طور غیر عادی کاهش یافت، باید سوپاپها را باز کرده و مورد بررسی قرار داد. در شکل (۹-۲) چند نمونه از سوپاپهای مورد استفاده در پمپ های رفت و برگشتی نشان داده شده است.



شکل (۹-۲) چند نمونه از سوپاپهای مورد مصرف در پمپهای رفت و برگشتی

مهمترین علت خرابی سوپاپ، خرابی صفحه (Plate) و یا نشستگاه (Seat) آن می باشد که در زمان بازرسی باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت امکان و از طریق سنگ زدن (Grinding) ترمیم شوند. اگر میزان خرابی در حدی بوده که تعمیر آن منطقی نباشد بهتر است که قطعه معیوب تعویض گردد.

خرابی فنر نیز می تواند یکی از دلایل بد کار کردن سوپاپ باشد، فنر را بررسی کرده و در صورت مشاهده هر گونه اشکال در ظاهر و یا عملکرد آن، تعویض شود.

۵-۹ وجود ضربان غیر عادی در مایع خروجی

هرچند که مایع خروجی از پمپ رفت و برگشتی دارای ضربان می باشد ولی در حد فاصل بین پمپ و سیستم مصرف کننده (بویژه در سیستمهای هیدرولیکی) از تجهیزاتی جهت حذف و یا کاهش ضربان استفاده می شود. قطعاتی نظیر مخزن ضربان گیر (Accumulator)، ضربان گیر قابل نصب در خط (In Line Pulsation Dampener)، بالشتکها حاوی گاز (Cushion) و فیلتر آکوستیک می توانند در جهت حذف و یا کاهش ضربان مؤثر واقع گردند. وجود هر گونه خرابی (بویژه پارگی محفظه نگهدارنده گاز) و یا کاهش میزان گاز در اثر نشتی و... می توانند باعث بروز ضربان غیر عادی در سیستم گردند. در چنین مواردی لازم است که سیستم به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته، منشا بروز مشکل تعیین و نسبت به رفع آن اقدام شود.

۶-۹ اشکالات مربوط به پمپهای دیافراگمی

پمپهای دیافراگمی مناسب ترین وسیله برای تزریق مواد شیمیایی می باشند. به عنوان مثال تزریق کلر جهت ضد عفونی کردن آب نوشیدنی، تزریق مواد شیمیایی به آب دیگ بخار و... توسط پمپ دیافراگمی صورت می گیرد.

خرابی سوپاپ ها، دیافراگم، سیستم انتقال قدرت و سیستم کنترل ظرفیت جزء بخش های آسیب پذیر این دسته از پمپ ها می باشند.

در مورد خرابی سوپاپها قلاً توضیحات لازم داده شده است. در صورت بروز خرابی در دیافراگم (پارگی، نداشتن خاصیت ارتجاعی مناسب، تغییر شکل و...) باید نسبت به تعویض آن اقدام شود. سیستم انتقال قدرت می تواند به صورت چرخ دنده و یا قطعه بادامکی (Eccentric) باشد. قطعات فوق را بررسی کرده و در صورت مشاهده هر گونه خرابی در آنها نسبت به تعویض آن اقدام شود.

کنترل ظرفیت در این دسته از پمپ ها بر اساس تغییرات کورس (Stroke) و یا ضربان (Pulsation Rate) صورت می گیرد. برای اجرای هر گونه تغییر در ظرفیت این پمپ ها می توان از تغییر کورس، تغییر ضربان و یا هر دو استفاده نمود. تغییر ضربان از طریق تغییر فرکانس برق توسط Invertors صورت می گیرد. در صورتی که سیستم فوق دچار مشکلی شده باشد باید موضوع به اطلاع واحد برق رسانیده شده تا نسبت به رفع اشکال اقدام نمایند. فرسایش قطعات مهمترین عامل اشکال در سیستم تغییر کورس می باشد، در صورت مشاهده هر گونه اشکال در این قسمت، پمپ را باز کرده و قسمت انتقال قدرت آن را بررسی و نسبت به رفع آن مشکل اقدام کنید.