



پمپیران

پمپ

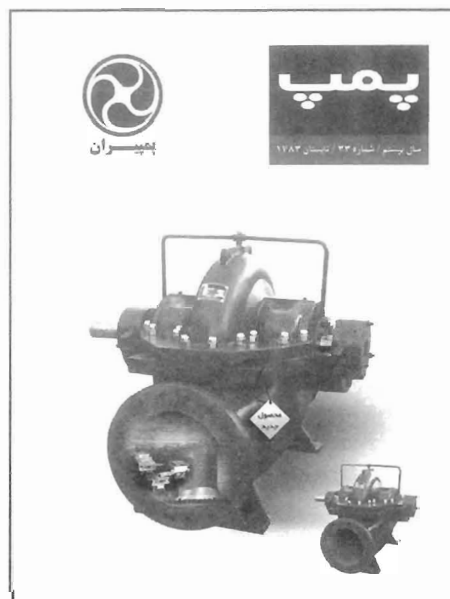
سال بیستم / شماره ۳۳ / تابستان ۱۳۸۳

فشریه فنی و آموزشی شرکت پمپیران (سهامی عام)



نشریه فنی و آموزشی صنایع پمپ سازی ایران

(سهامی عام)



سال بیستم - شماره ۳۳ - تابستان ۱۳۸۳

در این شماره می خوانید:

دور بحرانی پمپها
مهندس دیار عصمتی ۱

اساس کار دبی سنج مغناطیسی و مقایسه انواع متداول آن
مهندس دیار عصمتی ۷

اتلافات انرژی در پمپ
مهندس سعید حداد
مهندس سعید نقشبند حسنی ۱۸

مواد فلزی ساختمان پمپها و مکانیسم تخریب آنها
مهندس یونس بوداق ۲۷

تلفات بار فواری در الکتروموتورها
مهندس علی محمدی زردخانه ۴۰

فهرست مقالات در شماره های قبلی نشریه پمپ ۴۶

صاحب امتیاز: شرکت صنایع پمپ سازی ایران

پمپ ایران (سهامی عام)

مدیر مسئول: دکتر میر بیوک احقاقی

سرمدبیر: مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری

هیئت تحریریه: گروه مهندسين و متخصصين

شرکت صنایع پمپ سازی ایران

مسئول اجرائی: مهندس مسعود حداد

مسئول اشتراک و توزیع: غلامرضا اکبرپور

حروف نگار: حروفچینی کامپیوتری پیام

لیتوگرافی: رنگین - ۵۵۶۸۴۸۰

* «نشریه پمپ» از عموم پژوهشگران، صاحب نظران و استادان، مقاله ترجمه و گزارش می پذیرد * نقل و اقتباس مطالب و استفاده از «نشریه پمپ» با ذکر کامل منبع آزاد است * «نشریه پمپ» در رد، قبول، حذف، ویرایش و اصلاح مطالب آزاد است

خواننده گرامی:

نشریه پمپ به همکاری و همیاری شما ارج نهاده و از مقاله‌های مفید شما استقبال خواهد نمود. لطفاً با ارسال نظرات و پیشنهادات سازنده و همچنین همکاری خود در تهیه مقالات علمی و فنی، ما را در ارایه هر چه بهتر مطالب و بالا بردن کیفیت نشریه یاری نمایید.

با تشکر - سردبیر

شرایط درج مقاله در نشریه پمپ

- ۱ - محتوای مقاله باید فنی، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد.
- ۲ - نام و نام خانوادگی و درجه تحصیلی، شغل و آدرس کامل مؤلف یا مترجم در صفحه اول مقاله قید شود همچنین شماره تلفنی که بتوان در موقع لزوم تماس حاصل نمود.
- ۳ - عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید.
- ۴ - مطالب ارسالی بایستی تایپ شود، در غیر اینصورت با خط خوانا در یک طرف کاغذ A4 نوشته و ارسال گردد.
- ۵ - تصویرها، شکلها و نمودارهای پیوست مقالات بر روی یک طرف کاغذ باشد.
- ۷ - توضیحات و زیر نویسها به صورت مسلسل شماره گذاری و در پایان مقاله ذکر شوند.
- ۸ - مراجع و مأخذ اصلی در تالیف و تدوین مطالب ارسالی باید دقیقاً مشخص و در پایان مقاله معرفی گردند.
- ۹ - مقالات ترجمه شده منظم به فتوکپی متون اصلی باشند.
- ۱۰ - مقاله ارسالی بایستی قبلاً در هیچ یک از نشریات داخلی چاپ نشده باشد.
- ۱۱ - مقاله ارسالی برگشت داده نخواهد شد.

ضمناً چون صحت مطالب مقاله بعهدہ نویسنده آن است لذا هرگونه تغییر و ویرایش در متن مقاله، جهت تایید نهایی نویسنده، قبل از چاپ ارسال خواهد شد.

نشانی نشریه: تبریز - قراملک - مجتمع ماشین سازی تبریز - صندوق پستی ۵۱۸-۱۳۵

شرکت صنایع پمپ سازی ایران - امور مهندسی - نشریه پمپ

دفتر مسئول اشتراک و توزیع - تلفن: ۸-۲۸۹۰۶۴۴-۰۴۱۱ داخلی ۲۴۵

پست الکترونیکی نشریه: pump@magiran.com

دسترسی اختصاصی به نشریه: <http://www.magiran.com/pump>

دور بحرانی پمپها^(۱)

مهندس دیار عصمتی
سرپرست طراحی هیدرولیکی
شرکت صنایع پمپ سازی ایران

پمپ نیز مانند بسیاری از ماشینهای دیگر دارای قسمتهای ثابت و دوار است. قسمت دوار پمپها همان محور و اجزای گردان مونتاژ شده روی آن می باشد، که با کوپل شدن به یک منبع نیروی دارای حرکت چرخشی، مانند الکتروموتور یا موتورهای احتراقی و... انرژی جنبشی را وارد پمپ می کند. این انرژی توسط پروانه متصل به محور به سیال مورد نظر برای پمپاژ انتقال داده می شود.

محور پمپها اکثراً از جنس فولاد ساخته می شود و فولاد نیز ماده ای «الاستیک»^(۲) است. هر ماده الاستیک دارای یک فرکانس نوسان طبیعی است که قابل اندازه گیری می باشد. عدم بالانس روتور پمپ و قسمتهای چرخان مونتاژ شده بر روی آن، سبب ایجاد نیروهای غیرتعادلی قوی خواهد شد و این نیروها باعث افزایش دامنه نوسان روتور می شوند.

بحرانی ترین حالت ارتعاشی زمانی رخ می دهد که فرکانس محرک به فرکانس طبیعی نوسان روتور نزدیک می شود. در این حالت پدیده ای به نام «تشدید» یا «رزونانس»^(۳) رخ می دهد، و از لحاظ تئوری

۱-Critical Speed

۲- Elastic

۳-Resonance

دامنه نوسان به سمت بینهایت میل می‌کند اما در عمل عوامل مختلفی همچون استهلاک «ویسکوز»^(۱) خود سیال مورد پمپاژ و عوامل دیگر مانع از بینهایت شدن دامنه نوسان می‌شود و این افزایش از چند برابر دامنه اولیه فراتر نمی‌رود.

فرکانس ارتعاش طبیعی سیستم و فرکانس ارتعاش محرک ورودی در سرعت‌های مختلفی باهم برابر می‌شوند. اولین سرعت مورد نظر «اولین سرعت بحرانی»^(۲) نامیده می‌شود که در آن دامنه ارتعاشات روتور بیشینه می‌شود، و با افزایش سرعت بتدریج از دامنه ارتعاشات روتور کاسته شده و بعد دوباره به آن افزوده می‌شود و دامنه ارتعاش به سمت مقدار بیشینه دیگری حرکت می‌کند که سرعت مربوط به آن مقدار بیشینه، «دومین سرعت بحرانی» نامیده می‌شود، و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

در کلاس بندی پمپهای گریز از مرکز یک محور (روتور) «صلب»^(۳) به محوری اتلاق می‌شود که با سرعتی کمتر از سرعت بحرانی می‌چرخد. با استفاده از نتایج تجربی می‌توان گفت که در پمپهای با سرعت زیر 1750rpm شفتها عموماً صلب هستند یعنی به سرعت بحرانی نمی‌رسند.

پمپهای گریز از مرکز را می‌توان در سرعت‌های بالای سرعت بحرانی نیز به کار برد، به شرطی که مرحله گذار از دور بحرانی به حدکافی سریع باشد، و به پمپ خسارت وارد نکند. در این حالت چنانچه قبلاً نیز اشاره شد، مایع مورد پمپاژ به عنوان سیال مستهلک کننده ویسکوز عمل می‌کند و از دامنه ارتعاش روتور می‌کاهد، که بعداً به آن اشاره خواهد شد.

تجربه نشان داده است شفت‌های صلب مورد استفاده بایستی در دورهای حداکثر 85% دور بحرانی به کار گرفته شوند و بازهم از داده‌های تجربی برای پمپهای مختلف چنین نتیجه می‌شود که بهترین دور برای کاستن از دامنه نوسانات و افزایش عمر یاتاقان‌ها و آب‌بندی (مخصوصاً آب‌بندی مکانیکی)^(۴) و حتی جلوگیری از خستگی محور روتور، دورهای بین 60% تا 75% سرعت بحرانی است.

۱-Viscose

۲-First Critical Speed

۳-Rigid

۴- Mechanical Seal

محاسبه انحراف شفت^(۱)

انحراف شفت شامل دو قسمت است:

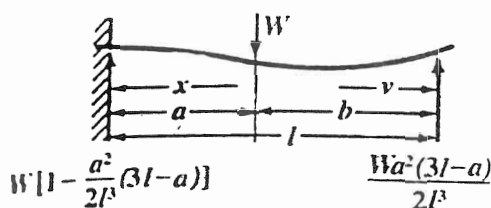
۱- انحراف استاتیکی: که هم در حالت سکون روتور وجود دارد و هم در حالت چرخش و بسته به نوع

یاتاقان بندی چنین محاسبه می شود:

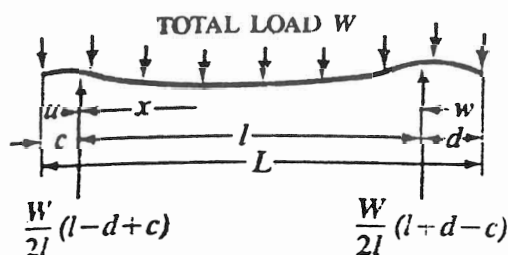
$$Y_{\max,s} = \frac{WL^3}{3EI} \quad (۱) \text{ در پمپهای آویزان}^{(۲)}$$

$$Y_{\max,s} = \frac{5}{384} \frac{WL^3}{EI} \quad (۲) \text{ در پمپهای بین یاتاقانی}^{(۳)}$$

$Y_{\max,s}$ حداکثر انحراف شفت در حالت استاتیکی است.



شکل ۱- نیرو در پمپهای آویزان



شکل ۲- نیرو در پمپهای بین یاتاقانی

در روابط فوق W نیروی وزن اجزاء گردان (N) و E مدول الاستیسیته (Pa) است که به جنس روتور بستگی دارد، و I گشتاور دوم سطح مقطع روتور (m^4) می باشد.

۱- Shaft Deflection

۲- Over Hung

۳- Between Bearing

I برای شفتهای با مقطع حلقه‌ای چنین محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$$

d_i : قطر داخلی

d_o : قطر خارجی

برای شفتهای توپر: $d_i = 0 \longrightarrow I = \frac{\pi d^4}{64}$

هرگاه تساوی فوق در معادله (1) جایگذاری شود و مقادیر ثابت W و E و $\frac{\pi}{64}$ مستقل از ابعاد

هندسی هستند در یک ثابت مثل K ادغام شوند، داریم:

$$Y_{\max,s} = K \frac{L^3}{d^4} \quad (3) \quad \text{و} \quad K = \text{const.}$$

رابطه بدست آمده را می‌توان به عنوان معیاری از خمش بیشینه محورهای مختلف در مقایسه

باهم به کار برد.

۲- انحراف دینامیکی: این حالت مهم‌تر از حالت استاتیکی است زیرا نیروهای دینامیکی در مقایسه با

نیروهای استاتیکی بزرگتر هستند. عامل ایجاد ارتعاش هنگام چرخش محور را می‌توان خروج محور از

خط مرکزین دانست، که عوامل فراوانی از جمله عدم پخش یکنواخت چگالی به هنگام ریخته‌گری

روتور یا عیوب هندسی در بدنه پمپ هنگام ریخته‌گری یا ماشین‌کاری که می‌تواند باعث قرارگیری

نادرست پایه یا تاقان‌ها شود، در آن مؤثر هستند. با محاسباتی مشابه حالت استاتیکی می‌توان دریافت که

انحراف محور در حالت دینامیکی، تابعی به صورت زیر است:

$$Y_{\max,s} = \text{function of } \left(\frac{L^4}{d^2} \right) \quad (4)$$

بنابراین انحراف محور در حالت دینامیکی با توان چهارم طول محور رابطه مستقیم و با توان دوم

قطر محور رابطه عکس دارد. حال می‌توانیم با بدست آوردن انحراف دینامیکی اولین دور بحرانی را در

حالت دینامیکی چنین بدست آوریم:

$$N_c = \frac{187.7}{\sqrt{Y \text{ (in)}}} \quad (\text{rpm}) \quad \text{سیستم انگلیسی}$$

$$N_c = \frac{946}{\sqrt{Y \text{ (mm)}}} \quad (\text{rpm}) \quad \text{سیستم SI}$$

پس از بدست آوردن حد انحراف کل (بیشینه انحراف استاتیکی + بیشینه انحراف دینامیکی) می‌توان یک لقی^(۱) برای محور تعریف نمود که معمولاً این لقی بین $0.006 < C < 0.005$ در سیستم انگلیسی، و $0.152\text{mm} < C < 0.127\text{mm}$ در سیستم SI می‌باشد.

هرگاه چنین حدودی را رعایت کنیم، اولین دور بحرانی تا حدود $2400\text{rpm} < N_c < 2650\text{rpm}$ افزایش می‌یابد. در پمپهای چند طبقه^(۲) بدلیل ازدیاد یاتاقان‌ها بین طبقات، "L" بین دو یاتاقان در معادله (۴) کاهش یافته و سبب کاهش انحراف در معادله (۵) می‌شود و بدین ترتیب اولین دور بحرانی به 3600rpm در شفتهای مشابه افزایش می‌یابد، و این در حالی است که معمولاً این نوع پمپها در حدود 3000rpm کار می‌کنند.

ما تاکنون قطر محور را یکنواخت در نظر گرفتیم، که در بسیاری از پمپها بدلیل تغییرات جزئی قطر محور در مقاطع مختلف با تقریب خوبی صادق است. در صورتی که تغییرات قطر در محور قابل ملاحظه باشد، محاسبات پیچیده‌تر خواهد شد و بحث «تمرکز تنش»^(۳) پیش می‌آید که برای مطالعه دقیق روی آنها می‌توان از نرم‌افزارهای کامپیوتری مانند Ansys کمک گرفت.

اثر لوماکین^(۴)

جنبه مثبت دیگری که در کاهش دامنه ارتعاشات روتور مؤثر است و قبلاً نیز اشاره کوچکی به آن شد، اینست که روتور در حالت غوطه‌وری در آب یا هر سیال ویسکوز دیگر کار می‌کند، و این سیال در فشارهای گوناگون و در مجاری مختلف در داخل پمپ از جمله بین رینگهای سایشی و بوشهای بین طبقات و.... جریان دارد. جریان مایع تقریباً به عنوان یاتاقان هیدرودینامیکی عمل می‌کند و باعث استهلاک ارتعاشات روتور شده و بنابراین دامنه ارتعاشات را کاهش می‌دهد. این پدیده در میان سازندگان پمپ به «اثر لوماکین» معروف است.

۱-Clearance

۲-Multistage Pumps

۳-Stress Concentration

۴-Lomakin Effect

منابع

- 1) WWW. Mchallyinstitute.com
 - 2) Pump Handbook, by Igor J.Karassik
 - 3) Machinery's handbook, by Robert E. Green
 - 4) Mechanical vibrations, by J. Tomson
- ۵- با تشکر از آقای امین خیاطزاده حسنلوئی کارآموز امور مهندسی شرکت پمپیران (دانشجوی سال آخر مهندسی مکانیک).

اساس کار دبی سنج مغناطیسی و مقایسه انواع متداول آن

مهندس دیار عصمتی
سرپرست طراحی هیدرولیکی
شرکت صنایع پمپ سازی ایران

چکیده

دبی سنج مغناطیسی براساس اصول القاء مغناطیسی کار می کند و بدون ایجاد هیچ گونه مانعی در مقابل جریان، سرعت را از قشر بیرونی مجرای جریان اندازه می گیرد. برای اینکه بتوان دبی جریان مایعی را با این دبی سنج اندازه گرفت، مایع مورد نظر باید دارای هدایت الکتریکی حداقل ۲ میکروموس بر سانتیمتر باشد. ولتاژ القا شده در دبی سنج مغناطیسی توسط دو الکترود نصب شده در امتداد قطری روی جداره نارسانا دریافت می شود. پالس الکتریکی کوچک تولید شده در حد میلی ولت، متناسب با سرعت متوسط سیال داخل لوله بوده و به همین دلیل این دبی سنج برای کلیه مایعات دارای هدایت الکتریکی، (چه به صورت رژیم جریان لایه ای و چه به صورت رژیم آشفته) مناسب هست. دو طرح جداگانه بر پایه تحریک میدان مغناطیسی به بازار عرصه می شود. دو نوع اول: جریان AC که به طور مستقیم به سیم پیچ مغناطیسی متصل می شود. در نوع دوم میدان ایجاد شده توسط جریان DC بوده و برای مدت کوتاهی می باشد. در سیستم AC ولتاژ پالس تولید شده، به ولتاژ تحریکی، سرعت جریان و

شار مغناطیسی اندازه‌گیری شده در سیم‌پیچ بستگی دارد. در سیستم DC ولتاژ الکترودها در حالت نخست بدون میدان مغناطیسی و سپس با میدان مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود. اختلاف ولتاژ اندازه‌گیری شده نشانگر میزان جریان آب خواهد بود.

مقدمه

در زندگی امروزی و در مسائل روزمره علی‌الخصوص صنعت و کشاورزی با موارد مختلف استفاده از سیالات و مایعات روبرو هستیم. به عنوان مثال در تاسیسات آبرسانی شهرها، در ایستگاههای پمپاژ، در سیستم‌های آبیاری تحت فشار مانند قطره‌ای و بارانی، تاسیسات نیروگاههای آبی و حرارتی و سایر تاسیسات مربوط به سیالات و ... در تمام موارد ذکر شده استفاده از دبی سنج‌ها غیرقابل اجتناب است. این وسیله در محاسبات اقتصادی و برنامه‌ریزی و مدیریت تقسیم آب دارای اهمیت خاصی است. همگام با پیشرفت صنعتی و اتوماتیک شدن سیستمها، صنعت به استفاده از وسایل اندازه‌گیری که اولاً دارای دقت بالا بوده و ثانیاً سازگاری مناسبی با سیستمهای کامپیوتری داشته و قابلیت کنترل داشته باشد، نیاز بیشتری پیدا کرده است. با توجه به موارد فوق در اینجا مزیت دبی سنجهای الکترونیکی نسبت به سایر دبی سنجهای حجمی و مولینه‌ای مشخص می‌گردد که می‌شود با تعبیه یک Port مناسب امکان نصب به سیستمهای کامپیوتری را فراهم آورد در این مقاله به یکی از انواع دبی سنجهای الکترونیکی که امروزه کاربرد آن روز به روز افزایش می‌یابد خواهیم پرداخت و در مورد ساختمان داخلی و اساس کار دبی سنج مغناطیسی صحبت می‌کنیم.

معرفی

دبی سنج مغناطیسی وسیله‌ای برای اندازه‌گیری دبی حجمی مایعات با افت فشار کم می‌باشد. هزینه ساخت پایین، یکپارچه بودن وسیله، دقت بالا، خروجی آنالوگ خطی، غیرحساس بودن به ویسکوزیته - فشار - دما، توانایی اندازه‌گیری طیف وسیعی از مایعات (اعم از آب، مایعات سمی، مایعات خورنده و فاضلاب)، مواردی هستند که این دبی سنج را از دبی سنجهای دیگر متفاوت می‌سازد.

اساس کار قانون فارادی

کار دبی سنج مغناطیسی براساس قانون فارادی می باشد. با توجه به قانون فارادی اگر یک رسانای جریان برق در راستای عمود بر میدان مغناطیسی حرکت کند بطوریکه خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند ولتاژی در رسانا القاء می شود که ولتاژ القائی به سرعت حرکت رسانا در میدان بستگی دارد.

فرمول بندی قانون فارادی:

$$E \propto V.B.D$$

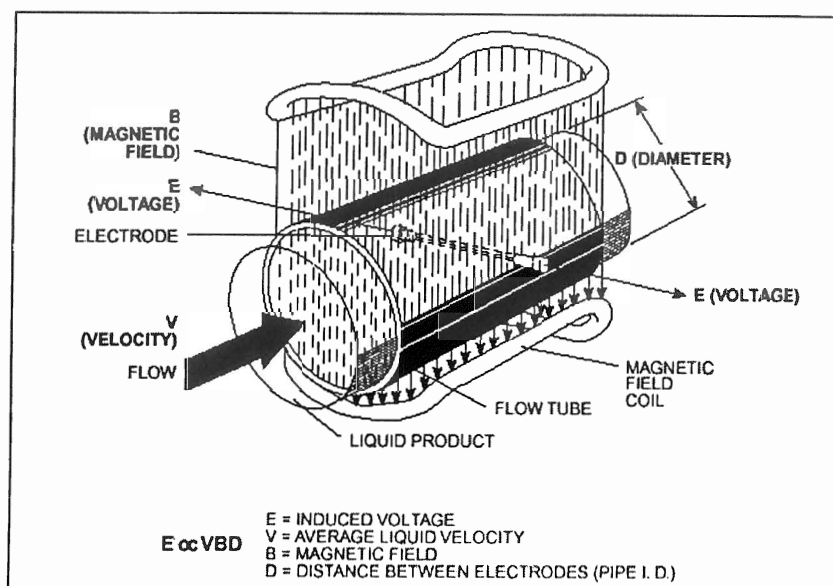
که در اینجا:

E: ولتاژ تولید شده در رسانا

V: سرعت حرکت رسانا در میدان

B: شدت میدان مغناطیس

D: طول رشته رسانا



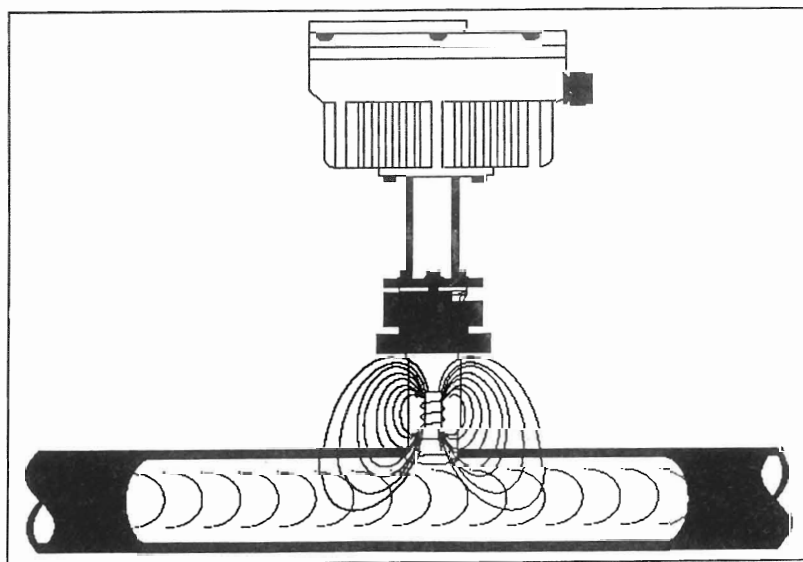
شکل ۱- اصول کار فلومتر مغناطیسی خطی

برای به کار بردن این قانون در اندازه گیری دبی، لازم است که سیال به کار رفته رسانای جریان الکتریسته باشد تا در قانون فارادی صدق کند. بطوریکه در طراحی دبی سنج مغناطیسی به کار رفته است، ولتاژ پالس القایی از قانون فارادی (E)، با سرعت متوسط مایع (V) و شدت میدان مغناطیسی (B) و طول رشته رسانا (D) - که در این مورد فاصله بین دو الکترود می باشد - رابطه دارد. (شکل ۱)

ساختمان داخلی دبی سنج مغناطیسی:

Wafer - style (۱)

در مورد دبی سنج Wafer - Style (شکل ۱) میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط دو سیم پیچ بوده، این میدان از تمام مقطع عرض جریان سیال عبور می کند. در اینجا میدان مغناطیسی به عنوان عامل اندازه گیری دبی سیال، تمام موقعیت هیدرولیکی جریان را پوشش می دهد. این نوع دبی سنج برای دقت های بالا (حدود ۰/۵ درصد) بکار می رود.



شکل ۲- اصول کار فلومتر

Insertion - style (۲)

در دبی سنج Insertion - style میدان مغناطیسی از طریق میله الحاقی در محیط داخل مایع ایجاد می شود.

این نوع دبی سنج برای طرحهای بزرگ صنعتی و اقتصادی و خصوصاً برای لوله‌هایی با اندازه بزرگ به کار می رود. (شکل ۲)

انتخاب دبی سنج

برای انتخاب نوع دبی سنج اعم از Wafer - style ، Insertion - style و یا جنس بدنه و الکترودهای این دبی سنجها باید به چندین عامل توجه کرد. از جمله این عوامل مشخصات سیالی است که باید اندازه گیری شود. همچنین پارامترهای مربوط به جریان سیال و محیط اطراف دبی سنج عوامل و فاکتورهای بازدارنده‌ای هستند که در انتخاب دبی سنج دخالت دارند. در اینجا به اختصار به چند مورد آن می پردازیم.

الف) هدایت الکتریکی:

هدایت الکتریکی به صورت ساده عبارت است از توانایی رسانایی الکتریکی در یک مایع. بسته به نوع دبی سنج، هدایت الکتریکی مایع باید بالاتر از حد مورد نیاز تعیین شده برای دبی سنج باشد. البته تغییرات هدایت الکتریکی تا زمانیکه به صورت هموژن بوده و از آستانه حداقل پایین تر نیاید تأثیری در عملکرد و دقت دستگاه نمی گذارد. در مورد هدایت الکتریکی چند مورد قابل توجه وجود دارد که به بعضی از آنها اشاره می کنیم:

- تمام آبها هدایت الکتریکی مشابه ندارند، و هدایت الکتریکی از محلی به محل دیگر متفاوت است.
- کارخانجات داروسازی و شیمیایی اغلب از آب مقطر و آبهای یون زدائی شده و یا محلولهای دیگری که هدایت الکتریکی کافی برای اندازه گیری با دبی سنج مغناطیسی ندارند استفاده می کنند.

- هدایت الکتریکی تابعی از دما می‌باشد. ولی تغییرات هدایت الکتریکی در رابطه با دما در مایعات، مختلف از یک الگو پیروی نمی‌کند. بنابراین دمای مایع تحت بررسی باید مشخص باشد.

- هدایت الکتریکی تابعی از غلظت است. اما هدایت الکتریکی همیشه با غلظت نسبت مستقیم ندارد. و در بعضی موارد در غلظتهای بسیار بالا هدایت الکتریکی کمتر از حداقل مورد نیاز جهت اندازه‌گیری با دبی سنج می‌باشد.

ب) اسید و مواد سوزآور:

ترکیبات شیمیایی اندازه‌گیری شده در محلولهای آبی یکی از فاکتورهای تصمیم‌گیری در انتخاب دبی سنج با طراحی و جنس مناسب است. در این مورد تجربیات موجود در تاسیسات مورد نظر می‌تواند مفید باشد.

ج) سرعت:

سرعت ماکزیمم جریان مایع برای کارکرد مناسب دستگاه باید در محدوده تعریف شده خاصی برای انواع دبی سنجها باشد، که می‌توان با انتخاب مناسب اندازه قطر دبی سنج آنرا کنترل کرد. البته زمانی که اندازه دبی سنج کوچکتر از قطر لوله باشد باعث افزایش افت فشار خواهد شد (به خاطر انسداد لوله و طول کوتاه دبی سنج). ولی این مقدار بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی است. این دبی سنج از لحاظ سرعت، محدوده وسیعی برای اندازه‌گیری دارد. نکته قابل توجه این است که در تمام موارد اندازه تأسیسات باید طوری باشد که جریان به صورت تحت فشار بوده و تمام مقطع هیدرولیکی لوله را در برداشته باشد.

د) محلولهای ساینده (دارای مواد جامد معلق):

یکی از مزایای دبی سنج مغناطیسی قابل استفاده بودن این دبی سنج برای اندازه‌گیری محلولهای ساینده می‌باشد. مشروط براینکه ساینده‌گی جامدات و غلظت جامدات در مواد آبکی در نظر گرفته شود. ساینده‌گی مواد آبکی در انتخاب جنس دبی سنج و استفا ه از روزنه محافظ برای دبی سنج تاثیر دارد. برای به حداقل رساندن اثرات ساینده‌گی سرعت مواد آبکی باید کمتر از 6 ft/s و برای اجتناب از رسوب، باید بیشتر از 4 ft/s باشد. راه حل عملی برای حل این مشکل نصب دستگاه به صورت عمودی می‌باشد.

ه) فاضلابها و مایعات روغنی:

در رابطه با فاضلابها و مایعات روغنی، برای کاهش جرم بستن مواد باید با سرعتهای بالاتر از 6ft/s اندازه گیری شود.

و) ویسکوزیته:

ویسکوزیته به طور مستقیم در کاربرد دبی سنج مغناطیسی تاثیری ندارد. ولی در مایعات با ویسکوزیته بالا باید اندازه دبی سنج تا جای ممکن بزرگ انتخاب شود تا از افت فشار بیش از اندازه در طول دبی سنج جلوگیری شود.

ز) دما:

دمای سیال به طور عادی هیچگونه مشکلی در محدود کردن کار سیستم به وجود نمی آورد. تنها مسئله قابل توجه در مورد دما درباره مایعاتی هست که دارای هدایت الکتریکی بسیار پایین (3 micro mhos/cm) هستند و در معرض تغییرات وسیع دمایی قرار دارند. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی اکثر مایعات با دما نسبت مستقیم دارد باید حداقل هدایت الکتریکی ممکن در پایین ترین دمای ممکن برای مایع تعیین شود.

مقایسه بین دبی سنجها براساس منبع تغذیه (AC,DC)

۱) امتیازات استفاده از برق تغذیه کننده DC:

با توجه به اصول کاری وسیله ملاحظه شد که دبی سنج براساس ولتاژ ایجاد شده توسط حرکت مایع از میان یک میدان مغناطیسی کالیبره می شود و ولتاژ ایجاد شده نسبت مستقیم با سرعت مایع محلول دارد (این ولتاژ نوعا کم و در حدود چند صد میکرو ولت است). ولتاژ سیگنال خروجی در محیطهای صنعتی باید با دقت بالا تشخیص داده شده و ثبت شود. برتری پالسهای برق مستقیم DC به برق متناوب AC در ثبت صحیح ولتاژ ایجاد شده و اعمال دقیق تغییرات سرعت در ولتاژ خروجی می باشد.

(۲) فیلتر: (۱)

بعضی از دبی سنجهای مغناطیسی جهت القاء میدان مغناطیسی در سیم پیچها از جریان متناوب AC استفاده می کنند، در نتیجه جهت میدان مغناطیسی نیز با فرکانس منبع تغذیه که در حدود 50-60HZ است شروع به تناوب خواهد کرد. اگر یک حلقه از سیم رسانا در این میدان قرار گیرد ولتاژی در این حلقه سیمی ایجاد می شود. ما از طریق معادلات فیزیکی می توانیم تعیین کنیم که ولتاژ ایجاد شده به اندازه $\pi/2$ فاز نسبت به میدان مغناطیسی اولیه تاخیر فاز دارد. بزرگی این ولتاژ بستگی به تعداد دور حلقه و فرکانس تناوب میدان مغناطیسی دارد.

در دبی سنج مغناطیسی، سیم الکترودها و مسیر مابین مایع رسانا به عنوان یک حلقه تک دوری عمل می کنند. ولتاژ وابسته به جریان مایع هم فاز با تغییر میدان مغناطیسی می باشد اما ولتاژی مستقل از جریان مایع نیز تولید می شود که این ولتاژ به اندازه $\pi/2$ Rad نسبت به تغییر میدان مغناطیسی تاخیر دارد. این ولتاژ زائد ایجاد شده اغلب به پدیده حلقه سازی بر می گردد. برای به حداقل رساندن مقدار ولتاژ تولید شده از این طریق سیم الکترودها به صورت موازی با خطوط شار میدان مغناطیسی نصب می شوند. برای حذف این خطای سیستماتیک لازم است که یک مدار الکتریکی حس کننده فاز جریان وجود داشته باشد. این مدار دبی سنج مغناطیسی را به تغییرات ولتاژ الکترودها بسیار حساس می کند. در حالی که در دبی سنج مغناطیسی DC هیچ گونه حساسیتی نسبت به تغییر فاز وجود ندارد و به تبع آن مدار حس کننده فاز نیز وجود ندارد و تغییرات ایجاد شده در ولتاژ تولیدی الکترودها کوچکترین اختلالی در کار دستگاه به وجود نمی آورند.

(۳) سیم کشی:

به خاطر ساخت درونی دبی سنج AC، این دستگاه از دیگر دستگاههای برقی اطراف پارازیت دریافت می کند. به همین دلیل سیستم سیم کشی و مدارات پیچیده ای جهت جدا کردن دو ولتاژ AC که یکی از ولتاژ معرف دبی سیال و دیگری ولتاژ القائی از دیگر دستگاههای اطراف می باشد، لازم می شود.

ولی با استفاده از برق مستقیم DC علاوه بر ساده تر شدن سیم کشی باعث ساده تر شدن خروجی جریان می شود و سیستم مجزا کننده ولتاژهای AC در اینجا نیاز نمی باشد.

۴) تغذیه دستگاه:

با توجه به این مسئله که در دبی سنج مغناطیسی نوع AC میدان مغناطیسی به طور دائم برقرار است. مصرف برق نیز در این وسیله زیاد خواهد بود. به خاطر ماهیت پالس DC در دبی سنج با برق مستقیم، انرژی برق در زمانهای تنظیم شده و به صورت تکرار به دبی سنج داده می شود. این عمل باعث کاهش در برق مصرفی و میزان گرم شدگی و استهلاک مدارات می شود و به تبع آن عمر مفید دستگاه افزایش می یابد.

۵) صفر اتوماتیک:

در دبی سنجهای متداول با جریان AC پس از نصب دستگاه لازم است که صفر دستگاه را تنظیم کنیم. تنظیم این دستگاه به صورت دستی انجام می شود. برای این منظور باید دبی سنج از مایع مورد نظر پر شده و مایع بدون حرکت باشد. در دبی سنج پر و مایع بدون حرکت نباید هیچ پالسی بجز پالس زائد به وجود بیاید. در این حالت صفر دستگاه برای حذف پارزیت های اضافی تنظیم می شود.

در سری دبی سنجهای DC پیشرفته، مدارات موجود، نیاز به صفر کردن دستی دستگاه را از بین می برند. ما بین پالسی که میدان مغناطیسی وجود ندارد ولتاژ خروجی از الکترودها به صورت اتوماتیک اندازه گیری می شود. اگر در این فاصله زمانی، ولتاژی اندازه گیری گردد جزو پارازیت های خارجی می باشد و بایستی از ولتاژ تولید شده در هنگام وجود میدان کم شود. این عمل صحت نتایج به دست آمده در محیطهای صنعتی را تضمین می کند.

با توجه مقایسه به عمل آمده به طور کلی دبی سنجهای DC بهتر از دبی سنجهای مغناطیسی AC بوده و هزینه تولید آنها نیز پایین تر است.

نصب دستگاه

دبی سنج‌های مغناطیسی جهت نصب راحت طراحی شده‌اند و جانشین مناسبی برای انواع فلنجی دبی سنج‌های پروانه‌ای می‌باشند که بسیار سنگین و هزینه بر می‌باشند. دستگاه دبی سنج Wafer-style امکان اندازه‌گیری را با دقت استاندارد فراهم کرده و به بریدن لوله جهت ایجاد جایی برای نصب دبی سنج نیازی ندارد. در نصب اینگونه دبی سنج‌ها تعبیه یک لوله هدایت کننده کناری و دریچه‌های جداکننده و سه راهی‌هایی جهت تمیز کردن توصیه می‌شود.

در دبی سنج Insertion-style هم وزن و هم قیمت تمام شده آن کاهش یافته است. نصب این نوع دبی سنج هم با اضافه کردن یک سه راهی متناسب با اندازه وسیله یا بوسیله سوراخ کردن لوله جریان بوسیله مته مناسب، انجام می‌شود.

با تمام راحتی کار باید نکاتی را در نصب دبی سنج در نظر بگیریم که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

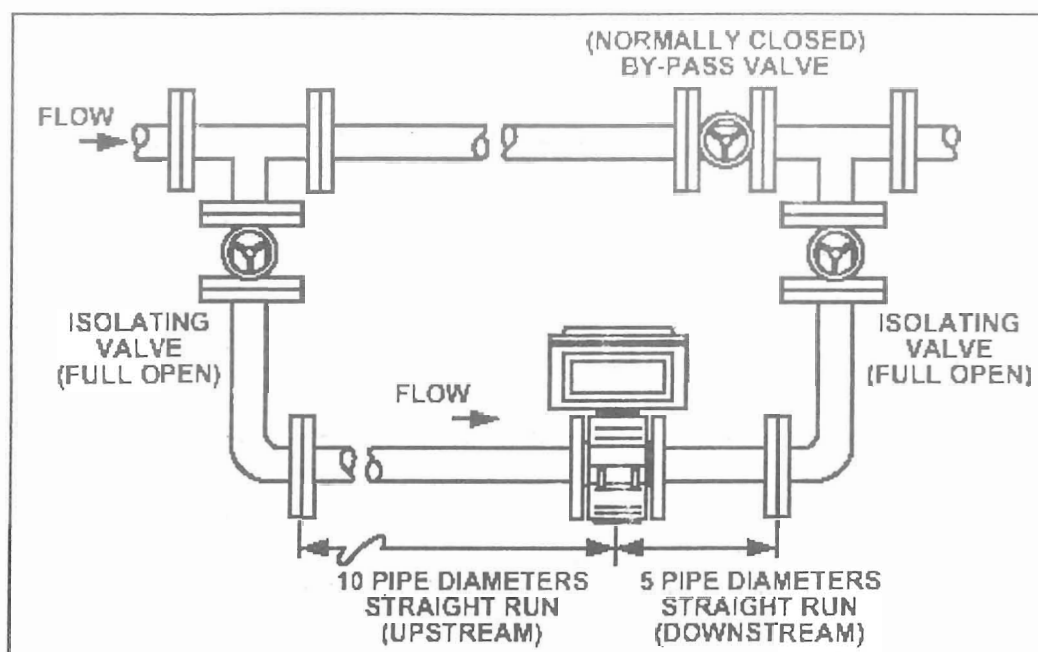
اول: قبل از نصب دبی سنج مغناطیسی مسئله بسیار مهم انتخاب مکان دبی سنج می‌باشد که باید دور از هرگونه میدان الکترواستاتیک و الکترومغناطیسی قوی باشد تا اختلالی در دستگاه تولید نکند.

برای این منظور باید دبی سنج را دور از الکتروموتورهای بزرگ، ترانسفورماتورها و دستگاه‌های مخابراتی و دیگر وسایل تولید کننده میدان قرار داد.

دوم: لازمه عملکرد صحیح و مناسب دستگاه استفاده از تمام ظرفیت لوله است بطوریکه مقطع لوله کاملاً از سیال مورد نظر پر باشد. در غیر اینصورت حتی اگر الکترودها نیز در داخل جریان سیال باشند نتایج درستی به دست نخواهد آمد.

سوم: برای دبی سنج مغناطیسی اتصال زمینی نیاز است تا ولتاژهای سرگردان و ولتاژهایی را که ممکن است از طریق سیستم لوله کشی و از داخل مایع منتقل می‌شوند یا ولتاژهای ناشی از القاء موضعی حذف شوند. متأسفانه اغلب این موارد به طور دقیق انجام نمی‌شوند و این مسئله باعث به دست آوردن نتایج غیرواقعی می‌شود.

چهارم: برای حصول اطمینان از عملکرد درست دستگاه، سه راهی ها، شیرفلکه ها، زانویی ها و... باید حداقل به اندازه ده برابر قطر لوله در قسمت بالا دست جریان و پنج برابر قطر لوله در قسمت پایین دست جریان از دبی سنج فاصله داشته باشند



شکل ۳-

منابع

۱- مقاله آقای مهندس فرزاد پاسیار (گروه آبیاری دانشگاه تبریز)

2. Handbook of flow measurement

سایت های اینترنتی شرکت های:

3. Hersey Measurement Company

4. Thopson Equipment Company, Inc (WWW.teco- inc.com)

5. One Omega Drive, Stamford, CT 06907 USA (WWW.omega. com)

اتلافات انرژی در پمپ

مهندس مسعود حداد

کارشناس طراحی مکانیکی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

مهندس سعید نقشبند حسنی

کارشناس تکنولوژی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

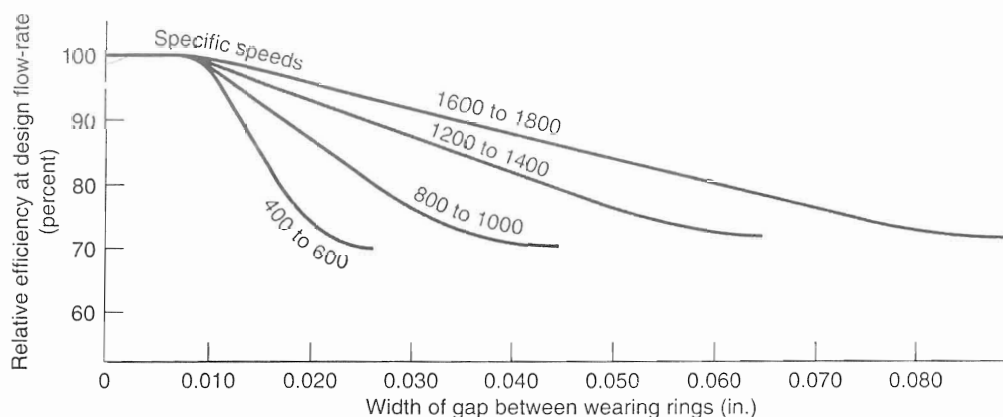
«قسمت دوم»

از معادله (۷) می توان دریافت که تغییر مقدار نشتی به طور مستقیم با پهنای a فاصله آزاد G ارتباط دارد و به تجربه آموختیم که این حالت فقط تحت محدودیتهای خاصی صحیح است. زمانیکه فاصله a به زیر حدود $0/02-0/01$ اینچ کاهش یابد (بسته به پمپ) به نظر می رسد کاهش بیشتر فاصله آزاد هیچ تأثیری در عملکرد پمپ ندارد. به نظر می رسد علت این پدیده این است که حرکت نسبی صفحات چرخان و ثابت در فاصله آبیندی، موجب بوجود آمدن لایه های مرزی در صفحات مقابل هم، در گذرگاه G می شود.

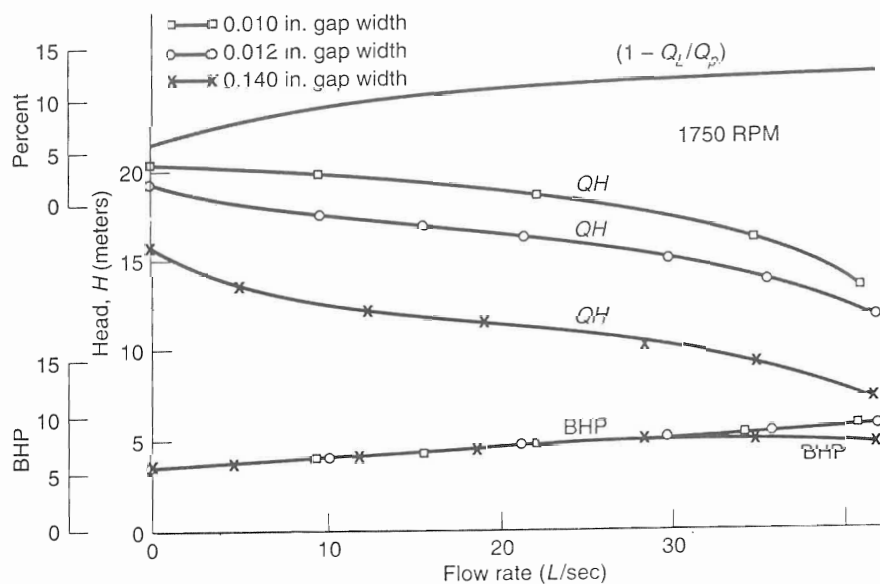
تحت شرایطی که بطور معمول در یک پمپ وجود دارد زمانی که پهنای فاصله آزاد کمتر از $0/01$ اینچ می شود ضخامت های ترکیب شده دو لایه مرزی از نشتی مایع کاملاً ممانعت می کند.

موقعی که پهنای فاصله آزاد a آنقدر افزایش می یابد که راندمان کلی پمپ به میزان ۲۵ الی ۳۵ درصد کاهش یابد به نظر می رسد هرگونه افزایش در پهنای فاصله آزاد تأثیری در عملکرد پمپ نخواهد داشت. در این حالت مایع ورودی از فاصله آزاد (شکل ۶) به محفظه مکش با جریان اصلی مایع پمپ

شونده مخلوط گردیده و قسمتی از انرژی که قبل از جریان یافتن در طول فاصله آبیندی بدست آورده بود به سیال ورودی منتقل می‌کند. زمانیکه نسبت مایع نشت یافته به مایع پمپ شده به قدر کافی افزایش یابد تعادلی مابین مقدار انرژی از دست رفته در اثر نشتی و مقدار انرژی برگشتی به سیال ورودی ایجاد می‌شود.



شکل ۸- تأثیر فاصله آزاد بین رینگ‌های سایشی بر راندمان کل پمپ



شکل ۹- تأثیر فاصله آزاد رینگ سایشی بر عملکرد پمپ

شکل (۸) کل افت‌هایی را نشان می‌دهد که در اثر نشتی در طول فاصله استوانه‌ای از یک پهنای مشخص a و طول b مابین $0/5$ اینچ و $0/1$ اینچ مورد انتظار است. البته در عمل این داده‌ها در اثر وجود فاکتورهای مختلف فرق می‌کنند. با اینحال به طور کلی این شکل ممکن است بعنوان راهنمایی مفید جهت تفسیر ارزیابی‌های تقریبی بکار رود.

داده‌های نشان داده شده در شکل (۸) توسط نتایج آزمایشات مربوط به شکل‌های (۹) و (۱۰) تأیید شده است.

می‌توان انتظار داشت مقدار نسبی انرژی برگشتی به مایع ورودی می‌تواند با افزایش نسبت مقدار نشتی به مقدار مایع پمپ شده، افزایش باشد.

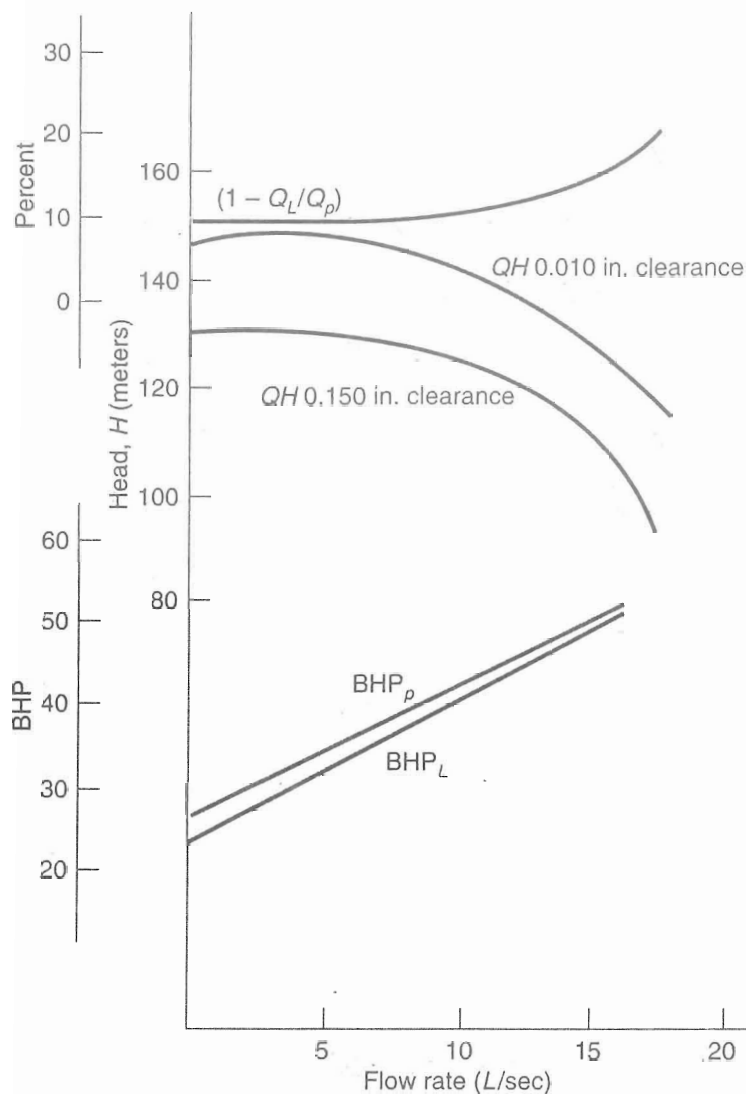
طبق معادله (۳) مقدار نشتی در طول یک رینگ سایشی با ریشه مجذور ارتفاع مایع متناسب است. بسیاری از موارد عملی نشان می‌دهد که مقدار توان بازگشتی به مایع ورودی به علت نشتی در طول رینگ سایشی معین به شکل قابل توجهی تحت تأثیر تغییرات ارتفاع در آبدهی‌های مختلف قرار نمی‌گیرد. در نتیجه نسبت توان بازگشتی بعلم نشتی انرژی مایع پمپ شده در ابتدا با افزایش میزان جریان مایع نشت یافته Q نسبت به آبدهی حاصل از پمپ Q_p ، افزایش می‌یابد.

رابطه $(1 - Q_L/Q_p)$ اثر نسبت Q_L/Q_p را بر روی افت نسبی توان مایع نشان می‌دهد.

شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان می‌دهند که افت‌های حاصل از مقدار رابطه $(1 - Q_L/Q_p)$ پس از کاهش میزان جریان مایع پمپ شونده واقعاً کاهش می‌یابند.

اثرات نشتی بر روی شکل منحنی QH

بطور کلی می‌توان انتظار داشت که نشتی شکل منحنی QH را به حالتی که در شکل (۱۱) نشان داده شده است تغییر دهد. در هر ارتفاع معینی آبدهی به مقدار q کاهش می‌یابد که این مقدار مطابق افت‌های ناشی از نشتی است. این حالت بوسیله آزمایش همان پمپ با فاصله‌های آزاد مختلف مورد تأیید قرار گرفته است.



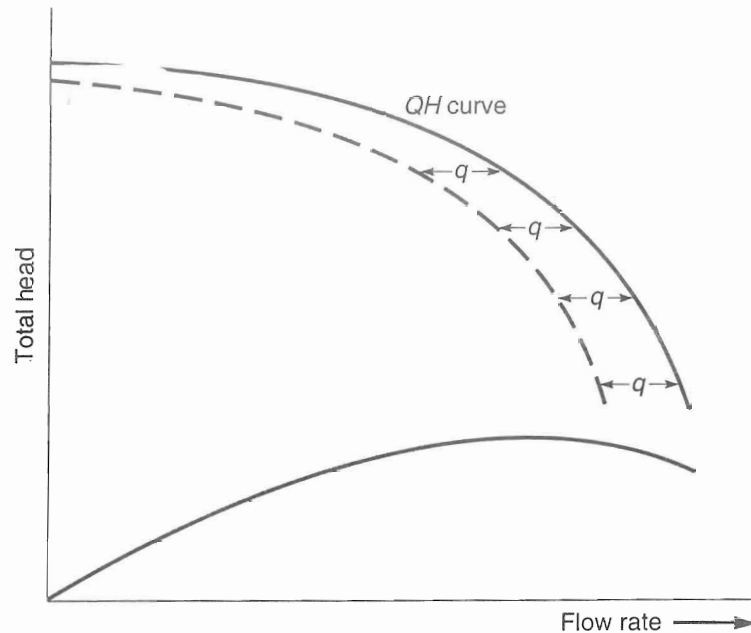
شکل ۱۰- تأثیر نبود رینگ سایشی بر عملکرد پمپ

در حقیقت اغلب این داده‌ها جهت تعیین مقدار افزایش نشتی ناشی از افزایش فاصله مابین رینگهای سایشی بکار رفته‌اند. با اینحال ثابت شده است که این روش فقط در محدوده $\pm 30\%$ آبدهی طراحی قابل اعتماد است. در مقادیر نسبتاً پایین‌تر آبدهی، در ارتفاع کاهشی حاصل می‌شود که تحت تأثیر پارامترهای دیگری غیر از نشتی است. هیچ‌گونه داده‌های آزمایشی در مورد آبدهی‌های بزرگ تاکنون بدست نیامده است.

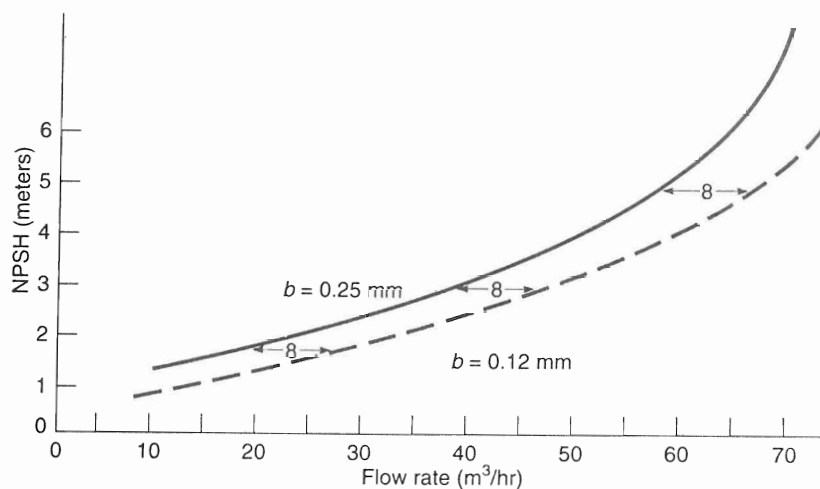
اثر بر روی منحنی Q-NPSH

در نشتی‌های نسبتاً متوسط تأثیرات ناشی از این افتها مشابه تأثیر آنها بر منحنی QH است. با توجه

به افزایش میزان نشتی، میزان آبدهی کاهش می‌یابد در نتیجه NPSH لازم نیز مطابق منحنی مشخصه کاهش می‌یابد. شکل (۱۲) چنین حالتی را نشان می‌دهد. زمانیکه فاصله مابین رینگهای چرخان و ثابت از ۱۲/۰ به ۲۵/۰ میلی متر افزایش یافت منحنی NPSH لازم برای آبدهی های مختلف در حالت افقی به اندازه ۸ مترمکعب در ساعت تغییر نمود.



شکل ۱۱- تأثیر نشتی بر شکل منحنی QH



شکل ۱۲- تأثیر فاصله آزاد رینگ سایشی بر منحنی NPSH لازم

نشتی در یک پروانه نیمه باز

در عمل نشان داده شده است که افزایش در فاصله a مابین پره‌های پروانه و صفحه سایشی محفظه به میزان قابل توجهی سبب کاهش بازده پمپ می‌شود. چنین شرایطی به استثناء سه مورد اختلاف ذیل، چیزی شبیه نشتی در طول رینگهای آبندی پروانه بسته می‌باشد.

۱- به جای اختلاف $[P_c - P_s]$ از معادله (۷) بایستی محاسبه اختلاف فشار در هر دو طرف تیغه‌ها را به

شکلی که در معادله (۸) تعریف شده است، جاگذاری کنیم.

$$Pd = \frac{\gamma Q \left(\frac{dC_u}{dR} + \frac{C_u}{R} \right)}{gZB} \quad \text{معادله (۸)}$$

Pd = اختلاف فشار در دو طرف پره

γ = جرم حجمی آب

Q = آبدهی

C_u = تصویر سرعت مطلق C مایع در نقطه مورد نظر

R = شعاع نقطه مورد نظر

g = شتاب جاذبه

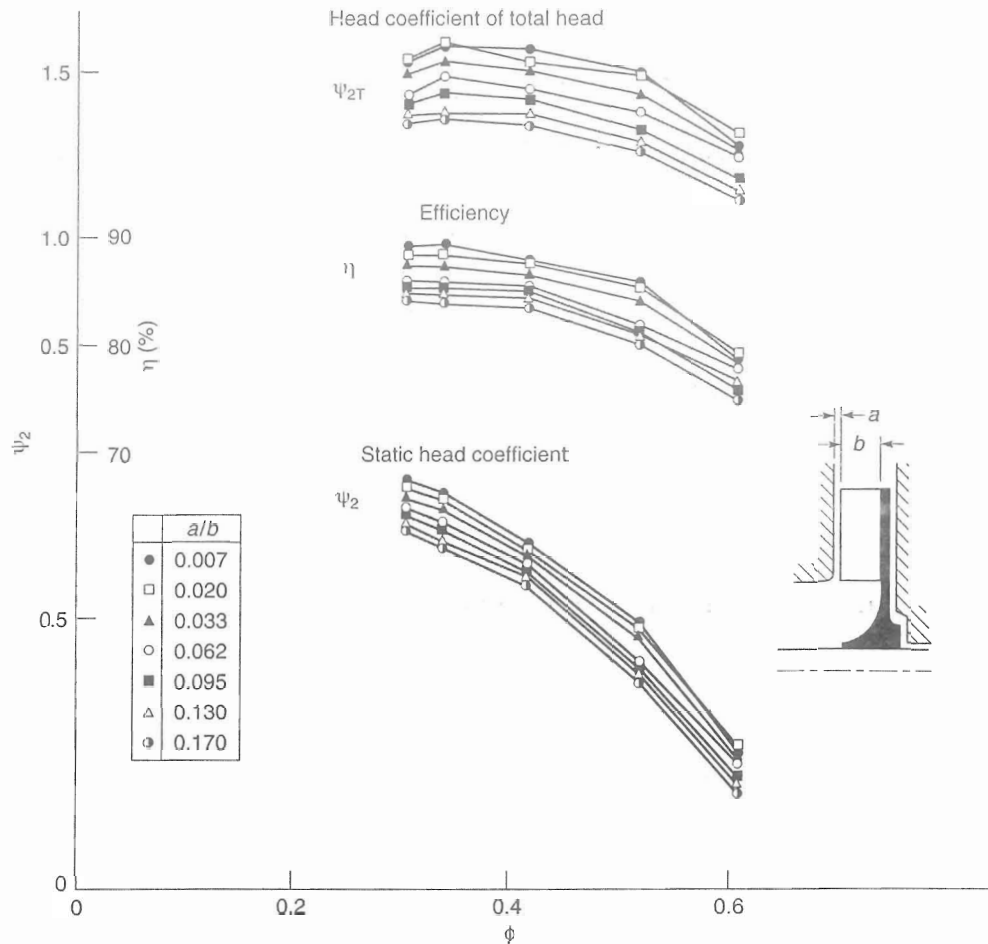
Z = تعداد پره

B = عرض پروانه در جهت موازی با محور

۲- نشتی از پیشانی انتهایی پره‌ها همیشه (به شکل قائم) به سطح پره حرکت نخواهد کرد با اینحال در جهت حداقل مقاومت حرکت خواهد نمود. این جهت نه تنها مابین پروانه‌ها با ابعاد مختلف بلکه در امتداد طول تمام پره نیز تغییر خواهد نمود.

۳- علاوه از نشتی ناشی از اختلاف فشار بر روی هر دو طرف پره‌ها، نشتی دیگری نیز در جهت شعاعی ایجاد خواهد شد چراکه سیال در تماس با محفظه ثابت تمایل به سکون دارد در حالیکه سیال در تماس با پره‌های چرخان تمایل به دوران دارد.

تلاشهای زیادی بطور تحلیلی جهت رفع این مشکل انجام شده است ولی موفقیت کمی کسب گردیده است.



شکل ۱۳- تأثیر فاصله آزاد بر عملکرد پروانه نیمه باز. ضریب جریان Φ

شکل (۱۳) چگونگی تغییر عملکرد پروانه را با افزایش در نسبت مابین پهنای فاصله a و پهنای پروانه b در خروجی پره را نشان می‌دهد. در حالت پروانه بسته زمانیکه مقدار فاصله به زیر $a=0/01$ اینچ کاهش یابد نشتی ظاهراً متوقف می‌شود. زمانیکه مقدار فاصله تا یک حد معینی افزایش یابد نشتی تأثیر زیادی بر روی عملکرد پمپ ندارد. در حقیقت نوع ویژه‌ای از پمپهایی که تحت عنوان Vortex-Pumps نامیده می‌شوند پره‌های پروانه کاملاً خارج از مسیر مایع پمپ شده قرار گرفته‌اند.

اثرات زمان

بحث افتهای حاصله از زبری صفحه و نشستی سبب روشن شدن جزئیات اشاره شده فوق گردید و مشخص شد هیچ پمپی نمی تواند کارایی خود را بطور ثابت در تمام عمر کاری خود حفظ کند. در طول زمان سطوح تر داخلی در اثر سایش یا فرسایش زبرتر می شوند. این پدیده معمولاً سبب افزایش توان مصرفی پمپ شده و در سرعتهای مخصوص متوسط و بالا معمولاً سبب کاهش ارتفاع مربوط به آبدی معینی می شود. مایع ممکن است دارای ذرات خیلی ریز ساینده ای باشد که سبب صیقل نمودن کانالها گردد. در بعضی موارد این مواد ساینده ممکن است حتی سبب افزایش اندازه کانالها گردند. هر دو مورد سبب افزایش آبدی پمپ می گردد. سایش سطوح آببندی رینگهای سایشی مقدار نشستی را افزایش می دهد، که در نتیجه سبب کاهش آبدی پمپ می گردند. بالاخره هر دو فاکتور زبری سطوح تر و مقدار نشستی می تواند - غالباً خواهد توانست - بر توانایی مکش پمپ تأثیر کند. سایر فاکتورهای مربوط به گذر زمان که بر روی ظرفیت مکش تأثیر می گذارند عبارتند از:

- ۱- زمانیکه پمپی به طور مستقیم از یک رودخانه یا دریاچه مکشی می کند در این حالت علفها و گیاهان در (صافی) پمپ تجمع یافته سبب قطع جریان می شوند.
 - ۲- تجمع مواد جامد در سوپاپ مکش که نهایتاً منجر به افزایش مقاومت در برابر جریان می شود.
 - ۳- امکان پایین آمدن سطح آب که سبب کاهش NPSH موجود می گردد.
- هیچ راهی جهت جلوگیری از فرسودگی یک پمپ وجود ندارد. در این خصوص پمپی که به شکل متناوب کار می کند بیشتر از پمپی که به شکل مداوم کار می کند تحت تأثیر سایش و تغییرات ایجاد شده در کیفیت سطوح قرار دارد. زمانیکه پمپ خاموش است مواد جامد معلق در مایع ممکن است جدا شده و در داخل کانالها ته نشین شوند که سبب کاهش میزان اندازه کانالها می شود. اگر پمپی برای سیالات غلیظ مورد استفاده قرار گیرد مواد شیمیایی محلول در سیال ممکن است کریستالیزه شوند. این عمل به نوبه خود به هنگام استارت موجب سایش شدید کانالها می گردد. با اینحال می توان با انتخاب مواد مناسب جهت بخشهای ترشونده پمپ فرآیند افزایش سایش قسمتهای مذکور را به تأخیر انداخت.

به طور کلی مقاومت یک ماده مشخص به سایش بستگی به یکسری از فاکتورهای مختلف از قبیل دما، میل سیال پمپ شونده به ترکیب شیمیایی و سایر موارد دارد. با اینحال به طور کلی مقاومت مواد به سایش در پمپهای سانتریفوژ به ترتیب زیر افزایش می یابد.

- ۱- آلومینیم و بعضی از آلیاژهای آن
- ۲- پلاستیکها (به استثناء بعضی مواد بخصوص)
- ۳- چدن
- ۴- فولاد ریخته
- ۵- بعضی از انواع برنز
- ۶- فولادهای منگنزدار
- ۷- فولادهای کم کرم
- ۸- فولادهای پر کرم
- ۹- بعضی انواع لاستیک (مورد استفاده در ترکیب با فولاد ضدزنگ برای زغالها)
- ۱۰- بعضی سرامیکها
- ۱۱- بعضی آلیاژهای ویژه
- ۱۲- بعضی کاربیدها

لیست فوق فقط به عنوان یک الگوی کلی بکار می رود. مقاومت در برابر سایش یک ماده نه تنها براساس ترکیب آن بلکه براساس الگوی تولید متفاوت است، جهت موارد ایمنی همیشه بهتر است به راهنمایی های سازنده موادی که در پمپ مورد استفاده قرار گرفته است توجه شود. مقاومت سایشی یک ماده مشخص تنها شاخصی نیست که جهت تعیین طول عمر یک پمپ بکار می رود. بلکه سایر فاکتورهای شامل مقاومت در برابر فرسایش و مقاومت در برابر خراشیدگی^(۱) نیز مؤثرند.

اولین خاصیت مربوط به رفتار شیمیایی سیال پمپ شونده و به عبارتی عمل گالوانیکی آن است و اغلب هنگامی رخ می دهد که دو ماده مختلف در یک الکترولیت غوطه ور شده اند. خراشیدگی^(۱) عبارتست از تمایل مواد معینی، به جدا کردن قطعات ریز از سطح ماده دیگر و جوش دادن آنها به خودشان زمانیکه دو سطح به طور متقابل به همدیگر مالش داده می شوند.

سایر فاکتورهای زمان که در عملکرد پمپ سانتریفوژ تأثیرگذار هستند مجموعه فونداسیون و یا اجزای ساختمانی سیستم پمپاژ و تغییر در شرایط کاری پمپ به علت تغییر در تقاضا از سیستم و غیره می باشد.

«پایان»

منبع

Yedidiah, S.: Centrifugal Pump Uses Guidebook, CHAPMAN & HALL, P 61-74, 1996

1- Galling

مواد فلزی ساختمان پمپها و مکانیسم تخریب آنها

مهندس یونس بوداق

کارشناس متالورژی

شرکت صنایع پمپ سازی ایران

«قسمت اول»

عوامل لازم برای یک پمپ خوب عبارتند از کارایی یا کیفیت و طول عمر. کارایی شامل پارامترهایی مانند ارتفاع آبدهی، دبی، بازده و... می باشد طول عمر عبارت است از مقدار کل ساعتهای کارکرد پمپ قبل از آنکه یک یا چند قطعه برای حفظ کارایی معین تعویض یا تعمیر شوند. مهمترین بحث درباره کارایی پمپ، مسئولیت پذیری سازنده پمپ است و این یک اصل در پمپ سازی است. طول عمر در وهله اول یک تخمینی از مقاومت مواد سازنده ساختمان پمپ در مقابل خوردگی، سایش، کاویتاسیون و هر عامل بیرونی دیگری که می توانند باعث آسیب پمپ در حال کار شوند.

لازمه انتخاب موادی که هم مقرون به صرفه و هم از نظر تکنولوژیکی مناسب برای کاربرد معین باشند، داشتن آگاهی و اطلاعات کافی در زمینه طراحی و پروسه ساخت و مهندسی مواد است. نیاز به بیشترین ضریب اطمینان و عمر پمپ، انتخاب بهترین و مناسب ترین مواد برای اجزاء پمپ را بسیار مشکل نموده است. بویژه در مواقعی که مقاومت در برابر خوردگی و سایش در شرایط مختلف مدنظر باشد.

اطلاعات مکفی در متون علمی خوردگی و متالورژیکی و همچنین تجربیات عملی سازندگان پمپ

برای انتخاب مناسبترین مواد جهت پمپ سازی، موجود و قابل دسترسی می باشد.

مشخص شده است که چندین پارامتر در افزایش طول عمر پمپ دخالت دارند که از آن جمله

می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیال خنثی در نزدیکی دمای محیط

- انتخاب بهترین و مناسب ترین مواد برای کار در شرایط بحرانی

- نبود مواد ساینده در سیال

- کارکرد مداوم پمپ در نقطه BEP (Best Efficiency Point)

- یک اختلاف مناسب بین NPSH موجود (a) و NPSH لازم (r) که در منحنی های کارخانه سازنده

موجود است (برای جلوگیری از کاویتاسیون باید $NPSH_a > NPSH_r$ باشد).

- سرعت کم سیال

اگر در پمپی موارد فوق رعایت شوند آن پمپ عمر بیشتری خواهد داشت. به عنوان مثال می توان

پمپ های آب را نام برد. بعضی پمپ های آب با پروانه برنزی و محفظه چدنی بیشتر از پنجاه سال عمر

داشته اند. از سوی دیگر ممکن است پمپ مواد شیمیائی و یا مایع خورنده گرمی را که حاوی مواد

ساینده به شکل سوسپانسیون باشد، پمپاژ نماید که در این صورت عمر چنین پمپی ممکن است زیر

چندین ماه تا یک سال برآورد شود، البته تحت شرایطی که اجزاء پمپ تا حد امکان از مواد مقاوم تهیه

شده باشند. باید توجه داشت اغلب کاربردهای پمپ حد واسط بین این دو حالت قرار دارند.

طراحان پمپ باید با موارد مختلف تخریب کننده پمپ که بر اجزاء پمپ مضر هستند و عمر مفید

قطعات را کاهش می دهند آشنا باشند. این موارد قابل طبقه بندی در گروه های: خوردگی، سایش و

خستگی هستند. باید توجه داشت که خوردگی و سایش از جمله اصلی ترین محدود کننده های عمر

پمپ می باشد.

اقسام خوردگی

خوردگی عمومی^(۱)

خوردگی عمومی نوعی از خوردگی است که بدون تمرکز قابل ملاحظه از عوامل تخریب یا خوردگی ایجاد می شود. این نوع از خوردگی در فلزات و آلیاژهایی که قشر اکسیدی توسعه یافته در سطح فلز به وجود نمی آورند، اتفاق می افتد.

خوردگی عمومی اغلب در پمپ‌های با فولاد کربنی و آلیاژهای پایه مس مشاهده می شود. نوع خاصی از خوردگی عمومی تحت عنوان خوردگی گرافیتی^(۲) در چدن‌ها مشاهده شده است که به صورت جداگانه بحث خواهد شد.

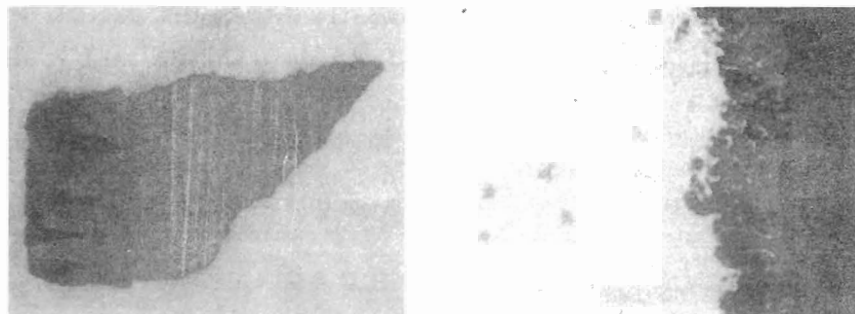
فولادهای کربنی نمی توانند یک فیلم پیوسته اکسیدی بر روی سطح خود بوجود آورده و با سرعتی وابسته به پارامترهای آب یا هر سیال دیگر مثل درجه حرارت، مقدار اکسیژن محلول، pH و سایر خصوصیات شیمیائی سیال خورده می شوند. برخی مشاهدات تجربی براساس خصوصیات شیمیائی آب موجود می باشد و می توان از آنها برای محاسبه قدرت خوردگی نسبی آب طبیعی بر روی فولاد کربنی و سایر آلیاژهای مشابه آهنی استفاده کرد. سرعت خوردگی همچنین بستگی به سرعت سیال دارد و هر چه سرعت کاهش یابد خوردگی کاهش می یابد.

غیر از مورد استثنائی هیدروکربن‌ها، در بسیاری از موارد کاربرد پمپ‌ها، سرعت خوردگی فولاد کربنی بسیار زیاد است. با این همه فولاد کربنی بویژه در پمپ‌های شناور، مکرراً استفاده می شود که در بعضی موارد با انواعی از پوشش کاری در برابر خوردگی محافظت انجام می گیرد. مثلاً قطران زغال سنگ اپکسی در مورد بسیاری از پمپ‌ها استفاده می شود.

در کاربردهای آبی که بیشترین کاربرد پمپ‌ها می باشد، آلیاژهای پایه مس شامل برنج‌ها و برنزها نیز تحت تأثیر خوردگی عمومی قرار می گیرند. در این موارد خوردگی با حضور مقدار کمی از سولفید در آب، سرعت بیشتری به خود می گیرد.

در اغلب موارد در آلیاژهای مس به تدریج با ایجاد پوسته محافظ اکسیدی سطح فلز ریزین محافظت می شود. سرعت خوردگی با افزایش و توسعه این لایه اکسیدی کم می شود. سرعت خوردگی عملاً در گروهها و گریدهای مختلف آلیاژهای مس متفاوت می باشد. در میان آلیاژهای عمومی مورد استفاده در پمپ، برنزهای حاوی نیکل و آلومینیوم دارای کمترین سرعت خوردگی و قابلیت بهتر برای سرعت های بیشتر هستند.

در شکل (۱) خوردگی عمومی چدن داکتیل Ni-resist از یک پمپ عمودی نشان داده شده است. تصویر مایکروگرافی مقطع برای نشان دادن عمق خوردگی تهیه شده است.



شکل ۱- تکه کوچکی از چدن Ni-Resist از محفظه پائین پمپ عمودی در سمت چپ مشخص است. شکل طرف راست تصویر میکروسکوپی همان قطعه و عمق نفوذ خوردگی را نشان می دهد.

خوردگی در اثر آلیاژدائی^(۱)

خوردگی جدایشی حرکت تدریجی یک فاز از یک آلیاژ چند فاز یا یک عنصر از یک ماده می باشد. چندین نوع از آلیاژدائی در صنعت پمپ مشاهده شده است. یکی از موارد معمول از این نوع، خوردگی

جدایشی چدن در محفظه پمپ

این آلیاژ به علت قیمت پائین، ماشین‌کاری راحت، برای دامنه وسیعی از کاربردها و مخصوصاً در صنایع مرتبط با آب بسیار مناسب است. چدن خاکستری با مکانیزم‌های متفاوت نسبت به چدن داکتیل و فولاد کربنی، خورده می‌شود. چدن خاکستری شامل ورقه‌های به هم پیوسته گرافیتی در زمینه‌ای از آهن است. در حضور یک الکترولیت که معمولاً آب است لایه‌های گرافیت و آب و آهن تشکیل یک پیل گالوانیکی را میدهند. آهن خورده می‌شود و محصولات خوردگی با فشار مایع درون پمپ از آن بیرون می‌آیند. قطعه ریختگی اولیه به مرور زمان در اثر این فرایند تبدیل به شبکه متخلخل و به هم پیوسته از گرافیت می‌شود که محتوی مقداری اکسید آهن باقی مانده از خوردگی آهن زمینه است. به این پدیده اساساً گرافیت شدن^(۱) گفته می‌شود.

سطوح قطعه چدنی که تحت خوردگی گرافیتی واقع شده‌اند همانند چدن اولیه به نظر می‌رسد (از لحاظ شکل و وضع ظاهری). این سطح شامل مقدار زیادی گرافیت است که به راحتی با چاقو بریده می‌شود. بدین ترتیب قطعه بخش اعظم خواص مکانیکی خود را از دست می‌دهد و خواص و قابلیت شکست ترد آن افزایش می‌یابد و در مقابل شوکهای ضعیف و فشارهای ناچیز به راحتی صدمه می‌بیند. این مکانیزم همچنین در مورد چدن ریختگی Ni-Resist در محیط آب دریا نیز صادق می‌باشد. شکل ۲ مرز بین فلز سالم زمینه و قسمت گرافیتی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مرز بین قسمت گرافیت شده و فلز زمینه سالم، خوردگی گرافیتی در امتداد لایه‌های گرافیت اولیه رشد کرده و فلز زمینه را مورد هج ۴ قرار داده‌اند

توجه به این نکته که سرعت خوردگی گرافیتی با مشخصات شیمیائی آب در ارتباط است و اینکه این نوع خوردگی هم در آب خالص و هم در آب نمکی می تواند روی دهد، مهم است. روشن و مبرهن است که هدایت بالای آب نمکی حاوی املاح باعث خوردگی سریعتری می شود. این نوع خوردگی در آبهای حاوی مینرالها با سرعت کمتری اتفاق می افتد چراکه مینرالها باعث چسبیدن لایه های گرافیتی به روی سطح قطعه شده و فلز زیرین را از فشار و تأثیر سیال جاری محافظت می نمایند. در حالیکه سطح یک قطعه چدنی پمپ مانند محفظه به تدریج تحت خوردگی گرافیتی واقع می شود. بین سایر اجزاء پمپ نیز روابط و داد و ستدهای گالوانیکی صورت می گیرد. مشاهده شده است که در پمپهایی که برای آب دریا کاربرد دارند، پروانه های برنزی اولیه عمر بیشتری نسبت به همان نوع پروانه ای که بعد از چند سال کارکرد پمپ تعویض و بر روی آن نصب شده اند دارند. علت کوتاهی عمر این پروانه ها نسبت به پروانه های اولیه به تغییر روابط گالوانیکی بین سایر قسمت های پمپ و پروانه برمی گردد. در اوایل کار پمپ، محفظه چدنی به عنوان آند عمل می کند و پروانه را محافظت می کند. بعد از گذشت زمانی مدید که محفظه تحت خوردگی گرافیتی قرار می گیرد محفظه رفته رفته نسبت به پروانه کاتدی تر می شود و باعث خورده شدن پروانه برنزی می شود. این مثال اهمیتی را که خوردگی گرافیتی در ارتباط با سایر قطعات پمپ می تواند داشته باشد و همچنین اهمیت انتخاب دقیق و مناسب مواد برای کار در محیط های با رسانائی بالا مانند آب دریا را نشان می دهد. چندین نوع دیگر از خوردگی آلیاژزدائی در پمپ ها قابل رویت است. برنرها و برنجه ها که دارای بیشتر از ۱۴٪ روی هستند تحت نوعی از آلیاژزدائی با نام روی زدائی^(۱) قرار می گیرند. در این نوع، روی به مرور زمان از بین رفته و شبکه مواد از آن تهی گشته و یک شبکه اسفنجی غنی از مس باقی می ماند. این نوع از خوردگی می تواند به صورت یکنواخت روی لایه سطحی محفظه ریختگی یا به صورت موضعی در نقاط مختلف روی دهد. نوع موضعی^(۲) آن حادثر و خطرناک تر از نوع لایه ای^(۳) آن می باشد. چراکه نقاط خورده شده ضعیف و در مقابل فشارهای ناگهانی باعث نشت سیال می شوند. البته ذکر این نکته لازم است که آلیاژهای مس حاوی کمتر از ۱۴٪ روی،

۱- Dezincification

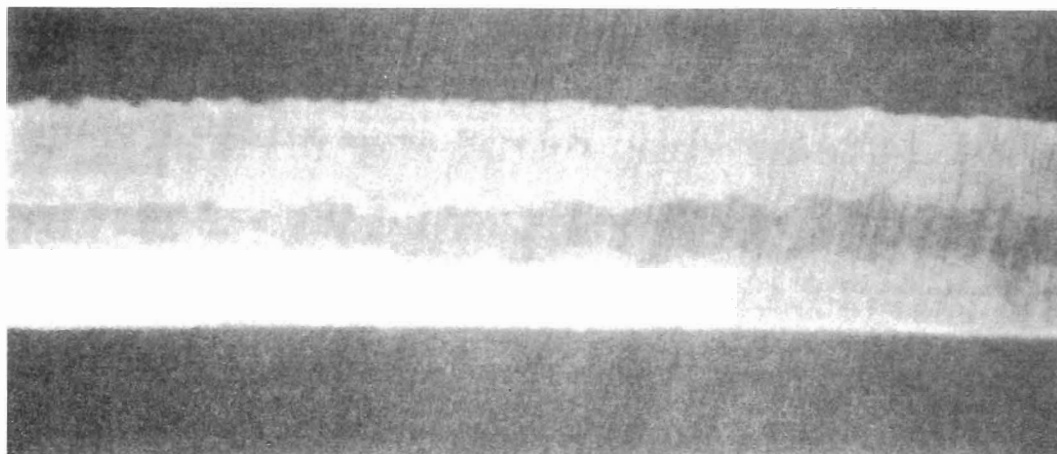
۲- Pluge - Type

۳- Layer - Type

تحت تأثیر این خوردگی قرار ندارند. بنابراین اغلب اقتضا حکم می‌کند که سازندگان از آلیاژهای عاری از روی استفاده کنند.

آخرین نوع آلیاژزدائی، آلومینیوم‌زدائی در آلومینیوم برنرها می‌باشد. آلومینیوم برنرها از لحاظ متالورژی مواد کمپلکسی هستند. در بعضی از آلیاژها احتمال تشکیل فاز غنی از آلومینیوم وجود دارد که به صورت موضعی در تماس با سیال‌ها مخصوصاً آب دریا خورده می‌شود. شکل (۳) پدیده آلیاژزدائی را در یک پروانه نشان می‌دهد.

این فاز مضر به وسیله عملیات حرارتی معروف به تمپر آنیلینگ^(۱) قابل رفع است. البته این عملیات حرارتی و جزئیات آن برای ترکیب مواد معین توسط مهندسان مشخص می‌شود چراکه نیاز اصلی تمام مواد نیست. مشخصات شیمیائی چند آلیاژ آلومینیوم برنز در اروپا تنظیم شده است تا از این فاز ناخواسته بدون نیاز به عملیات حرارتی جلوگیری کند. البته در این مواد عملیات تمپر آنیلینگ می‌تواند به عنوان افزایش کیفیت بر قطعات اعمال شود.



شکل ۳- آلیاژزدائی در پروانه پمپ عمودی توربین به تغییر رنگ در عرض سطح مقطع توجه کنید. قسمت برز دست نخورده با رنگ تیره مشخص است.

۱- Temper Annealing

خوردگی گالوانیکی^(۱)

خوردگی گالوانیکی هنگامی اتفاق می افتد که یک آلیاژ به صورت الکتریکی با آلیاژ دیگر کوپل شده و در داخل یک محیط رسانا قرار بگیرند. در این حالت معمولاً خوردگی فلز نجیب تر کمتر از حالت غیرکوپل شده خواهد بود و خوردگی فلز پست بیشتر از حالت غیرکوپل شده خواهد بود. این نوع خوردگی شدیداً تحت تأثیر رسانائی محیط سیال قرار دارد. در سیالهایی مانند آب خالص که هدایت کم است این نوع خوردگی از شدت کمتری برخوردار است و اغلب به نقاط اتصال قطعات به همدیگر محدود می شود. به همان ترتیب در سیالی که هدایت بالائی دارد مانند آب دریا سرعت بیشتری داشته و در سطح وسیعتری از مواد اتفاق می افتد.

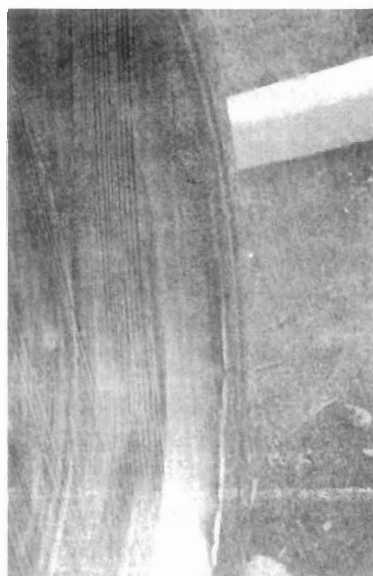
طراحان پمپ در هنگام استفاده از قطعات غیرمشابه در طراحی پمپ باید به امکان به وجود آمدن این نوع خوردگی توجه کافی داشته باشند. مسأله خوردگی گالوانیکی در آب دریا و هر محیط رسانای دیگر با دقت در انتخاب مواد قابل پیشگیری است. همواره مشخص کردن سطح آند و فلز نجیب تر و غیرنجیب تر و یا هم طراز از نظر گالوانیکی با فلز معین امکان پذیر است. یک مثال برای استفاده از این نوع روابط گالوانیکی برای جلوگیری از خوردگی در طراحی پمپها استفاده از پوشش Ni-Resiste بر روی محفظه پمپهای گریز از مرکز از جنس فولاد ریخته ضد زنگ آستنیتی است. در حالت کلی در این گونه روشها خوردگی بر روی مواد پستی که اسپری می شود بر روی سطح وسیعی از فلز پایه نجیب متمرکز می شود. ترکیب مورد اشاره در فولاد ضدزنگ آستنیتی و پوشش Ni-Resiste بیشتر برای استفاده در آب دریا کاربرد دارد. این پوشش نسبت به فولاد ضدزنگ آندی تر است و آن را در حالت ساکن پمپ که پر از آب راکد است در مقابل تمرکز خوردگی محافظت می کند.

در صورتیکه سطح اسپری شده از Ni-Resiste خیلی زیاد باشد فرایند خوردگی گالوانیکی پوشش افزایش می یابد که این خود قابل بحث است. مقدار خوردگی گالوانیکی در فلزات کوپل شده به پتانسیل آزاد (پتانسیل منفرد) هر کدام از فلزات کوپل شده نیز بستگی دارد. فلزات با مقاومت خوردگی کم مانند

روی، چدن و فولاد معمولاً دارای پتانسیلی به مراتب منفی تر نسبت به یک پتانسیل الکتروود مرجع هستند. مواد با مقاومت خوردگی بیشتر مانند فولاد ضدزنگ دارای پتانسیل منفی کمتری نسبت به الکتروود مرجع هستند.

مقادیر پتانسیل خوردگی (در آب دریای آرام) مواد و آلیاژهای مهندسی در جدول (۱) آمده است. آلیاژها به ترتیب پتانسیل خوردگی که در آب دریای جاری از خود نشان می دهند لیست شده اند. آلیاژهای مشخص شده با مستطیل رنگی در جلوی نشان در سرعت های نسبتاً کم سیال یا سیال هوا دمیده شده ممکن است فعالتر شده و پتانسیل حدود ۰.۵- ولت را نشان دهند. خوردگی گالوانیکی (که هنگامی روی می دهد که دو فلز به صورت الکتریکی کوپل شوند) به اختلاف پتانسیل بین فلزات نیز بستگی دارد. سرعت خوردگی فلز روی کوپل شده با فولاد ضدزنگ به علت تفاوت زیاد بین پتانسیل ها بسیار شدید است. آلومینیوم نیکل برنز کوپل شده با فولاد ضدزنگ آستنیتی به عکس، خوردگی گالوانیکی جزئی نشان می دهد که به علت نزدیک بودن پتانسیل های خوردگی این دو آلیاژ به همدیگر است. به همین دلیل طراحان پمپ ها باید از پتانسیل های خوردگی مواد غیر مشابه در سیالات مختلف آگاه باشند تا از مسائل خوردگی گالوانیکی پیش بینی نشده جلوگیری کنند. استفاده از پوشش های مختلف می تواند روابط گالوانیک در قطعات پمپ را دستخوش تغییر کند.

اگر قطعات شدیداً آندی مانند محفظه فولادی پوشش داده شوند در این حالت می توان انتظار داشت که به هر حال بعد از آسیب دیدگی پوشش، خوردگی شدیدی در محفظه ایجاد شود و این به دلیل انتخاب نامناسب مساحت می باشد (سطح کوچک از فولاد کربنی مورد تهاجم کوپل شده با سطح بزرگی از مواد نجیب تر مانند فولاد ضدزنگ یا برنز واقع می شود). بنابراین در پمپ هایی که وظیفه انتقال سیال هادی را دارند و از قطعات غیر همجنس تشکیل شده اند، پوشش ها باید با دقت بیشتری به کار برده شوند. شکل (۴) خوردگی گالوانیکی در قطر داخلی یک فلنج از جنس فولاد کربنی را در تماس با پشت بند فولاد ضدزنگ نشان می دهد.



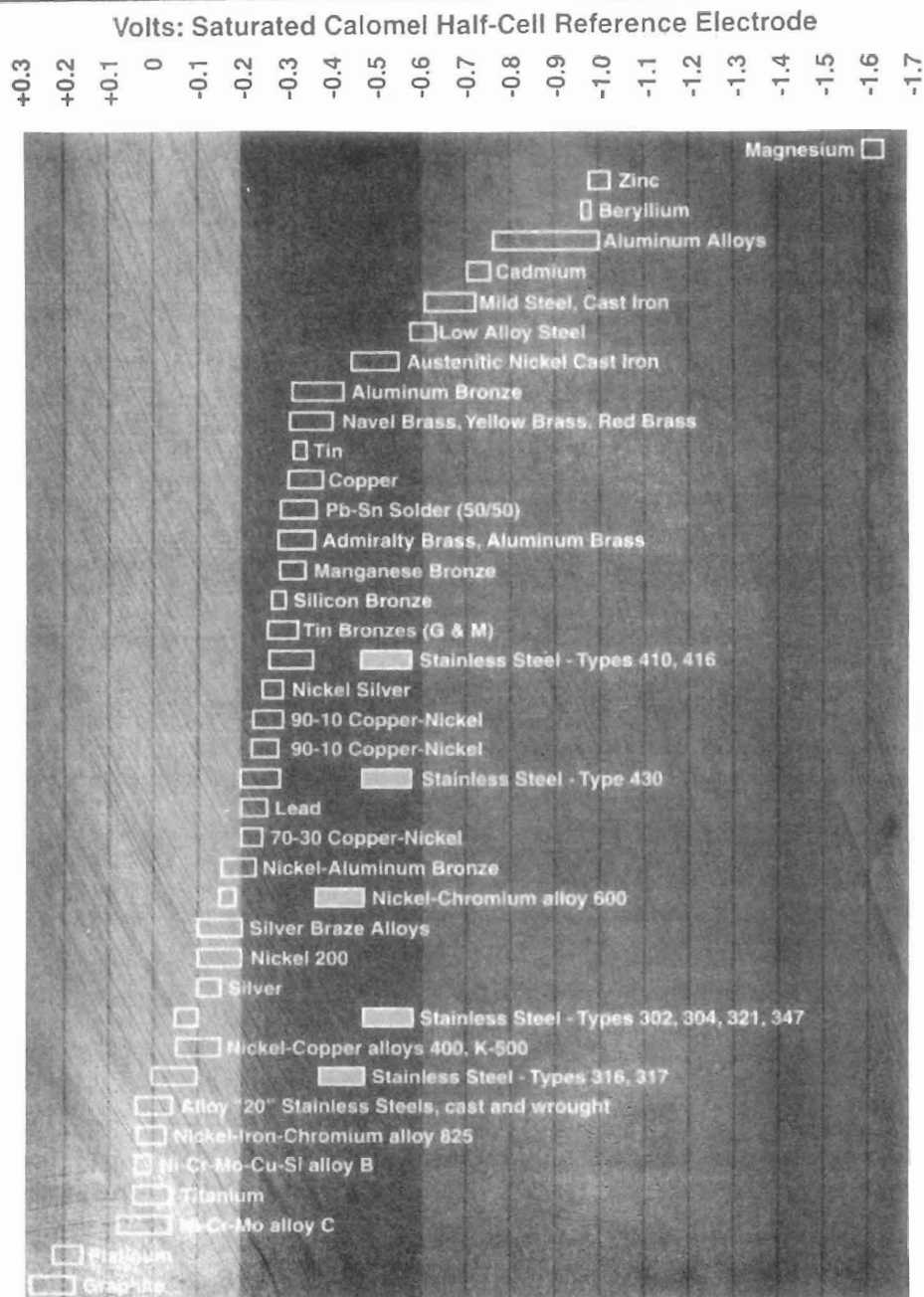
شکل ۴- خوردگی آشکار در مقطع پمپ توجه کنید به سرعت خوردگی شدید در قطر داخلی فلنج فولاد کربنی که کوپل شده است به پشت بند فولاد ضدزنگ

ترک حاصل از خوردگی تنشی^(۱)

این نوع خوردگی از خطرناکترین نوع خوردگی هاست زیرا که قبل از اینکه بتوان آن را مشخص کرد پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته و باعث تخریب ناگهانی می‌شود. با اینکه این نوع خوردگی به صورت عام - در پمپ‌ها دیده نمی‌شود ولی این پدیده در چندین نوع از مواد استفاده می‌افتد و طراحان پمپ باید از استعلام مجموعه مواد و محیطی که قطعات باید در آنها کار کنند - برای خوردگی SCC آگاه باشند. خوردگی تنشی چندین پارامتر برای ایجاد شدن نیاز دارد که از جمله آن می‌توان به تنش کششی خواه به صورت پسماند، خواه به صورت اعمال شده از بیرون، مواد، سازه، روش تنشی، محیط با قابلیت ایجاد خوردگی تنشی و زمان اشاره کرد.

۱- Stress - Corrosion Cracking

جدول پتانسیل خوردگی در آب دریای جاری (2.4-4m/s , 50-80F°)



از مواد مصرفی در ساخت پمپها که ممکن است خوردگی تنشی را تجربه کنند می توان به فولاد ضدزنگ آستینیتی و مارتنزیتی، بعضی آلیاژهای پایه مس و در حالت خاص Ni-Resiste اشاره کرد. فولادها ضدزنگ آستینیتی در محیط های یونی کلریدی در دمای بالای 60°C برای خوردگی تنشی مستعد هستند. همچنین آلیاژهای ریختگی که در ساختاری خود حاوی مقادیری فریت آزاد باشند نسبت به خوردگی تنشی مقاوم تر از آلیاژهای مشابه کار شده هستند. این نوع خوردگی در مواردی که محیط غنی از کلراید باشد محتملتر است مانند محیط بخار. تنش های قوی و باقیمانده که اغلب در قطعات و سازه های بعد از جوشکاری موجود است نیز باعث افزایش احتمال خوردگی تنشی می شوند. افزایش مقدار Ni در آلیاژهای ضدزنگ آستینیتی، مقاومت در برابر خوردگی تنشی را افزایش می دهد. تیپ های پرنیکل که عموماً معروف به آلیاژ 20 می باشند در صنایع شیمیائی که نیاز مبرم به مقاومت در برابر SCC دارند به کار می روند. فولادهای ضدزنگ مارتنزیتی در حضور سولفید هیدروژن مستعد SCC هستند که گاهی اوقات به SSC^(۱) معروف است. این فولادها و مخصوصاً رده های CA-15 و CA-6NM عموماً برای تصفیه و تولید روغن که احتمال حضور سولفید هیدروژن وجود دارد به کار می روند. با استفاده از یک نوع عملیات حرارتی بر روی این فولادها می توان از SCC جلوگیری کرد به این ترتیب که با کاهش سختی تا پائین تر از حدی که ترک حاصل از خوردگی تنشی بتواند ایجاد شود، SCC اتفاق نخواهد افتاد. این پدیده را همچنین می توان به تنش تسلیم ماده (y.st.) ربط داد. در بعضی متون علمی مشاهده شده است که مواد آهنی مورد استفاده در شرایط مستعد SCC نباید بیشتر از 22R سختی داشته و یا تنش سیلانی بالاتر از 90 lb/in^2 (620Mpa) نداشته باشند. استانداردهای API610 و NACE MR-01-75، برای تعیین شرایط استفاده از فولادهای مارتنزیتی در محیط های شامل سولفید هیدروژن، در دسترس و قابل استفاده هستند.

آلیاژهای مسی در محیط های شامل آمونیا مستعد SCC هستند هر چند تفاوت های قابل ملاحظه در استعداد به SCC تیپ های مختلف برنز وجود دارند، آلومینیوم برنرها بیشترین مقاومت را دارا هستند. آبهای آلوده طبیعی می توانند حاوی آمونیا باشند و بدین دلیل پمپ های برنزی معمولاً انتخاب مناسبی برای این موارد نیستند.

آلیاژهای برنز با استحکام زیاد مستعد ترک در آبهای طبیعی هستند. مشاهده شده است که پروانه‌های ریختگی از این آلیاژ به شدت از ترک خوردگی آسیب می‌بینند. تنش‌های باقی‌مانده در قطعه ریخته نیز می‌تواند دلیل دیگر ترک‌ها باشد.

Ni-Resist یک چدن آستینیتی است که حاوی 15-20% نیکل است. این آلیاژ به طور عمومی در پمپ‌های عمودی بزرگ برای آب دریا استفاده می‌شود. تجربه وقوع پدیده SCC را مخصوصاً در بخش دیفیوزر این پمپ‌ها، نشان داده است مگر اینکه قطعات ریختگی تحت عملیات تنش‌زدائی قرار گیرند و این باید توسط فروشنده مشخص شود چرا که این خصوصیت لازمه مواد معمولی نیست.

منبع

PUMP HANDBOOK, THIRD EDITION, VOL.1

تلفات بار فراری^(۱) در الکتروموتورها

مهندس علی محمدی زردخانه
کارشناس فنی قسمت آزمایشگاه
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

مقدمه

تلفات در ماشین‌های الکتریکی باعث کاهش راندمان و کارآئی می‌گردد. این تلفات هرگز مورد پسند و دلخواه نبوده و علی‌رغم میل باطنی ما در تمام سیستم‌های الکتریکی، مکانیکی و فیزیکی وجود دارد. آگاهی از مقدار این تلفات ضروری بوده و در صورتیکه بیش از حد استاندارد و متعارف باشد ما را به انجام اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه هدایت می‌کند. در این مقوله به نحوه بدست آوردن تلفات بار فراری در الکتروموتورها پرداخت می‌شود.

شرح

در ماشین‌های الکتریکی بخصوص الکتروموتورها مقداری از توان ورودی بصورت تلفات اهمی استاتور^(۲) و روتور^(۳)، تلفات هسته^(۴)، تلفات اصطکاک و سیم‌بندی^(۵) و تلفات بار فراری هدر می‌رود. شکل (۱) را ملاحظه کنید.

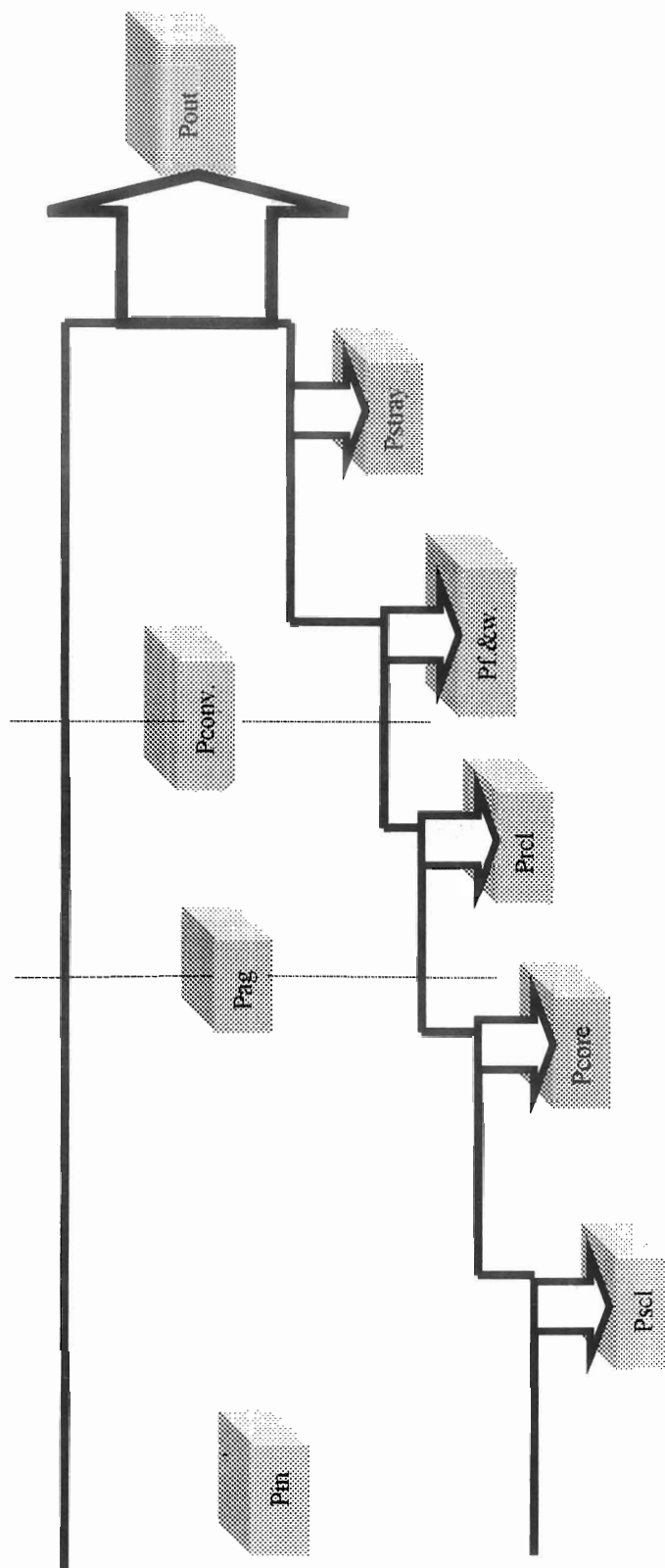
۱- Stray Loss

۲- Stator Copper Loss

۳- Rotor Copper Loss

۴- Core Loss

۵- Friction and Windage Loss



شکل (۱) - دیاگرام مراحل توان الکتروموتور القایی

کلیه تلفات فوق به استثنای تلفات بار فراری محسوس بوده و از طریق انجام تست‌های تحت بار، بی‌باری، ولتاژ کاهش یافته و اشباع حرارتی قابل محاسبه می‌باشد.

تلفات بار فراری آن قسمت از کل تلفات است که در مجموع تلفات فوق گنجانده نمی‌شود.

برای بدست آوردن تلفات بار فراری روشهای مستقیم و غیرمستقیم بصورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- اندازه‌گیری غیرمستقیم تلفات بار فراری

تلفات بار فراری بوسیله اندازه‌گیری کل تلفات و از طریق کم کردن تلفات اصطکاک و تهویه، تلفات هسته، تلفات اهمی استاتور و روتور از کل تلفات قابل دسترس می‌باشد.

در این روش توان الکتریکی ورودی به الکتروموتور و توان مکانیکی خروجی از آن اندازه‌گیری شده و همچنین تلفات اصطکاک و سیم‌بندی، تلفات هسته و تلفات اهمی استاتور و روتور بطور جداگانه محاسبه می‌گردد. با معلوم بودن پارامترهای فوق، مقدار تلفات بار فراری از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_{\text{stray}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} - (P_{\text{f.w.}} + P_{\text{scI}} + P_{\text{rcl}} + P_{\text{core}}) \quad (۱)$$

در این رابطه:

P_{in} : توانی الکتریکی ورودی به الکتروموتور

P_{out} : توان مکانیکی خروجی از الکتروموتور

$P_{\text{f.w.}}$: تلفات اصطکاک و تهویه

P_{scI} : تلفات اهمی استاتور

P_{rcl} : تلفات اهمی روتور

P_{core} : تلفات هسته

P_{stray} : تلفات بار فراری

۲- اندازه گیری مستقیم تلفات بار فراری

۲-۱- مولفه استاتور در تلفات بار فراری

سهم تلفات بار فراری در فرکانس اصلی^(۱) با اعمال ولتاژ سه فاز متعادل به الکتروموتور تعیین می شود. در این تست روتور از مجموعه الکتروموتور حذف گردیده و در واقع مونتاژ نمی شود. مقدار توان الکتریکی ورودی به الکتروموتور اندازه گیری و تلفات اهمی استاتور در دمای تست محاسبه می شود. از کم کردن تلفات اهمی استاتور از توان ورودی اندازه گیری شده، مقدار تلفات بار فراری فرکانس اصلی بدست می آید. این مولفه از تلفات بار فراری ناشی از فلوی نشتی استاتور بوده و شامل تلفات جریان فوکو و هیستریزیس در هادیها، قسمت های ماشین کاری و ساختاری استاتور می باشد. در طی این تست کلیه قطعات به استثنای روتور که احتمالاً جریان در آنها القاء می شود، بایستی در جای خود قرار گرفته باشند. جریانی که در این تست مورد استفاده قرار می گیرد از رابطه زیر بدست می آید:

$$I_t = \sqrt{I^2 - I_o^2} \quad (2)$$

در این رابطه:

I_t : مقدار جریان استاتور در حین تست تلفات بار فراری

I_o : جریان بی باری

I : مقدار جریان بار

۲-۲- روش تست چرخش معکوس^(۲)

تلفات بار فراری در فرکانس های بالاتر^(۳) از طریق تست چرخش معکوس تعیین می شود. الکتروموتور به صورت کامل مونتاژ شده و ولتاژ سه فاز متعادل به آن اعمال می گردد. روتور به کمک تجهیزات خارجی در سرعت سنکرون و در خلاف جهت چرخش میدان استاتور چرخانده می شود. برای اندازه گیری و تنظیم سرعت سنکرون صحیح می توان از روش استروبوسکوپیک^(۴) یا تاکومتر دیجیتالی کمک گرفت.

توان الکتریکی ورودی به استاتور و توان مکانیکی مورد نیاز برای چرخاندن روتور در جهت

۱- Fundamental Frequency

۲- Reverse Rotation test Procedure

۳- Higher Frequencies

۴- Stroboscopic

عکس میدان استاتور در هر دو حالت اعمال و عدم اعمال ولتاژ به استاتور اندازه گیری می شود. دامنه جریان استاتور در این تست بایستی برابر مقدار جریان بدست آمده از رابطه (۲) باشد. در الکتروموتورهای روتور سیم پیچی شده، ترمینالهای روتور بایستی در حین انجام این تست اتصال کوتاه شده باشد.

۳-۲. محاسبه تلفات بار فراری در روش مستقیم

تلفات بار فراری، W_{LL} ، بصورت زیر محاسبه می شود:

$$W_{LL} = LL_s + LL_r \quad (3)$$

در رابطه فوق، LL_s و LL_r به ترتیب تلفات بار فراری فرکانس اصلی و تلفات بار فراری فرکانس های بالاتر تعریف شده و از روابط زیر بدست می آیند:

$$LL_s = W_s - P_{scl} \quad (4)$$

$$LL_r = (P_r - P_f) - (W_r - LL_s - P_{scl}) \quad (5)$$

در روابط فوق:

P_r : توان مکانیکی مورد نیاز برای چرخاندن روتور، در حالیکه ولتاژ به استاتور اعمال شده باشد.

P_f : توان مکانیکی مورد نیاز برای چرخاندن روتور، در حالیکه ولتاژ به استاتور اعمال نشده باشد.

P_{scl} : تلفات اهمی استاتور

W_s : توان الکتریکی ورودی به استاتور در حالت حذف روتور

W_r : توان الکتریکی ورودی به استاتور در حالت تست چرخش معکوس

۳- تلفات بار فراری فرضی^(۱)

اگر تلفات بار فراری به هر دلیل از طریق روشهای ذکر شده فوق اندازه گیری نشده باشد، در صورتیکه مورد قبول استاندارد کاری یا مورد توافق طرفین قرارداد باشد، مقدار این تلفات در بار نامی طبق جدول (۱) در نظر گرفته می شود.

۱- Assumed

جدول (۱) مقدار فرضی تلفات بار فراری

P_{out} / kw	P_{out} درصدی از P_{stray}
۱-۹۰	۱/۸٪
۹۱-۳۷۵	۱/۵٪
۳۷۶-۱۸۵۰	۱/۴٪
بیشتر و ۱۸۵۱	۰/۹٪

برای استفاده از جدول فوق نیاز است توان خروجی الکتروموتور در دست باشد. با معلوم بودن توان خروجی مقدار تلفات بار فراری متناظر بدست می آید.

در صورتیکه به مقدار توان خروجی دسترسی نداشته باشیم می توان درصدهای جدول فوق را نسبت به توان ورودی به الکتروموتور که معمولاً قابل اندازه گیری است محاسبه و مقدار تلفات بار فراری را از روی توان ورودی بدست آورد. در این حالت مقادیر جدول فوق برای توانهای مختلف با کاهش حدود ۰/۲٪ قابل استفاده خواهد بود

برای اخذ نتایج بهتر و دقیق تر می توان مقادیر درصد جدول فوق را نسبت به توان بصورت منحنی برازش^(۱) شده بدست آورد و برای هر توان مورد نظر از آن بهره گرفت.

منابع

- 1 – IEEE Std. 112-1996.
- 2 – IEEE Std. 252-1995.
- 3 – ELECTRICAL MACHINERY FUNDAMENTALS by: STEPHEN J. CHAPMAN
1985

«فهرست مقالات در شماره‌های قبلی نشریه پمپ»

- نشریه شماره ۱: نیروی محوری و تعادل آن در پمپهای سانتریفوژ یک طبقه - آشنایی با تکنولوژی NC - ضربه قوچی آب در خطوط انتقال مایعات و ایستگاههای پمپاژ - روش انتخاب پمپهای سانتریفوژ برای مصارف آبرسانی (۱) - الکتروموتورهای شناور و کاربرد آنها
- نشریه شماره ۲: نیروی شعاعی در پمپهای سانتریفوژ - محاسبه ایستگاه پمپ - روشهای جلوگیری از خوردگی در پمپها - روش انتخاب پمپهای سانتریفوژ برای مصارف آبرسانی (۲) - افتهای موضعی در خطوط انتقال آب - تاثیر شرایط کار بر مشخصات پمپهای سانتریفوژ
- نشریه شماره ۳: روشهای نوین ماشینکاری - کنترل خودکار ایستگاههای پمپاژ (۱) - روش انتخاب تجهیزات الکتریکی پمپهای شناور - کابل و کابل کشی (۱) - محدودیتهای کاربردی انواع پمپهای آب در رابطه با بتاسیون، خوردگی، سایدگی و موقعیت نصب - تاریخ تکامل پمپ (۱)
- نشریه شماره ۴: کاویتاسیون - قنات - پمپهای صنایع اتمی - علل ازکار افتادگی مته‌ها
- نشریه شماره ۵: کاربرد عددی طراحی پروانه یک پمپ گریز از مرکز - پمپهای دنده‌ای (۱) - محاسبه ظرفیت تولید و موجودی انبار - مواد ابزارهای برشی - محاسبه ارتفاع مکشی در تلمبه‌های سانتریفوژ
- نشریه شماره ۶: کاربرد مدل‌های هیدرولیک در طراحی و آزمایش پمپها - پمپهای دنده‌ای (۲) - تلمبه‌های باد (۱) - مینیمم کردن ارتعاش مکانیکی در کوپلینگ - ارتعاشات لوله‌ها
- نشریه شماره ۷: نصب و نگهداری پمپها - پمپهای دوار - استفاده از محرک تسمه‌ای در پمپها - تلمبه‌های باد (۲) - براده برداری با سرعت برش زیاد در آلیاژ آلومینیم - راهنمای عیب‌یابی و تعمیر پمپهای گریز از مرکز
- نشریه شماره ۸: آبدهی پمپ - مفاهیم تلرانس و انطباقات در صنعت - ضوابط تعیین ابعاد صحیح چاهک مکشی الکتروپمپها ملخی شناور نحوه انتخاب تلمبه‌های سانتریفوژ - راهنمای الکتروپمپهای سیرکولاتور
- نشریه شماره ۹: بحثی پیرامون پمپهای ملخی و مقایسه عملکرد و منحنی مشخصه آنها با پمپهای گریز از مرکز - سرو صدا در توربوپمپها و ایستگاههای پمپاژ - کاربرد محرکهای سرعت متغیر در پمپهای سانتریفوژ - پمپاژ با جریان دوفاز (۱) - انتخاب جنس قطعات پمپ برای پمپاژ سیالات مختلف
- نشریه شماره ۱۰: سایش فلزات و روشهای جلوگیری آن (۱) - پمپاژ جریان دو فاز (۱) - پمپ مکش‌زا و کاربرد آن در آبرسانی - پمپ توربین - تکنیکهای اندازه‌گیری در پمپهای سانتریفوژ
- نشریه شماره ۱۱: مختصری پیرامون آبنندی‌های مکانیکی - انواع برنرها و مواد یاتاقانی برنزی - پمپهای صنایع نفت متالورژی پودر - جدول عیب و روش رفع آن
- نشریه شماره ۱۲: اصول فیزیکی پمپهای سانتریفوژ - چدن‌ها - متالورژی پودر - نقش کامپیوتر در ...
- نشریه شماره ۱۳: کوپلینگ - آبنندی پروانه - پلاستیکهای صنعتی و کاربرد آنها در صنعت پمپ‌سازی - کاربرد مواد کربنی گرافیتی بعنوان یاتاقان
- نشریه شماره ۱۴: و NPSH و طراحی ورودی پمپها - خوردگی و نیروگاهها و ایستگاههای پمپاژ - انتقال فراوری مواد غذایی - کاربرد مواد کربنی گرافیتی بعنوان یاتاقان - گزارش پیرامون امکان تولید چدنهای مقاوم به سایش
- نشریه شماره ۱۵: سیستمهای پمپاژ با لوله‌های فرعی - انتخاب پمپ - محفظه‌های آبنندی پمپها - مطالعه عملکرد سیستمهای پیچیده پمپاژ در آبرسانی - بررسی امکان ساخت پمپهای مناسب کار در آب دریا
- نشریه شماره ۱۶: سیستمهای اندازه‌گیری و انتقال اطلاعات مربوط به سطح مایعات - روش بهینه نمودن تعمیرات اتفاقی ماشین‌الات - فرآیند راه‌اندازی الکتروپمپها - کاربرد مواد گرافیتی به عنوان یاتاقان و آبنند - بررسی و تجزیه و تحلیل کارایی یک موتور القایی تک‌فاز با گشتاور راه‌اندازی زیاد.
- نشریه شماره ۱۷: عملکرد پمپهای دور متغیر - گشتاور راه‌اندازی در پمپهای سانتریفوژ - مهندسی برینگها - کاربرد پمپ در صنایع شیمیایی

نشریه شماره ۱۸: صرفه جوئی در هزینه‌های احداث ایستگاه پمپاژ - آنالیز رفتار پمپهای سانتریفوژ در عمل - مواد خنک کننده در عملیات براده برداری - نقش پاشش پلاسمایی در صنعت پمپ سازی - مواد مورد مصرف در آبیندی مکانیکی

نشریه شماره ۱۹: پمپاژ سیالات ویژه - کیفیت سطوح - موارد مصرف در آبیندی مکانیکی - شیرهای کنترل راه دهنده

ویژه نامه: آزمایشات «تأیید پمپ» در پمپهای گریز از مرکز - نوارهای آبیندی - پمپهای موتور بسته - بهینه سازی و کاربردهای آن در طراحی موتورهای القائی - کاویتاسیون و عوامل موثر آن - عناوین مقالات چاپ شده در نشریات پمپ - منحنی‌های مشخصه کلی پمپهای تولیدی شرکت پمپ سازی ایران

نشریه شماره ۲۰: اندازه گیری و دبی آب در کانالهای روباز با استفاده از سرریز - بارهای هیدرولیک در پمپهای گریز از مرکز (۱) - کارکرد پمپها در شرایط سخت - پمپهای عمودی (۱) - ارتباط کاویتاسیون و سرعت ویژه پمپ

نشریه شماره ۲۱: بارهای هیدرولیک در پمپهای گریز از مرکز (۲) - خستگی در محورها - آبیندی محور - پمپهای عمودی (۲) - اورینگ‌های الاستومری در آبیندهای مکانیکی

نشریه شماره ۲۲: مواد کربنی - گرافیتی تهیه شده از منابع رزینی (۱) - اورینگهای الاستومری در آبیندهای مکانیکی (۲) - کوپلاژ (۱) - یاتاقانهای سرامیک (sic) - مسائل مکانیکی در طراحی پمپ (۱)

نشریه شماره ۲۳: پمپهای گریز از مرکز را بشناسیم (۱) - مسائل مکانیکی در طراحی پمپ (۲) - کوپلاژ (۲) - اثر ویسکوزیته و گازهای محلول روی انتخاب نوع پمپ - استاندارد مربوط به چدنهای خاکستری - راه اندازی و بررسی مشکلات پمپ های جابجائی معین در هنگام کار

نشریه شماره ۲۴: پمپهای گریز از مرکز را بشناسیم (۲) - یاتاقانهای هیدرودینامیک - نصب پمپ - یاتاقانهای غلتشی

نشریه شماره ۲۵: مشخصات مکش پمپهای گریز از مرکز (۱) - منحنی‌های مشخصه پمپ و شبکه (۱) - ملاحظات اقتصادی در فرایند تراش فلزات - بررسی عملکرد موتورهای القایی سه فاز تغذیه شده از شبکه تکفاز (۱) - عیب یابی سیستمهای پمپاژ و پمپ (۱)

نشریه شماره ۲۶: مشخصات مکش پمپهای گریز از مرکز (۲) - منحنیهای مشخصه پمپ و شبکه (۲) - عیب یابی سیستم پمپاژ پمپ (۲) - بررسی نیروهای برشی در تراش فلزات - بررسی عملکرد موتورهای القائی سه فاز تغذیه شده از شبکه تکفاز (۲)

نشریه شماره ۲۷: راهنمای کاربرد پمپهای گریز از مرکز فشار پائین (۱) - بوستر پمپها (۱) - تستهای غیر مخرب NDT - پمپهای غیر فلزی - روانکاری و اصول آن در یاتاقانهای هیدرودینامیکی (کفگرد و ژورنال) اندازه گیری تجربی کاویتاسیون در پمپها

نشریه شماره ۲۸: راهنمای کاربرد پمپهای گریز از مرکز فشار پائین (۲) - بوستر پمپها (۲) - روانکاری و اصول آن در یاتاقانهای هیدرودینامیکی کفگرد و ژورنال (۲) - تجزیه و تحلیل اشکالات آبیندهای مکانیکی

نشریه شماره ۲۹: روانکاری و اصول آن در یاتاقانهای هیدرودینامیکی و کفگرد و ژورنال (۳) - مسائلی با یاتاقانها - میزانکاری ماشینهای دوار - پمپهای گریز از مرکز -

نشریه شماره ۳۰: راهنمای کاربرد پمپهای فشار قوی (۱) - پمپهای دینامیکی - هواگیری و راه اندازی پمپها - خانکشی - مواد و سازگاری در ساختمان پمپهای گریز از مرکز - انتخاب و آرایش پمپها (۲)

نشریه شماره ۳۱: راهنمای کاربرد پمپهای فشار قوی (۲) - طبقه بندی پمپهای گریز از مرکز - حل مشکلات قبل از بازدید ایستگاه پمپاژ - مطالعه روی عیب کشیدگی در قطعات چدنی پمپها (۱) - نیروهای محوری و شعاعی و نحوه متعادل کردن آنها

نشریه شماره ۳۲: نگاهی از بیرون - راهنمای کاربرد پمپهای فشار قوی (۳) - اتلافات انرژی در پمپ (۱) - مطالعه روی عیب کشیدگی در قطعات چدنی پمپها (۲) - روشهای پیشرفته در ماشینکاری (EDM) ملاحظات در مورد کنترل دور فرکانسی الکتروپمپ به عنوان ابزار مدیریت انرژی