پمپیران

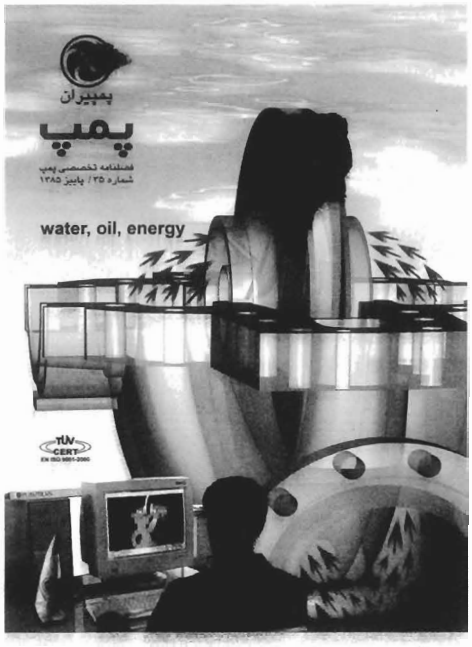
پمپ

فصلنامه تخصصی پمپ
شماره ۳۵ / پاییز ۱۳۸۵

water, oil, energy

TÜV CERT
EN ISO 9001-2000

« به نام خداوند جان و خرد »



فصلنامه تخصصی پمپ

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپیران (سهامی خاص)

سال بیست و دوم / شماره ۳۵ / پاییز ۱۳۸۵

صاحب امتیاز : **شرکت صنایع پمپیران (سهامی خاص)**

مدیر مسئول : **دکتر میربیوک احقاقی**

سردبیر : **مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری**

هیئت تحریریه : **گروه مهندسین و متخصصین شرکت صنایع پمپیران**

مدیر اجرایی : **مهندس دیار عصمتی**

مسئول اشتراک و توزیع : **صمد فائز**

لیتوگرافی : **رنگین ۵۵۶۶۲۹۴**

در این شماره می‌خوانید :

مواد فلزی ساختمان پمپ و مکانیسم‌های تخریب آنها
مهندس یونس بوداق ۱

آرایش سیستمهای پمپاژ
مهندس پروانه طهرانی اسکوئی ۹

بررسی مشخصه‌های عملکرد در یک پمپ پروانه‌ای با زاویه رانش کم پره
مهندس کاوه اسماعیلی ترکانپوری ۲۳

ارتعاش در پمپهای گریز از مرکز
مهندس محمدرضا آذرنیائی ۳۱

توزیع و جریان و هد در محفظهٔ حلزونی پمپهای گریز از مرکز و مقایسهٔ آن با مشخصه‌های پروانه بدون محفظه
مهندس علی‌پور عبدالله ۳۹

«**نشریه پمپ**» از عموم پژوهشگران، صاحب‌نظران و استادان، مقاله، ترجمه و گزارش می‌پذیرد. 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 هرچه بهتر مطالب و بالابردن کیفیت نشریه یاری نمایید.

باتشکر ـ سردبیر

شرایط درج مقاله در نشریه پمپ

۱ ـ محتوای مقاله باید فنی، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد.

۲ ـ نام و نام‌خانوادگی 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 ـ عنوان مقاله با درنظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید.

۴ ـ مطالب ارسالی بایستی تایپ شود، در غیراینصورت با خط خوانا در یک طرف کاغذ A4 نوشته و ارسال گردد.

۵ ـ تصویرها، شکلها و نمودارهای پیوست مقالات بر روی یک طرف کاغذ باشد.

۶ ـ توضیحات و زیرنویسها به صورت مسلسل شماره‌گذاری و در پایان مقاله ذکر شوند.

۷ ـ مراجع و مأخذ اصلی در تألیف و تدوین مطالب ارسالی باید دقیقاً مشخص و در پایان مقاله معرفی گردند.

۸ ـ مقالات ترجمه شده منظم به فتوکپی متون اصلی باشند.

۹ ـ مقالات ارسالی بایستی قبلاً در هیچ یک از نشریات داخلی چاپ نشده باشد.

۱۰ ـ مقاله ارسالی برگشت داده نخواهد شد.

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

نشانی نشریه : تبریز ـ قراملک ـ مجتمع ماشین سازی تبریز ـ صندوق پستی ۱۳۵- ۵۱۸۴۵

شرکت صنایع پمپیران ـ امورمهندسی ـ نشریه پمپ

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

پست الکترونیکی نشریه : pump@magiran.com

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

مواد فلزی ساختمان پمپ و مکانیسم‌های تخریب آنها

قسمت دوم

(قسمت اول در نشریه شمارهٔ ۳۳ به چاپ رسیده است)

مهندس یونس بوداق

کارشناس مهندسی مواد

شرکت صنایع پمپیران

تردی هیدروژنی Hydrogen Embrittlement

تردی هیدروژنی نوعی آسیب است که در اثر دو عامل هم زمان ایجاد می‌شود. این دو عامل عبارتند از : ۱- تنش‌های پسماند و یا اعمالی ۲- هیدروژن فعال موجود در سیستم.

این آسیب‌ها بسته به آلیاژ یا گروه‌های آلیاژی به صورت‌های مختلف مانند: تاول، ترک، هیدرید و یا کاهش داکتلیته (ضربه‌پذیری) مشاهده می‌شود. بعضی پروسه‌های پوشش کاری مانند کرم سخت که اغلب بر روی محور پمپ‌ها اعمال می‌گردد، تولید هیدروژن آزاد یا فعال می‌نماید که می‌تواند به سطح فلز نفوذ کند و در نتیجه ترک‌های میکروسکوپی را در فولادهای با استحکام بالا (تنش تسلیم بالاتر از 600 Mpa یا 90000 lb/in^2) باعث شود. همچنین در فولادهای با استحکام پائین نیز فرایند ماشینکاری که باعث ایجاد کار سختی در سطح قطعه می‌شود، می‌تواند احتمال ایجاد ترک هیدروژنی را افزایش دهد. به هر حال این ترک‌های هیدروژنی میکروسکوپی ایجاد شده اشاعه پیدا کرده و رشد می‌کنند و به همراه عامل خستگی مکانیکی صدمات فاجعه آمیزی را به بار می‌آورند. این مساله را می‌توان با اعمال فرایند ماشینکاری مناسب و صحیح محدود کرد و در فولادهای با استحکام زیاد باید بلافاصله بعد از رویه‌کاری برای از بین بردن هیدروژن آزاد، قطعات در کوره حرارت داده شود.

در هنگام جوشکاری نیز هیدروژن می‌تواند وارد فلز جوش شود و برای جلوگیری از این امر فولادهای فریتی و مارتنزیتی را باید با الکترودهای با هیدروژن کم جوشکاری نمود و الکترودهای روکش‌دار را طبق دستورالعمل شرکت سازنده قبل از استفاده حرارت داد تا رطوبت موجود در آن خارج شود چرا که منبع اصلی هیدروژن در هنگام جوشکاری رطوبت قبلی موجود در روکش الکترود می‌باشد.

خوردگی میکروبیولوژی Microbiologically Induced Corrosion

میکروارگانیسم‌های موجود در محیط‌های مختلف می‌توانند باعث ایجاد خوردگی شوند. طیفی از میکرواورگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی می‌توانند این نوع خوردگی را ایجاد کنند. در پمپ‌های راکدی که داخلشان آب ساکن برای مدت زیادی مانده است خوردگی قابل انتساب به فعالیت‌های میکروبیولوژیکی دیده شده است. باکتریهای احیا کننده سولفات در بسیاری از آبها وجود دارند که باعث ایجاد لجن، لکه‌های خاکستر گرد و قرمز گون بر روی چدن و فولاد می‌شوند که به آنها «tubercles » گفته می‌شود که اگر این لکه‌ها از جایشان کنده شوند در زیر آنها گودی‌های عدسی شکل ایجاد می‌گردد که درون این حفره‌ها رسوبات مرطوب سیاه رنگ دیده می‌شود. این حفره‌ها در اثر اسید سولفوریک ترشح شده از باکتری‌ها بوجود آمده‌اند.

چندین نوع از موجودات میکروبیولوژیک مولد خوردگی به فولادهای ضد زنگ صدمه می‌زنند. یکی از مهمترین این موجودات، اکسید کننده و تخریب کننده یونهای فلزی است که منجر به تولید کلریدهای فریک و منیزیم می‌شوند که هر دوی آنها ترکیبات قوی برای حفره‌دار کردن هستند. این باکتری در مناطق جوشکاری شده فولادهای زنگ نزن آستینتی رگه‌هایی ایجاد کرده و قدرت ایجاد خوردگی حفره‌ای را در مدت زمان کوتاه دارا می‌باشد. این مورد در قطعات و تجهیزات مختلف موجود در آبهای نمکدار و خالص ایجاد شده است و هنگامی مشخص می‌شود که سیال از مناطق جوشکاری شده شروع به نشت می‌کند. بنابراین پمپ‌هایی در معرض خطر این نوع خوردگی قرار دارند که برای مدت زمانهای طولانی بدون کارکرد با آب شور یا خالص محبوس شده در داخل آن رها شده باشند. در مواردی می‌توان برای جلوگیری از این مشکل از مواد زیست کش استفاده نمود.

و در نهایت اینکه تجزیه این میکروارگانیسم‌ها می‌تواند سولفید هیدروژن تولید نماید که منجر به انحلال لایهٔ اکسیدی محافظ ایجاد شده بر روی آلیاژهای پایه مس شده و خوردگی آنها را

تسریع نماید. در آبهای گرم نواحی حاره‌ای افزایش فعالیت باکتری‌ها (مخصوصاً در آب ساکن) باعث کاهش مقاومت خوردگی برنزها و کاهش سرعت حدی مجازی که خوردگی شتابنده در آن سرعت آغاز می‌شود، می‌گردد. بنابراین به کار بردن برنزها در شرایطی که فعالیت های میکروبیولوژیک محتملتر هستند و امکان خاموشی پمپ برای مدت‌های طولانی وجود دارد باید با احتیاط کامل صورت گیرد.

خوردگی بین دانه‌ای Intergranual Corrosion

این نوع خوردگی، فلز را در نواحی مرزدانه‌ای مورد هجوم قرار می‌دهد و آن در نتیجه ایجاد تغییرات شیمیایی قابل توجه در ساختار فلزی می‌باشد. به عنوان مثال در فولاد زنگ نزن آستینتی نواحی تهی شده از کرم را می‌توان ذکر کرد. همچنین آلیاژهای برنز مانند برنزهای آلومینیوم، برنزهای سیلسیم، فلز مونتسی (٦٠٪ مس و ٤٠٪ روی) و فلزات مورد استفاده در سازه‌های دریایی مستعد چنین خوردگی هستند. در حالت کلی دو فاکتور در این نوع خوردگی اهمیت دارد: یکی جنس مواد ضعیف شده (حساس شدن) و دیگری محیط خورنده مانند آب دریا. حساس شدن می‌تواند در حین عملیات حرارتی و یا در بیشتر موارد در هنگام انواع جوشکاری مانند جوشکاری تعمیری ایجاد شود. این نوع خوردگی در مواقعی که بارهای سیکلی موجود باشد منجر به ترک ناشی از خوردگی (کنترل شونده توسط خوردگی) می‌شود. عملیات حرارتی نادرست فولاد ضد زنگ آستینتی سری ۳۰۰ می‌تواند منجر به حساسیت فولاد و در نتیجه باعث خوردگی بین دانه‌ای شود. حساسیت در فولاد هنگامی ایجاد می‌شود که فولاد ضد زنگ حاوی بیشتر از 0.3% کربن در محدودهٔ دمای 850-425 درجه سانتیگراد برای مدتی نگه داشته شود. در این محدودهٔ دمایی کاربید کروم در مرز دانه‌ها رسوب می‌کنند و در نتیجه نواحی فقیر از کروم در مجاورت رسوبات کروم پدید می‌آید و این نواحی فقیر از کروم مقاومت در برابر خوردگی را از دست می‌دهند. فولادهای ضد زنگ معمولاً حاوی ١٨-١٦٪ کروم هستند که در نواحی فقیر از کروم این مقدار به ١٢٪ و کمتر از آن می‌رسد که حداقل مقدار کروم جهت ایجاد خواص مقاومت به خوردگی می‌باشد. در این حالت پیل‌های گالوانیکی با کاتد بزرگ (دانه‌ها) و آندهای کوچک (مرزدانه‌ها) تشکیل می‌شوند و خوردگی در مرز دانه‌های آند اتفاق می‌افتد. میزان صدمات خوردگی بستگی به مدت زمان نگهداری فولاد در محدوده دمای حساس شدن دارد. همچنین میزان حساس شدن فولاد تابعی است از مقدار کربن فولاد، کربن بیشتر مساوی با زمان کمتری نگهداری در محدودهٔ

دمایی حساس شدن، به طوری که فولاد حساس نشود. یک دیاگرام دما بر حسب زمان این مساله را در شکل ٥ به وصوح نشان می‌دهد. در شکل ٦ خوردگی بین دانه‌ای در یک مخفظهٔ طبقات که به صورت نادرست عملیات حرارتی شده است، نشان داده شده است. فولادهای ضد زنگ آستینتی همچنین در حین جوشکاری نیز حساس می شوند. در حین عملیات حرارتی و جوشکاری برای جلوگیری از حساس شدن باید از منطقه دمایی حساس شدن اجتناب نمودو یا در مورد جوشکاری، فرایند جوشکاری را با فرایند عملیات حرارتی نهائی مناسب برای زدودن مناطق حساس شده تکمیل نمود.

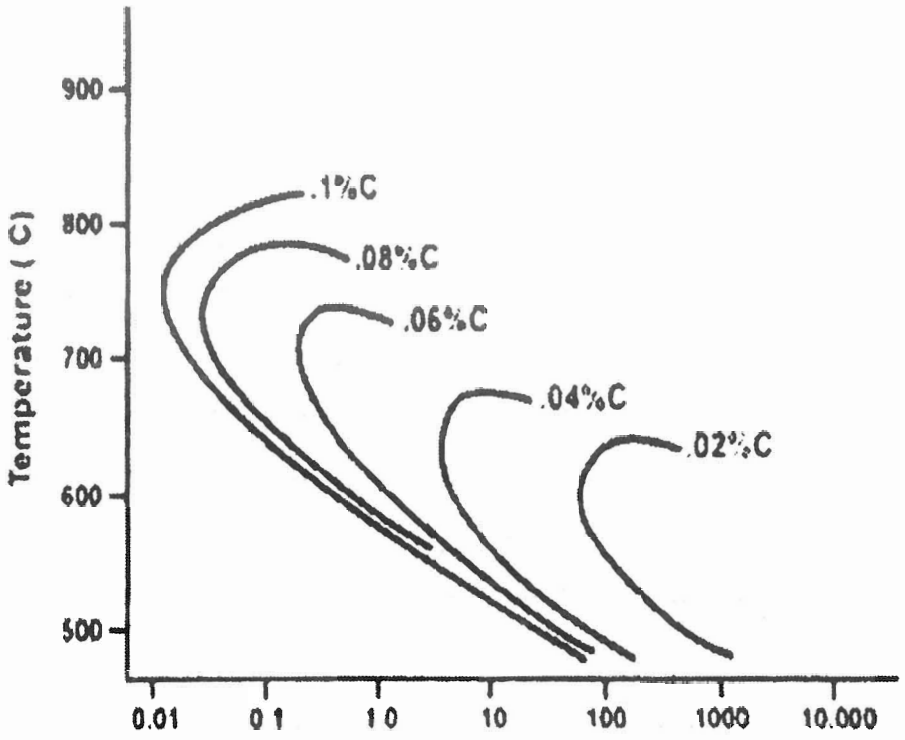
با چندین روش می‌توان از بوجود آمدن منطقهٔ حساس شده جلوگیری کرد و یا آن را اصلاح کرد:

– گرم کردن فولاد تا دمایی که کاربیدهای کروم ایجاد شده کاملاً حل شوند (معمولاً تا دمای ۱۱۵۰–۱۰٤۰ درجهٔ سانتیگراد) و سپس سریع سرد کردن در محدودهٔ حساس شدن. عملیات حرارتی انحصاری منطقه جوشکاری شده نخواهد توانست باعث حساسیت زدائی منطقه جوش شود.

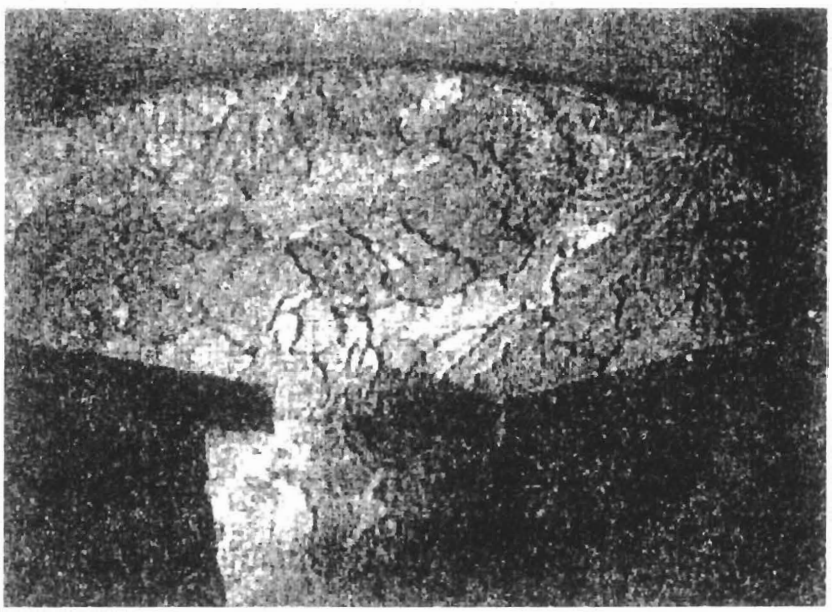
– استفاده از فولاد ضد زنگی که پایدار شده‌اند با افزودن عناصری مانند Nb و Ti. این عناصر کربن محتوی فولاد را تثبیت می‌کنند و از رسوب آن به صورت رسوب کاربید کروم جلوگیری می‌کنند.

– کاهش درصد کربن به کمتر از 0.03% چرا که درصد کربن کم زمان بیشتری جهت رسوب به صورت کاربید کروم نیاز دارد.

در مواقعی که در طراحی پمپ ملزم به استفاده از فولاد ضد زنگ هستیم باید برای جلوگیری از صدمات خوردگی بین دانه‌ای از مواد فولادهای گروههای 316L، 304L، CF3 و CF-3M باید استفاده نمود. لازم به ذکر است خوردگی بین دانه‌ای در آلیاژهای حاوی کروم بیش از ۲۵ درصد به وجود نمی‌آید.



شکل ۵- نمودار زمان - دمای حساس شدن که برای فولاد ضد زنگ 8-18 بررسی شده است. توجه شود که رده‌های کم کربن (0.03%C) نیاز به پنج تا ده ساعت زمان دارد. در حالی که برای ردهٔ استاندارد (0.08%C) زمان لازم فقط چند دقیقه است.



شکل ٦- سطوح سرپوش محفظهٔ حساس شده که تحت خوردگی بین دانه‌ای قرار گرفته است.

سایش کاویتاسیون Cavitation Erosion

کاویتاسیون در اصل یک فرایند مکانیکی است ولی به طور همزمان با خوردگی عمل می‌کند و اغلب با انواع دیگری از خوردگی در نظر گرفته شده و بررسی می‌شود. سایش کاویتاسیون را می‌توان زدایش فلز از سطح قطعه به وسیلهٔ تنش‌های فوق‌العاده زیاد حاصل از فروپاشی حبابهای بخار در سیال تعریف کرد. هنگامی در یک پمپ کاویتاسیون روی می‌دهد که به صورت موضعی فشار سیال به زیر فشار بخار همان سیال کاهش یابد. در یک پمپ چند طبقه حبابهای هوا در مناطق فشار پائین و در ورودی پروانه‌ها به وجود آمده و به وسیلهٔ جریان سیال به داخل مناطق پر فشار کشیده می‌شود و در آنجا از بین می‌روند. تعداد بسیار زیادی از این حبابها در یک منطقهٔ بسیار کوچک ممکن است به وجود آمده و از بین بروند و تولید میکروجتهای با انرژی فوق‌العاده زیاد بنماید. انرژی به وجود آمده در فرآیند تولید و انحلال حباب‌های مذکور نیروی ضربه‌ای بالایی بر روی سطح فلز ایجاد می‌کند.

این وضعیت هنگامی که سطح فلز پوشیده از یک لایهٔ اکسیدی محافظ می‌باشد، اثرش شدیدتر است، چرا که این پدیده (کاویتاسیون) باعث انهدام پوسته‌ها شده و فلز تازهٔ زیرین را در معرض خوردگی توسط سیال قرار می‌دهد. این نیروهای سیکلی سرانجام باعث میکروترک‌های خستگی می‌شوند که در اثر به هم پیوستن و اشاعه پیدا کردن آنها باعث فرسایش فلز از سطح قطعه و درنتیجه ظاهر اسفنجی و متخلخل مخصوص کاویتاسیون در سطح قطعه می‌شود. نمونه‌ای از پروانه تحت تأثیر قرار گرفته از کاویتاسیون در شکل ۷ نشان داده شده است. در مورد روشهای جلوگیری از کاویتاسیون به وسیلهٔ تنظیم آبدهی و ارتفاع مکش و راندمان در مقالات و کاتالوگهای پمپ به فراوانی بحث شده است ولی از نقطه نظر مواد و جنس قطعات توجه به موارد زیر می‌تواند مفید باشد.

در صنعت پمپ در سالهای اخیر رسم بر این بوده است که مقاومت کاویتاسیون مواد مستقیماً به سختی ربط داده شود. یافته‌های جدید در سالهای اخیر به توسعه چندین نوع فولاد جدید غیر متعارف با خواص ضد سایش کاویتاسیون استثنایی انجامیده است. اولین تحقیق اساسی در مورد رابطه سختی و کاویتاسیون در سال 1970 انجام گرفت که نشان داد آلیاژهای پایهٔ کبالت با سختی متوسط، دارای مقاومت کاویتاسیون فزاینده‌ای هستند، مقاومت کاویتاسیون به قدرت استحاله مواد در سطح در معرض سایش بستگی دارد و آن نیز به نوبهٔ خود به فازهای متالورژیکی سخت‌تر و

مقاومتر در برابر کاویتاسیون مربوط می‌شود. این تجربه منجر به ایجاد فولادهای ضد زنگ آستنیتی جدید با آنالیز شیمیایی منحصر به فرد شده است. آنالیز شیمیایی این فولادها طوری تنظیم شده است که در اثر تنش‌های اعمالی در شرایط کاویتاسیون مارتنزیت تولید شده و گسترش یابد. آلیاژهای جدید حاصل از این فن‌آوری به صورت مواد پر کننده جوش برای تعمیر صدمات کاویتاسیونی تولید شده و بعدها برای ریخته‌گری پروانه‌های پمپ استفاده شد.

این آلیاژها اساساً در حالت آنیل انحلالی دارای مینیمم سختی (هم ردیف با فولادهای ضد زنگ آستینتی) هستند ولی قابل استحاله به مارتنزیت بسیار سخت در سطوح در معرض نیروهای کاویتاسیون هستند. سطوح سخت در مقابل اشاعه ترک‌های خستگی مقاومت می‌کنند و اگر در نهایت این ترک‌ها در اثر نیروهای ناگهانی بسیار زیاد کاویتاسیون اشاعه پیدا کنند و سطح سخت شده را عبور کنند به منطقه نرم با داکتلیته بالای فلز زمینه می‌رسند که نفوذ به آن غیر ممکن است و در نتیجه جلوی اشاعه ترک گرفته می‌شود. فولادهای ضد زنگ آستینتی مقاوم به کاویتاسیون آلیاژ شده با منگنز و کروم به مانند فولادهای پایه کبالت مقاومت کاویتاسیون را افزایش می‌دهند.

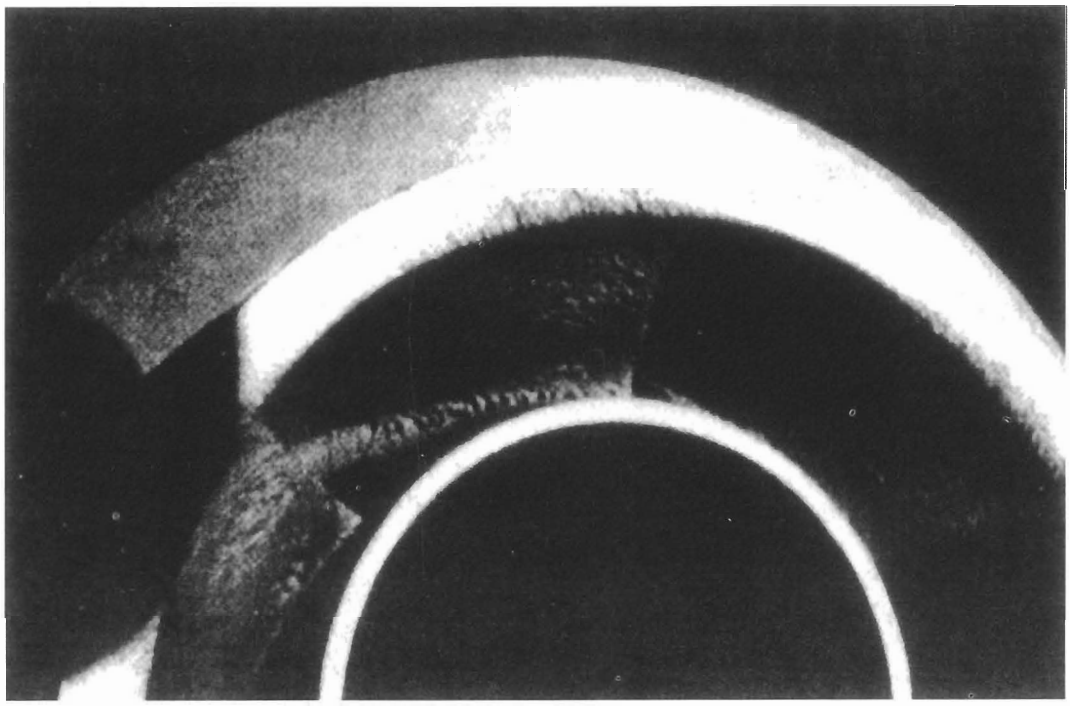
تحقیقات مستمر آزمایشگاهی در مورد مقاومت کاویتاسیون طیف مختلف مواد، اطلاعات ارزشمندی در مورد مواد عمومی مصرفی در ساختمان پمپ‌ها به وجود آورده است چرا که ایجاد یک رابطهٔ منطقی بین نتایج آزمایشگاهی و تجربیات علمی ممکن می‌باشد.

سری زیر بر اساس این نتایج و تجربیات برای طبقه‌بندی مقاومت کاویتاسیون آلیاژها بر اساس کاهش مقاومت کاویتاسیون تنظیم شده است.

- آلیاژهای ضد سایش کبالت (استیلایت)
- فولادهای ضد زنگ آستنتی کروم - منگنز
- فولاد ریخته ضد زنگ ۱۲٪ کروم کربن‌دهی شده
- آلیاژ تیتانیم 6AL-4V
- برنز نیکل - آلومینیوم ریخته
- فولاد ریخته ضد زنگ دوپلکس
- فولاد ریخته ضد زنگ سختی رسوبی شونده
- آلیاژ نایریزیست (NiResist) چکش خوار
- آلیاژ ریخته CF-8M
- آلیاژ ریخته CA6-NM
- آلیاژ ریخته CA-15
- مونل

- منگنز برنز
- فولاد ریخته کربنی
- برنز قلع
- چدن

انتخاب مواد با مقاومت کاویتاسیون بالا، به پمپ سازها این امکان را می‌دهد که در طراحی پمپ از نظر محدودهٔ کارکرد پمپ با آزادی عمل بیشتری عمل کنند و همچنین طراحی پمپ‌های کوچکتر و سبکتر با سرعت‌های فوق‌العاده بالا امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین استفادهٔ آگاهانه از مواد مناسب باعث افزایش فاصله‌های زمانی خوابیدن پمپ در اثر صدمات کاویتایسون شده و به صورت غیر قابل تصوری هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را کاهش می‌دهد.



شکل ۷ : سایش کاویتاسیون در قطعهٔ پروانه که به صورت ظاهر متخلخل در سطح مشخص است.

منبع : PUMP HANOBOOK. THIRD EDITION VOL.

آرایش سیستم‌های پمپاژ

قسمت دوم

مهندس پروانه طهرانی اسکوئی
کارشناس مهندسی مکانیک

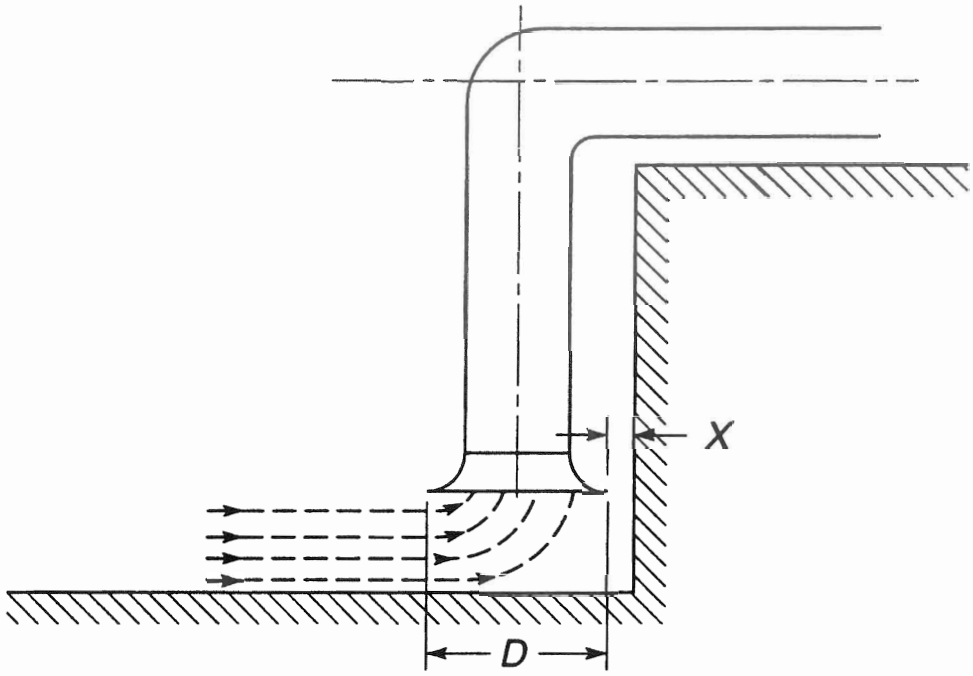
اصول طراحی چاهک مکش

در شکل ۵، اندازهٔ B نشان دهندهٔ حداقل مقدار فاصله نیست بلکه بیشترین فاصلهٔ پیشنهادی لولهٔ مکش از دیواره می‌باشد. این موضوع بوسیله شکلهای ۱ و ۷ و معادلهٔ (۲) قابل تحلیل است:

با مراجعه به شکلهای ۱ و ۷ در می‌یابیم که گرداب‌ها، بیشتر در مرکز چاهک ایجاد می‌شوند. از سوی دیگر ورودی پمپ باید از این مرکز دور نگه داشته شود بدین معنی که ورودی مکش باید نزدیک دیواره قرار گیرد. این امر اصلی‌ترین دلیل برای در نظر گرفتن یک مقدار حداکثر برای اندازه B می‌باشد.

با این وجود، کم بودن بیش از حد این فاصله ممکن است باعث شود که سیال فقط از یک سمت وارد ورودی مکش شود (شکل ۸) و سبب توزیع ناهمگون سرعت مایع، هنگام ورود به پره پمپ گردد، احتمال وقوع این حالت زمانی زیاد است که دهانه لوله مکش به یک شیپوره مکش[1] با قطر بزرگ مجهز باشد، طوری که با دیواره‌های چاهک در تماس باشد. برای حذف این اختلالات میزان B کمی بیشتر از اندازه توصیه شده در شکل ۵ در نظر گرفته می‌شود. فاصلهٔ بین نزدیکترین دیواره و لبه شیپوره مکش یعنی X در شکل ۸ باید محدودهٔ بین $x = 0.25 \times D$ و $x = 0.50 \times D$ گرفته شود.

1 - Suction bell



شکل ۸ : اثرات نزدیک بودن بیش از حد دیواره به ورودی مکش

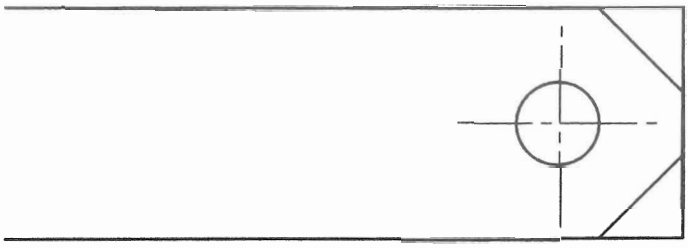
بهترین حالت اینست که عرض کانال ورودی به چاهک هم عرض با خود چاهک گرفته شود. اما این امر همیشه امکان‌پذیر نیست، بخصوص در کاربردهای صنعتی که مایع از طریق لوله وارد چاهک مکش می‌شود. در این گونه موارد بهتر است از یک تبدیل مخروطی شکل استفاده نمود (خطهای نقطه چین در شکل ۷). بنابه توصیهٔ انستیتوهیدرولیک، زاویه x باید بین ° ٤٥ و ° ٧٥ باشد. برای بهبود نتیجه بهتر است از یک مستقیم کنندهٔ جریان[1] (به شکل یک صفحهٔ مشبک[2]) در انتهای قسمت مخروطی استفاده کرد و فاصله Y را حداقل مقدار در نظر گرفت.

هر چند در بسیاری از موارد، ترکیب داده شده در شکل ٦ نتایج رضایت‌بخشی به همراه دارد، اما برخی طراحان ترجیح می‌دهند که گوشه‌های تیز چاهک را در مجاورت دهانهٔ مکش حذف کنند (شکل ۹). برخی دیگر توصیه می‌کنند که دیواره‌های چاهک به شکل دو نیم دایره ساخته

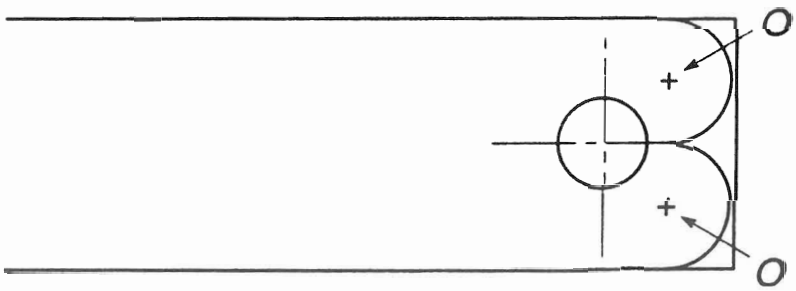
1 - Flow straightener

2 - Bar screen

شوند (شکل ۱۰). با انجام این بهینه سازی‌ها انتظار می‌رود که گردابی در نزدیکی گوشه‌های چاهک تشکیل نشود.



شکل ۹ : روش حذف کردن گوشه‌های نزدیک به لولهٔ مکش

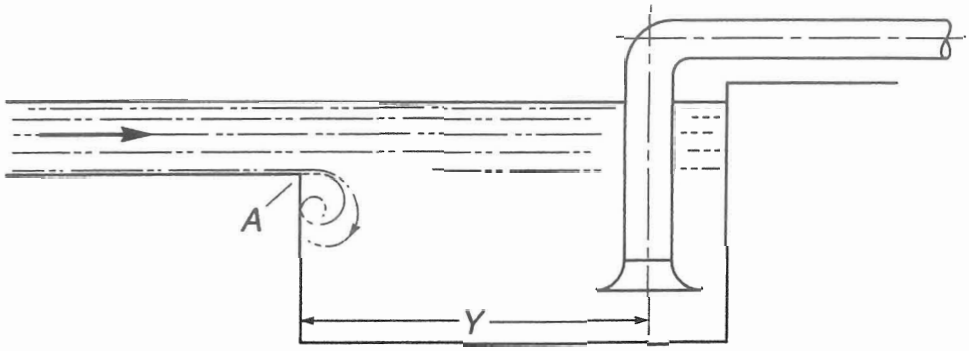


شکل ۱۰: روش گرد کردن گوشه‌های نزدیک به لوله مکش

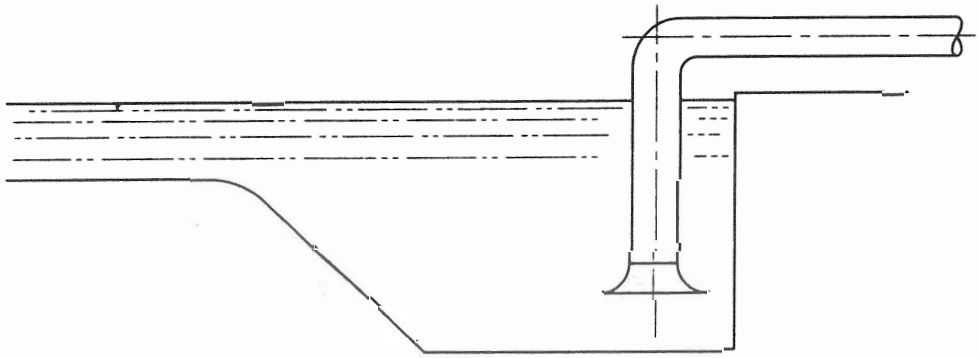
طرحهای اخیر ممکن است به نظر رضایت بخش بیایند، اما در عمل مشکلاتی به همراه دارند. مثلاً به جای گردابه‌هائی که انتظار می‌رود در گوشه‌های قائمه تشکیل شوند، گردابه‌هائی در مرکز (O) نیم دایره‌های نزدیک لوله مکش شکل می‌گیرد (شکل ۱۰).

علاوه بر شکل ترکیبی مقطع افقی چاهک، چگونگی طرح مقطع عمودی آب نیز، در تشکیل گرداب مؤثر می‌باشد مثلاً در شکل ۱۱ لبه تیز A ممکن است موجب ایجاد گرداب گردد، این اشکال در مواقعی اهمیت پیدا می‌کند که فاصلهٔ Y نسبتاً کوچک باشد (شکل ۱۱). برای رفع این مشکل، بایستی دیوارهٔ متصل به دهانه به صورت یک سطح شیب‌دار ساخته شود (شکل ۱۲).

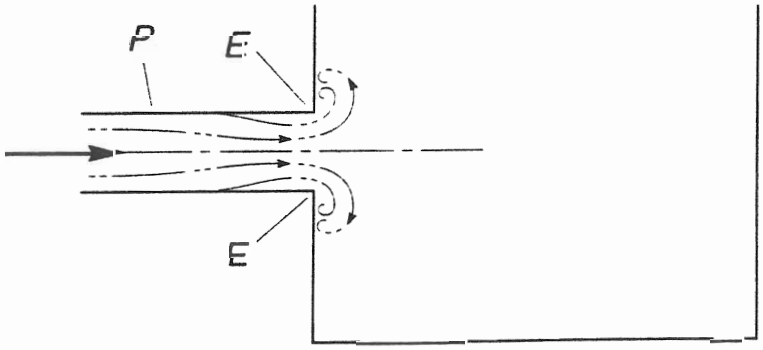
زمانی که سیال از طریق لوله وارد چاهک می‌شود (شکل ۱۳) لبه‌های تیز E ممکن است سبب ایجاد گرداب گردد. برای جلوگیری از این خطر، لبه‌ها باید تا حد ممکن گرد شوند.



شکل ۱۱- یک گرداب توسط گوشهٔ تیز A ایجاد می‌شود



شکل ۱۲: نحوهٔ طراحی دیوارهٔ چاهک جهت جلوگیری از ایجاد گرداب نشان داده شده در شکل ۱۱



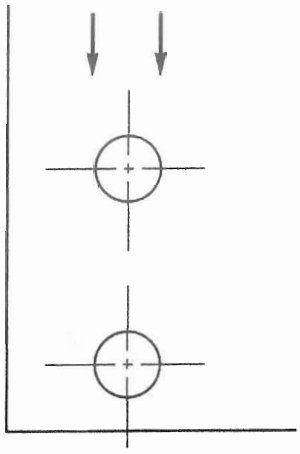
شکل ۱۳ : گردابهائی توسط گوشه‌های تیز لولهٔ ورودی ایجاد می‌شوند.

چنانچه لولهٔ ورودی در ارتفاع بالاتر از سطح مایع چاهک قرار گیرد، می‌تواند منجر به عواقب زیانبار شدیدی شود (شکل ١٤). در این حالت سیال ورودی، هوا را با خود وارد چاهک کرده و به سمت لوله مکش انتشار می‌دهد. در مواردی که بیش از یک لوله مکش در چاهک نصب می‌گردد، پیش‌بینی‌های خاصی باید منظور گردد. از جمله اینکه هیچ کدام از ورودی پمپ‌ها نباید در مسیر جریان به ورودی پمپ دیگر قرار گیرد (شکل‌های ۱۵ و ١٦). زیرا زمانی که سیال از کنار لولهٔ مکش عبور می‌کند گردابه‌هائی در آن ایجاد می‌شود. لذا گرداب‌های تشکیل شده در اطراف لوله اول به درون لوله دومی کشیده شده و سبب بروز اختلالاتی می‌گردد.

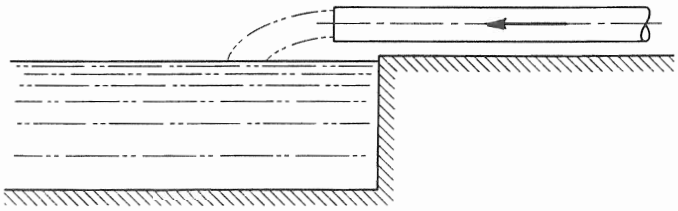
ترتیب قرارگیری مطلوب چندین پمپ در یک چاهک مشترک در شکل ۱۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود ورودی پمپ‌ها بر روی یک ردیف عمود بر جهت مسیر جریان سیال قرار گرفته‌اند و هیچ کدام از لوله‌ها در مسیر لوله‌های دیگر نمی‌باشد. البته این ترتیب مکانی، در صورتی نتایج رضایتبخش در بر خواهد داشت که فاصلهٔ S در بین لوله‌های مکش رعایت شده و سایر اندازه‌ها از دستورالعمل‌هایی که قبلاً ذکر شده تبعیت کنند.

در موارد خاصی ممکن است حتی با رعایت ترتیب شکل ۱۸ نیز مشکلاتی پدید آید. در اینگونه موارد نصب تیغه‌هایی در فاصلهٔ بین دو پمپ مجاور، می‌تواند کمک کننده باشد. در این حالت، باید فاصله معینی بین تیغه‌ها و دیواره پشتی چاهک رعایت شود تا در عرض چاهک اختلال و ناهمگونی خاصی در جریان سیال ایجاد نگردد. در این روش تیغه‌ها در مرکز گردابه‌های ایجاد شده واقع می‌شوند (شکل ۱۹). در نتیجه لوله‌های مکش در حداکثر فاصله نسبت به مرکز گردابه‌ها قرار می‌گیرند.

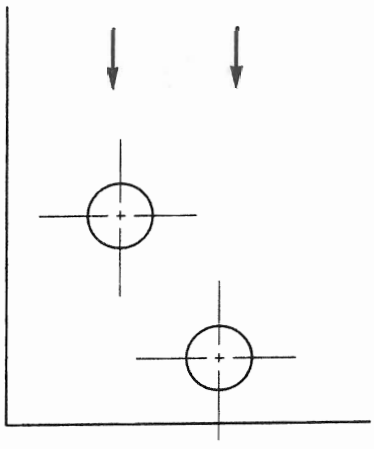
اگر تیغه‌ها تا دیوارهٔ پشتی چاهک ادامه یابند در سرعت سیال اختلالاتی ایجاد شده و باعث می‌شود که در فاصله بین دو تیغهٔ مجاور گردابه‌هایی تشکیل شود. معمولاً مرکز این گرداب‌ها منطبق بر لوله‌های مکش و یا در نزدیکی آنها قرار می‌گیرد (شکل ۲۰).



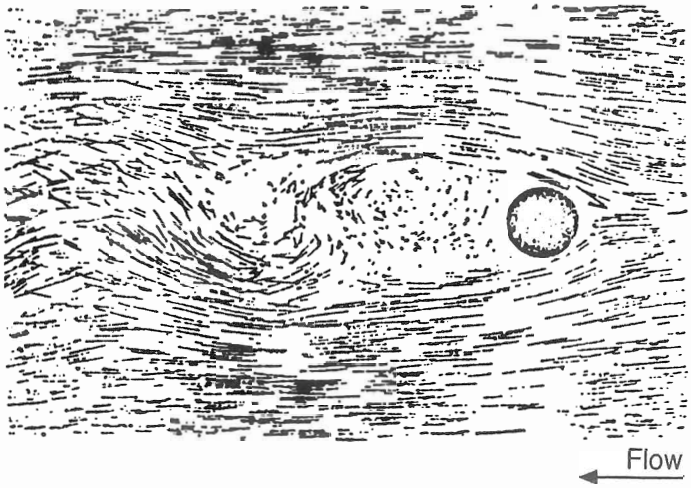
شکل ۱۵ : ترتیب نادرست موقعیت دو ورودی مکش نسبت به هم



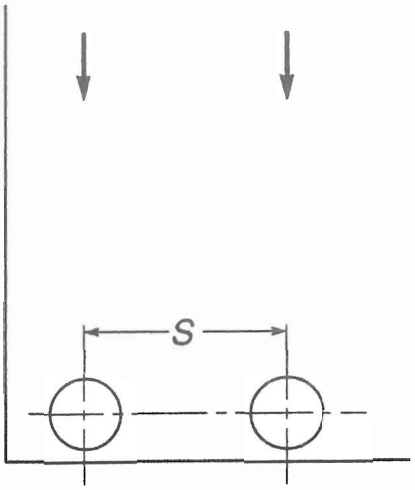
شکل ۱٤ : سیالی که از ارتفاع بالاتر از سطح مایع چاهک به درون آن می‌ریزد ممکن است هوا را به درون چاهک بکشد.



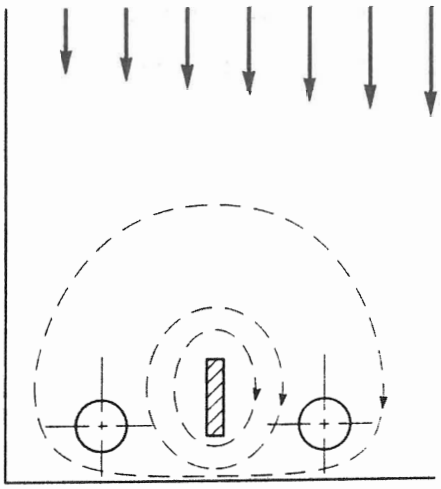
شکل ۱٦ : بدترین وضع قرارگیری دو ورودی مکش نسبت به هم



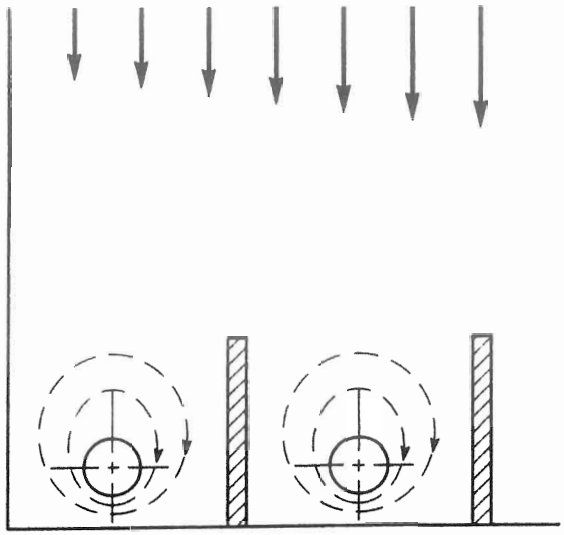
شکل ۱۷ : چگونگی ایجاد گرداب
در پشت یک جسم استوانه‌ای شکل.



شکل ۱۸ : طرح پیشنهادی برای وضع
قرارگیری دو ورودی مکش در یک
چاهک مشترک



شکل ۱۹: اثرات فاصله رعایت شده
در بین تیغه و دیوارهٔ پشتی



شکل ۲۰: اگر تیغه‌ها تا دیوارهٔ پشتی ادامه یابند. مرکز گرداب‌ها بر روی لوله‌های مکش قرار می‌گیرد

راهکارهائی جهت بهبود عملکرد چاهک

اغلب امکان ساخت چاهکی که واجد شرایط لازم باشد، مقدور نیست، گاهی اوقات محدودیتهایی در فضای موجود یا هزینه‌ها وجود دارد. یا ممکن است چاهک از قبل موجود باشد و پمپ، بعداً بر روی آن سوار شود. گاهی نیز با مواردی مواجه می‌شویم که حتی در چاهک‌های با طراحی صحیح نیز مشکلاتی در اثر عوامل ناشناخته پیش می‌آید. در چنین مواقعی ممکن است بتوان با تدابیر خاصی، این مشکلات را رفع کرد.

زمانی که قیف هوا در مجاورت لوله‌مکش ایجاد می‌شود، می‌توان سطح سیال را با یک جسم شناور بی‌اثر پوشاند. بعنوان مثال، در صورتی که مایع درون چاهک آب باشد میتوان با تکه‌های چوب، سطح آن را پوشاند. این مواد شناور موجب در هم شکستگی قیف‌های هوا از سطح مایع شده و از تشکیل آنها جلوگیری می‌کند.

چنین روشی در صورتی که مرکز گرداب بر روی لوله مکش قرار بگیرد بی‌فایده است و باید از برخی هدایت کننده‌های جریان، مانند مستقیم کننده‌های جریان[1] به شکل تیغه‌ای یا صفحه‌ای در داخل چاهک استفاده نمود. در نتیجه سیال به طور پایدار از بین تیغه‌های آویزان از سقف و

1 - Flow straightener

تیغه‌های متصل به کف چاهک، جریان می‌یابد (شکل ۲۱) هنگام اعمال این روش، نکات زیر را باید در نظر گرفت:

۱- فاصلهٔ بین تیغه‌های آویزان و کف چاهک باید به اندازهٔ کافی زیاد باشد تا مایع بتواند با یک سرعت نسبتاً کم از زیر تیغه‌ها عبور کند.

۲- تیغه‌های متصل به کف بایستی به اندازه‌ای از سطح مایع پائین‌تر واقع شوند که مایع بتواند با سرعت نسبتاً کم از بالای آنها عبور کند.

۳- ارتفاع تیغه‌های متصل به کف نباید به حدی زیاد باشد که سبب ریزش مایع شود زیرا در این حالت هوا به درون مایع نفوذ کرده و به داخل پمپ راه می‌یابد.

هر گاه مایع از ارتفاع بالاتر از سطح مایع چاهک به درون آن بریزد (شکل ١٤) با اعمال تغییراتی در نحوهٔ قرارگیری تیغه‌ها، می‌توان از ورود هوا به داخل پمپ جلوگیری کرد. یک نمونه از این تغییرات در شکل ۲۲ نشان داده شده است.

در این حالت، تیغه اول (متصل به کف) با سرعت بخشیدن به حبابهای ورودی، زمینهٔ فرار از داخل مایع را برای آنها ایجاد می‌کند، حبابهای باقیمانده توسط یک تیغهٔ آویزان تغییر جهت پیدا کرده و به سمت دومین تیغه متصل به کف هدایت شده و دوباره امکان فرار پیدا می‌کنند. این روند تا آخرین تیغه ادامه می‌یابد.

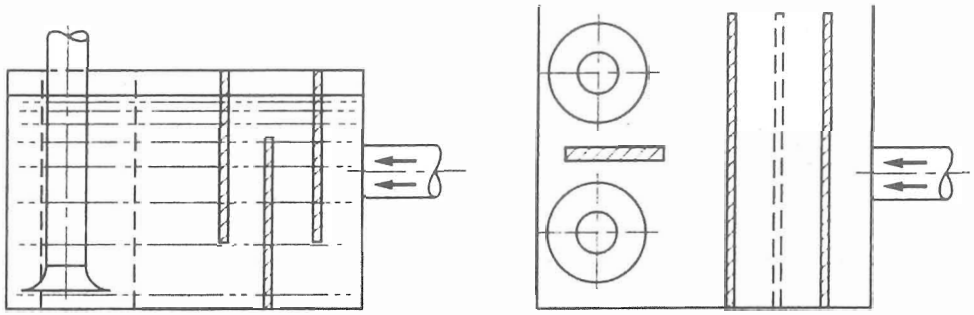
از سایر تدابیری که برای رفع معضلات چاهک‌های با طراحی نادرست، می‌توانند مؤثر باشند، عبارتند از :

الف : استفاده از یک شیپورهٔ مکش عریض در دهانه لوله مکش (شکل ۸).

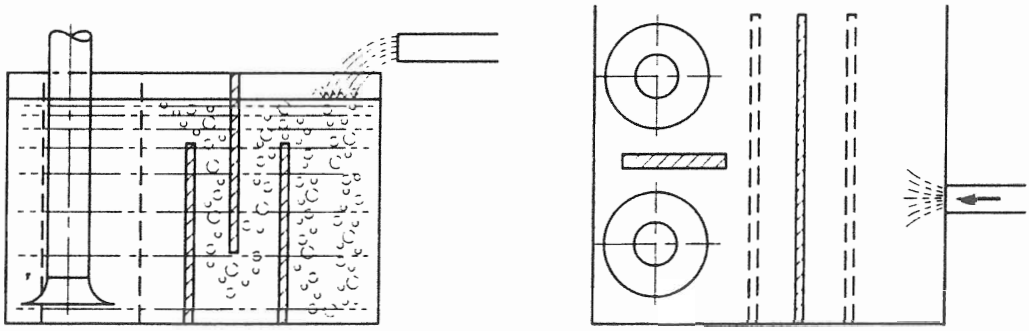
ب : ایجاد یک سطح برجستهٔ مخروطی درست در زیر ورودی مکش (شکل ۲۳).

ج : تعبیه یک تیغه در پشت مکش (شکل ٢٤).

گاهی اوقات، موارد ذکر شده بسیار مؤثر بوده و گاهی کاملاً بی‌فایده بوده‌اند. تنها به روش آزمون و خطا می‌توان به میزان مؤثر بودن این روش‌ها پی بود.



شکل ۲۱: در هم شکستگی گرداب‌ها توسط تیغه‌ها



شکل ۲۲ : جداسازی هوای ورودی به چاهک توسط تیغه‌ها

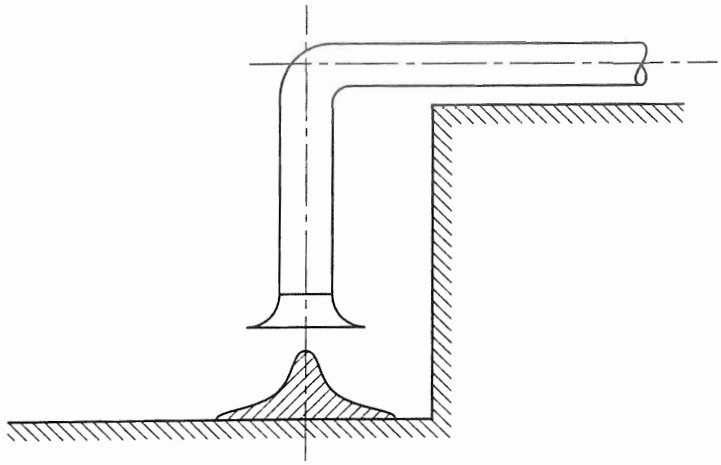
محاسبه و پیش‌بینی عملکرد چاهک از روی مدلهای آزمایشی

علیرغم وجود دانسته‌های قبلی در خصوص چاهک‌های مکش و نقش آنها در عملکرد پمپ، هنوز ناشناخته‌های زیادی در مورد نقش طراحی چاهک باقی مانده است. این امر، به ویژه در مواردی صادق است که موقعیت نصب چاهک و سایر فاکتورها، نیازمند طراحی جدید بوده و مورد آزمایش قرار نگرفته باشد.

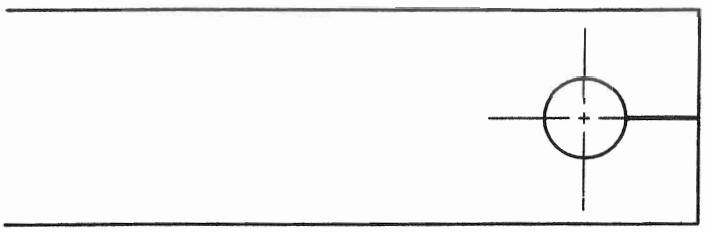
به هنگام طراحی پروژه‌های بزرگ و پرهزینه، لازم است که یک مدل[1] در مقیاس کوچکتر ساخته شود و قبل از نهایی شدن طرح، تغییرات و تعدیلات لازم بر روی آنها انجام گیرد.

1 - Model

برای کسب نتایج قابل اطمینان از تست‌هایی که روی مدل‌ها انجام می‌گیرد. بایستی آزمایشات بر اساس قوانین خاص مدل‌ها صورت بگیرد، مهمترین شرط اینست که عدد فروید[1] برای مدل و نمونه اولیه[2] دقیقاً عین هم باشند. عدد فروید به صورت زیر تعریف می‌شود :



شکل ۲۳ : تعبیهٔ سطح مخروطی برجسته در زیر شیپوره مکش



شکل ۲٤ : یک تیغه در پشت و روی پمپ نصب شده است.

1 - Froude's number

2 - Prototype

معادله (٦)

$$F = \frac{V}{(gh)^{0.5}}$$

V = سرعت سیال در چاهک

h = عمق مایع در نقطهٔ مشخص

اگر ابعاد مدل آزمایشی، T برابر کوچکتر از نمونه اولیه ساخته شود، رابطهٔ زیر بین سرعت مدل V_m و سرعت نمونه اولیه برقرار خواهد بود :

معادله (۷)

$$V_m = \frac{V_p}{T^{0.5}}$$

V_p = سرعت سیال در نمونهٔ اولیه

مطالعات اخیر نشان داده است که عملکرد واقعی یک چاهک به عدد رینولدز[1] نیز وابسته است. عدد رینولدز عبارتست از :

مطالعه (۸)

$$R_e = \frac{Vh}{\upsilon}$$

v = ویسکوزیتهٔ سینماتیک[2] سیال مورد پمپاژ

ساختن مدلی که رابطه‌های ۷ و۸ در آن به طور هم زمان صادق باشد غیر ممکن است. مگر آنکه ابعاد مدل دقیقاً برابر با ابعاد نمونه اولیه باشد. همچنین ثابت شده است که عدد فروید تأثیر بیشتری از عدد رینولدز بر عملکرد چاهک دارد. بنابراین در عمل، فقط عدد فروید در مدل و نمونه اولیه برابر هم می‌باشند.

در موارد حساس، حتی اگر ابعاد مدل و نمونه اصلی، کاملاً برابر نباشند، انجام آزمایش روی مدل با عدد فروید و عدد رینولدز برابر با نمونه اولیه امکان پذیر است. بدین صورت که ویسکوزیتهٔ مایع استفاده شده برای مدل متفاوت بارویسکوزیته نمونه اصلی گرفته شود.

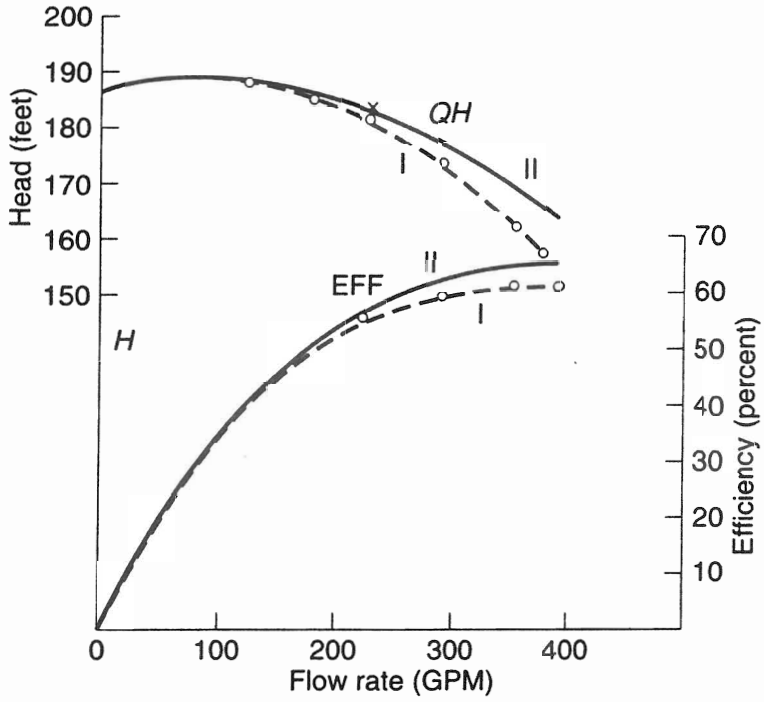
تأثیر نحوهٔ آرایش خط مکش

اگر مسیر مکش، دارای خم‌ها و انحناهای زیادی باشد. هر کدام از این خم‌ها سبب چرخش مایع شده و ممکن است ایجاد گرداب نمایند. شکل ۲۵ نتایج آزمایشات انجام گرفته بر روی یک پمپ را نشان می‌دهد و منحنی‌های I بیانگر پمپی با قطر مکش ″ ۳ و سرعت ۱۷۷۰ PPM

1 - Reynolds number

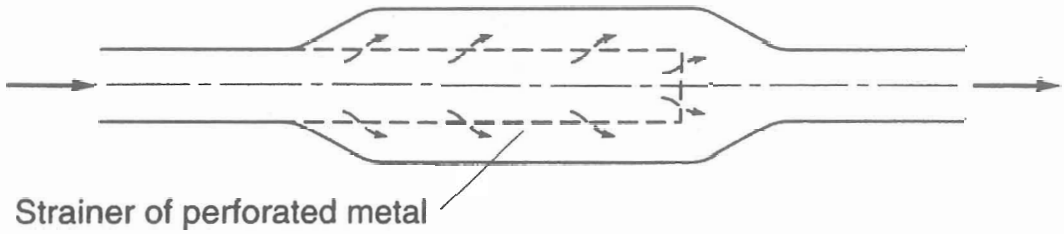
2 - Kinematic Viscosity

می‌باشد. در طی انجام آزمایش، در مسیر مکش چهار خم (زانویی) وجود داشت که هر کدام از آنها مایع را طوری به چرخش در می‌آوردند که مسیر حرکت، مانند یک پیچ راستگرد[1] بود. بعد از اتمام آزمایش، خط مکش به ترتیبی بازسازی شد که دو عدد از خم‌ها، سیال را در همان جهت بچرخش در می‌آورند و دو خم دیگر در جهت عکس آن، حاصل این کار در منحنی شماره II نشان داده شده است. برای جلوگیری از وقوع چنین اختلالاتی بهتر است هر گونه خمیدگی از مسیر مکش حذف گردد و اگر انجام این کار غیر ممکن باشد، بین آخرین خم و پمپ از یک مستقیم کننده جریان استفاده شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۵: اثرات چگونگی آرایش لوله‌مکش در نحوهٔ عملکرد پمپ

1 - Right-handed screw



شکل ۲۶: نمونه‌ای از مستقیم کننده‌های جریان

انواع زیادی از مستقیم کننده‌های جریان مایع وجود دارد. انتخاب یک مستقیم کننده برای کاربرد خاص معمولاً به فضای موجود، NPSH موجود و سهولت خرید آن بستگی دارد. یک مستقیم کنندهٔ کوچک معمولاً مقاومت زیادی در برابر جریان سیال ایجاد می‌کند و نیازمند $NPSH_a$ [1] بیشتری است. از طرفی مستقیم کنندهٔ بزرگ به علت محدودیت فضا ممکن است قابل استفاده نباشد.

هر چند مستقیم کننده با طراحی مطلوب، بسیاری از مشکلات ناشی از طراحی نادرست خط مکش را جبران می‌کند، اما گاهی می‌تواند منشأ معضلات جدیدی گردد. به ویژه اگر میزان ذرات جامد معلق در مایع زیاد باشد، مستقیم کننده جریان ممکن است به راحتی در اثر رسوب مواد جامد مسدود شده و سبب کاهش یا قطع جریان سیال گردد.

مرجع :

Yedidiah.S: Centrifugal Pump User's Guide Book Problems and Solutions. CHAPMAN & HALL, 1996.

1 - Available Net Positive Suction Head

بررسی مشخصه‌های عملکرد در یک پمپ پروانه‌ای با زاویهٔ رانش کمِ پره

قسمت دوم

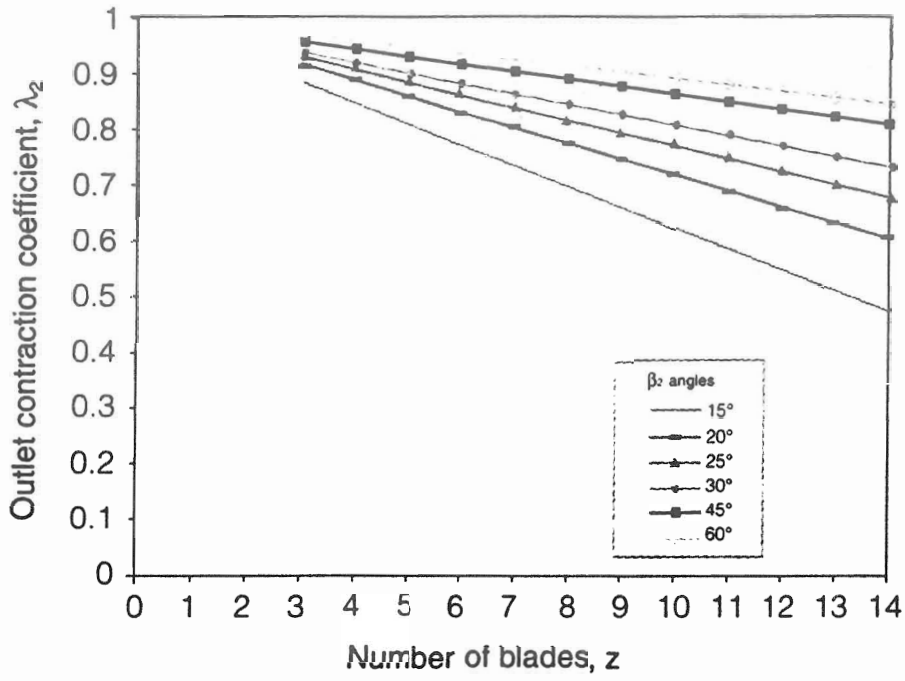
مهندس کاوه اسماعیلی ترکانپوری
دانشجوی کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

یافته‌های تجربی آزمایش

با افزایش زاویه رانش پره به علت افزایش در مقادیر سرعتهای مطلق در خروجی تبعاً افتها افزایش می‌یابد و عملکرد هیدرولیکی پمپ کاهش می‌یابد. افزایش افتهای ناشی از افزایش زاویهٔ رانش پره را می‌توان بوسیلهٔ جایگذای پره‌های جدا کننده بین پره‌های اصلی کاهش داد. ضریب انقباض[1] خروجی (λ_2) با تغییر در تعداد پره‌ها (z) و زاویه رانش پره (β_2) تغییر می‌کند (البته این ضریب به ضخامت پره‌ها و همچنین قطر خارجی پروانه بستگی دارد که در آزمایش فوق ثابتند). تعداد پره‌ها به علت استفاده از پره‌های جدا کننده در قسمت قطر خارجی[2] پروانه دو برابر می‌شود. تغییر در مقدار (λ_2) نسبت به Z و β_2 در شکل ٤ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود مقادیر λ_2 با افزایش تعداد پره و کاهش مقادیر زاویهٔ رانش پره، کاهش می‌یابد.

1 - Contraction coefficient

2 -Outer diameter zone



شکل ٤ـ تغییرات ضریب انقباض خروجی

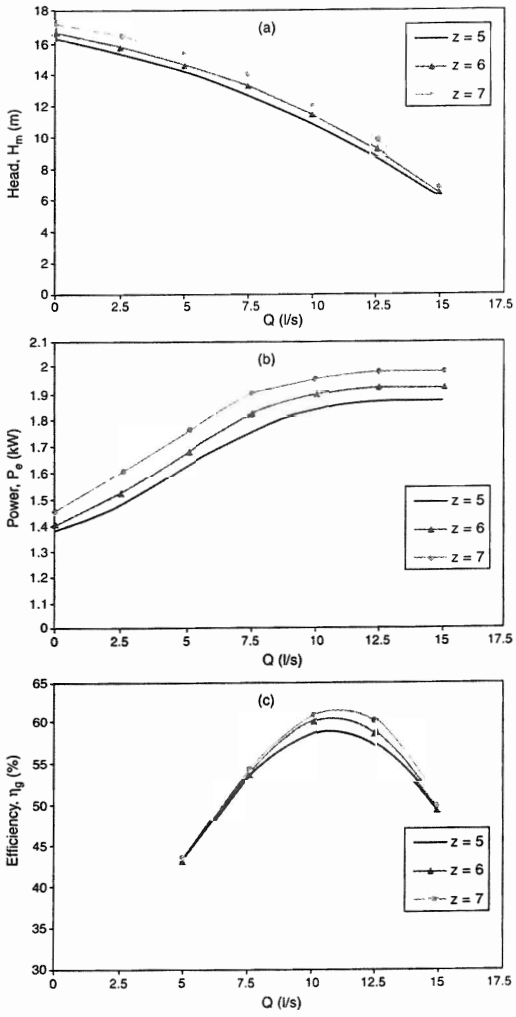
منحنی‌های مشخصه پروانه‌های بدون پره‌های جدا کننده

تأثیر تعداد پره‌های پروانه بر روی عملکرد پمپ چاه عمیق در ٣ حالت مختلف پروانه با تعداد پره ٥، ٦ و ٧ با استفاده از محفظه پمپ[1] یکسان مورد بررسی قرار گرفت. شکل ٦ مقایسهٔ بین $H_m=F(Q)$ ، $P_e=F(Q)$ و $\eta_g=F(Q)$ را برای پمپ فوق نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (٥-a) ملاحظه می‌شود، افزایش تعداد پره باعث افزایش هد تولیدی پمپ می‌شود. هد برای پروانه‌های با تعداد پره ٣ و ٤ با افزایش دبی، سریعتر افت پیدا می‌کند. در حالی که هنگامی که z برابر ٥ است هد با سرعت معمولی نسبت به افزایش دبی، کاهش می یابد و این اتفاق به صورت ناگهانی نخواهد افتاد. پمپها با تعداد پره ٦ و ٧ روند مشابهی با تعداد پرهٔ ٥ نشان می‌دهند. شکل (٥-b) تغییرات توان را به صورت تابعی از تعداد پره نشان می‌دهد. توان متناسب با افزایش تعداد پره افزایش می‌یابد. تغییرات توان در حوالی نقطه طراحی (Q=10 lit/s) بسیار صافتر و کم‌تر[2]

1 - Casing

2 - Flatter

است. بیشینه توان هنگام استفاده از پروانه با تعداد پره۷ بدست می‌آید.همانطور که در شکل (c-۵) نشان داده شده است، افزایش در تعداد پره‌ها در حالت کلی باعث افزایش راندمان شده است. در نقطه بهترین راندمان (BEP) وقتی Z=۵ است مقدار راندمان برابر ۵۸/۳۶٪ می‌باشد و تغییر آن در حالتهای ٦ و Z=۷ بسیار کوچک می‌باشد. با این همه راندمان پمپ با تعداد پرهٔ ۵ به طور جزئی کمتر از پمپهای با تعداد پره‌های ٦ و ۷ است. همین طور توان مصرفی پروانه با تعداد ۵ پره تقریباً ٦/۱۵٪ کمتر از پروانه با تعداد ۷ پره است.



شکل ۵ـ مشخصه‌های پروانه با تعداد پرهٔ متفاوت، بدون جدا کننده

منحنی‌های مشخصه پروانه‌ها با پره‌های جدا کننده

با روشی یکسان، منحنیهای مشخصه پمپ (هد، توان و راندمان) به عنوان تابعی از دبی (Q) برای پروانه‌های پمپ چاه عمیق (۵، ٦ و ۷= Z) با پره‌های جدا کننده با طولی برابر ۲۵٪، ۳۵٪، ٦۰٪ و ۸۰٪ طول پره‌های اصلی و ضخامتی معادل ٤ میلیمتر بدست آمد.

نتایج بدست آمده به ترتیب در شکلهای ٦، ۷ و ۸ نشان داده شده‌اند.

افزودن پره‌های جدا کننده به پمپ چاه عمیق، همانطور که در شکل ٦ نیز دیده می‌شود، باعث کاهش هد شد و با افزایش طول پره‌های جدا کننده هد بیشتر کاهش یافت.

همانطور که از شکل ۷ نیز مشخص است توان مصرفی پمپ به علت کاهش در هد و دبی ناشی از افزودن پره‌های جدا کننده کاهش پیدا کرده است.

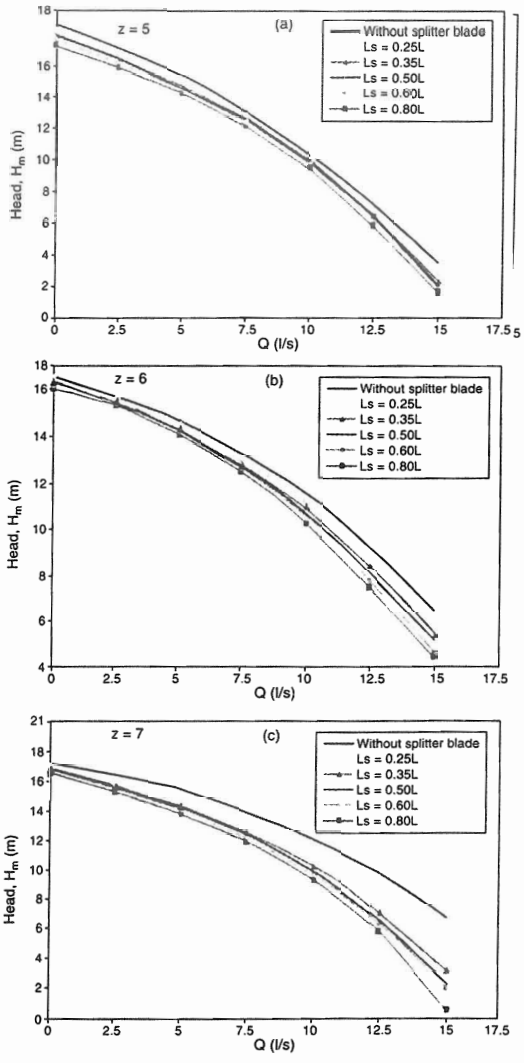
با این همه برای تعداد پره ٦، ۷= Z (شکل ۸-b و ۸-c) راندمان کل پمپ نیز کاهش یافته است. در مقام مقایسه روندهای متفاوتی برای پروانه ۵ پره‌ای با پره‌های جدا کننده در منحنی راندمان دیده می‌شود (شکل ۸-a).

هنگامی که نقطهٔ کاری (OP) قبل از نقطهٔ طراحی (Q=10 Lit/s) قرار دارد، با افزایش طول پره‌های جدا کننده راندمان بهبود می‌یابد ولی هنگامی که نقطه کاری بعد از نقطهٔ طراحی قرار می‌گیرد، راندمان با افزایش طول پره‌های جدا کننده کاهش می‌یابد.

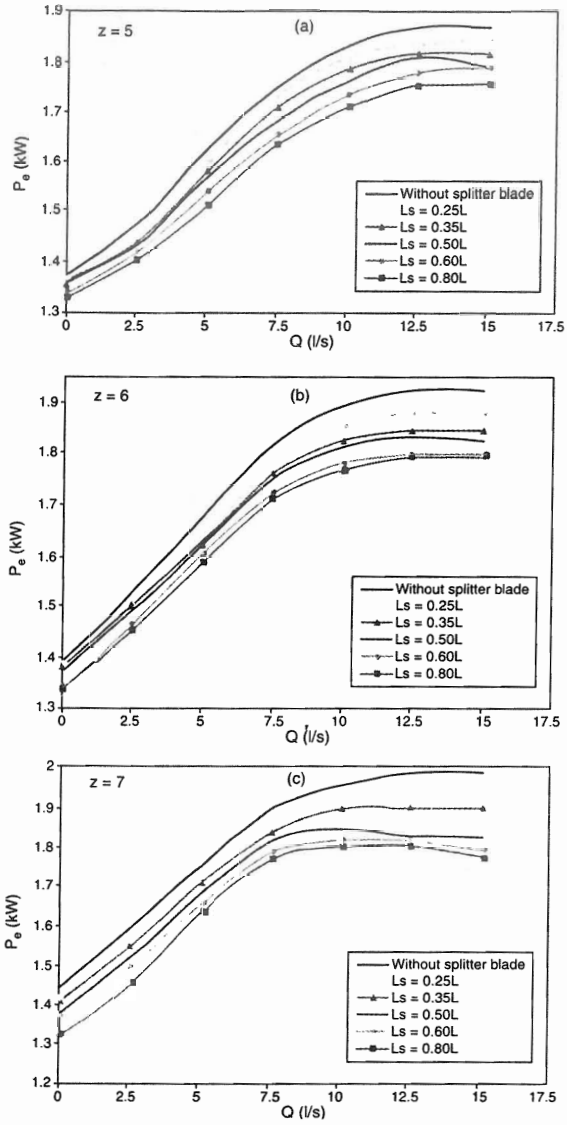
مقادیر مشخصه پمپ چاه عمیق در نقطهٔ BEP برای حالات مختلف پروانه‌ها در آزمایش فوق به طور خلاصه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳

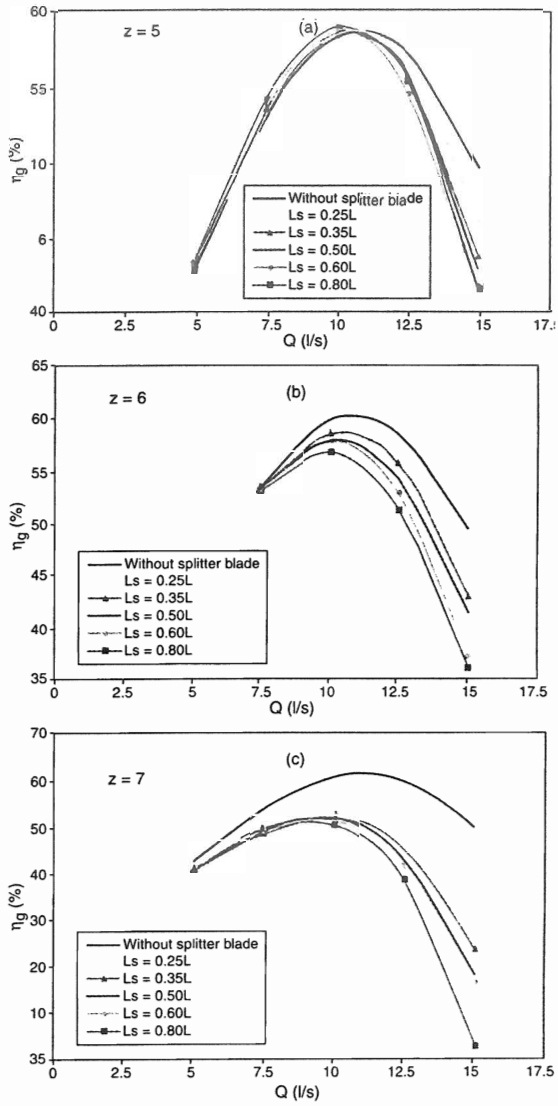
BEP	z = 5				z = 6				z = 7			
	Q (l/s)	H_m (m)	P_e (kW)	η_g (%)	Q (l/s)	H_m (m)	P_e (kW)	η_g (%)	Q (l/s)	H_m (m)	P_e (kW)	η_g(%)
Without splitter blade	10	10.84	1.8329	58.364	10	11.50	1.8955	59.856	10	12.00	1.9547	60.544
K = 0.25	10	10.70	1.8081	58.427	10	11.10	1.8530	59.077	10	10.75	1.9286	55.006
K = 0.35	10	10.60	1.7872	58.612	10	10.83	1.8276	58.440	10	10.14	1.8994	52.675
K = 0.50	10	10.50	1.7628	58.817	10	10.65	1.8156	57.895	10	9.78	1.8449	52.280
K = 0.60	10	10.38	1.7343	59.019	10	10.46	1.7818	57.848	10	9.55	1.8161	51.860
K = 0.80	10	10.23	1.7089	59.036	10	10.17	1.7688	56.704	10	9.32	1.8001	51.059



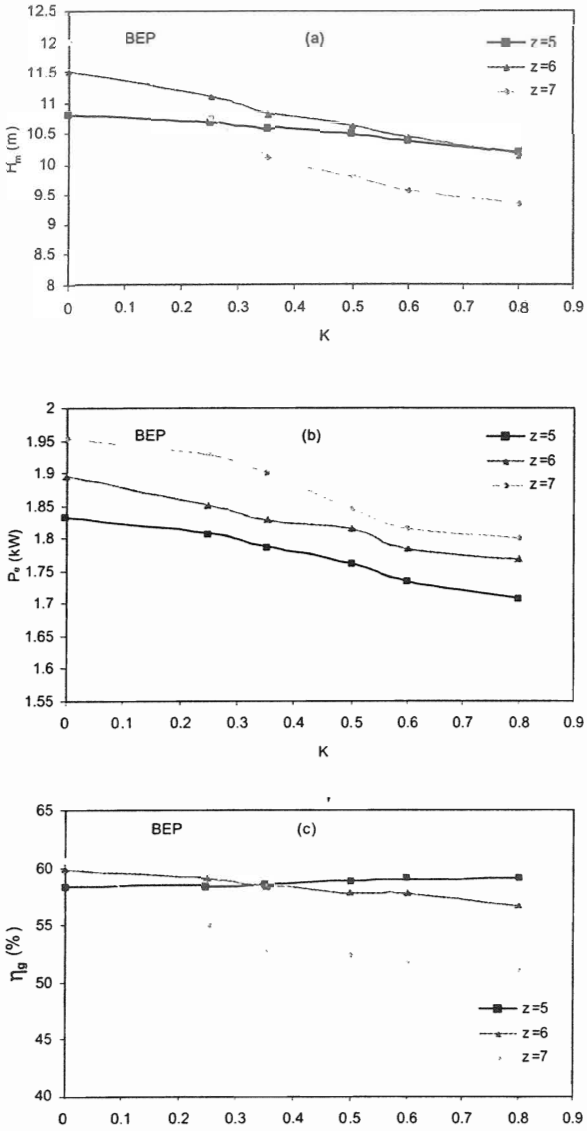
شکل ٦ـ مشخصه‌های پروانه‌ها با تعداد پرهٔ متفاوت، با جدا کننده‌های متفاوت $H_m=f(Q)$



شکل ۷ـ مشخصه‌های پروانه‌ها با تعداد پرهٔ متفاوت، با جدا کننده‌های متفاوت $P_e=f(Q)$



شکل ۸ـ مشخصه‌های پروانه‌ها با تعداد پرهٔ متفاوت، با جدا کننده‌های متفاوت η=f(Q)



شکل ۹ـ مشخصه‌های پروانه‌ها با تعداد پرهٔ متفاوت بعنوان تابعی از K

تأثیر طول پره‌های جدا کننده در نقطهٔ BEP (Q=10 Lit/s) برای ۵، ٦ و ۷ = Z در شکل ۹ نشان داده شده است. برای مقایسهٔ بهتر بین نمودارها از کمیت بدون بعد K استفاده شده است.

K، کمیت بدون بعد طول پره جدا کننده[1] نام دارد که برابر نسبت طول پره جدا کننده به طول پره اصلی است.

برای پروانه‌ها با تعداد پره ۵= Z، کاهش در هد (H_m) کمتر از پروانه‌ها با تعداد پرهٔ ٦= Z می‌باشد و همانطور که مشاهده می‌گردد، در K=0.8 این دو نمودار به هم می‌رسند.

شکل (9-b) نشان دهندهٔ تغییرات توان به عنوان تابعی از کمیت بدون بعد K می‌باشد. مقدار توان مصرفی برای همهٔ مقادیر Z با افزایش طول پرهٔ جدا کننده کاهش می‌یابد. راندمان پروانه‌ها با تعداد پره‌های ٦ و ۷= Z با افزایش مقدار K کاهش می‌یابد. با این حال، قرار دادن پره‌های جدا کننده در پروانه‌ای با تعداد پرهٔ ۵، راندمان را بسیار کم، افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

برای یک پمپ کم بودن هزینهٔ ساخت و راندمان بالا با مصرف کم انرژی مطلوب است.

به همین علت، دبی، هد، توان مصرفی، هزینه‌ها و راندمان برای انتخاب یک پمپ پارامترهای ضروری هستند.

در تحقیق انجام شده، β_2 کم بود (°۱۵) و پره‌های جدا کننده از قسمت خروجی پروانه به مرکز آن ادامه داشتند. هنگامی که پره‌های جدا کننده در آبراهه قرار داده شدند، آبراهه‌های خروجی پروانه به علت تعداد پره بیشتر و زاویه کم رانش، کم عرض‌تر شدند. آن طور که از آزمایشات مشخص است، هنگامی که پروانه مورد بحث دارای تعداد پرهٔ زیادی (۷ و٦= Z) است و زاویهٔ رانش آن نیز کم می‌باشد، استفاده از پره‌های جدا کننده تأثیر مثبتی روی کمیت‌های H_m ،P_e و η_a نداشته است. با این حال، هنگامی که تعداد پره‌ها برابر ۵ می‌باشد، استفاده از پره‌های جداکننده برای بهبود کارآیی پمپ می‌تواند مفید واقع شود.

بنابراین دلیل نتایج بهتری هنگام استفاده از پره‌های جدا کننده در پروانه‌هایی با زاویهٔ رانش بیشتر پیش‌بینی می‌شود. مخصوصاً اگر تعداد پره‌های پروانه نیز زیاد باشد.

1 - Splitter blade length

هنگامی که تعداد پره‌ها برابر ۵ بود، در نقاطی قبل از نقطهٔ BEP با افزایش طول پره‌های جدا کننده راندمان افزایش می‌یافت ولی هنگامی که نقطه کاری (OP) در محلی با دبی بیشتر از Lit/s ۱۰ (دبی نقطه BEP) قرار گیرد، با افزایش طول پره‌های جدا کننده راندمان کاهش می‌یابد. پمپ چاه عمیق بدون پره‌های جدا کننده و تعداد پره Z=۵ هنگامی کار در نقطه BEP، راندمانی برابر ٥٨/٣٦٤٪ داشت و توانی معادل ۱/۸۳۲۹ kW را مصرف می‌کرد. هنگامی که پرهٔ جدا کننده‌ای با طولی برابر ۰/۸ طول پره اصلی به این پروانه (Z=۵) افزوده شد، توان مصرفی پمپ در نقطهٔ BEP به ۱/۷۰۸۹ kW کاهش یافت و چیزی حدود ٦/٦٧٥٪ صرفه‌جویی انرژی را در پی داشت. علاوه بر این ۱/۱۳۸٪ افزایش راندمان کل نیز بدست آمد.

مرجع :

WORLD PUMPS MAGAZINE, Number 468, September 2005

ارتعاش در پمپهای گریز از مرکز

مهندس محمدرضا آذرنیائی
کارشناس قسمت طراحی هیدرولیکی
شرکت صنایع پمپیران

در پمپها توجه به مساله ارتعاش، امری ضروریست چرا که می‌تواند اثرات مهم و بسزایی روی عملکرد پمپ داشته باشد. در پمپ حداقل شش قطعه وجود دارد که بصورت بسیار جدی تحت تاثیر ارتعاش قرار می‌گیرد.

– عمر مکانیکال سیل تحت تاثیر مستقیم دوران محور قرار دارد. ارتعاش می‌تواند سطح کربنی مکانیکال سیل را ساییده و سطح آببندی را باز نماید. سایش قطعات دوار و از بین رفتن آنها سبب فرسودگی اجزای فلزی آب بند شده و در نتیجه، آب‌بندی از بین می‌رود. در برخی موارد ارتعاش و حرکت محور می تواند سبب برخورد قطعات آب‌بند با لبه داخلی سرپوش محفظه و یا هر قطعه ثابت دیگر شده و در نتیجه لبه‌ها و سطوح آب‌بند از یکدیگر جدا شده و امکان نفوذ ذرات جامد به داخل قطعات آب‌بند را مهیا می‌سازند. ارتعاش می‌تواند سبب شل شدن پیچهای محفظهٔ آببندی شود. این کار نیز سبب لغزش آب بند روی محور پمپ و لذا خرابی آب‌بند می‌گردد.

– طراحی یاتاقانها برای تحمل بارهای شعاعی و محوری است ولی آنها نمی‌توانند بارهای ارتعاشی را تحمل نمایند. ارتعاش سبب رنده رنده شدن اجزای یاتاقان می‌شود.

– پکینگ‌ها به دوران محور حساس بوده و عمر آنها نیز تحت تاثیر دوران محور قرار دارد تنظیم پکینگ‌ها، باید طوری انجام شود که فقط مقدار کمی آب از آنها نشت کند، مگر زمانی که آنها سائیده شوند. نشتی آب از پکینگ بخاطر خنک کاری آن است. ارتعاش سبب خرابی پکینگ نیز می‌گردد.

– اندازه‌های بحرانی و تلرانسهایی مثل لقی بین رینگ سایشی و پروانه می‌توانند از ارتعاش پمپ تاثیرپذیر باشند. لقی داخلی یاتاقانها در دهم یا هزارم اینچ (هزارم میلی متر) اندازه‌گیری می‌شوند.

– اجزای پمپ در اثر ارتعاش خراب شده و از بین می‌روند. رینگهای سایشی، بوشها و پروانه سه نمونه از این اجزاء می‌باشند که بیشتر در معرض آسیب دیدگی قرار دارند.

– آب بندهای یاتاقان به حرکتها و تکانهای شعاعی محور حساسیت دارند. در اثر خرابی محور، این تکانها بیشتر شده و سبب خرابی آب‌بندها خواهد شد. آب بندهای مارپیچی در تلرانسهای بسته کار می‌کنند و لذا آنها زودتر نیز خراب می‌شوند.

– در اثر ارتعاش پیچهای اتصال پمپ و موتور شل خواهند شد.

ارتعاش منابع مختلفی دارد. برخی از آنها عبارتند از :

– عوامل مکانیکی

- بالانس نبودن اجزای دورانی، خراب شدن پروانه‌ها و غیر هم مرکز بودن بوشهای محور
- خمش و یا تاب برداشتن محور
- تراز نبودن پمپ و موتور
- کشش لوله‌های متصل به پمپ. این عامل می‌تواند در اثر افزایش دما ایجاد شده و یا آنکه در نتیجه اشتباهات طراحی باشد.
- سبک بودن شاسی پمپ و موتور
- افزایش دمای اجزای گوناگون پمپ و بویژه محور
- قطعات لاستیکی
- لقی قطعات
- سایش و یا لقی یاتاقانها
- چسبیدن مواد اضافی به اجزای دوار
- قطعات خراب شده

– عوامل هیدرولیکی

- تبخیر سیال (کاویتاسیون)
- کار کردن پمپ در نقطه‌ای خارج از نقطه حداکثر بازده (B.E.P)
- لقی بین قطر خارجی پروانه و زبانه حلزونی خیلی کم باشد.
- بوجود آمدن باز چرخش آب در داخل پمپ
- ورود هوا به داخل سیستم در اثر تشکیل جریان گردابی

- جریان آشفته در سیستم
- ضربت قوچ

- عوامل دیگر ارتعاش

- ارتعاش پمپ تحت تأثیر تجهیزات و عوامل بیرونی
- کار کردن پمپ در سرعت بحرانی. در این حالت باید بوسیله پولیهای انتقال توان و یا محرکه‌های با سرعت متغیر مشکل را بر طرف نمود.
- گیر کردن عضو لغزشی آب‌بند به سطح عضو ثابت آن و در نتیجه خراشیده شدن سطح بیرونی آب‌بند. این اتفاق زمانی روی می‌دهد که پمپ با یک سیال غیر روانکار کار کند و یا آنکه گاز و یا مواد خشک پمپ شوند.
- باز چرخش در رانش پمپ بطرف آب بند

- شما می‌توانید ارتعاش پمپ را بروشهای گوناگون اندازه‌گیری نمائید. برخی از این روشها عبارتند از :

- ثبت فرکانس
- ثبت دامنه
- ثبت سرعت
- ثبت شتاب
- ثبت و بررسی منحنی انرژی و نقطه حداکثر انرژی (نقطه Peak)
- میزان صدای تولید شده
- انحراف عمودی محور

زمانی که در یک سیستم ارتعاشی امکان قرائت فرکانس وجود نداشته و یا آنکه فرکانس خوانده شده معنی‌دار نباشد، ارتعاش را بوسیله قرائت و ثبت شتاب اندازه‌گیری می‌کنند. اکثر دستگاههای ارتعاش سنج، مقدار متوسط فرکانس را قرائت کرده و آنرا بصورت مستقیم نشان می‌دهد. در صورتی که یاتاقانها و ارتعاش آنها اهمیت بالایی داشته باشند می‌توان با بکارگیری فیلترهای الکترونیکی در تجهیزات ثبت فرکانس ارتعاش، فرکانسهای زیر ۵۵Hz و بالای ۲۵۰۰ Hz را حذف کرد. این کار در بررسی دقیقتر فرکانسهای یاتاقانها موثر خواهد بود. متاسفانه در مورد ارتعاشات یاتاقانها اطلاعات کمتری نسبت به ارتعاشات آب‌بندها وجود دارد. معمولاً

مقادیر قرائت شده ارتعاش، متوسط مقادیری است که قطعات در آن حالت خراب می‌شوند، دلیل آن موارد زیر می‌تواند باشد.

این مساله با موارد زیر همراه می‌باشد:

- تنوع زیاد آب بندهای مورد استفاده
- تفاوتهای عمده در طرح بین آب بندها
- وجود مستهلک کنندهٔ ارتعاش در طرحهای آب بندها
- کنترلهای محیطی بیشتر
- تنوع زیاد سیالات در اطراف آب بندها

معمولاً مقادیر قرائت شده به این معنی هستند که تجهیزات به خودی خود رو به خرابی می‌روند.

بیشتر شرکتها سعی دارند داده‌ها و اطلاعاتی را جمع‌آوری کنند که از طریق آنها امکان پیش‌بینی عمر باقیمانده قطعات وجود دارد.

در نصب تجهیزات باید تمهیداتی برقرار کرد که از طریق آنها، ارتعاشات سیستم به کلی حذف شده و در نتیجه عمر مفید آنها افزایش یابد.

پس از نصب کامل تجهیزات، باید ارتعاشات آنها اندازه‌گیری و ثبت شود.

- راه حلهای مکانیکی حذف ارتعاشات

- بالانس کردن اجزای دوار. اگر خط تولید شما مجهز به سیستمهای بالانس دینامیکی نیست، می‌توانید از پیمانکاران استفاده نمائید. زمانی که قطعات پمپ دچار سایش شده و یا آنکه برای پمپاژ دوغاب بکار رود، بالانس پمپ از بین می‌رود. در سرعتهای بالا، سایش قطعات پمپ می‌تواند اثرات شدید و مهلکی داشته باشد.
- خمش محور پمپ نیز عامل ارتعاش است. اگر بتوانیم محور را اصلاح نمائیم، ارتعاش از بین می‌رود ولی این کار تقریباً ناممکن است و بهترین راه، تعویض محور معیوب است.
- تراز بموقع پمپ و موتور با استفاده از دستگاه لیزری و یا هر وسیله مناسب دیگر ضروریست. کوپلینگهای مختلفی وجود دارند که می‌توانند انتقال توان را بهینه کرده و هم‌چنین خودشان را با تغییرات دما، سازگار نمایند. در هر صورت در انتخاب کوپلینگ باید به مسایل اقتصادی نیز توجه کرد.

• همیشه لوله متصل به مکش پمپ مستقیم باشد و غیر از آن مجاز نیست. در این زمینه توجه به موارد زیر ضروریست.

+) اگر شما به این مساله آگاه هستید که در طرف مکش، تحت تاثیر افزایش دما، لوله دچار کرنش می‌شود، باید از پمپ با طرح centerline استفاده نمائید. تا بدین ترتیب مشکل موجود حل شود. با بکارگیری طرح مذکور می‌توان سیال با $200\ ^{\circ}F$ $(100\ ^{\circ}C)$ را نیز پمپاژ کرد.

+) سعی کنید بین مکش پمپ و اولین زانو، از لوله با حداقل قطر یک سایز بزرگتر از فلنج مکش استفاده نمائید.

+) شیرهای قطع و وصل، انشعابات T شکل و زانوها باید به صورت عمود بر محور پمپ و نه به صورت هم راستا نسبت به آن نصب شوند. این مساله در پمپهای دو مکشه اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا جریان ورودی متلاطم سبب می‌شود، پروانه پمپ تحت اثر نیرو در یک امتداد ثابت کار کرده و بدین ترتیب به یاتاقانهای انتهایی پمپ آسیب برسد.

+) تکیه‌گاهها و بستهای لوله‌ها نباید در فواصل مساوی نصب شوند.

+) حدالامکان از حلقه‌ها و لرزه‌گیرهای بیشتری در سیستم لوله‌کشی استفاده نمائید.

+) حدالامکان برای نگهداری لوله‌ها، از اتصالات و بستهای بیشتری استفاده نمائید.

+) پس از ساخت کامل و آزمون سیستم، کلیه اتصالات و بستها را باز نموده و دوباره سیستم را در حالت آزاد و نسبت به کرنش ایجاد شده در لوله‌ها تنظیم نمائید.

+) برای کسب اطلاعات بیشتر در رابطه با روشهای گوناگون لوله کشی و اتصال به پمپها و جلوگیری از تشکیل حرکت گردابی در مکش پمپ به «راهنمای موسسه هیدرولیک» و یا سایر انتشارات مشابه مراجعه کنید.

• جرم فوندانسیون بتنی پمپ باید پنج برابر جرم مجموع پمپ، صفحه زیرین اصلی و دیگر تجهیزات و نگهدارنده‌ها باشد.

• فوندانسیون بایست تا ۵۰۰ اسب بخار (۳۷۵ kw)، سه اینچ (۷۵ میلی‌متر) عریض‌تر از صفحه زیرین اصلی و بالای ۵۰۰ hp (۳۷۵ kw) شش اینچ (۱۵۰ in) عریض‌تر از صفحه زیرین اصلی باشد.

• خطوط فرعی و موهومی نصب شده از کناره‌ها به طرف محور پمپ که در امتداد ۳۰ درجه نصب می‌شوند باید از عمق فوندانسیون عبور کنند.

• هر یک اینچ فولاد ضد زنگ بازای هر $100\ ^{\circ}F$ باندازه 0.001 in منبسط می‌شود. این انبساط، ممکن است سبب برخورد پروانه به محفظه پمپ و در نتیجه سایش آن شود و همچنین انبساط می‌تواند لقی‌های مجاز بین قطعات را بالاخص در تلرانسهای بسته از بین ببرد. فولاد کربنی حدود ۳۰ درصد کمتر از فولاد ضد زنگ، انبساط پیدا می‌کند.

• در هر بار حرکت محور پمپ، خطر سایش قطعات وجود دارد. با بکارگیری تجهیزات نشانگر دما می‌توان براحتی مقدار سایش را بررسی کرد. زمانی که روی تلرانس‌گذاری قطعات کار می‌کنید باید مساله انبساط قطعات را در اثر حرارت مدنظر قرار دهید. در مورد پمپهای A.N.S.I، پروانه باید به درستی تنظیم شود.

• سایش و یا لق بودن آب بندی یاتاقانها ممکن است باعث شود، آب به محفظهٔ یاتاقانها نفوذ کند. آب بندهای مارپیچی در این مورد کارایی بهتری دارند. برای جلوگیری از آلوده‌گی در حین نصب، بهتر است قبل از نصب یاتاقانها، آنها را با گرمکن حرارت داده و گرم کرد.

• در مورد پیچهای شل نیز راه‌حل مشخص است و به توضیح نیاز ندارد.

– راه‌حل‌های هیدرولیکی

• شما ممکن است جهت رسیدن به نقطه B.E.P پمپ، قطر پروانه را افزایش یا کاهش دهید ولی اگر اینکار نتیجه بخش و عملی نبود مقدار (L^3/D^4) را کاهش دهید. L طول و D قطر محور است.

در برخی مواقع تغییر سرعت می‌تواند مشکل را حل کند در مورد پمپهای با سرعت متغیر، استفاده از یک سیستم حلقه بسته با یک سیستم هد بالا ایده‌آل است.

• از وجود مقدار کافی NPSH اطمینان حاصل کنید. اگر چنین نیست از یک پمپ تقویت کننده برای حل مشکل استفاده نمائید. در بخش‌های مربوط به کاویتاسیون در این زمینه، بیشتر بحث خواهد شد.

• کار کردن پروانه در نزدیکی گلویی پمپ، سبب ارتعاش و خرابی آن می‌شود. فاصله آزاد بین پروانه و گلویی پمپ، ٤ درصد (نسبت به قطر پروانه) در پروانه‌های کوچک (تا ۳۵۵ mm / ١٤ in) و ٦ درصد در پروانه بزرگ است. این مساله در پمپهای خود تنظیم، رفع شده است. گاهی اوقات بر روی پروانه‌های تعمیر شده، این موارد بررسی و آزمایش می‌شوند.

• مشکلات مربوط به باز چرخش سیال می‌تواند با تنظیم پروانه‌های باز و با جایگزینی آن با پروانه بسته و دیگر طرحهای موجود رفع شوند. این مسایل در مجموعه دیگری از این سری متون فنی بررسی خواهد شد.

• هوا می‌تواند از طریق فلنجها و شیرها وارد خطوط آب شود ولی آسانترین راه برای ورود هوا به سیستم از طریق محل آب‌بندی محفظه حلزونی پمپ است. ساده‌ترین راه برای حل این معضل استفاده از آب بند متعادل بجای نوار آب‌بندی است. اگر مشکل جریان گردابی وجود داشته باشد برای کسب اطلاعات راجع به جریان گردابی و رفع آن در خطوط لوله و مکش پمپ به «راهنمای موسسه هیدرولیک» مراجعه نمائید.

• یک توصیه دیگر استفاده از لوله مکش با اندازه یک سایز بزرگتر از فلنج مکش می‌باشد. در اتصال لوله به پمپ نیز از کاهنده استفاده نمائید. از کاهنده متقارن و هم مرکز استفاده نکرده، بلکه انواع نامتقارن بهتر است و باید آنها را وارونه نصب کرد.

- راه‌حلهای دیگر حذف ارتعاش

• پمپ و یا هر کدام از قطعات آن می‌تواند تحت تاثیر اجزا و تجهیزات بیرونی و واقع در کنار پمپ قرار گرفته و ارتعاش کند. بهترین راه‌حل برای رفع این مشکل، استفاده از مستهلک کننده‌های ارتعاش برای جداسازی مجموعه پمپ از دیگر تجهیزات می‌باشد. این مساله در آب‌بندهای فلزی مهم می‌باشد، زیرا در آنها استهلاک ارتعاش بخاطر عدم وجود الاستومر در ساختمان آب‌بند بسیار ضعیف است.

• هر چند که سرعت بحرانی، مساله متداول و رایجی نیست ولی احتمال بوجود آمدن آن وجود دارد و بهترین راه‌حل برای حذف آثار مخرب آن، بکارگیری پمپ در سرعت متغیر است. اگر ایجاد سرعت متغیر امکان نداشته باشد می‌توان قطر پروانه را برای رسیدن به منظور فوق، تغییر داد.

• لغزش آب بند مشکلی است که بخاطر وجود سیالات غیر روانساز مثل آب گرم و یا برخی انواع سیالات دیگر ایجاد می‌شود. اگر از اورینگ استفاده شود، این مشکل حل می‌شود چون اورینگ، ذاتاً یک مستهلک کننده ارتعاش است. در آب‌بندهای فلزی، باید از مستهلک‌کننده جداگانه بر روی محور پمپ استفاده شود.

• مسیرهای باز چرخش تخلیه پمپ می‌تواند، هر بار که پروانه پمپ این مسیرها را قطع می‌کند، ارتعاش بوجود بیاورند. این ارتعاش بر آب‌بند مکانیکی تاثیر گذاشته و می‌تواند سطح کربنی آب‌بند را خراشیده و از بین ببرد و هم چنین سبب شود که آب‌بند مکانیکی روی محور پمپ بلغزد. اکثراً ما نمی‌توانیم ارتعاش را بخاطر وجود اجزایی مثل آب‌بندها، یاتاقانها، پکینگ‌ها و لقی‌های بحرانی بطور کامل از بین ببریم و باید آن را تحمل نمائیم. بهترین راه‌حل برای رفع این مشکل، استفاده از پمپ‌های استاندارد و آب‌بندها و تجهیزات اصل و مناسب می‌باشد.

مرجع:
سایت اینترنتی www.mcnallyinistitue.com

توزیع جریان و هد در محفظه حلزونی پمپهای گریز از مرکز و مقایسه آن با مشخصه‌های پروانه بدون محفظه

(قسمت اول: توضیحات و دستگاه آزمایش)

مهندس علی پورعبداله
کارشناس مهندسی مکانیک
شرکت صنایع پمپیران

چکیده:

سرعت غیر دائم، فشار و زاویه جریان در خروجی پروانه یک پمپ سانتریفوژ در ۵ نقطه عملکرد با استفاده از تکنولوژی سیم داغ و پاسخ دهی سریع اندازه گیر استوانه ای تک سوراخه یکبار با محفظه حلزونی و یکبار بدون آن اندازه گیری شده است. سیال مورد آزمایش هوا می باشد.

اگر دور پروانه محفظه ایی نباشد،سرعتها و فشارها فقط به مختصات محوری بستگی دارند و دارای تقارن دورانی هستند، تاثیر وجود محفظهء حلزونی آنستکه روی پراکندگی محیطی این مشخصه ها با انحراف نقطهء عملکرد از نقطهء طراحی افزایش می یابد.

با در نظر گرفتن پراکندگی جریان محلی، این تاثیر در مقایسه با پراکندگی فشار خیلی مشخص تر می باشد.

علائم اختصاری :

b	[mm]	پهنای دیفیوزر شعاعی بدون تیغهء پهنای ورودی مجرای حلزونی(42mm)
c_m	$[m/s]$	سرعت نصف النهاری در r_M
r_M	[mm]	موقعیت شعاعی بخش اندازه گیری (208.5 mm)
u_2	$[m/s]$	سرعت محیطی در خروجی پروانه
x	[mm]	فاصله محوری از صفحه پروانه جلویی در r_M
H	$[m]$	هد کلی
Q	$[m^3/s]$	نرخ جریان
Q_{des}	$[m^3/s]$	نرخ جریان در نقطهء طراحی
ε	$[^\circ]$	زاویهء محیطی از زبانه با در نظر گرفتن دوران
φ	[–]	ضریب جریان $= c_m/u_2$
φ_{des}	[–]	ضریب جریان در نقطه طراحی
$\bar{\varphi}$	[–]	مقدار متوسط محلی φ $\left(=\int_0^1 \varphi d\left(\frac{x}{b}\right)\right)$
$\bar{\bar{\varphi}}$	[–]	مقدار متوسط محلیφ $\left(=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\bar{\varphi}d\varepsilon\right)$
ψ	[–]	ضریب فشار $=\frac{2gH}{u_2^2}$

مقدمه :

پمپهای سانتریفوژ تک مرحله ای اکثراً با محفظهء حلزونی طراحی و تولید می شوند. واضح است که در این مورد اگر هندسه محفظه حلزونی خوب طراحی شده باشد و پمپ در نقطهء طراحی خود عمل کند، جریان در خروجی پروانه فقط می تواند تا حدی از وضعیت محیطی داخل محفظه مستقل باشد. در عملکرد خارج از نقطهء طراحی پمپ های محفظه حلزونی، طرح محفظه حلزونی با جریان خروجی پروانه متناسب نمی باشد. این عمل باعث توزیع غیر یکسان فشار و سرعت در محیط محفظه می شود.

روش های مختلفی برای اینگونه تعامل های روتور استاتوری در توربو ماشین وجود دارد. برای مقایسهء قابلیت روشهای مدلسازی مختلف در توزیع جریان خارج از شرایط طراحی در پمپ های با بدنه حلزونی به جزئیات کامل اندازه گیری و ارزیابی توزیع جریان نیاز می باشد.

یک پروژه تحقیقی با هدف کسب اطلاعات بیشتر در مورد زوایای مختلف تعامل روتور- استاتور در پمپ های با بدنه حلزونی در آزمایشگاه توربو ماشین و قدرت سیال دانشگاه تکنولوژی دارمشتات انجام گرفت و علاوه بر آن زمینهء اطلاعاتی خوبی برای تعیین اعتبار شبیه سازی CFD فراهم آمد.

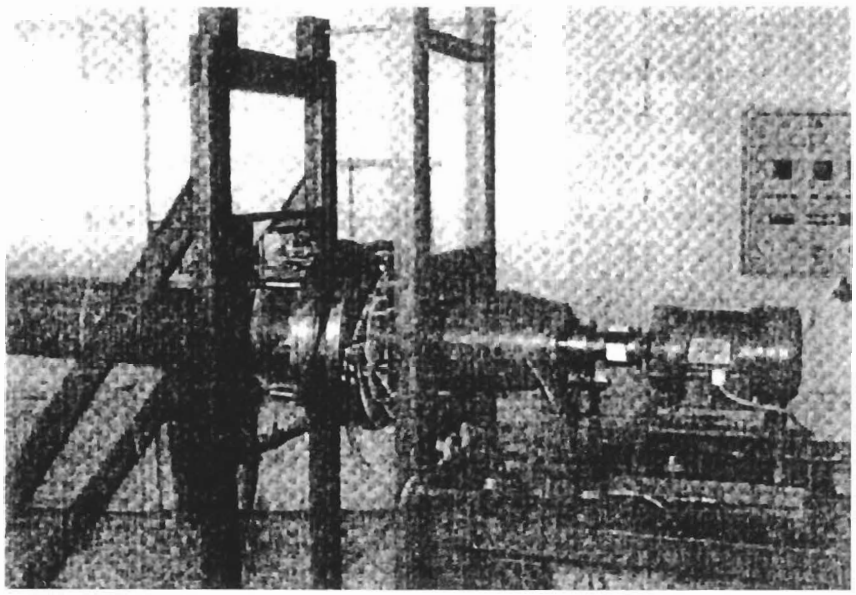
دستگاه آزمایش

دستگاه آزمایش و لوازم اندازه گیری آن برای سنجش سرعت گذرا و توزیع فشار در نقاط مختلف محیطی داخل بدنه نزدیک خروجی پروانه مناسب سازی شده اند. برای این منظور و همینطور امکان تغییر متناوب نقاط اندازه گیری در کل محیط داخل بدنهء حلزونی پمپ آزمایش می تواند با یک موتور الکتریکی در دور محور پمپ به چرخش درآید در حالیکه مکانیزم لازم برای جابجائی اندازه گیرها بر روی قسمت داخلی بدنه نصب شده و در محل خود ثابت می ماند. جدول شماره ۱ اطلاعات تکنیکی از پمپ به دست می دهد.

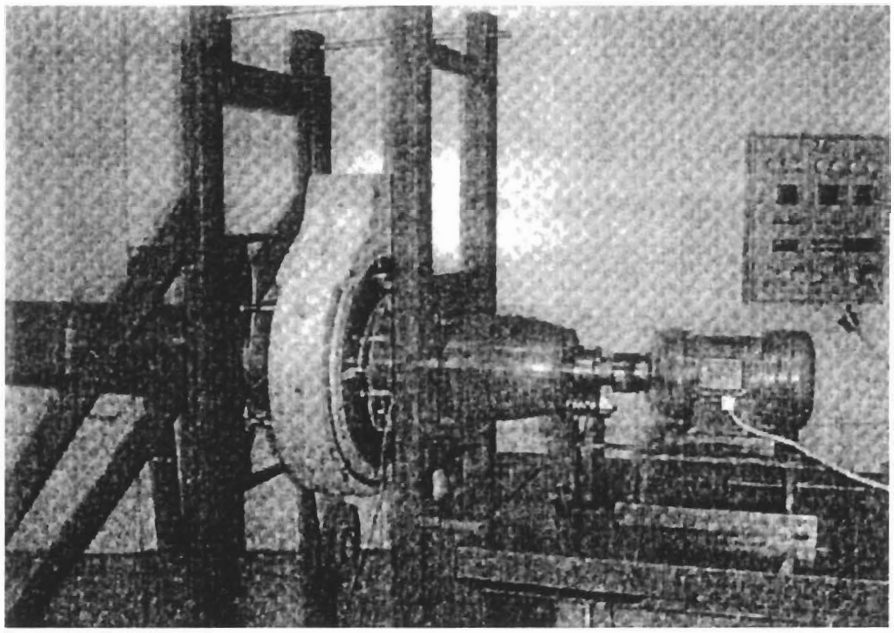
جدول۱- مشخصه های فنی

قطر خارجی پروانه	405	mm
عرض خروجی پروانه	38	mm
قطر ورودی پروانه	240	mm
تعداد پره ها	7	-
زاویه خروج ، دیواره	25	°
زاویه خروج در محل توپی	29	°
سرعت ویژه	35	min^{-1}
سرعت چرخش	3000	min^{-1}
نرخ جریان طراحی	1380	m^3/h

همانطور که در شکل ۱ دیده می شود بخش داخلی بدنه حلزونی روی دو پایه عمودی در بخش جلو و در بخش عقب نصب شده است در حالیکه بخش قابل گردش بدنه حلزونی روی بخش های داخلی توسط بلبرینگ ها نگهداری می شود. برای آب بندی بین دو بخش بدنهء حلزونی از ورقه های نمدی استفاده می شود.



شکل ۱- ترکیب دستگاه آزمایش بدون بدنه حلزونی



شکل ۲- ترکیب دستگاه آزمایش با نصب بدنه حلزونی

ساختار دستگاه آزمایش بعد از نصب بدنهء حلزونی در شکل ۲ نشان داده می شود. در حالتی که دستگاه آزمایش بدون نصب بخش حلزونی بدنه می باشد. اندازه گیری جریان در تخلیه پروانه آزاد در جائیکه فشار در خروجی پروانه ثابت باشد (برابر فشار اتمسفر) ممکن می باشد. تجزیه و تحلیل جریان با استفاده از سرعت سنج سیم داغ و پاسخ دهی سریع اندازه گیر استوانه ای تک سوراخه که در فاصله شعاعی ٦ میلی متری خارج از خروجی پروانه قرار داشت، انجام شد.

استفاده از پاسخ دهی سریع اندازه گیر استوانه ای تک سوراخه به همراه ترا نسدیوسر (حسگر) فشار با پاسخ دهی فرکانس بالا اطلاعاتی از فشار استاتیک و کلی جریان بدست می دهد که با استفاده از آن می توان سرعت جریان را نیز محاسبه کرد. ولی بنابه تجربیات بدست آمده، اطلاعات معتبرتری از سرعت غیر دائم و زاویهء جریان دهی می توان با اندازه گیر سیم داغ تک سیم به دست آورد. هر دو اندازه گیر در پهنای خروجی پروانه قرار داده شده اند. در حالی که این دو وسیله اندازه گیری به حالت مرحله ای به دور محور طولی خود در هر نقطهء محوری می گردند و مسیر جریان تقریباً عمود بر محور طولی می باشد، زاویهء جریان را می توان با محاسبه موقعیت ماگزیمم داده های بدست آمده در هر مرحلهء زمانی بدست آورد. (به عنوان مقدار متوسط وابسته به موقعیت زاویه ای پروانه و همچنین به عنوان متوسط زمانی).

توزیع محیطی فشار روی سطح اندازه گیر استوانه ای تک سوراخه از سوراخی به قطر ۰/۳ میلی متر مشخص می شود. کالیبراسیون برای سرعتهای ثابت متفاوت باعث مشخص شدن نقطه ماکزیمم فشار می شود و موقعیت محلی نقطه ای را که در آن روی سطح استوانه ای فشار اندازه گیری شده برابر فشار استاتیک محلی جریان می باشد، مشخص می کند. زاویه موقعیتی که در آن فشار اندازه گیری شده نشانگر فشار استاتیک جریان می باشد و برای مقادیر متفاوت سرعت ثابت می ماند. بدین دلیل که آثار گذرای جریان غیر یکسان روی توزیع محیطی فشار روی سطح وسیله اندازه گیری تاثیر می گذارد مخصوصاً موقعیت دقیقی که فشار سطحی با فشار استاتیک محلی جریان برابر می باشد، تعیین جهت جریان و مقدار سرعت با استفاده از تکنولوژی سیم داغ انجام می گیرد .

مرجع:

P.Hergt,Dipl.-Ing.
67059 Ludwigshafen, Germany
S.MESCHKAT,Dipl.-Ing.,B.STOFFEL,B.,Prof.Dr.-Ing.
Chair of Turbomachinery and Fluid Power,Darmstadt
UniversityMagdalenenstr.4,64289 Darmstad,Germany