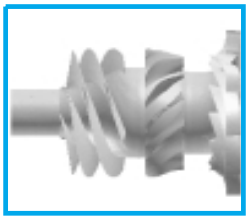
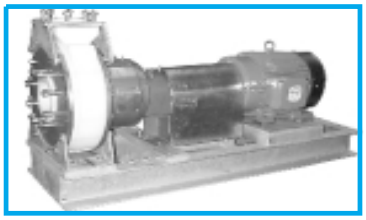
اهمیت شرایط جریان مکش در پمپ‌ها

نوشته‌ی: Dr. Jurgen Weinerth
برگردان: مهندس محمدرضا رزاقی اصفهانی
منبع: Pumps & Systems



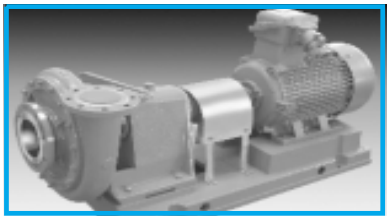


سامانه‌های جریان مکش عموما مطابق با تشکیل گرداب و رفتار و شدت گردابه و همچنین کیفیت توزیع سرعت در ارتفاع پروانه‌ی پمپ طبقه‌بندی می‌شوند

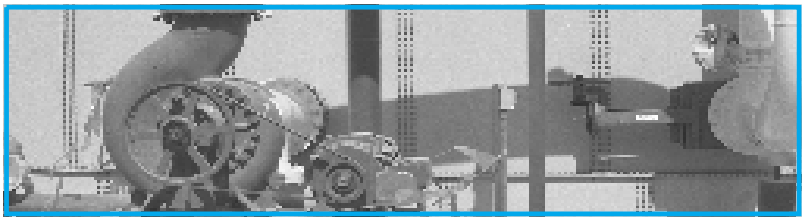
وقتی در یک سامانه فرآیندی مشکلی رخ می‌دهد، به احتمال زیاد پمپ‌ها مسوول این خرابی و توقف شناخته می‌شوند. ولی پمپ‌ها فقط به شرایط جریان غیرقابل قبولی که به دلیل غیرقابل قبول بودن توزیع سرعت (زاویه‌ی چرخش، گردابه‌ها، پروفیل سرعت) به وجود می‌آید، واکنش نشان داده‌اند. تمامی طراحان هنگام طراحی تاسیسات و فرآیندهایی که از پمپ در آن‌ها استفاده شده است، باید به مسایلی فراتر از فلنج‌های مکش و تخلیه توجه کنند. درک مزیت‌ها و محدودیت‌های پمپ‌های سانتریفیوژ در مرحله‌ی طراحی، برای اطمینان از مناسب بودن شرایط جریان در ورودی پمپ بسیار اهمیت دارد، زیرا همین مساله نقش زیادی در کارکرد طولانی مدت و بدون خرابی سامانه فرآیند خواهد داشت. پمپ‌ها اغلب تنها نشانه‌ای از وجود ضعف در طراحی سامانه می‌باشند. بنابراین ملاحظاتی که در مرحله‌ی طراحی یک سامانه حتما باید به آن‌ها توجه شود باید شامل پمپ، فرآیند و نصب گردد.

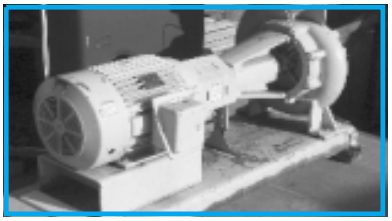
معیارهای ارزیابی

سامانه‌های جریان مکش (مانند سامانه‌های لوله‌ی بسته یا محفظه‌های مکش با سطح باز) عموما مطابق با تشکیل گرداب و رفتار و شدت گردابه و همچنین کیفیت توزیع سرعت در ارتفاع پروانه‌ی پمپ (که مطابق با پیشرفته‌ترین فن‌آوری‌ها، سطح مشترک بین سامانه جریان مکش و پمپ می‌باشد)، طبقه‌بندی می‌شوند. در بعضی از استانداردها، این معیارها توصیف شده‌اند و مقادیر حد مطابق با آن



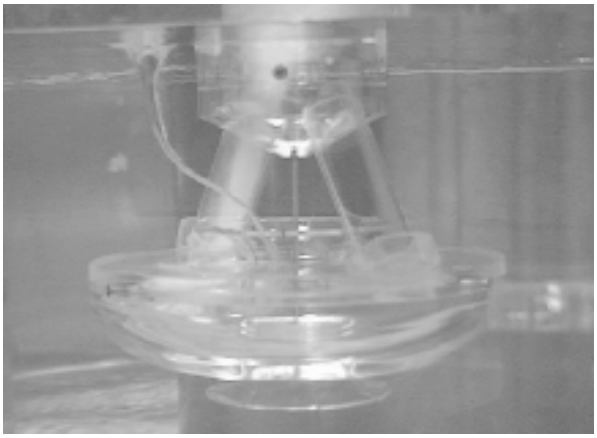
نیز تعریف شده است. در استاندارد «موسسه هیدرولیک ANSI» (ANSI/HI ۹.۸) با عنوان «استاندارد طراحی مکش پمپ‌های عمودی و سانتریفوژ»، جزییات مربوط به دست‌یابی به این مقادیر از طریق آزمایش مدل بیان شده است. ولی با کمک این آزمایش‌ها تنها می‌توان شاخص‌های کرانی[1] پمپ را به صورت تکرارپذیر به دست آورد و تاثیر پروانه قابل بررسی نیست. جریان موثر در ورودی مکش یا «چشمی» پروانه، را به ترتیب می‌توان با نصب پمپ در نقاط مختلف چیدمان آزمون، شبیه‌سازی کرد سپس تشکیل جریان چرخشی و توزیع سرعت، در منطقه‌ی چشمی پروانه اندازه‌گیری می‌شوند. تشکیل انواع مختلف گردابه‌ها را می‌توان به آسانی با استفاده از پلکسی گلاس در ساخت بدنه‌ی پمپ مدل، مشاهده کرد. کنش‌های رفت و برگشتی بین پمپ و سامانه جریان مکش که ناشی از کنش جریان در درون پروانه است (به عنوان مثال به دلیل کارکرد در بارهای جزیی) را نمی‌توان در مدل‌های آزمایش کلاسیک بررسی نمود. هنگامی که تصمیم به طراحی سامانه پمپاژ گرفتید، توجه کنید که در پمپ‌های سانتریفوژ با سرعت مخصوص بالا (مانند پمپ‌های جریان محوری)، تبدیل انرژی در پروانه، به طور مستقیم تابع شرایط جریان در ورودی پروانه است (شرایط جریان مکش). دلیل این پدیده، در کوپلینگ اصلاح شده‌ی فیزیکی در ورودی و خروجی پروانه، که در نتیجه‌ی تغییر جریان نسبی باعث تولید فشار می‌شود، قابل مشاهده است. این وضعیت در پمپ‌هایی که سرعت مخصوص پایینی دارند (مانند پمپ‌های جریان شعاعی) متفاوت است. در این موارد، تولید فشار بین ورودی و خروجی پروانه، فقط تا حدودی محصول کندسازی جریان نسبی می‌باشد، در نتیجه تبدیل انرژی، کمتر تحت تاثیر اغتشاشات شرایط جریان مکش قرار می‌گیرد. اما در اینجا نیز نباید شرایط مکش را دست کم گرفت، هرچند دلایل دیگری نیز برای تبدیل انرژی در این پمپ‌ها وجود دارد. آزمایش مدل‌هایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، این امکان را ایجاد می‌کنند که قبل از مرحله‌ی تصمیم‌گیری، سامانه‌های پمپاژ مرکب را مطالعه و در صورت نیاز بهینه‌سازی نماییم. برای این منظور، بین



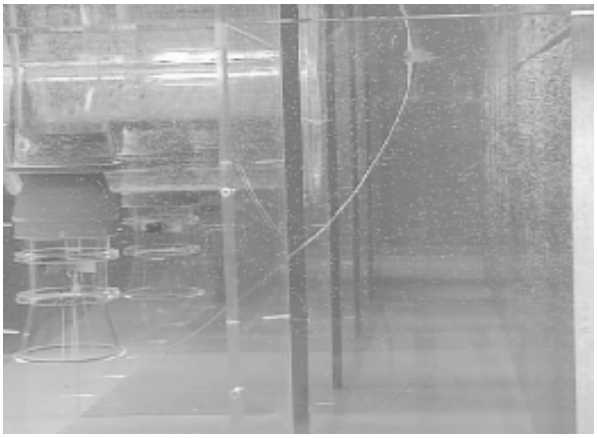


شکل (۱)

شکل (۲)



شکل (۳)



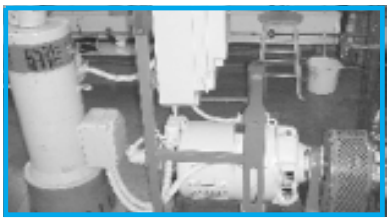
مهندسان طراحی فرآیند، تولید کننده‌ی پمپ و مصرف‌کننده‌ی نهایی، باید همکاری نزدیکی برقرار شود. آزمایش مدل برای بررسی مشکلات موجود در سامانه‌هایی که در گذشته نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند نیز می‌تواند مفید باشد. علت خطاهای عملیاتی را می‌توان با بررسی شرایط واقعی فرآیند مشخص کرد. بعد از تکمیل مرحله‌ی تشخیص عیب، می‌توان – اغلب با اقداماتی ساده و مشخص– مشکلات را با هزینه‌ای اندک بر طرف نمود و قابلیت اطمینان کارکرد سامانه را افزایش داد. مدل‌های آزمایشی که در اینجا توصیف شده‌اند، توسط «استادان بخش جریان سیالات و ماشین‌آلات جابه‌جایی مثبت در دانشگاه فنی کایزرسلاترن آلمان» طراحی و اجرا شده‌اند.

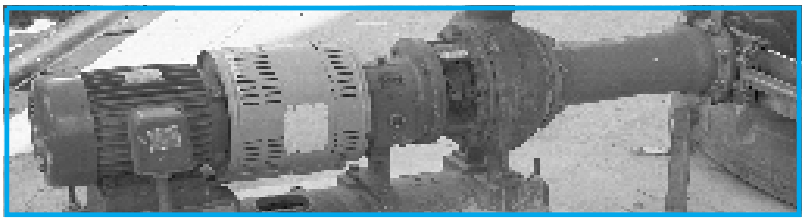
مثال‌ها

مثال‌های زیر، مفهوم شرایط جریان مکش در تاسیساتی که پیچیدگی آن‌ها رو به افزایش است و عواقب عدم توجه کافی به جریان مکش بر روی سامانه‌های پمپاژ را توضیح خواهند داد. این مثال‌ها، به منظور نشان دادن تنها بخش کوچکی از این زمینه‌ی مطالعاتی گسترده آورده شده‌اند. همچنین این مثال‌ها به صورت تمرین فکری برای طراحان تاسیسات و فرآیندها به کار می‌آیند تا با کمک آن‌ها بتوانند مشکلات عملیاتی که ممکن است به دلیل اختلال در شرایط جریان مکش به وجود می‌آیند را از مشکلات مربوط به خرابی پمپ‌ها تشخیص دهند.

مثال ۱

شش پمپ عمودی مکش دوقلو (شکل ۱) با آرایشی دایره‌ای در یک مخزن محصور با یک سطح باز نصب شده‌اند. در درون لوله‌ی ورودی غوطه‌ور در مخزن، سیال به طور دایم جریان دارد. کم‌ترین مکش مثبتی که با توجه به فن‌آوری پیشرفته مورد نیاز است، برای هر یک از شش پمپ قابل دسترس است. هنگام کارکردن، ارتعاش شدید همراه با سروصدا و نوسان جریان در دو دستگاه از پمپ‌ها مشاهده می‌شود. آزمایش مدل‌ها نشان می‌دهند که بعضی مواقع در سمت مکش این دو پمپ، گردابه‌هایی ناشی از خلاء هوا (شکل ۲) وجود دارد. این شرایط گردابی به دلیل جدا شدن جریان در پشت «خیز (rise)» مربوط به هر یک از دو پمپ، به وجود می‌آید. جدا شدن جریان در این نقطه ناشی از تاثیر برگشت مجدد[۲] است که خود ناشی از جریان ورودی، همراه با هندسه‌ی مخزن می‌باشد. با نصب تیغه‌های شکننده‌ی جت جریان در مخزن و در پشت لوله‌ی مکش، می‌توان





جریان «آرام» ایجاد کرد، این تغییرات پروفیل جریان، مانع از تشکیل گردابه‌ها می‌شود.

مثال ۲

پنج دستگاه پمپ عمودی با جریان نیمه محوری در یک چاهک پمپ کوتاه در یک کانال مشترک انشعابی نصب شده‌اند. در زمان کارکردن این ماشین، لرزش و نوسان عملکرد (ظرفیت و ارتفاع) در انتهای کانال مشاهده می‌شود. در آزمایش مدل‌های مربوطه، حتا در جریان بیشینه نیز گاهی یک گردابه‌ی سطحی ناشی از خلاء هوا پدیدار می‌شد که از کانال انشعابی تا مکش پمپ امتداد می‌یافت. به توجه به مقیاس مدل، گردابه در تاسیسات واقعی تا چندین متر می‌توانست امتداد یابد. در این مورد، علت به وجود آمدن گردابه، به چرخش در آمدن جریان بعد از انحراف از دیوار پشتی کانال بود. در اینجا نیز، نصب یک دیواره‌ی غوطه‌ور می‌تواند بر شرایط ایجاد شده غلبه کند.

مثال ۳

این مثال در مورد آزمایش مدل‌هایی است که در طول مرحله‌ی طراحی یک نیروگاه انجام شده است. مخزن‌های ورودی کلاسیک که از استاندارد ANSI/HI ۹،۸ پیروی می‌کردند، برای پمپ‌های دارای محفظه لوله‌ای[3] که برای خنک کردن آب استفاده می‌شدند، طرح‌ریزی شدند. با توجه به نیازهای خاص این تاسیسات، چند پمپ عمودی کوچک اضافی باید در منطقه‌ی مسیر جریان پمپ‌های اصلی آب خنک‌کن نصب می‌شدند تا آب را برای مقاصد آتش نشانی و عمومی تغذیه کنند. چرخشی که در پشت لوله‌ی تعلیق[4] یکی از پمپ‌های کوچک به وجود می‌آمد، موجب پدیدار شدن گردابه‌هایی می‌شد که در نهایت، عملکرد پمپ اصلی آب خنک‌کن را تحت تاثیر قرار می‌داد (شکل ۴). باز هم نصب یک دیواره‌ی غوطه‌ور، موجب رفع این مشکل گردید. در کاربردهایی که شامل استفاده از یک لوله‌ی برگشت می‌شوند، باید به پیامدهای نامعلوم مربوط به محل لوله‌ی برگشت نسبت به مخزن، توجه شود. تاثیر لوله‌های برگشتی که در یک نقطه‌ی غیر غوطه‌ور نصب می‌شوند، اغلب دست کم گرفته می‌شود. این جریان برگشتی به سطح مایع درون مخزن اصابت می کند و به دلیل بالا بودن سرعت خروج از انتهای این لوله، حجم زیادی هوا با سیال مخلوط می‌شود. با وجود آن که به نظر می‌رسد سطح مایع درون مخزن به اندازه‌ی کافی بالا باشد، این هوای وارد شده، راه خود را به سمت منطقه‌ی مکش پمپ‌ها باز می‌کند. در آزمایش مدل‌هایی که با این مشکل مواجه هستند، تشکیل ابر حبابی را می‌توان به سادگی مشاهده نمود. هنگامی که پمپ مشغول تخلیه‌ی مایع است، ابر حبابی بزرگ می‌شود، بعد از این که اندازه‌ی این ابر به مقدار مشخصی رسید، پمپ بخشی از ابر را تخلیه می‌کند. (شکل ۵)

این پدیده‌ی تکرار شونده، اغلب علت کاهش نرخ جریان و ارتعاشات زیاد می‌باشد. این مشکل، با نصب تیغه‌ها (بافل) یا امتداد دادن لوله‌ی جریان برگشت تا نقطه‌ای که به طور کامل زیر مایع قرار گیرد، رفع می‌شود. این مثال‌ها، تنها بخش کوچکی از شرایط جریان مکش در سامانه‌های پمپاژ را تحت پوشش قرار می‌دهد. علاوه بر این موارد، هیچ گاه نباید از توجه به تاثیر زاویه‌های تند یا عناصر ایجاد کننده‌ی گرداب در طراحی سامانه‌های پمپاژ غافل شد. هر سامانه‌ای باید به صورتی مجزا مورد بررسی قرار گیرد و هیچ فرمول واحدی برای همه‌ی سامانه‌های پمپاژ وجود ندارد.

پی‌نوشت

1- countour
2- reflux
3- tubular
4- suspension pipe

شکل (۴)

شکل (۵)