" اهمیت NPSH و راههای مقابله با پدیده کاویتاسیون "

مهندس پژمان نجم آبادی

مدیر فنی شرکت کالای پمپ

در این مقاله ضمن بررسی دقیق و جامع پدیده کاویتاسیون ، روشهائی عملی و کاربردی جهت جلوگیری از بروز این پدیده و همچنین اهمیت NPSH در انتخاب پمپها و ملاحظاتی که از زمان طراحی پمپ تا زمان بهره برداری از آن ، باید مدنظر قرارداد ، ارائه میگردد .

هنگامیکه مایع به درون چشم پروانه (مجرای ورود به پروانه) یک پمپ سانتریفیوژ وارد می شود ، فشارش کاهش می یابد . اگر فشار مطلق در مقطع چشم پروانه از فشار بخار مایع در همان درجه حرارت کاری پائین تر آید ، در آن نقطه شروع به جوشیدن کرده و بطور برق آسا تبدیل به بخار می شود . وقتی این حبابهای بخار همراه مایع در امتداد پره های پروانه بحرکت در می آیند ، فشار رفته رفته افزایش یافته و این حبابها ترکیده و مجدداً به مایع تبدیل می شوند . این پدیده تشکیل و از بین رفتن حبابهای بخار اصطلاحاً کاویتاسیون (حفره زایی) نامیده می شود . بطور کلی تشکیل و از بین رفتن تعداد زیادی حباب بر روی یک سطح آزاد ، آنرا در معرض تنش شدید موضعی قرار می دهد که به نظر می رسد بر اثر پدیده خستگی صدمه می بیند . کاویتاسیون در پمپها اثرات بسیار نامطلوبی دارد که از آن جمله می توان به ایجاد سرو صدای غیر طبیعی ناشی از ضربات هیدرولیکی و ایجاد لرزش در پمپها ، کاهش راندمان پمپ ، نوسانی شدن دبی خروجی ، افت فشار در پمپ ، صدمات مکانیکی و خوردگی سایشی بر روی سطوح و قطعات داخلی پمپ از جمله پوسته ، پروانه و آب بندها ، اشاره کرد .

NPSH (ارتفاع مثبت خالص مکش) نقش مهم و اساسی را در انتخاب پمپهایی که درجه حرارت مایع ورودی به آنها بالاست ، ایفا می کند . در واقع یک سیال زمانی تبخیر خواهد شدکه فشار آن خیلی کاهش و یا دمای آن خیلی افزایش یابد و NPSH به حداقل میزان فشاری اطلاق می گردد که برای جلوگیری از پدیده کاویتاسیون ، مورد نیاز است .به منظور ممانعت از بروز پدیده کاویتاسیون ، فشار سیستم می بایست همواره در تمامی مراحل مکش ، ورود به پروانه و تخلیه ، بالاتر از فشار بخار مایع در درجه حرارت کاری باشد .

در تمامی پمپهای سانتریفیوژ می بایست حداقل فشار مورد نیاز در قسمت ورودی پمپ که برای جلوگیری از تبخیر شدن سیال (کاویتاسیون) لازم می باشد ، تعیین گردد که این فشار مکش به مشخصات طراحی پمپ بستگی دارد و مقدار آن توسط سازنده بر روی منحنی عملکرد پمپ ارائه می شود که به آن NPSHR(ارتفاع مثبت خالص مکش مورد نیاز) گویند . NPSHA (ارتفاع مثبت خالص مکش موجود) مقدار فشار مکشی است که عملاً در سیستم موجود است و مقدار آن تابع شرایط سیستم پمپاژ است که می بایست همواره مقدار آن از NPSHR بالاتر باشد .

یک تعریف ساده از NPSHA بصورت رابطه زیر بیان می شود :

NPSHA=Atmospheric Pressure + Static Suction Head + Pressure Head – Vapor Pressure – Losses in the piping, Valves and fittings.

NPSHA را می توان از فرمول زیر برحسب فوت محاسبه کرد :

$$NPSHA = \frac{(P_a - P_v) \times 2.31}{s.g.} + (H_s - H_f)$$

P_a = فشار منبع مکش (Psia)

P_v= فشار بخار مایع پمپ شونده در حداکثر درجه حرارت ممکن (Psia)

H_s = فشار حاصل از ارتفاع سیال قبل از ورود به دهانه مکش پمپ (ft) . این مقدار در صورتیکه مخزن مکش در ارتقاعی پائین از پمپ قرار گیرد ، منفی خواهد بود .

H_f = تلفات ناشی از اصطکاک در لوله مکش بازاء دبی مورد نیاز (ft) .

s.g. = وزن مخصوص مایع پمپ شونده .

روابط زیر نیز برای تبدیل فشار به هد سیال مورد استفاده قرار می گیرند :

- Inches of mercury x 1.133 / s.g.= feet of liquid
- Millimeters of mercury / (22.4x s.g.) = feet of liquid
- Pounds per square Inch x 2.31/ s.g. = feet of liquid

حال به مثالی برای محاسبه NPSHA می پردازیم :

مفروضات :

1- سیال چگالیده بخار (Condensate)با دبی 200 gpm و در درجه حرارت 210 °F (98.8°C)

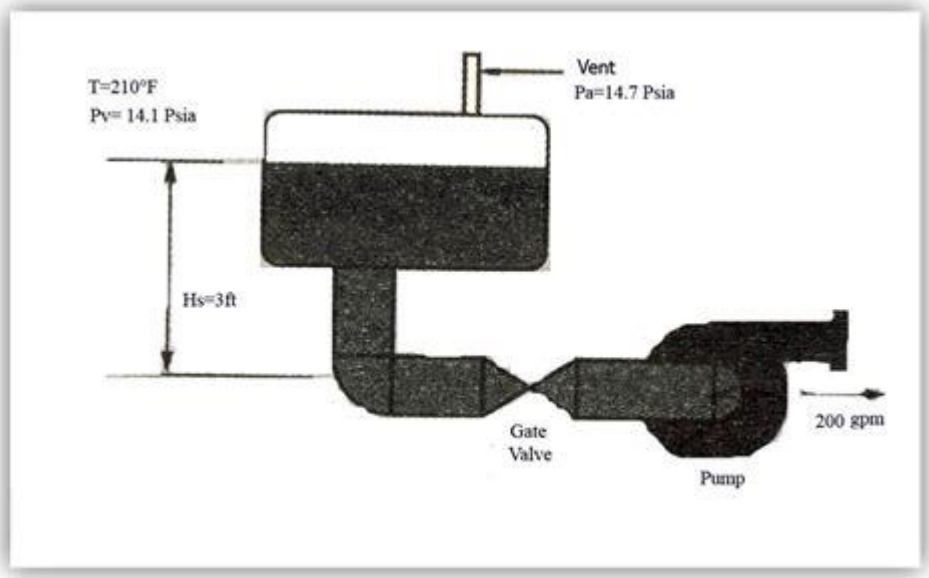
2- هد (فشار) استاتیک برابر 3 ft است .

3- فشار اتمسفر برابر 14.7 Psi می باشد .

4- مخزن در سطح دریا و بصورت باز (Vent) در نظر گرفته می شود .

5- لوله مکش به قطر 3" و بطول 1 ft و شامل یک زانوئی ° 90 و یک شیر کشوئی

(Gate Valve) می باشد .



با استفاده از جداول و نمودارهای مربوطه ؛

- افت ناشی از اصطکاک و زبری جداره یک لوله آهنی معادل 8.9 فوت در هر 100 فوت طول لوله می باشد (لوله مکش با ظرفیت 200 gpm و قطر "3)

- برای افت در زانوئی و شیر کشوئی باید طول معادل از یک لوله مستقیم و نو محاسبه و منظور گردد ، که نتیجتاً خواهیم داشت :

H_f = (1.0+2.62+3.6) x 8.9 ft per 100 ft = 0.64 ft

H_s= 3.0 ft

$P_a = P_{atm} + P_{gage}$ = 14.7 +0 = 14.7 Psia

s.g.= 0.96 at 210 °F

P_v= 14.1 Psia at 210°F

$$NPSHA = \frac{(14.7-14.1)\times 2.31}{0.96} + (3-0.64) = 3.8\,ft$$

بنابراین پمپی که برای این مثال انتخاب می شود باید دارای NPSHR کمتر از 3.8 ft باشد تا از بروز پدیده کاویتاسیون ممانعت بعمل آید .

به منظور ممانعت از بروز کاویتاسیون باید یا NPSHA را افزایش داد و یا NPSHR را کاهش داد و برای این منظور راهکارهای مختلفی وجود دارد که از جمله می توان به موارد ذیل اشاره کرد ؛

1- افزایش سطح سیال در مخزن .

2- بالا بردن مخزن .

3- افزایش فشار مخزن (استفاده از سیستمهای بسته / سیستمهای تحت فشار)

4- قراردادن پمپ داخل گودال (Pit) .

5- کاهش افتهای ناشی از لوله کشی و اتصالات (که می توان با طراحی دقیق سیستم لوله کشی ، بکار بردن حداقل اتصالات ، طراحی مناسب قطر لوله ها و غیره ، افتهای مربوطه را به حداقل رسانید .)

6- تزریق مقدار کمی سیال خنک کننده به ورودی پمپ (به منظور کمتر شدن فشار بخار ، می توان سیال را از درون یک خنک کننده یا فلاش تانک عبور داد .)

7- عایق بندی مناسب لوله ها .

8- بکار بردن پمپهای دو مکشه (که تا 25% مقدار NPSHR را کاهش می دهد .)

9- بکار بردن پمپها با سرعت دورانی (rpm) پائین تر .

10- بکار بردن پمپها با مجرای ورودی (چشم) پروانه بزرگتر .

11- زاویه جریان ورودی به زاویه ای اطلاق می شود که تحت آن جریان سیال وارد پروانه می شود . هر چند این زاویه بزرگتر باشد بازده بیشتر است و هر چه این زاویه کوچکتر باشد ، NPSHR پائین تر است . به همین دلیل زاویه جریان درجه 17 با حدود 5 تا 7 پره بعنوان یک حد مرزی بین دو محدوده فوق در نظر گرفته می شود .

12- در هر پمپ هر چه مقدار سرعت مخصوص مکش کمتر باشد ، مقدار NPSHR بالاتر خواهد بود . در مواردیکه NPSHR پائین حائز اهمیت است ، مقادیر سرعت مخصوص مکش بسیار افزایش می یابد که به منظور دستیابی به چنین مقادیر بالائی زاویه جریان تا کمتر از درجه 10 و تعداد پره های پروانه تا حداقل 4 پره کاهش می یابد .

13- به منظور کاهش بیشتر NPSHR و به تبع آن افزایش بیشتر سرعت مخصوص مکش ، یک پروانه جریان محوری یا یک راه انداز (Inducer) در جلوی پروانه سانتریفیوژ بکار گرفته می شود . زاویه جریان این پروانه ثانویه 5 تا 10 درجه و زاویه پره 3 تا 5 درجه بزرگتر است و تعداد پره‌های آن بین 2 تا 4 می باشد .

14- جلوگیری از ورود هوا به داخل پمپ .

15- بکار بردن خط بای پس مناسب (اگر خط بای پس خیلی نزدیک به ورودی پمپ نصب گردد ، باعث افزایش دمای سیال ورودی خواهد شد .)

16- جلوگیری از اغتشاش (Turbulence) جریان سیال و فراهم نمودن شرایط عبور سیال در یک سرعت ثابت با استفاده از طول مناسب از لوله صاف (ده برابر قطر ورودی) مابین قسمت ورودی پمپ تا اولین اتصال .

17- بکارگیری چندین پمپ کوچکتر بجای استفاده از یک پمپ بزرگ (هر قدر ظرفیت پمپ افزایش یابد مقدار NPSHR نیز افزایش خواهد یافت و دلیل آن افزایش سرعت سیال می باشد چرا که می دانیم ، هر وقت سرعت سیال افزایش یابد فشار یا هد کاهش خواهد یافت .)