کاویتاسیون در پمپ ها

چکیده:

کاویتاسیون یکی از پدیده هاي مخرب هیدرودینامیکی در جریانهاي تحت فشار ناپایدار است که بروز آن می تواند مو **جب** **خسارات و صدمات گوناگون** در بعضی از سیستمه اي هیدرولیکی نظیر **خطوط انتقال** آب،نفت،شبکه هاي توزیع ،سیستمهاي **پمپاژشود**. در این مقاله سعی شده است به شرح مفاهیم کلی کاویتاسون، و انواع آن در سیستم های هیدرولیکی بویژه در پمپ های گریز از مرکز پرداخته و سپس به صدمات ناشی از این پدیده و را ه های کنترل آن بپردازیم.**پس از آن** تئوری کاویتاسیون و چگونگی دست یافتن به عدد آستانه ی کاویتاسیون را مورد بررسی قرار داده و با نمودار های دبی هد و سرعت مخصوص آشنا شده و چگونگی اثر هد و دبی را بر کاویتاسیون را مورد بررسی قرار می دهیم. هم چنین روش های عملی و آزمایشگاهی را برای بررسی پدیده ی کاویتاسیون را به اختصار شرح داده و در انتها روش جدید برای تشخیص کاویتاسیون در پمپها که توسط کمپانی کانادایی IREQ ارائه شده است را مورد بررسی قرار می دهیم.

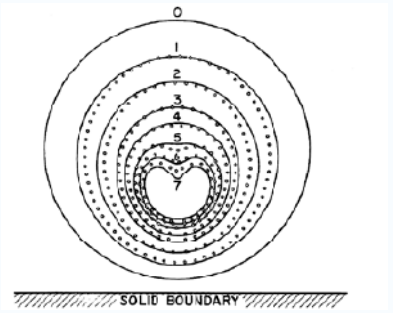
کلمات کلیدی: کاویتاسیون ، پمپ ، دبی ، هد ، NPSH ، هد مکش

مقدمه:

کاویتاسیون چیست:

کاویتاسیون پدیده ای است که در سرعتهای بالا باعث خرابی و ایجاد گودال می گردد . گاهی در یک سیستم هیدرولیکی به علت بالا رفتن سرعت،فشار منطقه ای پائین می اید و ممکن است این فشار به حدی پائین بیاید که برابر فشار سیال در آن شرایط باشد و یا در طول سرریز یا حوضچه خلاءزایی در اثر وجود ناصافیها و یا ناهمواریهای پره ها خطوط جریان از بستر خود جدا شده و بر اثر این جداشدگی فشار موضعی در منطقه جداشدگی کاهش یافته و ممکن است که به فشار بخار سیال برسد . در این صورت بر اثر این دوعامل **بلافاصله مایعي** که در آن قسمت از مایع در جریان است به حالت جوشش درامده و سیال به بخار تبدیل شده و حبابهایی از بخار بوجود **میاید** . این حبابها پس از طی مسیر کوتاهی به منطقه ای با فشار بیشتر رسیده و منفجر میشود و تولید سر وصدا می کند و امواج ضربه ای ایجاد می کند و به مرز بین سیال و سازه ضربه زده و پس از مدت کوتاهی روی مرز جامد ایجاد فرسایش و خوردگی میکند . **تبدیل** مجدد حبابها به مایع و فشار ناشی از انفجار آن گاهی به ۱۰۰۰ مگا پاسکال میرسد . از انجایی که سطوح تماس این حبابها با پره ها بسیار **کوچك مي باشند** و نیروی فوق العاده زیادی در اثر این انفجارها به پره ها وارد می کند. این عمل در یک مدت کوتاه و با تکرار زیاد انجام

می شود که باعث خوردگی پره های پمپ شده و به تدریج ایـن خوردگیهـا تبـدیل بـه حفـره هـای بـزرگ مـی شـوند . ایـن مرحلـه را : cavitation pitting Cavitation erosion or مي نامند. در پمپ هاي با دبي بالا چون سرعت سیال فوق العاده زیاد مـی باشـد ,در نتیجه نا صا فیهای حتی در حد چند میلیمتر هم می تواند باعث ایجاد جدا شدگی جریان شود .هر نوع روزنـه بـا برامـدگی تعـویض ناگهانی سطح مقطع هم می تواند باعث جدایی خطوط جریان شود .



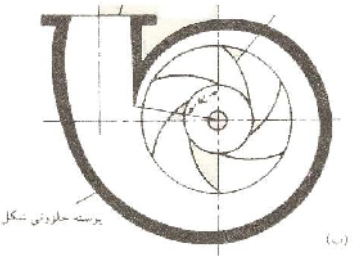
شـکل ۷ -۶ فروپاشـی یـک حبـاب کاویتاسـیون نزدیـک بـه یـک مرز جامـد .

فاکتورهای موثر در پدیده کاویتاسیون :

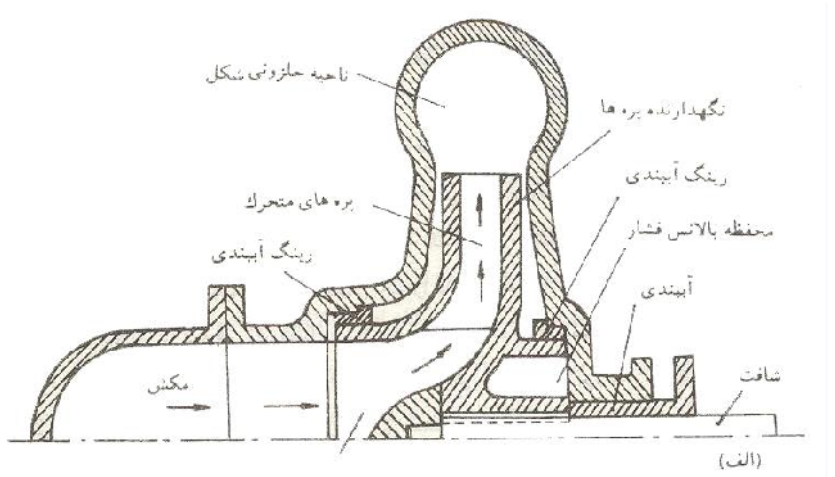
در طی حداقل ۲۰سال تجربه و بررسی عملکرد پمپ ها (شامل مدل و نمونه های مشابه دینامیکی) ایـن طـور نتیجـه گیـری شـده کـه کاویتاسیون در اثر عملکرد مجموعه ای از عوامل و شرایط است . معمولا یک عامل به تنهایی برای ایجاد مسئله کاویتاسیون کـافی نیسـت ولی ترکیبی از عوامل هندسی و هیدرودینامیکی و فاکتورهای وابسته دیگر ممکن است منجر به خسارت کاویتاسیون گردد . از مهمتـرین عواملی که می توانند در این زمیه ممکن است دخیل باشند می توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱.عوامل هندسی : که شامل موارد زیر می شود .

۱. ناهمواریهای سطحی پره ها ,خصوصا برامدگیها و فرورفتگیهای موضعی
۲. - درزهای ساختمانی
۳. - جدا کننده جریان ودفلکتورها deflector & Flow splitter
۴. - دهانه مجاری و لوله pipe & Ports of ducts
۵. شکل نازل وروردی
۶. - تغیر در شکل عبور جریان Change of water passage shape
۷. - انحنا یا انحراف در مسیر جریان در آبراهه Misalignment of conduit



شکل ۹-۱: شکل شماتیک ساختمان پمپ گریز از مرکز



۲.عوامل هیدرودینامیکی :

۱. دبی مخصوص
۲. سرعت جریان
۳. عملکرد پمپ
۴. توسعه لایه مرزی

۳.عوامل متفرقه :

۱. انتقال حرارت در طی عمل پمپاژ
۲. درجه حرارت آب
۳. تعداد واندازه حبابهای درون آب Diffusion of air
۴. پراکندگی هوا

انواع کاویتاسیون که ممکن است در پمپ ها اتفاق بیافتد:

- کاویتاسیون تبخیری (نارسایی NPSHa) :

شایعترین نوع کاویتاسیون می باشد و حدود ۷۰٪ از کاویتاسیون ها را در بر می گیرد. برای جلوگیری از این نوع کاویتاسیون، مقدار NPSHa در سیستم باید از مقدار NPSHr(حداقل انرژی مورد نیاز پمپ که توسط کارخانه سازنده توسط منحنی هایی به همراه کاتالوگ پمپ ارائه می گردد) بیشتر باشد.برای جلوگیری از صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون، راهکار های زیر پیشنهاد می گردد:

۱. کاهش دما که مقدار هد ناشی از فشار بخار سیال را کاهش دهد، هرچه دما کمتر باشد در نتیجه فشار اشباع متناظر به آن کمتر خواهد شد و در نتیجه احتمال کمتر شدن این فشار نسبت به فشار داخل پمپ افزایش می یابد . بنابراین وقتی خواستید که سیال با دمای بالا را پمپ کنید بسیار باید به این نوع کاویتاسیون دقت کنید.

۲. افزایش تراز مایع در مخزن مکش که مقدار هد استاتیکی را افزایش می دهد.

۳. بهبود و اصلاح پمپ شامل موارد زیر :

۴. کاهش سرعت که مقدار Hf(هد ناشی از افت) را کاهش می دهد.
۵. افزایش قطر چشمه پره
۶. بکار بردن دو پمپ کوچکتر بصورت موازی که موجب کاهش افد هد می شود.

در این شرایط مایع مجبور می شود از ناحیه پر فشار پمپ به طرف ناحیه کم فشار آن در عرض پره بازگردش کند. وقتی در قسمت مکش یا تخلیه جریان گردابی ایجاد می شود که ناشی از سرعت بالای سیال می باشد جریان سیال برعکس شده و در خلاف جریان حرکت جریان عادی سیال باز گردش می کند.

باز گردش سیال باعث می شود که قطر مفید عبور سیال در قسمت مکش و تخلیه کاهش یابد و باعث کاهش فشار سیال گردد(مطابق اصل برنولی). با کاهش فشار و رسیدن فشار به فشار بخار سیال پدیده کاویتاسیون ایجادمیشود.

این نوع کاویتاسیون به دو حالت اتفاق می افتد :

اول اینکه مایع داخل محفظه پمپ با سرعت موتور باز گردش کرده و یکباره حرارتش افزایش پیدا کرده و فوق گرم می شود.دوم وقتی که سیال مجبور می شود که از میان آب بند ها و درزهای بین قطعات به سرعت عبور کند در این حالت حرارت بالا باعث تبخیر مایع خواهد شد.صدمات ناشی از کاویتاسیون در پمپ های باز بیشتر در لبه تیغه های ایمپلر سمت چشم پره و در نوک تیغه ها تا قطر خارجی ایمپلر اتفاق می افتد. در پمپ های با ایمپلر بسته این صدمات روی نوار های سایشی بین پرهو بدنه محفظه ایجاد می شود.برای بهبود و تصحیح شرایط در حالت ایمپلر باز باید ایمپلر را به گونه ای تنظیم کرد که تلرانس بین تیغه ها و محفظه دقیقا تصحیح شود.در پمپ های پره بسته امکان تصحیح شرایط نیست اما لازم است جریان محصور شده در قسمت تخلیه پمپ آزاد شود. فضای آزاد بین نوک پره و زبانه باید معادل ۴٪ قطر پره باشد. صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون بیشتر در نوک تیغه های خارجی پره و پشت زبانه، روی دیواره محفظه داخلی دیده می شود.

- کاویتاسیون از نوع مکش:

مکش هوا می تواند به اشکال مختلف در لوله ها و نقاط دیگر پمپ اتفاق بی افتد. مثلا در صورت ایجاد خلا در پمپف هوا می تواند به درون لوله ها وارد شود. یکی از این نمونه ها پمپبالاکش (Lift pump) می باشد. هوا از راههای زیر می تواند وارد پمپ شود.

۱. آببند شفت پمپ
۲. آببند ساق متصل به صفحه شیر در لوله مکش
۳. رینگ های اتصالی لوله مکش
۴. واشر های آب بند صفحه فلنج در اتصالات لوله
۵. ارینگ ها و اتصالات پیچی در قسمت مکش
۶. ارینگ ها و آب بندهای ثانویه در آب بندهای تک
۷. سطوح آب بندهای مکانیکی تک
۸. از طریق حباب ها و حفره های هوا در لوله مکش
۹. از طریق مایعات کف کننده

راه های جلوگیری از کاویتاسیون نوع مکش هوا:

۱. آب بندی و بستن تمام سطوح، صفحات فلنج ها و واشر ها
۲. درزبندی و بستن رینگ های آب بند و آببندهای ساقه متصل به صفحه شیر در لوله مکش
۳. نگه داشتن سرعت سیال به میزان ۸ فوت بر ثانیه (با افزایش قطر لوله)
۴. استفاده از آب بند های مکانیکی دوبل
۵. در راه اندازی پمپ های گریز از مرکز حتما باید به این نکته توجه داشت که لوله و پمپ از آب پر باشند، زیرا که این پمپ ها بدلیل ایجاد مکش نمی توانند هوای باقی مانده در لوله را پمپ نمایند.بهمین دلیل همیشه در راه اندازی شیر خروجی بسته است و شیر ورودی باز می ماند. از طرف دیگر آمپر راه اندازی پمپ کاهش می یابد و در نتیجه به موتور آسیبی نمی رسد.

۶. در پمپ های گریز از مرکز اگر پمپ کردن دبی بیشتر از سیال مورد نظر باشد، از پمپ های نوع جریان شعاعی بهره میگیریم.

۷. در پمپ های گریز از مرکز اگر فشار سیال دارای اهمیت باشد، از پمپ های محوری کمک می گیریم.

۸. تیغه های منحنی شکل در درون پروانه پمپ راندمان بالاتری از تیغه های کاملا صاف و شعاعی دارند.

۹. نابالانسی در پمپ های گریز از مرکز به هر دلیلی که رخ دهد می تواند باعث آسیب رساندن به پمپ و مخصوصا روتور و قطعات سوار شده بر روی آن گردد.

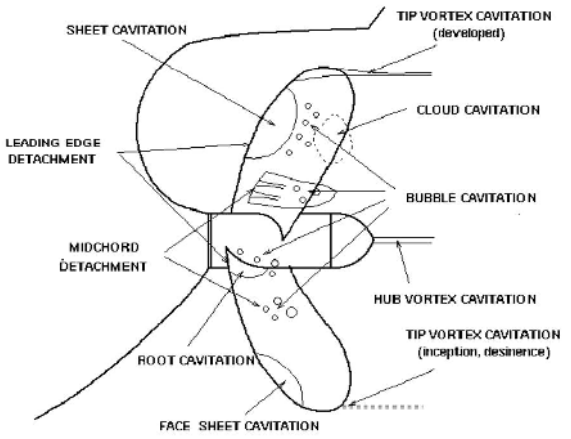
۱۰. در پمپ ها از بروز کاویتاسیون باید جلوگیری نمود که این کار را می توان با روش های مذکور انجام داد:

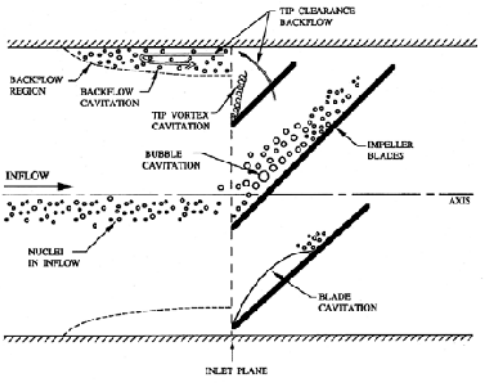
- دور کردن خم ها و شیرها از محل ورودی پمپ تا میزان تجربی حداقل ۳ برابر قطر لوله
- جلوگیری از پائین آوردن میزان کار پمپ تا کمتر از ۱۰ درصد راندمان آن تا از ایجاد فشار بیش از اندازه در محلی بعد از پروانه پمپ جلوگیری شده و احتمال بروز خلاء و در نتیجه کاویتاسیون کم شود.
- در نظر گرفتن قطر مناسب لوله ورودی تا از افت فشار در قبل از ورودی پمپ و در نتیجه بروز خلاء و کاویتاسیون اجتناب نمود. .

کاویتاسیون را می توان رفتار خلل و حباب هایی دانست که در سیال بوجود می آیند. از نظر رفتاری کاویتاسیون را می توان به دو دسته تقسیم بندی نمود:

۱. کاویتاسیون غیر فعال (گذرا)
۲. کاویتاسیون فعال

کاویتاسیون غیرفعال: فرایندی است که یک خلل یا حباب در سیال به سرعت از بین می رود و یک موج ضربه بوجود می آورد. این نوع کاویتاسیون اغلب در پمپ های شعاعی، رخ دهد.





کاویتاسیون غیر فعال ابتدا در اواخر قرن نوزدهم توسط Rayleigh Lord وقتی از بین رفتن یک خلل کره ای را در یک سیال مشاهده نمود، بررسی شد. وقتی یک حجم مایع در معرض یک فشار کم کارامدی قرار می گیرد، مایع می ترکد و یک حفره تشکیل می دهد. این پدیده آغاز کاویتاسیون نامیده می شود و می تواند در پشت تیغه یک ملخ یا پروانه که به سرعت می چرخد یا هر سطح دیگری که در زیر آب با اندازه و شتاب کافی ارتعاش می کند، رخ دهد. چنین حباب کاویتاسیون با فشار کم درون مایع، به خاطر فشار بالاتر محیط از بین می رود. همانطور که حباب از بین می رود، فشار و دمای بخار درون آن افزایش می یابد. در نهایت حباب به کسر کوچکی از اندازه اصلی خود تبدیل می شود که در این نقطه گاز درون حباب به محیط مایع پراکنده شده و یک مقدار انرژی زیادی را به شکل موج ضربه صوتی و نور مرئی رها می سازد. در نقطه فروپاشی کلی دمای بخار درون حباب می تواند چندین هزار درجه کلوین و فشار آن چند صد اتمسفر باشد.

کاویتاسیون غیرفعال می تواند در حضور یک میدان صوتی نیز رخ دهد. حباب های گاز میکروسکوپی که عموما در یک مایع حضور دارند بدلیل بکار گرفتن میدان صوتی مجبور به نوسان می شوند. اگر چگالی صوتی به مقدار کافی بالا باشد، حباب ها ابتدا از لحاظ اندازه رشد می کنند و سپس به سرعت فروپاسیده می شوند. بنابراین کاویتاسیون غیر فعال حتی اگر کاهش فشار مایع برای خلل مشابه مشاهده Rayleigh کافی نباشد، می تواند رخ دهد. حمام های فراصوتی معمولا از کاویتاسیون غیرفعال حباب های گاز میکروسکپی برای فرسایش چرک از مواد استفاده می کنند. عمل کاویتاسیون بسیار شبیه به جوشش می باشد. اما تفاوتی که بین این دو فرایند وجود دارد بصورت زیر است. جوشش وقتی رخ می دهد که انرژی مایع به حدی برسد که بر فشار محیط غلبه کند و به عبارتی افزایش فشار دارد. اما در کاویتاسیون مایع افت فشار را تا حدی ادامه می دهد تا به فشار اشباع رسیده و شروع به تبخیر نماید.

کاویتاسیون فعال: فرایندی است که حباب های کوچک در یک مایع به نوسان در حضور یک میدان صوتی، وقتی شدت میدان صوتی برای فروپاشی کلی حباب ناکافی باشد، واداشته می شوند. این شکل از کاویتاسیون فرسایش بسیار کمتری نسبت به کاویتاسیون غیرفعال را سبب می شود و اغلب برای پاک کردن مواد ظریف مانند قطعات پنجره ای سیلیکون استفاده می شوند.

معایب کاویتاسیون در برخورد حباب های کوچک شده با دمای بسیار بالا و دارای موج ضربه با سطوحی مانند پروانه کشتی و پمپ ها می باشد.

کاویتاسیون :

- صدای زیادی تولید می کند
- اجزاء را تخریب می کند
- ارتعاشات تولید می نماید
- راندمان را کاهش می دهد.
-

- ***متلاشی شدن حباب ها***:
- متلاشی شدن حباب های کاویتاسیون ممکن است فشاری به بزرگی ۱۰۰ اتمسفر را ایجاد کنند نیروهای با این بزرگی میتوانند باعث تغییر شکل پلاستیکی در بسیاری از فلزات شوند.خسارت حبابی ناشی از تاثیر هم زمان خوردگی و تنش های مکانیکی است و بدین ترتیب متلاشی شدن حباب های بخار پوسته های سطحی محافظ را از بین میبرد شکل ۱ این موضوع را به صورت شماتیکی نشان داده است.
- مراحل طی این پدیده به صورت زیر است.
- ۱ روی پوسته محافظ حباب تشکیل میشود.
- ۲ حباب ترکیده و پوسته را از بین میبرد.
- ۳ سطح جدید فلز در معرض محیط خورنده قرار میگیرند و پوسته محافظ مجددا تشکیل میشود.
- ۴ در همان محل یک حباب دیگر تشکیل میگردد.
- ۵ حباب ترکیده و پوسته را از بین میبرد.
- ۶ سطح جدید فلز در معرض محیط خورنده قرار میگیرد و پوسته محافظ مجددا تشکیل میشود.
- تکرار این عمل منجر به ایجاد حفره های عمیق میشود و میزان خوردگی افزایش میابد.

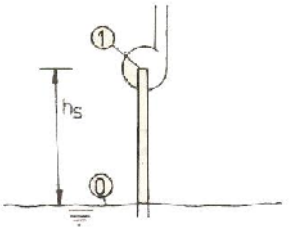
مزایا: با وجود آنکه کاویتاسیون در بسیاری از محیط ها مطلوب نمی باشد، اما همیشه بدین صورت نیست. از کاویتاسیون نیز می توان سود برد. به عنوان مثال از کاویتاسیون در ابزارهای پاک کننده فراصوتی استفاده می شود. این ابزارها کاویتاسیون را با امواج صوتی تولید کرده و از فروپاشی حباب ها برای تمییز کردن سطوح بهره می گیرند. این کاربرد مفید نیاز به مواد شیمیایی مضر را در برخی موارد از بین می برند. همچنین از کاویتاسیون در برخی مایعات برای هموژنیزه کردن استفاده می کنند. و در نهایت در تصفیه و خالص سازی آب نیز می توان از کاویتاسیون بهره برد.

-مشخصه کاویتاسیونی:

برای مشخص کردن قابلیت کاویتاسیون سیستم در سیال در حال جریان از پارامتر کاویتاسیون استفاده میشود این پارامتر به صورت زیر تعریف میشود

$$\Delta = \frac{2(P - P_V)}{\rho V^2}$$

که در آن P برابر فشار مطلق و P_V برابر فشار بخار مایع و ρ چگالی مایع V و برابر سرعت مرجع یا سرعت غیر همگن میباشد پارامتر کاویتاسیون شکلی از ضریب فشار است. در دو سیستم مشابه هندسی باید مایل به کاویتاسیون یا درجه کاویتاسیون ایجاد شده برای مقادیر یکسان دلتا برابر باشد. وقتی دلتا مساوی صفر است فشار مایع به فشار بخار رسیده و جوشیدن اتفاق می افتد. ضریب دلتا مشخص کننده ظرفیت مکش حد اکثر در نقطه بهره برداری است.شکی دیگر ضریب به صورت روبه رو است.



شکل ۹-۱۳: ارتفاع مکش پمپ

$$\Delta = \frac{(Ha - Hi)H_V}{H} = \frac{NPSH}{H}$$

که H_a فشار هوا H_V فشار بخار آب و H هد کل تامینی توسط پمپ می باشد.

این فرمول نتیجه تحلیلی معادله برنولی است به طوری اگر معادله مذکور را (با صرفه نظر کردن از افت در لوله ها بین نقطه ۱ و مخزن) بین قسمت خروجی نقطه ۲ و سطح آزاد آب بنویسم داریم:

$$H = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} = H_2 - H_1$$

$$\frac{p_2}{\rho g} - \frac{V^2}{2g} + hs = \frac{p_a}{\rho g} \quad -0-0$$

اگر در معادله برنولی بالا طرفین را بر H ارتفاع نظیر (انرژی کل داده شده از طرف پمپ به سیال) تقسیم کنیم خواهیم داشت:

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{p_a}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - hs$$

$$\frac{V^2}{2g} \times \frac{1}{H} = \left[\frac{p_a}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - hs\right] \times \frac{1}{H}$$

و اگر به جای h_S در معادله فوق H_i (هد مکش پمپ) قرار دهیم معادله زیر بدست می آید:

$$\Delta = \frac{V^2}{2gh} = (H_a - H_i - H_v) \times \frac{1}{H} = \frac{NPSH}{H}$$

فاکتور $H_s - H_i - H_v$ را ارتفاع کلی مکش NPSH میگویند که مقدار آن بیش تر از ارتفاع فشار بخار مایع یا ماکسیمم فشار نقطه ۱ میباشد باید در نظر داشت که حداکثر سرعت دورانی پمپ ها بوسیله ارتفاع مکش مثبت تعیین میشود.البته ضریب دلتا یک اندازه بحرانی هم دارد که آنرا با نماد دلتاc نمایش میدهند.

دلتای مقدار بحرانی موقعی بدست می آید که کاویتاسیون تقریبا شروع میشود.و این مقدار توسط آزمایش های عملی حاصل میشود.کاویتاسیون زمانی اتفاق می افتد که ضریب کمتر از دلتای بحرانی باشد و لذا کنترل این پدیده میتواند توسط این پارامتر صورت پذیرد.لذا بایستی عدد کاویتاسیون کمتر از مقدار بحران تعیین شده نباشداگر فرمول فوق را بر حسب H_i مرتب کنیم به معادله زیر میرسیم:

$$Hi = H_a - H_v - H_c$$

اگر به جای دلتا مقدار بحرانی آنرا قرار دهیم آنگاه میتوانیم ماکسیمم هد مکشی را تعیین کنیم.

$$Hi = H_a - H_v - H \times \Delta$$

با توجه به فرمول روبرو میتوان دریافت که هد مکشی فقط میتواند در محدوده ای تغییر کند.وجود این محدودیت خود از موارد نامطلوب در طراحی است.کاویتاسیون تابع سرعت مخصوص و راندمان و تعداد پره ها نیز است چنان چه میدانیم سرعت دورانی مخصوص به نحوی تعریف شده است که کلیه ابعاد هندسی چرخ توربو ماشین خیالی با پمپ مفروض مشابه باشد.به شرطی که به جای آب دهیQ و ارتفاع آب رسانیH پمپ مذکر قادر باشد دبی ۱ متر مکعب بر ثانیه را به ارتفاع ۱ متر بالا ببرد.که بایستی به محور آن پمپ بدهیم.برابر ۱۰۰۰ کیلو گرم متر بر ثانیه باشد.انگاه سرعت دورانی آن سرعت دورانی مخصوص است سرعت دورانی مخصوص یا با معلوم بودن مقادیرQ وH وN توسط فرمول زیر بدست می آید. معمولاً ، توربو ماشين ها به نحوی طراحي مي شوند که حداکثربهره آنها در سرعت مخصوص رخ دهد . بنابراين درمنحني بهره در مقابل سرعت مخصوص ، هندسه پمپ ، ND (سرعت طراحي) ، طراحي باعث مي شود که بيشينه منحني ، در سرعت مخصوص بهينه قرا ر گيرد.

$$N_s = N = \frac{Q^{0.5}}{H^{0.75}}$$

مقدارQ با سرعت دورانی متناسب است و قدرتی که توسط محور پمپ جذب میشود نیز با توان سوم سرعت دورانی متناسب میباشد بنابر این تعیین سرعت دورانی اپتیمم از این جهت حائز اهمیت است.

حال با این مقدمه مقدار بحرانی تعیین شده که توسط آزمایش تجربی صورت گرفته را میتوان برابر با معادله زیر در نظر گرفت:

$$\Delta C = 1.042 \times 10^{-3} N_s^{\frac{4}{3}}$$

در واقع میتوان نتیجه گرفت که پارامتر کاویتاسیون با سرعت مخصوص پمپ رابطه مستقیم دارد.

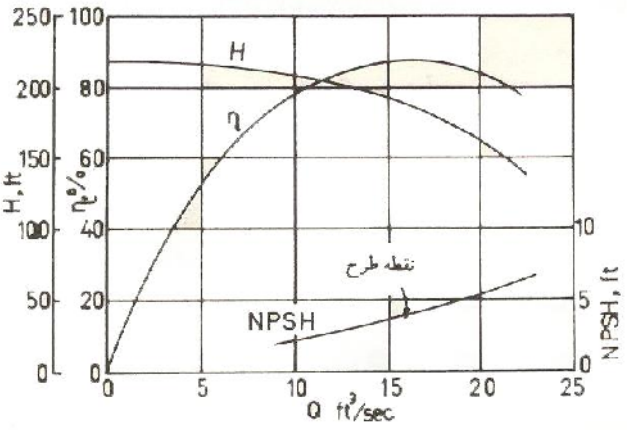
پمپ های محوری پمپ هایی هستند که دبی زیاد را در هد های کم انتقال میدهند یعنی سرعت مخصوص زیاد دارند. لذا چنین استنباط میشود که پارامتر کاویتاسیون آنها تا حدودی از پارامتر کاویتاسیون انواع دیگر پمپ ها بیشتر باشد و خطر کاویتاسیون آنها به مرتب بیشتر باشد.

طراحي براي بهترين عملكرد در يک طبقه بندی باید تحت یک بررسي هايي که روی منحني هـای دبـي بـا تـوان و هـد و رانـدمان صورت ميگيرد.

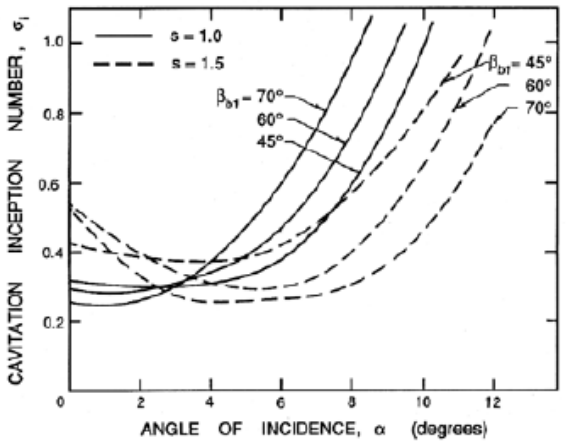
منحني هايي که رابطه هد تاميني و توان و راندمان پمپ را با دبي نشان ميدهد بسيار حايز اهميـت هسـتند زيـرا ايـن منحنـي هـا اطلاعات مفيدی را راجع به عملكرد بهينه پمپ ارائه ميدهند كاربرد پارامتر های اصلي پمپ به اين جهـت حـائز اهميـت اسـت كـه ماكسيمم راندمان فقط وقتي مطرح ميشود كه پارامتر ها اپتيمم مقدار خود را داشته باشند و پمپ ميبايست در سرعت طراحي كـه روی خط طراحي شده قرار گرفته كار كند.

-بحث روی منحنی های دبی نسبت به هد و توان خروجی و راندمان:

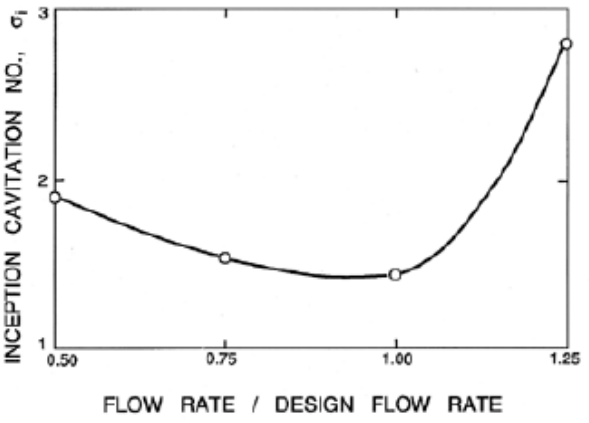
بهترين راندمان هيدروليكي در سرعت های مخصوص بالا بدست مي آيد و افت راندمان در آن سرعت هـای بـالا عمـدتا در قسـمت های ورودی پمپ بوجود مي آيد.پمپ هايي كه دبي زياد را در هد كم انتقال ميدهند (مانند پمپ محوری) دارای سرعت مخصـوص بـالا خواهـد بـود و لـذا اينگونه پمپ ها راندمان بيشتری نسبت به انـواع ديگر پمپ هـا خواهنـد داشت.



شکل ۹-۱۴: منحنی تغییرات هد ، راندمان و NPSH برحسب دبی



شکل ۱۶-۵ عدد کاویتاسیون شروع σ_i (یا $-C_{pmin}$) ، بعنوان تابعی از زاویه پره β_{b1} ،استحکام s و زاویه برخورد α ، برای ردیفه متشکل از هیدروفویل های NACA-65-010 .



شکل ۱۷-۵ تغییرات عدد کاویتاسیون شروع ، با گذر جریان برای یک پمپ سانتریفوژ

آزمایش های مختلف نشان میدهند که همیشه برای یک سرعت مخصوص یک نوع پمپ معین وجود دارد که داری بهترین بازده است یا به عبارت دیگر برای داشتن بهترین مشخصات تجربی پمپ یک دبی معین روی خط Design Condition وجود د ارد از طریق دبی مذکور میتوان توسط دیاگرام شکل ۱۴.۹ سرعت مخصوص پمپ را بدست آوریم.نتایج حاصل از آزمایش ها ی تجربی که روی پمپ محوری صورت گرفته حاکی از آن است که با افزایش دبی هد تامینی رفته رفته کاهش مییابد ولی کاهش یا افزایش توان خروجي منظم نیست و چنانچه روی منحنی های مربوطه نشان داده شده است دبی اپتیمم روی خط Design Condition قرار دارد و در بررسی های بعدی ملاحظه می کنیم که با افزایش درجه پروانه پمپ (مثلا از ۱۵ درجه به ۲۲ و به ۲۹ درجه) دبی اپتیمم در دبی های بالا بدست می آید نتیجه ای که از این آزمایش تجربی میگیریم این است که سرعت مخصوص اپتیمم نیز با افزایش درجه پروانه پمپ افزایش خواهد داشت.

روش های مطالعه آثار کاویتاسیون در پمپ:

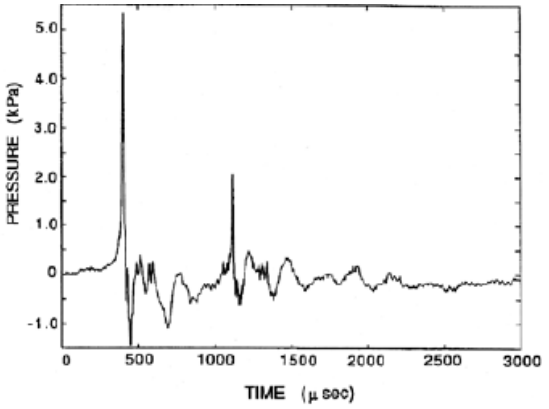
در این قسمت سه روش که برای مطالعه کاویتاسیون وجود دارد را ذکر میکنیم

۱ مشاهده غیر مستقیم توسط تعیین اثر کاویتاسیون در کارایي پمپ بر حسب افت هد یا افت در راندمان.

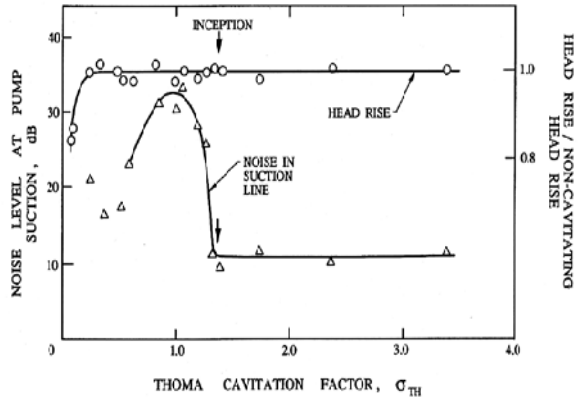
۲ مشاهده مستقیم توسط ابزار دیداری و عکسبرداری و بررسی دینامیک حباب ها(در این روش مطالعه به وسایل پیچیده فوتوگرافیکي نیاز است.)

۳ مشاهده غیر مستقیم توسط اندازه گیری صدای تولید شده توسط کاویتاسیون در یک پمپ.(صدا در یک پمپ نوسانات فشار سکون در یک نقطه است.)

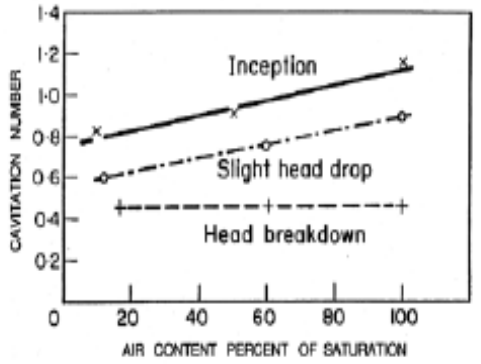
مطالعات نشان میدهد که با شدت گرفتن کاویتاسیون صدا ها با فرکانس بالا تولید میشود بنابر این وجود کاویتاسیون با اندازه گیری چنین صداهایی قابل تشخیص است.



شکل ۱۱-۶ سیگنال نمونه صوتی ناشی از یک حباب در حال فروپاشی



شکل ۱۳-۵ افزایش ارتفاع و صدا در خط مکش بصورت تابعی از ضریب کاویتاسیون Thoma (σ_{TH}) برای یک پمپ سانتریفوژ .



شکل ۱۴-۵ اثر هوای محلول ، در اعداد بحرانی کاویتاسیون در یک پمپ سانتریفوژ.

برای اندازه گیری کارکرد پمپ ها در قبال کاویتاسیون تجهیزات ویژه مورد نیاز است.این تجهیزات عبارتند از :
{مخزن آب مناسب و با کیفیت مخصوص و فراهم نمودن انرژی مکانیکی لازم پمپ و اندازه گیری آن} و {تجهیزات لازم برای اندازه گیری لزجت جریان و مقدار فشار مکش پمپ و اندازه دما}و{بعضی وسایل مخصوص برای اندازه گیری صدا)

اندازه گیری افت ناشی از پدیده کاویتاسیون:

آزمایش های گوناگون نشان میدهد که پمپ در اثر پدیده کاویتاسیون مواجه با افت ۱% در بازده و ۳% در هد تـامیني خواهـد بـود. البته اندازه گیری این ۲ کمیت نیاز به تجهیزات دقیق دارد.ضمنا اینگونه آزمایش ها که کالیبراسیون مداوم و مرتـب نیـاز دارد.بنـابر این ضروری است که استاندارد های داخلي کالیبراسیون و سرویس های آزمایشگاهي را برای انجام کالیبراسیون به خدمت بگیریم.

نتیجه گیری *کلي این مباحث عبارت است از :*

۱ *در اثر پدیده کاویتاسیون به دنبال* ۳% *افت در هد* ۱% *افت در راندمان خواهیم داشت.*

۲ *با افزایش* Npsh شیب منحني(Npsh)تا حدی *نند بوده ولي ا ز یک حد به بعد شیب منحني مذکور حالـت ملایـم بـه خود میگیرد و اکثرا محدودیت در تغییرات دیده میشود.*

روشی جدید برای تشخیص کاویتاسیون در پمپها:

مؤسسه IREQ در کانادا روش جدیدی را ارائه داده که با مطالعه وضعیت ارتعاشات محور پدیده فوق بدقت مورد مطالعه قرار می گیـرد. اصول و مکانیزم کار این روش بر پردازش سیگنال های ارتعاشی محور توربین می باشد، که توسط سنسورهای ارتعاشی نصب شده بر روی یاتاقها اندازه گیری می شود. با پردازش این سیگنالها میتوان محل ومیزان شدت پدیده کاویتاسیون را با دقت مناسبی تعیـین و مشـخص کرد.

استفاده از این روش دارای مزایای زیر می باشد:

۱. تشخیص و محل یابی دقیق پدیده کاویتاسیون
۲. وضعیت بهره برداری که تحت آن پدیده سایش رخ می دهد دقیقا مشخص می شود
۳. امکان اعمال تعمیرات پیشگیرانه وجود خواهد داشت
۴. بازرسی دوره ای لازم نیست
۵. تعمیرات پرهزینه لزومی ندارد
۶. افت های عملکرد کاهش می یابند

فرآیند بکارگیری این روش به ترتیب زیر می باشد :

۱. تعبیه حس کننده لرزش یاتاقان
۲ . کالیبره کردن مکانیکی حس کننده ها
۳. پردازش سیگنال خروجی
۴. آنالیز هیدرو دینامیکی
۵. ارزیابی وسعت منطقه کاویتاسیون شده و جرم از دست رفته

کاربردهای این روش در موارد زیر می باشد:

۱. نظارت پیوسته بر عملکرد پمپ
۲. انجام آزمایش های اولیه بر روی مدل یا نمونه اولیه
۳. بررسی تأثیر تعمیرات انجام شده

فهرست منابع:

۱ . توربوماشین ها تئوری، طراحی و کاربرد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ابراهیم شیرانی، ۱۳۷۳

2- Hydrodynamicsof Pumps by Christopher Earls Brennen *California Institute of Technology Pasadena, California* Translated by Mohamad Shahrokhani ,2003

3- turbo machines design & theory by Yaya 3rd edition ,2003

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional