



Namatek
True Education

www.namatek.com

Pump's Cavitation

پدیده کاویتاسیون یا
حباب زایی و علل
پیدایش آن

فهرست مطالب

۱. چرا کاویتاسیون اهمیت دارد؟
۲. مراحل شکل گیری پدیده کاویتاسیون
۳. علت ایجاد کاویتاسیون
۴. چه قطعاتی در معرض کاویتاسیون قرار دارند؟
۵. کاربرد کاویتاسیون

کاویتاسیون یا حفره سازی یکی از پدیده های طبیعی است که صرفاً در مایعات اتفاق می افتد. منظور از کاویتاسیون تشکیل ذرات ریز حباب در مایع است. در شکل زیر، یک پروانه قایق را مشاهده می کنید که با سرعت زیاد، در حال چرخش در آب می باشد.



در اثر سرعت زیاد، حجم عظیمی از حباب های ریز تشکیل می شوند. همانطور که در شکل مشاهده می کنید، حباب های ریز، به صورت خطوطی از حباب، در سیال گسترش می یابند. با مطالعه این متن به جواب تمام سوالات درباره حباب زایی خواهید رسید.

#۱ چرا کاویتاسیون اهمیت دارد؟

کاویتاسیون (Cavitation) در بسیاری از موارد، یک اتفاق نامطلوب است. در دستگاه‌هایی مانند پمپ‌ها و پمپ‌ها، کاویتاسیون باعث ایجاد سر و صدای زیاد، آسیب به قطعات، لرزش و از بین رفتن راندمان می‌شود. البته که در مواردی که در همین نوشته به آن‌ها اشاره می‌کنیم دارای کاربرد مثبتی نیز هست. حفره سازی باعث ایجاد فرسودگی زیاد در اجزای سازنده سیستم می‌شود و می‌تواند طول پروانه یا پمپ را به طور چشم گیری کاهش دهد.



#۲ مراحل شکل گیری پدیده کاویتاسیون

به وجود آمدن کاویتاسیون دو مرحله دارد.

- تشکیل حباب در مایع
- تخریب در اثر از بین رفتن حباب

ابتدا تشکیل حباب و در ادامه تخریب اجسام را بررسی می کنیم. اما برای درک درست این دو مرحله باید با بعضی از قوانین ترمودینامیکی نیز آشنا باشید. سعی ما بر این است که قوانین ترمودینامیکی مرتبط با کاویتاسیون را به زبان بسیار ساده شرح دهیم.

#۱-۲ قوانین ترمودینامیکی مرتبط با کاویتاسیون

تمامی مایعات در دما و فشار مشخصی به حالت اشباع در می آیند (یعنی در آستانه تبدیل به حالت بخار قرار می گیرند) هرچقدر دما بیشتر شود، مایع به حالت اشباع نزدیک تر می شود. درک این مسئله برای همه آسان است چون تجربه بخارشدن و تشکیل ذرات بخار در آب کتری (در حال جوش آمدن) را مشاهده کرده اند.



علاوه بر دما، فشار مایع نیز به شدت اهمیت دارد، هرچقدر فشار از روی مایع برداشته شود، مایع به حالت اشباع نزدیک تر می شود چون راحت تر می تواند به بخار تبدیل شود. از طرف دیگر هرچقدر فشار روی مایع، بیشتر شود، مایع سخت تر به حالت بخار تبدیل می شود یعنی از حالت اشباع دورتر می شود. بنابراین، اگر فشار کم شود یا دمای سیال زیاد شود، مایع به حالت اشباع نزدیکتر می شود و اگر فشار زیاد شود یا دما کم شود، مایع از حالت اشباع فاصله می گیرد. اکنون می توانیم مرحله اول کاویتاسیون، یعنی دلیل تشکیل حباب، در پروانه در حال چرخش را توضیح دهیم.

#۲-۲ تشکیل حباب در مایع

وقتی یک جسم به سرعت در مایع حرکت می کند (مانند یک پروانه چرخان در آب) در حین برخورد به ذرات آب، تغییرات جزئی در فشار آن ها به وجود می آورد. به شکل زیر نگاه کنید، یک پروانه پمپ سانتریفیوژ را مشاهده می کنید که فلش سیاه، جهت چرخش آن را نشان می دهد.



در اثر این چرخش، ناحیه ای که با مرحله یک نشان داده شده دچار خلاء می شود یعنی فشار آن ناحیه به شدت کاهش می یابد و در اثر این کاهش فشار، مایع وارد حالت اشباع می شود. ورود مایع به حالت اشباع باعث تشکیل ذرات حباب در مایع می شود. بنابراین مرحله اول تشکیل کاویتاسیون، کاهش فشار موضعی و تشکیل حباب در مایع است. این حباب تشکیل شده در ادامه حرکت خود به نقطه مرحله دوم (در شکل بالا) می رسد و اتفاقاتی را به وجود می آورد که در ادامه متن، این اتفاقات را بررسی می کنیم.

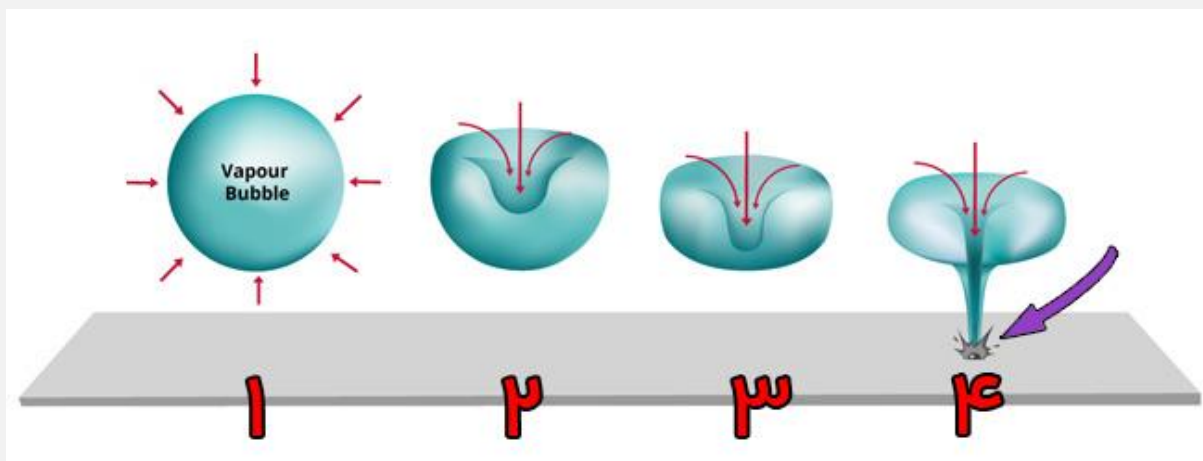
#۲-۳ تخریب در اثر از بین رفتن حباب

همانطور که در بخش قوانین ترمودینامیکی اشاره کردیم، هنگامی که فشار زیاد شود، مایع از حالت اشباع دور می شود. در مرحله دوم، همین اتفاق می افتد. یعنی فشار مایع در نقطه مرحله دوم (در شکل بالا) افزایش می یابد و حباب از بین می رود. به بیان دیگر، وقتی که حباب ها با پروانه درگیر می شوند، فشار مایع دوباره افزایش می یابد و موجب می شود تا حباب ها از هم گسیخته و نابود شوند. این از بین رفتن حباب چه اثراتی را به وجود می آورد؟ پس از نابودی حباب ها، سیالات پیرامون، برای حفظ پیوستگی سیال به محل تشکیل حفره هجوم می آورند که نتیجه آن، ایجاد یک تونل پر فشار از مایع به نام میکروجت هاست.

به شکل زیر نگاه کنید.

در مرحله ۱، فشار به وجود آمده در سیال، به حباب فشار می آورد و چون داخل حباب خلاء می باشد، سیال قصد دارد به سرعت داخل حباب نفوذ کند.

در مرحله دوم تا چهارم تنها یکی از خطوط سیال جهنده (یا همان میکروجت) به داخل حباب، نشان داده شده.



این خطوط در حد ماکروسکوپی هستند و انرژی زیادی دارند و پس از عبور از حباب با انرژی زیاد به سطح جسم برخورد می کنند. در اثر برخورد میکروجت به سطح قطعه یک تخریب کوچک ذره بینی در جسم به وجود می آید (با فلش بنفش نشان داده شده) و به مرور زمان، به علت تعداد دفعات زیاد، قطعه کاملاً تخریب می شود. در واقع جمعیت میلیونی از میکروجت ها به همراه تکرار شونده‌گی، می توانند هر متریال مستحکمی را از پای درآورد.

#۳ علت ایجاد کاویتاسیون

کاویتاسیون چه زمانی اتفاق می افتد؟ همان طور که گفته شد، اگر فشار سیال به فشار بخار سیال (یا همان فشار اشباع) برسد حباب تشکیل شده و به تبع آن کاویتاسیون اتفاق می افتد. برای رسیدن فشار سیال به فشار بخار و یا همان تشکیل حفره سازی، ۳ راه وجود دارد که به آن ها اشاره می کنیم:

#۳-۱ حفره سازی در اثر افت فشار

با افت فشار سیال به اندازه ای که فشار سیال به فشار بخار برسد، پدیده حفره سازی به وجود می آید.

#۳-۲ حفره سازی در اثر افزایش دما

با افزایش دما، فشار بخار سیال افزایش یافته و هنگامی که به فشار سیال اشباع برسد، حفره سازی به وجود می آید.

#۳-۳ حفره سازی در اثر بازچرخش در دهانه مکش

دومین نوع کاویتاسیون (معروف به کاویتاسیون نوع دوم) از باز چرخش جریان در دهانه مکش ناشی می شود که دلیل عمده آن، ناپیوسته شدن جریان در ورودی پمپ است. به زبان ساده، ناپیوستگی جریان هنگامی اتفاق می افتد که توازن میان جرم و سطح (یا حجم) توزیع شده از بین برود.

#۴ چه قطعاتی در معرض کاویتاسیون قرار دارند؟

امکان وقوع حفره زایی در تمام سیستم هیدرولیکی وجود دارد. از شیرها و تجهیزات مدار هیدرولیکی گرفته تا داخل پمپ. معمولا کاویتاسیون در لوله و پمپ اهمیت بیشتری دارد.

#۴-۱ پدیده کاویتاسیون در لوله



ضخامت لوله ها، معمولا برای تحمل فشار ایجاد شده توسط پمپ، محاسبه شده اند. کاویتاسیون باعث ایجاد فشاری، چند برابر فشار پمپ می شود. در اثر این فشار، احتمال تخریب لوله وجود دارد.

#۴-۲ پدیده کاویتاسیون در پمپ چیست؟

پدیده کاویتاسیون در پمپ ها اهمیت بیشتری دارد و یکی از اصلی ترین دلیل فرسودگی پمپ هاست. کاویتاسیون معمولا در دو بخش از پمپ اتفاق می افتد.

- ورودی پمپ (به علت ساکشن مایع و افت شدید فشار ناشی از آن)
 - در پروانه پمپ (به دلایلی که قبلا گفته شد)
- در شکل زیر، تخریب پروانه پمپ، در اثر کاویتاسیون را مشاهده می کنید.



#۵ کاربرد کاویتاسیون

کاویتاسیون همیشه یک ناهنجاری نیست. می توان از این پدیده استفاده کرد، دستگاه هایی ساخت و از کاربردهای آن استفاده کرد. از جمله این کاربردها می توان به کاربرد کاویتاسیون در مهندسی شیمی، پزشکی، صنایع تمیزکاری و صنایع خوراکی اشاره کرد. برای مثال در علم پزشکی می توان از کاویتاسیون برای تخریب سنگ کلیه و گرفتگی مجاری عروقی و قلبی استفاده کرد. یا مثلا در صنایع شیمیایی برای اختلاط بهتر مواد، از دستگاه های همگن کننده ای استفاده می شود که اساس کار آن ها بر اساس کاویتاسیون می باشد. بنابراین برای پروژه های مختلف علمی، صنعتی و پزشکی می توان از این پدیده استفاده کرد.