

آزمایش بررسی پدیده کاویتاسیون در جریان آب و معادله عدد کاویتاسیون

هدف آزمایش:

- ۱- مشاهده و بررسی پدیده کاویتاسیون در جریان آب.
- ۲- تعیین شرایط آستانه کاویتاسیون
- ۳- معادله عدد کاویتاسیون در شرایط مختلف

تئوری مفهومی:

کاویتاسیون پدیده‌ای است که در سیالات در حال حرکت رخ می‌دهد، زمانی که فشار موضعی سیال به فشار بخار آن سیال کاهش می‌یابد. این افت فشار می‌تواند ناشی از افزایش سرعت (طبق اصل برنولی) در نقاطی مانند گلوگاه‌ها یا اطراف پروانه‌های پمپ و توربین باشد. در این شرایط حباب‌های بخار تشکیل می‌شوند، که با حرکت به نواحی با فشار بالاتر، به سرعت می‌ترکند. این انفجارها می‌توانند باعث ایجاد صدا، لرزش آسیب‌حدی به سطوح (مانند فرسایش پروانه‌ها) شوند. عدد کاویتاسیون (که) معیاری برای تشخیص پتانسیل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{عدد کاویتاسیون} = \frac{P - P_v}{\frac{\rho V^2}{2}}$$

P : فشار استاتیک سیال (معمولاً فشار کل قبل از ناحیه افت فشار) (P_a)

P_v : فشار بخار سیال در دمای آزمایش (P_a)

ρ : چگالی سیال $\frac{kg}{m^3}$

V : سرعت مشخصه سیال (مثلاً سرعت در ناحیه اصلی جریان یا سرعت در ورودی پروانه) $\frac{m}{s}$

عدد کاویتاسیون نشان می‌دهد که فشار استاتیک سیال چقدر بالاتر از فشار بخار آن است. نسبت به انرژی جنبشی سیال، هر چه σ کوچکتر باشد، احتمال وقوع کاویتاسیون بیشتر است. شرایط آستانه کاویتاسیون (σ_{crit}) نثاری است که در آن کاویتاسیون به تازگی شروع به تشکیل شدن می‌کند و عدد کاویتاسیون در این نقطه (σ_{crit}) تئوریه عنوان عدد کاویتاسیون بحرانی شناخته می‌شود.

مواد و تجهیزات:

- دستگاه آزمایش کاویتاسیون اصل مدار به جریان آب سیرکسری، گنج‌های فشار و دماسنج
- آب مقطر
- گنج فشار دقیق (با دقت ۰/۱٪)
- دماسنج (با دقت ۰/۵°C)
- دستگاه اندازه‌گیری صدا (اختیاری، برای تشخیص شروع کاویتاسیون از طریق صدا)

شرح انجام آزمایش

۱- دستگاه آزمایش با آب مقطر پر شده و هوای داخل سیستم تخلیه گردید.

۲- دمای آب در حالت پایدار ثبت شده است.

۳- با تنظیم درجه پمپ و شیر کنترلی، سرعت جریان آب و فشار کلی سیستم (P_{total}) در نقطه اندازه گیری ورودی (یا نقطه مشخصه شیر) کنترل شد.

۴- با استفاده از شیر تخلیه یا شیر درجه پمپ و فشار استاتیک (P) در ناحیه مورد نظر به تدریج کاهش یافت.

۵- تغییرات فشار استاتیک (P) و صدا (در صورت وجود دستگاه) همزمان ثبت گردید.

۶- نقطه‌ای که اولین علامت کادیتاسیون (مانند شروع صداهای مشخص ناشی از ترکیدن حبابها یا افت فشار ناگهانی در شیر) مشاهده شود به عنوان فشار استاتیک کادیتاسیون (P_{crit}) ثبت گردید.

۷- این فرایند برای چندین نقطه عملیاتی (سرعت‌های مختلف و تکرار شد).

شماره	دمای آب - °C	P_{total} (bar)	V (m/s)	فشار استاتیک اولیه (bar)	P_{crit} (bar)
۱	۲۰	۵	۵	۵	۱٫۸
۲	۲۰	۵	۶	۵	۲٫۲
۳	۲۰	۵	۷	۵	۲٫۹
۴	۲۰	۴٫۵	۶	۴	۲٫۸

نحوه انجام محاسبات

برای محاسبه عدد کادیتاسیون، ابتدا نیاز به مقادیر ρ ، ϕ و σ داریم.

• فشار بخار (P_v): در دمای ۲۰°C، فشار بخار آب تقریباً 2338 bar یا 2338 Pa است.

• چگالی آب - (ρ): در دمای ۲۰°C چگالی آب تقریباً 998 kg/m^3 .

محاسبه عدد کادیتاسیون بحرانی (σ_{crit}) برای آزمایش:

$$\sigma_{crit} = \frac{P_{crit} - P_v}{\frac{L}{4} \rho V^2}$$

تبدیل واحدها :

• مستارها باید به پاسکال (Pa) تبدیل شوند

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

حل نمونه برای آزمایش ۱ :

$$\bullet V = \omega m_g \quad v^2 = 2\omega (m_g)^2$$

$$\bullet \frac{1}{F} \rho v^2 = \frac{1}{F} \times 998 \times 2\omega = 1247\omega \text{ Pa}$$

$$\bullet P_{\text{crit}} = 1.1 \text{ bar} = 110\,000 \text{ Pa}$$

$$\bullet \sigma_{\text{crit}} = \frac{110\,000 - 2320}{1247\omega} = \frac{107\,680}{1247\omega} = 14.24$$