

گزارش کار آزمایشگاه انتقال حرارت

آزمایش شماره 3:

انتقال حرارت جابجایی اجباری در دافل لوله

استاد: جناب آقای دکتر طالبی

گروه مهندسی شیمی-دانشگاه سمنان

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

مقدمه:

آگاهی از مبانی انتقال حرارت از طریق جابجایی اجباری جایگاه ویژه ای در بسیاری از زمینه های مهندسی ، به خصوص در طراحی مبدل ها دارد.

واژه " جابجایی " را برای توصیف انتقال انرژی بین یک سطح و جریان سیال بکار می بریم. هر چند مکانیزم پخش انرژی سهمی در این انتقال دارد ، ولی سهم اصلی عمدتاً مربوط به حرکت توده سیال است.

در بررسی مسایل جابجایی ، دو هدف اصلی را دنبال می کنیم. علاوه بر کسب یک درک اساسی از مکانیزم های فیزیکی انتقال گرمای جابجایی ، روشهای محاسباتی این پدیده را نیز مد نظر قرار می دهیم.

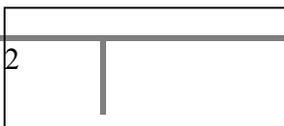
انتقال حرارت جابجایی به دو دسته تقسیم می شود:

1) انتقال حرارت جابجایی آزاد

2) انتقال حرارت جابجایی اجباری

انتقال حرارت جابجایی اجباری که در آن سیال به وسیله یک عامل خارجی مثل پروانه یا پمپ مجبور به جریان از روی یک سطح جامد می شود. در مقابل دز جابجایی آزاد سیل گرمتر (یا خنک تر) در مجاورت سطح جامد به علت وجود تغییرات دما در این ناحیه از سیال که باعث اختلاف چگالی می شود، جریان می یابد.

رابطه انتقال حرارت جابجایی



MEC20.TK

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

$$q / A = h \Delta T$$

که در آن q نرخ انتقال حرارت جابجایی (watt) ، A مساحت قائم بر جهت جریان حرارت ΔT (اختلاف دما بین سطح و سیال $^{\circ}C$) و h ضریب انتقال حرارت جابجایی ($w/m^2 K$) است.

مختصری راجع به نمونه دستگاه آزمایشگاه:

دستگاهی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت از قسمتهای اصلی زیر تشکیل شده است:

1. فن دمنده سانتریفوژ

2. شیر کنترل مکیده

3. صفحه ارفیس استاندارد

4. لوله مسی آزمایش

5. ترانسفورمر

6. ولت متر برای سنجش ولتاژ ورودی

7. آمپر متر برای سنجش جریان

8. مانومتر برای نشان دادن فشار خروجی فن و افت فشار در ارفیس

9. دماسنج جیوه ای برای اندازه گیری دمای ورودی

10. پتانسیومتر الکتریکی

هوا از طریق یک شیر کنترل مکیده و آن را به درون لوله u شکل می فرسترد. سرعت فن در طول آزمایش ثابت می متند.

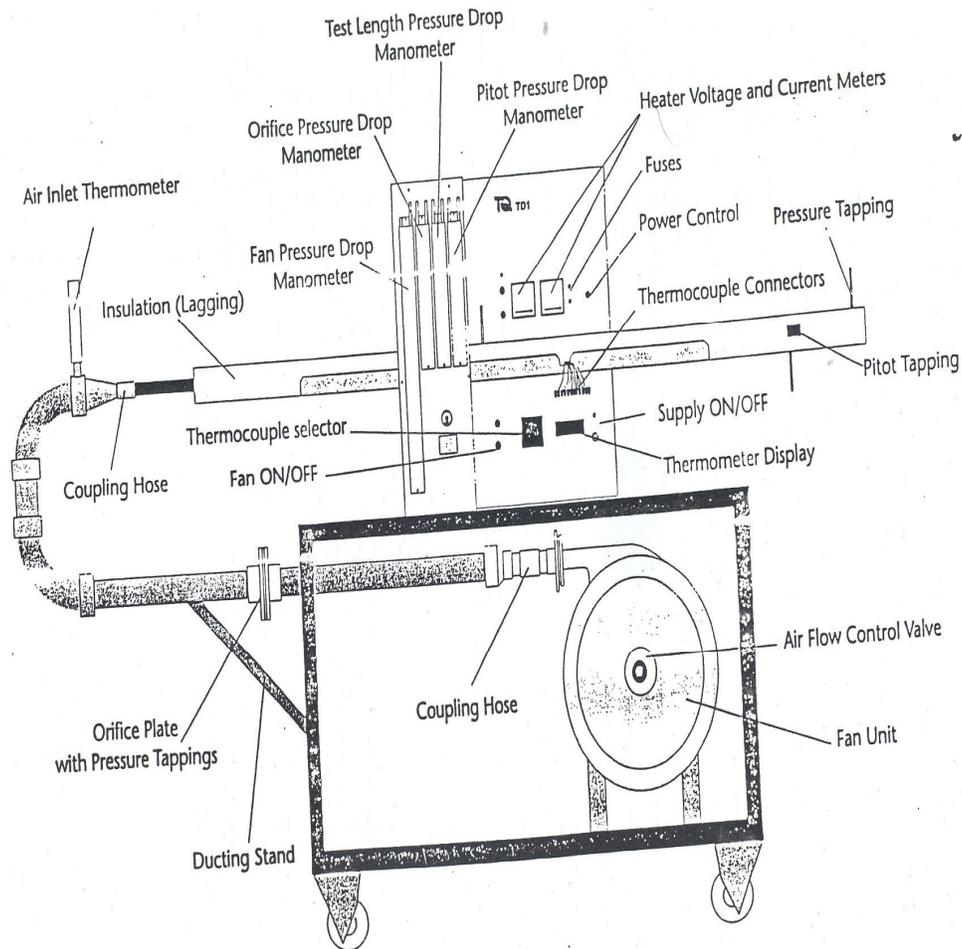
یک صفحه ارفیس استاندارد برای اندازه گیری دبی هوا در لوله تعبیه شده است. این لوله به لوله مسی آزمایش متصل است و هوا را به اتمسفر تخلیه می کند. لوله آزمایش توسط یک نوار حرارتی که بر سطح خارجی آن پیچده شده است توسط جریان الکتریکی گزرم می شود.

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

توان ورودی به نوار به وسیله یک ترانسفورمر متغیر که به دستگاه متصل است، تنظیم می شود. مقادیر ولتاژ و جریان ورودی به وسیله ولن متر و آمپر متر بر روی دستگاه نشان داده می شود. لوله آزمایش با لایه پشم شیشه عایق بندی شده است. تمام لوله ها بر روی بلوک های چوبی که به وسیله بدنه فولادی دستگاه نگهداری می شود، قرار دارند. در دو سر طول مشخصی از لوله آزمایش که در قسمت حرارت داده شده قرار دارد، سوراخهای فشار قرار دارد که هر کدام به مانومترهایی بر روی صفحه دستگاه متصل است. مانومترهای دیگر که بر روی صفحه دستگاه قرار دارد، فشار خروجی فن و افت فشار در اریفیس را نشان می دهد. دماسنج جیوه ای در ورودی لوله آزمایش قرار دارد که دمای هوای ورودی را اندازه گیری می کنند. دماسنج جیوه ای در ورودی لوله آزمایش قرار دارد که دمای هوای ورودی را اندازه گیری می کنند.

باید توجه نمود همیشه قبل از روشن کردن دستگاه ترمز چرخ ها بسته باشد. انتهای خروجی لوله حداقل از دیوار 130 سانتی متر فاصله داشته باشد. و حتما از محافظ چشم استفاده شود.

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)



شرح آزمایش:

هدف از انجام آزمایش:

ارزیابی اصل تشابه رینولدز برای هوا و همچنین مقایسه مقادیر تجربی f ، St ، Nu .

مرحله اول:

در ورودی فن را کاملا باز می کنیم و سپس دستگاه را روشن می نمایم.

(با این عمل بیشترین ورودی هوا را داریم.)

مدتی منتظر می مانیم تا به حالت S.S برسد. سپس اطلاعات آزمایشگاهی را خوانده و طبق جدول

زیر یادداشت می کنیم.

(حالت S.S زمانی است که دمای ترموکوپل 6 و 7 تغییر نکند. دمای max بین دمای ترموکوپل 6 و 7

است.)

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

اختلاف پتانسیل	شدت جریان	افت فشار در طول لوله آزمایش	دمای هوای ورودی به لوله آزمایش	اختلاف فشار دو سر اریفیس (atm)	فشار هوا قبل از اریفیس (atm)	دمای محیط
150	3		35.5		0.30806	24.3

دمای ترموکوپل های داخل و خارج عایق						دمای ترموکوپل ها روی لوله آزمایش						
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
67.6	97	40.6	100.3	30.7	34.3	71.9	74.5	77.2	76.9	72.8	66	61.4

مرحله دوم:

در این مرحله شیر فن را کمی بسته (شیر تا آخر محکم نشود) تا دبی جرمی هوا کمی کاسته شود. در نتیجه عدد Re کاهش می یابد. حدود $\min 20$ طول می کشد تا به حالت S.S برسد. سپس داده ها را یادداشت می کنیم.

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

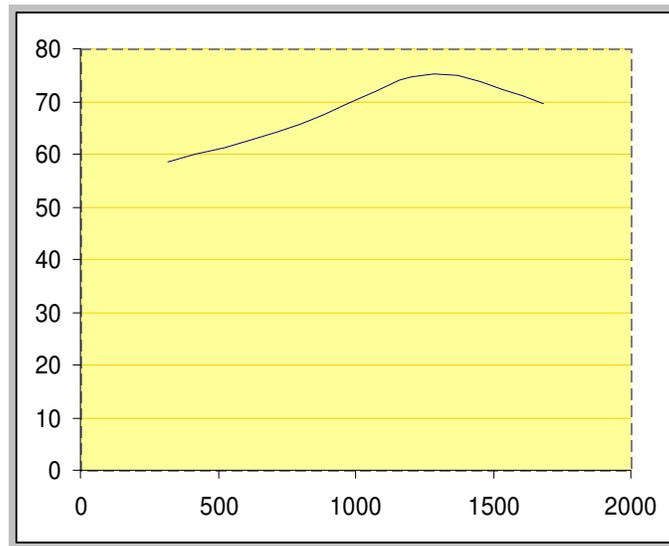
اختلاف پتانسیل	شدت جریان	افت فشار در طول لوله آزمایش	دمای هوای ورودی به لوله آزمایش	اختلاف فشار دو سر اریفیس (atm)	فشار هوا قبل از اریفیس (atm)	دمای محیط
150	3		35.5		0.30806	25.3

دمای ترموکوپل های داخل و خارج عایق						دمای ترموکوپل ها روی لوله آزمایش						
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	95.5	56.7	99	29.9	33.4	69.7	72.2	75	74.6	70.7	64.1	58.4

خواسته های آزمایش

- 1- منحنی تغییرات دمای دیواره در طول لوله را رسم کنید و مقطع انتخاب شده برای انجام موازنه حرارتی (نیمه بین ترموکپل (4 و 5) را روی آن مشخص کنید.

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)



3- تغییرات دمای لوله و اختلاف دمای عایق را بر اساس منحنی های فوق توضیح دهید.

4- کمیت‌های زیر را محاسبه و در یک جدول مانند جدول زیر ارائه نمایید.

کل نرخ حرارت داده شده

$$q_1 = \frac{Amp * Volt}{1000} = \frac{3 * 150}{1000} = 0.45$$

تلفات حرارتی در عایق

$$q_2 = \frac{k}{1000} * \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} * \text{*(طول ناحیه آزمایش)}$$

(میانگین دمای کاسته شده در طول عایق)

$$= \frac{0.0415}{1000} * \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{36.5}{17.5}\right)} * 1.750 * 63.51 = 0.0264kw$$

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

شار حرارتی متوسط جداره

$$= (q_1 - q_2) / (\text{سطح داخلی دیواره لوله})$$

$$\frac{0.45 - 0.0264}{2\pi * 16.3 * 1.750 * 10^{-2}} = 0.236 \text{ kw} / \text{m}^2$$

نرخ هدایت حرارت در مقطع انتخابی در لوله (مقطع 5 و 6)

$$\text{نرخ هدایت حرارت در مقطع انتخابی در لوله (مقطع 5 و 6)} = \frac{380.6}{1000} * \frac{2\pi * 16.3 * 1.2}{10^6} * 2.8 / 0.165 = 7.93 * 10^{-4}$$

$$q_3 = \frac{380.6}{1000} * \frac{2\pi r t}{10^6}$$

کل نرخ حرارت داده شده تا مقطع انتخابی

$$(q_1 - q_2) * \left(\frac{b}{1753}\right) + q_3 =$$

$$(0.45 - 0.0264) * (165 / 1753) + 7.93 * 10^{-4} = 0.04066 \text{ kw}$$

دمای متوسط سیال در مقطع انتخابی

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

$$T_b = T_1 + \frac{1}{\dot{m} * c_p} * (\text{کل گرمای ورودی}) \Rightarrow$$

$$\rho = \frac{P}{RT} = 0.986$$

$$\Delta p = 53.5 \text{ mmH}_2\text{O} * \frac{1 \text{ mmH}_2\text{O}}{1000 \text{ mmH}_2\text{O}} * \frac{101325 \text{ Pa}}{10.37 \text{ mmH}_2\text{O}} =$$

$$505.208 \text{ Pa}$$

$$\dot{m} = 0.986 * \frac{\pi}{4} * (0.04)^2 * 0.613 * \sqrt{\frac{2 * 505.208}{0.986}} = 0.0243$$

$$T_b = 35.5 + \frac{1}{0.0243} * (0.04066) = 37.173$$

ضریب انتقال حرارت جابجایی متوسط

$$h = \frac{1}{T_w - T_b} * (\text{شار گرمایی}) = 8.764 * 10^{-3} \text{ kw} / \text{m}^2 . \text{c}$$

$$\frac{1}{T_{w(1 \rightarrow 9)} - 35.5} * \frac{0.04066}{\pi * 0.0326 * 1.370 / 2} \Rightarrow$$

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 = 0.012 \\ h_2 = 0.010 \\ h_3 = 8.233 * 10^{-3} \\ h_4 = 7.411 * 10^{-3} \\ h_5 = 7.336 * 10^{-3} \\ h_6 = 7.896 * 10^{-3} \\ h_7 = 8.473 * 10^{-3} \end{array} \right.$$

عدد نوسلت آزمایش

$$Nu = \frac{hd}{k}$$

$$Nu = \frac{8.764 * 10^{-3} * 0.0326}{0.0271} = 0.01054$$

دبی جرمی هوا

$$\dot{m} = 0.986 * \frac{\pi}{4} * (0.04)^2 * 0.613 \sqrt{\frac{2 * 505.208}{0.986}} = 0.0243 \text{ kg / s}$$

عدد رینولدز آزمایش

$$Re = \rho u d / \mu$$

$$Re = 0.986 * 28.44 * 0.0326 / 1.821 * 10^{-5} = 5.0102 * 10^4$$

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

عدد استنتون آزمایش

$$St = h/u \cdot Cp \cdot \rho$$

$$0.008764 / (0.986 * 1.004 * 28.63) = 3.090 * 10^{-4}$$

عدد پرانتل

$$Pr = \mu \cdot Cp / k$$

$$1.821 * 10^{-5} * 1.004 / 0.026 = 6.03 * 10^{-4}$$

عدد نوسلت از روابط تجربی

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$$

$$0.023 * (5.0201 * 10^4)^{0.8} * (6.03 * 10^{-4})^{0.4} = 6.83$$

عدد استنتون از روابط تجربی

$$St = 0.023 Re^{-0.2} Pr^{-0.6}$$

$$0.023 * (5.0201 * 10^4)^{-0.2} * (6.03 * 10^{-4})^{-0.6} = 1.56 * 10^{-3}$$

ضریب اصطکاک بدون اثر شتاب گرمایشی

گزارش کار انتقال حرارت دانشگاه سمنان (دکتر طالبی)

$$f = (P_1 - P_2) * 2 * d / (4 * l u^{-2} \rho)$$

$$(3107.169 - 2530.68) * 2 * 0.0326 / (28.63^{-2} * 4 * 1750 * 0.986) = 4.463$$