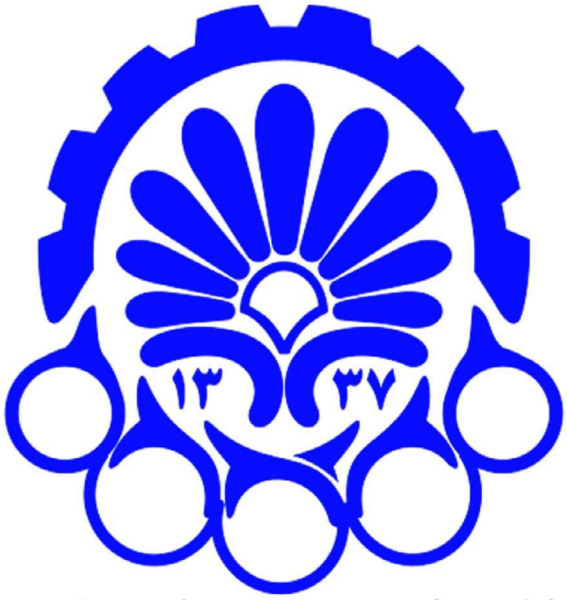
به نام خداوند جان و خرد



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

هدف آزمایش :

اندازه گیری ضرب هدایت حرارتی فلز

تهیه و تنظیم گزارش :

امیررضا حکیمی ۴۰۳۱۱۴۰۲

مقدمه :

انتقال حرارت یکی از مباحث اساسی در فیزیک و مهندسی است که به سه روش هدایت، همرفت و تابش انجام می‌شود. در این میان، هدایت حرارتی فرآیندی است که در آن انرژی گرمایی در اثر وجود اختلاف دما، بدون جابجایی ماکروسکوپی ماده، از ناحیه گرم‌تر به ناحیه سردتر منتقل می‌شود. این نوع انتقال به‌ویژه در جامدات اهمیت زیادی دارد و در فلزات به دلیل حضور الکترون‌های آزاد، با کارایی بیشتری صورت می‌گیرد.

شناخت و اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی مواد، نقش مهمی در طراحی سیستم‌های حرارتی، مبدل‌ها و عایق‌ها دارد. هدف از انجام این آزمایش، تعیین ضریب هدایت حرارتی یک میله فلزی با استفاده از برقراری تعادل حرارتی بین یک منبع گرم (بخار آب) و یک سیال سرد (آب جاری) و تحلیل انتقال گرما در شرایط پایا است.

تئوری آزمایش :

اگر میله‌ای فلزی با طول L و سطح مقطع A در نظر بگیریم که دو سر آن در دماهای T_1 و T_2 قرار دارند، اختلاف دما در طول میله باعث ایجاد گرادیان دمایی می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\frac{dT}{dx} \simeq \frac{T_1 - T_2}{L}$$

طبق قانون فوریه، آهنگ انتقال گرما از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{dQ}{dt} = - KA \frac{dT}{dx}$$

که در حالت یک‌بعدی و پایا به شکل ساده‌تر نوشته می‌شود:

$$\frac{dQ}{dt} = KA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

در این رابطه :

- $\frac{dQ}{dt}$: توان انتقال حرارتی (وات)
- K : ضریب هدایت حرارتی $(W/m\cdot K)$
- A : سطح مقطع میله
- L : طول میله

از طرف دیگر، گرمای جذب‌شده توسط آب سرد از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$Q = mc\Delta T$$

که در شرایط جریان پیوسته به صورت زیر بیان می‌شود :

$$\frac{dQ}{dt} = \dot{m}\, c\, (T_{out} - T_{in})$$

در این رابطه :

$\dot{m}$: دبی جرمی آب

c : گرمای ویژه آب

T_{out} , T_{in} : دمای ورودی و خروجی آب

* دبی جرمی نیز از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

در شرایط تعادل حرارتی پایا، گرمای عبوری از میله دقیقاً برابر با گرمای جذب‌شده توسط آب است:

$$\frac{dQ_{metal}}{dt} = \frac{dQ_{water}}{dt} \Rightarrow \begin{cases} \frac{dQ_{metal}}{dt} = KA\,\frac{T_1 - T_2}{L} \\ \frac{dQ_{water}}{dt} = \dot{m}\, c\, (T_{out} - T_{in}) \end{cases} \Rightarrow KA\,\frac{T_1 - T_2}{L} = \dot{m}\, c\, (T_{out} - T_{in})$$

و در نتیجه ضریب هدایت حرارتی برابر خواهد بود با :

$$\Rightarrow K = \frac{\dot{m}\, c\, (T_{out} - T_{in})\, L}{A\,(T_1 - T_2)}$$

شرح آزمایش :

در این آزمایش ، از یک میله فلزی توخالی استفاده می‌شود که با یک لایه عایق پوشیده شده و درون یک محفظه قرار دارد. یک سر میله به بخار آب حاصل از جوشیدن آب در ارلن متصل است که نقش منبع گرم را ایفا می‌کند. سر دیگر میله توسط جریان آب سرد احاطه شده است که از طریق یک لوله مارپیچ در اطراف میله عبور می‌کند و گرمای منتقل‌شده را جذب می‌کند.

برای اندازه‌گیری دقیق دماها ، چهار دماسنج در دستگاه تعبیه شده است. دماسنج‌های 1 , 2 دمای دو سر میله (T_1 , T_2) را اندازه‌گیری می‌کنند . دماسنج‌های 4 , 3 نیز به ترتیب دمای آب ورودی (T_{in}) و خروجی (T_{out}) را ثبت می‌کنند.

برای شروع آزمایش ، ابتدا مقدار مناسبی آب در ارلن ریخته شده و حرارت داده می‌شود تا به نقطه جوش برسد و بخار تولید شود. سپس جریان آب سرد به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که به صورت یکنواخت و پیوسته از لوله مارپیچ عبور کند. پس از گذشت مدت زمانی، سیستم به حالت تعادل حرارتی پایا می‌رسد.

تعادل حرارتی زمانی برقرار می شود که :

- اختلاف دمای دو سر میله ($T_1 - T_2$) ثابت بماند
- اختلاف دمای آب ($T_{out} - T_{in}$) نیز ثابت شود

در این شرایط ، دماهای چهارگانه ثبت می‌شوند . سپس برای تعیین دبی جرمی ، آب خروجی در یک بازه زمانی مشخص جمع‌آوری شده و جرم آن اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از این داده‌ها، دبی جرمی محاسبه شده و در رابطه نهایی قرار داده می‌شود.

این آزمایش برای دو مقدار متفاوت از دبی آب تکرار می‌شود تا تأثیر تغییر شرایط جریان بر مقدار ضریب هدایت بررسی گردد و دقت نتایج افزایش یابد.

نتایج آزمایش اندازه گیری ضریب هدایت حرارتی فلزات

فلز نمونه : مس

	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	جرم آب خروجی	زمان
مرتبه 1	85°C	68°C	30°C	36°C	55g	30s
مرتبه 2	83°C	58°C	27°C	31°C	138g	30s

مشخصات هندسی نمونه :

$L = 7.5\ cm$

$D = 2.5\ cm$ (قطر لوله)

حال دیتا های جدول صفحه ی قبل و مشخصات هندسی را در فرمول مقابل جای گذاری می کنیم و در جدول زیر قرار می دهیم :

$$K = \frac{\dot{m}\, c\, (T_{out} - T_{in})\, L}{A\, (T_1 - T_2)}$$

ضریب هدایت حرارتی در آزمایشگاه (K)	ضریب هدایت حرارتی (K)	خطای مطلق	در صد خطای نسبی
415.22 (W/m·K)	385 (W/m·K)	30.22 (W/m·K)	7.84%
472.30 (W/m·K)	385 (W/m·K)	87.30 (W/m·K)	22.67%