

انتقال حرارت علمی است که با پیش بینی انتقال حرارتی که بین دو جسم که بواسطه وجود اختلاف درجه حرارت بوجود می آید سر و کار دارد . ترمودینامیک به ما می آموزد که این انرژی انتقال یافته را به عنوان حرارت تعریف کنیم . علم انتقال حرارت نه تنها پدیده های انتقال حرارت را تشریح می کند بلکه نرخ این تبادل تحت شرایط خاص و معین را نیز پیش بینی می کند . این حقیقت که نرخ انتقال حرارت خواسته مطلوب در یک تجهیز و تحلیل است ، تفاوت میان انتقال حرارت و ترمودینامیک را مشخص می سازد . ترمودینامیک در ارتباط با سیستم هائی است که در حال تعادلند و می توان از آن برای پیش بینی مقدار انرژی مورد نیاز برای تغییر سیستم از یک حالت تعادل به حالت دیگر استفاده کرد با این وجود با استفاده از علم ترمودینامیک نمی توان مشخص کرد که این تغییرات با چه سرعتی رخ می دهند . زیرا در طی فرآیند سیستم در حال تعادل نیست . در انتقال حرارت اصول اول و دوم ترمودینامیک همراه با قوانین تجربی بکار گرفته می شوند که با کمک آن می توان نرخ انتقال حرارت را بدست آورد باید توجه داشت که در انتقال حرارت با فرآیندهای برگشت ناپذیر سرو کار داریم و چون تمام فرآیندهای واقعی انتقال حرارت برگشت ناپذیرند لذا نمی توان مقدار گرما ی منتقل شده را از رابطه روبرو محاسبه کرد :

انتقال حرارت در تمام فرآیندهای واقعی سبب افزایش آنتروپی می شود .
انتقال حرارت به سه صورت هدایت ، چابجائی و تابشی صورت می گیرد .

هدایت : (CONDUCTION)

در صورت وجود گرادیان دما در یک جسم ، انتقال حرارت هدایتی از ناحیه دما بالا به ناحیه دما پائین داریم در این حالت معادله فوریه صادق است .

ضریب هدایت حرارتی :

هدایت انتقال انرژی از ذرات پر انرژی به ذرات کم انرژی در یک ماده است .
معادله عمومی هدایت:

جابجایی : (Convection)

این نوع انتقال حرارت از سطح جسم به سیال اطراف صورت می گیرد . سرعت سیال به علت لزج در سطح صفر است و در این لایه هدایت داریم .
سرعت بیشتر سیال موجب بالا رفتن گرادیان دما می شود . برای این نوع انتقال حرارت قانون نیوتن صادق است .
انتقال حرارت به طریق جابجایی علاوه بر بستگی به خواص حرارتی سیال به لزجت سیال نیز بستگی دارد ، زیرا بر نیرعج سرعت تاثیر دارد .

تابش : (readiation)

بر خلاف هدایت و جابجایی که نیازمند محیط مادی هستند جابجایی حرارت تابشی در نوایی خلأ نیز وجود دارد و ساز و کار مربوطه در این حالت ، تابش الکترومغناطیس است .
به تابش الکترومغناطیسی که در نتیجه اختلاف دما بوجود می آید تابش حرارتی گویند برای جسم سیاه یا تابنده آرمانی داریم .

آهنگ گسیل انرژی :

ثابت استفان بولتزمن:

در بسیاری از سیستم های تبادل گرما ، حرارت سیال باعث انتقال حرارت می شود که اگر بین حرکت در اثر وسایلی همچون من یا پمپ باشد به آن تبادل

گرما به روش جابجائی اجباری و اگر در اثر اختلاف دانسیته باشد به آن جابجائی طبیعی یا آزاد گویند.

مطابق شکل از آنجا که سرعت لایه سیال در دیواره برابر صفر است لذا حرارت در آن نقطه باید بصورت هدایت منتقل شود و سرعت زیاد سیال موجب می شود سرعت که گرادیان دما بالا رود. طبق قانون سرمایش نیوتن مقدار گرمای انتقال یافته به سطح تماس دیواره با سیال (A) ، اختلاف دما دیواره و سیال (TW-T00) ، خواص فیزیکی سیال ، حرکت سیال و شکل هندسی بستگی دارد.

اگر حرکت سیال بدون استفاده از وسایل خارجی و مکانیکی باشد به آن انتقال حرارت جابجائی آزاد یا طبیعی گویند و اگر تحت تاثیر عوامل خارجی باشد به آن انتقال حرارت اجباری گویند که در شرایط یکسان :

$$h | \text{جابجائی طبیعی} > h | \text{جابجائی اجباری}$$

h در جابجائی طبیعی تابعی از ΔT به توان $\frac{1}{3}$ or $\frac{1}{4}$ است و اگر دیواره آنقدر داغ باشد که سیال بیوش آید $h \times \Delta T^3$ ولی در جابجائی اجباری مستقل از دماست.

گاهی h را Time conductance هم می نامند. این نامگذاری به علت ارتباط آن با پدیده هدایت در لایه نازک در کنار دیواره است. در ضمن پوشش و پالاش هم جز بخش انتقال به روش جابجائی است. همانطور که گفته شد برای توصیف انتقال حرارت به روش جابجائی از قانون سرمایش نیوتن استفاده می شود:

که در این رابطه ، T_m درجه حرارت سیال ، T_s درجه حرارت سطح جامد می باشد. رابطه فوق معرف ضریب انتقال حرارت جابجائی می باشد و از آنجا که درجه حرارت دیواره و سیال از نقطه ای به نقطه دیگر تغییر می کند، h برای یک نقطه خاص بصورت زیر تعریف می شود:

که در جابجائی اجباری h تقریباً مستقل از دماست ، ولی در جابجائی اجباری $h = c(\Delta T)^m$ می باشد که m یک عدد کسری است و معمولاً برای جریان آرام $\left(\frac{1}{4}\right)$ و برای جریان متلاطم $\left(\frac{1}{3}\right)$ می شود.

برای محاسبه ضریب انتقال حرارت چابجائی سه روش وجود دارد که عبارتند از :

الف : آنالیز ابعادی

ب: آنالیز معادله لایه مرزی

ج: استفاده از تشابه انتقال حرارت و انتقال منتم

الف : روش محاسبه h اب استفاده از آنالیز ابعادی :

به کمک این روش توانمند و با استفاده از تئوری با کینگهام در مورد چابجائی

اجباری سه عدد بدون بعد بصورت زیر ایجاد می شود :

که یک رابطه از این متغیر های مهم بصورت زیر می باشد:

و در مورد چابجائی اجباری به اعداد بدون زیر می رسیم :

(B ضریب انبساط حرارتی سیال است)

باز هم به یک رابطه از متغیر های مهم بصورت زیر دست پیدا می کنیم:

انتظار داریم در چابجائی ، هیدرودینامیک جریان مؤثر باشد . اجباری این نقش

را عدد Re بر عهده دارد و در چابجائی اجباری عدد گراشهف معرف هیدرو

دینامیک جریان است . در ضمن می توان ثابت کرد که گراشهف واقعا همان

رینولدر است .

ب: روش محاسبه h با استفاده از آنالیز معادله لایه مرزی

در عبور سیال نیوتنی از روی صفحه صاف (دمای صفحه و سیال یکسان است)

این ویسکوزیته دینامیکی سیال (ν) است که به لایه های بالا تر پیام می

رساند که صفحه ای وجود دارد و در سطح مقطع عمودی از آن سطح مقطع

سیال ، لایه هایی وجود دارد که قبل از آنکه پیام وجود صفحه را دریافت کنند

بناظر سرعتشان (U_0) از آن سطح مقطع عبور کردهاند در ضمن از

سرعت مولکولهایی از سیال که صفحه را پس کردهاند بسته به موقعیت سیال

کاسته می شود . مکان هندسی مولکولهایی که بناظر موجود بودن صفحه

سرعت آنها به کمتر از $0.99 U_0$ برسد لایه مرزی هیدرو دینامیکی (

سرعتی) نام دارد .

ضخامت این لایه با فاصله از لبه ابتدائی صفحه (X) ارتباط دارد یعنی در

صورتیکه سیال از صفحه داغتر باشد و بالعکس تعریفی مشابه فوق برای مرزی

حرارتی داریم . در ضمن ضخامت لایه مرزی حرارتی هم تابع فاصله از لبه ابتدائی صفحه می باشد .

اینکه ضخامت کدامیک از این دو لایه مرزی بیشتر باشد وابسته به این است که کدام پیام رسان سریعتر حرکت می کند .

بنابراین از روی نسبت سرعت پیام رسانها می توان در مورد ضخامت هر لایه نظر داد این نسبت را عدد پراختل (Pr) می نامیم . پراختل آب در $20^{\circ}C$ حدود 7 است پراختل روغن ها حتی از صدهم بیشتر است و پراختل گازها در حدود یک است . پراختل معرف فلزات مایع مثل پیوه ، سدیم مذاب و ... کمتر از 0.1 است . عدد پراختل معرف خواص فیزیکی سیال است . و k موجود در رابطه فوق مربوط به سیال است به چداره چامد و چون خواص فیزیکی سیال وابسته به دماست پس Pr هم تابع دماست .

در ابتدا لایه مرزی آرام است ولی در فاصله بهرانب از لبه بالا رونده بسته به میدان جریان و خواص سیال در جریان مذکور آشفتگی کوچکی شروع به قوی شدن کرده و یک فرآیند گذرا صورت گیرد و سپس جریان نا آرام می شود اگر چه مقدار بهرانی رینولدز برای ناچیه گذرا روی صفحه صاف 5×10^5 می باشد ولی این مقدار شدیداً به شرایط زیری سطح و میزان نا آرامی جریان آزاد بستگی دارد و جریان نا آرام توسعه یافته معمولاً به اعداد رینولدزی مشاهده می شود که دو برابر اعداد رینولدز مربوط به فرآیند گذراست در ضمن سرعت در جریان آرام تقریباً سهمی است نیمرخ نا آرام در نزدیکی دیواره دارای منطقه ای است که خیلی نزدیک به خط است و ناشی از زیر لایه آرام است و نیمرخ دیگر در بیرون زیر لایه آرام در مقایسه با نیمرخ آرام نسبتاً تخت تر است .

از مناطق با سرعت بالا به مناطق با سرعت پائین یک انتقال حرارت ناب وجود دارد که موجب نیروی در جهت جریان می شود . این نیرو ، تنش برشی - ویسکوزی است که از معادله نیوتن تبعیت می کند . یعنی آنگ انتقالاندازه حرکت به آهنگ مولکولها در عرض لایه های سیال بستگی دارد . مولکولهای گاز با

سرعت متوسطی که متناسب با ریشه دوم درجه حرارت مطلق است حرکت می کند و هرچه مولکولها سریع تر حرکت کنند اندازه حرکت بیشتری را انتقال می دهند پس می توان گفت که ویسکوزیته یک گاز بطور تقریب متناسب با ریشه دوم درجه حرارت است.

بخش اول

عنوان آزمایش :

انتقال حرارت چابجایی (آزاد - اجباری)

هدف از انجام آزمایش :

محاسبه h در انتقال حرارت چابجایی به روش آزاد و اجباری

شرح دستگاه آزمایش :

این دستگاه یک وسیله آموزشی آزمایشگاهی می باشد که بوسیله آن انتقال حرارت به روش چابجایی و به صورت اجباری (Force convection) و آزاد - (Free convection) انجام می شود .

نام این دستگاه عبارت است از :

Free and forced convection heat transfer apparatus

این دستگاه از سه بخش اصلی تشکیل شده که عبارتند از :

الف : بخش کنترل

ب : بخش مربوط به اندازه گیری انتقال حرارت

پ : پره ها ، دیواره ها ، وسیله های مربوط به انتقال حرارت

همچنین اشکال پره ها به صورت های Flat plate و Fin plate و pin

plate در این آزمایش مورد استفاده می باشد .

نحوه انجام آزمایش :

ابتدا دستگاه را روشن می کنیم و با سنسورهای حرارتی دمای محیط را اندازه می گیریم . سپس صفحه تخت را با سیم به دستگاه وصل کرده و بار حرارتی (q) دستگاه را بر روی (10 watt) تنظیم می کنیم و به مدت 10 min صبر می کنیم تا تبادل حرارت صفحه با محیط کاملا انجام شود سپس به مدت 2 min صبر می کنیم تا دمای صفحه ثابت بماند و تغییر نکند در این حالت دمای صفحه را یادداشت کرده و دستگاه را خاموش می کنیم .

سپس با توجه به نتایج آزمایش محاسبات مربوط به صفحه نخست را انجام می دهیم و مقدار h ضریب انتقال حرارت پایداری به روش آزاد را بدست می آوریم .

برای حالت ایجاری نیز ابتدا دستگاه مورد آزمایش را روشن کرده و با سنسورهای حرارتی دمای محیط آزمایشگاه را اندازه گرفته و یادداشت می کنیم بعد از ثبت دمای محیط صفحه تخت را با سیم رابط مخصوص به دستگاه وصل کرده و در کانال مخصوص انتقال حرارت قرار داده و فن کانال را روشن می کنیم سپس با تنظیم بار حرارتی q بر روی 10 watt به مدت 10 min صبر می کنیم تا تبادل حرارتی صفحه با محیط داخل کانال انجام گیرد و بعد از مد زمان تقریباً 2 min هنگامی که دیگر دمای صفحه ثابت ماند . دمای صفحه را یادداشت کرده و صفحه تخت را از محیط باز کرده و سیم رابط مخصوص را نیز از صفحه تخت جدا کرده و این بار صفحه پره دار را به سیم رابط وصل کرده و در محیط مخصوص قرار می دهیم .

همان مراحل آزمایشی صفحه تخت را روی صفحه پره دار انجام می دهیم و مثل روش قبل بعد از تبادل حرارتی صفحه پره دار با محیط داخل کانال و ثابت شدن دمای صفحه ، آن را یادداشت کرده و برای آخرین بار با صفحه پیم دار نیز همین مراحل را انجام می دهیم .

لازم به توضیح است که برای Pin plate ، Finplate علاوه بر دمای بدست آمده دمای مربوطه نقاط مختلف را نیز یادداشت می کنیم بعد از اتمام این کار

با $q=10 \text{ watt}$ ، آزمایش را برای $q=7 \text{ watt}$ و $q=5 \text{ watt}$ نیز تکرار می کنیم. بعد از پایان کار دستگاه را خاموش کرده و با استفاده از نتایج آزمایش h را برای روش اجباری و برای هر یک از سطح ها محاسبه می کنیم.

نتیجه گیری :

همانطوریکه مشاهده می شود مقدار h محاسبه شده در حالت اجباری (برای هر سه پره) بیشتر از مقدار h محاسبه شده در حالت آزاد است . در ضمن مقایسه مقادیر H

برای پره ها می بینیم که مقدار h برای $fin \text{ plate}$ کمترین مقدار را دارد و برای صفحه تخت بیشترین مقدار را دارد .

لازم به توزیع است که هر چه مقدار h بیشتر باشد مقدار q نیز افزایش خواهد یافت. در نتیجه در چابچائی اجباری هر چه قدر مقدار دمای محیط پائین باشد (سردتر باشند) دمای صفحه نیز کم می شود و بیشتر با محیط تبادل حرارتی انجام می دهند تا به حدی که یکنواخت شود .

تجربه نشان داده است که هنگامی که در جسمی گرادیان درجه حرارت وجود داشته باشد انتقال انرژی از ناحیه دارای درجه حرارت بالا به ناحیه درجه حرارت پایین تر صورت می گیرد در این حالت می گوئیم انرژی از طریق هدایت انتقال یافته است و نرخ انتقال حرارت در واحد سطح متناسب با گرادیان نرمال درجه حرارت می باشد .

زمانیکه ثابت تناسب به کار برده شود داریم .

در رابطه فوق q انتقال حرارت ، رادیان درجه حرارت در جهت جریان حرارت می باشد .

ضریب ثابت مثبت k موسوم به قابلیت هدایت حرارت جسم است و علامت منفی نیز به گونه ای در معامله قرار گرفته است که اصل دوم ترمودینامیک بر قرار گردد . مطابق با این اصل باید در معیاس درجه حرارت جهت جهت جریان حرارت به طرف پایین باشد .

اندازه گیری های تجربی برای تعیین هدایت حرارتی اجسام مختلف بر اساس رابطه فوق صورت می گیرد. برای گاز ها در درجه حرارت های نسبتاً

پایین ، تحلیل تئوری پنبشی گاز ها را می توان جهت پیش بینی دقیق مقادیر مشاهده شده تجربی مورد استفاده قرار داد .

مکانیزم هدایت حرارتی در گاز ها برای تعیین قابلیت هدایت حرارتی ساده است . انرژی پنبشی یک مولکول با درجه حرارت آن مشخص می گردد . لذا در ناچه درجه حرارت های بالا ، مولکول های با سرعت های بالا تر از ناچه درجه حرارت های پایین تر هستند .

مولکولهای دارای حرکت تصادفی می باشند و در نتیجه به یکدیگر برخورد نموده و انرژی و اندازه حرکت خود را مبادله می کنند . این حرکت تصادفی مولکول ها با ، یا بدون وجود گرادیان درجه حرارت در گاز ، همواره وجود دارد . اگر یک مولکول از ناچه درجه حرارت پایین حرکت کند ، انرژی پنبشی را همراه با خود به ناچه ای دارای درجه حرارت کمتر منتقل می کند و در آنجا انرژی را در طی برخورد ها به مولکول های دارای انرژی کمتر انتقال می دهد .

بطور کلی قابلیت هدایت حرارتی به شدت وابسته به درجه حرارت است . تحلیلی ساده نشان می دهد که قابلیت هدایت حرارتی یک گاز با ریشه دوم درجه حرارت مطلق تغییر میکند .

مکانیزم فیزیکی هدایت انرژی حرارتی در مایعات از نظر کیفی همانند گاز ها است گرچه وضعیت پیچیده تر می باشد . زیرا مولکول ها دارای فواصل کمتر بوده و میدان نیرو های مولکولی تاثیر شدیدی بر تبادل انرژی در فرایند برخورد از خود جا می گذارد .

ممکن است انرژی حرارتی در جامدات به دو صورت انتقال یابد . ارتعاشات شبکه ای و انتقال توسط الکترون های آزاد .

ممکن است انرژی به صورت ارتعاشی در ساختمان شبکه ای جسم نیز انتقال یابد . گر چه در حالت کلی این شکل اخیر از انتقال انرژی در مقایسه با انتقال به وسیله الکترون ها ، ناچیز است و به این دلیل هادی های خوب الکتریکی اغلب هادی های خوب حرارتی نیز هستند مانند مس ، آلومینیوم ، نقره در درجه حرارت های بالا ، انتقال انرژی از طریق اجسام عایق شامل اشکال متعددی است .

هدایت از طریق الیاف و مواد جامد متخلخل ، هدایت از طریق هوا به تله افتاده
در فضای خالی ، و در درجه حرارت های به حد کافی بالا از طریق تشعشع

عنوان آزمایش :

اندازه گیری قابلیت هدایت حرارتی جامدات

conductivity Measuring

termal

هدف آزمایش :

با اندازه گیری قابلیت هدایت حرارتی جامدات میتوان محاسبات زیر را انجام داد.

الف) مقدار حرارت انتقال یافته به طریق هدایت

ب) اساس محاسبات افت حرارت از دیواره کوره ها

ج) انتخاب ماده عایق مناسب

د) تعیین جنس مورد نیاز در ساخت تجهیزات مهندسی

وسایل آزمایش:

hvs-40-200sf

دستگاه اندازه گیری قابلیت هدایت حرارتی مدل

Hvs-40-300f

تئوری آزمایش :

اگر یک دیواره تخت با ضخامت () و سطح (A) دارای اختلاف دمای () باشد . انتقال حرارت Q بوسیله هدایت در طول دیواره متناسب است با

اگر ماده دیواره همگن و دارای یک ضریب هدایت () باشد .

واحد ها:

اگر قابلیت هدایت حرارتی ماده بر طبق رابطه خطی تغییر کند معادله جریان حرارت به صورت زیر در خواهد آمد .

اگر دیواره چند لایه باشد مثلا یک دیوار سه لایه :

شرح آزمایش :

سیلندری در دستگاه وجود دارد با مشخص که در این سیلندر دو برش برای پایگذاری با غیر مشخص وجود دارد . این سیلندر بین یک هیتر و یک پنک کننده قرار گرفته است . بعد از اینکه مطمئن شدیم که آب پنک کننده با یک مقدار ثابت در جریان است یک توان حرارتی به آن اعمال می کنیم . بعد از اعمال توان ، توان الکتریکی تدریجاً افزایش و دما نیز افزایش می یابد با تنظیم توان و حجم آب میتوان مقدار حرارت ثابت به سیستم اعمال نمود . بعد از ایجاد شرایط پایا $STEADY STATE$ دماها را در نقاط مشخص اندازه گیری می کنیم

() با استفاده از فرمول زیر را محاسبه می کنیم .

در یک سطح اتصال افت درجه حرارتی به طور نرمال بدلیل مقاومت های اتصال اتفاق می افتد . بنابراین استفاده از دو قطعه با ضخامت های متفاوت به منظور تعیین مقاومت های تماس می باشد . زمانیکه از دو قطعه استفاده می شود با دو نوع مقاومت روبه رو هستیم .

۱- مقاومت هدایت

۲- مقاومت تماس

اگر مقاومت کلی برای قطعات a و b را با R_a و R_b نشان دهیم در این صورت R_a و R_b مقاومت قطعه آزمایشی که دارای ضخامت a و b می باشد .

با جایگزین کردن رابطه (3) در (2) داریم .

مراجله مهاسبه :

- ۱- مهاسبه با ٲوچه به 2 و 6و
- ۲- رسم نمودار نيعرچ نما با ٲوچه به
- ۳- خواندن و با استفاده از نمودار
- ۴- مهاسبه و با استفاده از فرمول و
- S - مهاسبه با استفاده از فرمول

مبذل ٲرارتى دو لوله اى ساده ترين نوع مبذل كه عبارت از دو لوله هم مهور كه يكى به عنوان زاكت به كار مى رود . سيال گرم در لوله داخلى و سيال سرد در لوله بيرونى ٲريان دارد .

گرماى داده شده بوسيله سيال گرم () ميزان گرما

$$QW = \text{براي سيال گرم}$$

$$T = \text{دماى سيال گرم}$$

)

$$W = \text{(دبى سيال گرم)}$$

$$CP = \text{(گرماى ويژه سيال گرم)}$$

$$qw = \text{(مقدار گرما براي سيال گرم)}$$

$$t = \text{(دماى سيال سرد)}$$

$$w = \text{(دبى سيال سرد)}$$

$$cp = \text{(گرماى ويژه سيال سرد)}$$

مقدار Q محاسبه می

بر اساس دمای متوسط بین دو سیال

شود .

موضوع آزمایش :

هدف آزمایش :

۱- محاسبه ضریب کلی انتقال حرارت (u)

۲- محاسبه اختلاف میانگین لگاریتمی ($lmtD$)

۳- محاسبه (u) در جریان موازی و متقابل در شرایط یکسان

وسایل آزمایش :

مبدل حرارتی آب-آب MODEL:HEP-200

تئوری آزمایش :

هر وسیله ای که انتقال حرارت را از سیالی به سیال دیگر انجام دهد مبدل حرارتی است . در مبدل های حرارتی حالت های اصلی انتقال حرارت عبارتند از - هدایت و جابجایی . البته در بسیاری از کار های فضایی تابش عامل غالب در ایجاد انتقال حرارت است .

انواع مبدل ها عبارتند از - مبدل در لوله ای - مبدل حرارتی لوله و پوسته - مبدل های حرارتی فشرده - مبدل های حرارتی دستگاه هایی هستند که به کمک آنها می توان در اثر تماس غیر مستقیم دو سیال ، سیالی را گرم یا سرد کرد . در مورد اینکه کدام یک از دو سیال داخل لوله و کدامیک خارج لوله و در پوسته جریان داشته باشد می توان معیار های زیر را در نظر گرفت .

الف) بهتر است سیال با ظرفیت حرارتی بیشتر در لوله داخلی و سیال با ظرفیت حرارتی کمتر در لوله خارجی باشد چون با نصب فین در لوله خارجی می توان

ضریب کلی انتقال حرارت (U) را افزایش داد . ب) سیال بخورنده در لوله داخلی باشد تا در اثر سوراخ شدن فقط نیاز به تعویض لوله داخلی باشد .
پ) بهتر است فاز سعی در داخل لوله داخلی پیریان داشته باشد تا در اثر نشت احتمالی به محیط نشت نکند .
د) سیالی که دمای آن به دمای محیط نزدیکتر باشد در لوله خارجی می باشد

ه) سیالی که تعادل به رسوب گذاری بیشتری دارد در لوله خارجی باشد .
حال به بررسی ضریب انتقال گرمای کل (U) می پردازیم .
انتقال گرما از دیواره تحت شکل روبه رو چنین بیان می شود که TB و TA دماهای سیال در طرفین دیواره است و ضریب انتقال گرمای کل طبق رابطه بالا است .

دیواره تحت بندرت در طرح مبدل گرمایی کاربرد دارد و بررسی مبدل گرمایی دو لوله مهمتر است .
در این کاربرد یک سیال داخل لوله کوچکتر و سیال دیگر در فضای حلقوی بین دو لوله پیریان دارد .
ضرایب پایداری از روشهای که قبلا ذکر شد مناسبه می شود و انتقال گرمای کلی از شبکه گرمایی چنین مناسبه می شود .

که زیر نویس های Og به داخل و خارج لوله داخلی کوچکتر مربوط است .
ضریب انتقال گرمای کلی را می توان نسبت به طرح بر حسب سطح داخلی یا سطح خارجی لوله نوشت ، در نتیجه :

در مبدل گرمایی دو لوله ای مطابق شکل فوق سیال ها می توانند به صورت پریان موازی یا مخالف پریان یابند و نیمرخ های این دو حالت در اشکال صفا بعد نشان داده شده است . پیشنهاد می کنیم که برای مناسبه انتقال گرمای این آرایش دو لوله ای از فرمول زیر استفاده شود .

که U ضریب انتقال گرمای کلی ، A مساحت سازگار سطح انتقال گرما ، با تعریف U و متوسط اختلاف دمای مناسب در عرض مبدل گرمایی . بررسی نیمرخ های دمای زیر نشان می دهد که اختلاف دمای سیال های سرد و گرم در پریوی و ورودی فرق دارد و باید متوسط آنرا برای استفاده در معادله 1 معین کنیم .

گرمای انتقال یافته از جزئی به مساحت da در مبدل گرمایی پریان موازی شکل فوق را می توان چنین نوشت .

که زیر نویس های h و c به ترتیب سیال های گرم و سرد را نشان می دهد .

انتقال گرما را نیز چنین بیان می کنند.

که m آهنگ جریان جرمی و C گرمای ویژه سیال را مشخص می کند بنا برین :

با بدست آوردن dq از معادله () و قرار دادن در معادله فوق داریم .

حال می توان معادله دیفرانسیل فوق را بین شرایط 1 و 2 مبدل دو لوله ای انتگرال گرفت و نتیجه چنین است .

با ضرب های mhc و $mccc$ را می توان با مراجعه به معادله بر حسب انتگرال گرمایی کلی q و اختلاف دمای کلی سیال های گرم و سرد نوشت ، بنا بر این :

با جایگزینی این روابط در معادله (IV) داریم.

با مقایسه رابطه (V) و (I) در می یابیم که اختلاف دمای متوسط لگاریتمی برابر عبارت داخل کروشه است بنابراین :

این اختلاف دما را اختلاف دمای لگاریتمی (LMTD) می نامند و عبارتست از اختلاف دما در یک طرف مبدل گرمایی منهای اختلاف دما در طرف دیگر تقسیم بر لگاریتم طبیعی نسبت این دو اختلاف دما .

نمونه ای از محاسبات ، موازی

برای جریان موازی که دبی آب گرم 20mm و دبی آب سرد هم 20mm باشد .

برای محاسبه W آب سرد و گرم با استفاده از میانبایی داریم .

جریان موازی

برای محاسبه Q_h

برای آب در بین دماهای تا تقریباً ثابت است و

با استفاده از میانبایی داریم

برای محاسبه داریم .

A : سطح انتقال حرارت :

نمونه ای از انجام محاسبات ، متقابل
برای جریان متقابل که دبی آب گرم 20mm و دبی آب سرد هم 20mm
باشد .

برای محاسبه W آب سرد و گرم با استفاده از میانبایی داریم:

برای محاسبه :

برای آب در بین دماهای 0 تا 100 تقریباً ثابت است و

برای محاسبه q_1 داریم :

A : سطح انتقال حرارت:

* نمونه ای از انجام محاسبات متقابل

برای پپریان متقابل که دبی آب گرم 20mm و دبی آب سرد هم 20mm باشد داریم:

برای محاسبه W برای آب گرم با استفاده از میانبایی داریم:

موضوع آزمایش :

مبدل حرارتی پوسته - لوله

Heat exchanger bench shell and Tube

هدف آزمایش :

۱- محاسبه ضریب کلی انتقال حرارت (U)

۲- محاسبه اختلاف میانگین لگاریتمی ($Lmtd$)

۳- مقایسه (U) در جریان موازی و متقابل در شرایط یکسان

وسایل آزمایش:

مبدل حرارتی پوسته - لوله Model : nsn-zoof

تئوری آزمایش :

تامین بسیاری از خدمات صنعتی نیازمند بکارگیری تعدادی زیاد مبدل در لوله ای از نوع دو شاخه است . این مبدل ها سطح قابل توپچی را اشغال کرده و در نقاط بسیاری امکان نشست سیال وجود دارد . هنگامی که سطح تبادل حرارت زیادی مورد نیاز باشد با استفاده از مبدل های پوسته - لوله ای می توان سطح لازم را بدست آورد . این مبدل ها شامل ۲۶ لوله و ۱ پوسته است . آب گرم در داخل لوله و آب سرد در پوسته می باشد از موازنه انرژی :