

آزمایش شماره ۱ :

عنوان آزمایش : مبدل های حرارتی HEAT EXCHANGER

به طور کلی در صنایع نفت و گازوشیمیائی ودستگاههای پروسس و تقطیر وسائلی وجوددارند که کارشان انتقال حرارت ازیک مایع گازبه یک مایع یا گاز دیگری است .

این انتقال حرارت ازجداره فلزی یک لوله یا تیوب طوری انجام می گیرد که از مخلوط شدن آنها جلوگیری می کند دستگاههایی که این تبادل حرارت را انجام می دهند به طور کلی مبدل حرارت نامیده می شوند .

از مبدل حرارتی برای کم کردن درجه حرارت مایعی که لازم است سرد شوند و یا گرم کردن مایعی که باید درجه حرارتش بالا شود ، استفاده می گردد . همچنین هردستگاههای پروسس و تقطیر برای جدا کردن و تفکیک مواد مختلف نفتی جهت تهیه فرآورده های مختلف از نفت خام که هر کدام دارای نقطه جوش خاصی می باشند ، نفت خام را حرارت می دهند تا هر ماده در حرارت معینی به جوش آمده ، تبخیر و از بقیه مواد جدا شود و برای اینکه مواد قابل انبار کردن در مخازن گردند باید مقداری یا تمام حرارت آنها را کاهش داد . این عملیات بوسیله مبدل حرارتی صورت می گیرد .

مبدل های حرارتی در طرح های مختلف و متنوع و اندازه های متفاوت ساخته

می شوند و بسته به شرایط کار آنها ، اساس کار متفاوتی دارند ولی اساس کار

همگی آنها یکی است ، یعنی تبادل حرارت انجام می دهند .

انواع مبدل های حرارتی به طور فهرست وار عبارتند از :

بویلر (Boiler)

سوپرهیتر (Super Heater)

پیش گرم کن (Ecco Komk Zer)

ری بویلر (Re Boiler)

گرم کننده (Heater)

تبخیر کننده (Evaporator)

خنک کن (cooler)

چگالنده (Condenser)

سرد کننده (Chiller)

برج های خنک کننده آب (Cooling Tower)

مبدل حرارت (Heat exchanger)

مبدل حرارت : اگر تبادل حرارت بین دو مایع انجام شود ، دستگاه را مبدل

حرارت گویند و یا می توان گفت اگر هیچکدام از سیالات نه تبخیر شود و نه

تقطیر ، این دستگاه را مبدل حرارتی گویند .

مبدل حرارتی پوسته و لوله :

این نوع مبدل ، معمولی ترین نوع مبدل حرارتی در صنعت نفت است و دارای سطح انتقال حرارت زیادی در واحد حجم اشغال شده می باشد . ساختمان مبدل پوسته و لوله تشکیل شده از تعدادی لوله های مداری که در داخل یک یادو صفحه لوله متصل شده اند و درون پوسته ای استوانه ای شکل Shell قرار گرفته اند .

تیوب ها ممکن است به صورت مستقیم STARAIGHT و یا ' U ' شکل باشند . تیوب های مستقیم احتیاج به دو صفحه تیوب دارند ولی سر تیوبهای U شکل فقط یک صفحه تیوب بکار می رود .

یک سیال در داخل تیوب ها جریان دارد و به نام سیال طرف تیوب TUBE SIDE FLUID یک سیال در خارج از تیوب ها و داخل پوسته و به نام سیال طرف پوسته SHELL SIDE FLUID نامیده می شوند .

گاز در سیال فوق یکی سرد و دیگری گرم است ، و بدون این که به طور مستقیم بایکدیگر تماس داشته باشند از طریق دیواره فلزی تیوب ها بایکدیگر تبادل حرارت انجام می دهند . باتوجه به آزمایش در می یابیم که بهترین تبادل حرارت وقتی امکان پذیر است که سیال درون پوسته و تیوب ها عکس یکدیگر جریان داشته باشند .

میزان انتقال حرارت در مبدل ها به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- اختلاف درجه حرارت بین دو مایع

۲- سطح انتقال حرارتی

۳- حجم مایع درون پوسته و تیوب ها و نحوه تقسیم آنها

۴- ضخامت و جنس ساختمان مبدل

اختلاف دمای متوسط لگاریتمی LMID :

درمبدل گرمایی دو لوله سیال ها می توانند به صورت جریان موازی یا مخالف

جریان یابند و نیم رخ های دمایی این دو حالت به صورت زیر است ، و انتقال

گرمای این آزمایش در لوله ای از فرمول زیر بدست می آید .

$$q = UA\Delta T_m$$

U : ضریب انتقال گرمای کلی

A : مساحت سطح انتقال گرما

ΔT_m : متوسط اختلاف دمای متوسط مناسب در عرض مبدل گرمایی

در بررسی های شکل زیر نشان می دهد که اختلاف دمای سیال های سرد و گرم

خروج و ورودی فرق دارد .

و باید متوسط آن را برای استفاده در معادله I معین کنیم . گرمای انتقال یافته

از جزئی به مساحت d_A درمبدل گرمایی جریان موازی شکل زیر می توان چنین

$$dq = m_h c_p dT_h = m^{\circ} c \quad Q_c dT_c \quad \text{نوشت :}$$

که در این رابطه زیرنویسهای h و C به ترتیب سیالهای گرم و سرد را نشان می دهند . انتقال گرما را می توان چنین نیز بیان کنید :

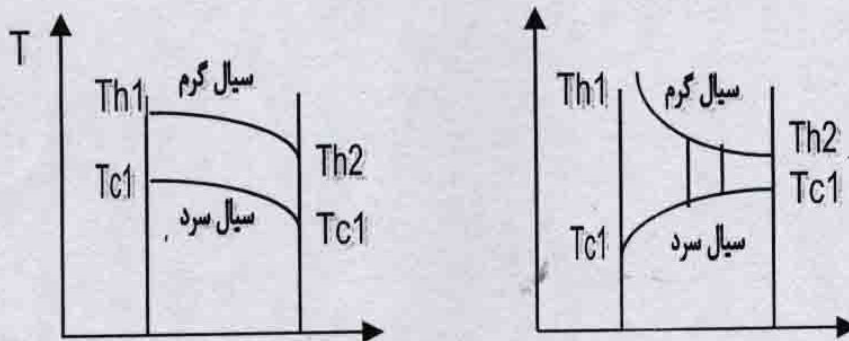
$$dq = u(Th - Tc)dA \quad (A)$$

از معادله B داریم :

$$dTh = \frac{-dq}{m^o h c_h} \quad dTc = \frac{dq}{m^o c Cc}$$

که m^o آهنگ جرمی و C گرمای ویژه سیال را مشخص می کند : بنابراین

$$dTh - dTc = d(Th - Tc) = -dq \left(\frac{1}{m^o h c_h} + \frac{1}{m^o c Cc} \right)$$



بابت دست آوردن dq از معادله A و قرار دادن آن در معادله B داریم :

$$\frac{d(Th - Tc)}{Th - Tc} = -u \left(\frac{1}{m^o h c_h} + \frac{1}{m^o c Cc} \right) dA$$

حال می توان معادله دیفرانسیل فوق را بین شرایط ۱ و ۲ شکل صفحه قبل

انتگرال گرفت نتیجه به صورت زیر است :

$$e_h = \frac{Th_2 - Tc_2}{Th_1 - Tc_1} = -uA \left(\frac{1}{m^o h c_h} + \frac{1}{m^o c Cc} \right)$$

حاصل ضرب های $m^{\circ}hch, m^{\circ}cCc$ را می توان با مراجعه به معادله برحسب انتقال

گرمای کل q و اختلاف دمای کلی سیال های گرم و سرد نوشت . بنابراین

$$m^{\circ}hch = \frac{q}{Th_1 - Th_2} \quad \rightsquigarrow \quad m^{\circ}cCc = \frac{q}{Tc_2 - Tc_1}$$

$$q = uA \frac{(Th_2 - Tc_2) - (Tc_1 - Th_1)}{e_h \left(\frac{Th_2 - Tc_2}{Th_1 - Tc_1} \right)}$$

بامقایسه معادله A و B درمی یابیم که اختلاف دمای متوسط برابر زیراست :

$$DT_m = \frac{(Th_1 - Tc_1) - (Th_2 - Tc_2)}{e_u \left(\frac{Th_1 - Tc_1}{Th_2 - Tc_2} \right)}$$

این اختلاف دما را اختلاف دمای متوسط لگاریتمی نامند .

- برای شرایط جریان متقاطع $IMTD$ به صورت زیر است :

$$\Delta TM = \frac{(Th_2 - Tc_2) - (Th_1 - Tc_1)}{e_u \left(\frac{Th_2 - Tc_2}{Th_1 - Tc_1} \right)}$$

محاسبات مربوطه به آزمایش برای بدست آوردن U (برای جریان غیر هم

$Q_c = Q_h \quad m^{\circ}cCp_c DTC = m^{\circ}hCp_h DTh$ جهت) :

برای آب سرد داریم $\begin{cases} T_{c1} \\ T_{c2} \end{cases} \begin{cases} t_1 = 23 \\ t_2 = 27 \end{cases} \rightsquigarrow T_{bc} = 25 \rightsquigarrow c_p = 4.147 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$

برای آب گرم داریم $\begin{cases} T_{h1} \\ T_{h2} \end{cases} \begin{cases} t_1 = 33 \\ t_2 = 32 \end{cases} \rightsquigarrow T_{b2} = 23 \rightsquigarrow c_p = 4.147 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$

$$m^{\circ}c = 27.7 \frac{cm^3}{s} = 0.0277 \frac{kg}{s} \quad \rightsquigarrow \quad Q_c = 0.763 \frac{kJ}{s}$$

$$m^{\circ}h = 42.6 \frac{cm^3}{s} = 0.0426 \frac{kg}{s}$$

$$Q = U.A.LMTD$$

$$A = \pi DL = \pi(0.015 \times 1.8) = 0.0848 m^2$$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}} = \frac{(33.27) - (32.23)}{\ln \left(\frac{33.27}{32.23} \right)} = 7.407$$

$$U = \frac{Q}{A.LMTD} = \frac{0.463}{(0.0848)(7.407)} = 0.737 \frac{kJ}{m^2.S.^{\circ}C}$$

محاسبات مربوط به آزمایش برای بدست آوردن u (جریان هم جهت):

$$Q_c = Q_h$$

$$m^{\circ}c C \rho_c$$

$$DT_c = m^{\circ}h c \rho_h DT_h$$

$$\text{برای آب گرم داریم} \begin{cases} T_1 = 34 \\ T_2 = 32 \end{cases}$$

$$\text{برای آب سرد داریم} \begin{cases} t_1 = 23 \\ t_2 = 25 \end{cases} \quad \rightsquigarrow \quad T_{bc} = 25 \quad \rightsquigarrow \quad c\rho = 4.175 \frac{kJ}{kg.^{\circ}C}$$

$$m^{\circ}c = 27.7 \frac{cm^3}{s} = 0.0277 \frac{kg}{s}$$

$$Q_c = 0.0277 \times 4.175 = 0.23 \frac{kJ}{s}$$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}} = \frac{(34.22) - (32.25)}{\ln \left(\frac{34.22}{32.25} \right)} = 9.207$$

$$u = \frac{Q}{A.LMTD} = \frac{0.23}{(0.0848)(9.207)} = 0.4 \frac{kJ}{m^2.S.^{\circ}C}$$

نتیجه : باتوجه به نتایج بدست آمده مشاهده می شود که چون مقدار u

بدست آمده درجریان غیرهم جهت از مقدار u بدست آمده درجریان هم

جهت بیشتر است ، ولذا نتیجه می گیریم که مقدار انتقال حرارت درجریان

غیرهم جهت بیشتر است و بازده بیشتری داریم .

عنوان آزمایش: انتقال گرمای جابجائی Convection

هدف: بررسی انتقال گرمای جابجائی به صورت آزاد و اجباری و محاسبه \bar{h}

ضریب انتقال گرمای جابجائی و محاسبه بازده فین در هر دو حالت.

واضح است که اگر صفحه فلزی گرمی را جلوی بادبزن قرار دهیم زودتر از وقتی

که در معرض هوای ساکن باشد خنک می گردد می گوئیم که گرما به طریق

جابجائی بیرون رفته است و این فرآیندها را انتقال گرمابه طریق جابجائی نامند.

صفحه گرم شده شکل را در نظر می گیریم. دمای صفحه T_w و دمای سیال T_∞

است. سرعت جریان مطابق شکل است. یعنی به علت کشش لزجی، مقدار

آن بر صفحه به صفر می رسد. از آنجا که سرعت لایه سیال بر دیواره برابر

صفر خواهد بود. گرما در آن نقطه باید تنها به صورت هدایت انتقال می یابد.

از این رو می توانیم انتقال گرما را با استفاده از معادله $q = -KA \frac{\partial T}{\partial x}$ و استفاده

از ضریب هدایت گرمائی سیال و گرادیان دمای سیال در دیواره محاسبه کنیم.

پس چرا اگر گرما در این لایه به صورت هدایت جریان می یابد ما از انتقال

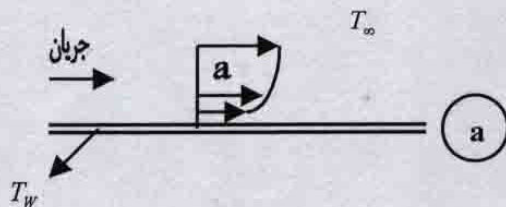
گرما به طریق جابجائی صحبت می کنیم و نیاز به این داریم که سرعت سیال را

در نظر بگیریم. جواب اینست که گرادیان دما به آهنگ گرمای دریافت شده

توسط سیال بستگی دارد. سرعت زیاد موجب می شود که گرادیان دما بالا

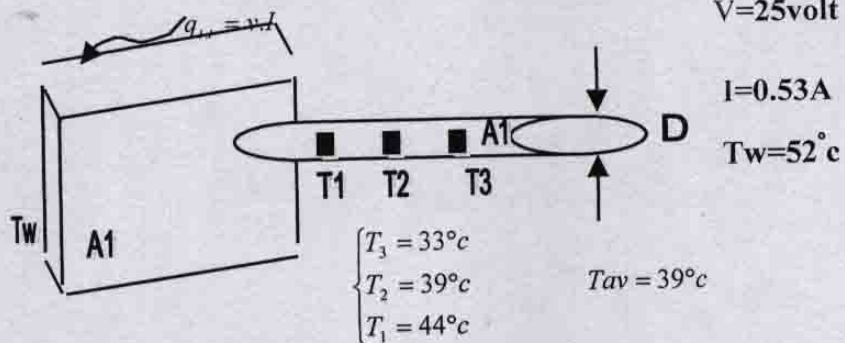
برود و غیره. از این رو گرادیان دما در دیواره به میدان جریان بستگی

دارد و باید در تحلیل بعدی خود عبارتی بدست بیاوریم که این دو کمیت را به هم ربط دهد. با این وجود باید بخاطر سپرد که اساس فیزیکی انتقال گرما در دیواره فرآیند هدایتی است. برای بیان تأثیر کلی جابجائی، از قانون نیوتن در خنک کردن استفاده می کنیم $q = hA(T_w - T_\infty)$ ، در اینجا ملاحظه میشود که آهنگ انتقال گرما با اختلاف دمای کمی بین دیواره و سیال و مساحت A بستگی دارد. کمیت h را ضریب انتقال گرمای جابجائی می نامند و معادله B معرف آن است. در بعضی از سیستم‌ها می توان h را به طور تحلیلی محاسبه کرد.



از معادله B مشخص می شود که اگر جریان گرما به وات باشد واحد h برابر با $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ است. بنابراین می توان گفت که انتقال گرمای جابجائی علاوه بر بستگی اش به فاصله های گرمای سیال به لزجت نیز بستگی دارد، زیرا لزجت بر پروفایل سرعت و در نتیجه بر آهنگ انتقال انرژی در ناحیه نزدیک به دیواره تأثیر می گذارد.

الف : محاسبه \bar{h} ضریب انتقال گرمای جابجائی در حالت Force و محاسبه بازده



فین :

$$\begin{cases} T_{iu} = 30^\circ\text{C} \\ T_{out} = 36^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$T_\infty = 33^\circ\text{C}$$

$$D = 1.5\text{ cm}$$

$$A_2 = 12.12\text{ cm}^2$$

$$A_f = 15$$

$$q_{tot} = q_s + q_{fin}$$

$$q_s = A_s \bar{h} (T_w - T_s) \quad , \quad q_{fin} = A_f \bar{h} (T_{av} - T_{fin})$$

$$q_{tot} = V.I = (85)(0.53) = 45.05\text{W}$$

$$A_s = 0.1212 - \frac{17\pi(0.015)^2}{4} = 1.14 \times 10^{-2}\text{ m}^2$$

$$A_{fin} = 17 \left(\frac{\pi D^2}{4} + \pi D L \right) = 8.31 \times 10^{-2}\text{ m}^2$$

$$q_s = 1.14 \times 10^{-2} (52 - 33) \bar{h} = 0.2166 \bar{h}$$

$$q_{fin} = 8.31 \times 10^{-2} (39 - 33) \bar{h} = 0.4198 \bar{h}$$

$$\Rightarrow 45.05 = 0.2166 \bar{h} + 0.4198 \bar{h}$$

$$\bar{h} = 62.989 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\eta_{fin} = \frac{T_{av} - T_\infty}{T_w - T_\infty} = \frac{39 - 33}{52 - 33} \times 100 = 31.577$$

ب : محاسبه \bar{h} ضریب انتقال گرمای جابجائی در حالت Free و سرعت هوای

ورودی :

$$v = 85 \text{ volt}$$

$$I = 0.56 \text{ A}$$

$$T_1 = 41^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 40^\circ \text{C}$$

$$T_3 = 43^\circ \text{C}$$

$$\begin{cases} T_{in} = 30^\circ \text{C} \\ T_{out} = 34^\circ \text{C} \end{cases}$$

$$T_{av} = 40$$

$$T_{\infty} = 32^\circ \text{C}$$

$$cp = 1.006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ \text{C}}$$

$$q_{tot} = q_{fin} - q_{\infty}$$

$$q_{tot} = V.I = (89.56) + (0.56) = 0.0498 \frac{\text{kJ}}{\text{S}}$$

$$q_{\infty} = A_s \bar{h}(T_w - T_{\infty}) = 1.14 \times 10^{-2} (48 - 32) \bar{h} = 0.1224 \bar{h}$$

$$q_{fin} = A_{fin} \bar{h}(T_{av} - T_{fin}) = 8.31 \times 10^{-2} (40 - 32) \bar{h} = 0.6642 \bar{h}$$

$$49.84 = 0.1224 \bar{h} + 0.6642 \bar{h} \quad \bar{h} = 58.83$$

$$q_{tot} = m' \varphi (T_{in} - T_{out}) \quad m' = 0.0124 \frac{\text{kg}}{\text{S}}$$

$$m' = SVA \quad V = \frac{m'}{SA} = 0.7 \text{ m/S}$$

$$\eta_{fin} = \frac{T_{av} - T_{\infty}}{T_w - T_{\infty}} = \frac{40 - 38}{48 - 38} \times 100 = 50\%$$

نتیجه : در حالت اجباری گرمای تبادل شده با محیط به وسیلهٔ فن ها

بیشتر از حالت آزاد است و در نتیجه انتقال حرارت از صفحه بهتر صورت گرفته

و میزان گرمای بیشتری با محیط مبادله می شود .