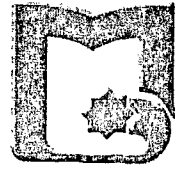


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

۰۹۶۹۷۹
انرژی و صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

عنوان:

امکان سنجی استفاده از مبادله کن لوله گرمایی و طراحی آن
جهت بازیافت گرمای هدر رفته گازهای داغ خروجی از
دودکش‌ها در صنایع

استاد راهنما:

دکتر ناصر ثقه‌الاسلامی

۴.۳.۸

استاد مشاور:

دکتر سیدحسین نوعی

تحقیق و نگارش:

مجید لطفی

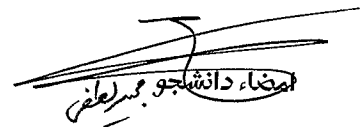
دی ماه ۱۳۸۰

۲۰۶






بسمت

صفحه الف

این پایان نامه با عنوان **امکان سنجی استفاده از مبادله کن لوله گرمایی و طراحی آن جهت بازیافت گرمای هدر رفته گازهای داغ خروجی از دودکش‌ها در صنایع** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی شیمی گرایش پدیده‌های انتقال** توسط دانشجو **مجید لطفی** تحت راهنمایی استاد پایان نامه **آقای دکتر ثقیه الاسلامی** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن بمنظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

امضاء دانشجو: 

این پایان نامه $\frac{9}{25}$ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۸۰/۱۰/۲۷ توسط هیئت داوران بررسی و نمره ۱۹.۱۵ با درجه **بسیار خوب** به آن تعلق گرفت.

| نام و نام خانوادگی | امضاء | تاریخ |
|---|---|----------|
| ۱- استادان راهنما: دکتر ناصر ثقیه الاسلامی |  | ۸۰/۱۰/۲۷ |
| ۲- استاد مشاور: دکتر سید حسین نوعی |  | ۸۰/۱۰/۲۷ |
| ۳- داور ۱: دکتر مرتضی زیودار |  | ۸۰/۱۰/۲۷ |
| ۴- داور ۲: دکتر حسین آتشی |  | ۸۰/۱۰/۲۷ |
| ۵- تحصیلات تکمیلی: دکتر خشایار نصری |  | ۸۰/۱۰/۲۷ |

تقدیم به :

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

که پیوسته در سایه دغاهای خیرشان از الطاف خداوندی بهره مند شده‌ام و سایه وجودشان و وسعت قناعتشان مأمن آسایشم بوده و هست .

تقدیم به :

خواهران مهربانم

که همواره جریحه نوش دریای مهر و محبتشان بوده و هستم .

و تقدیم به :

همه کسانی که دوستشان دارم

تشکر و قدردانی

" الحمد لله الذی هدینا لهذا و ما كنا لنهتدی لولا ان هدینا الله "

" سپاس فدایی را که هدایت همه چیز به دست اوست، پروردگاری که تنها او می‌تواند نور علم را در قلبها برافروزد. "

و سپاس من نثار تمامی کسانی که به من آموختند و مرا در مسیر علم و دانش یاری کردند.

تمقیقات و پژوهشهای علمی در زمینه طراحی و ساخت، جهت ذخیره انرژی، در راستای اعتلای میهن اسلامیمان در رسیدن به خودکفایی می‌باشد.

واضح است که هیچ تمقیق و پژوهش علمی بدون راهنمایی اساتید مجرب و فرهیخته به درستی هدایت نمی‌شود. به همین دلیل لازم می‌دانم سپاس و

قدردانی خود را به کلیه افرادی که در انجام این پروژه از راهنماییها و همکاریهای با ارزششان بهره مند بوده ام، ابراز نموده و توفیق روزافزونشان را

از درگاه خداوند متعال آرزو نمایم. از استاد گرامی و ارجمند جناب آقای دکتر نوعی باغبان به سبب قبول زحمت هدایت این پروژه که با سعه صدر در اتمام

این پروژه مرا یاری نمودند و از هیچ کوششی دریغ نفرمودند، کمال سپاس و امتنان را دارم. از استاد محترم جناب آقای دکتر ثقه الاسلامی که با قبول

زحمت، در انجام هر چه بهتر این پروژه مؤثر بوده اند سپاسگزارم.

و از تمامی دوستانم به خصوص آقایان مهندس: تفرجی، مزده و هاشمی که با کمکهای بی‌دریغ خود در طی مسیر همراه من بودند بسیار متشکرم و برایشان آرزوی موفقیت و پیروزی در کلیه مراحل زندگی دارم.

مجید لطفی

زمستان ۱۳۸۰

چکیده فارسی:

ذخیره انرژی بوسیله بازیافت گرمای هدر رفته نه تنها به دلایل اقتصادی بسیار مهم و با ارزش بوده، بلکه باعث کاهش عمده مصرف انرژی نیز خواهد شد که این عامل خود نقش بسزایی در کاهش تولید گاز CO₂ خواهد داشت. افزایش هزینه انرژی و مسئله ذخیره انرژی برای نسل آینده دو عامل بسیار مهم هستند که باید در طراحی مبادله‌کن‌های جدید و پیشرفته مورد توجه قرار گیرند. در این تحقیق، بازیافت گرمای تلف شده، انواع سیستم‌های بازیافت گرمای هدر رفته مانند بازیاب‌ها و گرماپس‌ده‌ها، امکان‌سنجی استفاده از مبادله‌کن لوله‌گرمایی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. همچنین یک روش تئوری جهت طراحی، عملکرد و یک نمونه کاربرد از مبادله‌کن ترموسیفونی جهت بازیافت گرمای هدر رفته از گازهای داغ خروجی در واحدهای صنعتی، شرح داده می‌شود. مبادله‌کن‌های گرمایی که به صورت دو فازی و از چند ترموسیفون تشکیل شده‌اند به عنوان یکی از شیوه‌های کارآمد برای بازیافت گرمای هدر رفته با ویژگی‌های بی‌نظیر، می‌توانند به عنوان پیش‌گرم‌کن هوای احتراق در دیگهای بخار و کوره‌ها عمل نمایند. بدین منظور یک نمونه مبادله‌کن ترموسیفونی برای یک دیگ بخار ۷ تنی در شرکت داروسازی ثامن مشهد طراحی شده است. با استفاده از این مبادله‌کن ترموسیفونی، مقدار 106725 m^3 گاز طبیعی ذخیره و از تولید 209050 کیلوگرم گاز CO₂ در مدت یک سال جلوگیری به عمل خواهد آمد. میانگین شدت بازیافت گرما حدود 60 kW و زمان بازگشت سرمایه کمتر از دو سال می‌باشد. در این پایان‌نامه، عملکرد گرمایی مبادله‌کن بوسیله دو روش LMTD و ϵ -NTU جهت به دست آوردن خواص انتقال حرارت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: بازیافت گرمای تلف شده، لوله‌گرمایی، ترموسیفون، مبادله‌کن ترموسیفونی.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

مقدمه..... ۲

فصل اول: معرفی گرمای تلف شده

- ۲-۱- حرارت تلف شده چیست؟..... ۵
- ۲-۱- فواید اقتصادی بازیافت حرارت..... ۵
- ۳-۱- تلفات حرارتی - کیفیت..... ۵
- ۴-۱- تلفات حرارتی- کمیت..... ۷
- ۵-۱- تولید بخار..... ۷

فصل دوم: بررسی مبادله کن‌های متداول جهت بازیافت انرژی گرمایی

- سر فصل..... ۱۱
- ۱-۲- مقدمه..... ۱۲
- ۲-۲- انواع تجهیزات بازیافت گرمای گاز-گاز..... ۱۳
- ۱-۲-۲- گرما پس ده..... ۱۳
- ۲-۲-۲- بازیاب‌ها..... ۱۳
- ۳-۲- بازیاب های گردان (چرخنده)..... ۱۴
- ۱-۳-۲- عوامل مؤثر بر عملکرد و خواص عملیات بازیاب گردان..... ۱۶
- ۲-۳-۲- کاربرد و برآورد اقتصادی..... ۱۸
- ۳-۳-۲- تعیین راندمان حرارتی و رطوبتی در بازیاب گردان..... ۱۹
- ۴-۲- کویل‌های (سیم پیچ‌های) حلقوی..... ۲۱
- ۱-۴-۲- برآورد اقتصادی..... ۲۲

| | |
|---------|--|
| ۲۳..... | ۲-۵-۰- مبادله کن‌های گرمایی صفحه‌ای..... |
| ۲۴..... | ۲-۵-۱- کاربرد و برآورد اقتصادی مبادله کن گرمایی صفحه‌ای..... |
| ۲۴..... | ۲-۶- گرمای پس‌ده‌های انتقالی (جابجایی) لوله‌ای..... |
| ۲۵..... | ۲-۷- گرمای پس‌ده‌های تشعشعی (تابشی)..... |
| ۲۶..... | ۲-۸- شاخص هزینه..... |

فصل سوم: تئوری لوله‌های گرمایی، ترموسیفون و کاربردهای آن

| | |
|---------|--|
| ۳۲..... | ۳-۱- اصول عملکرد لوله گرمایی..... |
| ۳۶..... | ۳-۲- محدودیت‌های انتقال حرارت..... |
| ۳۶..... | ۳-۲-۱- حد موئینگی..... |
| ۳۶..... | ۳-۲-۲- حد جوشش..... |
| ۳۷..... | ۳-۲-۳- حد لزجت..... |
| ۳۷..... | ۳-۲-۴- حد صوتی..... |
| ۳۸..... | ۳-۲-۵- حد ماندگی..... |
| ۳۸..... | ۳-۳- انواع لوله‌های گرمایی..... |
| ۳۹..... | ۳-۳-۱- ترموسیفون..... |
| ۴۰..... | ۳-۳-۲- لوله گرمایی استاندارد..... |
| ۴۰..... | ۳-۳-۳- لوله گرمایی حلقوی..... |
| ۴۱..... | ۳-۳-۴- لوله گرمایی صفحه تخت..... |
| ۴۲..... | ۳-۳-۵- لوله گرمایی گردان..... |
| ۴۳..... | ۳-۴- سیال‌های عامل و محدوده دمایی..... |
| ۴۶..... | ۳-۵- کاربردهای لوله گرمایی..... |
| ۴۶..... | ۳-۵-۱- لوله‌های گرمایی در سیستم‌های تهویه مطبوع..... |

۳-۵-۲- باز یافت انرژی ۴۸

۳-۵-۳- لوله های حرارتی رطوبت گیر ۴۸

۳-۵-۴- کاربردهای دیگر لوله گرمایی ۴۹

فصل چهارم: بررسی عملکرد گرمایی یک لوله ترموسیفون

۴-۱- جوشش و میعان ۵۵

۴-۲- آزمایشات ترموسیفون ۵۵

۴-۲-۱- راه اندازی ترموکوپلها ۵۳

۴-۲-۲- نحوه انجام آزمایشات ۵۷

۴-۳- تجزیه و تحلیل اثر بار حرارتی لوله گرمایی ۶۲

۴-۳-۱- تلفات در قسمت چگالنده ۶۲

۴-۳-۲- تلفات در قسمت تبخیر کننده و آدیاباتیک ۶۴

۴-۴- نتایج ۶۶

فصل پنجم: بررسی اصول مبادله کن لوله گرمایی و کاربردهای آن

۵-۱- مبادله کن لوله گرمایی ۷۰

۵-۲- مزایای استفاده از مبادله کن لوله گرمایی ۷۱

۵-۳- کاربردهای مبادله کن لوله گرمایی ۷۲

۵-۴- باز یافت انرژی بوسیله مبادله کن لوله گرمایی ۷۲

۵-۵- سابقه انجام بازیابی گرما بوسیله مبادله کن لوله گرمایی در ایران و سایر کشورها ۷۴

۵-۶- مبادله کن لوله گرمایی مجزا (Loop Heat Pipe Heat Exchanger) ۷۵

فصل ششم: بررسی منابع (Literature Survey)

مروری بر تحقیق های انجام شده ۷۷

فصل هفتم: اصول طراحی مبادله کن لوله گرمایی (ترموسیفونی)

- ۱-۷-۱- معیارهای طراحی یک مبادله کن گرمایی ۹۷
- ۱-۷-۱-۱- معیارهای انتخاب مبادله کن ۹۷
- ۱-۷-۲- انتخاب، پیش بینی عملکرد و طراحی ۹۹
- ۱-۷-۳- نقش کامپیوتر در طراحی مبادله کن گرمایی ۹۹
- ۱-۷-۴- آینه مبادله کن های گرمایی ۱۰۰
- ۲-۷- طراحی مبادله کن لوله گرمایی ۱۰۰
- ۱-۷-۲- طراحی گرمایی ۱۰۲
- ۲-۷-۲- محاسبات افت فشار ۱۱۰
- ۳-۷- مقاومت گرمایی ۱۱۰
- ۱-۷-۳- مقاومت های جابجایی بیرونی ۱۱۳
- ۲-۷-۳- مقاومت های جابجایی داخلی ۱۱۴
- ۴-۷- بهینه سازی طراحی مبادله کن لوله گرمایی ۱۱۵
- ۵-۷- مراحل طراحی و انتخاب مبادله کن گرمایی ۱۱۸

فصل هشتم: طراحی یک نمونه مبادله کن ترموسیفونی جهت بازیافت گرما از

دیگ بخار

- ۱-۸- مقدمه ۱۲۲
- ۲-۸- محاسبه پارامترهای جدول ۱-۸ ۱۲۳
- ۳-۸- موازنه جرم و انرژی برای دیگ بخار ۱۲۹
- ۱-۳-۸- مشخصات دیگ بخار ۱۲۹
- ۲-۳-۸- موازنه جرم حول دیگ بخار ۱۳۱
- ۳-۳-۸- محاسبه C_p گازهای خروجی از دودکش ۱۳۲

۸-۴- طراحی مبادله کن ترموسیفونی..... ۱۳۴

۸-۴-۱- انتخاب یک نوع مبادله کن و مشخص نمودن خصوصیات سطح و اندازه آن..... ۱۳۵

۸-۴-۲- تعیین خواص سیالهای گرم و سرد..... ۱۳۶

۸-۴-۳- محاسبه عدد رینولدز روی دسته لوله..... ۱۳۷

۸-۴-۴- تعیین ضریب استانتون - کلبرن..... ۱۳۸

۸-۴-۵- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی بیرونی روی دسته لوله..... ۱۳۸

۸-۴-۶- محاسبه راندمان پره و بازده کلی آن..... ۱۳۹

۸-۴-۷- محاسبه ضریب انتقال حرارت کلی..... ۱۴۰

۸-۴-۸- محاسبه دماهای خروجی و شدت انتقال حرارت..... ۱۴۲

۸-۴-۹- محاسبه افت فشار..... ۱۴۵

فصل نهم: نتیجه گیری

۹-۱- شدت ذخیره سوخت بوسیله مبادله کن گرمایی ترموسیفونی..... ۱۴۸

۹-۱-۱- روش دوم جهت محاسبه شدت ذخیره سوخت..... ۱۵۰

۹-۱-۲- روش سوم جهت محاسبه شدت ذخیره سوخت..... ۱۵۱

۹-۲- مدت زمان بازگشت سرمایه..... ۱۵۱

۹-۳- کاهش سالیانه تولید CO₂..... ۱۵۲

۹-۴- نتایج..... ۱۵۲

منابع و مأخذ..... ۱۵۵

چکیده انگلیسی..... ۱۵۸

فهرست علائم و نشانه‌ها:

| | |
|-----------|--|
| A | سطح کل انتقال حرارت (m^2) |
| Ac | سطح جریان آزاد یا حداقل مقطع جریان (m^2) |
| Bo | عدد بانند (بدون بعد) |
| C | نسبت ظرفیت (بدون بعد) |
| C_p | ظرفیت حرارتی در فشار ثابت ($J/kg.K$) |
| D | قطر لوله (m) |
| G | شدت جرمی جریان یا سرعت جرمی جریان ($kg/m^2.sec$) |
| h | ضریب انتقال حرارت ($W/m^2.K$) |
| h_{fg} | گرمای نهان تبخیر (J/kg) |
| j | ضریب کلبرن ($St.pr^{2/3}$) |
| Ja | عدد جاکوب (بدون بعد) |
| K | ضریب هدایت حرارتی ($W/m.K$) |
| L | طول (m) |
| l | طول (m) |
| $LMTD$ | اختلاف دمای متوسط لگاریتمی |
| \dot{m} | دبی جرمی (kg/s) |
| N | تعداد کل لوله‌ها (بدون بعد) |
| n_f | تعداد پره‌ها در هر متر از طول لوله (m^{-1}) |
| N_L | تعداد لوله‌ها در جهت جریان - طولی (بدون بعد) |
| N_T | تعداد لوله‌ها در جهت عمود بر جریان - عرضی (بدون بعد) |
| NTU | تعداد واحدهای انتقال حرارت یک مبادله‌کن (بدون بعد) |
| Nu | عدد ناسلت (بدون بعد) |

| | |
|---|------------------|
| فشار (Pa) | P |
| عدد پراتل (بدون بعد) | Pr |
| شدت انتقال حرارت (W) | Q |
| دبی حجمی (m ³ /kg)، فرمول ۴-۸ | Q |
| مقاومت گرمایی (m ² .K/W) | R |
| شعاع (m) | R |
| عدد رینولدز (بدون بعد) | Re |
| عدد رینولدز (بدون بعد)، فرمول ۸-۲۴ | Re _L |
| فاصله پره‌ها (m) | S _f |
| فاصله مرکز تا مرکز لوله‌ها در جهت جریان یا گام طولی (m) | S _L |
| فاصله مرکز تا مرکز لوله‌ها در جهت عمود بر جریان یا گام عرضی (m) | S _T |
| ضخامت (m) | t |
| دما (°C) | T |
| دمای سطح (°C) | T _s |
| دمای اشباع (°C) | T _{Sat} |
| ضریب انتقال حرارت کلی (W/m ² .K) | U |
| سرعت ظاهری (m/s) | u |
| جزء مولی | y |
| ضریب تراکم پذیری | Z |

حروف یونانی:

| | |
|--------------------|---|
| اختلاف | Δ |
| بازده مبادله‌کن | ε |
| ویسکوزیته (kg/m.s) | μ |

| | |
|----------------------------|--------|
| بازده | η |
| عدد پی ۳/۱۴۱۵۹ | π |
| چگالی (kg/m ³) | ρ |

زیر نویس:

| | |
|-------------|-------|
| میانگین | av |
| چگالنده | c |
| تبخیر کننده | e |
| پره | f |
| گرم | h |
| داخل | i |
| ورودی | in |
| بیرون | o |
| خروجی | out |
| لوله | p |
| کل | t |
| فتیله | w |

