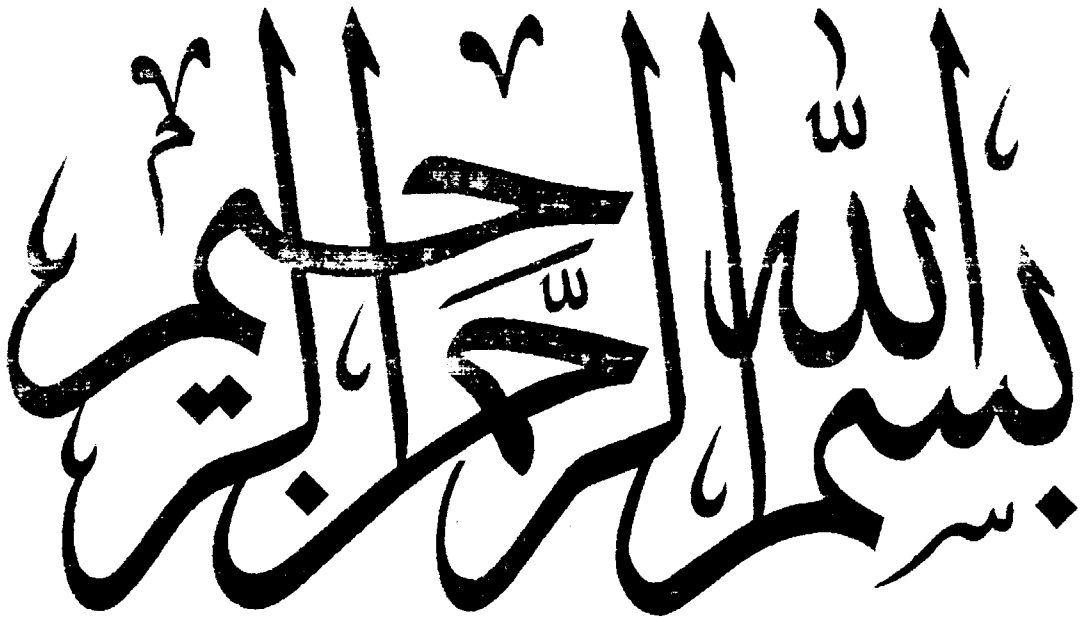
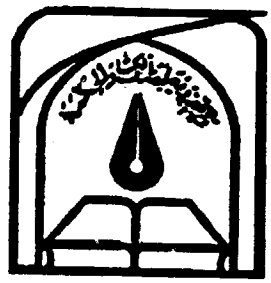

بسم الله الرحمن الرحيم

٣١٧٠٤

۱۳۷۹/۴/۳۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران



مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

طراحی وساخت لوله گرمایی وبررسی اثر زاویه شیب بر عملکرد لوله گرمایی مزبور

محمد مهدی غلامی بنادکوکی

استاد راهنما :
دکتر مهدی معرفت

استاد مشاور :
مهندس سید جلال قائم مقامی

7406

اسفند ۱۳۷۸

۳۱۷۰۴

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای **محمدمهدی غلامی بنادکوکی** پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و ساخت لوله گرمایی و بررسی اثر زاویه شیب بر عملکرد لوله گرمایی** مزبور در تاریخ **۷۸/۱۲/۱۴** ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی **مکانیک** باگرایش **تبدیل انرژی** پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنمـــا :	**آقای دکتر معرفت**	
۲ـ استاد مشـــاور :	**آقای مهندس قائم مقامی**	
۳ـ استادان ممتحن :	**آقای دکتر قدیری**	
	آقای دکتر صدرعاملی	
۴ـ مدیـــر گـــروه :	**آقای دکتر انصاری**	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

۷۸/۱۲/۱۴

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه‌تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ [redacted] است که در سال [redacted] در دانشکدهٔ [redacted] دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر [redacted] مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر [redacted] و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر [redacted] از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب [redacted] دانشجوی رشته [redacted] مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: [redacted]

تاریخ و امضا:

تقدیم به

پدرو مادر عزیزم، آنان که با زحمات شبانه روزی خود زمینه را برای علم آموزیم فراهم ساخته و چگونه زیستن را به من آموختند

تقدیم به

همسر مهربانم که با تحمل سختیهای دوران دانشجویی مرا یاری نمود

تقدیم به

خواهر وبرادرانم که صمیمانه دوستشان دارم

تقدیر و تشکر :

بعداز حمدو ستایش خداوند متعال که به من توفیق انجام این پژوهش را عطا فرمود، لازم می‌دانم ازجناب آقای دکتر مهدی معرفت که راهنمائی این پژوهش را بر عهده داشتند سپاسگزاری نمایم.ونیز از زحمات بی شائبه آقای مهندس سید جلال قائم مقامی که بعنوان استاد مشاور مرا در طی مراحل تحقیق یاری نمودند کمال تشکررادارم.

همچنین از مدیر عامل محترم شرکت مصنوعات فلزی سنگین جناب آقای مهندس جهانی ونیز جناب آقای مهندس پارسائیان که صمیمانه در ساخت پروژه مذکور همکاری نمودند تشکر میکنم.

در پایان لازم می‌دانم از تمامی افرادی که به طور مستقیم و غیر مستقیم در به ثمر رسیدن این کار تحقیقی مرا مرهون مساعدت و همکاری خود نمودند مخصوصا، خانواده محترم همسرو برادر گرامیم جناب آقای محمد هادی غلامی صمیمانه تشکروقدردانی‌کنم.

چکیده

لوله‌های گرمایی وسایلی با قابلیت انتقال حرارت بسیار بالا هستند که غالباً مورد استفاده زیادی در سیستمهای حرارتی دارند. مزیت این وسایل انتقال حرارت از محیط گرم به محیط سرد به صورت پیوسته و بدون استفاده از هر گونه وسیله یا ابزار مکانیکی یا الکتریکی است. هر لوله گرمایی شامل سه قسمت ظرف، سیال عامل و محیط واسطه است که مورد اخیر نقش پمپ را ایفا می‌کند و سیال را از قسمت چگالنده به قسمت تبخیر کننده منتقل می‌کند.در صورتی که لوله گرمایی بدون فتیله باشد وعمل برگشت مایع توسط جاذبه صورت بگیرد لوله گرمایی را ترموسیفون دوفازی می‌گویند. در این پروژه یک ترموسیفون دوفازی طراحی و ساخته شده و سپس به منظور تأثیر زاویه شیب بر رفتار انتقالی ترموسیفون آزمایشاتی صورت گرفته است بدین صورتکه قسمت تحتانی ترموسیفون (تبخیر کننده) با چند گرمکن در معرض حرارت قرار گرفته و قسمت فوقانی آن (چگالنده) توسط هوا خنک می‌شود.بین دو قسمت مذکور که ناحیه گذرا نامیده می‌شود عایق پیچ شده است. در هر مرحله قسمت تبخیر کننده درمعرض حرارت قرار گرفته و زاویه شیب ترموسیفون (۹۰-۱۰ درجه نسبت به افق) نیز تغییر می‌کند. آزمایش نشان می‌دهد که ماکزیمم نرخ انتقال حرارت از لوله به زاویه شیب بستگی دارد به طوریکه مقدار ماکزیمم آن در شیب ۹۰-۷۰ درجه نسبت به افق و برابر $Q=۲۳۰W$ است. همچنین ضریب هدایت مؤثر ترموسیفون به زاویه شیب بستگی دارد و با افزایش شیب و نیز گرمای ورودی پارامتر مذکور افزایش می‌یابد. در این بررسی همچنین مشخص شد که به دلیل بالا بودن مقاومت گرمایی قسمت چگالنده، بیشترین افت دما در قسمت مذکور و کمترین افت در قسمت آدیاباتیک دیده می‌شود. در انتها ضریب انتقال حرارت در قسمتهای چگالنده و تبخیر کننده و اثر زاویه شیب بر پارامترهای مذکور مورد بررسی قرار گرفته شده است.

کلمات کلیدی: ترموسیفون- لوله گرمایی- زاویه شیب- هدایت گرمایی مؤثر

فصل سوم ۵۱
شرایط کار لوله‌های گرمایی ۵۱
۳-۱- مقدمه ۵۱
۳-۲- شرایط سطح مشترک ۵۱
۳-۳- ویژگیهای آغاز بکار لوله گرمایی ۵۲

فصل چهارم ۵۶
محدودیت‌های انتقال حرارت ۵۶
۴-۱- مقدمه : ۵۶
۴-۲- لوله‌های گرمائی رایج (با فتیله) ۶۳
۴-۲-۱- محدودیت موئینگی ۶۳
۴-۲-۲- محدودیت روند فرایند ۶۶
۴-۲-۳- محدودیت صوتی ۶۸
۴-۲-۴- محدودیت جوشش ۷۰
۴-۳- ترموسیفونها (بدون فتیله) ۷۵
۴-۳-۱- محدودیت روند فرایند و تلاطم ۷۶
۴-۳-۲- محدودیت خشک شدن ۸۱
۴-۳-۳- محدودیت جوشش ۸۲
۴-۴- رفتار نوسانی در ترموسیفونها ۸۳
۴-۴-۱- خشک شدن نوسانی ۸۳
۴-۴-۲- جوشش سماوری ۸۴
۴-۴-۳- نوسان تلاطم ۸۵
۴-۵- حداقل مقدار سیال کارگر ۸۶

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱- تاریخچه ۱

۱-۲- تعریف لوله‌گرمائی ۲

۱-۳- اصول کارکرد لوله گرمائی ۳

۱-۴- بررسی ترمودینامیکی لوله‌گرمائی ۴

۱-۵- تقسیم بندی لوله‌گرمائی ۶

۱-۵-۱- تقسیم بندی براساس دمای کارکرد : ۶

۱-۵-۲ تقسیم بندی براساس ترکیب سیال عامل ۱۰

۱-۵-۳ تقسیم بندی براساس اهداف کاربرد ۱۱

۱-۵-۴- تقسیم بندی براساس طرح و شکل ساختمانی ۱۳

۱-۶- کاربردهای مختلف لوله گرمایی ۱۹

فصل دوم ۲۴

نظریه لوله‌های گرمائی ۲۴

۲-۱- مقدمه : ۲۴

۲-۲- مدلهای حالت بخار ۲۵

۲-۳- افت فشار مایع و بخار ۲۶

۲-۴- آنالیز جریان بخار ۲۸

۲-۵ آنالیز جریان مایع ۳۴

۲-۶- بررسی پدیده انتقال حرارت ۴۴

۲-۷- ویژگیهای دمایی لوله گرمایی ۴۷

فصل پنجم ۹۲
طراحی، ساخت و آزمایش ترموسیفون ۹۲
۵-۱- مقدمه:..... ۹۲
۵-۲- طراحی ترموسیفون ۹۲
۵-۲-۱- انتخاب سال فتیله و لوله..... ۹۳
۵-۲-۲- استفاده از طرح مکانیکی برای تعیین جزئیات لوله و در پوش‌ها . ۹۶
۵-۳- ساخت ترموسیفون ۹۷
۵-۳-۱- ساخت اجراء ۹۷
۵-۳-۲- تمیز کردن..... ۱۰۰
۵-۳-۳- تخلیه- شارژ و کورکردن لوله تغذیه..... ۱۰۰
۵-۳-۴- نصب ترموکوپل‌های‌بدنه و ترکوموپل داخل مایع ۱۰۱
۵-۳-۵ ساخت کانال مربوط به چگالنده..... ۱۰۳
۵-۴- بررسی تحلیلی عکس‌العمل ترموسیفون در شرایط کاری..... ۱۰۵
۵-۴-۱- آنالیز انتقال حرارت تبخیر کننده ۱۰۶
۵-۴-۲- آنالیز انتقال حرارت در قسمت چگالنده ۱۰۶
۵-۴-۳- آنالیز انتقال حرارت خارجی ۱۰۷
۵-۴-۴- محاسبات مربوط به پره (فین)..... ۱۰۸
۵-۴-۵- تعیین افت دما در طول لوله گرمایی ۱۰۹
۵-۴-۶- محاسبه محدودیت انتقال گرما ۱۱۱
۵-۵- بررسی تجربی عکس العمل ترموسیفون در شرایط کاری ۱۱۳
۵-۵-۱- شرح دستگاه آزمایش..... ۱۱۳
۵-۵-۲- آزمایش اول..... ۱۱۶
۵-۵-۳- آزمایش دوم ۱۱۹
۵-۵-۴- آزمایش سوم:..... ۱۲۰

۵-۵-۵ـ آزمایش چهارم ۱۲۱
۵-۵-۶ـ آزمایش پنجم ۱۲۳
۵-۵-۷ـ آزمایش ششم ۱۲۵
۵-۵-۸ـ آزمایش هفتم ۱۲۶
۵-۵-۹ـ آزمایش هشتم ۱۲۹
فصل ششم ۱۳۱
بررسی خطای آزمایش ۱۳۱
فصل هفتم ۱۳۱
بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۳۴
مراجع ۱۳۹

نمادها

A		
A_v	سطح مقطع مسیر جریان گرما	m^2
BO	عدد بوند	-
C	سرعت صوت	m/s
C_P	گرمای ویژه در فشار ثابت	$j/kg°k$
C_{PL}	گرمای ویژه مایع در فشار ثابت	$j/kg°k$
D	قطر	m
D_v	قطر ئیدرولیک	m
g	شتاب جاذبه	m/s
h_e	ضریب انتقال حرارت تبخیر کننده	$w/m^2°k$
h_c	ضریب انتقال حرارت چگالنده	$w/m^2°k$
h_{fg}	گرمای نهان تبخیر	j
h	انتالپی	j
h_g	انتالپی بخار اشباع	j
J^*	فلاکس حجمی بی‌بعد	-
k	هدایت گرمایی	$w/m°k$
K	انحناء	$1/m$
L_a	طول قسمت آدیاباتیک	m
L_c	طول قسمت چگالنده	m
L_e	طول قسمت تبخیر کننده	m
L_{eff}	طول مؤثر لوله گرمایی	m
L^+	طول بی‌بعد	-
m	جرم	kg

m_i	نرخ جریان مایع	kg/s
m_v	نرخ جریان بخار	kg/s
Ma	عدد ماخ	-
n	تعداد فین در اینچ	$\frac{fins}{inch}$
$\overline{NU^*}$	عدد ناسلت	-
P_{sat}	فشار اشباع	پاسکال
P_a	فشار اتمسفر	پاسکال
Pr	عدد پرانت	-
Q_c	حرارت خروجی از چگالنده	w
Q_{in}	حرارت ورودی به تبخیرکننده	w
Q_{max}	انتقال حرارت کل	w
R_{eff}	شعاع تخلخل مؤثر	m
R	شعاع	m
R_b	شعاع حباب بخار در مایع	m
R_g	ثابت گاز	$g/kg^{\circ}k$
R_h	شعاع ئیدرولیک	m
R_{men}	شعاع انحناء حلال	m
Re	عدد رینولدز	-
Re_l	عدد رینولدز مایع	-
$Re_{l,max}$	عدد رینولدز ماکزیمم مایع	-
Re_v	عدد رینولدز بخار	-
Re_D	عدد رینولدز برمبنای قطر	-
t	ضخامت پره	m
$T_{p,e}$	دمای خارجی لوله در قسمت تبخیرکننده	^{o}C

$T_{pw,e}$	دمای داخلی لوله در قسمت تبخیرکننده	^{o}C
$T_{wv,e}$	دمای فتیله در قسمت تبخیرکننده	^{o}C
$T_{v,e}$	دمای بخار در قسمت تبخیرکننده	^{o}C
$T_{v,c}$	دمای بخار در قسمت چگالنده	^{o}C
$T_{pw,c}$	دمای فتیله در قسمت چگالنده	^{o}C
$T_{p,c}$	دمای خارجی لوله در قسمت چگالنده	^{o}C
T_v	دمای بخار	^{o}C
T_{amb}	دمای هوای محیط	^{o}C
T_o	دمای هوای خروجی	^{o}C
V	ولتاژ	$volt$
V_L	حجم قسمت تبخیرکننده	m^3
V_t	حجم کل لوله	m^3
V^+	نسبت حجم مایع به حجم کل	-
V'	نسبت حجم مایع به حجم بخار	-
w	مؤلفهٔ محوری سرعت	m/s
w_l	مؤلفهٔ محوری سرعت متوسط	m/s
$\overline{w}$	سرعت متوسط محوری	m/s
W	عرض یا عمق شیار	m
We	عدد وبر	-
Z	مختصات محور	-
δ	ضخامت فیلم مایع	m
ΔT_c	اختلاف دمای قسمت چگالنده	^{o}C
ΔT_a	اختلاف دمای قسمت آدیاباتیک	^{o}C
ΔT_e	اختلاف دمای قسمت تبخیرکننده	^{o}C

$\theta_{men,min}$	زاویه تماس مایع با ظرف	$^{\circ}$
ρ	جرم حجمی	kg/m^3
ρ_g	جرم حجمی بخار اشباع	kg/m^3
λ_{eff}	ضریب مؤثر هدایت گرما	$w/m^{\circ}k$
μ	گرانروی دینامیکی	kg/ms
ν	گرانروی سینماتیک	m^2/s
σ	کشش سطحی	N/m
Ψ	اتلاف چسبندگی	-
φ	تخلل	-
$\varnothing$	زاویه شیب نسبت به افق	rad