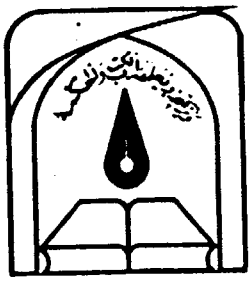
٣٤٤٩٧

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱۳۸۰ /۱۴/۴۰



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

011578

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

طراحی و ساخت مبدل حرارتی مایع-گاز (رادیاتور) با استفاده از لوله های گرمایی

صادق خداویسی

استاد راهنما

دکتر مهدی معرفت

استاد مشاور

مهندس سید جلال قائم مقامی

اسفند ۱۳۷۹

۴۴۴۹۷

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای صادق خداویسی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و ساخت مبدل حرارتی مایع ـ گاز (رادیاتور) با استفاده از لوله‌های گرمایی** در تاریخ ۷۹/۱۲/۲۰ 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 راهنما :	آقای دکتر معرفت	
۲ـ استاد مشاور :	آقای مهندس قائم‌مقامی	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر مظاهری	
	آقای دکتر تابع جماعت	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر انصاری	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

این نسخه پیشنهادی پایان‌نامه/رساله مورد تایید است

امضای استاد راهنما:

بسمه تعالی

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 مهندسی مکانیک است که در سال ۱۳۷۹ در دانشکدهٔ فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی ~~سرکار خانم~~/جناب آقای دکتر محمدی مهربانی، مشاورهٔ ~~سرکار خانم~~/جناب آقای دکتر قاسم حکاک و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر 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 اهداکند. 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 صادق خداویسی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: صادق خداویسی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰

تقدیم به

مادر عزیزم

و

پدر گرامیم

تشکر و قدردانی

من لم یشکر المخلوق ، لم یشکر الخالق

حمد و سپاس ایزد منان ، که آفرینش را با تعلیم و تعلم همراه ساخت . با سپاس فراوان از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر مهدی معرفت ریاست محترم بخش مهندسی مکانیک و جناب آقای مهندس سید جلال قائم مقامی که بدون همکاری و راهنمائی های ارزنده ایشان انجام این پایان نامه مقدور نبود و با تشکر از مدیر گروه تبدیل انرژی آقای دکتر انصاری و سایر اساتید گروه و تشکر از دوستان که در این امر مرا یاری داده اند .

چکیده:

لوله‌های گرمایی وسایلی با قابلیت انتقال حرارت بالا هستند که انتقال حرارت در آنها به صورت پیوسته و بدون استفاده از هر گونه وسیله مکانیکی یا الکتریکی انجام می‌شود. به طوری که این لوله‌ها تحت هر شرایطی بر روی زمین و یا در فضا کارائی لازم را دارند و محدودهٔ کارکرد دمایی بسیار وسیع (از ٤ °K تا ٢٦٠٠ °K) دارند [١]. همچنین انتقال گرما بین دو محیط، با اختلاف دمایی بسیار کم امکان‌پذیر می‌باشد.

هر لولهٔ گرمایی شامل ظرف، سیال کارگر و فتیله می‌باشد، در صورتیکه لولهٔ گرمایی بدون فتیله باشد یعنی عمل برگشت مایع از چگالنده به تبخیر کننده توسط نیروی جاذبه صورت بگیرد لولهٔ گرمایی را ترموسیفون دو فازی می‌گویند در این پروژه یک مبدل حرارتی مایع - گاز (رادیاتور) با استفاده از ترموسیفونهای دو فازی طراحی و ساخته شده است، بدین صورت که آب گرم در قسمت تبخیر کننده از روی مجموعهٔ ترموسیفونها عبور می‌کند و حرارت از آب گرم به قسمت تبخیر کننده منتقل می‌شود و سیال کارگر تبخیر شده به سمت چگالنده می‌رود و عمل چگالش با استفاده از یک منبع سرد (توسط دمیدن هوا بر روی چگالنده) انجام می‌گیرد و سیال کارگر به سمت تبخیر کننده بر می‌گردد و این عمل به صورت پیوسته ادامه می‌یابد.

نتایج نشان می‌دهد محدودیت جوش حداقل مقدار محدودیت گرمایی است که به ازاء هر ترموسیفون ١٦٠وات می‌باشد که در شرایط طرح، ظرفیت هر ترموسیفون ١٠٣ وات است و بنابراین به محدودهٔ بحرانی نمی‌رسد. آزمایش نشان می‌دهد، مبدل حرارتی مذبور به ازاء دبی ٦ لیتر در دقیقه آب گرم ٨٠ درجه سانتی‌گراد، توانایی انتقال ١٧٣٠ وات را دارا می‌باشد. نتایج ضریب انتقال حرارت خارج چگالنده در حالت تئوری و آزمایش همخوانی خوبی دارند، همچنین ضریب انتقال حرارت داخل چگالنده با افزایش دبی آب گرم (افزایش شار حرارتی) افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: لولهٔ گرمایی - ترموسیفون - مبدل حرارتی - رادیاتور

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - لوله‌های گرمایی و موارد کاربرد آنها	
۱-۱- تاریخچه	۲
۱ -۲ - معرفی لولهٔ گرمایی	۳
۱-۳- سیال کارگر	۵
۱ -٤ - سازه فتیله	۸
۱- ٥- تقسیم بندی لولهٔ گرمایی بر اساس طرح و شکل ساختمانی	۱۲
۱- ٦ - کاربرد لوله‌های گرمایی	۱۷
فصل دوم - نظریه لوله‌های گرمایی	
۲-۱-مقدمه	۲۲
۲-۲-خاصیت مویینگی	۲۲
۲-۲-۱- کشش سطحی	۲۲
۲-۲-۲- فشار مویینگی	۲٤
۲-۳- تنظیم فشار در لولهٔ گرمایی	۲٦
۲-٤- تحلیل جریان مایع در لولهٔ گرمایی	۲۷
۲-٥- تحلیل جریان بخار در لولهٔ گرمایی	۳۰
۲-٥-۱- حل تحلیلی برای جریان بخار غیر قابل تراکم	۳۱
۲-٦ - ویژگیهای دمایی لولهٔ گرمایی	۳۷

فصل سوم – محدودیت های لولهٔ گرمایی

۳-۱- مقدمه ٤١

۳-۲- محدودیت مؤیینگی (محدودیت فتیله) ٤٣

۳-۳ - محدودیت جوش ٤٤

۳-۳-۱- پدیدهٔ جوش ٤٤

۳ -۳-۲ جوش هسته‌ای و تشکیل حباب ٤٦

۳-۳-۳- شار حرارتی بحرانی در فتیله ٤٨

۳-٤ - محدودیت صوتی ٥٠

۳-٥- محدودیت روند فرآیند (کشیده شدن مایع به وسیله بخار) ٥٤

۳ -٦ - محدودیت روند فرآیند و تلاطم در ترموسیفونها ٥٥

۳-۷ - محدودیت خشک شدن ٥٩

۳-۸ - حداقل مقدار سیال کارگر ٦٠

۳-۸-۱ - تحلیل اول ٦١

۳-۸-۲ - تحلیل دوم ٦٢

فصل چهارم – طراحی، ساخت و آزمایش مبدل حرارتی مایع – گاز (رادیاتور)

٤-۱ - مقدمه ٦٧

٤-۲- مراحل طراحی ٦٧

٤-۲-۱ - انتخاب سیال کارگر و لوله مورد استفاده ٦٨

٤-۲-۲ - بررسی تحلیل عکس‌العمل ترموسیفون در شرایط کاری ٧٠

٤-۲-۳ - محاسبه محدودیت‌ها ٨٠

٤-۲-٤- طراحی رادیاتور اتومبیل با استفاده از ترموسیفون ٨٣

٤-۳- مراحل ساخت و نصب ٨٥

٤-٤- نتایج تجربی عکس‌العمل مبدل حرارتی ٨٩
٤-٤-١- شرح دستگاه آزمایش ٨٩
٤-٤-٢- آزمایش اول ٩٢
٤-٤-٣- آزمایش دوم ٩٣
٤-٤-٤- آزمایش سوم ٩٤
٤-٤-٥- آزمایش چهارم ٩٦
٤-٤-٦- آزمایش پنجم ٩٧
٤-٤-٧- آزمایش ششم ٩٨
٤-٤-٨- آزمایش هفتم ٩٩
٤ -٥-بررسی خطاهای آزمایش ١٠٠

فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٥-١- مقدمه ١٠٢
٥-٢- نتایج ١٠٢
٥-٣- پیشنهادات ١٠٤
منابع و مراجع ١٠٥
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ١٠٧
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ١١١

نمادها:

A	سطح مقطع عرضی	m^2
A_{fr}	سطح آزاد جلویی	m^2
A_v	سطح مقطع عرضی بخار	m^2
A_w	سطح مقطع عرضی فتیله	m^2
B_o	عدد بوند	–
C	سرعت صورت	m/s
C_p	ظرفیت گرمایی ویژه	j/(kg-k)
C_{pl}	ظرفیت گرمایی ویژه مایع در فشار ثابت	j/(kg-k)
D_v	قطر بخار داخل لوله	m
D	قطر	m
f_d	ضریب اصطکاک	–
g	شتاب جاذبه	m/s^2
h	انتالپی	j
h_c	ضریب انتقال چگالنده	$w/(m^2-K)$
h_{fg}	گرمای نهان تبخیر	J/kg
h_e	ضریب انتقال حرارت تبخیر کننده	$w/(m^2-K)$
h_g	انتالپی بخار اشباع	j
j^*	نرخ جریان حجمی مایع یا بخار بی‌بعد	–
k	هدایت گرمایی	$w/(m^2-K)$
k	نفوذپذیری	m^2
k	انحناء	$\frac{1}{m}$
L_a	طول قسمت آدیاباتیک	m

L_c	طول قسمت چگالنده	m
L_e	طول قسمت تبخیر کننده	m
L_t	طول کل لوله گرمایی	m
L_{eff}	طول مؤثر لوله گرمایی	m
$\dot{m}$	دبی جرمی	kg/s
$\dot{m}_l$	دبی جرمی مایع	kg/s
$\dot{m}_v$	دبی جرمی بخار	kg/s
M_a	عدد ماخ	-
N_f	گام پره	متر/تعداد پره‌ها
Nu	عدد ناسلت	-
Nu_b	عدد ناسلت حباب	-
P	فشار	$\frac{N}{m^2}$
p_{atm}	فشار اتمسفر	$\frac{N}{m^2}$
p_r	عدد پرانتل	-
Q	نرخ انتقال حرارت	W
Q_c	حرارت خروجی چگالنده	W
Q_e	حرارت ورودی به تبخیر کننده	W
Q_{max}	انتقال حرارت کل	W
r_i	شعاع داخلی لوله	m
r_o	شعاع بیرونی لوله	m
R_b	شعاع حباب	m
R_e	عدد رینولدز	-
R_{el}	عدد رینولدز مایع	-

$R_{el,max}$	عدد رینولدز ماگزیمم مایع	–
R_{ev}	عدد رینولدز بخار	–
R_{eD}	عدد رینولدز بر مبنای قطر	–
R_{eff}	شعاع تخلخل مؤثر	m
R_g	ثابت گاز	j/(kg-k)
R_h	شعاع هیدرولیکی	m
R_{men}	شعاع انحناء هلالی	m
S	تنش	$\frac{N}{m^2}$
t	ضخامت دیواره	m
T	دما	°K
T_c	دمای ناحیه ناحیه سرد یا چگالنده	°K
T_e	دمای ناحیه تبخیر کننده	°K
T_h	دمای ناحیه گرم	°K
T_{sat}	دمای اشباع	°K
T_v	دمای بخار	°K
$T\infty$	دمای محیط	°K
U	ضریب انتقال حرارت کل	$W/(m^2\text{-}K)$
v_v	مؤلفه سرعت شعاعی	m/s
v_δ	سرعت بخار در مرز مشترک بخار فتیله	m/s
V_l	حجم مایع	m^3
V_t	حجم کل	m^3
V′	نسبت حجم مایع به حجم کل	–

w	مؤلفه محوری سرعت	m/s
$\overline{w}$	سرعت متوسط محوری	m/s
W	عرض یا عمق شیار	m
We	عدد و بر	–
Z	مختصات محور	–
α	نسبت سطح انتقال حرارت به حجم مبدل حرارتی	$\frac{m^2}{m^3}$
δ	ضخامت فیلم مایع	m
δ_f	ضخامت پره	m
ΔP	اختلاف فشار	$\frac{N}{m^2}$
ΔP_l	افت فشار مایع	$\frac{N}{m^2}$
ΔP_v	افت فشار بخار	$\frac{N}{m^2}$
ΔP_g	افت فشار مایع ناشی از تأثیر نیروی جاذبه	$\frac{N}{m^2}$
ΔT_c	اختلاف دمای قسمت چگالنده	°K
ΔT_e	اختلاف دمای قسمت تبخیر کننده	°K
η_f	کارآیی پره	–
η_o	کارایی کل سطح انتقال حرارت	–
θ_{men}	زاویه تماس مایع با ظرف	o
ρ	جرم حجمی	kg/m^3
μ	گرانروی دینامیکی	kg/(m-s)
ν	گرانروی سینماتیک	m^2/s
σ	کشش سطحی	N/m
σ_a	نسبت سطح جریان آزاد به سطح جلویی	–

φ	تخلخل فتیله	-
ϕ	زاویه شیب نسبت به افق	rad

زیر نویس

a	آدیاباتیک
av	متوسط
c	چگالنده
cap	مویینگی
e	تبخیر کننده
eff	مؤثر
ent	روند فرآیند
ext	خارجی
in	ورودی
l	فاز مایع
Max	ماگزیمم
Min	حداقل
Out	خروجی
Sat	اشباع
v	فاز بخار