

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

اثر یک بافل بر انتقال حرارت جابجایی توأم در یک کانال افقی با محفظه
باز گرمازا

استاد راهنما:

دکتر بهزاد قاسمی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا شاطری

پژوهشگر:

قاسم محمودی

مهر ماه ۱۳۸۹



دانشگاه شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه آقای **قاسم محمودی** جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی با عنوان: «**اثر یک بافل بر انتقال حرارت جابجایی توأم در یک کانال افقی با محفظه باز گرمازا**» در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۱۸ با حضور هیات داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۷ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه دکتر بهزاد قاسمی با مرتبه علمی دانشیار امضاء

۲. استاد مشاور پایان نامه دکتر علیرضا شاطری با مرتبه علمی استادیار امضاء

۳. استاد داور داخلی گروه دکتر افراسیاب رئیسی با مرتبه علمی استادیار امضاء

۴. استاد داور داخلی گروه دکتر مسعود ضیائی راد با مرتبه علمی استادیار امضاء

دکتر بهزاد قاسمی

رئیس تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی و مهندسی

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

با سپاس از زحمات و راهنمایی های استاد جناب آقای دکتر قاسمی که از آغاز تحصیلات دانشگاهی همواره بهترین راهنمایم بوده و به ویژه در انجام این پروژه نهایت کمک و همفکری را به اینجانب عرضه داشتند. همچنین از جناب آقای دکتر شاطری استاد مشاور و مدیر گروه مهندسی مکانیک دانشکده فنی مهندسی کمال تشکر را دارم.

قاسم محمودی

مهر ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادرم، که هر چه دارم از دعای خیرشان است.

چکیده

جریان جابه‌جایی توأم آزاد و اجباری از یک محفظه بازگرم‌مازا در یک کانال افقی به روش عددی در این پروژه بررسی می‌گردد. جریان به صورت یکنواخت در دمای سرد وارد کانال و با کف محفظه که حاوی قطعات گرم می‌باشد، تبادل حرارت می‌کند. معادلات مومنوم و انرژی حاکم به روش حجم کنترل جبری شده و به کمک الگوریتم سیمپل به صورت همزمان حل می‌شوند. در ابتدا اثر پارامترهای حاکم مانند عدد رینولدز، گراش و ابعاد محفظه در محدوده وسیعی به طور جداگانه روی میدان جریان و انتقال حرارت بررسی و سپس با اضافه کردن بافل به کانال به بررسی اثر آن روی میزان انتقال حرارت از محفظه، پرداخته می‌شود. در ادامه اثر ارتفاع، موقعیت و مورب بودن بافل را بر روی میزان انتقال حرارت از محفظه پرداخته می‌شود.

از نتایج بدست آمده مشاهده شد که افزایش عدد گراش مقدار انتقال حرارت از محفظه را افزایش می‌دهد. در حالی که در اعداد رینولدز کم به دلیل ضعیف‌تر بودن جابه‌جایی اجباری تاثیر عدد گراش روی پارامتر انتقال حرارت بارزتر است. در عمق‌های کم محفظه میزان انتقال حرارت از محفظه بیشتر از حالت‌های با عمق بیشتر است. همچنین دیده شد تا زمانی که جابه‌جایی اجباری در انتقال حرارت جابه‌جایی توأم بر مسئله حاکم است اگر طول محفظه را افزایش دهیم انتقال حرارت افزایش می‌یابد. در جابه‌جایی توأم، زمانی که جابه‌جایی اجباری حاکم بر مسئله است، افزایش بافل مفید می‌باشد در غیر این صورت اثر معکوس خواهد داشت. همچنین دیده شد که افزایش ارتفاع بافل زمانی که جابه‌جایی اجباری در انتقال حرارت جابه‌جایی توأم بر مسئله حاکم است میزان انتقال حرارت را افزایش می‌دهد. با بررسی موقعیت بافل دیده شد که هر چه بافل به ورودی محفظه نزدیکتر شود و جابه‌جایی اجباری حاکم بر مسئله باشد، میزان انتقال حرارت از محفظه بیشتر می‌شود. علاوه بر اینکه که با زاویه‌دار کردن بافل در ابتدا میزان انتقال حرارت از محفظه افزایش، ولی با افزایش بیشتر زاویه بافل تبادل حرارت روند نزولی پیدا می‌کند.

کلمات کلیدی: جابه‌جایی توأم، کانال، محفظه باز و بافل.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - مقدمه	
۱-۱- انتقال حرارت جابجایی	۹
۲-۱- اهمیت و کاربرد انتقال حرارت جابجایی	۱۰
۱-۲-۱- مبدل های حرارتی	۱۱
۲-۲-۱- رسوب در مبدل های حرارتی	۱۱
۳-۲-۱- سرمایه‌ش تجهیزات الکترونیکی	۱۲
۳-۱- بررسی کارهای انجام شده	۱۸
۴-۱- جایگاه پروژه حاضر	۲۲
فصل دوم - صورت مسئله و فرمول بندی	
۱-۲- بیان مسئله	۲۳
۲-۲- معادلات حاکم	۲۴
۳-۲- بدست آوردن عبارتی برای نیروی غوطه‌وری	۲۵
۴-۲- بی بعد کردن معادلات	۲۷
۵-۲- شرایط اولیه و شرایط مرزی	۲۹
۶-۲- سایر معادلات	۳۰
فصل سوم - گسسته سازی معادلات	
۱-۳- جبری سازی معادلات در شبکه عادی	۳۳
۲-۳- شبکه جابجا شده (Staggered Grid Arrangement)	۳۸
۱-۲-۳- معادلات ممنوم	۳۸
۲-۲-۳- تصحیح فشار و سرعت	۴۰
۳-۲-۳- استخراج معادله تصحیح فشار	۴۱
۴-۲-۳- جدا سازی معادله انرژی	۴۲
۳-۳- روند حل معادلات	۴۳
فصل چهارم - ارائه نتایج و نتیجه گیری	
۱-۴- استقلال حل از شبکه	۴۵
۲-۴- کنترل صحت کد کامپیوتری	۴۷
۱-۲-۴- جابجایی آزاد در محفظه مربعی	۴۸
۲-۲-۴- کانال با محفظه باز گرمازا	۴۹
۳-۴- بررسی جریان در کانال بدون بافل	۵۰
۱-۳-۴- بررسی اثر عدد گراشف و رینولدز	۵۰

۵۵	.....	۲-۳-۴- بررسی اثر عمق محفظه
۵۷	.....	۳-۳-۴- بررسی اثر طول محفظه با یک منبع حرارتی
۶۰	.....	۴-۴- بررسی اثر بافل
۶۲	.....	۱-۴-۴- بررسی اثر ارتفاع بافل
۶۸	.....	۲-۴-۴- بررسی اثر موقعیت بافل
۷۱	.....	۳-۴-۴- بررسی اثر مورب کردن بافل
۷۴	.....	۵-۴- نتیجه گیری

پیوست ها

۷۶	.....	ساختار اصلی برنامه کامپیوتری
۷۸	.....	منابع
۸۰	.....	چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: شرایط یک سیال بین دو صفحه افقی در دماهای متفاوت. (الف) گرادیان دمای ناپایدار. (ب) گرادیان دمای پایدار.....	۱۰
شکل ۱-۲: کاربرد کانال همراه با محفظه به صورت یک مبدل حرارتی.....	۱۱
شکل ۱-۳: الف: ته نشین شدن رسوبات در ته مخزن..... ب: هدایت رسوبات به بیرون از کانال بوسیله جریان توأم اجباری و آزاد.....	۱۲
شکل ۱-۴: کاربرد کانال همراه با یک محفظه باز گرمازا با عنوان یک مکانیزم سرمایشی و پوسته‌ی محافظتی.....	۱۳
شکل ۱-۵: در یک اختلاف دمای معین و شار حرارتی می توان مکانیزم مناسب را انتخاب کرد.....	۱۴
شکل ۱-۶: صفحات الکترونیکی قرار گرفته در یک محفظه باید به طور قائم و به فاصله کافی از هم قرار گیرند تا انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی بیشتر شود.....	۱۵
شکل ۱-۷: سرمایش قطعات الکترونیکی درون یک محفظه به روش جابجایی آزاد با هوا.....	۱۶
شکل ۱-۸: جریان‌های جابه‌جایی اجباری و آزاد در کانال همراه با یک محفظه باز گرمازا.....	۱۷
شکل ۱-۲: هندسه کلی میدان حل، کانال همراه با یک محفظه باز گرمازا.....	۲۳
شکل ۱-۳: دامنه حل مسئله، نقاط شبکه و دامنه حل یک نقطه مشخص.....	۳۲
شکل ۲-۳: حجم کنترل در حالت دو بعدی.....	۳۴
شکل ۳-۳: شار کلی J بین دو نقطه شبکه.....	۳۵
شکل ۳-۴: حجم کنترل یک بعدی.....	۳۸
شکل ۳-۵: شبکه جابجا شده (الف) حجم کنترل جابجا شده در جهت x . (ب) حجم کنترل جابجا شده در جهت y	۴۰
شکل ۳-۶: حجم کنترل برای معادله پیوستگی.....	۴۱
شکل ۳-۷: نقاط درگیر با حل معادلات در هر مرحله از روش خط به خط (در امتداد y).....	۴۴
شکل ۳-۱: شبکه بندی غیر یکنواخت برای میدان حل.....	۴۵
شکل ۳-۲: تأثیر تعداد نقاط شبکه روی مقادیر نوسلت متوسط کل برای کانال محفظه‌دار با بافل عمودی.	۴۷
شکل ۳-۳: تأثیر تعداد نقاط شبکه روی مقدار مینیمم تابع جریان برای کانال محفظه‌دار با بافل عمودی.	۴۷
شکل ۳-۴: خطوط جریان (سمت بالا) و خطوط هم‌دما (سمت پایین) برای محفظه مربعی با دیواره‌های افقی عایق و دیواره‌های عمودی در دو دمای مختلف در اعداد ریلی مختلف ($Pr = 0.71$).....	۴۸
شکل ۳-۵: مقایسه نوسلت متوسط بدست آمده از مطالعه حاضر با مرجع [۱۶]، ($Ri = 0.1, Re = 100$).....	۴۹
شکل ۳-۶: مقایسه دمای ماکزیمم بدست آمده از مطالعه حاضر با مرجع [۱۶]، ($Ri = 0.1, Re = 100$).....	۵۰
شکل ۳-۷: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در اعداد گراشف مختلف $D/H = 1, Re = 10$	۵۱
شکل ۳-۸: پروفیل مولفه عمودی سرعت بی‌بعد در در خط افقی میانی محفظه به ازای اعداد گراشف مختلف ($Re = 10$).....	۵۲

- شکل ۴-۹: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در اعداد گراشف مختلف $Re = 100, D/H = 1$ ۵۳
- شکل ۴-۱۰: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در اعداد گراشف مختلف $Re = 1000, D/H = 1$ ۵۴
- شکل ۴-۱۱: نوسلت متوسط منابع گرم بر حسب اعداد گراشف در $Re = 10, D/H = 1$ ۵۴
- شکل ۴-۱۲: نوسلت متوسط منابع گرم بر حسب اعداد گراشف در $Re = 1000, D/H = 1$ ۵۵
- شکل ۴-۱۳: تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر حسب عدد گراشف در رینولدزهای مختلف و $(D/H = 1)$ ۵۵
- شکل ۴-۱۴: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در عمق‌های مختلف محفظه و $Gr = 10^3, Re = 100$ ۵۶
- شکل ۴-۱۵: تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر حسب نسبت عمق محفظه به عرض کانال ۵۷
- شکل ۴-۱۶: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در طول‌های مختلف محفظه و $D/H = 1$ و $Ri = 0.1, Gr = 10^3$ ۵۸
- شکل ۴-۱۷: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در طول‌های مختلف محفظه $D/H = 1$ و $Ri = 100, Gr = 10^3$ ۵۸
- شکل ۴-۱۸: تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر حسب نسبت طول محفظه به عمق محفظه ۵۹
- شکل ۴-۱۹: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در اعداد ریچاردسون مختلف. $h/H = 0.5$ و $D/H = 1, Gr = 10^3$ ۶۱
- شکل ۴-۲۰: پروفیل مولفه عمودی سرعت بی بعد در در خط افقی میانی محفظه به ازای اعداد ریچاردسون مختلف در دو حالت بدون بافل و با بافل. $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0, Gr = 10^3$ ۶۱
- شکل ۴-۲۱: تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر حسب اعداد ریچاردسون در دو حالت بدون بافل و با بافل $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0, Gr = 10^3$ ۶۲
- شکل ۴-۲۲: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) در ارتفاع‌های مختلف بافل و عدد ریچاردسون $D/H = 1$ و $Gr = 10^3, Ri = 0.01$ ۶۳
- شکل ۴-۲۳: پروفیل مولفه عمودی سرعت بی بعد در در خط افقی میانی محفظه به ازای ارتفاع‌های مختلف بافل. $D/H = 1.0$ و $Ri = 0.01, Gr = 10^3$ ۶۴
- شکل ۴-۲۴: نوسلت متوسط منبع سمت چپی بر حسب اعداد ریچاردسون به ازای ارتفاع‌های مختلف بافل. $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۴
- شکل ۴-۲۵: نوسلت متوسط منبع وسطی بر حسب اعداد ریچاردسون به ازای ارتفاع‌های مختلف بافل $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۵
- شکل ۴-۲۶: نوسلت متوسط منبع سمت راستی بر حسب اعداد ریچاردسون به ازای ارتفاع‌های مختلف بافل $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۵
- شکل ۴-۲۷: نوسلت متوسط منابع گرم بر حسب اعداد ریچاردسون به ازای دو ارتفاع مختلف بافل $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۶
- شکل ۴-۲۸: نوسلت متوسط کل سطوح کانال به همراه بافل بر حسب ارتفاع بافل $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۷
- شکل ۴-۲۹: نسبت نوسلت متوسط کل کانال با بافل به بدون بافل به ازای طول‌های مختلف بافل. $D/H = 1.0$ و $Gr = 10^3$ ۶۷
- شکل ۴-۳۰: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) به ازای موقعیت‌های مختلف بافل و عدد ریچاردسون $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0, Gr = 10^3, Ri = 0.01$ ۶۹

- شکل ۴-۳۱: پروفیل مولفه عمودی سرعت بی بعد در در خط افقی میانی محفظه به ازای موقعیت‌های مختلف بافل. $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$, $Ri = 0.01$ ۶۹
- شکل ۴-۳۲: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) به ازای موقعیت‌های مختلف بافل و عدد ریچاردسون $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$, $Ri = 100$ ۷۰
- شکل ۴-۳۳: پروفیل مولفه عمودی سرعت بی بعد در در خط افقی میانی محفظه به ازای موقعیت‌های مختلف بافل. $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$, $Ri = 100$ ۷۰
- شکل ۴-۳۴: نوسلت متوسط کل کانال به همراه بافل بر حسب موقعیت بافل از ورودی. $h/H = 0.5$ و $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$ ۷۱
- شکل ۴-۳۵ الف: نمونه‌ای از شبکه بندی غیر یکنواخت برای بافل مورب ۷۱
- شکل ۴-۳۵ ب: شبکه بندی اطراف بافل و نحوه تقریب زدن بافل در شبکه ثابت. ۷۲
- شکل ۴-۳۶: میدان جریان (سمت چپ) و خطوط هم‌دما (سمت راست) به ازای زوایای مختلف بافل در عدد ریچاردسون $d/H = 1$ و $h/H = 0.5$, $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$, $Ri = 0.01$ ۷۳
- شکل ۴-۳۷: نوسلت متوسط کل کانال به همراه بافل بر حسب زاویه بافل با محور قائم. $d/H = 1$ و $h/H = 0.5$, $D/H = 1.0$, $Gr = 10^3$ ۷۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: معادلات بعد دار حاکم بر جریان.....	۲۷
جدول ۲-۲: جملات معادلات حاصل از معادله (۲-۲۰).....	۲۷
جدول ۳-۲: جملات معادلات حاصل از معادله (۲-۳۰).....	۲۹
جدول ۱-۴: مقادیر مینیمم تابع جریان و نوسلت متوسط منابع گرم به ازای طولهای خروجی مختلف و $Gr = 10^4$	
و $Ri = 1$	۴۶
جدول ۲-۴: مقایسه نوسلت متوسط در محفظه مربعی با نتایج دیگران ($Pr = 0.71$ و $10^4 \leq Ra \leq 10^6$).....	۴۸

فهرست نمادها

شتاب جاذبه زمین، ms^{-2}	g
ضریب انتقال حرارت جابجایی، $Wm^{-2}k^{-1}$	h
ارتفاع کانال، m	H
ضریب هدایت گرمایی، $Wm^{-1}k^{-1}$	k
فشار، Pa	P
زمان، s	t
دما، k	T
دمای سطح سرد و ورودی، k	T_c
دمای سطح گرم، k	T_h
اختلاف دما، $\Delta T = (T_h - T_c)$	ΔT
سرعت در جهت x ، ms^{-1}	u
سرعت یکنواخت ورودی، ms^{-1}	u_c
سرعت بی بعد در جهت x ، $U = u/u_c$	U
سرعت در جهت y ، ms^{-1}	v
سرعت بی بعد در جهت y ، $V = v/u_c$	V
طول، m	x
طول بدون بعد، $X = x/H$	X
عرض، m	y
عرض بدون بعد، $Y = y/H$	Y
عدد گراشهف، $Gr = g \beta H^3 \Delta T / \nu^2$	Gr
نوسلت، $Nu = hH/k$	Nu
عدد پکله، $Pe = \rho u \delta / \Gamma$	Pe
عدد پرائتل، $Pr = \nu / \alpha$	Pr
نرخ انتقال حرارت منبع گرم، Wm^{-2}	q_s''
عدد ریلی، $Ra = Gr Pr$	Ra
عدد رینولدز، $Re = u_c H / \nu$	Re
عدد ریچاردسون، $Ri = Gr / Re^2$	Ri
نوسلت متوسط کل محفظه	Nu_m
نوسلت متوسط کل محفظه با افزودن بافل	$Nu_{m,b}$
نوسلت متوسط منبع سمت چپ	$Nu_{m,l}$
نوسلت متوسط منبع وسطی	$Nu_{m,c}$
نوسلت متوسط منبع سمت راستی	$Nu_{m,r}$

ضریب پخش حرارتی، $m^2 s^{-1}$	α
ضریب انبساط گرمایی	β
دمای بی بعد، $\theta = (T - T_c) / (T_h - T_c)$	θ
فاصله دو گره متوالی شبکه در یک جهت	δ
لزجت دینامیکی، $Pa.s$	μ
لزجت سینماتیکی، $m^2 s^{-1}$	ν
دانسیته، $kg.m^{-3}$	ρ
دانسیته از گام زمانی قبل و معلوم در زمان τ	ρ^0
ضریب پخش	Γ
متغیر عمومی	ϕ
متغیر عمومی گام قبل و معلوم در زمان τ	ϕ^0
زمان بی بعد، $\tau = tu_c / H$	τ
تابع جریان	Ψ

فصل اول

مقدمه

۱-۱ انتقال حرارت جابه‌جایی

به طور کلی حرارت یا گرما در اثر اختلاف دما می‌تواند منتقل شود و همواره از سمت گرم‌تر به سمت سردتر حرکت می‌کند. این انتقال حرارت به سه روش هدایت، جابه‌جایی و تشعشع انجام می‌گیرد. انتقال حرارت هدایتی وقتی خواهیم داشت که در یک محیط ساکن گرادیان دما وجود داشته باشد. جابه‌جایی هنگام حرکت یک سیال از مجاور یک سطح با دمای متفاوت مطرح می‌شود و بالاخره کلیه سطوح با توجه به دمایی که دارند از خود انرژی صادر می‌کنند که اگر دو جسم با دمای متفاوت بتوانند با یکدیگر تشعشع مبادله کنند انتقال حرارت تشعشعی خواهیم داشت.

انتقال حرارت جابجایی در واقع شامل دو مکانیزم است. به عبارتی علاوه بر پخش انرژی در اثر حرکت راندم مولکولها، در اینجا حرارت از طریق حرکت کلی سیال نیز منتقل می‌شود. می‌توان گفت که حرکت کل سیال با دمای متفاوت با دمای سطح باعث انتقال حرارت می‌شود، که این انتقال حرارت شامل هر دو مکانیزم فوق است [۱].

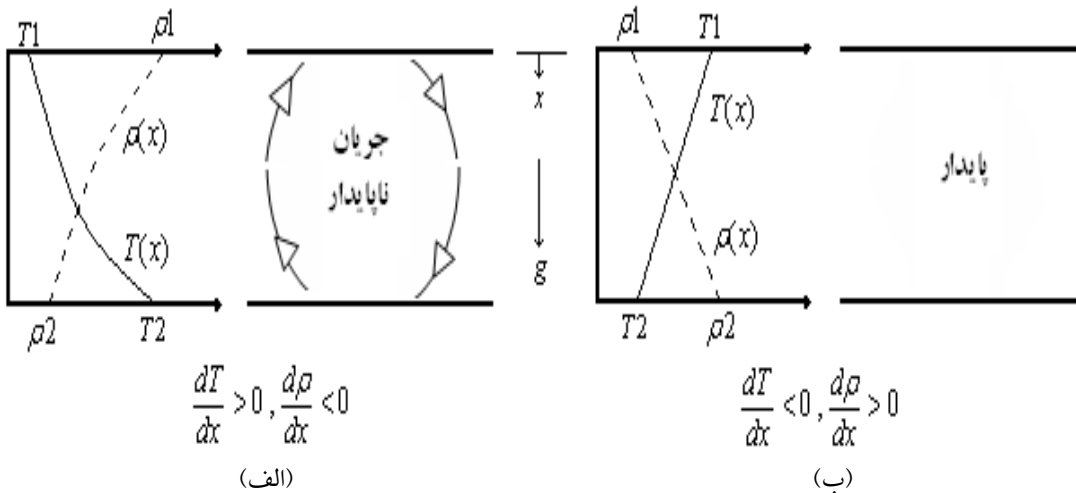
بر اساس طبیعت جریان سیال می‌توان انتقال حرارت جابه‌جایی را به جابه‌جایی اجباری و جابه‌جایی آزاد تقسیم بندی کرد. در جابه‌جایی اجباری عامل حرکت سیال یک عامل خارجی، مانند پمپ، فن و یا وزش باد است. ولی در جابه‌جایی آزاد (طبیعی) حرکت سیال در اثر نیروهای غوطه‌وری است که در نتیجه تغییرات جرم حجمی در اثر گرادیان دما در سیال به وجود می‌آید. مواقعی که جریان جابجایی اجباری در اثر جریان سیال با سرعت کم داشته باشیم، جابه‌جایی آزاد نیز می‌تواند در رفتار سیال اثر بگذارد و به عبارتی جابه‌جایی توأم آزاد و اجباری داشته باشیم.

همانطور که بیان شد، در جابه‌جایی آزاد، حرکت سیال ناشی از نیروی غوطه‌وری در سیال است. نیروی غوطه‌وری در اثر حضور توأم گرادیان چگالی سیال و نیروی جسمی متناسب با آن به وجود می‌آید. نیروی جسمی، در عمل گرانش است هر چند که نیروی کریولیس در حرکت‌های چرخشی اقیانوس یا جو نیز می‌تواند به عنوان

نیروی جسمی عمل کند. گرادیان چگالی جرمی در یک سیال به دلایل مختلف می‌تواند ایجاد شود که متداولترین آنها حضور گرادیان دماست.

می‌دانیم که چگالی گازها و مایعات به دما بستگی دارد و معمولاً با افزایش دما (به دلیل انبساط سیال) کاهش می‌یابد ($\frac{\partial \rho}{\partial T} < 0$). البته باید توجه داشت که حضور گرادیان چگالی لزوماً موجب جریان جابجایی در سیال

نمی‌شود. باید گرادیان چگالی به نحوی باشد که چگالی سیال در جهت گرانش کاهش یابد و اختلاف دما از یک حد بحرانی تجاوز کند تا با غلبه نیروهای غوطه‌وری بر اثرات نیروهای اصطکاکی شرایط ناپایدار ایجاد شود. در شکل ۱-۱ سیال بین دو صفحه افقی در دماهای متفاوت قرار دارد. در حالت (الف) دمای صفحه پایینی بیشتر از دمای صفحه بالایی است و در حالت (ب) دمای صفحه پایینی کمتر از دمای صفحه بالایی است. در حالت (الف) چون چگالی در جهت گرانش کاهش می‌یابد، اگر اختلاف دما از حد بحرانی بیشتر شود شرایط ناپایدار ایجاد شده و جریان چرخشی نشان داده شده در شکل به وجود می‌آید. در حالت (ب) چون چگالی در جهت نیروی گرانش کم نمی‌شود، امکان ایجاد جریان چرخشی و شرایط ناپایدار وجود نداشته و حرکت توده سیال به وجود نمی‌آید. نهایتاً در حالت (الف) انتقال حرارت از سطح گرم به سطح سرد در اثر جابجایی آزاد صورت می‌گیرد و در حالت (ب) انتقال حرارت از سطح گرم به سطح سرد در اثر هدایت روی می‌دهد.



شکل ۱-۱: شرایط یک سیال بین دو صفحه افقی در دماهای متفاوت.

(الف) گرادیان دمای ناپایدار. (ب) گرادیان دمای پایدار.

۲-۱ اهمیت و کاربرد انتقال حرارت جابجایی

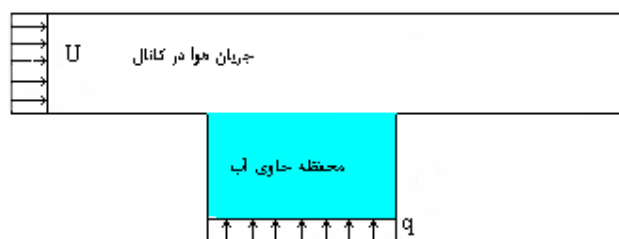
انتقال حرارت و جریان جابه‌جایی آزاد، اجباری و توأم به دلیل کاربردهای فراوانی که در صنعت دارند به طور وسیعی مورد مطالعه محققان قرار می‌گیرند. امروزه انتقال حرارت از محفظه باز در کانال‌ها به علت کاربردهای مهندسی وسیعی که دارد مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. خنک کاری اجزای الکترونیکی، مبدل‌های

حرارتی فین دار، همین طور خنک کاری مرطوب در تهویه مطبوع و کنترل آتش در ساختمان‌ها بخشی از این کاربردها می‌باشد.

در این فصل به معرفی بیشتر کاربردهای گفته شده می‌پردازیم، در هر قسمت سعی شده است با معرفی یکی از کاربردها به نقش کانال‌های همراه با محفظه‌ی باز در آن کاربرد خاص پرداخته شود.

۱-۲-۱ مبدل های حرارتی

مبدل‌های حرارتی وسایلی می‌باشند که تبادل حرارت بین دو سیال با دماهای مختلف را با یکدیگر فراهم می‌آورند. مبدل‌های حرارتی در محدوده وسیعی از کاربردهای عملی مورد استفاده گسترده‌ای دارند، این محدوده وسیع از سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع در منازل تا فرایندهای شیمیایی و تولید قدرت در نیروگاه‌ها را شامل می‌شود. نرخ انتقال حرارت بین دو سیال در نقطه‌ای از یک مبدل حرارتی بستگی به مقدار اختلاف دما در آن نقطه دارد، که در طول مبدل حرارتی تغییر می‌کند. کانال‌های همراه با محفظه باز نیز در موارد بسیاری به صورت یک مبدل حرارتی به کار برده می‌شوند. بدین منظور محفظه از سیال چگالتی مثل آب پر شده و جریان اجباری هوا از روی آن عبور داده می‌شود، (شکل ۱-۲). در صورتی که گرمایش مرطوب هوا مورد نظر است می‌توان از کف محفظه به آب داخل آن حرارت داد و هوا را با سرعت بهینه از روی آن عبور داد.



شکل ۱-۲: کاربرد کانال همراه با محفظه به صورت یک مبدل حرارتی

۱-۲-۲ رسوب در مبدل های حرارتی

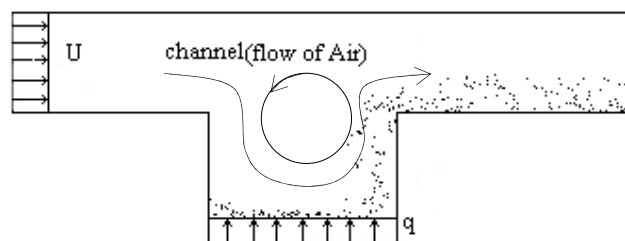
راندمان مبدل‌های حرارتی معمولاً با گذشت زمان به سبب جمع شدن رسوب روی سطوح انتقال حرارت کاهش می‌یابد. لایه رسوبات بیانگر به وجود آمدن مقاومت اضافی در برابر انتقال حرارت بوده و باعث کاهش نرخ انتقال حرارت بین دو سیال می‌شود. متداولترین نوع رسوب، ته نشین شدن ذرات جامد معلق درون سیال روی سطوح انتقال حرارت است. این رسوبات معمولاً ترکیبات کلسیم می‌باشند. سطوح رسوب گرفته شده را می‌توان با عملیات شیمیایی تمیز کرد و یا با پیاده کردن تجهیزات از سیستم به صورت مکانیکی رسوب‌زدایی کرد. اگر این رسوبات روی سطوح داخلی لوله‌های مبدل‌های حرارتی رسوب کنند، اثر زیانباری روی مجرای عبور سیال (با کاهش سطح مقطع عبوری سیال) و ضریب انتقال حرارت (با افزودن یک لایه مقاوم در برابر عبور حرارت) خواهد داشت. برای پرهیز از این مشکل در نیروگاه‌های قدرت، آب از فیلترهای متعددی عبور داده می‌شود. ذرات خاکستر جامد در گازهای درون دودکش که در روی سطوح پیش گرم کننده‌های هوا جمع می‌شوند باعث به وجود آمدن مشکلات مشابهی می‌شوند. شکل دیگری از رسوبات که در صنایع

شیمیایی بسیار مشاهده می‌شود، خوردگی و دیگر رسوبات شیمیایی است. در این حالت ذرات تولید شده از واکنش‌های شیمیایی روی سطوح رسوب می‌کنند، این مشکل را می‌توان با روکش دادن لوله های فلزی یا شیشه یا استفاده از لوله های پلاستیکی به جای لوله های فلزی بر طرف کرد [۳].

با وجود استفاده از فیلتر در سر راه آب ورودی به نیروگاه‌های قدرت و مبدل‌های حرارتی و نیز استفاده از لوله های پلاستیکی، نیاز به تمیزکاری سطوح هیچ وقت مرتفع نشده است. به همین دلیل است که در سال‌های اخیر روش تمیزکاری هیدرودینامیکی مورد توجه قرار گرفته است. در این روش بدون پیاده کردن تجهیزات از سیستم‌های حرارتی و شیمیایی می‌توان با استفاده از جابجایی طبیعی و اجباری همراه با هم ذرات رسوبی را از دیواره کانال‌ها و کف محفظه‌ها به بیرون هدایت کرد. به عنوان نمونه یک کانال با محفظه را در شکل (۱-۳) ، در نظر بگیرید. ذرات در کف محفظه به مرور زمان رسوب کرده‌اند. این رسوبات در شکل (۱-۳-الف) به صورت ذرات ریز مدل شده‌اند. با عبور دادن جریان اجباری در کانال به کمک فن یا پمپ در ورودی و حرارت دادن از کف محفظه برای تقویت جریان‌های جابجایی طبیعی، همان‌طور که در شکل (۱-۳-ب) دیده می‌شود، ذرات رسوبی از محفظه خارج شده و در اثر جریان توأم آزاد و اجباری به بیرون از محفظه هدایت می‌شوند. این جریان همچنین از ته نشین شدن رسوبات بعدی به صورت چشمگیری جلوگیری می‌کند.



شکل ۱-۳-الف: ته نشین شدن رسوبات در ته مخزن



شکل ۱-۳-ب: هدایت رسوبات به بیرون از کانال بوسیله جریان توأم اجباری و آزاد

۱-۲-۳ سرمایه‌های تجهیزات الکترونیکی

تجهیزات الکترونیکی راه خود را عملاً به تمام حوزه‌های زندگی پیشرفته، از اسباب بازی‌ها تا کامپیوترهای پر قدرت باز کرده‌اند. اعتمادپذیری به الکترونیک یک سیستم، فاکتور اصلی در اعتمادپذیری کل سیستم است. اجزای الکترونیکی برای انجام وظایف مورد نظر بستگی به مسیر عبور جریان الکتریسته داشته و مکان‌هایی برای جمع شدن گرمای اضافی می‌باشند، چرا که عبور جریان از یک مقاومت همواره با تولید گرما همراه است. کوچک کردن پیوسته سیستم‌های الکترونیکی منجر به افزایش مقدار گرمای تولید شده در واحد حجم (چگالی

حرارتی) شده است. اگر طراحی درست و کنترل شده نباشد، نرخ تولید گرمای زیاد منجر به دماهای عملکرد بالا در اجزای الکترونیکی می‌شود که امنیت و اعتماد پذیری آن را به خطر می‌اندازد. نرخ خراب شدن اجزای الکترونیکی به طور نمایی با دما افزایش می‌یابد، همچنین تنش های گرمایی ناشی از تغییر دما در اتصالات لحیمی اجزای الکترونیکی که روی مدارهای چاپی نصب شده‌اند دلایل عمده خرابی می‌باشند. بنابراین کنترل دما در طراحی و عملکرد اجزای الکترونیکی دارای اهمیت ویژه‌ای شده است. در یک سیستم الکترونیکی، اجزای الکترونیکی مکان‌های تولید گرما بوده و بنابراین خود اجزا داغ ترین قسمت سیستم می‌باشند. ماهیت طراحی حرارتی به مفهوم برداشتن این گرمای تولید شده با ایجاد یک مسیر مناسب برای جریان گرمایی از این اجزا به محیط می‌باشد. چندین راه برای انجام این کار وجود دارد و انتخاب مناسب ترین راه بستگی به موقعیت موجود دارد. سرمایه‌های تجهیزات الکترونیکی به چند طریق انجام می‌گیرد: سرمایه‌های به طریق هدایت، سرمایه‌های با جابجایی طبیعی و تشعشع، سرمایه‌های با مایع، سرمایه‌های غوطه‌وری و لوله‌های گرمایی [۳].

یک سیستم الکترونیکی بدون یک پوشش محکم یا یک محفظه که صفحه مدارها و تجهیزات کمکی و اتصالات را در بر گرفته باشد کامل نیست. این پوسته سیستم الکترونیکی را از اثرات مخرب محیطی محافظت کرده و یک مکانیزم سرمایه‌های فراهم می‌کند. در یک سیستم الکترونیکی کوچک مثل یک کامپیوتر شخصی پوسته می‌تواند یک جعبه ارزان قیمت فلزی با اتصالات مناسب و یک فن کوچک باشد. اما برای یک سیستم بزرگ با صدها صفحه مدار چاپی، طراحی و ساخت پوشش مدارها، طراحی بسیار دقیق و حساب شده‌ای را می‌طلبد. با توجه به این که پوسته نقش مهمی در مکانیزم سرمایه‌های دارد در طراحی آن باید دقت شود.

اولین قدم در طراحی یک سیستم سرمایه‌های، محاسبه بار حرارتی و توزیع گرمای که تشکیل دهنده بار سرمایه‌های است. در حالت دائم طبق قانون اول ترمودینامیک انرژی ورودی به یک سیستم باید برابر انرژی خروجی از سیستم باشد. با توجه به این که تنها شکل انرژی خروجی از تجهیزات الکترونیکی، گرمای تولید شده ناشی از عبور جریان از عضو دارای مقاومت می‌باشد، نتیجه می‌گیریم که توزیع و پخش حرارت یا بار سرمایه‌های یک وسیله الکترونیکی برابر با توان مصرفی آن است.

با توجه به مقدمه گفته شده در مورد کاربرد سیستم های الکترونیکی و اهمیت سرمایه‌های آن ها، کانال‌های همراه با محفظه بازگرمایا مانند آن چه در شکل (۱-۴) نشان داده شده است، می‌تواند به عنوان مدلی از قطعات گرمایا و یا مدلی از پوسته‌های محافظ تجهیزات الکترونیکی مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۱-۴: کاربرد کانال همراه با یک محفظه باز گرمایا به عنوان یک مکانیزم سرمایه‌های و پوسته‌ی محافظتی.

نرخ پخش گرما و حداکثر دمای مجاز قطعه دو عامل مهم در طراحی و ساخت وسایل الکترونیک برای عملکرد مطمئن می‌باشند. این دو عدد در تعیین روش سرمایه‌های مناسب قطعه مورد بررسی به طراحان حرارتی کمک