بسم الله الرحمن الرحيم

١٤١٨٩

دانشکده فنی

گروه مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

تحلیل قانون دوم برای جابجایی آزاد جریان هوا در محفظه های Γ و L شکل با یک جسم مولد گرما

از:

مسعود میرحسینی

اساتید راهنما:

دکتر کورش جواهرده

دکتر محمد نقاش زادگان

استاد مشاور:

مهندس محمد اسماعیل محسنی

۱۳۸۹/۷/ ۳

شهریور ۱۳۸۸

۱۴۱۶۸۹

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس پروردگار را، که توفیق انجام این پایان نامه را عنایت فرمود.

اکنون که به فضل خداوند متعال موفق به اتمام پایان نامه تحصیلی ام شده ام، وظیفه خود می دانم از تمام کسانی که به هر نحوی در انجام این امر مرا یاری کرده اند، کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

قلم را قاصر از این می بینم که بتواند گویای زحمات آقایان دکتر جواهرده و دکتر نقاش زادگان، اساتید راهنما و آقایان دکتر امانی فرد و مهندس محسنی اساتید مشاور من در انجام این پایان نامه باشد. از راهنمایی های این عزیزان نهایت تشکر را دارم.

مسعود میرحسینی

شهریور ماه ۱۳۸۸

فهرست

چکیده پایان نامه به فارسی ..... (ژ)

چکیده پایان نامه به انگلیسی ..... (س)

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده ۳

فصل دوّم:

مقدمه ای بر دینامیک سیالات محاسباتی

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- روشهای تحقیق ۷

۲-۳- امتیازات یک محاسبه عددی ۸

۲-۴- CFD چیست؟ ۸

۲-۵- یک برنامه CFD چگونه کار می کند؟ ۱۰

۲-۶- روش حجم محدود ۱۰

فصل سوم:

مدل ریاضی مساله

۳-۱- مقدمه ۱۳

۳-۲- تشریح مساله ۱۳

۳-۳- شبکه بکار رفته ۱۵

۳-۴- معادلات حاکم بر مساله ۱۶

۳-۵- شرایط مرزی و اولیه ۱۸

۳-۶- عدد نوسلت ۱۹

۳-۷- تولید آنتروپی ۲۰

فصل چهارم:

حل عددی

۴-۱- مقدمه ۲۳

۴-۲- روشهای عددی ۲۳

۴-۳- منفصل سازی معادلات حاکم ۲۵

۴-۴- شکل نهایی معادله انفصال ۲۷

۴-۵- محاسبه میدان جریان ۲۹

۴-۵-۱- مشکل اصلی در محاسبه میدان سرعت ۲۹

۴-۵-۲- مشکلات جزیی ۳۰

۴-۵-۲-۱ انفصال جمله گرادیان فشار ۳۰

۴-۵-۲-۲ انفصال معادله پیوستگی ۳۱

۴-۵-۳- استفاده از شبکه جابجا شده ۳۲

۴-۵-۴- معادلات اندازه حرکت ۳۳

۴-۵-۵- الگوریتم سیمپلر ۳۵

۴-۶- معادلات جبری انفصال ۳۸

۴-۶-۱- زیر تخفیف ۳۸
۴-۶-۱-۱ استفاده از ضریب زیر تخفیف ۳۹
۴-۶-۱-۲ تخفیف از طریق اینرسی ۳۹
۴-۶-۲- حل معادلات جبری ۴۰
۴-۶-۲-۱ روش ضمنی جهت متناوب ۴۰
۴-۷- نکاتی در رابطه با برنامه ۴۲
۴-۷-۱- شرط مرزی معادله فشار و تصحیح فشار ۴۲
۴-۷-۲- معیار همگرایی ۴۲

فصل پنجم:

ارزیابی، ارائه نتایج و بحث

۵-۱- مقدمه ۴۵
۵-۲- تایید صحت برنامه کامپیوتری ۴۵
۵-۳- بررسی وابستگی نتایج به شبکه ۴۶
۵-۴- نتایج و بحث ۴۷
۵-۴-۱- محفظه های Γ شکل ۴۸
۵-۴-۱-۱ جسم مولد گرما در مرکز محفظه ۴۸
۵-۴-۱-۲ جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۵۸
۵-۴-۱-۳ جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۶۶
۵-۴-۲- محفظه های L شکل ۷۴
۵-۴-۲-۱ جسم مولد گرما در مرکز محفظه ۷۵
۵-۴-۲-۲ جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۳
۵-۴-۲-۳ جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۱
۵-۵- نتیجه گیری ۹۹
۵-۶- پیشنهاد برای ادامه کار ۱۰۰
منابع و مراجع ۱۰۱

فهرست شکل‌ها

شکل۳-۱: شمایی از محفظه همراه با جسم رسانای تولید کننده گرما ۱۳

شکل۳-۲: اشکال متفاوت از محفظه های Γ و L شکل که تحلیل شده اند ۱۴

شکل۳-۳: مکانهای متفاوت جسم مولد گرما در یک محفظه نمونه ۱۴

شکل۳-۴: شمایی از شبکه بکار رفته در میدان حل ۱۵

شکل۴-۱: نمایش حجم کنترل برای حالت دو بعدی ۲۶

شکل۴-۲: نمایش حجم کنترل برای حالت یک بعدی ۳۰

شکل۴-۳: میدان فشار با تغییرات شدید ۳۱

شکل۴-۴: میدان فشار متناوب ۳۱

شکل۴-۵ : میدان سرعت غیر قابل قبول ۳۲

شکل۴-۶: مکانهای جابه جا شده برای u و v ۳۳

شکل۴-۷: حجم کنترل برای u ۳۳

شکل۴-۸: حجم کنترل برای v ۳۴

شکل۴-۹: حجم کنترل برای معادله پیوستگی ۳۶

شکل۴-۱۰: حجم کنترلی مرزی برای معادله پیوستگی ۴۲

شکل۵-۱: محفظه بکار رفته برای تایید حل عددی ۴۵

شکل۵-۲: محفظه بکار رفته برای بررسی وابستگی نتایج به شبکه ۴۶

شکل۵-۳: مقادیر نوسلت متوسط برای شبکه های متفاوت ۴۷

شکل۵-۴: خطوط جریان در محفظه Γ شکل [۱۱] ۴۸

شکل۵-۵: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۰

شکل۵-۶: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۱

شکل۵-۷: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۳

شکل۵-۸: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه

Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۴

شکل۵-۹: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۵

شکل۵-۱۰: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در مرکز ۵۶

شکل۵-۱۱: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های Γ شکل با جسم تولیدکننده گرما در مرکز بر حسب عدد ریلی جریان ۵۷

شکل۵-۱۲: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۵۹

شکل۵-۱۳: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۶۰

شکل۵-۱۴: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۶۱

شکل۵-۱۵: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۶۲

شکل۵-۱۶: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۶۳

شکل۵-۱۷: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۶۴

شکل۵-۱۸: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های Γ شکل با جسم تولیدکننده گرما در پایین و سمت چپ محفظه بر حسب عدد ریلی جریان ۶۵

شکل۵-۱۹: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۶۷

شکل۵-۲۰: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۶۸

شکل۵-۲۱: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد

گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۶۹
شکل۵-۲۲: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۷۰
شکل۵-۲۳: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۷۱
شکل۵-۲۴: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه Γ شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۷۲
شکل۵-۲۵: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های Γ شکل با جسم تولیدکننده گرما در بالا و سمت چپ محفظه بر حسب عدد ریلی جریان ۷۳
شکل۵-۲۶: خطوط جریان در محفظه L شکل [۶] ۷۴
شکل۵-۲۷: نمایی دیگر از خطوط جریان در محفظه L شکل [۶] ۷۴
شکل۵-۲۸: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در مرکز ۷۶
شکل۵-۲۹: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در مرکز ۷۷
شکل۵-۳۰: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در مرکز ۷۸
شکل۵-۳۱: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در مرکز ۷۹
شکل۵-۳۲: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در مرکز ۸۰
شکل۵-۳۳: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در مرکز ۸۱
شکل۵-۳۴: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های L شکل با جسم تولیدکننده گرما در مرکز بر حسب عدد ریلی جریان ۸۲
شکل۵-۳۵: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد

گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۴
شکل۵-۳۶: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۵
شکل۵-۳۷: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۶
شکل۵-۳۸: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۷
شکل۵-۳۹: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۸
شکل۵-۴۰: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در پایین و سمت چپ محفظه ۸۹
شکل۵-۴۱: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های L شکل با جسم تولیدکننده گرما در پایین و سمت چپ محفظه بر حسب عدد ریلی جریان ۹۰
شکل۵-۴۲: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۲
شکل۵-۴۳: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۱ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۳
شکل۵-۴۴: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۴
شکل۵-۴۵: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۲ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۵
شکل۵-۴۶: خطوط جریان، خطوط هم دما و بردارهای جریان در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۶
شکل۵-۴۷: خطوط تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال، ناشی از انتقال حرارت و خطوط تولید آنتروپی کل در محفظه L شکل با نسبت منظری پله ۰٫۵ و جسم مولد گرما در بالا و سمت چپ محفظه ۹۷
شکل۵-۴۸: تغییرات عدد نوسلت متوسط پله و میزان تولید آنتروپی در محفظه های L شکل با جسم تولیدکننده گرما

در بالا و سمت چپ محفظه بر حسب عدد ریلی جریان ۹۸

فهرست جداول

جدول ۴-۱- تابع $A(|P|)$ برای طرحهای مختلف ۲۸

جدول۵-۱- مقایسه نتایج کار حاضر و دیگر محققین ۴۶

جدول۵-۲- اختلاف نسبی بین مقادیر نوسلت متوسط برای شبکه های متفاوت ۴۷

فهرست علائم

علائم انگلیسی

A	نسبت مساحت $A=\frac{W^2}{L^2}$
a	ضریب متغیرها در معادلات انفصال
b	جمله چشمه در معادلات انفصال
C_p	ظرفیت حرارتی
d	عرض پله (m)
g	شتاب گرانش $(m.s^{-2})$
h	ارتفاع پله (m)
Idr	نسبت توزیع برگشت ناپذیری
K_f	ضریب هدایت حرارتی سیال $(W.m^{-1}.K^{-1})$
K_s	ضریب هدایت حرارتی جسم مولد گرما $(W.m^{-1}.K^{-1})$
K	نسبت ضریب هدایت حرارتی جسم جامد به سیال
L	طول محفظه (m)
p	فشار (pa)
P	فشار بی بعد
p^c	تصحیح فشار
Pe	عدد پکلت
Pr	عدد پرانتل
$\dot{q}$	شار حرارتی تولیدی در واحد حجم جسم مولد گرما $(W.m^{-3})$
Ra	عدد ریلی جریان
SC	جمله چشمه در فرم کلی معادله دیفرانسیل
s'''	تولید آنتروپی در واحد حجم

S'''	تولید آنتروپی در واحد حجم بی بعد
S	تولید آنتروپی کل بی بعد
t^*	زمان
t	زمان بی بعد
T	درجه حرارت ($^\circ k$)
$T_\circ$	دمای حجمی $T_\circ = \frac{T_H + T_C}{2}$
ΔT	نسبت اختلاف دما $\Delta T = \frac{\dot{q} W^2 / K_f}{T_H - T_c}$
u, v	مولفه های سرعت ($m.s^{-1}$)
u^c, v^c	تصحیحات سرعت ($m.s^{-1}$)
U, V	مولفه های سرعت بی بعد
ϑ	حجم سیستم
$\vec{v}$	بردار سرعت ($m.s^{-1}$)
$\vec{V}$	بردار سرعت بی بعد
W	طول جسم مولد گرما (m)

علائم یونانی

α_s	ضریب نفوذ حرارتی جسم جامد ($m^2.s^{-1}$)
α_f	ضریب نفوذ حرارتی سیال ($m^2.s^{-1}$)
α	نسبت نفوذ حرارتی جسم جامد به سیال
β	ضریب انبساط حرارتی سیال (k^{-1})
Γ	ضریب نفوذ در فرم کلی معادله دیفرانسیل
θ	دمای بی بعد
υ	لزجت دینامیکی ($m^2.s^{-1}$)
ρ_s	چگالی جسم جامد ($Kg.m^{-3}$)

ρ_f	چگالی سیال ($Kg.m^{-3}$)
ϕ	متغیر وابسته انتخابی
Φ	اتلاف ویسکوز

زیرنویس

c	سرد
E	گره مجاور سمت راست
e	مرز راست گره مورد بررسی
f	سیال
fr	اصطکاک
H	داغ
ht	انتقال حرارت
i	شماره گره، جزء i ام
l	موضعی
N	گره مجاور سمت بالا
n	مرز بالای گره مورد بررسی
nb	گره مجاور
p	گره مورد بررسی
S	گره مجاور سمت پایین
s	مرز پایین گره مورد بررسی
s	جسم جامد
W	گره مجاور سمت چپ
w	مرز چپ گره مورد بررسی

چکیده:

تحلیل قانون دوم برای جابجایی آزاد جریان هوا در محفظه های Γ و L شکل با یک جسم مولد گرما

مسعود میرحسینی

انتقال حرارت به روش جابجایی آزاد در محفظه های بسته دارای کاربرد فراوان می باشد. نظیر: کلکتورهای خورشیدی، پنجره های دوجداره و غیره. همچنین در سیستم های ترمودینامیکی وجود گرادیانهای دمایی، اصطکاک، واکنش های شیمیایی و غیره باعث اتلاف انرژی و تولید آنتروپی در سیستم می شود. تولید آنتروپی و برگشت ناپذیریهای ترمودینامیکی در تمام فرایندهای انتقال حرارت و جریان سیال وجود دارند.

در کار حاضر به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد، قانون دوم ترمودینامیک برای جابجایی آزاد جریان هوا در محفظه های Γ و L شکل با یک جسم رسانای مولد گرما به طور عددی تحلیل شده است. دیواره سمت چپ محفظه در دمای سرد T_C ثابت نگه داشته شده و بقیه دیوارها بجز پله داغ که دارای دمای گرم T_H می باشد، عایق می باشند.

خصوصیات سیال، بجز چگالی که از تقریب بوزینسکی تبعیت می کند، ثابت در نظر گرفته شده است. در این تحلیل معادلات پیوستگی، اندازه حرکت و انرژی با روش حجم محدود و با بکارگیری الگوریتم سیمپلر حل شده است. نتایج حاصل با نتایج موجود در مراجع، برای یک کار مشابه مقایسه گردیده است، که نزدیکی قابل قبولی بین نتایج مشاهده می شود. با قرار دادن جسم مولد گرما در سه موقعیت متفاوت در داخل محفظه، برای شش شکل متفاوت از محفظه های Γ و L شکل، در اعداد ریلی مابین 10^3 و 10^5، در مجموع نود حالت مختلف مطالعه شده است.

نتایج نشان می دهند که با افزایش عدد ریلی عدد نوسلت متوسط بر روی پله داغ افزایش می یابد. در اعداد ریلی پایین رسانش مکانیزم غالب تبادل گرما در محفظه است، اما در اعداد ریلی بالا جابجایی غالب خواهد بود. در اعداد ریلی کوچکتر از 10^4، به علت سرعتهای کوچک در محفظه، تولید آنتروپی کل ناشی از انتقال حرارت است و تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال ناچیز است، اما برای اعداد ریلی بزرگتر از 10^4، تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک بزرگتر شده و قابل مقایسه با تولید آنتروپی ناشی از انتقال حرارت است. تغییر ارتفاع پله نسبت به عرض پله در نرخ تولید آنتروپی و میزان انتقال حرارت در محفظه تاثیر بیش تری می گذارد. هنگامی که جسم مولد گرما در مرکز محفظه قرار دارد نرخ انتقال حرارت و تولید آنتروپی کل بیشینه است. میزان انتقال حرارت و تولید آنتروپی در محفظه های L شکل در مقایسه با محفظه های Γ شکل کمتر است.

کلیدواژه: انتقال حرارت جابجایی آزاد، آنتروپی، محفظه بسته، جسم مولد گرما

Abstract

The second Law analysis for free convection of air flow in L-shaped and Γ-shaped enclosures with a heat generating body
Masoud Mirhoseini[1]
[1]mmasood2000@gmail.com

Natural convection heat transfer in enclosures is frequently encountered in many practical fields such as solar collectors, double glazed windows, etc. Also, in these applications, thermodynamic systems exposed to thermal gradients, friction effects, chemical reaction and etc, are subject to energy losses, which induce entropy generation (EG) in the system. EG is associated with thermodynamic irreversibilities, which exist in all heat transfer and fluid flow processes.

In this research presented as a M.Sc. thesis, the second Law for free convection of air in L-shaped and Γ-shaped enclosures with a heat generating body, is numerically analyzed. The left wall is kept at a constant low temperature of T_C, whereas other walls are assumed to be insulated, except the hot step with high temperature of T_H.

The fluid properties are also assumed to be constant, except for the density in the buoyancy term, which follows the Boussinesq approximation. In this analysis, the continuity, momentum and energy equations are solved, using a finite volume method and SIMPLER algorithm. The results have been validated by comparing with published results for a similar case where a good agreement is achieved. By positioning the heat generating body at three locations inside the enclosure for six different shapes of enclosure and various Rayleigh numbers between 10^3 and 10^5, a total of 90 cases have been studied.

Results show that, increasing the Rayleigh number, increases the value of mean Nusselt number over the hot step. Heat is transferred mostly by the conduction for lower Ra numbers, for higher Ra numbers convection mechanism becomes dominant. The main EG is formed due to heat transfer since velocity components are relatively small in Natural convection for $Ra \leq 10^4$, but for $Ra > 10^4$ the contribution to due to fluid friction becomes more effective and has comparable values. The height of step is more effective than top face of heated step in heat transfer and EG. When the heat generating body is at the center of enclosure, heat transfer rate and EG have their maximum values. Heat transfer rate and EG in L-shaped enclosures are less than Γ-shaped enclosures.

Keywords: Natural convection, entropy, enclosure, heat generating body

فصل اول:

مقدمه

۱ -۱ مقدمه

انتقال حرارت به سه شیوه کلی تقسیم بندی می شود: رسانش، جابجایی و تشعشع. در این بین جابجایی خود به سه دسته تقسیم می شود که عبارتند از: جابجایی واداشته (اجباری)، جابجایی آزاد (طبیعی) و جابجایی ترکیبی (آمیخته). در جابجایی واداشته جریان سیال ناشی از یک برانگیزش خارجی می باشد که می تواند توسط یک فن یا پمپ یا ... به وجود آید، اما جابجایی آزاد وقتی روی می دهد که یک نیروی حجمی بر سیالی که در آن شیب چگالی وجود دارد اعمال شود و این نیرو جریان های جابجایی آزاد را به وجود می آورد. در اغلب موارد شیب چگالی بر اثر شیب دماست و نیروی حجمی ناشی از میدان گرانشی است.

چون سرعتهای جریان در جابجایی آزاد معمولاً خیلی کوچکتر از سرعتها در جابجایی واداشته اند، آهنگ انتقال گرما نیز کمتر است. لذا شاید اهمیت کمتری برای فرایندهای جابجایی آزاد قائل باشیم. ولی باید دانست در بسیاری از سیستمها با انتقال گرمای ترکیبی، جابجایی آزاد بیش ترین مقاومت را در برابر انتقال گرما بروز می دهد و نقش مهمی در طراحی یا عملکرد سیستم دارد. به علاوه اگر بخواهیم آهنگ انتقال گرما یا هزینه کارکرد به حداقل برسد اغلب جابجایی آزاد را بر جابجایی واداشته ترجیح می دهیم.

جابجایی آزاد کاربرد های فراوانی دارد. این فرایند بر انتقال گرما از لوله ها و خطوط انتقال، و همچنین از وسایل الکترونیکی مختلف شدیداً تاثیر می گذارد. جابجایی آزاد در انتقال گرما از گرمکن های الکتریکی یا از رادیاتورها به هوای اتاق و در دفع گرما از کویل دستگاه تبرید به هوای اطراف اهمیت دارد. جابجایی آزاد در علوم زیست محیطی نیز وارد می شود، و عامل حرکت اقیانوسی و آتمسفریک، و همچنین عامل فرایند های انتقال گرمای مربوطه می باشد.

جابجایی آزاد در محفظه های بسته در حوزه های مختلف علوم و مهندسی دارای کاربرد فراوان می باشد. کوره های صنعتی، سرمایش اجزای تجهیزات الکترونیکی، کلکتورهای خورشیدی، پنجره های دوجداره و غیره همگی مثالهایی از کاربرد فرایند انتقال گرما در محفظه های بسته است.

در اکثریت قریب به اتفاق محفظه های بسته، جابجایی آزاد در نتیجه جریان هوا حاصل می شود. اجزای الکترونیکی مانند یک منبع تولید گرما عمل می کنند که با هوای سرد مواجه می شوند. اتاقی که در معرض نور خورشید قرار دارد، به عنوان یک محفظه در نظر گرفته می شود که دیواره آن دارای دمای گرم ثابت است.

در سیستمهای ترمودینامیکی وجود گرادیانهای دمایی, اصطکاک، واکنش های شیمیایی و غیره باعث اتلاف انرژی و تولید آنتروپی در سیستم می شود. تولید آنتروپی و برگشت ناپذیریهای ترمودینامیکی در تمام فرایندهای انتقال حرارت و جریان

سیال وجود دارند. بنابراین مینیمم سازی تولید آنتروپی در یک سیستم ترمودینامیکی از معیارهای طراحی بهینه آن سیستم می باشد و به همین علت تحقیقات زیادی بر روی تولید آنتروپی صورت گرفته است.

۱ -۲ مروری بر کارهای انجام شده

تحقیقات متعددی در رابطه با انتقال حرارت جابجایی آزاد در محفظه های بسته انجام شده است. همچنین تولید آنتروپی در سیستم های ترمودینامیکی و فرایندهای انتقال حرارت مورد توجه محققین بسیاری در سراسر دنیا قرار گرفته است. تولید آنتروپی در زمینه های متعددی همچون مبدل های حرارتی، توربوماشینها، سرمایش اجزای الکترونیکی، محیط های متخلخل و احتراق مورد بحث و تحقیق قرار گرفته است.

لین و بجان[1]، تحقیقات آزمایشگاهی و عددی بر روی انتقال حرارت جابجایی آزاد در داخل یک محفظه مستطیلی با یک دیواره ناقص داخلی انجام داده اند. این تحقیق در اعداد ریلی بالا و نسبتهای منظری متفاوت دریچه بالای دیواره داخلی انجام شده است. نتایج نشان می دهد که نسبت منظری دریچه بر روی میزان انتقال حرارت و میدان جریان در محفظه تاثیر بسیار زیادی دارد [۱].

شوجا و همکارانش[2]، تولید آنتروپی در یک محفظه مربع شکل با یک جسم مولد گرما را تحلیل عددی کرده اند. جریان سیال با دمای معلوم از یک سمت محفظه وارد شده و از طرفی دیگر با فشار آتمسفر خارج می شود. تمام دیواره های محفظه عایق در نظر گرفته شده اند. تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک و انتقال حرارت برای سه مکان متفاوت از جسم مولد گرما محاسبه شده است. نتایج نشان می دهند هنگامی که جسم مولد گرما در مرکز محفظه قرار دارد تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال کمترین مقدار و تولید آنتروپی ناشی از انتقال حرارت دارای بیشترین مقدار خود می باشد [۲].

وان و همکارانش[3] [۳]، جابجایی آزاد هوا در یک محفظه مربع شکل با جدارهای سرد و گرم در طرفین محفظه و جدارهای عایق در بالا و پایین را تحلیل عددی کرده اند و نتایج را با نتایج تحلیلی دیگر محققین از جمله: والدیویس[4] [۴]،ماساروتی[5] [۵] و منظری[6] [۶] مقایسه نموده اند.

ها و جانگ[7]، جابجایی آزاد در یک محفظه مربع شکل سه بعدی با یک جسم مکعبی تولیدکننده گرما در مرکز محفظه را تحلیل عددی کرده اند [۷]. جریان سیال در محفظه از وجود دو اختلاف دما در محفظه منتج می شود، یکی اختلاف دمای بین دیواره های سرد و گرم در طرفین محفظه و دیگری اختلاف دمایی که توسط جسم مولد گرما ایجاد می شود.

---

[1] Lin and Bejan
[2] Shuja, Yilbas and Budair
[3] Wan, Patnaik and Wei
[4] D. de Vahl Davis
[5] N. Massarotti
[6] M. T. Manzari
[7] Man Yeong Ha , Mi Jung Jung

چانگ و تسای[1]، جابجایی آزاد در یک محفظه بسته با یک پله داغ را حل عددی کرده اند و نتایج را برای اعداد ریلی متفاوت محفظه و نسبتهای مختلف منظری محفظه ارائه داده اند. نتایج نشان می دهد که ضریب انتقال حرارت در یک محفظه با پله داغ نسبت به یک محفظه مربع شکل و بدون پله بیشتر می باشد [۸].

انتقال حرارت جابجایی آزاد در داخل یک محفظه بسته با تیغهٔ داغ داخلی توسط داگتکین و همکارانش[2] تحلیل شده است[۹].

محمود[3]، جابجایی آزاد در محفظه های L شکل را بطور عددی حل کرده است. او نشان داد که نوسلت متوسط با افزایش عدد ریلی جریان افزایش می یابد و نسبت منظری پله بر روی عدد نوسلت متوسط تاثیر مستقیم می گذارد [۱۰].

مغربی و همکارانش[4]، جریان گذرای جابجایی آزاد را در یک محفظه عمودی حل عددی کرده اند و تغییرات تولید آنتروپی کل در محفظه را نسبت به زمان و تولید آنتروپی کل در حالت پایا را برای مقادیر متفاوت عدد ریلی جریان ارائه کرده اند. همچنین تاثیر نسبت توزیع برگشت ناپذیری بر روی ماکزیمم تولید آنتروپی و تولید آنتروپی در حالت پایدار در تحقیق مذکور بررسی شده است [۱۱].

تولید آنتروپی در یک محفظه مربع شکل در جریان گذرا توسط اربای و همکارانش[5] بررسی شده است و نتایج نشان می دهد که تولید آنتروپی ناشی از اصطکاک سیال در مقابل تولید آنتروپی ناشی از انتقال حرارت در جابجایی آزاد ناچیز است[۱۲].

اُزتاپ و بیلگن[6]، جابجایی آزاد در یک محفظه مستطیلی، حاوی سیال تولید کننده گرما و با یک دیواره ناقص داخلی را حل عددی کرده اند. دیواره های عمودی محفظه دما ثابت و دیواره های افقی عایق می باشند. دیواره داخلی نیز با دمای سرد در نظر گرفته شده است. نتایج برای مکانهای متفاوت دیواره داخلی و مقادیر مختلف ارتفاع دیواره داخلی و عدد ریلی جریان به شکل خطوط جریان و خطوط هم دما ارائه شده است [۱۳].

لی و ها[7]، جابجایی آزاد در یک محفظه مربع شکل با جسم تولیدکننده گرما در مرکز محفظه را تحلیل عددی کرده اند. دیوارهای طرفین محفظه عایق و دیوارهای پایین و بالا به ترتیب گرم و سرد می باشند. نتایج آنها به شکل خطوط همدما، خطوط جریان و تغییر عدد نوسلت متوسط دیوارهای سرد و گرم در طول زمان ارائه شده است. در اعداد ریلی بالا (حدود 10^6) جریان در داخل محفظه ناپایدار می باشد و هر چه میزان تولید حرارت در جسم تولید کننده گرما بیش تر باشد ناپایداری در محفظه شدیدتر شده و در اعداد ریلی پایین تر اتفاق خواهد افتاد [۱۴].

---

[1] Chang and Tsay
[2] Dagtekin and Oztop
[3] S. Mahmud
[4] Magherbi, Abbassi and Ben Berahim
[5] Erbay and Altac
[6] Oztop and Bilgen
[7] Lee and Ha