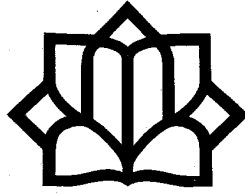


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

عنوان:

مدلسازی عددی میدان جریان و انتقال حرارت نانوسیال

درون یک مبدل حرارتی صفحه‌ای

استاد راهنما:

دکتر قنبرعلی شیخ زاده

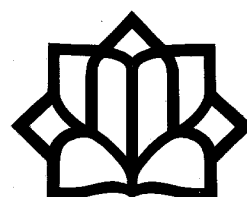
استاد مشاور:

دکتر علی عارف منش

به وسیله:

افسانه مهرداد اصل

آذرماه 88



دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

بسمه تعالی

تاریخ: ۸۸/۹/۲۴
شماره: ۲۲۸/۹۰۱
پست:

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: افسانه مهرداد اصل	شماره دانشجویی: ۸۶۳۳۲۲۰۰۶
رشته: مهندسی مکانیک	دانشکده: مهندسی
عنوان پایان نامه: مدل‌سازی عددی میدان جریان و انتقال حرارت نانو سیال در یک مبدل حرارتی صفحه ای	
تعداد واحد پایان نامه: ۶ واحد	تاریخ دفاع: ۸۸/۹/۲۴

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد از آرایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۸/۹/۲۴ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و بانمره ۱۹۷۲ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضای هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر قنبر علی شیخ زاده	استادیار	
۲. استاد مشاور	دکتر علی عارف منش	استادیار	
۴. متخصص و صاحب نظر از دانشکده	دکتر حسین خراسانی زاده	استادیار	
۳. متخصص و صاحب نظر از خارج دانشکده	دکتر محمود اشرفی زاده	استادیار	
۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر حسن بخشنده	استادیار	

آدرس: کاشان - بلوار قطب روانی

کدپستی: ۵۱۱۶۷ - ۸۷۳۱۷

تلفن: ۵۵۵۲۲۳۰ - دورکار: ۵۵۵۲۲۳۰

http://www.kashanu.ac.ir

تقدیم به :

تمام کسانی که به من کلامی آموختند...

پدر دلسوز و مادر مهربانم که در تمام مراحل

زندگی پشتیبان من بودند

و

همسر عزیزم که مشتاقانه مرا در این راه

یاری نمود.

چکیده:

در این پژوهش یک مطالعه عددی بر روی انتقال حرارت جریان متلاطم نانوسیال آب - اکسید آلومینیوم در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای انجام شده و تأثیر نانوسیال بعنوان خنک‌کننده بررسی گردیده است. برای مدلسازی جریان متلاطم از مدل $k-\epsilon$ و برای حل از یک کد کامپیوتری به زبان فرترن که بر اساس روش حجم محدود والگوریتم سیمپلر می‌باشد، استفاده شده است. معادلات حاکم بر اساس خصوصیات نانوسیال بازنویسی شده و با استفاده از روش ضمنی خط به خط و الگوریتم توماس (TDMA) حل گردیده است. ابتدا خصوصیات ترموفیزیکی نانوسیال با افزایش غلظت نانوذرات بررسی شده است. سپس تأثیر عدد رینولدز، دمای سیال گرم، دمای سیال سرد و کسر حجمی نانوذرات بر نرخ انتقال حرارت و بازده مبدل در دو حالت سیال پایه و نانوسیال بررسی شده است. مشاهده گردید با افزایش کسر حجمی و افزایش رینولدز سیال سرد، نرخ انتقال حرارت و بازده مبدل افزایش می‌یابد. با افزایش رینولدز سیال گرم، نرخ انتقال حرارت افزایش یافته اما بازده کاهش می‌یابد. با افزایش دمای سیال گرم، نرخ انتقال حرارت و بازده مبدل افزایش یافته، اما با افزایش دمای سیال سرد، نرخ انتقال حرارت و بازده مبدل کاهش می‌یابد. همچنین در حالت نانوسیال میزان نرخ انتقال حرارت و بازده نسبت به سیال پایه بیشتر می‌شود. بدین ترتیب در مبدل‌های حرارتی به دلیل عملکرد حرارتی بالای نانوسیال نسبت به آب، می‌توان از نانوسیال در فرآیندهای گوناگون برای سرمایش و گرمایش استفاده کرد و با افزایش انتقال حرارت، قدرت پمپاژ و ابعاد مبدل‌های حرارتی مورد استفاده در صنایع را کاهش داد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل اول: مقدمه
2	1-1 مقدمه
5	2-1 مروری بر کارهای گذشته
9	3-1 هدف و موضوع این تحقیق
10	4-1 روش انجام این تحقیق
12	فصل دوم: نانوسیال
13	1-2 مقدمه
13	2-2 تهیه نانوسیال
14	1-2-2 روش تهیه یک مرحله‌ای
14	2-2-2 روش تهیه دو مرحله‌ای
15	3-2 دیدگاه‌های بررسی نانوسیال‌ها
15	4-2 اثر و مزایای نانوسیال
16	1-4-2 بهبود انتقال گرما
16	2-4-2 خنک‌سازی میکروکانال‌ها بدون رسوب و گرفتگی مجاری
16	3-4-2 کاهش در اندازه سیستم‌های انتقال حرارت
16	4-4-2 کاهش در قدرت پمپاژ
17	5-4-2 پایداری
17	5-2 کاربردهای مهندسی
17	1-5-2 نانوسیال‌ها در حمل و نقل
17	2-5-2 در میکرومکانیک‌ها و تجهیزات

18	3-5-2 در گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)
18	4-5-2 نانوسیالات و کامیون های پیشرفته
20	5-5-2 نانوسیال های فلزی و موتورهای خنک کننده
21	6-2 مکانیزم های اساسی هدایت حرارتی افزایش یافته نانوسیال
21	1-6-2 حرکت براونی نانوذرات
22	2-6-2 لایه بندی سیال در سطح مشترک سیال - ذرات (نانولایه)
22	3-6-2 تأثیر خوشه ای شدن (کلاستر) ذرات
22	4-6-2 ماهیت انتقال حرارت در نانوذرات
23	7-2 پایدار سازی نانوسیال
23	1-7-2 تغییر pH سوسپانسیون
23	2-7-2 استفاده از پایدار کننده های شیمیایی
23	3-7-2 استفاده از نوسانات ماورای صوت
24	8-2 انتقال حرارت هدایتی در نانوسیال
24	1-8-2 روش های اندازه گیری
25	2-8-2 مطالعات تجربی روی هدایت حرارتی نانوسیال ها
25	1-2-8-2 تأثیر کسر حجمی و غلظت نانوذرات
26	2-2-8-2 تأثیر اندازه نانو ذرات
26	3-2-8-2 تأثیر دمای سیال
28	4-2-8-2 تأثیر pH سوسپانسیون
28	9-2 خصوصیات فیزیکی نانوسیال
28	1-9-2 دانسیته و گرمای ویژه
29	2-9-2 ویسکوزیته نانوسیال
31	10-2 مدل هایی برای محاسبه ضریب هدایت حرارتی مؤثر مخلوط های جامد - مایع

31	1-10-2 رابطه ماکسول
31	2-10-2 رابطه همپلتون و کرسر
32	3-10-2 رابطه وسپ
33	4-10-2 رابطه بروگمن
36	11-2 انتقال حرارت جابجایی در نانوسیال
36	1-11-2 مدل‌های ریاضی برای ضریب انتقال حرارت جابجایی جریان آشفته سیال
37	1-1-11-2 معادله دیتوس - بولتر
37	2-1-11-2 مدل پتکوف، کريلوف و پوپوف
37	3-1-11-2 مدل گنیلینسکی
38	2-11-2 روابط موجود برای محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی نانوسیال
41	فصل سوم: معادلات حاکم
42	1-3 مقدمه
43	2-3 معادلات حاکم بر جریان سیال
44	3-3 مدل سازی تلاطم
44	4-3 شکل نهایی معادلات حاکم
47	5-3 شرایط مرزی
47	1-5-3 دیواره جامد
50	2-5-3 مرز ورودی
51	3-5-3 مرز خروجی
51	6-3 خصوصیات نانو سیال
51	7-3 محاسبه عدد ناسلت و تابع جریان
53	8-3 ضریب عمومی انتقال گرما

54	9-3 محاسبه بازده و نرخ انتقال گرما
55	فصل چهارم: محاسبات عددی
56	1-4 مقدمه
56	2-4 شکل کلی معادله انفصال
57	1-2-4 شبکه میدان حل
58	2-2-4 معادله دیفرانسیل کلی
58	3-2-4 شکل تفاضل محدود معادله کلی
60	4-2-4 طرح پیوندی
61	5-2-4 تکمیل معادله انفصال
61	3-4 انفصال جمله چشمه معادلات حاکم
62	1-3-4 انفصال جمله چشمه u
63	2-3-4 انفصال جمله چشمه v
64	3-3-4 انفصال جمله چشمه k
65	4-3-4 انفصال جمله چشمه ε
66	4-4 محاسبه میدان جریان و میدان دما
66	1-4-4 شبکه جا به جا شده
68	2-4-4 معادلات اندازه حرکت
70	3-4-4 الگوریتم سیمپلر
73	4-4-4 نحوه اعمال شرایط مرزی
73	1-4-4-4 شرایط مرزی معادله u
75	2-4-4-4 شرایط مرزی معادله v
75	3-4-4-4 شرایط مرزی معادله k

76	4-4-4-4 شرایط مرزی معادله ε
77	5-4-4-4 شرایط مرزی معادله T
78	1-5-4-4-4 محاسبه T_w
80	5-4-4 نحوه حل دستگاه معادلات جبری
82	فصل پنجم: بررسی نتایج
83	1-5 بررسی صحت عملکرد برنامه کامپیوتری
89	2-5 تعیین شبکه مناسب
93	3-5 بررسی جریان آرام نانوسیال درون مبدل حرارتی صفحه‌ای با جریان موازی
94	4-5 بررسی جریان متلاطم نانوسیال درون مبدل حرارتی صفحه‌ای
94	1-4-5 تأثیر کسر حجمی و غلظت نانوذرات
97	2-4-5 جریان متلاطم نانوسیال درون مبدل حرارتی صفحه‌ای با جریان موازی
98	3-4-5 جریان متلاطم نانوسیال درون مبدل حرارتی صفحه‌ای با جریان مخالف
100	1-3-4-5 تأثیر دمای سیال سرد
106	2-3-4-5 تأثیر دمای سیال گرم
111	3-3-4-5 تأثیر تغییرات رینولدز ورودی
114	4-3-4-5 تأثیر کسر حجمی نانوذرات
122	فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادات
123	1-6 جمع بندی
125	2-6 پیشنهادات
126	مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
10	شکل 1-1: هندسه مسئله
48	شکل 1-3: نقاط نزدیک به مرز جامد
	شکل 1-4: حجم کنترل نمونه در شبکه منطبق شده بر میدان حل (الف) حجم کنترل اصلی (ب) حجم کنترل u (ج) حجم کنترل v
57	
60	شکل 2-4: حجم کنترل اصلی برای بدست آوردن معادله انفصال کلی
	شکل 3-4: نمایش شبکه جا به جا شده مربوط به سرعتهای u و v نسبت به شبکه اصلی
67	[28]
72	شکل 4-4: فلوچارت مربوط به گد کامپیوتری بر اساس الگوریتم سیمپلر
73	شکل 5-4: سلول سرعت u در مجاورت دیوار پایینی مبدل
79	شکل 6-4: حجم کنترل روی دیواره
81	شکل 7-4: نمایش روش خط به خط
	شکل 1-5: مقایسه پروفیل سرعت توسعه یافته برای جریان آرام (a) بین دو صفحه موازی (b) درون لوله
84	
85	شکل 2-5: مقایسه پروفیل سرعت توسعه یافته برای جریان متلاطم درون لوله
	شکل 3-5: منحنی تغییرات عدد ناسلت برای جریان آرام با شرط مرزی دما ثابت (a) بین دو صفحه موازی (b) درون لوله
86	
	شکل 4-5: مقایسه عدد ناسلت جریان متلاطم بین نتایج کار حاضر و مقادیر محاسبه شده از روابط (22-2) و (19-2)
88	
	شکل 5-5: مقایسه عدد ناسلت جریان متلاطم نانوسیال بین کار حاضر و مقدار محاسبه شده از رابطه (23-2)
88	

- 90 شکل 5-6: تغییرات سرعت نانوسیال روی خط مرکزی کانال با شبکه‌های مختلف
- 91 شکل 5-7: تغییرات سرعت نانوسیال روی خط مرکزی کانال با شبکه‌های مختلف
- 92 شکل 5-8: تغییرات دمای نانوسیال روی خط مرکزی کانال با شبکه‌های مختلف
- شکل 5-9: توزیع دمای سیال سرد و گرم در طول مبدل حرارتی با جریان موازی در
- 93 حالت جریان آرام
- 94 شکل 5-10: تأثیر کسر حجمی نانوذرات Al_2O_3 بر دانسیته
- 95 شکل 5-11: تأثیر کسر حجمی نانوذرات Al_2O_3 بر ویسکوزیته
- 95 شکل 5-12: تأثیر کسر حجمی نانوذرات Al_2O_3 بر هدایت حرارتی
- 96 شکل 5-13: تأثیر کسر حجمی نانوذرات Al_2O_3 بر عدد پرانتل
- 96 شکل 5-14: تأثیر کسر حجمی نانوذرات Al_2O_3 بر گرمای ویژه
- 97 شکل 5-15: هندسه مبدل حرارتی صفحه‌ای (a) با جریان موازی و (b) با جریان مخالف
- شکل 5-16: مقایسه توزیع دمای سیال سرد و گرم در طول مبدل حرارتی با جریان
- 98 موازی در حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
- 99 شکل 5-17: میدان سرعت جریان متلاطم درون مبدل حرارتی صفحه‌ای
- شکل 5-18: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب
- 102 رینولدز سیال سرد در دماهای مختلف سیال سرد
- شکل 5-19: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب
- 103 رینولدز سیال گرم در دماهای مختلف سیال سرد
- شکل 5-20: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب
- 107 رینولدز سیال سرد در دماهای مختلف سیال گرم
- شکل 5-21: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب
- 108 رینولدز سیال گرم در دماهای مختلف سیال گرم

- شکل 5-22: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب رینولدز سیال سرد در رینولدزهای مختلف سیال گرم
- 112
- شکل 5-23: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب رینولدز سیال سرد در غلظت‌های مختلف نانوذرات Al_2O_3
- 115
- شکل 5-24: تغییرات (a) نرخ انتقال حرارت و (b) ضریب انتقال حرارت کلی بر حسب رینولدز سیال گرم در غلظت‌های مختلف نانوذرات Al_2O_3
- 116
- شکل 5-25: توزیع دمای سیال سرد و گرم در طول مبدل حرارتی با جریان مخالف در کسر حجمی‌های مختلف
- 120
- شکل 5-26: مقایسه عدد ناسلت جریان متلاطم نانوسیال بین کار حاضر و مقدار محاسبه شده از رابطه (2-23)
- 121

فهرست جداول

صفحه	عنوان
46	جدول 1-3 مقادیر ثابت استفاده در مدل $k-\varepsilon$
90	جدول 1-5: خصوصیات ترموفیزیکی سیال گرم و سرد و ذرات نانو
100	جدول 2-5: خصوصیات ترموفیزیکی آب
	جدول 3-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در دما و رینولدزهای مختلف سیال
104	سرد در دو حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
	جدول 4-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در دماهای مختلف سیال سرد و در
105	رینولدزهای مختلف سیال گرم در دو حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
	جدول 5-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در دماهای مختلف سیال گرم و در
109	رینولدزهای مختلف سیال سرد در دو حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
	جدول 6-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در دما و رینولدزهای مختلف سیال
110	گرم در دو حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
	جدول 7-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در رینولدزهای مختلف سیال گرم و
113	سرد در دو حالت سیال پایه ($\phi=0\%$) و نانوسیال ($\phi=5\%$)
	جدول 8-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید
117	آلومینیوم بر حسب رینولدزهای مختلف سیال سرد
	جدول 9-5: مقایسه بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای در غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید
118	آلومینیوم بر حسب رینولدزهای مختلف سیال گرم

فهرست علائم اختصاری

عنوان	مفهوم
A	مساحت سطح انتقال گرما
c_p	گرمای ویژه
D	قطر هیدرولیکی
E	پارامتر زبری
f	ضریب اصطکاک
h	ضریب انتقال حرارت جابجایی
\bar{h}	ضریب انتقال حرارت جابجایی متوسط
K	انرژی جنبشی تلاطم
k	ضریب هدایت حرارتی
L_x	طول مبدل
L_y	پهنای کانال‌های مبدل
m	نرخ جرمی
Nu	عدد ناسلت موضعی
\overline{Nu}	عدد ناسلت متوسط
P	فشار
Pe	عدد پکلت
Pr	عدد پرانتل
Q	نرخ انتقال گرما

q_w	شار ثابت روی دیواره
R	شعاع لوله
r	مختصات شعاعی
Re	عدد رینولدز
Re_h	عدد رینولدز سیال گرم
Re_c	عدد رینولدز سیال سرد
R_{total}	مقاومت گرمای کلی
S_ϕ	جمله چشمه
Sp	ضریب ϕ_p در عبارت خطی شده جمله چشمه
Sc	بخش ثابت جمله چشمه
T	دما
Th	دمای سیال گرم
T_c	دمای سیال سرد
T_b	دمای بالک
t	ضخامت دیواره بین دو کانال
U_{total}	ضریب انتقال گرمای کلی
u	مؤلفه سرعت افقی
ub	مؤلفه سرعت افقی بالک
u^*	سرعت بر حسب فشار P^* در جهت x
\hat{u}	سرعت کاذب در جهت x
u_τ	سرعت اصطکاکی
u_p	سرعت در نقطه p موازی با دیواره
v	مؤلفه سرعت عمودی

v^*	سرعت بر حسب فشار P^* در جهت y
\hat{v}	سرعت کاذب در جهت y
x	مختصات افقی
Δx	پهنای حجم کنترل در جهت x
δx	فاصله بین دو گره مجاور شبکه در جهت x
y	مختصات عمودی
y^+	عدد بی بعد فاصله از دیواره
y_p	فاصله نقطه p از دیواره
Δy	پهنای حجم کنترل در جهت y
δy	فاصله بین دو گره مجاور شبکه در جهت y

فهرست علائم یونانی

عنوان	مفهوم
α	پخش گرمایی
β	ضریب انبساط حجمی
λ	ضریب نفوذ
ρ	دانسیته
ν	لزجت سینماتیکی
μ	لزجت دینامیکی
μ_t	لزجت دینامیکی تلاطم
Γ	ضریب پخش
τ_w	تنش برشی روی دیوار
κ	ثابت فون کارمن
ε	نرخ تلفات انرژی جنبشی تلاطم
ε	بازده مبدل
Φ	کسر حجمی
ψ	تابع جریان

فهرست واحدها

عنوان

°c

J

K

Kg

KW

m

N

s

W

مفهوم

درجه سلسیوس

ژول

کلوین

کیلوگرم

کیلووات

متر

نیوتون

ثانیه

وات

فهرست اندیس‌ها

عنوان	مفهوم
<i>c</i>	سیال سرد
<i>cl</i>	کلاستر (خوشه‌ای شدن)
<i>D</i>	قطر هیدرولیکی
<i>E</i>	گره شرقی
<i>e</i>	وجه شرقی حجم کنترل
<i>eff</i>	مؤثر
<i>f</i>	سیال پایه
<i>h</i>	سیال گرم
<i>in</i>	ورودی
<i>max</i>	بیشینه
<i>min</i>	کمینه
<i>N</i>	گره شمالی
<i>n</i>	وجه شمالی حجم کنترل
<i>nb</i>	گره همسایه
<i>nf</i>	نانوسیال
<i>out</i>	خروجی
<i>p</i>	ذرات
<i>pe</i>	ذرات معادل