



دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

بررسی عددی تأثیر میکروساختارها بر انتقال حرارت و اختلاط مایعات در میکروکانالها

توسط:

هاله شفیعی

اساتید راهنما:

دکتر امید ابوعلی

دکتر خسرو جعفرپور

شهریور ماه ۱۳۹۰



به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب هاله شفیعی (۸۷۰۴۸۹) دانشجوی رشته ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی دانشکده ی مهندسی مکانیک اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین اظهار می کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: هاله شفیعی
تاریخ و امضا: ۱۳۹۰/۰۶/۳۰

به نام خدا

بررسی عددی تأثیر میکروساختارها بر انتقال حرارت و اختلاط مایعات در
میکروکانالها

به کوشش:

هاله شفیعی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه با درجه ی: عالی

دکتر امید ابوعلی، دانشیار مهندسی مکانیک (رئیس کمیته)
دکتر خسرو جعفرپور، دانشیار مهندسی مکانیک (رئیس کمیته)
دکتر محمود یعقوبی، استاد مهندسی مکانیک
دکتر علی اکبر گلنشان، استادیار مهندسی مکانیک

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم از قطره ای کوچک در دریای بی کران علم و پژوهش

به پیشگاه حضرت حق و فرستادگان آن حضرت

و تحفه ایست به حضور

قلب دلسوز مادرم

الطاف بی کران پدرم

دستان یاری گر همسرم

زحمات بی منت خواهرم

سخنان شیرین برادرم

چکیده

بررسی عددی تأثیر میکروساختارها بر انتقال حرارت و اختلاط مایعات

در میکروکانالها

به کوشش:

هاله شفیعی

نیاز به انتقال حرارت بالا از بسته های الکترونیکی و سیستمهای نوری و غیره چالشی در زمینه مدیریت گرمایی ایجاد کرده است. چاه حرارتی میکروکانالی در این زمینه به عنوان یک فاکتور کلیدی در بالا بردن توان پراکنده سازی گرمایی سیستم ها در ابعاد کوچک نقش بسزایی ایفا می کنند. در این مطالعه، جریان سه بعدی آرام آب خنک کننده همراه با انتقال حرارت جابجایی اجباری درون میکروکانال های دارای میکروساختارها مورد بررسی قرار گرفته است. این میکروساختارها مقطع دایروی داشته و ابعاد آنها معین می باشد و به صورت آرایه هایی یک در میان و یا با الگویی مورب در کف کانال تعبیه می شوند. معادلات حاکم شامل معادلات بقای جرم، مومنتم و انرژی هستند. در این تحقیق از نرم افزار فلوئنت برای مطالعه چاه حرارتی میکروکانالی استفاده شده است. بعد از اینکه از صحت نتایج بدست آمده در مقایسه با اطلاعات آزمایشگاهی اطمینان حاصل شد، اثر میکروساختارها بر عملکرد انتقال حرارت چاه حرارتی مطالعه گردید. نتایج نشان می دهد در توانهای پمپاژ بزرگتر از $0/5$ وات نرخ انتقال حرارت چاه حرارتی میکروکانالی پره دار از یک چاه حرارتی میکروکانالی ساده ولی بهینه کمتر است. اما در توان پمپاژ کوچک مانند $0/05$ وات، حرارت منتقل شده از میکروکانالهای ساده بهینه کمتر از مقدار آن برای چاه حرارتی پره دار می باشد. همچنین نرخ تولید انترپپی در میکروکانال های پره دار بررسی شد و نرخ تولید انترپپی بی بعد به عنوان فاکتور مناسبی برای بهینه کردن چاه حرارتی میکروکانالی پره دار مشخص شد. از دیگر مطالعات صورت گرفته در پژوهش حاضر، بررسی تأثیر چیدمان های مختلف پره های استوانه ای در میکروکانالها بر پدیده اختلاط در ابعاد کوچک می باشد. نتایج نشان دهنده بازدهی اختلاط بالا در میکروکانالهای پره دار با چیدمان یک در میان به ازای اعداد رینولدز مختلف می باشد. در پایان جریان زمانمند اطراف پره های درون کانال مورد مطالعه قرار گرفت.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱: مقدمه
۲	۱-۱- پیشگفتار
۵	۲-۱- نحوه ساخت میکروکانال
۸	۳-۱- توصیف مسأله
۱۱	۴-۱- اهداف پایان نامه
۱۲	فصل ۲: مروری بر تحقیقات گذشته
۲۸	فصل ۳: اختلاط در ابعاد کوچک
۲۹	۱-۳- چالش ایجاد انتقال جرم و اختلاط در ابعاد کوچک
۲۹	۲-۳- پدیده انتقال جرم
۳۰	۱-۲-۳- انتقال جرم از طریق مکانیزم نفوذ
۳۰	۲-۲-۳- انتقال جرم از طریق مکانیزم جابجایی
۳۱	۳-۳- انواع ریزمخلوط‌کن‌ها و شیوه‌های اختلاط
۳۴	۴-۳- میکروکانالهای پره دار به عنوان ریزمخلوط‌کن‌ها
۳۶	۵-۳- روشهای تعیین میزان اختلاط
۳۸	فصل ۴: معادلات حاکم
۳۹	۱-۴- مقدمه
۴۰	۲-۴- تولید شبکه
۴۲	۳-۴- معادلات حاکم
۴۳	۴-۴- شرایط مرزی

۴۶	فصل ۵: نتایج
۴۷	۱-۵- معرفی هندسه مسأله
۵۱	۲-۵- مطالعه شبکه
۵۴	۳-۵- همگرایی
۵۵	۴-۵- سنجش صحت نتایج برای چاه حرارتی میکروکانالی پره دار با فرض دائمی بودن جریان
۵۸	۵-۵- نتایج به دست آمده برای چاه حرارتی میکروکانالی پره دار با فرض دائمی بودن جریان
۵۸	۱-۵-۵- انتقال حرارت در میکروکانال چاه حرارتی $1 \times 2 \text{ cm}^2$
۶۵	۲-۵-۵- انتقال حرارت در چاه حرارتی $1 \times 1 \text{ cm}^2$
۷۳	۶-۵- نرخ تولید انترویی در چاه حرارتی میکروکانالی
۷۶	۷-۵- بررسی رفتار غیر دائمی جریان در چاه حرارتی میکروکانالی پره دار
۷۶	۱-۷-۵- سنجش صحت نتایج برای حل زمانمند جریان حول یک استوانه دو بعدی
۷۹	۲-۷-۵- نتایج به دست آمده برای چاه حرارتی میکروکانالی پره دار با فرض ناپایدار و دو بعدی بودن جریان
۸۲	۳-۷-۵- سنجش صحت نتایج برای جریان سه بعدی زمانمند حول یک استوانه
۸۷	۴-۷-۵- نتایج به دست آمده برای چاه حرارتی میکروکانالی پره دار با فرض ناپایدار و سه بعدی بودن جریان
۸۸	۸-۵- نتایج برای اختلاط مایعات در میکروکانالها
۸۸	۱-۸-۵- صحت گذاری نتایج عددی حاضر برای اختلاط مایعات در میکروکانالها
۸۹	۲-۸-۵- نتایج به دست آمده برای اختلاط در میکروکانالها
۹۷	فصل ۶: جمع بندی و پیشنهادات
۹۸	۱-۶- جمع بندی

صفحه

عنوان

۹۹

۶-۲- پیشنهادات

۱۰۰

مراجع

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱: یک سطح مقطع از میکروکانال تولید شده به روش میکرو-ماشینکاری
۶	شکل ۲-۱: طرحی از شکل مقطع چند لایه شده در سیلیکن
۷	شکل ۳-۱: برجستگی های ایجاد شده روی پره های توربین گازی به روش LIGA برای افزایش خنک کاری
۸	شکل ۴-۱: چاه حرارتی میکروکانالی با توزیع پره های مورب 45° بدون پوشش بالایی
۹	شکل ۵-۱: چاه حرارتی با چیدمان مورب 45° میکروپره های استوانه ای بدون پوشش بالایی
۹	شکل ۶-۱: چاه حرارتی با چیدمان یک در میان از میکروپره های استوانه ای بدون پوشش بالایی
۱۵	شکل ۱-۲: میکروکانال با هندسه بهینه شده [۱۲]
۱۵	شکل ۲-۲: نمایی از هندسه مورد مطالعه [۱۳]
۱۷	شکل ۳-۲: میکروکانالهای موجود در مبدلهای حرارتی [۱۶]
۱۷	شکل ۴-۲: میکروکانال ها با سطح مقطع مختلف [۱۷]
۱۸	شکل ۵-۲: شیارهای مستطیلی و کمانی شکل [۱۸]
۱۹	شکل ۶-۲: (الف) نمای سه بعدی از چاه حرارتی میکروکانالی [۱۹] (ب) نمای بالایی هندسه بررسی شده با چیدمان پره های یک در میان
۲۰	شکل ۷-۲: میکروکانال بررسی شده توسط پلس و همکاران [۲۰]
۲۲	شکل ۸-۲: نمایی از مدلسازی زبری ها به صورت مخروط [۲۴]

- شکل ۲-۹: نمایی از پره های مستطیلی شکل در بستر کانال [۲۵] ۲۲
- شکل ۲-۱۰: نمایی از پره های S شکل در بستر کانال [۲۷] ۲۳
- شکل ۲-۱۱: میکروکانال های شیاردار [۳] ۲۴
- شکل ۲-۱۲: میکروکانال های دارای میکرو پره های استوانه ای [۳] ۲۴
- شکل ۲-۱۳: الگوی جریان برای مقادیر مختلف عدد رینولدز [۲۹] ۲۵
- شکل ۲-۱۴: نمایی از شیارهای جناغی شکل در کف میکرومیکسرها [۳۰] ۲۵
- شکل ۲-۱۵: نمایی از یک میکسر با شیارهای جناغی و نسبت منظری بالا [۳۱] ۲۶
- شکل ۲-۱۶: نمایی از میکرومیکسر طراحی شده توسط چن و همکاران [۳۴] ۲۷
- شکل ۳-۱: ریزمخلوط کن های غیرفعال از نوع Y (سمت راست) و T (سمت چپ) ۳۲
- شکل ۳-۲: یک ریزمخلوط کن از نوع چند لایه ای به نام ریزمخلوط کن دایره ای ۳۳
- شکل ۳-۳: دو نمونه ریزمخلوط کن با ساختار داخلی خاص ۳۳
- شکل ۳-۴: یک طرح شماتیک از تزریق یک سیال در سیال دوم
به منظور انجام عمل اختلاط ۳۴
- شکل ۳-۵: نقاط کارکرد ریزمخلوط کن های معمولی ۳۵
- شکل ۳-۶: نقاط کارکرد ریزمخلوط کن های بررسی شده در تحقیق حاضر ۳۶
- شکل ۴-۱: نمای سه بعدی از شبکه های مستطیلی منظم تولید شده ۴۱
- شکل ۴-۲: نمای سه بعدی از شبکه های مستطیلی نامنظم تولید شده ۴۱
- شکل ۴-۳: نمای سه بعدی از شبکه های مثلثی نامنظم تولید شده ۴۲
- شکل ۴-۴: دامنه محاسباتی جریان ۴۴
- شکل ۵-۱: (الف) نمایی از کل چاه حرارتی میکروکانالی ۱×۱ سانتی متر مربع
(ب) چاه حرارتی میکروکانالی با توزیع پره های مورب 45° بدون پوشش بالایی
(ج) قسمتی از ناحیه محاسباتی میکروکانال پره دار. ۴۸

- شکل ۵-۲: (الف) نمایی از کل چاه حرارتی 1×1 سانتی متر مربع
 ۴۹ (ب) چاه حرارتی با چیدمان 45° میکروپره های استوانه ای بدون پوشش بالایی
 (ج) قسمتی از ناحیه محاسباتی چاه حرارتی پره دار.
- شکل ۵-۳: (الف) نمایی از کل چاه حرارتی 1×1 سانتی متر مربع
 ۵۰ (ب) چاه حرارتی با چیدمان یک در میان از میکروپره های استوانه ای بدون
 پوشش بالایی (ج) قسمتی از ناحیه محاسباتی چاه حرارتی پره دار.
- شکل ۵-۴: نمودار تغییرات شار حرارتی بر حسب اندازه شبکه در چاه حرارتی
 ۵۲ با چیدمان مایل از پره های کوتاه و بلند و ارتفاع $500 \mu\text{m}$ میکروکانال
- شکل ۵-۵: نمودار تغییرات افت فشار بر حسب اندازه شبکه در چاه حرارتی
 ۵۲ با چیدمان مایل از پره های کوتاه و بلند و ارتفاع $500 \mu\text{m}$ میکروکانال
- شکل ۵-۶: نمودار تغییرات شار حرارتی بر حسب اندازه شبکه
 ۵۳ در میکروکانال چاه حرارتی بهینه شده
- شکل ۵-۷: نمودار تغییرات افت فشار بر حسب اندازه شبکه
 ۵۳ در میکروکانال چاه حرارتی بهینه شده
- شکل ۵-۸: نمودار تغییرات شار حرارتی بر حسب اندازه شبکه
 ۵۴ در چاه حرارتی با چیدمان یک در میان پره ها
- شکل ۵-۹: نمودار تغییرات افت فشار بر حسب اندازه شبکه
 ۵۴ در چاه حرارتی با چیدمان یک در میان پره ها
- شکل ۵-۱۰: (الف) چاه حرارتی با چیدمان یک در میان
 ۵۶ از میکروپره های استوانه ای بدون پوشش بالایی (ج) نمای نزدیکتر از چاه حرارتی پره دار [۴]
- شکل ۵-۱۱: مقایسه نتایج حل عددی با داده های تجربی پلس و کوسر [۴]
 ۵۷ برای $(T_{\text{ave}} - T_{\text{in}})$ بر حسب شار حرارتی در اعداد رینولدز مختلف

- شکل ۵-۱۲: مقایسه نتایج حل عددی با داده های تجربی پلس و کوسر [۴]
- ۵۸ برای افت فشار بر حسب دبی حجمی
- شکل ۵-۱۳: نمایی از میکروکانال چاه حرارتی با چیدمان
- ۵۹ پره های مایل ارائه شده توسط کندلیکار و گرند [۳]
- شکل ۵-۱۴: مقایسه شار حرارتی بین میکروکانال ساده با میکروکانال ها
- ۶۰ در حالات مختلف میکروپره ها، $T_s = 85^\circ \text{C}$ $Re = 387$.
- شکل ۵-۱۵: مقایسه سرعت در جهت X بین میکروکانال ساده
- ۶۱ و پره دار در $Re = 387$.
- شکل ۵-۱۶: مقایسه دما در جهت X بین میکروکانال ساده
- ۶۲ و پره دار در $Re = 387$, $T_{in} = 15^\circ \text{C}$, $T_s = 85^\circ \text{C}$.
- شکل ۵-۱۷: مقایسه فاکتور اصطکاک بین میکروکانال ساده با
- ۶۳ میکروکانالها در حالات مختلف میکروپره ها، $T_s = 85^\circ \text{C}$, $Re = 387$.
- شکل ۵-۱۸: مقایسه ضریب عملکرد بین میکروکانال ساده با میکروکانالها
- ۶۴ در حالات مختلف میکروپره ها، $T_s = 85^\circ \text{C}$, $Re = 387$.
- شکل ۵-۱۹: مقایسه شار گرمایی بر حسب توان پمپاژ چاه حرارتی و چاه حرارتی
- ۶۶ میکروکانالی با چیدمان یکسان از ردیفهای مایل پره ها و سه ارتفاع متفاوت میکروکانال
- شکل ۵-۲۰: مقایسه شار گرمایی بر حسب توان پمپاژ در میکروکانال چاه حرارتی
- ۶۷ پره دار با سه الگوی توزیع ارتفاعات متفاوت پره ها
- شکل ۵-۲۱: مقایسه شار گرمایی بر حسب توان پمپاژ در چاههای حرارتی مختلف
- ۶۸
- شکل ۵-۲۲: مقایسه شار گرمایی بر حسب دبی جرمی کل در چاههای حرارتی مختلف
- ۶۹
- شکل ۵-۲۳: خطوط مسیر بر حسب مقدار سرعت در میکروکانال چاه حرارتی با
- ۷۰ ردیف پره های مایل و ارتفاع کانال $90 \mu\text{m}$ با سرعت ورودی $2/55$ متر بر ثانیه

- شکل ۵-۲۴: نمایش کانتور سرعت در جهت x در صفحه $y = 200 \mu\text{m}$ از
 میکروکانال چاه حرارتی با ردیف پره های مایل و ارتفاع کانال $500 \mu\text{m}$ در توان پمپاژ ۲ وات
 با سرعت ورودی $2/62$ متر بر ثانیه
- شکل ۵-۲۵: کانتور دما در پره ها و پایه میکروکانال چاه حرارتی
 با ردیف پره های مایل و ارتفاع کانال $500 \mu\text{m}$ در توان پمپاژ (A) $0/05$ وات با سرعت
 ورودی $0/625$ متر بر ثانیه (B) $0/5$ وات با سرعت ورودی $1/54$ متر بر ثانیه (C) ۲ وات
 با سرعت ورودی $2/62$ متر بر ثانیه
- شکل ۵-۲۶: نمودار نرخ تولید انترویی برای چاه حرارتی
 میکروکانالی $1 \times 2 \text{ cm}^2$ با دبی جرمی ثابت.
- شکل ۵-۲۷: نمودار نرخ تولید انترویی برای چاه حرارتی
 میکروکانالی $1 \times 1 \text{ cm}^2$ با توان پمپاژ یکسان.
- شکل ۵-۲۸: نمودار نرخ تولید انترویی بی بعد برای چاه حرارتی
 میکروکانالی $1 \times 2 \text{ cm}^2$ با دبی جرمی ثابت.
- شکل ۵-۲۹: نمودار نرخ تولید انترویی بی بعد برای چاه حرارتی
 میکروکانالی $1 \times 1 \text{ cm}^2$ با توان پمپاژ یکسان.
- شکل ۵-۳۰: (الف) شرایط مرزی و ناحیه محاسباتی دو بعدی قبل از ایجاد
 شبکه (ب) شبکه بندی ناحیه محاسباتی دو بعدی حل زمانمند اطراف استوانه دو بعدی
- شکل ۵-۳۱: نوسانات ضریب پسا و برا با زمان در $Re=300$ و
 در نقطه ای پشت استوانه دو بعدی ($x=2.85$) ارائه شده توسط کالرو و تزدویار [۵۳]
- شکل ۵-۳۲: نوسانات ضریب پسا (در جهت جریان) با زمان در $Re=300$ و
 در نقطه ای پشت استوانه دو بعدی ($x=2.85$)
- شکل ۵-۳۳: نوسانات ضریب برا (در جهت y) بر حسب زمان در $Re=300$ و
 در نقطه ای پشت استوانه دو بعدی ($x=2.85$)

- شکل ۵-۳۴: تغییرات عدد استروهمال با عدد رینولدز برای ناحیه برگشتی پشت استوانه، ۸۰
 داده های حاصل از مشاهدات تجربی و شبیه سازی های کامپیوتری جریان دو بعدی [۵۴]
- شکل ۵-۳۵: (الف) نمایی از ناحیه محاسباتی چاه حرارتی میکروکانالی ۸۱
 دو بعدی با چیدمان پره های مایل (ب) نمای نزدیک از شبکه بندی اطراف دایره ها در چاه
 حرارتی میکروکانالی دو بعدی
- شکل ۵-۳۶: نمودار شار حرارتی سطح بر حسب زمان ۸۲
 برای حل دائمی و غیر دائمی در دو بعد
- شکل ۵-۳۷: نمایی از شبکه بندی ناحیه محاسباتی سه بعدی ۸۳
 حل زمانمند اطراف استوانه [۵۳]
- شکل ۵-۳۸: نوسانات ضریب پسا و برا با زمان در $Re=300$ و ۸۳
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$) ارائه شده توسط کالرو و تزدویار [۵۳]
- شکل ۵-۳۹: نوسانات سرعت در جهت های مختلف با زمان در $Re=300$ و ۸۴
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$) ارائه شده توسط کالرو و تزدویار [۵۳]
- شکل ۵-۴۰: نوسانات ضریب پسا (در جهت جریان) با زمان در $Re=300$ و ۸۴
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$)
- شکل ۵-۴۱: نوسانات ضریب برا (در جهت y) بر حسب زمان در $Re=300$ و ۸۵
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$)
- شکل ۵-۴۲: نوسانات u (در جهت x) بر حسب زمان در $Re=300$ و ۸۵
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$)
- شکل ۵-۴۳: نوسانات v (در جهت y) بر حسب زمان در $Re=300$ و ۸۶
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$)
- شکل ۵-۴۴: نوسانات w (در جهت z) بر حسب زمان در $Re=300$ و ۸۶
 در نقطه ای پشت استوانه ($x=2.85$)

- ۸۷ شکل ۵-۴۵: نمودار نرخ انتقال حرارت سطحی بر حسب زمان برای حل دائمی و غیر دائمی در سه بعد
- ۸۸ شکل ۵-۴۶: هندسه بررسی شده توسط چن و لام [۵۵] با ابعاد
 $L=4.5\text{cm}$, $W=150\ \mu\text{m}$, $b=20\ \mu\text{m}$
- ۸۹ شکل ۵-۴۷: نمودار غلظت در قسمت راست مقطع خروجی میکروکانال، سرعت متوسط 1cm/s ، ضریب نفوذ مولکولی $D=10^{-6}\ (\text{cm}^2/\text{s})$.
- ۹۰ شکل ۵-۴۸: بازده اختلاط بر حسب طول در میکروکانالهای مختلف
- ۹۱ شکل ۵-۴۹: بازده اختلاط بر حسب عدد رینولدز در میکروکانالهای مختلف و صفحه $x=4.45$ میلیمتر
- ۹۱ شکل ۵-۵۰: کانتور غلظت در طول میکروکانال پره دار با چیدمان یک در میان و $V_{\text{inlet}}=0.001\ (\text{m/s})$.
- ۹۲ شکل ۵-۵۱: کانتور غلظت در طول میکروکانال پره دار با چیدمان یک در میان و $V_{\text{inlet}}=1\ (\text{m/s})$.
- ۹۳ شکل ۵-۵۲: (الف) کانتور غلظت در کل طول میکروکانال ساده بهینه با عدد رینولدز 0.08 (ب) کانتور غلظت در ابتدای میکروکانال ساده بهینه با عدد رینولدز 0.08
- ۹۴ شکل ۵-۵۳: (الف) کانتور غلظت در کل طول میکروکانال ساده بهینه با عدد رینولدز 80 (ب) کانتور غلظت در انتهای میکروکانال ساده بهینه با عدد رینولدز 80
- ۹۵ شکل ۵-۵۴: کانتور غلظت در طول میکروکانال پره دار با چیدمان یک در میان و ضریب نفوذ صفر با مقدار عدد رینولدز 0.08 .
- ۹۵ شکل ۵-۵۵: کانتور غلظت در طول میکروکانال ساده بهینه با ضریب نفوذ صفر و عدد رینولدز 0.08 .
- ۹۶ شکل ۵-۵۶: بازده اختلاط میکروکانال پره دار با چیدمان یک در میان و میکروکانال ساده بهینه بر حسب ضریب نفوذ در عدد رینولدز 0.08 .

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۳۵	جدول ۱-۳: عدد رینولدز و عدد پکلت برای ریزمخلوط کن های بررسی شده در تحقیق حاضر
۴۵	جدول ۱-۴: خواص فیزیکی ماده خنک کن و فاز جامد
۵۱	جدول ۱-۵: ابعاد چاه حرارتی میکروکانالی
۵۶	جدول ۲-۵: ابعاد چاه حرارتی استفاده شده برای اعتبار سنجی نتایج
۵۹	جدول ۳-۵: ابعاد چاه حرارتی میکروکانالی با چیدمان پره های مایل
۵۹	جدول ۴-۵: تعداد میکروپره ها برای حالات مختلف مطالعه شده
۸۱	جدول ۵-۵: ابعاد چاه حرارتی میکروکانالی دو بعدی با چیدمان پره های مایل

فصل اول

مقدمه

۱ - پیشگفتار

یکی از مسائل مهم در مهندسی مکانیک انتقال حرارت در مبدل های حرارتی و میکروکانال ها می باشد. امروزه با گسترش تکنولوژی نیاز به طراحی مبدلهای کارا یک امر ضروری محسوب می شود. این در حالیست که پیشرفتهای سریعی در طول دهه گذشته در زمینه تولید و استفاده از میکرو دستگاه های توان بالا صورت گرفته که این امر نیاز به بررسی جامع و دقیق جنبه های اساسی جریان سیال و انتقال حرارت در مقیاس میکرو را نشان می دهد و توجه بسیاری را به مسایل مکانیک سیالات در ابعاد میکرون معطوف کرده است. تمامی تلاش طراحان و محققان فعال در این زمینه افزایش تبادل حرارت و در نهایت بهبود بازده کل سیستم بوده است. از جمله اقداماتی که در این زمینه می توان انجام داد استفاده از سطوح داخلی و یا پره ها می باشد. پره ها سطح انتقال حرارت را افزایش داده و در نهایت چنانچه خوب طراحی شده باشند راندمان میکروکانالها را به طور چشمگیری می توانند افزایش دهند. پره ها کاربرد فراوانی در صنعت دارند که از آن جمله می توان به پره های موجود جهت خنک کردن پردازشگر کامپیوترها و قطعات الکترونیکی اشاره کرد. امروزه با پیشرفت روزافزون کامپیوترها و ورود پردازشگرهای قوی و سوپر کامپیوترها، حجم بالایی از اطلاعات در زمان بسیار کم پردازش می شوند. پردازش سریع موجب بوجود آمدن گرما در پردازشگر می گردد و چنانچه این حرارت دفع نگردد تنشهای حرارتی باعث از بین رفتن پردازشگر و در نهایت کل سیستم می گردد. در دنیای امروز و با ساخت سوپر کامپیوترها تکنیک دفع گرما باید کارا و موثرتر از گذشته باشد. از اینرو نیاز به طراحی چاه های حرارتی با راندمان بالاتر کاملاً احساس می شود.