بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک– تبدیل انرژی

مطالعه عددی جریان سیال و انتقال حرارت در میکروکانال ها با حضور ذرات معلق نانو در سیال

علیرضا رازقی

اساتید راهنما :

دکتر ایرج میرزایی

دکتر مجید عباسعلیزاده

استاد مشاور:

مهندس حسینعلی سلطانیپور

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به پدر و مادرم:

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسیم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند....

تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری خداوند متعال موفق به پایان رساندن این تحقیق شدم، خالقم را شاکرم و امیدوارم در سایه الطاف قادر متعال، پیامبر رحمت و ائمه اطهار، همواره در راه علم، اخلاق و حق گام بردارم.

از دو گوهر زندگی، پدر و مادرم که همواره پشتیبان و مشوق من بوده اند، صمیمانه سپاسگزارم.

از اساتید ارجمندم، جناب آقای دکتر میرزایی، دکتر عباسعلیزاده و مهندس سلطانپور که پیشبرد این پایان‌نامه مرهون علم، صبر و نظم ایشان و راهنمایی‌های ارزشمندشان گره‌گشای بنده در افزایش سطح علمی آن است، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

با توجه به گسترش روز به روز صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک، نیاز به دفع حرارت از ادوات تولید کننده شار حرارتی بالا، به عنوان یکی از موضوعات بسیار مهم در مسیر توسعه صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک مطرح بوده است. با توجه به این موضوع در پایان نامه حاضر به بررسی دو راهکار جهت خنک کاری صنایع الکترونیک پرداخته شده است.

راهکار اول به بررسی تاثیر قرارگیری ریب و ارتفاع آن در افزایش انتقال حرارت پرداخته و اثرات پارامترهای عدد رینولدز، ارتفاع ریب و شار حرارتی دیواره بر ضریب انتقال حرارت مورد مطالعه گرفته است. همچنین تاثیر این پارامترها بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال، انتقال حرارت و مجموع این دو یعنی انتروپی تولیدی کل مورد بررسی قرار گرفته و ارتفاع ریب بهینه با توجه شرایط مختلف جریان با معیار کمترین میزان انتروپی تولیدی کل ارائه شده است.

در راهکار دوم به بررسی جریان نانوسیال به عنوان مخلوط ذرات نانو و سیال پایه پرداخته شده و اثرات عدد رینولدز و درصد حجمی ذرات نانو بر روند انتقال حرارت مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین بررسی نتایج بین روش مدلسازی تک فاز با روش دو فاز انجام شده و نتایج حاصله با هم مقایسه شده‌اند. تاثیر عدد رینولدز و درصد حجمی ذرات نانو بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال و انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت و جمع این دو یعنی انتروپی تولیدی کل مورد بررسی قرار گرفته و شرایط بهینه جریان با توجه به معیار کمترین میزان انتروپی تولیدی کل ارائه شده است.

کلمات کلیدی: میکروکانال، انتروپی، نانوسیال، دینامیک سیالات محاسباتی، انتقال حرارت

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه و ساختار پایان نامه ۱

۱-۱ اهداف پایان نامه ۳

۱-۲ رئوس مطالب ۴

۲ فصل دوم:مرور کارهای پیشین ۵

۲-۱ میکروکانال ۶

۲-۲ نانوسیال ۱۱

۲-۳ نتیجه گیری ۲۳

۳ فصل سوم:معادلات و جزئیات روش حل ۲۴

۳-۱ مبانی و مفاهیم ۲۵

۳-۲ معادلات حاکم ۲۵

۳-۳ گسسته سازی ۲۹

۳-۳-۱ ویژگی های روش گسسته سازی ۲۹

۳-۴ روش اختلاف مرکزی ۳۲

۳-۴-۱ ارزیابی روش اختلاف مرکزی ۳۲

۳-۵ روش اختلاف بالادست ۳۳

۳-۵-۱ ارزیابی روش اختلاف بالادست ۳۴

۳-۶ مدل دو فازی mixture ۳۴

۳-۶-۱ معادله‌ی پیوستگی ۳۵

۳-۶-۲ معادله‌ی مومنتوم ۳۵

۳-۶-۳ معادله‌ی انرژی ۳۶

۳-۶-۴ سرعت نسبی (لغزشی) و سرعت drift ۳۶

۳-۷ کوپلینگ فشار- سرعت ۳۷

۳-۸ انتروپی ۳۹

۳-۹ تولید شبکه ۴۰

۳-۹-۱ اصطلاحات رایج ۴۱

۳-۹-۲ انواع شبکه ۴۱

۳-۹-۳ کیفیت شبکه ۴۳

۴ فصل چهارم: تعریف تعریف مساله ۴۶

۴-۱ میکروکانال با حضور ریب ۴۷

۴-۲ میکروکانال با جریان نانوسیال ۴۹

۴-۲-۱ خواص نانوسیال ۵۱

۵ فصل پنجم: نتایج ۵۲

۵-۱ بررسی استقلال شبکه ۵۳

۵-۲ معیار همگرایی ۵۳

۵-۳ میکروکانال با حضور ریب ۵۳

۵-۳-۱ اعتبار سنجی نتایج ۵۴

۵-۳-۲ بررسی تاثیر عدد رینولدز و ارتفاع ریب بر روی افت فشار ۵۵

۵-۳-۳ بررسی تاثیر عدد رینولدز بر توزیع محلی عدد ناسلت ۵۵

۵-۳-۴ بررسی تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر توزیع محلی عدد ناسلت ۵۶

۵-۳-۵ تاثیر ارتفاع ریب بر روی میدان سرعت ۵۷

۵-۳-۶ تاثیر ارتفاع ریب بر روی توزیع دما ۵۸

۵-۳-۷ تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال ۵۸

۵-۳-۸ تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت ۵۹

۵-۳-۹ تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر عدد بجان ۵۹

۵-۳-۱۰ تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی کل ۶۰

۵-۳-۱۱ تاثیر شار حرارتی دیواره بر انتروپی تولیدی کل ۶۱

۵-۴ میکروکانال با جریان نانوسیال ۶۳

۵-۴-۱ اعتبار سنجی نتایج ۶۴
۵-۴-۲ تاثیر درصد حجمی ذرات نانو بر افت فشار ۶۵
۵-۴-۳ تاثیر درصد حجمی نانوذرات بر عدد ناسلت ۶۶
۵-۴-۴ تاثیر درصد حجمی نانوذرات بر ضریب انتقال حرارت بی بعد ۶۶
۵-۴-۵ توسعه پروفیل سرعت در طی میکروکانال ۶۷
۵-۴-۶ تاثیر عدد رینولدز بر پروفیل سرعت ۶۷
۵-۴-۷ توسعه پروفیل دما در طول میکروکانال ۶۸
۵-۴-۸ تاثیر عدد رینولدز بر پروفیل دما ۶۹
۵-۴-۹ تاثیر درصد حجمی ذرات بر پروفیل دما ۶۹
۵-۴-۱۰ تاثیر درصد حجمی ذرات بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال ۷۰
۵-۴-۱۱ تاثیر درصد حجمی ذرات بر انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت ۷۱
۵-۴-۱۲ تاثیر درصد حجمی ذرات بر عدد بجان ۷۱
۵-۴-۱۳ تاثیر درصد حجمی ذرات بر آنتروپی تولیدی کل ۷۲

۶ نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۳

فهرست جداول

جدول ۳-۱: ضرایب روش گسسته سازی اختلاف مرکزی ۳۲
جدول ۳-۲: کیفیت سلول های شبکه از نظر اعوجاج ۴۵
جدول ۴-۱: ابعاد هندسی و پارامترهای مورد مطالعه ۴۸
جدول ۴-۲: خواص مواد مورد استفاده ۴۸
جدول ۴-۳: ابعاد هندسی و پارامتر های مورد مطالعه ۵۰
جدول ۴-۴: خواص مواد مورد استفاده ۵۰
جدول ۵-۱: ارتفاع ریب بی بعد بهینه به ازای شار حرارتی و عدد رینولدز های متفاوت ۶۳

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: میکروکانال طراحی شده توسط استینکه و کاندلیکار [۸]..... ۷

شکل ۲-۲: آرایش ریب های مطالعه شده توسط کو [۱۶]..... ۱۰

شکل ۲-۳: نانولایه ی احاطه کننده ی نانوذره ۱۲

شکل ۲-۴: ساختار توده ای نانوذرات - ستون فقرات و ذرات انتهایی [۲۷]..... ۱۶

شکل ۲-۵: جابجایی ایجاد شده در سیال در اثر حرکت براونی ذرات ۱۶

شکل ۲-۶: سیستم طراحی شده توسط لی و خوان[۲۹] ۱۹

شکل ۲-۷: سیستم طراحی شده توسط ون و دینگ [۳۱] ۲۰

شکل ۳-۱ : حجم کنترل حول نقطه‌ی P ۲۸

شکل ۳-۲: توزیع ϕ در نزدیکی دو چشمه به ازای عدد Pe مختلف، الف- پخش خالص، ب- پخش و جابجایی ۳۱

شکل ۳-۳ : حجم کنترل حول نقطه‌ی P ۳۳

شکل ۳-۴: گردش کار الگوریتم SIMPLE برای کوپلینگ فشار - سرعت ۳۹

شکل ۳-۵: اصطلاحات رایج در شبکه بندی ۴۱

شکل ۳-۶: شبکه بندی سازمان یافته ۴۲

شکل ۳-۷: شبکه بندی بی سازمان ۴۲

شکل ۳-۸: انواع سلول های مورد استفاده در شبکه بندی میدان حل ۴۳

شکل ۳-۹: حالت های مختلف quad ۴۳

شکل ۳-۱۰: بررسی اعوجاج از نظر حجم متواضی الاضلاع ۴۴

شکل ۳-۱۱: بررسی اعوجاج از نظر زاویه‌ی متواضی الاضلاع ۴۴

شکل ۳-۱۲: تعییرات اندازه‌ی سلول ۴۵

شکل ۳-۱۳: نسبت ظرافت سلول ۴۵

شکل ۴-۱: میکروکانال با ریب های طولی ۴۷

شکل ۴-۲: میکروکانال خمیده ۴۹

شکل ۵-۱: میکروکانال با ریب های طولی ۵۴

شکل ۵-۲: مقایسه تغییرات افت فشار به ازای دبی جرمی بین نتایج عددی و نتایج تجربی[۱۳].... ۵۴

شکل ۵-۳: مقایسه عدد ناسلت به ازای عدد رینولدز بین نتایج عددی و نتایج[۱۵] ۵۵

شکل ۵-۴: تغیرات افت فشار بی بعد به ازای ارتفاع بی بعد ریب ۵۵

شکل ۵-۵: تاثیر عدد رینولدز بر روی عدد ناسلت موضعی در طول میکروکانال..... ۵۶
شکل ۵-۶: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر روی عدد ناسلت موضعی در طول میکروکانال ۵۶
شکل ۵-۷: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر بردار سرعت در $Re = 1100$ و $\theta = 135°$ ۵۷
شکل ۵-۸: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر کانتور دما در $Re = 1100$ و $\theta = 135°$..... ۵۸
شکل ۵-۹: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال در عدد رینولدز های مختلف ۵۹
شکل ۵-۱۰: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت در عدد رینولدز های مختلف ۵۹
شکل ۵-۱۱: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر عدد Bejan در عدد رینولدز های مختلف..... ۶۰
شکل ۵-۱۲: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر کانتور عدد Bejan در $Re = 1100$ و $\theta = 135°$..... ۶۰
شکل ۵-۱۳: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی کل در عدد رینولدز های مختلف ۶۱
شکل ۵-۱۴: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال در شار حرارتی دیواره های مختلف ۶۲
شکل ۵-۱۵: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت در شار حرارتی دیواره های مختلف ۶۲
شکل ۵-۱۶: تاثیر ارتفاع بی بعد ریب بر انتروپی تولیدی کل در شار حرارتی دیواره های مختلف... ۶۳
شکل ۵-۱۷: میکروکانال خمیده ۶۴
شکل ۵-۱۸: مقایسه عدد ناسلت به ازای عدد پکلت بین نتایج عددی به دست آمده از معادلات تک‌فاز و دوفازبا نتایج تجربی[۳۳] ۶۵
شکل ۵-۱۹: تغییرات افت فشار به ازای تغییرات عدد رینولدز در درصد حجمی های متفاوت..... ۶۵
شکل ۵-۲۰: تغییرات عدد ناسلت متوسط به ازای تغییرات عدد رینولدز در درصد حجمی های متفاوت ۶۶
شکل ۵-۲۱: تاثیر درصد حجمی نانوذرات بر ضریب انتقال حرارت ۶۷
شکل ۵-۲۲: تغییرات پروفیل سرعت در طول کانال..... ۶۷
شکل ۵-۲۳: تاثیر عدد رینولدز بر پروفیل سرعت، $\theta = 135°$ ۶۸
شکل ۵-۲۴: توسعه پروفیل دما در طول میکروکانال..... ۶۹
شکل ۵-۲۵: تاثیر عدد رینولدز بر پروفیل دما، $\theta = 135°$ ۶۹
شکل ۵-۲۶: تاثیر درصد حجمی ذرات بر پروفیل دما..... ۷۰
شکل ۵-۲۷: تاثیر درصد حجمی نانو ذرات بر انتروپی تولیدی به سبب اصطکاک سیال در رینولدزهای

مختلف ۷۰
شکل ۵-۲۸: تاثیر درصد حجمی نانو ذرات بر انتروپی تولیدی به سبب انتقال حرارت در رینولـدزهای مختلف ۷۱
شکل ۵-۲۹: تاثیر درصد حجمی ذرات بر عدد Bejan در رینولدز های مختلف ۷۱
شکل ۵-۳۰: تاثیر درصد حجمی نانو ذرات بر انتروپی تولیدی کل در رینولدزهای مختلف..... ۷۲

فهرست علایم و نشانه ها:

ρ	fluid density, kg/m^3	S'''_p	volumetric entropy generation rate due to friction W/m^3 K
μ	dynamic viscosity of water, Pa.s	S'''_T	volumetric entropy generation rate due to heat transfer W/m^3 K
u_m	mean flow velocity, m/s	S'''_{gen}	Total volumetric entropy generation rate W/m^3 K
D_h	Hydraulic diameter, $4A_c/p$, m	S^*_p	non-dimensional entropy generation rate due to friction
p	Wetted perimeter, m	S^*_T	non-dimensional entropy generation rate due to heat transfer
W	width of the curved microchannel, m	S^*_{gen}	non-dimensional total entropy generation rate
H	height of the curved microchannel, m	ϕ	irreversibility distribution ratio
h_f	Height of the rib. m	Q	heat transfer rate into the flow field,W
t_f	Thickness of the rib , m	Be	Bejan number
t_w	Thickness of the microchannel wall, m	k	Thermal conductivity, W/(m K)
AR	Aspect Ratio, H/W	c_p	specific capacity, J/(kg K)
Re	Reynolds number, $\rho u_m D_h/m$	H*	Non-dimensional rib height, $h_f/(H-2*t_w)$
θ	angle of the channel	$\bar{h}$	Average heat transfer coefficient, W/m^2 K
R_c	Curvature radius of the curved microchannel, m	Nu	Nusselt number
T	Temperature, K	q*	Non-dimensional wall heat flux
T_0	Temperature at microchannel entrance, K		
P*	Non-dimensional pressure drop, $\Delta P/0.5\ \rho\ V^2_{in}$	Subscripts	
p	Wetted perimeter, m	f	Fluid
A_c	cross-sectional area of curved microchannel, m^2	s	Solid

فصل اول

مقدمه و ساختار پایان نامه

با پیشرفت روز به روز صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک، کوچک شدن ادوات الکترونیکی و افزایش شار حرارتی تولیدی ادوات الکترونیکی، دفع حرارت از چنین ادواتی به عنوان یکی از موضوعات مهم در زمینه‌ی خنک کاری قطعات الکترونیکی مطرح می باشد. به علت ظرفیت دفع حرارت کم جریان های آزاد، نیاز به دفع گرما با استفاده از جریان های اجباری و طراحی مکانیزم هایی با ظرفیت دفع حرارتی بالا و کارا به عنوان یکی از ضروریات پیشرفت صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک شناخته می شود.

میکروفلوئیدیک چیست؟ میکروفلوئیدیک دانش و فناوری سیستم هایی است که مقادیر بسیار کم سیال (10^{-9} تا 10^{-18} لیتر) را با استفاده از کانال هایی با ابعاد ده ها و صدها میکرومتر پردازش کرده و مورد بررسی قرار می‌دهند. اولین کاربرد فناوری های میکروفلوئیدیک در آنالیز بوده است که در آن این سیستم ها توانایی های مفیدی از جمله: توانایی استفاده از مقادیر بسیار کم نمونه ها و مواد واکنشگر، انجام جداسازی ها و آشکارسازی ها با رزولوشن و حساسیت بالا، هزینه کم، زمان کم آنالیز، و اثرات کم بر ابزار های آنالیزی، وجود دارد. میکروفلوئیدیک هر دو مشخصه بارز خود - اندازه بسیار کوچک - و مشخصه دیگر سیال داخل کانال شامل جریان لایه ای را در بر می گیرد. میکروفلوئیدیک پتانسیل تأثیر بر زمینه های مختلف از سنتز شیمیایی و آنالیز های بیولوژیکی و فناوری اطلاعات و اپتیک را دارا می باشد.

از جمله ابزارهای میکروفلوئیدیک می توان به میکروپمپ ها، میکرو میکسر ها و ... اشاره کرد. یکی از ابزار های شناخته شده میکروفلئودیک، میکروکانال‌های خمیده هستند که به عنوان یکی از ابزار های مهم جهت افزایش انتقال حرارت مورد استفاده قرار می گیرند که با تغییر جهت جریان، تشدید اختلاط و افزایش مسیر حرکت سیال در یک سطح کوچک کارایی خوبی در زمینه ی افزایش انتقال حرارت دارند.

نانوسیالات به عنوان مخلوط ذرات اکسید اهنی یا غیرآهنی و سیال پایه یکی دیگر از امید های تامین ظرفیت دفع حرارتی لازم می باشند. سیالات مرسوم به علت ضریب هدایت حرارتی محدود توانایی دفع حرارت لازم برای ادوات با شار حرارتی بالا به میزان لازم را ندارند، بدین دلیل ایده‌ی افزودن ذرات اکسید آهنی یا غیر آهنی با ضریب هدایت حرارتی بالا جهت افزایش ظرفیت دفع حرارت، به عنوان یکی از روش های قابل قبول، مطرح می باشد.

۱-۱ اهداف پایان نامه

در تحقیق حاضر به بررسی جریان سیال و انتقال حرارت در داخل میکروکانال با حضور ذرات نانو پرداخته شده و قابلیت چنین سیستمی در دفع گرما مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین برای مطالعه‌ی نقطه‌ی بهینه چه برای هندسه‌ی میکروکانال و چه برای شرایط جریان، از قانون دوم ترمودینامیک و معیار کمترین میزان انتروپی تولیدی استفاده شده است.

اهداف اصلی این تحقیق

- بررسی تاثیر ریب های طولی بر انتقال حرارت
- بررسی هندسه‌ی بهینه‌ی کانال از دید قانون دوم ترمودینامیک
- بررسی تاثیر افزودن ذرات نانو به سیال پایه بر انتقال حرارت
- مقایسه روش های تک فازی و دو فازی جهت شبیه سازی جریان نانوسیال
- بررسی شرایط بهینه‌ی جریان نانوسیال از دید قانون دوم ترمودینامیک

۱-۲ رئوس مطالب

مطالب ارائه شده در پایان نامه حاضر در شش فصل جمع آوری و تنظیم شده است.

در فصل حاضر به ارائه‌ی مقدمه، اهداف پایان نامه و ترتیب مطالب پرداخته شده است. در فصل دوم به مرور کارهای پیشین انجام گرفته، پرداخته شده و نتایج کارهای پیشین به صورت خلاصه ارائه شده است.

در فصل سوم مفاهیم و کلیات مورد استفاده در پایان نامه آورده شده است. معادلات حاکم، روش های گسسته سازی و شبکه بندی از جمله سر فصل های فصل سوم می باشند. در فصل چهارم به تعریف مساله مورد مطالعه و شرایط مرزی تعریف شده برای مساله پرداخته شده است. با توجه به این که در پایان نامه حاضر دو روش جهت بررسی افزایش ظرفیت انتقال حرارت مورد مطالعه قرار گرفته است، دو روش به صورت جداگانه در فصل چهارم تعریف گشته اند.

در فصل پنجم با ارائه‌ی نتایج بررسی استقلال شبکه و ارائه‌ی معیار همگرایی، نتایج حاصل از حل عددی مساله آورده شده است. بررسی تاثیر قرارگیری ریب ها و افزایش ارتفاع آنها و تاثیر آنها بر ساختار جریان و انتقال حرارت مورد مطالعه قرار گرفته و ارتفاع ریب بهینه از دید قانون دوم ترمودینامیک و معیار کمترن میزان انتروپی تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین اثر افزودن ذرات نانو به سیال پایه با استفاده از روش های تک فازی و دوفازی مورد مطالعه قرار گرفته و مقایسه‌ی بین این دو روش بر طبق نتایج حاصله انجام شده است. همچنین شرایط بهینه‌ی جریان برای درصد حجمی های متفاوت با توجه به قانون دوم ترمودینامیک و معیار کمترین میزان انتروپی تولیدی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در فصل ششم به صورت خلاصه نتیجه گیری به دست آمده از پایان نامه اشاره شده و خلاصه ای از نتایج گزارش شده است؛ همچنین پیشنهاداتی جهت کارهای آتی آورده شده است.

فصل دوم

مرور کارهای پیشین

مطالعه و مرور کارهای انجام شده‌ی قبلی از جمله ضروریات یک کار پژوهشی می باشد، بدین منظور در این فصل به مرورکارهای انجام گرفته در زمینه ی میکروکانال ها، نانوسیال و بررسی کاربرد همزمان این دو عامل جهت افزایش ضریب انتقال حرارت و بهبود شرایط عملکردی پرداخته شده است.

۲-۱ میکروکانال

مطالعه جدی بر روی میکروکانال‌ها از سال ۱۹۸۱ توسط تاکرمن و پیزه[1] [۱،۲] با انتشار مقاله‌ای در مورد استفاده از کانال‌هایی با قطر هیدرولیک کوچک برای خنک کاری مدار مجتمع‌های الکترونیکی در ابعاد معمول، شروع شد.طبق نتایج بدست آمده از آزمایشات این دو، کاهش قطر هیدرولیک باعث افزایش ضریب انتقال حرارت می شود. تاکرمن و پیزه[۱،۲] موفق به افزایش ۴۰ برابری انتقال حرارت نسبت به مبدل گرمایی‌های معمول شدند، از آن زمان تاکنون تحقیقات خوبی هم در زمینه‌ی تکنولوژی ساخت میکرو مبدل های حرارتی و هم افزایش هر چه بیشتر ضریب انتقال حرارت انجام شده است. جنس مبدل های حرارتی ساخته شده در اوایل این تحقیقات از جنس سیلیکون بود اما هم اکنون از میکرو مبدل هایی که جنس آن‌ها از فلز می‌باشد برای دست‌یابی به کارایی بالاتر استفاده می شود. ضریب هدایت حرارتی و مقاومت بالای میکرو مبدل های حرارتی، بازده و کارایی بالایی را برای تجهیزات خنک کننده نوید می‌دهد. ونگ و پنگ[2] [۳] به مطالعه‌ی تجربی جابجایی اجباری آب در داخل میکروکانال ها پرداخته و نقطه‌ی گذار از رژیم جریان آرام به رژیم جریان آشفته را مورد مطالعه قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده شروع گذار جریان ار رژیم آرام به رژیم آشفته در محدوده‌ی عدد رینولدز ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ گزارش شده و همچنین انتقال حرارت را می توان با استفاده از رابطه‌ی Dittus-Boelter با تغییر ضریب از ۰،۰۲۳ به ۰،۰۰۸۰۵ محاسبه کرد. طبق گزارشات ارائه شده انتقال حرارت در رژیم جریان آرام و همچنین پدیده‌ی گذار بسیار وابسته به دمای سیال، سرعت و همچنین ابعاد میکروکانال می‌باشد. چن و همکاران[3] [۴] به بررسی تجربی جریان سیال و انتقال حرارت در داخل میکروکانال ها پرداخته و میکروکانال ها را گزینه‌ی بسیار خوبی برای دفع حرارت مخصوصا برای قطعات الکترونی با تولید شار حرارتی بالا دانسته‌اند. استینکه و کاندلیکار[4] [۵] کاربرد روش های مرسوم افزایش انتقال حرارت بر روی کانال ها با ابعاد مرسوم؛ از جمله گذار جریان، ایجاد ارتعاش، میدان الکتریکی، جریان چرخشی، جریان ثانویه و میکسرها، را بر روی میکروکانال‌ها مورد مطالعه قرار داده و میکروکانال‌ها را در کنار استفاده از چنین روش‌هایی برای خنک کاری در شرایط بسیار حساس مناسب دانسته و همچنین میکروکانال ها با این شرایط را ارجح بر خنک کاری با استفاده از جوشش دانسته اند. لی و همکاران[5] [۶] به مطالعه‌ی عددی جریان آرام در داخل میکروکانال‌ها برای جریان در حال توسعه با نسبت ظرافت های مختلف پرداخته و روابطی را برای پیش بینی انتقال حرارت در این شرایط پیشنهاد

[1] Tuckermann and Pease
[2] WANG and PENG
[3] Chen
[4] Steinke and Kandlikar
[5] Lee