بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی شیمی

آنالیز عددی انتقال حرارت در پدیده جوشش استخری نانو سیالات

پایان نامه مهندسی شیمی_ پدیده های انتقال

حسین صادق آرانی

اساتید راهنما

دکتر مسعود حق شناس فرد

دکتر سید غلامرضا اعتماد

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی آقای حسین صادق آرانی

تحت عنوان

آنالیز عددی انتقال حرارت در پدیده جوشش استخری نانو سیالات

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفته است.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر مسعود حق شناس فرد
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید غلامرضا اعتماد
۳- استاد داور	دکتر ارجمند مهربانی
٤- استاد داور	دکتر محسن نصر اصفهانی
٥- سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر مرتضی صادقی

تشکر

اکنون که به لطف و یاری پروردگار این پژوهش به پایان رسیده است، بر خود لازم می دانم که از اساتید راهنمای بزرگوارم آقای دکتر مسعود حق شناس فرد و آقای دکتر سید غلامرضا اعتماد برای تمام راهنمایی ها، زحمت ها و سعه ی صدرشان در طول انجام این پژوهش، از صمیم قلب سپاسگزاری کنم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادر و خانواده عزیز و مهربانم که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند، محبت همسرم که همواره مشوق و راهنمای من در کلیه امور زندگیم به ویژه تحصیل هستند و به یاد و خاطره همیشه جاودان برادر عزیزم که همچون گلی در راه پاسداری از میهن اسلامیمان پرپر شدند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست اشکال ..... دوازده

فهرست جداول ۱٤

چکیده ۱

فصل اول: پیشگفتار

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهداف اصلی پایان نامه ۳

۱-۳ محتوای ساختاری پایان نامه ۳

فصل دوم: مقدمه

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۲ اهمیت و کاربرد جوشش ٦

۲-۳ اساس جوشش ۷

۲-٤ جوشش استخری ۸

۲-۵ جوشش جریانی ۸

۲-٦ منحنی جوشش ۸

۲-۷ پارامترهای موثر بر پدیده جوشش ۱۰

۲-۸ جوشش هسته ای ۱۰

۲-۹ مکانیزم تشکیل حباب ۱۱

۲-۱۰ رشد حباب ۱۲

۲-۱۱ جداشدن حباب ۱۲

۲-۱۲ بالا رفتن حباب ۱۳

۲-۱۳ روش انتقال حرارت در جوشش هسته ای ۱۳

۲-۱٤ شار حرارتی بحرانی ۱۵

۲-۱۵ روش های افزایش انتقال حرارت جوشش ۱٦

فصل سوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۳-۱ مقدمه ۱۷

۳-۲ مطالعات انجام شده در مورد پدیده جوشش نانوسیال ها ۱۸

۳-۳ تاثیر جهت گیری گرمکن روی پدیده جوشش ۲۳

۳-٤ رسوب نانو ذرات روی سطح گرمکن ۲٤

۳-٥ تاثیر فشار بر روی جوشش ۲٥

۳-٦ مطالعات انجام شده در مورد شار حرارتی بحرانی در جوشش نانو سیالات ۲٥

۳-٦-۱ تاثیر غلظت نانو ذرات ۲۷

۳-٦-۲ تاثیر جنس و اندازه نانو ذرات ۲۸

۳-٦-۳ تاثیر اندازه گرمکن ۳۰

۳-٦-٤ تاثیر فشار سیستم ۳۱

۳-٦-٥ تاثیر حضور افزودنی ها ۳۲

۳-۷ مطالعات عددی انجام شده در زمینه جوشش ۳۳

۳-۸ تخمین خواص ترموفیزیکی نانو سیالات ۳۳

۳-۸-۱ دانسیته ۳۳

۳-۸-۲ ظرفیت گرمایی ویژه ۳٤

۳-۸-۳ ضریب هدایت حرارتی ۳٤

۳-۸-٤ ویسکوزیته ۳٥

فصل چهارم: دینامیک سیالات محاسباتی

٤-۱ مقدمه ٤۰

٤-۲ اجزای اصلی کد دینامیک سیال محاسباتی ٤۱

٤-۳ معادلات حاکم ٤۲

٤-٤ حل دستگاه معادلات ٤۳

٤-٤-۱ روش حل پیاپی ٤۳

٤-٤-۲ روش حل همزمان ٤٤

٤-٥ مدل های مورد استفاده برای سیستم های چند فازی در دینامیک سیال محاسباتی ٤٥
٤-٦ مدل اویلر ٤٦
٤-٧ کسر حجمی ٤٦
٤-٨ معادله پیوستگی ٤٦
٤- ٩معادله مومنتوم ٤٦
٤-١٠ معادله انرژی ٤٧
٤-١١مدلسازی جریان آشفته ٤٧
٤-١٢-١مدل جوشش RPI ٤٨
٤-١٢-١-١ ناحیه نفوذ : ٤٩
٤-١٢-١-٢ فرکانس حباب های خارج شده: ٤٩
٤-١٢-١-٣ تراکم مکان هسته زایی: ٥٠
٤-١٢-١-٤ قطر حباب های خروجی: ٥٠
٤-١٢-٢ جوشش غیر تعادلی فروسرد ٥٠
٤-١٢-٣ شار حرارت بحرانی ٥١

فصل پنجم :تجزیه و تحلیل نتایج

٥-١ پیشینه آزمایشگاهی ٥٢
٥-٢ توصیف هندسه ٥٣
٥-٣استقلال از مش ٥٣
٥-٤ مدل های مورد استفاده ٥٥
٥-٥ فرضیات مورد استفاده ٥٥
٥-٦ شرایط مرزی ٥٥
٥-٧ تعیین خواص ترموفیزیکی نانو سیال ٥٦
٥-٨ارائه نتایج ٥٧
٥-٨-١ نتایج شبیه سازی مربوط به آب خالص ٥٨
٥-٨-٢ نتایج شبیه سازی مربوط به نانو سیال آلومینیوم اکسید ٥٩

۵-۸-۳ مقایسه منحنی جوشش و ضریب انتقال حرارت آب و نانو سیال آلومینیوم اکسید ۶۱
۵-۸-٤ نتایج شبیه سازی مربوط به نانو سیال تیتانیوم اکسید ۶۲
۵-۸-۵ مقایسه منحنی جوشش و ضریب انتقال حرارت آب و نانو سیال آلومینیوم اکسید و تیتانیوم اکسید ۶۳
۵-۹ تاثیر فشار بر منحنی جوشش نانو سیال ۶۵
۵-۱۰ نتایج مربوط به اندازه گیری شار حرارت بحرانی نانوسیال ۶۶
فصل ششم: خلاصه نتایج وپیشنهادات
۶-۱ نتیجه گیری کلی ۷۱
۶-۲ پشنهادات ۷۲
مراجع ۷۳

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱ نمودار شار حرارت انتقالی دیواره بر حسب دمای مازاد[۲]..... ۱۰

شکل۲-۲ نمودار جوشش هسته ای[۲] ۱۱

شکل۲-۳ نیروهای موثر بر یک حباب در حال رشد[۳] ۱۳

شکل ۳-۱ جوشش استخری نانو سیال آب و آلومینیوم اکسید روی گرمکن زبر وصاف [۱۰] ۱۹

شکل ۳-۲ منحنی های جوشش سیم نیکل- کرم (میلی متر۰/٤=D) در محلول آب - سلیکا [۱۲]..... ۲۰

شکل۳-۳ تاثیر غلظت نانوذرات روی افزایش شار حرارت بحرانی نانوسیال آلومینیوم اکسید و آب بر روی گرمکن مسطح مسی [۲۷] ۲۸

شکل۳-٤ تاثیر غلظت نانوذرات روی افزایش شار حرارت بحرانی نانوسیالات مختلف روی سیم نیکل - کرم[٤۲]..... ۲۸

شکل۳-۵ تاثیراندازه ذرات روی افزایش شار حرارت بحرانی نانوسیالات[۳۷] ۲۹

شکل۳-٦ تاثیراندازه ذرات روی افزایش شار حرارت بحرانی نانوسیالات[۵۱] ۲۹

شکل۳-۷ افزایش شار حرارات بحرانی با نانوذرات مختلف روی گرمکن مسطح[۳۳] ۳۰

شکل۳-۸ نتایج آزمایشگاهی اندازه گیری شار حرارت بحرانی برای هر دو نوع گرمگن مسطح و سیم نازک[۳۳] ۳۰

شکل۳-۹ ارتباط بین خصوصیات اندازه گرمکن مسطح و شار حرارت بحرانی در نانوسیال آب و اکسیدآلومینیوم[۳۳] ۳۱

شکل۳-۱۰ تاثیرفشار روی شار حرارت بحرانی نانوسیالات[۳۳] ۳۲

شکل ٤-۱ سلول ها ی متداول در شبکه دو بعدی[۷۳] ٤۱

شکل ٤-۲ انواع سلول ها در شبکه های سه بعدی[۷۳] ٤۱

شکل ٤-۳ الگوریتم حل در روش قدم به قدم[۲] ٤٤

شکل ٤-٤ الگوریتم حل در روش همزمان.[۷۲]..... ٤۵

شکل ۵-۱ نمای شماتیکی ازدستگاه آزمایشگاهی[۷۰]..... ۵۳

شکل ۵-۲ مدل هندسی شبکه بندی ۵٤

شکل ۵-۳ استقلال شبکه از مش ۵٤

شکل ۵-٤ شرایط مرزی و مشخصات هندسه استفاده شده ۵٦

شکل۵-۵ کانتور های دمای سیال وکانتور درصد حجمی فاز بخار پس از گذشت ۰/٦ ثانیه ۵۸

شکل ۵-٦ نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد و مقایسه داده های شبیه سازی با داده های آزمایشگاهی[۷۰] و رابطه رزنو برای آب خالص ۵۹

شکل ۵-۷ نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای آلومینیوم اکسید با غلظت ۲ درصد وزنی ۶۰
شکل ۵-۸ ضریب جابجایی انتقال حرارت بر حسب شار حرارتی برای آلومینیوم اکسید با غلظت ۲ درصد وزنی ۶۰
شکل ۵-۹ نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای آلومینیوم اکسید با غلظت ۰/۸ درصد وزنی ۶۱
شکل ۵-۱۰ نمودار ضریب جابجایی انتقال حرارت بر حسب شار حرارتی برای آلومینیوم اکسید با غلظت ۰/۸ درصد وزنی ۶۱
شکل ۵-۱۱ مقایسه شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای نانو سیال آلومینیوم اکسید نسبت به سیال پایه ۶۲
شکل ۵-۱۲ نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای تیتانیوم اکسید با غلظت۲ و ۰/۸ درصد وزنی ۶۲
شکل۵-۱۳ نمودار ضریب جابجایی انتقال حرارت بر حسب شار حرارتی برای تیتانیوم اکسید با غلظت۲ و ۰/۸ درصد وزنی ۶۳
شکل ۵-۱٤ مقایسه نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای نانوسیالات آلومینیوم اکسید و تیتانیوم اکسید با غلظت۲ درصد وزنی ۶٤
شکل ۵-۱۵ مقایسه ضریب جابجایی انتقال حرارت بر حسب شار حرارتی برای نانوسیالات آلومینیوم اکسید و تیتانیوم اکسید با غلظت۲ درصد وزنی ۶٤
شکل ۵-۱٦ مقایسه نمودار شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای نانوسیالات آلومینیوم اکسید و تیتانیوم اکسید با غلظت ۰/۸ درصد وزنی ۶۵
شکل ۵-۱۷ مقایسه ضریب جابجایی انتقال حرارت بر حسب شار حرارتی برای نانوسیالات آلومینیوم اکسید و تیتانیوم اکسید با غلظت ۰/۸ درصد وزنی ۶۵
شکل ۵-۱۸ شار حرارتی بر حسب دمای مازاد برای نانوسیال آلومینیوم اکسید با غلظت ۲ درصد وزنی در فشار های مختلف ۶٦
شکل۵-۱۹ نمودار دمای سطح گرمکن بر حسب زمان در نرم افزار فلوئنت ۶۷
شکل ۵-۲۰ نمودار شار حرارت بحرانی بر حسب غلظت برای نانوسیال آلومینیوم اکسید.....۶۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱ روش های سردسازی و ضریب انتقال حرارت موضعی آن[] ٦

جدول ۳-۱ خلاصه آزمایشات انجام شده روی شار حرارت بحرانی در جوشش استخری نانوسیالات[۳۳] ۲٦

جدول ۵-۱ مدل ها و روش های مورد استفاده ۵۵

جدول ۵-۲ خصوصیات ترموفیزیکی سیال پایه و نانو ذرات..... ۵۷

فهرست نمادها

A	[m^2]	سطح
C_p	[J/kgK]	ظرفیت حرارتی
C	[-]	ثابت
C_μ	[-]	ضریب مدلk-ε
P	[Pa]	فشار
g	[m/s^2]	شتاب گرانش
h	[W/m^2K]	ضریب انتقال حرارت جابجایی
k	[W/mK]	هدایت حرارتی
q	[W]	توان
T	[K]	دما
$\dot{m}$	[kg/s]	دبی جرمی
F	[N/ m^2]	نیرو
R	[m]	شعاع حباب
H_{fg}	[kj/kg]	گرمای نهان تبخیر فاز
f	[۱/s]	فرکانس تولید حباب
V_b	[m^3]	حجم متوسط حباب در لحظه جدایی از گرمکن
Q	[j/s]	نرخ انتقال حرارت

نمادهای یونانی

μ	[Pa.s]	ویسکوزیته
α	[-]	کسر حجمی
σ	[N/m]	کشش سطحی
ρ	[kg/m^3]	دانسیته
δ	[m]	ضخامت لایه
θ	[degree]	زاویه گرمکن- زاویه تماس

پایین نویس ها

b	توده
l	مایع
v	بخار
s	سطح
p	فاز مایع
q	فازبخار
$pq^{'}$	بر همکنش بین فاز p و q
bf	سیال پایه
Sat	شرایط اشباع
Lat	مربوط به تغییر فاز

چکیده

جوشش استخری یکی از رایج ترین روش هایی است که با توجه به نرخ بالای انتقال حرارت در اکثر صنایع کاربرد دارد. از این رو پیش بینی نرخ انتقال حرارت جوشش استخری ضروری است. در سال های اخیر پژوهش های زیادی در زمینه شبیه سازی و بررسی پدیده جوشش در حال انجام می باشد. در این پروژه جوشش استخری نانوسیال به صورت عددی مورد بررسی قرار گرفته و متغییرهای مهمی چون نرخ انتقال حرارت، شار حرارتی بحرانی، ضریب انتقال حرارت جوشش، منحنی جوشش نانوسیال و فشار عملیاتی بر رو ی جوشش استخری بررسی شده است. شبیه سازی با نرم افزار فلوئنت (Fluent) ۱۴ صورت گرفته و هندسه مورد نظر با نرم افزار انسیس دیزاین مدلر (Ansys Design Modeler) ترسیم شد. در ابتدا شبیه سازی با آب و نانوسیال آلومینیوم اکسید در غلظت های ۲ و۰/۸ درصد وزنی انجام شده و نتایج شبیه سازی با داده های آزمایشگاهی موجود، مقایسه شده است. سپس برای نانوسیال تیتانیوم اکسید در غلظت های ۲ و ۰/۸ درصد وزنی شبیه سازی با هندسه قبلی تکرار شد تا اثر نوع نانوذرات بر منحنی جوشش و ضریب انتقال حرارت جوشش بررسی شود. نتایج این شبیه سازی نشان داد که افزودن نانوذرات آلومینیوم اکسید سبب افزایش شار حرارتی و ضریب انتقال حرارت می گردد. با افزایش غلظت نانو سیال آلومینیوم اکسید از ۰/۸ درصد وزنی به ۲ درصد وزنی، میزان ضریب جابجایی انتقال حرارت به طور متوسط ۱۰ درصد افزایش می یابد. شبیه سازی در فشار های ۸۴/۵۵، ۱۰۱/۳ و ۱۲۰/۸کیلو پاسکال برای نانوسیال آلومینیوم اکسید ۲ درصد وزنی انجام شد و نتایج شبیه سازی نشان داد که افزایش فشار باعث کاهش دمای مازاد در یک شار حرارتی ثابت می شود و به ازای دمای سطح پایین تر مقدار گرمای بیشتری منتقل می شود. به منظور بررسی شار حرارتی بحرانی، شبیه سازی با نانوسیال آلومینیوم اکسید انجام شد و مشاهده گردید که با افزایش غلظت نانو ذرات مقدار شار حرارت بحرانی افزایش می یابد. در صورتی که از نانوسیال آلومینا با غظت ۲ درصد وزنی استفاده شود، شار حرارت بحرانی ۱۱/۳ درصد نسبت به آب خالص افزایش می یابد.

کلمات کلیدی:جوشش، نانوسیال، منحنی جوشش، دینامیک سیالات محاسباتی

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱ مقدمه

یکی از مهمترین اهداف پژوهشگران و مهندسین در صنعت، افزایش بازدهی و کوچک کردن سیستم های مورد استفاده در آن صنعت می باشد. بهینه کردن سیستم های حرارتی به عنوان یکی از متداولترین روش های مورد استفاده ی پژوهشگران بوده است. با افزایش بازدهی سیستم های حرارتی می توان شار حرارتی بیشتری را در یک ابعاد خاص منتقل کرد و دمای کاری را پایین آورد. راه های متفاوتی برای افزایش بازدهی یک سیستم حرارتی وجود دارد. به عنوان مثال می توان به افزایش سطح، استفاده از هندسه های پیچیده تر، تولید اغتشاش در جریان سیال و استفاده از سیال عامل مناسب اشاره کرد.

از سال ها پیش برای بهبود خواص سیال عامل درون سیستم های حرارتی راه های متفاوتی پیشنهاد شده بود. یکی از این راه ها افزودن ذرات فلزی به سیال عامل می باشد. ضریب هدایت حرارتی فلزات و اکسید فلزات بسیار بیشتر از ضریب هدایت حرارتی سیالاتی مانند آب و روغن است. در سال های اخیر فعالیت های آزمایشگاهی وسیعی در مورد نانوسیال و بهبود خواص حرارتی آنها انجام شده است. و این ایده به ذهن دانشمندان رسیده است که وجود نانو ذرات در داخل سیال در کاربردهای دوفازی و یا به نوعی فرایندهایی که با تغییر فاز همراه هستند چه تاثیری دارد و

ضریب انتقال حرارت را چگونه تغییر می دهد. جوشش به عنوان فرایندی که با تغییر فاز همراه است از جمله مسائل بسیار مهمی در انتقال حرارت وسیالات می باشد و کاربرد وسیعی در صنایع شیمیایی و نیروگاه ها دارد. اکثر پژوهش هایی که در زمینه جوشش انجام شده است جنبه تجربی داشته است و تعداد اندکی از مطالعات انجام شده، در زمینه حل عددی انتقال حرارت جوشش نانوسیال تمرکز داشته اند. از این رو ، در این پایان نامه، مدلسازی انتقال حرارت جوشش نانوسیال به وسیله دینامیک سیالات محاسباتی مدنظر قرار گرفته است.

۱-۲ اهداف اصلی پایان نامه

هدف اصلی این پایان نامه، بررسی انتقال حرارت جوشش نانوسیال می باشد. این بررسی در اولین مرحله با سیال آب و نانوسیال صورت گرفت و نتایج آن با داده های آزمایشگاهی مقایسه گردید. سپس در مرحله بعد تاثیر غلظت نانوذرات، نوع نانوذرات و تاثیر فشار عملیاتی مورد بررسی قرار گرفت.

اهداف مورد نظر در این پایان نامه به طور کلی عبارتند از:

به دست آوردن منحنی جوشش نانو سیال آب/ آلومینیوم اکسید و آب/ تیتانیوم اکسید

تعیین ضریب انتقال حرارت جوشش و مقایسه با داده های آزمایشگاهی

تعیین شار حرارت بحرانی نانوسیال و آب

بررسی اثر غلظت و نوع نانو ذرات بر منحنی جوشش و ضریب انتقال حرارت جوشش

بررسی اثر فشار عملیاتی بر منحنی جوشش و ضریب انتقال حرارت جوشش

۱-۳ محتوای ساختاری پایان نامه

محتوای ساختاری این پایان نامه به صورت زیر می باشد:

این پایان نامه شامل شش فصل است که پس از چکیده، فصل اول با ارائه توضیحاتی در خصوص اهمیت نانوسیال ، پدیده جوشش و اهداف پروژه آغاز می گردد.

فصل دوم به معرفی پدیده جوشش، کاربردها، منحنی جوشش و جوشش هسته ای می پردازد.

در فصل سوم مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه جوشش نانوسیال و شارحرارت بحرانی صورت گرفته است.

در فصل چهارم به معرفی دینامیک سیالات محاسباتی و معادلات حاکم پرداخته شده است.

فصل پنجم، شامل توصیف هندسه، فرضیات و مدل های به کار رفته، نتایج حاصل از شبیه سازی است وتاثیر پارامتر های مختلف بر پدیده جوشش مورد بررسی قرار گرفته اند.

در فصل ششم، خلاصه ای از نتایج و پیشنهادات برای انجام مطالعات بعدی ارائه شده است.

فصل دوم

مقدمه

۲-۱ مقدمه

نانو سیال به عنوان ذرات معلق در ابعاد نانو(۱۰۰-۱ نانومتر) در سیال پایه معرفی می شود که معمولا این ذرات یک فلز یا اکسید فلزی می باشند. نانوسیالات به وسیله پخش و منتشر کردن ذرات در اندازه‌های نانومتری در سیالات متداول منتقل کننده گرما، به منظور افزایش هدایت گرمایی و بهبود عملکرد انتقال حرارت، ساخته می‌شوند. نتایج آزمایش‌هایی که در رابطه با نحوه انتقال حرارت بر روی چندین نمونه نانوسیال انجام شده است، نشان می‌دهد که عملکرد نانوسیالات در انتقال حرارت عموماً بیشتر از آن چیزی است که به صورت نظری پیش‌بینی شده است. این واقعیت یک کشف اساسی در مسئله انتقال حرارت می‌باشد. بسیاری از فرایندها شامل پدیده جوشش می باشند. به عنوان مثال جوشش در چرخه های بسته نیروگاه ها، تبخیرکننده های صنعتی و جوش آورهای برج تقطیر نقش اساسی ایفا می نماید. طراحی صحیح و مناسب این سیستم ها ایجاب می نماید که فرایند جوشش به خوبی شناخته شود. در این فصل به معرفی پدیده جوشش پرداخته می شود.

۲-۲ اهمیت و کاربرد جوشش

سیستم‌های خنک کننده، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارخانه‌ها ،صنایع و هر جایی است که به نوعی با انتقال گرما روبه‌رو می‌باشد. در این شرایط استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده ی پیشرفته و بهینه، کاری اجتناب‌ناپذیر است. بهینه‌سازی سیستم‌های انتقال گرمای موجود، در اکثر مواقع به وسیله افزایش سطح آنها صورت می‌گیرد که همواره باعث افزایش حجم و اندازه این دستگاه‌ها می‌شود؛ لذا برای غلبه بر این مشکل، به خنک کننده‌های جدید و مؤثر نیاز است و نانو سیالات به عنوان راهکاری جدید در این زمینه مطرح شده‌اند. نانوسیالات به علت افزایش قابل توجه خواص گرمایی، توجه بسیاری از دانشمندان را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است، به عنوان مثال مقدار کمی (حدود یک درصد حجمی) از نانوذرات مس یا نانولوله‌های کربنی در اتیلن گلیکول یا روغن به ترتیب افزایش ۴۰ و ۱۵۰ درصدی در هدایت گرمایی این سیالات ایجاد می‌کند[۱]. در حالی که برای رسیدن به چنین افزایشی در سوسپانسیون‌های معمولی، به غلظت‌های بالاتر از ده درصد از ذرات احتیاج است. خواص استثنایی نانوسیالات شامل هدایت حرارتی بیشتر نسبت به سوسپانسیون‌های معمولی، رابطه غیرخطی بین هدایت حرارتی و غلظت مواد جامد و بستگی شدید هدایت حرارتی به دما است. که این خواص استثنایی، به همراه پایداری، روش تهیه نسبتاً آسان و ویسکوزیته قابل قبول باعث شده تا نانوسیالات به عنوان یکی از مناسب‌ترین و قوی‌ترین انتخاب‌ها در زمینه سیالات خنک کننده مطرح شوند.

انتقال گرما به ویژه در زمینه های خنک کردن دستگاه ها برای مهندسان اهمیت زیادی دارد. سرد شدن دستگاه ها به طور نامناسب می تواند موجب کارایی نادرست ، تخریب و از بین رفتن دستگاه ها شود. ساده ترین شیوه های خنک کردن دستگاه ها، خنک کردن با هوا و خنک کردن با مایع است. هر یک از این روش های خنک کننده (گاز یا مایع) می تواند به صورت جابجایی طبیعی یا اجباری باشد. جدول زیر روش های مختلف خنک کردن همراه با مقادیر ضرایب انتقال حرارت را نشان می دهد. همانطور که این جدول نشان می دهد پدیده جوشش دارای بالاترین ضریب انتقال حرارت جابجایی است و از کارامدترین روش های انتقال حرارت می باشد [۱].

جدول۱-۱ روش های سردسازی و ضریب انتقال حرارت موضعی آن [۱]

روش های سرد کردن	h (W/m^2K)
جابجایی طبیعی- هوا	۲-۲۵
جابجایی اجباری- هوا	۲۵-۲۵۰
جابجایی طبیعی - آب	۵۰-۱۰۰۰
جابجایی اجباری- آب	۱۰۰-۲۰۰۰۰
جوشش	۲۵۰۰-۱۰۰۰۰۰