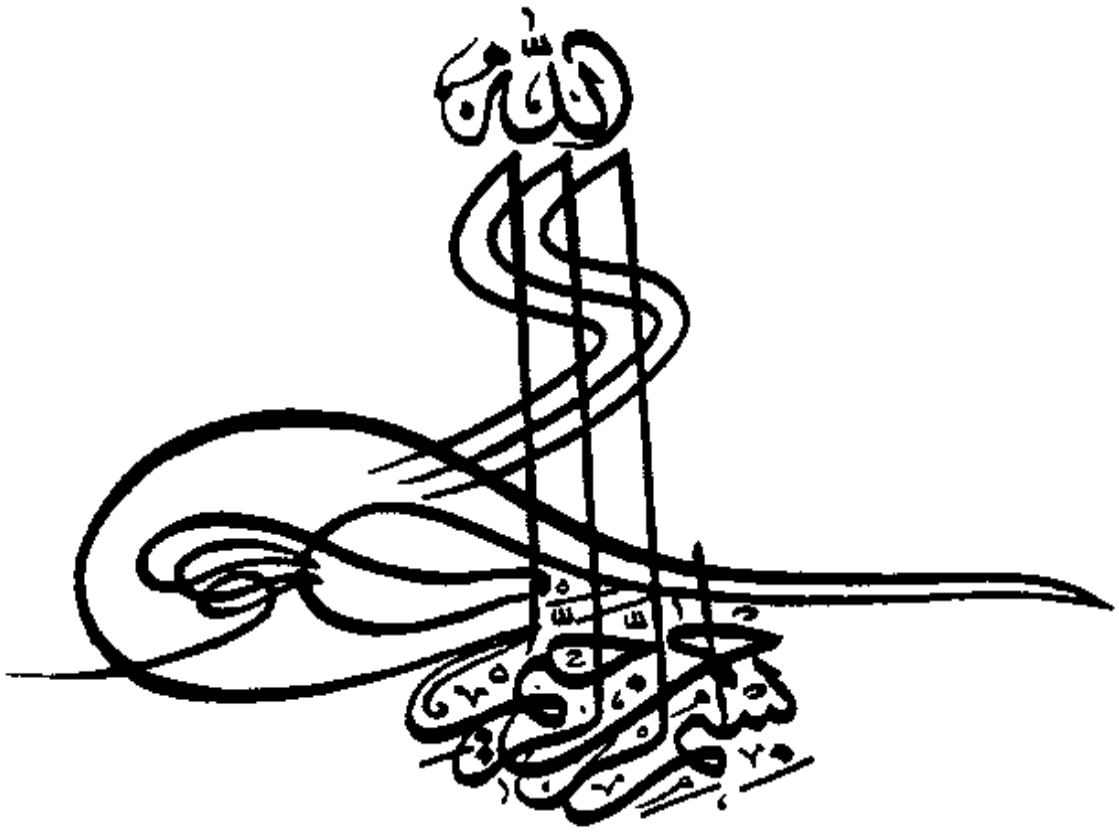

دانشکده مهندسی مکانیک

بررسی سه‌بعدی عددی انتقال حرارت جریان دوفازی نانوسیال در مبدل حرارتی دولوله‌ای جریان مخالف در رژیم جریان درهم

نگارش

محمد نصیری لوحه‌سرا

استاد راهنما: **دکتر مفید گرجی**

استاد مشاور: **دکتر داوود دومیری گنجی**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

مرداد ۹۳

صورت‌جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

تقدیم به:

پدر و مادر فداکارم

سپاسگزاری

بر خود لازم میدانم از زحمات بی‌شائبه اساتید ارجمندم آقای دکتر مفید گرجی و آقای دکتر داوود دومیری گنجی که مرا در انجام این پایان‌نامه کمک نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

در این پایان‌نامه جریان جابه‌جایی آشفته نانوسیالات گاما اکسید الومینیوم-آب و اکسید مس-آب به عنوان خنک‌کننده در یک مبدل‌حرارتی دو لوله‌ای با استفاده از مدل‌های مختلف حجم‌سیال و مخلوط به صورت عددی مورد بررسی قرار گرفته است. برای گسسته‌سازی معادلات حاکم بر جریان و انتقال حرارت در محدوده محاسباتی، روش حجم‌محدود مورد استفاده قرار گرفته شده و از الگوریتم سیمپل برای ارتباط معادلات سرعت و فشار استفاده شده است. برای بررسی صحت نتایج، نتایج پژوهش حاضر با داده‌های تجربی مقایسه گردیده و همگرایی خوبی مشاهده شد. شبیه‌سازی در محدوده اعداد رینولدز بین ۲۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ و کسرهای حجمی ۲، ۳، ۴ و ۶ درصد انجام گرفته است. تاثیر پارامترهای مختلفی همچون کسرحجمی و عدد رینولدز بر مشخصه‌های حرارتی و هیدرودینامیکی جریان بررسی شده و پیش‌بینی نتایج مدل‌های مختلف (حجم‌سیال و مخلوط) با یکدیگر و با مقادیر تجربی مقایسه شده‌اند. نتایج نشان داد که وجود نانوذرات بر طول توسعه‌یافتگی جریان تاثیر ندارد. اگرچه وجود نانوذرات باعث افزایش پروفیل سرعت و انرژی جنبشی آشفته بابعد به واسطه افزایش سرعت برای ثابت بودن عدد رینولدز می‌شود ولی در حالت بی‌بعد با افزایش کسر حجمی نانوذرات، فقط کاهش اندکی در انرژی جنبشی آشفته به واسطه جذب نوسانات سرعت توسط نانوذرات صورت می‌گیرد. ضریب انتقال حرارت کلی و تنش برشی دیواره با افزایش کسرحجمی نانوذرات برای هردو نانوسیال افزایش می‌یابد. با وجود بالاتر بودن اندک ضریب هدایت حرارتی نانوذره گاما اکسید الومینیوم در مقایسه با اکسید مس، نانوسیال اکسید مس-آب انتقال حرارت بیشتری را پیش‌بینی می‌کند که نشان می‌دهد ضریب هدایت حرارتی تنها عامل غالب بر افزایش ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی نمی‌باشد. مقایسه بین مدل‌های حجم‌سیال و مخلوط نشان داد که این دو مدل مقادیر یکسانی را پیش‌بینی می‌کنند. همچنین تاثیر افزایش عدد رینولدز بر بهبود انتقال حرارت برای نانوسیالات مختلف یکسان می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانوسیال (Nanofluid)، مدل حجم‌سیال (VOF model)، مدل مخلوط (Mixture model)، ضریب انتقال حرارت کلی (Overall heat transfer coefficient)، آشفته (Turbulence).

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... س

فهرست شکل‌ها ..... ش

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ط

فصل ۱- معرفی ۱

۱-۱- نانوسیال ۲

۱-۲- جریان دوفازی ۳

۱-۳- مبدل‌های حرارتی ۶

۱-۳-۱- طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی ۶

۱- ۳-۲-کاربردهای مبدل‌های حرارتی ۷

۱-۳-۳-مبدل حرارتی دولوله ای ۷

۱-۳-۴ ضریب انتقال حرارت کلی ۸

۱-۳-۵- تحلیل مبدل‌های حرارتی(استفاده از اختلاف دمای میانگین لگاریتمی) ۹

۱-۴- تعریف مسئله ۱۳

۱-۴-۱- جریان آشفته دوفازی نانوسیال در مبدل حرارتی دولوله‌ای جریان مخالف ۱۳

فصل ۲- نانوسیال ۱۷

۲-۱- نوع ذره و سیال پایه ۱۸

۲-۲- روش‌های تولید ۱۸

۲-۲-۱- تولید نانوذرات ۱۸

۲-۲-۲- تولید نانوسیال ۱۹

۲-۳- هدایت حرارتی نانوسیال ۱۹

۲-۴- متدهای اندازه‌گیری هدایت حرارتی ۲۰

۲-۵- تاثیر تعدادی از پارامترها بر روی هدایت حرارتی نانوسیال ۲۰

۲-۵-۱- کسر حجمی نانوسیال ۲۰

۲-۵-۲- اندازه نانو ذرات ۲۱

۲-۵-۳- شکل نانوذرات ۲۱

۲-۵-۴- دما ۲۱

۲-۵-۵- انباشتگی ذرات ۲۲
۲-۵-۶- ضخامت لایه سیال اطراف ذرات نانو ۲۲
۲-۵-۷-حرکت بروانی ۲۳
۲-۶- روشهای مدل کردن انتقال حرارت نانوسیال ۲۳
۲-۶-۱- نظریه سیال تک‌فازی ۲۳
۲-۶-۲- نظریه سیال دوفازی ۲۳
۲-۷- مدل‌های ارائه شده برای ضریب رسانش حرارتی نانوسیال ۲۴
۲-۷-۱- حرکت بروانی نانوذرات ۲۵
۲-۷-۲- مدل بر پایه انباشتگی ذرات ۲۷
۲-۷-۳- مدلهای برپایه تشکیل لایه‌سیال حول نانوذرات ۲۸
۲-۸- پیشینه حل ۳۰
فصل ۳- مدل‌ها برای شبیه‌سازی جریان نانوسیال ۳۵
۳-۱- تعیین خواص نانوسیال ۳۶
۳-۱-۱- چگالی ۳۷
۳-۱-۲- ظرفیت گرمایی ویژه ۳۷
۳-۱-۳- لزجت دینامیکی نانوسیال ۳۸
۳-۱-۴- ضریب هدایت حرارتی ۳۹
۳-۲- مدل حجم سیال ۳۹
۳-۳- معادلات حاکم بر مدل حجم سیال ۴۱
۳-۳-۱- معادله‌ی کسرحجمی ۴۱
۳-۳-۱-۱-طرح ضمنی ۴۲
۳-۳-۱-۲-طرح صریح ۴۲
۳-۳-۲- چگونگی اعمال نانوسیال در مدل حجم‌سیال ۴۳
۳-۳-۳- خواص مواد ۴۵
۳-۳-۴- معادله‌ی ممنتوم ۴۵
۳-۳-۵- معادله‌ی انرژی ۴۵
۳-۳-۶-معادلات حاکم مدل حجم سیال بر فیزیک مسئله ۴۶
۳-۴-مدل مخلوط ۴۷

۳-۵-معادلات حاکم بر مدل مخلوط ۴۸
۳-۵-۱-معادله پیوستگی برای مخلوط ۴۹
۳-۵-۲-معادله ممنتوم برای مخلوط ۵۰
۳-۵-۳-معادله پیوستگی برای فاز پخش‌شده ۵۲
۳-۵-۴-سرعت نسبی ۵۳
۳-۵-۵-نیروی پسا ۵۳
فصل ۴- مدل‌سازی جریان آشفته ۵۶
۴-۱- خصوصیات جریان توربولانس ۵۷
۴-۲- روش‌های مدل‌سازی جریان آشفته ۵۸
۴-۳-میانگین‌گیری رینولدز ۶۱
۴-۴-مدل‌های آشفتگی ۵۳
۴-۴-۱-مدل صفرمعادله‌ای ۶۴
۴-۴-۲-مدل یکمعادله‌ای ۶۴
۴-۴-۳-مدل دومعادله‌ای ۶۵
۴-۴-۳-۱-مدل‌های دومعادله‌ای $k-\epsilon$ ۶۵
۴-۴-۳-۲- مدل‌های دومعادله‌ای $k-\omega$ ۶۷
۴-۵- نواحی نزدیک دیواره و توابع دیواره ۶۸
۴-۵-۱- توابع دیواره استاندارد برای سرعت در نزدیک دیواره ۶۹
۴-۵-۲- توابع دیواره استاندارد برای توزیع دما در نزدیک دیواره ۷۰
فصل ۵- تولید شبکه و شرایط مرزی ۷۲
۵-۱- ساختار شبکه ۷۳
۵-۱-۱- شبکه باسازمان ۷۳
۵-۱-۲- شبکه بی‌سازمان ۷۴
۵-۲- روش‌های تولید شبکه ۷۵
۵-۲-۱- روش معادلات دیفرانسیل ۷۵
۵-۲-۲- روش جبری ۷۶
۵-۳- شرایط مرزی ۷۷
۵-۳-۱- شرایط مرزی ورودی ۷۷

۵-۳-۲- شرط مرزی خروجی ۷۹
۵-۳-۳- شرط مرزی دیوار ۸۱
فصل ۶- نتایج ۸۲
۶-۱- بررسی استقلال از شبکه و انتخاب شبکه مناسب ۸۳
۶-۲- اعتبارسنجی نتایج حاصل ۸۶
۶-۳- ناحیه توسعه‌یافتگی ۸۸
۶-۴- تاثیر نانوسیال بر پروفیل سرعت توسعه‌یافته ۹۳
۶-۵- تحلیل جریان و انتقال حرارت نانوسیال و مقایسه نتایج حاصل با استفاده از مدل‌های مختلف، با یکدیگر و با روابط تجربی ۹۶
۶-۶- تحلیل دما و نرخ انتقال حرارت مبدل حرارتی ۱۰۹
۶-۷- نتیجه‌گیری ۱۱۱
۶-۸- پیشنهادات برای ادامه کار ۱۱۳
مراجع ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مثالهای جریانهای سیستمهای چند فازی ۵

جدول ۱-۲- معادلات حاکم بر جریان مدل VOF..... ۱۴

جدول ۱-۳- معادلات حاکم بر جریان مدل مخلوط..... ۱۵

جدول ۱-۴- معادلات حاکم بر جریان تکفاز..... ۱۶

جدول ۲-۱- مقادیر ثابت برای رابطه چون و همکاران، رابطه (۲-۱۲)..... ۲۷

جدول ۳-۱- خواص نانوذرات و سیال پایه..... ۳۶

جدول ۴-۱- ثابتهای مدل دومعادلهای $k-\epsilon$ ۶۷

جدول ۴-۲- ضرایب مدل $k-\omega$ ۶۸

جدول ۶-۱- مقایسه عدد ناسلت میانگین بین شبکههای مختلف در Re=۲۰۰۰۰ ..... ۸۵

جدول ۶-۲- درصد نسبی افزایش نسبت ضریب انتقال حرارت در Re=۴۰۰۰۰..... ۱۰۰

جدول ۶-۳- درصد نسبی افزایش نسبت تنش برشی دیواره در Re=۴۰۰۰۰..... ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- رژیم‌های جریان چندفازی[۱۹]..... ۴

شکل ۱-۲- ترتیب مبدل حرارتی جریان مخالف..... ۶

شکل ۱-۳- مبدل حرارتی دولوله‌ای هم‌مرکز .الف)جریان موازی .ب)جریان مخالف..... ۷

شکل ۱-۴- توزیع دما برای دیواره سیلندر کامپوزیتی [۳]..... ۸

شکل ۱-۵- بالانس انرژی کلی برای سیالات سرد و گرم در مبدل حرارتی دو سیاله ۱۰

شکل ۱-۶- توزیع دما برای یک مبدل حرارتی جریان موازی[۳]..... ۱۱

شکل ۱-۷- تغییرات دمای سیال .الف)جریان موازی .ب)جریان مخالف..... ۱۳

شکل ۱-۸- مبدل حرارتی دولوله‌ای..... ۱۴

شکل ۲-۱- شماتیک لایه‌سیال حول نانوذره[۱۸] ۲۲

شکل ۳-۱- محاسبات فصل مشترک..... ۴۳

شکل ۳-۲- منحنی ضریب پسا استاندارد برای ضریب پسا در رینولدزهای پایین..... ۵۵

شکل ۴-۱-نمای کلی از دسته‌بندی مدل‌های توربولانس..... ۶۰

شکل ۴-۲- میانگین‌گیری رینولدز- نمایش سرعت میانگین $\overline{\vec{U}}$ و نوسانی $\acute{\vec{U}}$..... ۶۲

شکل۴-۳- مقایسه روش‌های حل در نواحی نزدیک دیواره در جریان آشفته..... ۶۹

شکل۴-۴- پروفیل سرعت در نواحی نزدیک دیواره..... ۷۰

شکل ۵-۱- شبکه دوبعدی باسازمان الف)متعامد ب)نامتعامد..... ۷۴

شکل ۵-۲- مثالی از یک شبکه دوبعدی بی‌سازمان..... ۷۴

شکل ۵-۳- شبکه در مجاورت مرز ورودی..... ۷۸

شکل ۵-۴- شبکه در مجاورت مرز خروجی..... ۸۰

شکل ۶-۱- مش‌بندی بکار گرفته شده برای مسئله حاضر..... ۸۴

شکل ۶-۲- بررسی استقلال از شبکه برای رینولدزهای مختلف..... ۸۵

شکل ۶-۳- اعتبار سنجی برای لوله داخلی و خارجی براساس رابطه دیتوس و بولتر [۷۵]..... ۸۷

شکل ۶-۴- توزیع انرژی جنبشی آشفته و نرخ اضمحلال در مرکز لوله..... ۸۹

شکل ۶-۵- توزیع انرژی جنبشی آشفته در مرکز لوله برای ٪۲=ϕ برای نانوسیال گاما اکسید الومینیوم-آب ۹۰
شکل ۶-۶- انرژی جنبشی آشفته با بعد در مرکز لوله برای کسرهای حجمی ۲ و ۴ درصد در Re=۲۰۰۰۰ ..... ۹۱
شکل ۶-۷- توزیع انرژی جنبشی در لوله و در نسبت‌های حجمی مختلف نانوذره (Re=۲۰۰۰۰) ۹۲
شکل ۶-۸- توزیع اضمحلال لزج در لوله و در نسبت‌های حجمی مختلف نانوذره (Re=۲۰۰۰۰) ۹۲
شکل ۶-۹- انرژی جنبشی آشفته بی‌بعد در مرکز لوله برای کسرهای حجمی ۲ و ۴ درصد در Re= ۲۰۰۰۰ ..... ۹۳
شکل ۶-۱۰- پروفیل سرعت بابعد برای نسبت‌های حجمی مختلف نانوسیال گاما-اکسید الومینیوم-آب.. ..... ۹۴
شکل ۶-۱۱- پروفیل سرعت بابعد برای نسبت‌های حجمی مختلف نانوسیال اکسید مس-آب ۹۴
شکل ۶-۱۲- پروفیل سرعت بی‌بعد برای نسبت‌های حجمی مختلف نانوسیال ۹۵
شکل ۶-۱۳- پروفیل سرعت بی‌بعد برای کسر حجمی ثابت و رینولدزهای مختلف ۹۶
شکل ۶-۱۴- اثر نانوذره گاما اکسید الومینیوم بر ضریب انتقال حرارت لوله‌ی داخلی ۹۷
شکل ۶-۱۵- اثر نانوذره اکسید مس بر ضریب انتقال حرارت لوله‌ی داخلی ۹۸
شکل ۶-۱۶- نسبت ضریب انتقال حرارت برای نانوسیال گاما-اکسید الومینیوم-آب ۹۹
شکل ۶-۱۷- نسبت ضریب انتقال حرارت برای نانوسیال اکسید مس-آب ۹۹
شکل ۶-۱۸- نسبت تنش برشی برای نانوسیال گاما-اکسید الومینیوم-آب ۱۰۲
شکل ۶-۱۹- نسبت تنش برشی برای نانوسیال اکسید مس-آب ۱۰۲
شکل ۶-۲۰- استفاده از مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی ضریب انتقال حرارت کلی الف) Re=۲۰۰۰۰ ب) Re=۳۰۰۰۰ ج) Re=۴۰۰۰۰ د) Re=۵۰۰۰۰ ..... ۱۰۴
شکل ۶-۲۱- استفاده از مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی تنش برشی دیواره الف) Re=۲۰۰۰۰ ب) Re=۳۰۰۰۰ ج) Re=۴۰۰۰۰ د) Re=۵۰۰۰۰ ..... ۱۰۶
شکل ۶-۲۲- پروفیل سرعت محوری برای نانوسیال اکسید مس-آب الف) z=۰/۲ ب) z=۰/۵۵ ..... ۱۰۷
شکل ۶-۲۳- پروفیل دمای محوری برای نانوسیال اکسید مس-آب الف) z=۰/۲ ب) z=۰/۵۵ ..... ۱۰۷
شکل ۶-۲۴- مقایسه دمای مرکز لوله برای مدل‌های مختلف در امتداد طولی برای رینولدز و کسرهای حجمی مختلف برای نانوسیال اکسید مس-آب ۱۰۸

شکل ۶-۲۵-تاثیر کسر حجمی بر اختلاف دمای میانگین مبدل حرارتی در Re=۲۰۰۰۰ ..... ۱۱۰
شکل ۶-۲۶- تاثیر کسر حجمی بر نرخ انتقال حرارت مبدل حرارتی در Re=۲۰۰۰۰ ..... ۱۱۰

فهرست علایم و نشانه‌ها

ضریب لزجت در مدل آشفتگی	C_μ
ضریب اصطکاک موضعی	C_f
ظرفیت گرمایی ویژه	C_p (J/kg.K)
فاصله بی‌بعد تا دیواره	y^+
قطر	d
شتاب گرانشی زمین	g (m/s^2)
عدد پرانتل	Pr
ضریب انتقال حرارت کلی	U (w/m k)
دما	T
ضریب هدایت حرارتی	K (w/m k)
انرژی جنبشی آشفتگی	k (m^2/s^2)
طول مبدل	L (m)
مساحت	A (m^2)
عدد ناسلت	Nu
فشار	P (Pa)
عدد رینولدز	Re
نرخ انتقال حرارت	q (w)
ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی	h (w/m k)
سرعت شار جرمی	$\dot{m}$

زمان	t (s)
اختلاف دما	ΔT
مولفه سرعت در جهت طولی	u (m/s)
انرژی	E
جرم	m (kg)
حجم	V (m^3)
مؤلفه سرعت در جهت عرضی	v (m/s)
مؤلفه در جهت جریان	z (m)
مؤلفه طول افقی	x (m)
مؤلفه طول عمودی	y (m)

علائم یونانی

ضریب پخش حرارتی	$\alpha(m^2/s)$
ضریب انبساط حجمی	$\beta(K^{-1})$
نرخ اضمحلال انرژی جنبشی	$\varepsilon(m^2/s^2)$
نرخ اضمحلال مخصوص	$\omega(m^2/s^2)$
کسر حجمی نانوذرات	φ
ویسکوزیته دینامیکی مولکولی	$\mu(kg/ms)$
ویسکوزیته آشفته	$\mu_t(kg/ms)$
ویسکوزیته سینماتیکی	$\nu(m^2/s)$
چگالی	$\rho(kg/m^3)$

تنش برشی	$\tau(Pa)$

زیرنویس‌ها

متوسط	ave
نانوسیال	nf
سیال	f
شرایط ورودی	in
مخلوط	mix
اندیس شمارنده فاز	k
فاز پراکنده و نانوذرات	p
بین دولوله	an
دیوار	w
موثر	eff

فصل ۱- معرفی

مقدمه

انتقال حرارت بالا و مناسب برای دفع گرما، به منظور حفظ کارکرد و قابلیت‌های بسیاری از محصولات مانند کامپیوترها، سیستم‌های قدرت الکتریکی،موتور خودروها و غیره به امری غیر قابل صرف‌نظر تبدیل شده است. سیالات حامل انرژی در صنایع اغلب با حرکت در مجاری انتقال نظیر لوله‌ها و مبدل‌های حرارتی انرژی را به نقاط مورد نظر منتقل می‌نمایند. تاکنون روش‌های مختلفی برای افزایش انتقال حرارت ارائه شده‌اند. تعدادی از این روش‌ها عبارتند از: سطوح گسترده، میکروکانال‌ها، ایجاد انقطاع و شکستگی در جریان، نوسان سطح و سیال و مواد افزودنی به مایعات. در افزودن ذرات جامد در مایعات(معمولا آب)، افزایش ضریب هدایت حرارتی ایده اصلی در بهبود مشخصه‌های انتقال حرارت سیالات است. از آنجا که ضریب هدایت حرارتی ذرات جامد معمولا بزرگتر از سیالات می‌باشد، انتظار می‌رود افزودن این ذرات جامد موجب افزایش ضریب هدایت حرارتی سیال پایه گردد. افزودن ذرات جامد بیشتر از ۱۰۰ سال است که شناخته شده است [۱]. اما استفاده از این ذرات بدلیل مشکلات عملی نظیر ته‌نشین شدن سریع ذرات، ایجاد سایش شدید، افزایش افت فشار و عدم امکان استفاده از آن‌ها در مجاری بسیار کوچک، میسر نیست.

۱-۱- نانوسیال

پیشرفت‌های اخیر در مهندسی مواد و توسعه فناوری‌های جدید، زمینه را برای تولید ذرات با اندازه نانومتر(نانوذرات) فراهم کرده است. با پخش کردن این مواد در سیال نوع جدیدی از سیال به وجود می‌آید که نانوسیال نامیده می‌شود. نانومواد خواص حرارتی و حرکتی سیال را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند. نتایج آزمایش‌هائی که در رابطه با نحوه انتقال حرارت بر روی چندین نمونه نانوسیال انجام شد، نشان می‌دهد که عمکرد نانوسیالات در انتقال حرارت عموما بیشتر از آن چیزی است که به صورت نظری پیش بینی شده است [۵۲]. مزیت دیگر این نوع سیال کوچک بودن نانوذرات پخش شده در آن است. این ذرات دارای ممنتوم کمتری هستند که در نتیجه از خوردگی دیواره لوله‌ها و کانال‌ها جلوگیری می‌شود. امکان ته نشین شدن این ذرات بدلیل وزن کم آنها، کمتر است.

۱-۲- جریان دوفازی

تعداد زیادی از جریان‌ها مخلوطی از فازها هستند که در بسیاری از سیستم‌های طبیعی و صنعتی وجود دارند. فازهای فیزیکی مواد شامل گاز، مایع و جامد است. در جریان چند فازی، یک فاز قسمتی از جریان است که قابلیت تفکیک آن وجود دارد و نسبت به میدان پتانسیلی که در آن قرار می‌گیرد پاسخ داده و با سایر فازها برهمکنش دارد. جریان‌های چندفازی به طور کلی می‌توانند در شکل‌های مختلف وجود داشته باشند. بسته به ترکیب فازها، جریان‌های دوفازی می‌توانند براساس حالت‌های مختلف فازی طبقه‌بندی شوند: جریان گاز-جامد، جریان‌های مایع-جامد و جریان‌های گاز-مایع.

رژیم‌های زیر جریان‌های گاز-مایع هستند:

۱. جریان حبابی[۱]: جریان گسسته‌ی گازی یا حباب‌های سیال در یک محیط پیوسته است.
۲. جریا قطره[۲]: جریان گسسته‌ی قطرات سیال[۳] در یک فاز پیوسته است.
۳. جریان اسلاگ[۴]: جریان حباب‌های بزرگ گاز در یک سیال پیوسته است.
۴. جریان سطح-آزاد/لایه‌ای[۵]: جریان سیالات غیرقابل امتزاج جدا شده با یک فصل مشترک تعریف شده‌ی آشکار است

رژیم‌های زیر جریان‌های گاز-جامد هستند:

۱. جریان‌های پر-ذره[۶]: جریان ذرات جامد با نسبت وزنی بالا در یک گاز است.
۲. انتقال نیوماتیک[۷]: حمل ذرات جامد توسط جریان گاز است که به فاکتورهایی از قبیل مقدار جامد، عدد رینولدز و خواص ذرات بستگی دارد. الگوهای نمونه شامل جریان شنی[۸] ،جریان اسلاگ و جریان همگن می‌باشند.

---

۱ Bubbly flow
۲ Droplet flow
۳ Fluid droplets
۴ Slug flow
۵ Stratified/free-surface flow
۶ Particle-laden
۷ Pneumatic transport
۸ Dune flow