

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی «نوشیروانی» بابل
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

موضوع:

انتقال حرارت جابجایی جریان ضربانی (پالسی) آرام نانو سیال در لوله با دیواره شار ثابت

استاد راهنما:

پروفسور علی اکبر رنجبر

استاد مشاور:

دکتر عباس رامیار

نام دانشجو:

سید مجید رهگشای

تیر ۱۳۹۱

تقدیم به:

مادر عزیز و پدر مهربانم

هر چند از جبران الطافشان عاجزم لیکن از خداوند متعال می‌خواهم که سایه وجودشان را توأم با سلامتی بر سرم حفظ نماید.

تقدیم به:

برادر و خواهران عزیزم تکیه گاههای استوار من در زندگی

و همچنین تقدیم به همه دوستان خوبم که بودن دکنارشان سختی‌های دوران تحصیل را به محضات خوش و خاطره انگیز تبدیل کرد.

سپاس‌گزاری:

برخود لازم می‌دانم از زحمات بی‌شائبه اساتید ارجمندم آقایان دکتر علی اکبر رنجبر و
دکتر عباس رامیار که مراد انجام این پژوهیاری نمودند؛ تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده:

در این پایان‌نامه بررسی عددی هیدرولیکی و حرارتی جریان نوسانی نانوسیال در رژیم آرام جریان و در درون لوله انجام پذیرفته است. ذرات بسیار ریز در ابعاد نانو وقتی که بطور یکنواخت پراکنده و بصورت پایدار در سیال پایه معلق می‌شوند بهبود موثری در خواص حرارتی سیال پایه ایجاد می‌کنند. بررسی نرخ انتقال حرارت به کمک نوسانی کردن جریان متوسط که در بسیاری از استفاده‌ها در عمل رخ می‌دهد، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در این پژوهش از مدل‌های تک‌فازی و مخلوط برای حل معادلات استفاده شده و نتایج آن‌ها مقایسه شده است. برای حل معادلات، یک کد عددی دو بعدی به زبان فورترن نوشته شده است. برای گسسته‌سازی معادلات حاکم از روش حجم محدود استفاده شده است. برای تولید شبکه، از آرایش شبکه هم‌جا استفاده شده و معادلات کوپل فشار و سرعت نیز با استفاده از الگوریتم سیمپل و روش درونیابی آرایش شبکه هم‌جا حل شده‌اند. صحت نتایج از لحاظ حرارتی با نتایج موجود تایید شده و در انتها شبیه‌سازی برای پارامترهای نوسانی متفاوت مانند اعداد رینولدز ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ و عدد استروهال بین ۰/۲ تا ۵ و دامنه سرعت ورودی بین ۰/۲ الی ۰/۷ متر بر ثانیه و کسر حجمی‌های نانوذرات ۱ الی ۴ انجام شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش عدد رینولدز و کسر حجمی نانوذرات، نرخ انتقال حرارت زیاد می‌شود. همچنین افت فشار در طول کانال بیشتر شده اما افزایش فرکانس و دامنه جریان ورودی تأثیر چندانی در افزایش عدد ناسلت کلی و انتقال حرارت نخواهد داشت و نمودار ناسلت حول مقدار پایای آن نوسان می‌کند. مدل دوفازی مخلوط، انتقال حرارت بیشتری را نسبت به مدل‌های تک‌فازی نشان می‌دهد و در مقایسه با مدل تک‌فاز با نتایج آزمایشگاهی همخوانی بهتری دارد.

کلمات کلیدی: عدد استروهال، دامنه سرعت ورودی، عدد ناسلت، نانوسیال، جریان جت پالسی

فهرست مطالب

	فصل اول مرئی
۱	
۲	مقدمه
۳	۱-۱ مروری بر روش‌های بهبود انتقال حرارت
۳	۱-۱-۱ مواد افزودنی
۳	۱-۱-۲ سطوح گسترده
۴	۱-۱-۳ سطوح ناهموار
۴	۱-۱-۴ ابزار جریان چرخشی
۴	۱-۱-۵ ابزار مکانیکی
۴	۱-۱-۶ ارتعاش سطوح و جریان نوسانی
۵	۱-۱-۷ میدان الکترواستاتیکی (مستقیم یا متناوب)
۵	۱-۱-۸ تزریق
۵	۱-۱-۹ مکش
۵	۲-۱ تعریف مسئله و هدف از تحقیق
۶	۱-۲-۱ جریان داخل لوله دو بعدی
۹	۲-۲-۱ جریان جت محدود داخل کانال دوبعدی
۱۰	۳-۱ پیشینه حل
۱۰	۱-۳-۱ نانوسیال و تاثیر آن در بهبود عملکرد سیال پایه
۱۲	۲-۳-۱ جریان نوسانی
۱۴	۳-۳-۱ جریان‌های دوفاز نانوسیال و مروری بر مدل مخلوط
۱۷	۴-۱ ویژگی‌های تحقیق حاضر
۱۷	۵-۱ رئوس مطالب ارائه شده و روند عملکرد پایان‌نامه
۱۸	فصل دوم مدل تک‌فازی و مدل دوفازی مخلوط برای نانوسیال

۱۹	مقدمه
۱۹	۱-۲ کاربردهای نانوسیال
۲۰	۲-۲ پارامترهای تأثیرگذار بر ضریب هدایت حرارتی
۲۰	۳-۲ تعیین خواص نانوسیال
۲۱	۱-۳-۲ دانسیته
۲۲	۲-۳-۲ ظرفیت گرمایی ویژه
۲۳	۳-۳-۲ ضریب هدایت حرارتی

فصل سوم جریان گذرای نوسانی

۴۴	
۴۵	مقدمه
۴۵	۱-۳ روش حل برای جریان گذرا
۴۵	۱-۱-۳ روش اویلر ضمنی
۴۷	۲-۱-۳ روش سه گام زمانی
۴۷	۲-۳ نحوه اعمال در کد
۴۸	۳-۳ نتایج برخی از مقالات درباره تأثیر جریان نوسانی بر انتقال حرارت

فصل چهارم تولید شبکه و کسسته سازی معادلات حاکم

۴۹	
۵۰	مقدمه
۵۰	۱-۴ معادلات حاکم
۵۴	۲-۴ شبکه بندی
۵۶	۳-۴ گسسته سازی معادلات حاکم
۵۶	۱-۳-۴ معادله مومنتم برای مخلوط
۵۷	۲-۳-۴ معادله مومنتم برای ذره
۵۸	۳-۳-۴ معادله پیوستگی برای ذره
۵۹	۴-۳-۴ معادله انرژی
۵۹	۵-۳-۴ حل معادله فشار

۶۳

۴-۴ الگوریتم حل

۶۶

فصل پنجم نتایج

۶۷

مقدمه

۶۷

۱-۵ جریان نوسانی تک فاز نانوسیال در لوله

۶۸

۱-۱-۵ حل مستقل از شبکه و اعتبار سنجی کد

۷۰

۱-۲-۵ نتایج

۷۶

۲-۵ جریان نوسانی دو فاز نانوسیال در لوله

۷۶

۱-۲-۵ حل مستقل از شبکه و اعتبار سنجی کد

۷۸

۲-۲-۵ نتایج

۸۵

۳-۵ جریان نوسانی همگن نانوسیال در جت محدود داخل کانال

۸۵

۱-۳-۵ حل مستقل از شبکه و اعتبار سنجی کد

۸۸

۲-۳-۵ نتایج

۹۸

فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه	عنوان
۶	شکل ۱-۱ هندسه مورد بررسی برای جریان نوسانی داخل لوله
۹	شکل ۱-۲ هندسه مسئله مورد بررسی برای جریان نوسانی جت محدود
۳۴	شکل ۱-۲ منحنی درگ استاندارد کلیفت و همکاران [۴۶] و چند رابطه دیگر برای ضریب درگ در رینولدزهای پایین
۳۸	شکل ۲-۲ تابع درگ برای سه مدل به عنوان تابعی از ϕ برای دو قطر ذره و سرعت‌های لغزشی
۵۴	شکل ۱-۴ حجم کنترل در هندسه متقارن محوری
۶۰	شکل ۲-۴ مقایسه شبکه الف) همجا و ب) غیرهمجا
۶۰	شکل ۳-۴ توزیع فشار غیر یکنواخت در یک شبکه همجا
۶۱	شکل ۴-۴ یک المان در شبکه همجا
۶۴	شکل ۵-۴ الگوریتم حل معادلات حاکم به روش تک‌فازی برای جریان گذرا
۶۵	شکل ۶-۴ الگوریتم حل معادلات به روش مخلوط برای جریان گذرا
۶۷	شکل ۱-۵ هندسه بکارگرفته شده برای جریان نوسانی داخل لوله
۶۹	شکل ۲-۵ شبکه‌بندی بکارگرفته شده برای جریان نوسانی آرام داخل لوله
۶۹	شکل ۳-۵ نمودار ناسلت متوسط-مکان نسبی برای حل مستقل از شبکه در $Re=200, St=1, \phi = 0/0$ و $A=0/5$
۷۰	شکل ۴-۵ توزیع ناسلت جریان توسعه یافته در دیواره لوله جهت بررسی صحت کد
۷۱	شکل ۵-۵ عدد ناسلت متوسط-مکان نسبی برای اعداد استروهال $0/5$ ، 1 و 5 در $Re=200, \phi = 0$ و $A=0/5$
۷۲	شکل ۶-۵ عدد ناسلت متوسط-مکان نسبی برای تغییرات دامنه سرعت ورودی $0/2, 0/5$ و $0/7$ در $Re=200, \phi = 0, St=1$
۷۲	شکل ۷-۵ پروفیل دما در مقطع میانی لوله در زمان یک چهارم از دوره زمانی $(2\pi St t = \theta/4)$ در $A=0/5$ و $Re=200, St=1.0$
۷۴	شکل ۸-۵ اثر کسر حجمی نانوذره در شرایط $Re=200, St=1, A=0/5$ بر الف) عدد ناسلت متوسط-مکان نسبی و ب) عدد ناسلت متوسط-زمان نسبی
۷۵	شکل ۹-۵ اثر عدد رینولدز و کسر حجمی نانوذره ϕ بر ناسلت کلی در $St=1, A=0/5$
۷۶	شکل ۱۰-۵ نمودار افت فشار بر واحد طول بر حسب فاز سرعت ورودی در $St=1, A=0/5$
۷۷	شکل ۱۱-۵ نمودار عدد ناسلت محلی بر حسب عدد رینولدز در انتهای لوله برای کسر حجمی یک درصد
۷۹	شکل ۱۲-۵ کانتورهای سرعت در جهت x در زمان‌های $0s, \theta/4s, \theta/2s, 3\theta/4s, 1\theta s$ برای $\phi = 0/0$ و $Re=100, St=1.0, A=0/5$
۸۰	شکل ۱۳-۵ نمودار ناسلت بر حسب فاصله از ورودی برای دو نانوسیال آب با ذرات Al_2O_3 و CuO در $Re=100$
۸۱	شکل ۱۴-۵ اثر کسر حجمی نانوذره بر کانتور دما در زمان $t = 5/25\theta$ برای کسر حجمی $1\%, 2\%$ و 3% در $Re=100, St=1/0, A=0/5$

- شکل ۵-۱۵ اثر کسر حجمی نانوذره بر عدد ناسلت متوسط-مکان نسبی در $Re=100$, $St=1/10$, $A=0/5$ ۸۲
- شکل ۵-۱۶ عدد ناسلت متوسط-مکان نسبی برای اعداد استروهال $0/5$ ، 1 و 5 در $Re=100$, $\phi=1\%$, $A=0/5$ ۸۳
- شکل ۵-۱۷ عدد ناسلت متوسط-مکان برای تغییرات دامنه سرعت ورودی $0/5$ و $1/5$ در $Re=100$, $\phi=1\%$, $St=1$ ۸۴
- شکل ۵-۱۸ جریان نوسانی همگن نانوسیال در جت محدود داخل کانال ۸۵
- شکل ۵-۱۹ شبکه‌بندی بکارگرفته شده برای جریان نوسانی جت آرام داخل کانال ۸۶
- شکل ۵-۲۰ نمودار ناسلت متوسط-مکان برای حل مستقل از مش در $Re=100$, $St=0/25$, $A=0/5$, $Ar=8$ و $\phi=0/10$ ۸۷
- شکل ۵-۲۱ پروفیل سرعت در فاصله 0.1 از ورودی در زمان یک چهارم از دوره زمانی $(2\pi St t = \theta/4)$ در $Ar=8$ و $Re=100$, $St=0/25$, $A=0/5$, $\phi=0/10$ ۸۷
- شکل ۵-۲۲ پروفیل سرعت مقطع جت محدود متقارن جهت بررسی صحت کد در فاصله‌های محوری متفاوت در $Re=70$ $AR=3$ ۸۸
- شکل ۵-۲۳ نمودار عدد ناسلت متوسط-مکان برای عدد استروهال‌های مختلف در $Re=100$, $\phi=0/10$, $A=0/5$, $AR=4$ برای دو حالت عدد ناسلت بر اساس الف) دمای ورودی، ب) دمای توده سیال ۹۰
- شکل ۵-۲۴ عدد ناسلت متوسط-مکان برای تغییرات دامنه سرعت ورودی $0/2$ ، $0/5$ و $0/7$ در $AR=4$ و $Re=100$, $\phi=0/10$, $St=0/5$ ۹۱
- شکل ۵-۲۵ عدد ناسلت متوسط-مکان برای تغییرات نسبت‌منظرهای مختلف در $Re=100$, $\phi=0/0$, $A=0/5$ و $St=0/25$ الف) دمای توده سیال، ب) دمای ورودی. ۹۲
- شکل ۵-۲۶ اثر کسر حجمی نانوذره بر عدد ناسلت متوسط-مکان در $Re=100$, $St=0/5$, $Ar=4$, $A=$ ۹۳
- شکل ۵-۲۷ نمایش خطوط جریان در یک سیکل در $Re=100$, $St=0/5$, $AR=4$ برای دامنه سرعت ورودی $A=0/2$ شکل بالایی و $A=0/7$ شکل پایینی در هر قسمت ۹۴
- شکل ۵-۲۸ تاثیر پارامترهای نوسانی بر افت فشار بر واحد طول سرعت ورودی در $Re=100$, $AR=4$ الف) تاثیر دامنه سرعت ورودی در $St=0/5$ ب) تاثیر فرکانس سرعت ورودی در $A=$ ۹۵
- شکل ۵-۲۹ اثر عدد رینولدز و کسر حجمی نانوذره ϕ بر ناسلت کلی در $A=0/5$, $St=0/5$ $AR=4$ ۹۶
- شکل ۵-۳۰ اثر نسبت‌منظر بر ناسلت کلی برای عدد رینولدز 100 و 200 در $A=0/5$, $St=0/25$, $\phi=0/10$ ۹۷

فهرست جدول‌ها

شماره صفحه	عنوان
۸	جدول ۱-۱ معادلات حاکم بر جریان داخل لوله مدل مخلوط
۱۰	جدول ۲-۱ معادلات حاکم بر جریان داخل جت محدود
۲۱	جدول ۱-۲ خواص برخی سیال‌ها و نانوذرات
۵۳	جدول ۴-۱ مقادیر Γ, Θ و S_{\ominus} برای معادلات حاکم بر جریان آرام دوفاز در لوله
۷۷	جدول ۱-۵ نمودار عدد ناسلت محلی بر حسب عدد رینولدز در انتهای لوله برای کسر حجمی یک درصد
۸۴	جدول ۲-۵ درصد افزایش ناسلت کل نسبت به حالت پایا در $Re=100$

لیست علائم و اختصارات

A	دامنه بی بعد
AR	نسبت منظر
C_D	ضریب درگ
$C_p [J/kgK]$	ظرفیت گرمایی ویژه
c_k	کسر جرمی هر فاز
$D [m]$	قطر لوله
$d [m]$	ارتفاع جت
$d_f [nm]$	قطر مولکولهای سیال پایه
$d_p [nm]$	قطر ذرات نانو
$g [m/s^2]$	شتاب گرانشی زمین
$h [m]$	ارتفاع کانال
$K [W/mK]$	ضریب هدایت حرارتی
$K_b [J/K]$	ثابت بولتزمن
$L [m]$	طول کانال
$m [kg]$	جرم
Nu	عدد ناسلت
$P [Pa]$	فشار
Pr	عدد پرنتل
$Q [W/m^2]$	شار حرارتی
Re	عدد رینولدز
St	عدد استروهال
$T [K]$	دما
$T_B [K]$	دمای توده سیال
$t [s]$	زمان
$\Delta T [K]$	اختلاف دما
$u [m/s]$	مولفه سرعت در راستای محور X
$u_{cp_0} [m/s]$	سرعت لغزشی (نسبی)
$u_{MK} [m/s]$	سرعت نفوذ
$V [m^3]$	حجم
$V_b [m/s]$	سرعت برونی نانو ذرات

v [m/s]	مولفه سرعت در راستای محور y
x [m]	مولفه طول افقی یا محوری
y [m]	مولفه طول عمودی یا شعاعی

علائم یونانی

α [m^{\checkmark}/s]	ضریب پخش حرارتی
β [K^{-1}]	ضریب انبساط حجمی
δ [m]	فاصله مرکز تا مرکز نانو ذرات
ϕ	کسر حجمی نانو ذرات
μ [kg/ms]	ویسکوزیته دینامیکی مولکولی
θ [s]	مدت زمان یک سیکل
λ	میانگین فاصله آزاد میان مولکولی
ν [m^{\checkmark}/s]	ویسکوزیته سینماتیکی
ρ [kg/ m^{\checkmark}]	چگالی
τ [Pa]	تنش

زیرنویس‌ها

avg	متوسط
c	فاز پیوسته
eff	موثر
f	سیال
s	جامد
sa	متوسط-مکانی
ca	متوسط-زمانی
in	ورودی
nf	نانوسیال
p	فاز پراکنده و نانوذرات
m	مخلوط
w	دیوار

فصل اول

معرفی

مقدمه

انتقال حرارت یکی از مهمترین فرایندها در صنعت و فرآورده‌های مصرفی می‌باشد که اثر آن در کاهش مصرف انرژی با افزایش بازده سیستم‌های مبدل حرارتی نمایان می‌شود. ارزش انتقال حرارت در افزایش گازهای گلخانه‌ای و ردپای کربن در عصر جدید بیشتر پر رنگ می‌شود. به کمک نانوسیال می‌توان با افزایش انتقال حرارت، بازده سیستم مبدل‌های حرارتی را افزایش داد و به موجب آن مصرف انرژی را کم نمود که ارزش این کار در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای بیشتر مشخص می‌شود. بعلاوه پایین بودن خواص ترمو-فیزیکی سیالات پرکاربرد برای انتقال حرارت مانند آب، اتیلن گلیکول^۱ (EG)، روغن موتور^۲ (EO) محدودیت بسیاری در بازده خنک کاری بوجود می‌آورد، بنابراین روش‌های مرسوم برای افزایش نرخ خنک کاری برای بر طرف کردن نیاز صنایع با تکنولوژی بالا، مناسب نیستند.

افزایش نرخ انتقال حرارت به کمک نوسانی کردن جریان متوسط، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است زیرا رفتار نوسانی در بسیاری از استفاده‌های عملی رخ می‌دهد. از جمله کاربردهای صنعتی آن می‌توان به موتور استرلینگ و سیکل جبرانی اشاره کرد. همچنین نوسانی کردن جریان می‌تواند در جلوگیری از ته‌نشینی نانوذرات موثر باشد.

در نهایت با توجه به استفاده پرکاربرد جریان داخل لوله در مبدل‌های حرارتی در صنعت، یافتن راهبردی برای افزایش انتقال حرارت در این هندسه حائز اهمیت است، بررسی انتقال حرارت با اضافه کردن ذرات نانو و نوسانی کردن جریان ورودی بدون تغییری در هندسه مبدل با حذف هزینه ساخت مقرون بصرفه خواهد بود. در ادامه بکارگیری انتقال حرارت جریان نوسانی در جت محدود بدلیل کاربرد آن در سیستم‌های مهندسی همانند تخلیه محیطی، مبدل‌های حرارتی، تزریق جریان، خنک‌کاری دیواره‌های محفظه احتراق در توربین‌های گازی و وسایل پاشش اتمبیل بررسی شد.

^۱ Ethylene glycole

^۲ Engine oil

۱-۱ مروری بر روش‌های بهبود انتقال حرارت

افزایش انتقال حرارت عامل مهمی در فرایندهای صنعتی و تولید مواد مصرفی می‌باشد، به عنوان مثال در سیستم مدار ارتباطات تلفنی در بعضی موارد کمپانی باید بیش از ۵۰ درصد از کل انرژی الکتریسیته را صرف مدیریت حرارتی سیستم‌های خنک کاری الکتریکی کند [۱]. در این قسمت نگاه کوتاهی به روش‌های افزایش انتقال حرارت خواهیم انداخت. این روش‌ها بطور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول که در آن نیازی به اعمال نیروی خارجی نیست که به آن روش غیر فعال^۱ و دسته دوم که نیازمند توان خارجی می‌باشد روش فعال^۲ می‌نامند. از روش‌های غیر فعال می‌توان به استفاده از مواد افزودنی، سطوح گسترده، مبدل‌های حرارتی فشرده، مجاری با مقاطع غیر مدور، افزایش انتقال حرارت گردابه‌ای، میکرو کانال‌ها، پوشش‌دهی و پرداخت سطح و... و از روش‌های فعال نیز می‌توان همزدن مکانیکی، سطوح چرخنده، نوسان سطح، نوسان سیال و استفاده از میدان الکتریکی، تزریق و مکش را اشاره کرد.

۱-۱-۱ مواد افزودنی

این مواد افزودنی می‌تواند بصورت مواد جامد و حباب‌های گازی برای سیال مایع و قطرات مایع و ذرات جامد برای سیال گازی باشند. یک نمونه پرکاربرد از این نوع روش بهبود انتقال حرارت، استفاده از نانوسیال (افزودن نانوذرات فلزی به سیال مایع) است که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از معایب این روش تهیه مخلوط پایدار برای جلوگیری از ته‌نشینی می‌باشد.

۲-۱-۱ سطوح گسترده

یکی از راه‌های مرسوم افزایش نرخ خنک کاری استفاده از سطوح توسعه یافته در تبادل انرژی با سیال می‌باشد. سطح گسترده به ناحیه‌ای اطلاق می‌گردد که انتقال انرژی در داخل آن توسط هدایت و بین مرزهای جسم رابط به وسیله‌ی جابجایی (و یا تابش) صورت پذیرد. این سطح گسترده، پره نامیده می‌شود.

^۱ Passive

^۲ Active

نمونه‌ای از کاربرد پره‌های افزایش انتقال حرارت، استفاده از آن‌ها در سردکردن بدنه موتورسیکلت‌ها و ترانسفورماتورهای الکتریکی می‌باشد. یکی دیگر از کاربردهای سطوح گسترده (پره) استفاده از آن‌ها در مبدل‌های حرارتی فشرده به منظور افزایش سطح انتقال حرارت می‌باشد. مبدل‌های حرارتی که دارای دانسیته سطح بزرگتر از $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ باشد، مبدل حرارتی فشرده نامیده می‌شود. متداولترین انواع مبدل‌های حرارتی فشرده مبدل‌های صفحه پره و لوله پره می‌باشند. مشکل اساسی این روش افزایش ناخواسته ابعاد مبدل حرارتی می‌باشد.

۱-۱-۳ سطوح ناهموار

استفاده از سطوح ناهموار که بصورت تصادفی یا منظم روی سطوح انتقال حرارت ایجاد می‌شوند بیشتر برای تحریک سیال و ایجاد اغتشاش استفاده می‌شود تا افزایش سطح انتقال حرارت. این روش نیز بیشتر در جریان تک‌فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱-۴ ابزار جریان چرخشی

شامل تعدادی از آرایش هندسی‌ها یا زوائد می‌شود که در سیال، حرکت دورانی یا چرخشی ایجاد می‌کنند، همانند تولید کننده گردابه در ورودی، زوائد نواری پیچانده^۱ و

۱-۱-۵ ابزار مکانیکی

این روش شامل وسایل مکانیکی می‌باشد که برای به هم زدن سیال از آن استفاده می‌کنند. و در صنایع پلاستیک کاربرد زیادی دارد.

۱-۱-۶ ارتعاش سطوح و جریان نوسانی

ارتعاش دیواره کانال مبدل در فرکانس‌های کم و زیاد یکی از روش‌های کسب بهبود در انتقال حرارت است. به دلیل وزن زیاد دستگاه‌های انتقال حرارت، در بسیاری از موارد لرزاندن سطح میسر نمی‌باشد. در

^۱ Twisted-tape inserts

این صورت معمولاً نوسانات روی سیال اعمال می‌شوند. جریان نوسانی (تپشی) از عملی‌ترین روش‌های اعمال ارتعاش است، که در مبدل‌های زیادی استفاده می‌شود. در سیستم‌های جابجایی اجباری نوسانات با فرکانس پایین را می‌توان توسط یک پمپ رفت و برگشتی و یا با شیرهای قطع جریان ایجاد نمود. در ادامه فصل دلایل گرایش به ارتعاش یا نوسان سیال و مزایا و معایب آن با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۷-۱-۱ میدان الکترواستاتیکی (مستقیم یا متناوب)

میدان‌های جهت‌دار الکترواستاتیکی برای کمک به اختلاط سیال در کنار سطحی که انتقال حرارت در آن صورت می‌گیرد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاهی اوقات از ترکیب میدان الکتریکی و مغناطیسی برای تشدید انتقال حرارت جابجایی استفاده می‌شود.

۸-۱-۱ تزریق

شامل افزودن گاز به سیال در حال حرکت از طریق یک سطح انتقال حرارت متخلخل یا تزریق یک سیال مشابه به ناحیه‌ای که انتقال حرارت صورت می‌گیرد، می‌شود. این روش نیز بیشتر در جریان تک‌فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۹-۱-۱ مکش

می‌تواند شامل دفع بخار از طریق سطح انتقال حرارت متخلخل در انتقال حرارت جوششی یا دفع سیال از طریق سطح انتقال حرارت متخلخل در جریان تک‌فاز باشد.

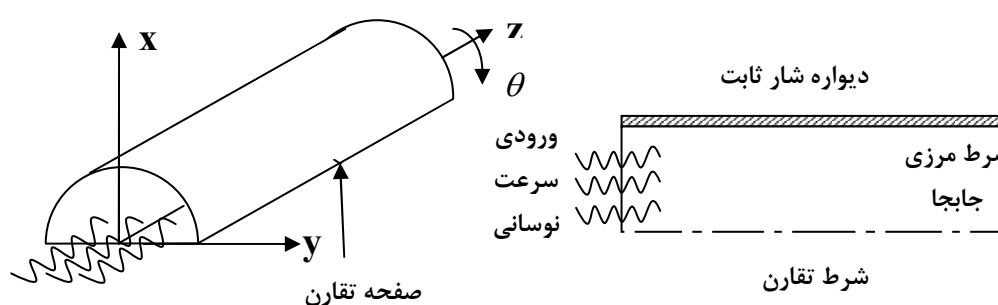
۲-۱ تعریف مسئله و هدف از تحقیق

استفاده جریان‌های داخلی لوله‌ها در صنعت و مبدل‌ها باعث می‌شود تا راه‌های افزایش انتقال حرارت در این هندسه پرکاربرد را بیشتر مورد توجه قرار دهیم. و راهکارهای افزایش نرخ انتقال حرارت را توأم با بکار بریم. همانطور که قبلاً اشاره شد، یکی از کاربردهای نانوسیال‌ها در خنک‌کاری در مبدل‌های حرارتی

می‌باشد. با توجه به برتری‌های نانوسیال نسبت به سیال پایه، استفاده از نانوسیال در این مبدل‌ها می‌تواند چشم‌انداز خوبی را برای صنایع ایجاد کند. مسئله مورد توجه در این تحقیق بررسی اثرات استفاده از نانوسیال به عنوان سیال انتقال دهنده انرژی و بررسی جریان نوسانی می‌باشد. در ادامه برای دریافت بهتر تاثیر جریان نوسانی این نوع جریان در هندسه دیگری (جت محدود درون داکت) نیز اعمال شد، در این تحقیق مفهوم نانوسیال، ویژگی‌ها و نحوه مدل کردن آن در جریانات مختلف توضیح داده می‌شود. جریان نوسانی جت نانوسیال مورد بررسی در این تحقیق در دو هندسه مختلف بررسی شده است، که عبارتند از: جریان داخل لوله دو بعدی، جریان داخل جت محدود.

۱-۲-۱ جریان داخل لوله دو بعدی

جریان از سمت چپ در هندسه مورد بررسی (شکل ۱-۱) با یک پروفیل سرعت تخت نوسانی وارد و از سمت راست محدوده فیزیکی خارج می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود جریان در ورودی پالسی بوده و شار حرارتی در دیواره لوله ثابت می‌باشد. همچنین معادلات حاکم برای این جریان در جدول ۱-۱ لیست شده‌اند. انتقال حرارت برای همین هندسه با شرط دیواره دما ثابت نیز بررسی شده است و در نتایج اثرات پارامترهای نوسانی جریان و کسر حجمی نانوسیال بر انتقال حرارت و رژیم جریان نشان داده خواهد شد.



شکل ۱-۱ هندسه مورد بررسی برای جریان نوسانی داخل لوله

در تحقیق حاضر، جریان پالسی با اعمال سرعت ورودی نوسانی به کمک رابطه زیر ایجاد شده است.

$$u = u_{avg} (1 + A \cdot \sin(2\pi St t)) \quad (1-1)$$

که A دامنه بی‌بعد، St عدد استروهال بصورت $f.D/u_{avg}$ که در آن D قطر لوله بوده f و u_{avg} بترتیب فرکانس و سرعت میانگین جریان ورودی می‌باشند. شرط مرزی جابجایی^۱ استفاده شده در خروجی بصورت زیر است:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + C_v \frac{\partial \xi}{\partial x} = 0 \quad (2-1)$$

که ξ متغیر مستقل، (شامل u یا T) و C_v سرعت میانگین خروجی است. در جریان کاملاً آدوکتیو^۲، این رفتار تقریبی مرز خروجی منجر به حداقل انحراف موضعی نزدیک خروجی می‌شود. عباسی و همکاران [۲] با تحقیق کاملی صحت شرط مرزی جابجا را نشان دادند.

^۱ Convective Boundary

^۲ Advective