مجله مهندسی مکانیک مدرس، خرداد 1396، دوره 17، شماره 3، ص‌ص 455-458

ماهنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

بررسی تاثیر استفاده از نانوسیال درون مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله با اندازه‌های مختلف

علی اکبر اسدی[1]، محمد مهدی هیهات[2*]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی، تهران
2- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
* تهران، صندوق پستی 14115-111، mmheyhat@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

یادداشت پژوهشی
دریافت: 27 بهمن 1395
پذیرش: 11 اسفند 1395
ارائه در سایت: 14 فروردین 1396

کلید واژگان:
نانوسیال
مبدل حرارتی پوسته و لوله
معیار ارزیابی عملکرد
افزایش انتقال حرارت

چکیده

در این مقاله تاثیر استفاده از چهار نوع نانوسیال با سیال پایه آب و نانوذرات اکسید فلزی شامل آلومینا و تیتانیا و نانوذرات فلزی شامل نقره و مس در کسرهای حجمی 1٪ تا 4٪ درون یک مبدل حرارتی پوسته و لوله مطالعه شده است. این کار بر پایه تجربیات صنعتی و با در نظر گرفتن الزامات استاندارد، با بررسی یکصد و دو حالت مختلف و مقایسه با سیال پایه آب انجام شده است. خواص نانوسیالات وابسته به دما و در محاسبه آن‌ها از مدل های تجربی مناسب و معتبر استفاده گردیده است. غالب نتایج حاکی از آن هستند که استفاده از نانوسیال همواره باعث بهبود در عملکرد مبدل حرارتی شده و به‌کارگیری آن در سمت پوسته نسبت به سمت لوله بدون توجه به اندازه مبدل ارجحیت دارد.

Investigation of Using Nanofluid in Horizontal Shell and Tube Heat Exchangers with Different Sizes

Ali Akbar Asadi[1], Mohammad Mahdi Heyhat[2*]

1- Aerospace and Mechanical Engineering Department, Islamic Azad Univesity E-Campus, Tehran, Iran
2- Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
* P.O.B. 14115-111, Tehran, Iran, mmheyhat@modares.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Research Note
Received 15 February 2017
Accepted 01 March 2017
Available Online 03 April 2017

Keywords:
Nanofluid
Shell and tube heat exchanger
Performance Evaluation Criteria
Heat transfer enhancement

ABSTRACT

In the present work, the effect of using four types of nanofluid including alumina/water, titania/water, silver/water, and copper/water, in volume concentrations of 1% to 4% within a shell and tube heat exchanger in three thermal loads has been investigated. This study is done based on investigation of 102 design cases concerning industrial experiences and Tubular Exchangers Manufacturer's Association Standard (TEMA) requirements. The thermo physical properties of nanofluid have been taken as temperature dependent and calculated by use of proper valid experimental formulas. Most of the results show that using nanofluid will always cause enhancement in performance of heat exchanger and utilizing it in shell side is preferable, regardless of the size of heat exchanger.

1- مقدمه

مبدل‌های پوسته و لوله در طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی لوله‌ای[1] قرار گرفته و رایج‌ترین مبدل حرارتی در صنایع مختلف هستند [1-3].

از جمله دلایل مهمی که باعث شده‌اند تا این نوع خاص از مبدل‌های حرارتی تبدیل به پرکاربردترین مبدل در صنعت شود می‌توان به محدوده عملیاتی گسترده فشاری آن‌ها از فشار خلاءِ کامل تا فشارهای در حدود 100 مگاپاسکال، بازه وسیع عملیاتی دمایی از دماهای کرایوژنیک (از 50- تا 200- درجه سانتی‌گراد) تا دمای 1100 درجه سانتی‌گراد، قابلیت ساخت از مواد فلزی و غیرفلزی، قابلیت استفاده در سرویس‌های مختلف فرآیندی، بازه گسترده سطح حرارتی از 0.1 متر مربع تا 100000 متر مربع و قابلیت استفاده از آن‌ها در فرایندهای تک فاز و دو فاز اشاره نمود [3].

همواره محققان به دنبال استفاده و ابداع روش‌هایی نوین جهت کاهش مصرف انرژی بوده‌اند. یکی از این روش‌های نوظهور که از عمرش حدود دو دهه بیشتر نمی‌گذرد، جایگزینی سیال‌های واسط انتقال حرارت قدیمی همچون آب با سوسپانسیونی از آن‌هاست که حاوی ذراتی با اندازه‌ی کوچکتر از 100 نانومتر بوده و به نانوسیال معروفند. حضور این نانوذرات درون سیال پایه با پدیده‌هایی همچون ایجاد پراکنش حرارتی و برهم‌زنی درون سیال پایه همراه است که این سبب بهبود خواص حرارتی از جمله ضریب انتقال حرارت هدایت و همرفت نسبت به سیالات پایه (نظیر آب، اتیلن گلیکول و گلیسیرین) می‌شود [4-9].

[1] Tubular heat exchanger

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

A. A. Asadi, M. M. Heyhat, Investigation of Using Nanofluid in Horizontal Shell and Tube Heat Exchangers with Different Sizes, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 17, No. 3, pp. 455-458, 2017 (in Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.3.8.2]

استفاده از نانوسیال درون انواع مختلف مبدل‌های حرارتی و تجهیزات انتقال حرارت در صنایع مختلفی همچون نیروگاه، تهویه مطبوع، حمل و نقل و زمینه‌هایی همچون انرژی‌های تجدیدپذیر امکان‌پذیر است [4-9].

با توجه به مطالعات صورت گرفته قبلی در خصوص استفاده از نانوسیال درون مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله [10-15]، خلاء مطالعه‌ای جامع که در برگیرنده پاسخ به سوالاتی همچون استفاده از نانوسیال در چه اندازه‌ای از مبدل موثرتر است و این که آیا استفاده از نانوسیال در سمت لوله تاثیرگذارتر است یا سمت پوسته، به چشم می‌خورد. از این‌رو در این مقاله با استفاده از دانش طراحی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله و براساس الزامات استاندارد، به بررسی تفصیلی یکصد و دو طرح مبدل در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ می‌پردازیم. نتایج این تحقیق می‌تواند در راستای عملیاتی کردن استفاده از نانوسیالات در کاربردهای صنعتی مفید واقع گردد.

2- شرح مسئله و روش حل

مبدل‌ها به صورت تک فاز با در نظر گرفتن الزامات فنی و ساخت استاندارد TEMA[1] کلاس C طراحی شده و نوع مبدل حرارتی طبق استاندارد مذکور از نوع BEM در نظر گرفته شده است. مبدل حرارتی پوسته و لوله طبق سه رده بار حرارتی برابر 10 کیلو وات در مبدل نوع کوچک ،40 کیلو وات در مبدل نوع متوسط و 100 کیلووات در مبدل نوع بزرگ دسته‌بندی و جهت مدل‌سازی انتخاب شده اند. مبدل‌ها یک‌بار با سیال پایه آب به‌عنوان سیال سرد طراحی و سپس چهار بار با نانوسیالات مورد اشاره در چکیده به‌عنوان سیال سرد و در چهار غلظت حجمی 1%، 2%، 3% و 4% طراحی شده‌اند.

سیالات سرد یک‌بار در سمت تیوب قرار دارند و یکبار نیز در سمت پوسته مبدل قرار می‌گیرند. بار حرارتی و اختلاف دما در کلیه مبدل‌های هم اندازه (هم نوع) ثابت فرض گردیده‌اند. تیوب‌های مبدل طبق موجودی بازار ایران از نوع ساده و جنس مس/ نیکل 10/90 و طبق استاندارد جداره BWG16 (ضخامت جداره 1.6 میلی متر) بوده و سایر قسمت‌های مبدل از جنس فولاد ضدزنگِ کم کربنِ رده AISI 316 هستند. حداکثر طول لوله قابل استفاده در یک مبدل براساس طول شاخه تیوب موجود در بازار ایران شش متر است، از این‌رو بزرگترین ابعاد مبدل طراحی شده (از تیوب شیت تا تیوب شیت طبق استاندارد) نباید از آن مقدار تجاوز کند. قطر خارجی تیوب‌ها در مبدل سایز کوچک برابر 13 میلی‌متر، در مبدل سایز متوسط برابر 19.05 میلی‌متر و در مبدل سایز بزرگ برابر 25.4 میلی‌متر است. آرایش تیوب‌های مبدل در صفحه نگهدارنده تیوب‌ها به‌صورت مثلثی و با فاصله مرکز تا مرکز استاندارد است. بفل‌ها از نوع تک قطاعه و با برش در محدوده 30% هستند و تعداد و فاصله آن‌ها باید مطابق استاندارد مرجع طراحی باشد. میزان خوردگی مجاز صفر در نظر گرفته شده است و جنس مواد تشکیل دهنده مبدل حرارتی در همه اندازه ها و بارهای حرارتی یکسان است.

در تمامی حالات طراحی، سیال گرم آب دریا بوده که از دمای 43 درجه سانتی‌گراد به دمای 36 درجه سانتی‌گراد می‌رسد. سیال سرد نیز شامل سیالِ خالص آب و چهار نوع نانوسیالاتِ آب/آلومینا، آب/تیتانیا، آب/نقره و آب/مس (مجموعا پنج سیال) است. سیال سرد از دمای 26 درجه سانتی‌گراد به دمای 33 درجه سانتی‌گراد می‌رسد. افت فشار مجاز در مبدل‌حرارتی برابر 70 کیلو پاسکال و فشار کاری مبدل در هر دو سمت برابر 3 بار مطلق در نظر گرفته شوند.

حل مسئله برای هر سه اندازه مبدل مذکور توسط ماژول طراحی مبدل پوسته و لوله توسط نرم افزار تخصصی آسپن هترن[2]، صورت گرفته و مشخصات ترموفیزیکی سیالات گرم و سرد نیز به صورت وابسته به دما و براساس روابط تجربی و کاربردی معتبر، محاسبه و استخراج شده‌اند و از طریق ماژول خواص وارد بانک داده نرم افزار شده است. در هنگام حل به قیود طراحی ذکر شده در صورت مسئله توجه کافی شده است و جهت صحت‌سنجی حل مسئله به کمک نرم‌افزار، با استفاده از روش‌های توصیه شده توسط کاکاک و به‌صورت دستی ضرایب انتقال حرارت محاسبه شده توسط نرم‌افزار صحه‌گذاری گردیده‌اند [3,1].

مقدار متوسط خطای نسبی در سمت پوسته برابر با 1.52% و در سمت لوله برابر با 2.72% است که این اختلاف جزئی به علت دقت بالای الگوریتم نرم افزار می‌باشد.

3- خواص نانوسیال

هر دو دسته خواص ترموفیزیکی ثابت و وابسته به دما با استفاده از روابط معتبر تجربی موجود مورد محاسبه قرار گرفته‌اند به‌طوری‌که از دیدگاه محدوده دما، محدوده غلظت حجمی، و نهایتا نوع نانوسیال، فرمول مورد استفاده کاملا منطبق بر شرایط و شرح مسئله باشد. برای محاسبه دانسیته نانوسیال آب/آلومینا در غلظت‌های حجمی صفر تا 4٪ و دمای 5 تا 40 درجه سانتی‌گراد از رابطه‌ی وابسته به دما که توسط خنافر و وفائی [16] ارائه گردیده استفاده شده است. برای محاسبه دانسیته سایر نانوسیالات از رابطه میکلادیس استفاده شده است [17].

طبق کارهای صورت پذیرفته توسط خنافر و وفایی [16] دو رابطه تجربی با در نظر گرفتن تاثیرات دمایی برای محاسبه دانسیته موثر نانوسیالات آلومینا/آب به دست آمده که به ترتیب در غلظت های حجمی 1٪ و 4٪ قابل استفاده هستند. برای محاسبه ویسکوزیته موثر نانوسیال تیتانیا/آب، رابطه تجربی توسط خنافر و وفایی [16] از طریق برازش منحنیِ تمام کارهای تجربی مشابه در محدوده دمایی 15 تا 35 درجه سانتی‌گراد استفاده گردیده است. برای ویسکوزیته نانوسیال نقره/آب از رابطه گودسون و همکاران که حاصل یک کار تجربی است [18] استفاده شده و ویسکوزیته موثر نانوسیال مس/آب نیز از رابطه تجربی پیشنهاد شده توسط ان گوین و همکاران [19] محاسبه شده است. برای محاسبه ضریب انتقال حرارت هدایت نانوسیالِ آلومینا/آب رابطه‌ای تجربی خنافر و وفایی [16] به‌کار گرفته شده و محاسبه ضریب انتقال حرارت هدایتی نانوسیالات حاوی نانوذرات فلزی واکسید فلزی، نیز از طریق رابطه‌ای تجربی پاتل و همکاران [20] محاسبه گردیده است که برای محاسبه ضریب انتقال حرارت هدایتی تیتانیا/آب، نقره/آب و همچنین مس/آب نیز مورد استفاده قرار گرفته است. محاسبه ظرفیت گرمایی ویژه نانوسیالات از طریق رابطه‌ی تجربی بونجیورنو محاسبه شده که دارای کمترین میزان انحراف طی آزمایشات عملی مختلف بوده است [21]. برای محاسبه جرم مولکولی و حجم مولکولی نانوسیالات از روابط میکلادیس استفاده شده است [17].

4- معیار ارزیابی عملکرد ($P.E.C$)

یکی از مهمترین معیارها جهت ارزیابی عملکرد مبادله‌کننده های حرارتی معیار ارزیابی عملکرد ($P.E.C$)[3] است که طبق رابطه (1) به صورت کسر نسبت‌های (U.A) در حالت استفاده از نانوسیال به سیال پایه، تقسیم بر ($\Delta P.Q$) یا توان هیدرولیک در حالت مشابه، تعریف گردیده است که در حقیقت مبین نسبت افزایش انتقال حرارت در مبدل به نسبت توان هیدرولیک موردنیاز درون مبدل است [23,22].

$$P.E.C = \frac{\frac{(UA)_{\text{nanofluid}}}{(UA)_{\text{basefluid}}}}{\frac{(\Delta P.Q)_{\text{nanofluid}}}{(\Delta P.Q)_{\text{basefluid}}}} \quad (1)$$

5- تفسیر و تحلیل نتایج

در ادامه نتایج مطالعات و تحلیل‌های انجام شده در دو سمت پوسته و لوله (در هر

[1] Tubular Exchangers Manufacturer's Association
[2] Aspen HETRAN
[3] Performance Evaluation Criteria

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.3.8.2]

اندازه مبدل 34 حالت بررسی شده) به طور مجزا ارائه خواهند شد.

5-1- مبدل حرارتی کوچک با بار حرارتی 10 kW

مشخصات کلی مبدل با اندازه کوچک در کلیه حالات به‌کارگیری نانوسیالات شامل قطر خارجی 168mm، تعداد تیوب#48، با قطر خارجی 13mm و آرایش تیوب مثلثی با فاصله مرکز تا مرکز 16.5mm است.

5-1-1- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) در سمت پوسته

در اثر استفاده از نانوسیالات درون مبدل حرارتی سایز کوچک و در سمت پوسته نسبت به سیال پایه، با افزایش غلظت نانوسیال، سطح حرارتی کاهش یافته (ضریب انتقال حرارت کلی متناظر افزایش یافته) و مشخصات هندسی (ابعاد مورد نیاز) از مقدار 1.89 m^2 در سیال پایه تا حداکثر مقدار 1.65 m^2 در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% شده و به همان ترتیب مقدار ضریب انتقال حرارت کل روندی افزایشی داشته و از میزان 583 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از سیال پایه آب تا حداکثر مقدار 667 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% افزایش می‌یابد.

به جز پدیده های اساسی افزایش دهنده انتقال حرارت در نانوسیالات نظیر حرکت براونی [1]، یا تشکیل لایه جامد میان سطحی [2]، از جمله دلایلی که منجر به افزایش ضریب انتقال حرارت کلی و کاهش سطح حرارتی در تمامی اندازه مبدل‌ها و غلظت‌ها، به خصوص در غلظت حجمی 4% شده، بالاتر بودن مقادیر ضریب انتقال حرارت هدایت نانوسیالات نسبت به سیال پایه است. این امر نهایتا ضریب انتقال حرارت بالاتری (h بالاتر)، در هر دو سمت پوسته و لوله (hi و ho) ایجاد و U بالاتری را نتیجه می‌دهد.

5-1-2- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) درون لوله

در اثر استفاده از نانوسیالات درون مبدل حرارتی سایز کوچک و در سمت لوله نسبت به سیال پایه با افزایش غلظت نانوسیال، سطح حرارتی کاهش یافته (ضریب انتقال حرارت کلی متناظر افزایش یافته) و سطح حرارتی (ابعاد موردنیاز) از مقدار 1.96 m^2 در سیال پایه تا حداکثر مقدار 1.69 m^2 در نانوسیال آب/تیتانیا با غلظت حجمی 4% شده و به همان ترتیب ضریب انتقال حرارت کل روندی افزایشی داشته و از میزان 563 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از سیال پایه آب تا حداکثر مقدار 652 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال آب/تیتانیا با غلظت حجمی 4% افزایش می‌یابد.

5-1-3- معیار ارزیابی عملکرد (*P.E.C*) در مبدل حرارتی سایز کوچک با بارحرارتی 10kW

با بررسی *P.E.C* در مبدل کوچک مشخص است نانوسیال آب/نقره در هر دو سمت دارای بیشترین مقدار *P.E.C* در میان نانوسیالات مورد بررسی (مقدار متوسط 1.067 در سمت پوسته و 1.103 در سمت لوله) و نانوسیال مس/آب در هر دو سمت دارای کمترین مقدار *P.E.C* (مقدار متوسط 0.927 در سمت پوسته و 0.877 در سمت لوله) است.

5-2- مبدل حرارتی متوسط با بار حرارتی 40kW

مشخصات کلی مبدل با اندازه متوسط در کلیه حالات به کارگیری نانوسیالات شامل قطر خارجی 168mm، تعداد تیوب#24، با قطر خارجی 19.05mm و آرایش تیوب مثلثی با فاصله مرکز تا مرکز 24mm است.

5-2-1- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) در سمت پوسته

در این اندازه از مبدل هم حداکثر بهبود نسبت به سیال پایه، در غلظت حجمی 4٪ رخ داده و سطح حرارتی از مقدار 4.715 m^2 در سیال پایه تا حداکثر مقدار 3.79 m^2 در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% کاهش یافته و ضریب کل انتقال حرارت از میزان 976 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از آب تا حداکثر مقدار 1160 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال‌آب/نقره با غلظت حجمی 4% افزایش می‌یابد.

5-2-2- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) در لوله

در این اندازه مبدل سطح حرارتی از مقدار 4.91 m^2 در سیال پایه تا حداکثر مقدار 3.79 m^2 در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% کاهش یافته و ضریب کل انتقال حرارت از میزان 937 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از آب تا حداکثر مقدار 1160 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% افزایش یافته است.

5-2-3- بررسی معیار ارزیابی عملکرد (*P.E.C*) در مبدل حرارتی سایز متوسط با بارحرارتی 40kW

مقادیر *P.E.C* برای مبدل سایز متوسط نشانگر این هستند که نانوسیال آب/نقره در هر دو سمت دارای بیشترین مقدار معیار ارزیابی عملکرد (مقدار متوسط 1.25 در سمت پوسته و 1.19 در سمت لوله) و نانوسیال مس/آب در هر دو سمت دارای کمترین مقدار (مقدار متوسط 0.96 در سمت پوسته و 0.916 در سمت لوله) معیار ارزیابی عملکرد درون مبدل حرارتی است. معیار عملکرد هر کدام از نانوسیالات در سمت پوسته نسبت به نانوسیال مشابه در سمت لوله بالاتر است.

5-3- مبدل حرارتی با سایز نسبتا بزرگ با بار حرارتی 100kW

مشخصات کلی مبدل با اندازه متوسط در کلیه حالات به کارگیری نانوسیالات شامل قطر خارجی 219mm، تعداد تیوب#24 ، با قطر خارجی 25.4mm و آرایش تیوب مثلثی با فاصله مرکز تا مرکز 33mm است.

5-3-1- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) در سمت پوسته

بیشترین بهبود در سطح حرارتی مبدل با سایز نسبتا بزرگ و سیال سرد در سمت پوسته،از مقدار 10.4 m^2 در سیال پایه تا حداکثر مقدار 8.37 m^2 در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% به‌صورت کاهشی رخ داده و ضریب کل انتقال حرارت از میزان 1054 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از آب تا حداکثر مقدار 1310 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال مذکور افزایش می‌یابد.

5-3-2- سیال سرد (آب خالص و نانوسیال) در لوله

با توجه به نتایج محاسبات بیشترین بهبود در سطح حرارتی درون مبدل با سایز نسبتا بزرگ و سیال سرد در سمت لوله، از مقدار 10.68 m^2در سیال پایه تا حداکثر مقدار 8.35 m^2در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% به صورت کاهشی رخ داده است. ضریب کل انتقال حرارت از میزان 1027 $Wm^{-2}K^{-1}$ با استفاده از آب تا حداکثر مقدار 1314 $Wm^{-2}K^{-1}$ در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% افزایش می‌یابد.

5-3-3- معیار ارزیابی عملکرد (*P.E.C*) در مبدل حرارتی سایز نسبتا بزرگ با بارحرارتی 100kW

در مبدل با اندازه نسبتا بزرگتر نانوسیال آب/نقره در هر دو سمت پوسته و لوله دارای بیشترین مقدار *P.E.C* (مقدار متوسط 1.256 در سمت پوسته و 1.238 در سمت لوله) و نانوسیال مس/آب در هر دو سمت پوسته و لوله دارای کمترین مقدار *P.E.C* (مقدار متوسط 0.975 در سمت پوسته و 0.963 در سمت لوله) درون مبدل است. با توجه به معیار ارزیابی عملکرد، به کارگیری هر کدام از نانوسیالات در سمت پوسته نسبت به نانوسیال مشابه در سمت لوله بهبود بیشتری را حاصل می‌کند.

6- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این تحقیق تاثیر استفاده از چهار نوع نانوسیال با چهار غلظت حجمی مختلف در

[1] Brownian Motion
[2] Formation of an Interfacial Solid Layer

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.3.8.2]

102 مورد طراحی مختلف مبدل حرارتی پوسته و لوله افقی تک فاز با لوله آلیاژ مس/نیکل 10/90 مورد بررسی قرار گرفت و با سیال پایه آب مقایسه گردید.

به علت خواص حرارتی بهتر نانوسیالات نسبت به سیال پایه نظیر ضریب انتقال حرارت هدایتی بالاتر، در تمامی سایزهای مبدل حرارتی در اثر به کارگیری نانوسیالات کاهش سطح حرارتی مورد نیاز (حداکثر 14%-12 در مبدل کوچکتر، 21%-20 در مبدل متوسط و 22%-21 درمبدل نسبتا بزرگتر) و افزایش در ضریب انتقال حرارت کل (حداکثر 15% در مبدل کوچکتر، 23% در مبدل متوسط و 27% درمبدل نسبتا بزرگتر) با به کارگیری نانوسیالات رخ داده و در غالب حالات بیشترین بهبود در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% رخ داده است.

در هر قسمت اولویت استفاده از نانوسیالات به ترتیب از بیشترین بهبود به کمترین بهبود تعیین گردیده است که در غالب حالات (از بیشترین بهبود تا کمترین آن) اولویت آب/نقره، آب/تیتانیا، آب/آلومینا و آب/مس از غلظت 1% تا 4% صادق است.

مقایسه دو به دو نانوسیالات براساس مقادیر معیار ارزیابی عملکرد (*P.E.C*)، بیانگر این هستند که به کارگیری نانوسیالات در سمت پوسته نسبت به سمت لوله به استثنای سایز کوچک دارای ارجحیت است. همچنین به‌کارگیری نانوسیالات در اندازه‌های بزرگتر باعث بهبود بیشتر (حداکثر تا مقدار *P.E.C* برابر با 1.26 در نانوسیال آب/نقره با غلظت حجمی 4% نسبت به سیال پایه آب) خواهد شد.

تقریبا تمامی نتایج حاصل از این تحقیق نشانگر این هستند که از میان چهار نانوسیال آب/آلومینا، آب/تیتانیا، آب/نقره و آب/مس بهترین خصوصیات انتقال حرارت متعلق به نانوسیال آب/نقره در غلظت حجمی 4٪ است. در سایر نانوسیالات نیز بیشترین بهبود در غلظت 4٪ رخ می‌دهد.

7- مراجع

[1] S. Kakac,H. Liu, *Heat Exchangers:Selection, Rating and Thermal Design*, pp 361-364, New York:CRC Press, 2012.
[2] R.H. Perry, D. W. Green, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, pp 11.33-11.45-364, New York: McGraw-Hill, 1997.
[3] A. Asadi, *Shell and Tube Heat Exchangers Types, Performance, Selection*, pp 65-70, Tehran: Tarrah Publication, 2011. (In Persian فارسی)
[4] E. Ebrahimnia-Bajestan, M. Charjouei Moghadam, W. daungthongsuk, S. Wong, Experimental and numerical investigation of nanofluids heat transfer characteristics for application in solar heat exchangers, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,Vol. 92,No. 1, pp 1041-1052, 2016.
[5] M. Hazbehian, H. Maddah, H. Mohammadiun, M. Alizadeh, Experimental investigation of heat transfer augmentation inside double pipe heat exchanger equipped with reduced width twisted tapes inserts using polymeric nanofluid, *Springer Journal of Heat and Mass Transfer*,Vol. 52, No 11, pp 2515-2529, 2016.
[6] S. Bahrehmand, A. Abbassi, Heat transfer and performance analysis of nanofluid flow in helically coiled tube heat exchangers, *IChemE Journal of Chemical Engineering Research and Design*,Vol. 109, No 5, pp 628-637, 2016.
[7] I.M. Fotowat, S. Fartaj, Transient Response of Minichannel Heat Exchanger Using Al2O3-EG/W nanofluid, *Society of Automotive Engineers Technical Paper*,Vol. 1, No 5, pp 229-239, 2016.
[8] V.Bianco, O. Manca, S. Nardini, K. Vafai, *Heat Transfer Enhancement with Nanofluids* , pp 216-231, New York:CRC Press, 2015.
[9] G. Huminic, A. Huminic, Application of nanofluids in heat exchangers: A review, *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol.16, No. 8, pp. 5625-5638, 2012.
[10] F. Khoddamrezaee, R. Motallebzadeh, D. V. Jajali, Simulation of (EG/Al2O3) nanofluid through the shell and tube heat exchanger with rectangular arrangement of tubes and constant Heat Flux, *Journal of Apllied Sciences* ,Vol. 10, No 6, pp 500-505, 2010.
[11] B.Farajollahi,S.Gh.Etemad,M.Hojjat Heat transfer of nano fluids in a shell and tube heat exchanger, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,Vol. 53, No 1-3, pp 12-17, 2010.
[12] R. Lotfi, A.M. Rashidi, A. Amrollahi, Experimental study on the heat transfer enhancement of MWNT-water nano fluid in a shell and tubeheat exchanger, *International Communications in Heat and Mass Transfer*,Vol. 39, No 1, pp 108-111, 2012.
[13] K.Y. Leong, R. Saidur, T.M.I. Mahlia, Y.H. Yau, Modeling of shell and tube heat recovery exchanger operated with nanofluid based coolants, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,Vol. 55, No 4, pp 808-816, 2012.
[14] J. Albadr, S. Tayal, M. Alasadi, Heat transfer through heat exchange rusing Al2O3 nanofluid at different concentrations, *Case Studies in Thermal Engineering*,Vol. 1, No 1, pp 38-44, 2013.
[15] P. Shahmohammadi, H. Beiki, A numerical investigation of γ-Al_2O_3-water nanofluids heat transfer and pressure drop in a shell and tube heat exchanger, *Transport phenomena in Nano and Micro scales* ,Vol. 4, No 1, pp 29-35, 2016.
[16] Kh. Khanafer, K. Vafai, A critical synthesis of thermophysical characteristics of nanofluids, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 54, No. 19-20, pp. 4410-4428, 2011.
[17] E.E. (Stathis) Michaelides, *Nanofluidics: Thermodynamic and Transport Properties*, pp 91-117, New York:Springer, 2014.
[18] L.Godson, B. Raja, D. M. Lal, S. Wongwises, Experimental investigation on the thermal conductivity and viscosity of silver-deionized water nanofluid, *Experimental Heat Transfer: A Journal of Thermal Energy Generation, Transport, Storage, and Conversion*, Vol. 23, No. 4, pp. 317-332, 2010.
[19] C.T. Nguyen, F. Desgranges, G. Roy, N. Galanis, T. Mar´e, S. Boucher, H.A. Mintsa, Temperature and particle-size dependent viscosity data for waterbased nanofluids–hysteresis phenomenon,*International Journal of Heat and Fluid Flow*, Vol. 28, No. 6, pp. 1492-1506, 2007.
[20] T.Sundararajan Sarit K. Das, H. E. Patel, An experimental investigation into the thermal conductivity enhancement in oxide and metallic nanofluids, *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 1015-1031, 2010.
[21] J.Buongiorno, Convective Transport in Nanofluids, *ASME, Journal of Heat Transfer*, Vol. 128, No. 3, pp. 240-250, 2005.
[22] R.Karwa, C. Sharma, N. Karwa, Performance Evaluation Criterion at Equal Pumping Power for Enhanced Performance Heat Transfer Surfaces, *Journal of Solar Energy* , Vol. 37, No. 8, pp. 23-32, 2013.
[23] R.L.Webb, Performance evaluation criteria for use of enhanced heat transfer surfaces in heat exchanger design, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 24, No. 4, pp. 715-726, 1981.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.3.8.2]