Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

بررسی مبدل‌های حرارتی پوسته لوله، پلیتی و حلزونی جهت استفاده در پالایشگاه گاز و گاز مایع ۸۰۰

سید مهدی موسوی نوایی: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
مهدی حمزه‌ای: استادیار، عضو هیئات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
جواد ذوالفقاری برجویی: رئیس عملیات بهینه‌سازی مصرف انرژی مناطق نفتخیز جنوب

چکیده

یکی از مهمترین مسائل در صنایع نفت و گاز و در مورد مبدل‌های حرارتی، انتخاب نوع مناسب مبدل در واحدهای فرآیندی و پالایشگاه‌ها است. برای موفقیت در انتخاب صحیح نوع مبدل حرارتی مهندسین طراح باید شناخت کافی از نقاط قوت و ضعف انواع مختلف مبدل‌های حرارتی داشته باشند. هدف این تحقیق مقایسه سه نوع از مبدل‌های پرکاربرد در زمینه مبدل‌های حرارتی صنعتی است. بر این اساس در ابتدا به معرفی مبدل‌های پوسته- لوله پرداخته و نقاط ضعف و قوت آنها مورد ارزیابی قرار داده خواهد شد، پس از آن به همین صورت مبدل‌های حرارتی پلیتی و حلزونی را تحت بررسی قرار خواهد گرفت و نتایج را به صورت جداول ارائه خواهد شد. در انتها در خصوص امکان‌سنجی استفاده از مبدل‌های صفحه‌ای و حلزونی در مقابل مبدل حرارتی پوسته لوله واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰ به شماره E-1-805 پرداخته شده است. نتایج نهایی نشان می‌دهد به ترتیب مبدل‌های نوع پلیتی و حلزونی دارای ضریب انتقال حرارت بالاتر در یک سطح ثابت نسبت به مبدل پوسته لوله هستند، همچنین میزان رسوب‌گرفتگی کمتری را به دلیل عدم اغتشاش بیشتر جریان وحذف جریان‌های مرده ایجاد خواهد شد و برای سیالات رسوب گذار مقاومت بهتری را نشان می‌دهند. با این حال مشکل اساسی فشار بالای تولید شده توسط پمپ‌ها در قسمت‌های پوسته و لوله و نیاز فرآیندی در واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰ است، که امکان جایگزینی بدون تغییرات اساسی در کل پالایشگاه را غیر ممکن می‌سازد. همچنین حجم بالای سیال NGLو پروپان و فشار بالا از دیگر مشکلات استفاده از مبدل‌های حرارتی نوع پلیتی و حلزونی است.

.

واژگان کلیدی: مبدل‌های حرارتی پوسته- لوله‌ای، ضریب انتقال حرارت، مغشوش کننده، افت فشار

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

مقدمه

مبدل‌های حرارتی پوسته لوله در بین خانواده بزرگ مبدل‌های حرارتی بیشترین استفاده را دارند. این نوع مبدل‌ها به دلیل استفاده فرآوان در نیروگاه‌ها، پتروشیمی‌ها، پالایشگاه‌ها و صنعت نفت و گاز از قدیم مورد توجه طراحان و مهندسین بوده‌اند[۱]. با اینکه مبدل‌های پوسته و لوله معمولی سابقه طولانی و موفق در صنعت داشته‌اند، ولی این تجهیزات دارای مشکلات و محدودیت‌های عملیاتی هستند. پایین بودن میزان ضریب انتقال حرارت در سمت پوسته این مبدل‌ها به نحوی است که احتمال بوجود آمدن نواحی مرده و در نتیجه رسوب در آنها زیاد است. همچنین میزان افت فشار به ازای ضریب انتقال حرارت و ایجاد لرزش در دسته لوله‌ها بالا است. مبدل‌های پوسته لوله‌ای قابلیت کاربرد در محدوده‌های وسیع از فشار و دما را دارند. لذا دست طراحان را در استفاده از آنان باز گذاشته است. در این مقاله علیرغم محبوبیت‌ها و محدودیت‌هایی که برای مبدل‌های حرارتی پوسته لوله بیان شد. امکان سنجی جایگزینی مبدل‌های نوع دیگر از جمله پلیتی و حلزونی را برای واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰ اهواز به شماره تگ نامبر E-1-805 را تحلیل و نتایج آن ارائه شود.

آشنایی با مبدل‌های حرارتی:

مبدل‌های‌حرارتی تجهیزات پرکاربردی هستند که در صنایع مختلف اعم از صنایع فرآیندی، صنایع شیمیایی و نفت، حمل و نقل، سرماسازی و تهویه مطبوع به منظور تبادل حرارتی بین دو سیال مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی (واحدهای نظیر اتمسفریک و خلأ، شکست حرارتی و هیدروکراکینگ، تولید هیدروژن، واحدهای اتیلن)، صنایع تولید برق (نیروگاهای تولید برق هسته‌ای، بخاری و سیکل ترکیبی)، صنایع تولید کاغذ، تأسیسات فراساحل، مبدل‌های پیش‌گرمکن، مبدل‌های حرارتی گاز-گاز، خنک کننده‌های بعد ازکمپرسور، مبدل‌های خوراک و محصول راکتور، ریبویلر و کندانسورهای مبدل‌های حرارتی به وفور یافت می‌شوند. نیاز صنایع به بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی که در نتیجه بازیابی حرارت جریان‌های گرم به سیالاتی که باید از یک دمای پایین به یک دمای بالا برسند و بلعکس، کاربرد و توسعه مبدل‌های حرارتی را افزایش داده است. مبدل‌های حرارتی علاوه بر قابلیت انتقال حرارت در هرکدام از صنایع می‌بایست ویژگی خاصی نیز داشته باشند؛ به عنوان مثال در صنایع هوایی سبک بودن آن و در صنایع فرایندی قابلیت کار آن با انواع مختلف سیالات با درجات جرم زایی مختلف مد نظر است. نیاز به ویژگی‌های متفاوت در کاربردهای متنوع منجر به توسعه و کاربرد انواع مختلف از مبدل‌های حرارتی شده است.

مبدل های حرارتی پوسته – لوله

آشنایی با مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله

مبدل حرارتی پوسته و لوله پرکاربردترین نوع مبدل در صنعت است. بر طبق ارزیابی که در اروپا انجام شده است، حدود ۵۰ درصد بازارهای مبدل‌های حرارتی به مبدل‌های پوسته و لوله تعلق دارد [۲]. مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله از لوله‌هایی که در پوسته استوانه‌ای بزرگ نصب شده‌اند، تشکیل شده‌اند. یکی از سیالات گرم و یا سرد بنا به نیازهای فرآیندی درون لوله‌ها و دیگری درون پوسته جاری می‌شود و بدین وسیله دو سیال با یکدیگر تبادل گرمایی دارند. برای دستیابی به نرخ انتقال حرارت بالاتر درون پوسته در تقابل با انواع مختلفی از بافل‌ها مانند بافل‌های قطاعی، میله‌ای و ... به اشکال مختلف وجود دارد که در این قسمت مورد بررسی قرار نخواهند گرفت. در این نوع مبدل بدون

www.SID.ir

Archive of SID

اینکه اجزای پیچیده‌ای لازم باشد، دستگاه‌هایی با ابعاد مختلف که قابلیت کار تا فشار ۴۰۰ بار و دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد را داشته باشند، ساخته می‌شود. ساختار محکم و ایمن، قابلیت ساخت از مواد مختلف و کار با سیالات متنوع، قابلیت اعتمادپذیری در حین کار، وجود استانداردهای مدون در طراحی و برخورداری از تجربه موفق عملیاتی از جمله دلایلی است که مبدل پوسته و لوله را به پرکاربردترین نوع مبدل تبدیل کرده است. به رغم محبوبیت عمومی و کاربرد گسترده مبدل پوسته و لوله مواقعی وجود دارد که باید تمهیداتی در جهت بهبود عملکرد آن اندیشیده شود. عمده این کارها برای دستیابی به انتقال حرارت بهتر به ازای افت فشار کمتر و به شیوه‌های گوناگون همچون تغییر بافل‌ها صورت می‌گیرد.

ساختمان مبدل های حرارتی پوسته-لوله

مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله از لوله‌های دایره‌ای قرار گرفته در یک پوسته استوانه‌ای ساخته می‌شوند که لوله‌ها موازی با پوسته می‌باشند. یک سیال در داخل لوله‌ها جریان دارد و سیال دیگر از روی دسته لوله‌ها در عرض و در طول محور مبدل و پس ازعبور از روی بافل‌ها به حرکت خود ادامه می‌دهد. اجزاء اصلی این مبدل‌ها از نظر استاندارد TEMA به سه قسمت کله جلویی، پوسته و کله عقبی تقسیم‌بندی می‌شود.

اطلاعات فنی مبدل حرارتی پوسته لوله‌ای مورد بررسی

در این مطالعه که مربوط به یک مبدل حرارتی پوسته لوله‌ای در واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰ است. وظیفه فرآیندی آن گرم نمودن سیالNGL می‌باشد. پروپان در قسمت پوسته وNGL برای جریان در لوله‌ها طراحی شده است و مشخصات هندسی و فرآیندی آن در جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است. سیال پروپان با گذر از بافل‌های تک برشه جریانی را بوجود می آورد که نتیجه آن کاهش دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه‌ای سیال پروپان و انتقال گرما به لوله‌ها که این انتقال باعث می‌شود تا سیال عامل به میزان ۱۳ درجه افزایش دما دهد. سیال NGL داخل لوله‌ها توسط یک پمپ با فشارکاری ۱۱۷۹ Psi وارد کله جلویی[۲] مبدل شده و با گذر از درون لوله‌ها و بالا رفتن دمای آن در محدوده۱۰ الی ۱۵ درجه سانتی گراد مبدل را ترک می‌کند. که این مطلب همان نتیجه‌ای است که مبدل پوسته لوله‌ای واحد ۸۰۰ به واسطه آن توسط شرکت پارسونس[۳] طراحی و ساخته شده است. سیال پروپان توسط یک سه راهی نامساوی ۸ به ۶ اینچ در مسیر خروجی ریبویلر به سمت درام افزایش مایعات پروپان، وارد مبدل مورد مطالعه شده و توسط یک لاین ۶ اینچ از قسمت انتهایی پوسته خارج و به سمت اکونومایزر فشار بالا ارسال می‌شود.

جدول (۱) مشخصه‌های فیزیکی و هندسی مبدل پوسته و لوله واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰

[2]- Stationary Head
[3]- Parsons Company

www.SID.ir

Archive of SID

مزایا و محدودیت‌های مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله با بافل‌های قطایی:

مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله به مانند دیگر تجهیزات مورد استفاده در صنعت دارای مزایا و محدودیت‌های خاصی هستند. لذا طراحان در ابتدا با در نظر گرفتن محدودیت‌های فرآیندی، دما، فشار، هزینه و موقعیت جغرافیایی نوع مبدل جهت بهره‌برداری را انتخاب، و پس از طراحی مهندسی، فاکتورهای بهینه‌سازی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند[۳-۴].

جدول (۲) مزایا و محدودیت‌های مبدل‌های پوسته و لوله با استفاده از بافل‌های قطایی

مزایا	محدودیت‌ها
قابلیت کاربرد در محدوده‌های وسیع از فشار و دما	راندمان و ضریب انتقال حرارت در سمت پوسته متوسط
حداکثر فشارکاری در پوسته ۳۰۰ و لوله‌ها ۱۴۰۰بار	پتانسیل تشکیل رسوب در قسمت پوسته
محدوده دمایی از منفی ۱۰۰درجه تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد	ایجاد نواحی مرده بین دو سیال مجاور که باعث مشکلات دیگر می‌شود
بهره برداری آسان و ساختمان نه چندان پیچیده و تنوع زیاد	ایجاد ارتعاش در دسته لوله به واسطه حرکت زیگزاگ بالا است
محبوبیت و کاربرد فرآوان در صنعت و تجربه موفق عملیاتی	برای جریان‌ها با رسوب بالا مناسب نبوده و به سرعت از سرویس خارج می‌شوند
ساختار محکم و ایمن و کارهای تعمیراتی آسان و ساده است	افت فشار در سمت پوسته بالا است و هزینه پمپاژ را افزایش میدهد
قابلیت ساخت از مواد مختلف و کار با سیالات متنوع	اشغال فضای دو و یا سه برابری در مقایسه با مبدل‌های پلیتی و حلزونی
در حین عملیات و تکنولوژی آن در دسترس است	هزینه تعمیرات نسبتا" بالا

Dimension	Value	Properties	Shell Side	Tube Side
Heat Exchanger Type	**BFS**	**Fluid**	**Propane**	**NGL**
Shell inside Diameter (mm)	675	Mass flow (Kg/h)	53312	86046
Shell outside Diameter	650	Vapor	*******	*******
Number of tube	446	Liquid (Kg/h)	53312	86046
Tube length/mm	6096	Inlet -Temperature	65.56	35.56
Tube OD (mm)	19.051	outlet-Temperature	43.33	48.89
Tube layout	Triangle	Operating Pressure	24.48	81.9
Baffles – Cross	Segmental	Density (kg/m3)	479.5	900
Baffle – cut%	30	Fouling factor (m2 .k/w)	0.00018	0.00026
No of baffles	11	*******	*******	*******

قابلیت اعتمادپذیری و وجود استانداردهای مدون در طراحی	ایجاد جریان نشت در قسمت اتصال پوسته به بافل‌ها و بافل‌ها به لوله‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

مبدل‌های حرارتی پلیتی:

آشنایی با مبدل‌های حرارتی پلیتی

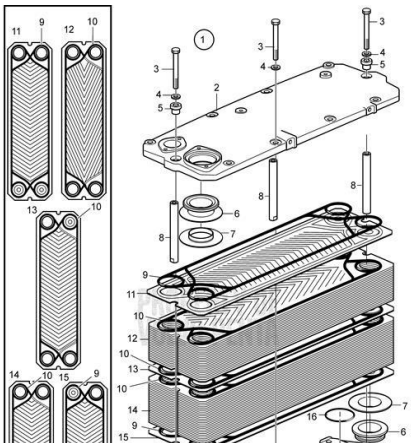
صفحات اصلی، ورق‌های فلزی نازک با طرح موجدار می‌باشند که به دقت به یکدیگر فشرده شده‌اند. یک سمت هر صفحه، دارای یک واشر محیطی کلی می‌باشد. واحد کلی (Unit)، از یک تعداد از چندین صفحه که روی یک قاب نصب شده‌اند تشکیل می‌شود. صفحات با گیره به یکدیگر محکم شده‌اند و فضای بین صفحات مجاور یک کانال جریان را تشکیل می‌دهد. سیستم آنچنان مرتب شده است که جریان سیال‌های سرد و گرم یک در میان در کانال‌ها جریان می‌یابد. دریچه‌هایی در چهار گوشهٔ هر صفحه، دو سیال را به داخل کانال‌های جریان جهت می‌دهند. شکل (۱) یک طرح عمومی جریان و شماتیک گسترده شده از یک واحد از این نوع مبدل را نشان می‌دهد.

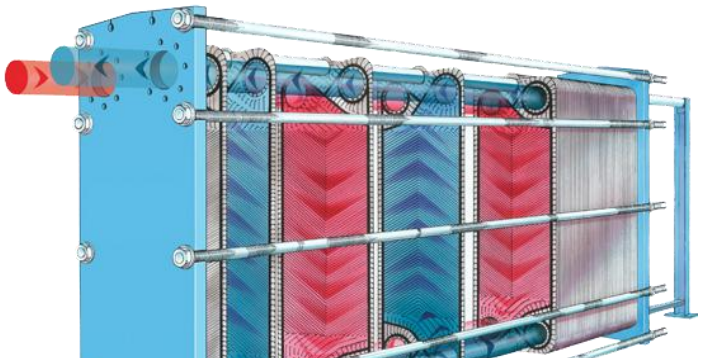
امتیاز ثبت این نوع مبدل‌ها از اواخر دههٔ ۱۸۷۰ وجود داشته است و یک ثبت اختراع آلمانی در ۱۸۹۰ در ارتباط با «بهبود مبدل‌های حرارتی پلیتی» منتشر شد. کاربرد مبدل‌های حرارتی پلیتی خیلی زیاد نبود تا اینکه دکتر ریچارد سلیگمان اولین طرح تجاری موفق از این نوع مبدل‌ها را در ۱۹۲۳ معرفی کرد. صفحات اصلی از ریخته‌گری مفرغ (ترکیبی از مس و قلع و روی) حاصل شده بودند. در اوایل ۱۹۳۰ صفحاتی از پرس کردن ورق‌های نازک فولاد ضدزنگ تولید شدند. هرچند طراحی اولیه تقریباً بدون تغییر باقیمانده است، اما توسعه مداوم در بیش از ۶۰ سال، دما و فشار عملیاتی را تا $180\ ^{\circ}C$ و ۳۰bar افزایش داده است. این توسعه شامل تولید صفحات بزرگ‌تر در یک محدوده وسیع از فلزات مختلف می‌شود. واشرهایی از جنس پنبه نسوز متراکم شده را می‌توان تا دمای بالاتر از $260\ ^{\circ}C$ مورد استفاده قرار داد. در ابتدای کاربرد، این مبدل‌ها در صنایع غذایی، برای تولید نوشیدنی‌ها و در صنایع لبنی به علت نیاز به رعایت قوانین بهداشتی بکار می‌رفت. با حفظ کاربرد در صنایع مواد غذایی، با رشد و شناخت خصوصیات منحصر به فرد مبدل‌های حرارتی پلیتی، امروزه آنها در یک محدوده وسیعی از کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌دهیم. در موارد زیادی جایگزین مبدل‌های پوسته- لوله شده‌اند که با رضایت زیاد از مبدل های حرارتی پلیتی همراه بوده است.

باتوجه به امکان ایجاد تنوع در این مبدل‌ها با طراحی صفحات و آرایش‌های مختلف، آنها می‌توانند برای وظایف گرمایی متفاوتی مناسب باشند. طراحی مبدل‌های حرارتی پلیتی بسیار تخصصی است. برخلاف مبدل‌های حرارتی لوله‌ای که برای آنها داده‌ها و روش‌های طراحی به سادگی در دسترس هستند، طراحی مبدل‌های گرمایی صفحه‌ای، همچنان ماهیتاً اختصاصی (در انحصار و تملک شرکت‌های تولیدکننده و اکثرا خارجی) است.

ساختمان مبدل های حرارتی پلیتی:

یک مبدل حرارتی پلیتی نمونه، در نمایی که قطعات از یکدیگر باز شده‌اند، در شکل (۱) نشان داده شده است. اجزاء چهارچوب عبارتند از صفحه ثابت، صفحه فشار،تجهیزات فشار و مجاری اتصال دهنده.





www.SID.ir

Archive of SID

مزایا	محدودیت ها

شکل (۱) مبدل حرارتی صفحه‌ای و چگونگی فرآیند تبادل حرارت در تیغه‌های فلزی

مزایا و محدودیت ها مبدل های حرارتی پلیتی نسبت به مبدل های پوسته لوله:

همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شده است مبدل‌های پلیتی بصورت ویژه‌ای فشرده هستند و در نرخ انتقال حرارت مشابه، فضای محدودتری در مقایسه با مبدل‌های پوسته لوله دارند جدول (۳)، ضمن اینکه حجم کم و وزن کمتر و به طبع آن هزینه‌های کمتر در ساخت و بهره‌برداری و نگهداری را به همراه دارد. البته این نوع مبدل مانند همه تجهیزات صنعتی دارای محدودیتهائی هستند[۵]. علت اصلی عدم پیشرفت در استفاده از این نوع مبدل‌ها محدودیت ساخت صفحات بزرگ به جهت محدودیت در پرسکاری و ساخت صفحات می‌باشد. که عملاً مبدل‌های حرارتی با اندازه‌های بزرگتر قابل ساخت نیست، یعنی در واقع بصرفه اقتصادی هم نیستند. دبی‌های بزرگ جریان، باعث افت فشارهای اضافی خواهد شد که از این منظر باعث محدودیت در ظرفیت گرمائی می‌شود که در مرتبه بالاتر طراحی واشرها به ترتیبی نیست که در فشار و دماهای بالاتر بتوان از این نوع مبدل‌ها سود برد.

جدول (۳) مزایا و محدودیت‌های مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

www.SID.ir

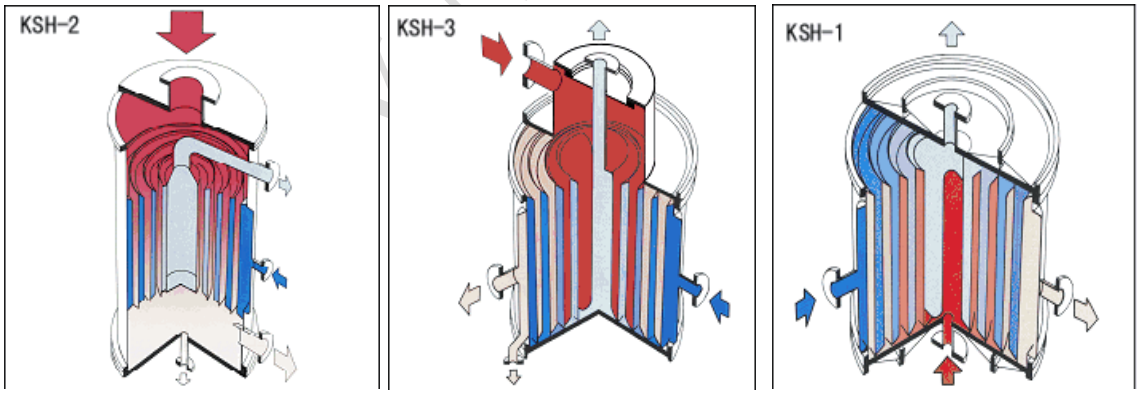
Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

انتقال حرارت بهینه تر به دلیل درهم بودن جریان و کوچکی قطر هیدرولیکی	حداکثر فشار کارکرد ۲۵ بار و حداکثر دمای طراحی ۱۸۰ درجه سانتیگراد
سطح انتقال حرارت نسبت به حجم تقریبا بالا	پیچیدگی کانالهای جریان باعث افزایش ضریب اصطحکاک میشود
قطر هم ارزی کم و فقدان نشتی جریان	حداکثر نرخ جریان ۳۶۰۰ m3/h
اندازه مناسب و فضای کمتری را اشغال میکنند	سطح انتقال گرما در بازده ۲۲۰۰ - ۰.۱ m2
آشفتگی بالا، زمان اقامت پایین و عدم وجود نواحی ساکن	ضریب انتقال گرما در بازده ۷۵۰۰-۳۵۰۰ w/m2k
اتلاف حرارتی قابل صرف نظر است و عدم نیاز به عایق کاری	برای سیال با لزجت بالا قابل استفاده نیست
صفحات در مقابل تنش حرارتی پایدار و بدون ارتعاش هستند	حضور عیوب آبندی در صورت تعمیرات و باز و بسته شدن
فضای مرده در این مبدلها وجود ندارد	استفاده کم و محدود در صنعت و عدم آشنایی اکثر تکنسین ها
راندمان بالا	ساخت انحصاری و سازندگان خاص و محدود

آشنایی با مبدل‌های حرارتی حلزونی:

مبدل صفحه حلزونی برای نخستین بار در سال ۱۹۳۰ توسط کرت روزنبلاد سوئدی برای بازیافت انرژی از آب آلوده حاصل از کارخانه کاغذسازی به کار گرفته شد[۶]. در سال ۱۹۷۰ مینتون با ارائه الگوریتم طراحی بر اساس فاکتور مجموع، تحول خاصی در طراحی این مبدل‌های حلزونی ایجاد نمود. در سال ۲۰۰۳ دونگوو روابطی برای محاسبه ابعاد هندسی این مبدل ارائه نمود. مبدل‌های حلزونی از لحاظ شکل جریان در درون مبدل به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند.۱- مبدل‌های ۱- جریان حلزونی- جریان حلزونی ۲- مبدل جریان حلزونی- جریان محوری ۳- مبدل ترکیب جریان حلزونی با جریان محوری.



شکل (۲) چگونگی آرایش فرآیندی و نحوه جریان در مبدل‌های حرارتی حلزونی

ساختمان مبدل های حرارتی حلزونی:

صفحه‌ای حلزونی با پیچاندن دو صفحه بلند موازی به شکل یک حلزونی و با استفاده از مندرل و جوش دادن لبه‌های صفحات مجاور به صورتی که یک کانال را تشکیل دهند تشکیل می‌شوند. در هر یک از دو مسیر حلزونی یک جریان

www.SID.ir

Archive of SID

ثانویه ایجاد می شود که انتقال حرارت را افزایش و تشکیل رسوب را کاهش می دهد. این نوع مبدل‌های حرارتی بسیار فشرده هستند. سطح انتقال حرارت برای این مبدل‌ها، در محدوده ۰.۵ تا ۵۰۰ میلیمتر مربع می‌باشد. حداکثر فشار کارکرد ۲۵ بار و دمای ۲۶۰ درجه سانتیگراد در این مبدل‌ها به دلیل وجود واشرها محدود می‌شود[۷]. این نوع مبدل بیشتر در کاربرد سیال لجن آلود، مایعات لزج و مایعاتی با ذرات جامد معلق شامل ذرات بزرگ و جریان دو فازی مایع – جامد استفاده می‌شود .چون این مبدل ها توانایی زیادی در خود تمیز کنی و کم کردن رسوب‌گیری دارند از معایب و مزایای این نوع از مبدل‌ها می‌توان به موارد مندرج در جدول (۴) اشاره کرد.

مزایا و محدودیت‌ها مبدل‌های حلزونی در مقایسه با مبدل‌های پوسته و لوله:

همانگونه که در شکل (۲) نشان داده شده است مبدل‌های حلزونی بصورت ویژه‌ای فشرده هستند به مانند مبدل‌های پلیتی اما نوع چیدمان و هندسه متفاوتی دارد و در نرخ انتقال حرارت مشابه، فضای محدودتری در مقایسه با مبدل‌های پوسته لوله دارند ضمن اینکه حجم کم و وزن کمتر و به طبع آن هزینه‌های کمتر در ساخت و بهره‌برداری و نگهداری را به همراه دارد. البته این نوع مبدل مانند همه تجهیزات صنعتی دارای محدودیت‌هائی هستند. علت اصلی عدم پیشرفت در استفاده از این نوع مبدل‌های در صنایع، محدودیت در تامین متریال که قابلیت ورق شدن و شکل‌دهی سرد را دارا باشد بیان شده است. دبی‌های بزرگ جریان باعث افت فشارهای اضافی خواهد شد که از این منظر باعث محدودیت در ظرفیت گرمائی می‌شود که در مرتبه بالاتر طراحی واشرها به ترتیبی نیست که در فشار و دماهای بالاتر بتوان از این نوع مبدل‌ها سود برد.

جدول (۴) مزایا و محدودیت‌های مبدل‌های حرارتی حلزونی

مزایا	محدودیت ها
بزرگ بودن قطر هیدرولیکی کانال نسبت به قطر لوله	ساخت انحصاری و سازندگان خاص و محدود
مناسب برای سیالات با ویسکوزیته بالا و یا دوغابی	استفاده کم و محدود در صنعت و عدم آشنایی اکثر تکنسین ها
رسوب گذاری کم و راندمان بالا	محدویت درتامین متریال در ساخت و روش تولید سرد
به دلیل فشردگی ابعاد و اندازه‌ها کوچک است	محدودیت دما و فشار
آشفتگی بالا، زمان اقامت پائین و عدم وجود نواحی ساکن در کانال‌های	به علت کاربرد لاستیک در آب بندی ها با گذشت زمان مشکل ساز میشود
ضریب انتقال حرارت بالاتر در یک سطح مساوی برای هر دو سیال	محدودیت در ضریب انتقال حرارت ۷۰۰-۲۵۰۰ W/M^2K
مونتاژ و تعمیرات نه چندان پیچیده	حداکثر فشار کارکرد ۳۰ بار و حداکثر دمای طراحی ۲۶۰ درجه سانتیگراد
مقاومت بالا در برابر تغییرات ناگهانی دما با وجود رسوب	سطح انتقال گرما در بازده m^2 ۰.۱ -۸۰۰

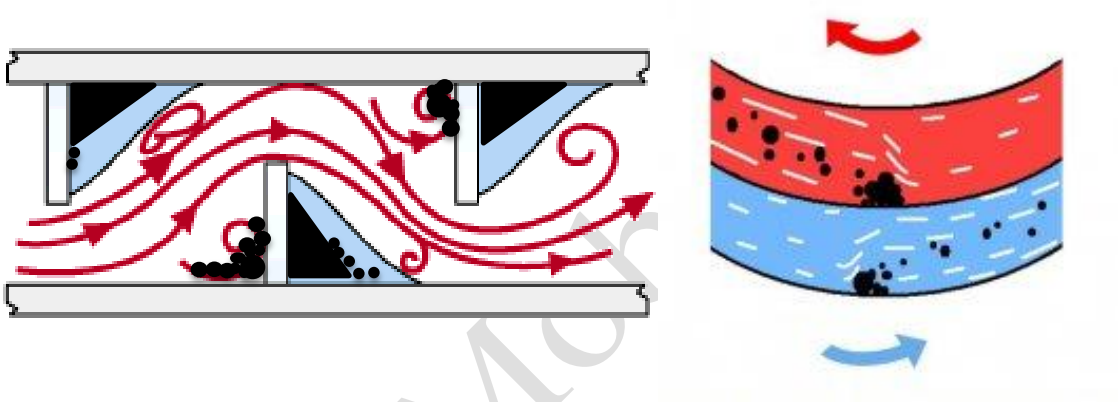
www.SID.ir

Archive of SID

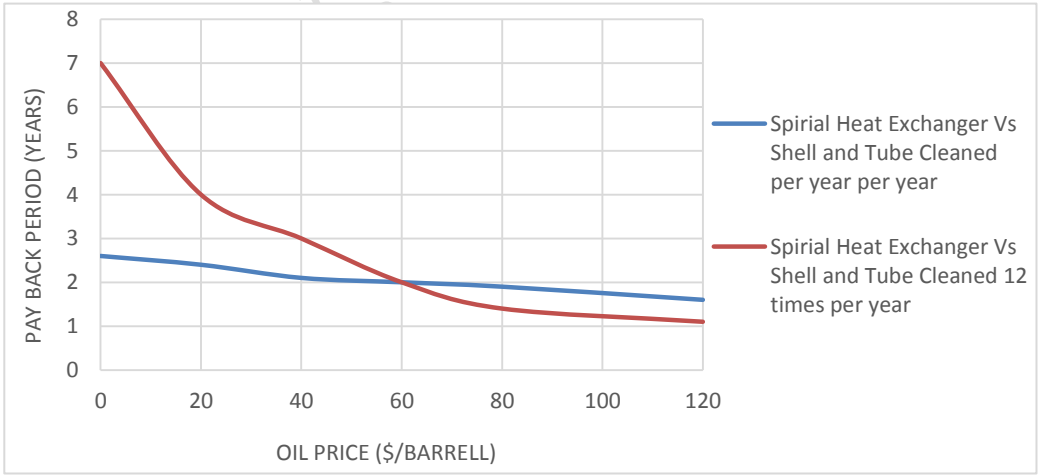
مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

نمودار تغییرات جریان و رسوب گرفتگی در مبدل‌های حرارتی پوسته لوله و حلزونی:

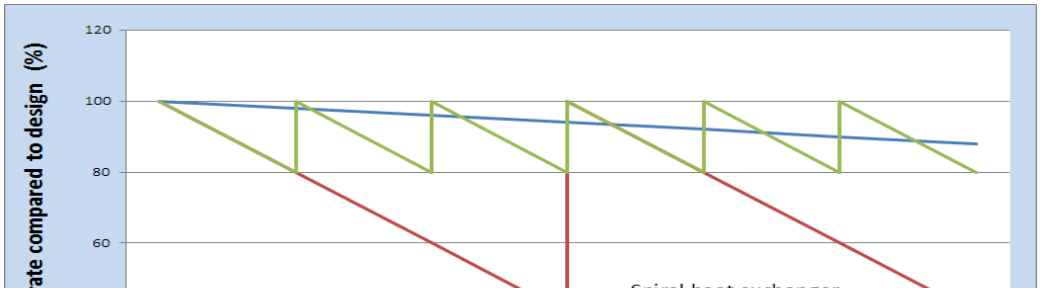
مکانیسم جرم‌گیری در مبدل‌های پوسته لوله و مبدل‌های حلزونی در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به وجود نواحی مرده در جریان‌های درون پوسته پتانسیل تشکیل رسوب بسیار بالا نشان می‌دهد در صورتی که در مبدل‌های حلزونی به دلیل شکل هندسی خاص و جریان مغشوش‌تر رسوبات در بازده زمان طولانی‌تری تشکیل می‌شوند. همچنین با توجه به اطلاعات بدست آمده از شرکت‌های سازنده مبدل‌های حرارتی شکل (۵) میزان جرم‌گیری در مبدل‌های پوسته لوله با توجه به مطالب اشاره شده و پتانسیل بالای رسوب گرفتگی، بسیار بالاتر از مبدل‌های حرارتی در نوع حلزونی است.



شکل (۳) مقایسه مکانیسم تشکیل رسوب در مبدل‌های حرارتی پوسته لوله و حلزونی



شکل (۴) دوره برگشت سرمایه در مبدل‌های حرارتی پوسته لوله و حلزونی



www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۵) مقایسه نیاز تعمیراتی سالیانه در مبدل‌های حرارتی پوسته لوله و حلزونی

نتایج و بحث:

۱- همانگونه که در جدول (۱) و (۲) نشان داده شده است در صورت جایگزینی مبدل پلیتی و یا حلزونی به جای مبدل حرارتی پوسته لوله قیمت تمام شده مبدل به دلیل اندازه کوچکتر و متریال کمتر مناسب‌تر خواهد بود

۲- مبدل‌های نوع پلیتی و حلزونی با توجه به ایجاد جریان مغشوش‌تر و حذف نواحی مرده مقاومت بیشتری در برابر رسوب‌گذاری از خود نشان می‌دهند و همانگونه که در شکل (۵) نشان داده شده است در یک فرآیند ثابت و در یک دوره یک ساله میزان جرم گرفتگی و نیاز به تعمیرات و رسوب زدایی به مراتب کمتر از مبدل حرارتی پوسته لوله است

۳- ضریب انتقال حرارت در یک سطح مساوی در مبدل‌های نوع پلیتی و حلزونی بیشتر از مبدل‌های نوع پوسته لوله است که این امتیاز به دلیل نوع چیدمان و نحوه گردش جریان در مبدل است

۴- همانگونه که در جدول (۱) نشان داده شده است مبدل‌های پوسته لوله دارای ساختمان نه چندان پیچیده و بهره‌برداری آسان، با قابلیت اعتمادپذیری بالاتر درحین عملیات نسبت به مبدل پلیتی و حلزونی است، همچنین در مقابل مبدل‌هایی که در ساختمان آنها از واشر و آبند استفاده شده است مقاومت بیشتر و ساختمان محکمتری دارد، این نوع مبدل‌ها در محدوده وسیعی از فشارها و دماها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵- در خصوص مبدل E-1-805 واحد گاز و گاز مایع ۸۰۰ با توجه به محدوده فشاری ۸۰ بار و حجم بالای سیال پمپ شده به مبدل پوسته لوله، علیرغم امتیازات فرآوان در مبدل‌های نوع پلیتی و حلزونی که در جداول‌های (۳) و (۴) نشان داده شد. تنها به دلیل محدودیت در فرآیند و فشارهای بالاتر از محدوده‌کاری این نوع تجهیزات امکان جایگزینی در حال حاضر ناممکن به نظر می‌رسد اما نتایج و تلاش‌های صورت گرفته در این پژوهش قابل استفاده در کلیه صنایع پالایشگاهی و نفت و گاز می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر مهدی حمزه‌ای، استاد فرزانه خویش قدردانی و تشکر نمایم. بی شک انجام این مقاله بودن راهنمایی‌های ارزنده ایشان برایم میسر نبوده، همچنین این تحقیق با همکاری شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب انجام شده است و اطلاعات و داده‌های آن مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. در پایان از همکاری و همراهی صمیمانه آقایان سعید عالیوند، جواد ذوالفقاری، محسن سپهرنیا، دکتر جمشید نژاد و سرکار خانم قیصری تشکر و قدردانی می‌نماید.

مراجع:

[1]Shah RK, Sekulic D. Fundamentals of Heat Exchanger Design. Wiley,New York, NY 2003
[2]Kays WM. Compact Heat Exchangers, Third Edition: Mc Graw Hill, London, EUA 1984
[3]Panchal CH, International Conference on Compact Heat Exchangers and Enhanced Technology for the Process Industries, Canada, Begell House, New York 1999.
[4] جعفری-نصر م, همّت آ, سالم ا. الگوریتم طراحی سریع و بررسی شاخصهای کارکرد فناوری جدید مبدل‌های حرارتی با لوله‌های پیچشی درصنایع نفت. پژوهش نفت ۱۳۹۰
[5] محمد رضا جعفری نصر, آزاده کلانتری. انتخاب سطح و طراحی مبدل حرارتی پلیتی- فین با استفاده از روش الگوریتم طراحی سریع
[6] محمد رضا جعفری نصر, امیر حسین صبوری شیرازی. الگوریتم مبدل‌های حرارتی صفحه حلزونی . یازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران ۱۳۸۵.
[7]Minton P E, Designing Sprial-Plate Heat Exchanger, Chemical Engineering 1970.

www.SID.ir