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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

تشریح اجمالی مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار آلومینیومی در فرآیندهای کرایوژنیک

مریم تمیمی: کارشناس ارشد مهندسی شیمی- طراحی فرآیند، شرکت کولر هوایی آبان. شرکت کولر هوایی آبان.
m.tamimi@abanaircooler.com

چکیده

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار به عنوان یکی از فشرده‌ترین و پربازده‌ترین مبدل‌های حرارتی موجود در صنعت است. ویژگی‌هایی نظیر بازده حرارتی بالا، فشردگی ساختاری، وزن کم و هزینه‌های نصب، راه اندازی و عملیاتی کم این نوع مبدل‌ها را از سایر انواع مبدل‌ها متمایز ساخته است. راندمان بالای مبدل‌های حرارتی بر سودآوری و اقتصادی شدن فرآیند تولید، تأثیر بسزایی دارد. نسبت سطح به حجم در این نوع مبدل‌ها در حدود ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر مربع بر متر مکعب است که در مقایسه با نسبت سطح به حجم مبدل‌های پوسته و لوله با میزان ۴۰ تا ۷۰ متر مربع بر متر مکعب قابل مقایسه نیست. این نوع مبدل از تعداد زیادی صفحات افقی و موازی باهم تشکیل شده‌اند که در بین آنها سطوح میانی یا ثانویه انتقال حرارت که اصطلاحاً پره نامیده می‌شود، قرار می‌گیرد. وجود پره‌ها در این مبدل‌ها جهت فرآهم آوردن سطوح گسترده بوده و سبب افزایش سطح انتقال حرارت و بازده حرارتی می‌شوند. از ویژگی‌های منحصر به فرد این نوع مبدل قابلیت پشتیبانی از بیش از ۱۲ جریان فرآیندی و قابلیت کارکرد در تقارب دمایی پایین است. کاربرد اصلی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار به طور گسترده در فرآیندهای کرایوژنیک نظیر تولید گازهای صنعتی و مایع‌سازی گازهای فرآیندی نظیر گاز طبیعی مایع و همچنین فرآیندهای غیر کرایوژنیک نظیر صنایع پتروشیمی است. در تحقیق حاضر به دلیل بازده بالا و کاربرد وسیع به بررسی جز به جز این مبدل به همراه تشریح ساختار این مبدل پرداخته و ویژگی‌های منحصر به فرد این مبدل نظیر وزن کم، فشردگی زیاد، بازده بالا و ... معرفی می‌گردند.

واژگان کلیدی: مبدل حرارتی، کرایوژنیک، مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار، پره، بازده بالا، صفحات توزیع کننده.

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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

۱- مقدمه

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار، به عنوان یکی از پر بازده‌ترین انواع مبدل‌های حرارتی شناخته می‌شوند. طراحی و ساخت مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار نخستین بار در سال ۱۹۶۱ توسط لنفاستی صورت پذیرفت[۱]. این مبدل زمانی که محدودیت فضا وجود دارد، ترجیح داده می‌شود[۲,۳]. این مبدل به عنوان یکی از انعطاف‌پذیرترین انواع مبدل شناخته شده که قابلیت پشتیبانی از ۱۲ جریان فرآیندی و ۴ سطح دمایی مختلف را همزمان در یک پوسته دارا است[۴].

یکی از مهم‌ترین خصوصیات این نوع مبدل داشتن ساختار فشرده(نسبت سطح به حجم بالا) می‌باشد. افزایش نسبت سطح به حجم در ساختار مبدل‌های حرارتی به منظور افزایش میزان انتقال حرارت و در نتیجه افزایش بازده این تجهیزات صورت می‌گیرد. همچنین این امر موجب کاهش سطح تبادل حرارت با محیط بیرونی و به تبع آن به حداقل رساندن نشت حرارتی می‌گردد[۵,۶]. از سوی دیگر طراحی این توع مبدل حرارتی باید به گونه‌ای باشد که کمترین میزان اصطکاک و در نتیجه آن حداقل افت فشار را در جریانات فرآیندی ایجاد کند[۴,۵]. تمامی این مسائل به همراه ویژگی‌های منحصر به فردی از جمله دمای عملیاتی پایین این مبدل‌ها(محدوده دمایی کرایوژنیک)، ویژگی‌های خاص سیالات فرآیندی گذرنده از آنها، لزوم به حداقل رساندن نشت حرارت و ... مبدل‌های کرایوژنیک را از سایر مبدل‌های حرارتی متمایز می‌سازد[۲,۵,۷,۸]. مبدل صفحه‌ای پره‌دار آخرین نسل از مبدل‌های حرارتی کرایوژنیک می‌باشد که دارای مزایایی همچون بازدهی بالا، رسیدن به تقارب دمایی پایین، نسبت سطح به حجم بالا و قابلیت پشتیبانی از چند جریان سیال به طور همزمان در یک واحد می‌باشد. لذا در این مقاله ساختمان کلی، آرایش جریان‌ها، انواع پره مورد استفاده، الزامات مهم در طراحی مکانیکی مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار و ویژگی‌های منحصر به فرد این نوع مبدل تحت عنوان مزایا و معایب توضیح داده می‌شود.

۲- تشریح ساختار کلی مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

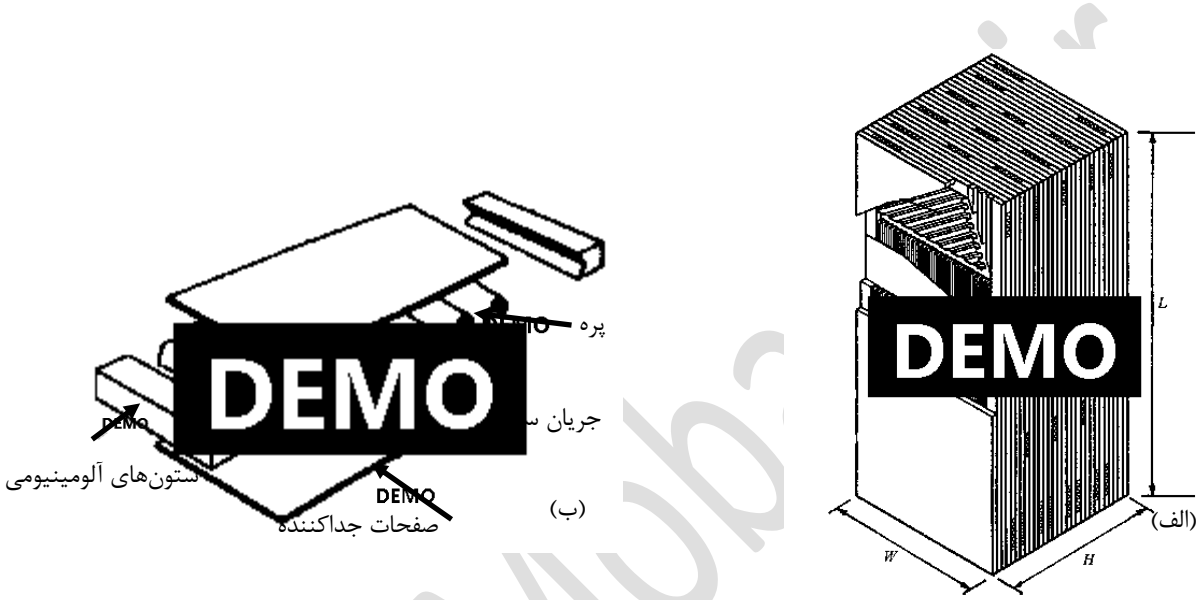
مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار از یک هسته واحد متشکل از تعداد مشخصی از لایه‌ها با پره‌های موجدار تشکیل شده است. ساختمان این مبدل، از دو سطح مسطح آلومینیومی که مابین آنها صفحه آلومینیوم موجدار به عنوان پره قرار گرفته، تشکیل شده است. کناره‌های هر لایه با ستون‌های آلومینیومی مسدود می‌گردد. جهت ایجاد یک هسته منسجم کل مجموعه لایه‌ها در کوره‌های خلأ لحیم‌کاری می‌شوند. مطابق شکل۱ الف اندازه یک مبدل صفحه‌ای پره‌دار توسط سه بعد عرض(W)، ارتفاع(H) و طول(L) بیان می‌شود. شکل ۱ ب ساختمان این نوع مبدل را قبل از عملیات لحیم‌کاری نشان می‌دهد[۱۰،۹،۷]. شکل ۲ الف ساختمان عمومی این مبدل‌ها را نشان می‌دهد که با استفاده از لحیم‌کاری لایه‌های مختلف این مبدل به هم متصل شده‌اند. اجزای فرعی این مبدل شامل سطوح توزیع‌کننده جریان و مجراهای ورود و خروج است. سطوح توزیع‌کننده جریان وظیفه‌ی هدایت سیال به درون کانال‌ها و همچنین انتقال سیال از کانال‌ها به مجراهای ورود و خروج سیال را بر عهده دارند. مجراهای ورود و خروج نیز وظیفه‌ی

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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

عبور سیال به داخل و خارج از مبدل‌حرارتی را انجام می‌دهند[۱۳-۴,۱۱]. هسته های مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار می‌تواند بصورت چندگانه با آرایش موازی یا سری کنار هم قرارگیرند که این نوع مبدل ها را منیفلد[1] گویند. شکل ۲ ب ساختمان مبدل منیفلد موازی را نشان می‌دهد.



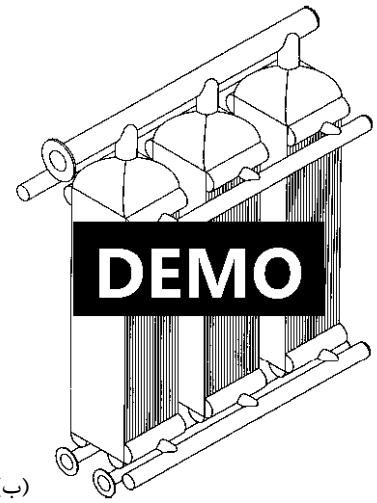
شکل(۱): ساختمان مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار الف)ابعاد مبدل حرارتی ب)نمایی از یک لایه مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار قبل از عملیات لحیم‌کاری[۷,۱۳].

[1] Manifold

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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir



(ب) (الف)

شکل(۲): الف) اجزای مبدل صفحه‌ای پره‌دار : الف) نازل عبور سیال ب) مجراهای عبور سیال ج) صفحات توزیع‌کننده د) صفحات جداکننده ه) میله‌های نگهدارنده و) پره ز) صفحات پوشاننده [۱۲] ب) مبدل حرارتی منیفلد سه هسته ای موازی[۱۳].

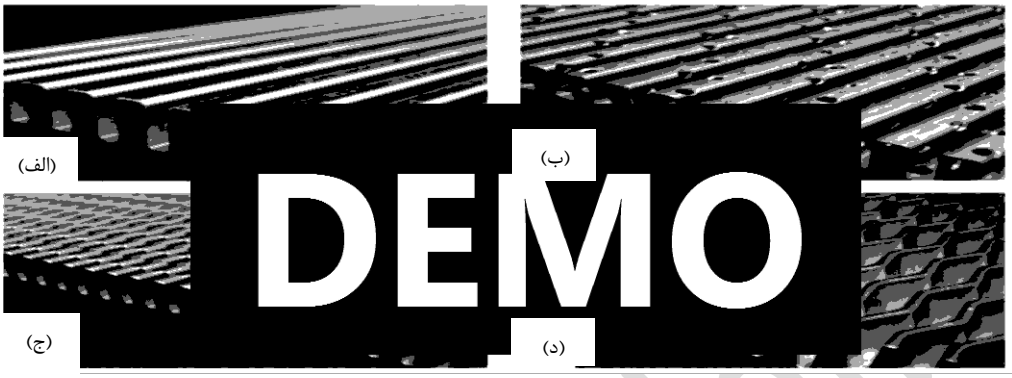
۳- انواع پره مورد استفاده در ساختمان مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

ساختارهای متعددی برای پره‌های این نوع مبدل وجود دارد که از آن جمله می‌توان به پره‌های ساده[۱]، سوراخ‌دار[۲]، دندانه‌دار[۳] و کنگره‌دار[۴] اشاره کرد[۱۷-۹,۱۲,۱۴]. مطابق شکل ۳- الف، پره‌های ساده دارای ساختار صافی هستند که از گسیخته شدن جهت جریان سیال جلوگیری می‌کنند. این نوع پره در مواردی که عدد رینولدز[۵] بسیار پایین و نیز در حالی که افت فشار بسیار بحرانی است، ترجیح داده می‌شود. در پره سوراخ‌دار مطابق شکل ۳ - ب عمل سوراخ کردن یا بصورت کامل یا بصورت مربعی انجام می‌شود. از آنجا که سوراخ‌های ایجاد شده سبب افزایش آشفتگی می‌شوند، در مقایسه با پره‌های ساده ضرایب انتقال حرارت را افزایش می‌دهند، اما از طرف دیگر افزایش درصد سوراخ‌های ایجاد شده سبب کاهش سطح انتقال حرارت می‌گردند. دو نوع پره ساده و سوراخ‌دار عموماً برای زمانی که سیال در حال جوشش و میعان باشد، استفاده می‌شوند. اگر از این دو ساختار استفاده شود، میزان رسوب‌گذاری کم می‌شود. شکل ۳- ج و د ساختار دندانه‌دار و کنگره‌دار را نشان می‌دهد که برای ایجاد حداکثر آشفتگی استفاده می‌شود. عملکرد انتقال حرارت پره‌های دندانه‌دار حدود ۱/۵ تا ۴ برابر نسبت به پره‌های ساده بیشتر است اما در عمل افت فشار بالاتری ایجاد می‌کنند[۴].

[1] Straight plane
[2] Perforated
[3] Serrated
[4] Herringbone
[5] Reynolds number

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۳): ساختار مختلف پره در مبدل صفحه‌ای پره دار الف) صفحه راست ب) سوراخ‌دار ج) دندانه‌دار د) کنگره‌دار[۴].

۴- آرایش جریان در مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

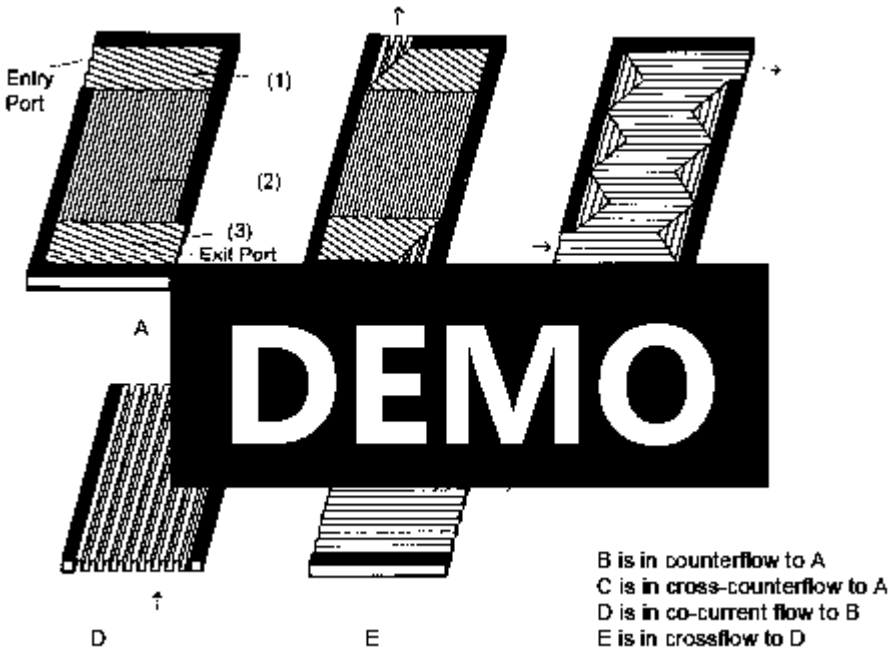
چندین حالت برای ساختار جریان وجود دارد که از جمله می‌توان به جریان ناهمسو، متقاطع یا چندگذری اشاره کرد. با این وجود اغلب آرایش ناهمسو، به علت اثر بخشی حرارتی بالا، ترجیح داده می‌شود. تنها با انتخاب آرایش ناهمسو می‌توان به بازده ۹۹ درصد دست یافت. بازده مبدل حرارتی بصورت اختلاف دمای سیال مینیمم(سیال با mc_p کمتر) به حداکثر اختلاف دمای موجود در مبدل تعریف می‌شود. به دلیل اینکه آرایش متقاطع نسبت به سایر آرایش‌ها افت فشار بیشتری ایجاد می‌کند، این آرایش بیشتر در فرآیندهای مایع-گاز استفاده می‌شود[۳,۷,۱۸]. شکل ۴ انواع این آرایش‌ها را نشان می‌دهد.

شکل(۴): الگوی جریان در مبدل صفحه ای پره دار الف) ناهمسو ب) متقاطع یا عمود بر هم ج) چندگذره[۱۸].

جهت توزیع سیالات به صورت آرایش‌های فوق از صفحات توزیع کننده در ابتدای هر لایه استفاده می‌کنند. با توجه به نوع صفحات توزیع کننده، آرایش جریان‌ها تعیین می‌شود[۱۳]. شکل ۵ انواع این صفحات توزیع کننده را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۵): صفحات توزیع کننده در مبدل صفحه ای پره دار[۱۳].

۵- کاربردهای وسیع مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

کاربرد اصلی و عمده مبدل حرارتی صفحه‌ای پره‌دار در فرآیندهای مایع سازی و جداسازی کرایوژنیک هوا، مایع‌سازی گاز طبیعی، هیدروژن، هلیوم، نیتروژن، اتیلن، پروپان و پروپیلن و ...و همچنین تولید مواد پتروشیمی مانند اتیلن و ... است[۱۳]. جدول(۱) خلاصه‌ای از کاربردهای متنوع این نوع مبدل در صنایع مختلف را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱): کاربرد مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار[۱۳].

Plant Types	Product & Fluids	Typical Tempreture Range, c	Typical Pressure Range, bar.a
Industrial gas production Air Separation Liquefaction	Oxygen Nitrogen Argon Rare Gases Carbon Dioxide	+65 to -200	1 to 60
Natural Gas Processing (NGP) - ExpanderType - Nitrogen Rejection Unit (NRU) - Liquefied Petroleum Gas (LPG) - Helium Recovery	Methane Ethane Propane Butane Pentane Nitrogen Helium Hydrogen Hexane Carbon Dioxide	+100 to -130	15 to 100
Liquefied Natural Gas (LNG) - Base Load - Peakshaver	Liquefied Natural Gas Multi-Component Refrigerants	+65 to -200	5 to 75
Petrochemical Production - Ethylene - MTBE - Ammonia - Refinery Off-Gas Purification	Ethylene Propylene Ethane Propane MTBE Ammonia Carbon Monoxide Hydrogen	+120 to -200	1 to 100
Refrigeration Systems - Cascade Cooling - Liquefaction	Helium Freon Ethylene Propane Propylene Nitrogen Hydrogen Multi-Component Refrigerants	+100 to -269	15 to 45

۶- طراحی مکانیکی و ساخت مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

استاندارد ساخت مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار براساس استانداردهای API 662[۱]/ANSI[۲][۱۹] و ALPEMA[۱][۱۳] است. مبدل‌حرارتی مرکب از المان‌های تبادل‌کننده حرارت(هسته یا ماتریسی که انتقال حرارت در آن اتفاق می‌افتد) و المان‌های

[1] American Petrileum Institute
[2] Approved American National Standard

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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

توزیع‌کننده سیال(نظیر مجراهای ورود و خروج، شیرها، مخزن‌ها، نازل‌های ورودی و خروجی، لوله‌ها، آب بندها) است. طراحی مکانیکی باید برای تک تک المان‌ها انجام شود. هسته مبدل‌حرارتی برای استحکام ساختارهای مورد نیاز طراحی می‌شود. برای طراحی ساختار باید عواملی همچون دما، فشار، نفوذپذیری هیدروژن به مواد سازنده مدنظر قرار داده شود. محاسبات مربوط به تنش حرارتی و فشاری برای تعیین ضخامت قسمت‌های مهم در مبدل‌ها نظیر پره، صفحه و ... باید مورد توجه قرار گیرد. یک راه برای انتخاب صحیح مواد و روش‌های اتصال(نظیر جوش‌کاری، لحیم‌کاری، پرچ‌کردن و برنج‌کاری) این است که به دما و فشار توجه شود. تنش حرارتی و محاسبات خستگی[۲] هم باید انجام شوند تا ماندگاری و طول عمر مبدل حرارتی برای مدت زمان راه اندازی و دوره خاموشی با تخمین محاسبه گردد. همچنین باید بررسی‌های لازم انجام شود تا لرزش‌های ناشی از جریان سیال به حداقل برسد، چون این لرزش‌ها موجب بروز پدیده‌هایی همچون خستگی می‌شوند. طراحی صحیح ابزارهای توزیع سیال(شامل سرشیرها، نازل‌ها و لوله‌های ورودی و خروجی) هم باید علاوه بر هسته مبدل‌حرارتی انجام گیرد تا این تضمین ایجاد شود که خستگی در طول مدت کارکرد مبدل حرارتی به وجود نمی‌آید[۱]. از جمله ملاحظاتی که در طراحی مکانیکی مدنظر قرار گرفته می‌شوند، عبارتند از:

الف) فشار: حداکثر فشار کاربردی برای مبدل‌های صفحه پره‌ای لحیم شده در سال ۱۹۷۰ بر اساس ضوابط ASME[۳] حدوداً ۵۰ بار بوده است اما در سال‌های اخیر و با بهبود روش‌های لحیم‌کاری آلومینیوم میزان این فشار به ۱۱۱ بار رسیده است[۱,۲۰].

اجزای مبدل‌حرارتی	آلیاژ مناسب آلومینیوم
صفحات بیرونی	۳۰۰۳
صفحات جداکننده	۳۰۰۳
میله‌های جداکننده	۳۰۰۳
پره‌ها	۳۰۰۳
نازل‌ها	۵۰۸۳

ب) مواد: مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار قابلیت ساخت با جنس‌های مختلف را دارد اما جنس آلومینیوم به دلیل وزن سبک، هدایت حرارتی و مقاومت بالاتر در محدوده‌ی دمایی کرایوژنیک ترجیح داده می‌شود. در مبدل‌های صفحه پره‌ای از چندین لایه آلومینیوم چین داده شده و مسطح که به صورت یک در میان روی هم قرار داده می شوند، استفاده می‌شود. این ورق‌های آلومینیومی بوسیله‌ی ریخته‌گری حمام نمک به همدیگر لحیم می‌شوند[۱,۱۳,۱۹]. جدول ۲ آلیاژ مناسب جهت ساخت هر یک از قسمت‌های مبدل صفحه‌ای پره‌دار را معرفی می‌کند.

جدول(۲): آلیاژ مناسب برای ساخت اجزای متفاوت مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار[۱۹].

[1] The Brazed Aluminium Plate-Fin Heat Exchanger Manufacturers' Association
[2] Fatigue calculations
[3] The American Society of Mechanical Engineers

www.SID.ir

Archive of SID

مجرای ورود و خروج سیال	۵۰۸۳

ج) محدودیت‌های طراحی مکانیکی: ابعاد مبدل‌های آلومینیومی صفحه‌ای پره‌دار به لحاظ ملاحظات طراحی نمی‌تواند از مقدار مشخصی فراتر رود. این محدودیت‌ها بدلیل ابعاد محدود حوضچه‌های ریخته‌گری و لحیم می‌باشد. ممکن است بتوان مبدل‌هایی با ابعادی بزرگتر از این نیز ساخت اما همیشه ملاحظات فشار هستند که فاکتوری تعیین کننده می‌باشند[۱].

د)محدودیت سیالات مورد استفاده: سیالات مورد استفاده در این نوع مبدل‌ها باید به طور کلی ویژگی‌های نظیر: ۱) تمیز بودن ۲) خشک بودن به علت اینکه وجود قطرات آب در دماهای کرایوژنیک سبب یخ زدن و مسدود شدن مجراهای مبدل می شود. ۳) خورنده نبودن سیالات نسبت به آلومینیوم

لازم به ذکر است پنج تولید کننده اصلی و عمده مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار عبارتند از صنایع چارت(امریکا)، کوبه استیل[۱](ژاپن)، لینده[۲](آلمان)، نوردون کرایوژنیک[۳](فرانسه) و سومیتومو[۴](ژاپن) [۱۳,۲۱].

۶- مزایا و معایب مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

مزایای اصلی این مبدل‌ها نسبت به مبدل‌های دیگر به صورت زیر خلاصه شده است.

۶-۱- مزایای مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

به طور کلی مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار از نظر عملکرد حرارتی نسبت به مبدل های حرارتی دیگر که از سطوح گسترده استفاده می‌کنند، بهتر می باشد.

- میدل‌های صفحه‌ای پره‌دار امکان رسیدن به اختلاف دمای[۵] بسیار کم حدود ۱ °C بین جریان های تک فازی و ۳°C بین جریان‌های چند فازی را فرآهم می‌سازند. به طور کلی اختلاف دمای متوسط کلی ۳/۶ °C در مبدل‌های صفحه ای پره‌دار به کار می‌رود.

[1] Kobe Steel
[2] Linde
[3] Nordon Cryogenic
[4] Sumitomo
[5] Temperature Approach

www.SID.ir

Archive of SID

- امکان تبادل حرارت بین چند جریان در آنها وجود دارد. حدود ۱۲ جریان در یک مبدل با فاصله صفحات و ساختمان پره بهینه شده می‌توانند با یکدیگر تبادل حرارت کنند.
- بازده حرارتی بسیار بالایی را میتوان برای آنها در نظر گرفت. مخصوصاً در کاربردهای کرایوژنیک بازده حدود ۹۵٪ را دارند.
- سطح انتقال حرارت بالا در واحد حجم در حدود m^2/m^3 ۱۰۰۰-۱۵۰۰ دارند که در مقایسه با نسبت سطح به حجم مبدل‌های پوسته و لوله با میزان m^2/m^3 ۴۰-۷۰ قابل مقایسه نیست.
- هسته ها می‌توانند به صورت منفرد باشند یا به صورت سری یا موازی توسط مونتاژهای منیفلد شده به به یکدیگر اتصال یابند.
- سایز و وزن کم این مبدل‌ها امکان نصب ساده آنها با فونداسیون و ساختارهای ساده کننده را فرآهم می‌آورند[۴,۲۲-۲۵].

۶-۲- معایب مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار

محدودیت‌های مربوط به مشخصات ابعادی و رسوب گذاری به صورت زیر می‌باشد:

- از نظر توزیع مناسب جریان محدود می‌باشند.
- به دلیل کوچکی ابعاد این مبدل‌ها و کاهش زمان برای انتقال حرارت، نمی‌توان میزان دبی بالایی را آنها در نظر گرفت.
- نیاز به سیستم کنترل پیچیده‌تری به نسبت مبدل‌های پوسته - لوله دارند.
- نوسانات متناوب جریان در این مبدل‌ها می‌تواند مسأله‌ی مهمی باشد.
- محدودیت‌های دمایی و فشاری برای جنس‌های مختلف در این مبدل‌ها وجود دارد.
- لزوماً باید از سیالات تمیز استفاده شود. به علت فاصله کم بین صفحات مبدل حرارتی و تراکم زیاد صفحات و سطوح فین‌دار تمیزکاری به روش‌های مکانیکی بسیار دشوار می‌باشد.
- حداکثر فشار و دمای طراحی به فشار barg ۱۱۱ و ۶۵°C برای آلومینیوم محدود می‌گردد.
- در صورت وجود نشت، مشاهده نشتی‌های درونی و بین گذرها، مشکل و غیر قابل کنترل می‌باشد[۴,۲۲-۲۵].

نتیجه گیری و جمع‌بندی

یکی از پرکاربردترین و معمول‌ترین نوع مبدل‌های حرارتی که امروزه به طور وسیعی در سیستم‌های مختلف مایع‌سازی گازهای کرایوژنیک بکار می‌رود، مبدل‌حرارتی صفحه‌ای پره‌دار می‌باشد. این مبدل‌ها توسط لایه‌های انباشته از ورق‌های موجدار پوشش داده شده با آلومینیوم تشکیل شده‌اند. قرار گرفتن پره‌ها بین ورق‌های تخت، یک کانال جریان را تشکیل می‌دهد. هسته این نوع مبدل حرارتی از تعداد بسیار زیادی از این کانال‌ها تشکیل شده است. این واحدها می‌توانند در فشارهایی تا ۱۱۱ بار و دمای ۶۵°C عمل کنند. این مبدل‌ها سطح مخصوصی در حدود ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر مربع به ازای هر متر مکعب حجم مبدل دارند و بسیار مؤثر عمل

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کنند. این نوع مبدل بهترین انتخاب از نظر وزن، پایین بودن ظرفیت حرارتی سازه‌ی مبدل، فشرده سازی بالا، انعطاف پذیری خوب، استحکام و ثبات بالا در دماهای پایین، سطح تبادل حرارتی بالا، افت فشار پایین و ماندگی کم می‌باشد.

مراجع

[1] Haselden,G. G.“ Cryogenic fundamentals.”; the department of chemical university of Leeds: England, 1971.
[2] Mukhopadhyay, M. “ Fundamentals of cryogenic engineering.”, PHI Learning, 2010.
[3] Abadzic, E.; Scholz, H. “Coiled tubular heat exchangers”; Linde Aktiengesellschaft HÖllriegelskreuth, pp.42-51.
[4] Weisend, J. G. “Handbook of cryogenic engineering.”; Taylor & Francis; 1998.
[5] Barron, R.“Cryogenic systems.”; Olytechnic Institute: Louisiana, 1966.
[6] Hesselgreaves, J.E. “Compact heat exchanger.”; Pergamon.:USA, 1990.
[7] Flynn,T.M. “Cryogenic engineering. ”, Marcel Dekker, 2005.
[8] Jha, A. “Cryogenic technology and application. ”; Elsevier: California, 2006.
[9] Picard, F.; Averous, D. “ProSEC : Modelling and Simulation in 3D of Brazed Aluminium Core-in-Drum Plate-Fin Heat” ;10th International Symposium on Process Systems Engineering, 2009, pp.261-266.
[10] Pacio, C. J., Dorao, C. A. “A review on heat exchanger thermal hydraulic models for cryogenic applications. ”; Cryogenics, 2010, No.:51, pp.366-379.
[11] Barron, R. F. “Cryogenic technology.”; In Ullmann’s encyclopedia of industrial Chemistry-Wiley, 2000.
[12] “Brazed aluminum heat exchangers” ;The CHART Energy & Chemicals Inc., USA.; available in: http://www.chart-ec.com/pdf/BAHX.pdf.
[13] ALPEMA standard.
[14] Dewatwal, J. “Design of compact plate fin heat exchanger.”; Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology: Rourkela, 2009.
[15] Shah, R. “Fundamentals of heat exchanger design. ”; John wiley & sons, INC.:Canada, 2003.
[16] Smith, E. M. “Advances in Thermal Design of Heat Exchangers.”; John wiley & sons, INC.:Engeland, 2005.
[17] Kuppan, T. “Heat exchanger Handbook.”; Marcel Dekker,Inc.:Newyork, 2000.
[18] Dewatwal, J. “Design of compact plate fin heat exchanger.”; B.S. Thesis, National Institute of Technology, Rourkela, MA, 2009.
[19] ANSI/API standard 662, 2006.
[20] “Aluminum Plate fin heat exchangers” ; The Linde Group, Germany.; available in: engineering.com/internet.global.lindeengineering.global/en/images/P_3_2_e_12_150dpi19_5772.pdf.
[21] “ Heat exchange equipment, Plate fin and Cryogenic heat exchangers”; ExxonMobil Proprietary Confidential; 2005.
[22] GPSA Standard.
[23] “Plate fin versus coil-wound heat exchanger” ;The Linde Group,Germany. 2011; available in: engineering.com.cn/internet.le.le.chn/zh/images/LNG_3_2_e_09_150dpi112_4276.pdf .
[24] “Cryogenic heat exchanger for LNG plants” ;The Linde Group, Germany; available in: http://www.hts.org.uk/downloads/Linde_LNG_HEX_09Dec2008_Extract.pdf.
[25] Wagner, U. “Refrigeration”; CERN; available in: cds.cern.ch/record/808372/files/p295.pdf.

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 دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

A Brief Description of Brazed Aluminum Fin Plate Heat Exchanger in Cryogenic Processes

M. Tamimi [1*]

[1] *Aban Air Cooler Company*

m.tamimi@abanaircooler.com

Abstract

One of the most intensive and high-yielding plate fin heat exchangers as heat exchangers in the industry. Features such as high thermal efficiency, structural compactness, low weight and cost of installation and operation distinguished this type of heat exchangers from other types of exchangers. profitability and economic efficiency of the exchangers significantly affect production process. In this type of exchanger, the surface to volume ratio is of about 1000 – 1500 m^2/m^3, compared to surface to volume ratio of the 40 - 70 m^2/m^3 in shell and tube exchanger. This type of exchanger consists of a large number of horizontal parallel plates whose interspace is filled with secondary heat transfer surfaced, technically fins. In this heat exchanger, fins provides wide surfaces and thus an increased in the level of heat transfer and thermal efficiency occurs. This type of heat exchanger supports more than 12 streams and is able to function in low temperature. This exchanger is manly used in cryogenic processes including the production and processing of the industrial gases ,and non- cryogenic processes such as the petrochemical industry. This study reviews the structure of this exchanger in details because it is efficient, compactneess, low weight and … .

Key words: Heat exchanger, Cryogenic, Fin plate exchanger, Fin, High effective, Distributer Plate.

www.SID.ir