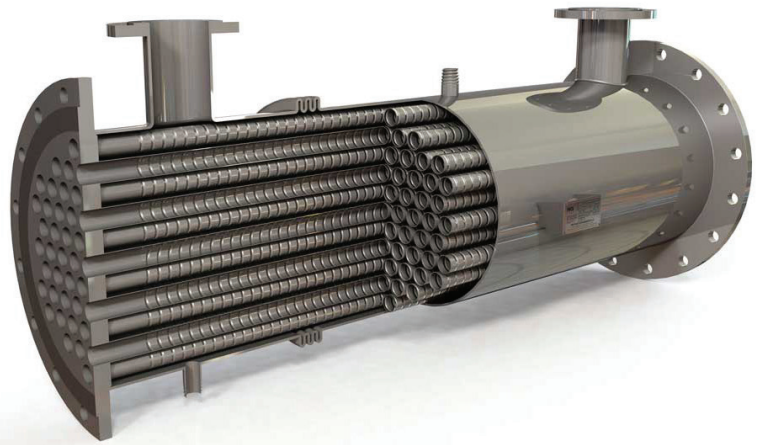




ارتباط با صنعت

آنچه خواهید خواند:
مبدل های حرارتی



علیرضا صداقت

دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی شیمی،
دانشگاه صنعتی شریف

مبدل‌های حرارتی

مقدمه:

مبدل حرارتی سیستمی است که جهت انتقال حرارت بین دو یا چند سیال مورد استفاده قرار می‌گیرد. مبدل‌های حرارتی در هر دو فرایند گرمایی و سرمایی به کار گرفته می‌شوند. به عبارتی دیگر وسایلی هستند که جهت سرد و گرم کردن سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیالاتی که به کار گرفته می‌شوند، ممکن است توسط دیواره‌ای از یکدیگر جدا شده باشند و یا به طور مستقیم با یکدیگر تماس داشته باشند. از مبدل‌های حرارتی به طور گسترده در تبرید (سردسازی)، تهویه هوا، نیروگاه‌ها، صنایع شیمیایی و پتروشیمی، پالایشگاه‌های نفت، فرایندهای مربوط به گاز طبیعی و تصفیه فاضلاب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمونه کلاسیک مبدل‌های حرارتی در موتورهای احتراق درون‌سوز یافت می‌شود که در آن‌ها سیالی که به خنک‌کننده موتور معروف است از طریق کویل رادیاتور جریان می‌یابد و هوا از کنار کویل‌ها عبور می‌کند که باعث خنک‌شدن سیال خنک‌کننده و گرم‌شدن هوای ورودی می‌شود. مثال دیگر می‌توان به heat sink ها اشاره کرد که دستگاه‌هایی برای خنک کردن قطعه یا تجهیزاتی هستند که مبدل حرارتی منفعل بوده و گرمای تولید شده توسط دستگاه الکترونیکی یا مکانیکی را به محیط که اغلب هوا می‌باشد، منتقل می‌کنند.

صنایع مختلفی در طراحی انواع مبدل‌های حرارتی فعالیت

دارند و همچنین دروس متعددی در دانشگاه‌ها با نام‌های گوناگون در طراحی مبدل‌های حرارتی ارائه می‌گردد. محاسبات مربوط به مبدل‌ها کاری طولانی و گاهی خسته‌کننده است. مثلاً طراحی یک مبدل برای یک عملیات بخصوص نیاز به حدس‌های زیادی برای پارامترهای مختلف آن دارد که با استفاده از آن‌ها و طبق استانداردها می‌توان اندازه‌های یک مبدل مناسب را با توجه به استفاده آن پیدا کرد. اما با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری تمام این محاسبات توسط کامپیوتر انجام می‌شود و طراح برای طراحی تنها باید شرایط عملیاتی و خواص سیالات حاضر در عملیات را وارد کند. نرم افزارهای Aspen B-jac و HTFS از این موارد هستند. این نرم افزارها شامل برنامه‌هایی می‌شوند که توانایی انجام چنین محاسباتی را دارند.

در این نوشته به توضیحاتی در مورد مبدل‌های حرارتی خواهیم پرداخت.

مبدل‌های حرارتی را می‌توان از جنبه‌های مختلفی دسته‌بندی کرد:

۱. براساس نوع و سطح تماس سیال سرد و گرم
۲. براساس جهت و آرایش جریان سیال سرد و گرم
۳. براساس نوع ساختمان و ساختار آن‌ها
۴. براساس مکانیزم انتقال حرارت بین سیال‌ها

الف) براساس نوع و سطح تماس سیال سرد و گرم

الف-۱) در این دسته از مبدل‌های حرارتی سیال سرد و گرم توسط یک دیواره جامد ثابت از یکدیگر جدا شده‌اند و انتقال حرارت از طریق این سطح صورت می‌گیرد و بیش‌تر مبدل‌های موجود در صنعت از این نوع می‌باشند که به آن‌ها مبدل‌های حرارتی Recuperative گفته می‌شود.

الف-۲) در این مبدل‌ها سطح جداکننده سیال سرد و گرم دیگر ثابت نیست و به طور دوره‌ای قسمت‌هایی از سطح در معرض سیال سرد و گرم قرار می‌گیرد. این نوع مبدل بیش‌تر در مقیاس‌های آزمایشگاهی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به آن‌ها مبدل‌های حرارتی

Regenerative گفته می‌شود.

الف - ۳) در این نوع مبدل دیگر سطحی بین سیال سرد و گرم وجود ندارد و به طور مستقیم سیالات در تماس با یکدیگر قرار گرفته‌اند و انتقال حرارت صورت می‌گیرد. در این نوع مبدل که به مبدل‌های تماس مستقیم معروف هستند، جریان‌ها دو مایع غیر قابل اختلاط (immiscible) هستند و اغلب یک سیال گاز و یک سیال دیگر مایع است. این مبدل‌ها معمولاً دارای بازده حرارتی فراوانی هستند. برای نمونه می‌توان به برج‌های خنک‌کننده، کولرهای آبی و گرم‌کن‌های موجود در نیروگاه‌های بخار اشاره کرد.

ب) براساس جهت جریان سیال سرد و گرم مبدل‌های حرارتی از لحاظ آرایش جریان و جهت حرکت سیالات در مبدل به ۳ دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

ب-۱) مبدل‌های حرارتی از نوع جریان همسو (parallel)

در این نوع مبدل جهت جریان سرد و گرم موازی یکدیگر می‌باشند. به عبارتی دیگر، دو جریان سیال از یک سمت وارد مبدل می‌شوند و هر دو در یک جهت جریان می‌یابند و از انتهای دیگر خارج می‌شوند. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که دمای سیال سرد خروجی از مبدل هیچ‌گاه به دمای سیال گرم خروجی نمی‌رسد و نزدیک شدن مقدار دمای خروجی سیال سرد و گرم مستلزم بکارگیری سطح انتقال حرارت موثر بسیار زیادی می‌باشد.

ب-۲) مبدل‌های حرارتی از نوع جریان غیر همسو (counter-current)

در شرایطی که سیال سرد و گرم موازی یکدیگر ولی در خلاف جهت هم حرکت کنند، مبدل را غیر همسو می‌نامند. در این مبدل‌ها امکان برابری دمای خروجی سیال سرد و گرم وجود دارد که به این پدیده temperature cross گفته می‌شود. این مبدل‌ها در شرایط یکسان سطح انتقال حرارت کمتری نسبت به مبدل‌های همسو دارند و راندمان بیشتری دارند. به هنگامی که سطح انتقال حرارت مان کمتر شود، اندازه مبدل حرارتی مان کمتر شده و در نهایت از لحاظ صنعتی

برای طراحی ما بهتر خواهد بود زیرا در صنعت حرف اول و آخر را اقتصاد و هزینه‌های ناشی از طراحی و تعمیر و نگهداری می‌زند و در این صورت هزینه کمتری خواهیم پرداخت.

ب-۳) مبدل‌های حرارتی از نوع جریان عمود بر هم (cross-flow)

در این نوع مبدل‌ها جهت جریان سیال‌های سرد و گرم عمود بر هم می‌باشد. متداول‌ترین نمونه از این نوع مبدل‌ها می‌توان به رادیاتور اتومبیل اشاره کرد. این نوع مبدل‌ها معمولاً در کاربردهای سرمایش و گرمایش هوا یا گاز بکار می‌روند. این نوع مبدل‌ها متناسب با این که سیال مخلوط شده و یا مخلوط نشده باشد به دو دسته تقسیم می‌شوند. در دسته اول یک سیال مخلوط شده و دیگری مخلوط نشده است. در دسته دوم هیچ یک از دو سیال مخلوط نشده‌اند. در دسته اول می‌توان این حالت را در نظر گرفت که گاز میان یک دسته لوله به صورت اجباری جریان یابد، در حالیکه سیال دیگر برای مقاصد گرمایشی یا سرمایشی در داخل لوله‌ها استفاده می‌شود که در حالت گاز جریان یافته از روی لوله‌ها جریان مخلوط شده است در حالی که سیال درون لوله‌ها مخلوط نشده است. گاز به علت آن که می‌تواند آزادانه حرکت کند و انتقال حرارت را شکل دهد، مخلوط می‌شود و سیال دیگر درون مجاری لوله‌های مجزا قرار گرفته است و هنگام فرایند انتقال گرما، این سیالات نمی‌توانند با یکدیگر مخلوط شوند.

در نوع دیگر این مبدل‌ها جریان گاز از میان یک دسته لوله پره‌دار عبور می‌کند و بنابراین مخلوط نشده است، زیرا در مجاری مجزایی که بین پره‌ها ایجاد شده جریان می‌یابد. این نوع مبدل از نوع مبدل‌هایی است که در کاربردهای تهویه مطبوع بکار می‌روند.

ملاحظات طراحی مبدل گرمایی

در صنایع برق و پتروشیمی یا فعالیت‌های وابسته به آن‌ها بسیاری از مبدل‌ها خریداری شده و براساس قیمت و مشخصات داده شده توسط سازنده یکی از آن‌ها انتخاب می‌شوند. در کاربردهای اختصاصی‌تر مانند صنایع الکترونیک یا فضایی، طراحی‌های

ویژه مورد نیاز است. وقتی مبدل گرمایی قسمتی از یک دستگاه یا وسیله‌ای است که باید ساخته شود، یک کالای استاندارد باید تهیه شود. یا اگر ملاحظات هزینه و ساخت ایجاب کند، برای کاربرد مورد نظر طراحی‌های ویژه‌ای باید انجام داد. به طور کلی چه در زمینه خرید و چه در زمینه طراحی باید عوامل زیر در نظر گرفته شود:

۱. شرایط انتقال گرما
۲. هزینه
۳. ابعاد فیزیکی
۴. مشخصه‌های افت فشار

شرایط انتقال گرما باید در انتخاب یا طراحی هر مبدلی برآورده شوند. روش برآوردن این شرایط به اهمیت نسبی بستگی دارد که به موارد ۲ تا ۴ داده می‌شود. با جاری ساختن سیالات در داخل مبدل گرمایی با دبی‌های زیاد ضریب انتقال گرمای کل افزایش می‌یابد، اما این دبی زیاد باعث افت فشار بیشتری در داخل مبدل می‌شود و در نتیجه هزینه‌های مربوط به پمپ کردن جریان افزایش می‌یابد. اگر سطح جانبی مبدل زیاد شود، لازم نیست که ضریب انتقال گرمای کل و افت فشار خیلی بزرگ باشد ولی ممکن است محدودیت‌هایی در زمینه ابعادی برای ما ایجاد کند و از طرفی هرچه مبدل ابعاد بزرگ‌تری داشته باشد باعث افزایش هزینه‌های طراحی، تعمیر و نگهداری خواهد شد. البته مبدل‌های حرارتی از لحاظ حجمی که اشغال می‌کنند طبقه‌بندی‌های خاصی دارند که در این راستا می‌توان به مبدل‌های فشرده اشاره کرد. اگر سطح انتقال حرارت به ازای حجم مبدل بیش از ۷۰۰ متر مربع به ازای متر مکعب باشد به آن مبدل، مبدل فشرده گفته می‌شود و برای مواردی که ممانعت فضایی و کمبود جا وجود دارد از این مبدل‌ها استفاده می‌شود.