



Namatek
True Education

www.namatek.com

Baffle

بافل چیست؟

فهرست مطالب

۱. مبدل حرارتی
۲. بافل چیست؟
۳. انواع بافل در مبدل حرارتی
۴. کاربرد بافل در مبدل‌های حرارتی چیست؟
۵. مزایا و معایب استفاده از بافل چیست؟
۶. چالش‌ها و نوآوری‌ها

مبدل‌های حرارتی عضو حیاتی بسیاری از فرآیندهای صنعتی هستند که به صورت کارآمد، انرژی حرارتی را از یک سیال به سیال دیگر منتقل می‌کنند. طراحی این مبدل‌ها به صورت یک پازل پیچیده می‌باشد که یکی از قطعات مهم این پازل، بافل‌ها هستند. اما بافل چیست؟ بافل‌ها صفحات یا میله‌هایی هستند که در داخل پوسته مبدل حرارتی قرار می‌گیرند؛ اما نقشی اساسی در بهینه‌سازی عملکرد مبدل حرارتی دارند.

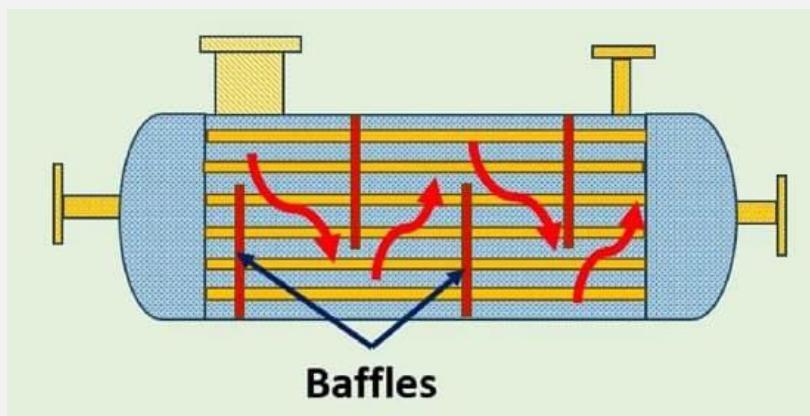
بافل‌ها اغلب نادیده گرفته می‌شوند ولی برای افزایش کارایی مبدل‌های حرارتی، می‌توان بافل‌ها را در طراحی گنجاند. هدف این قطعات، هدایت جریان سیال از طریق پوسته و اطراف لوله‌ها است. بافل‌ها با ایجاد یک مسیر پر پیچ و خم برای سیال، ضریب انتقال حرارت را افزایش می‌دهند و کارایی مبدل حرارتی را بهبود می‌بخشند. در این مقاله، ما به دنیای بافل‌ها در مبدل‌های حرارتی می‌پردازیم و اهمیت آن‌ها را در افزایش راندمان انتقال حرارت بررسی می‌کنیم و به سوالاتی هم‌چون بافل چیست و انواع آن کدام است، پاسخ می‌دهیم.

مبدل حرارتی



قبل از این که در مورد بافل چیست بحث کنیم، بهتر است در ابتدا به مفهوم اساسی مبدل‌های حرارتی بپردازیم. این دستگاه‌ها به‌طور گسترده در صنایع مختلف، برای انتقال حرارت بین دو یا چند سیال و در عین حال جدا نگه‌داشتن آن‌ها از یکدیگر استفاده می‌شود. مبدل‌های حرارتی را می‌توان در وسایل روزمره مانند یخچال و تهویه مطبوع و همچنین در کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ مانند نیروگاه‌ها و واحدهای فرآوری شیمیایی یافت. هدف اصلی یک مبدل حرارتی به حداکثر رساندن سرعت انتقال حرارت بین سیالات و در عین حال به حداقل رساندن تلفات انرژی است. برای دستیابی به این هدف، مهندسان از عناصر طراحی متنوعی استفاده می‌کنند که بافل‌ها جزء مهمی از این عناصر هستند.

بافل چیست؟



در پاسخ به این سوال که بافل چیست می‌توان گفت در یک مبدل حرارتی، بافل‌ها سازه‌هایی به شکل صفحات یا میله هستند که جریان را مختل می‌کنند و اغلب در پوسته مبدل قرار می‌گیرند و نقش مهمی در بهبود عملکرد این دستگاه‌ها ایفا می‌کند.

آن‌ها آشفته‌گی در جریان سیال ایجاد می‌کنند و با افزایش تعامل سیال، انتقال حرارت کارآمد را ارتقا می‌دهند. بافل‌ها از ارتعاش دسته لوله جلوگیری می‌کنند و یکپارچگی ساختار را تضمین می‌کنند و به حفظ گرادیان دمایی یکنواخت در مبدل‌های جریان مخالف، کمک می‌نمایند. طراحی بافل‌ها به گونه‌ای است که سطح انتقال حرارت را بهینه می‌کنند و نقش مهمی در افزایش عملکرد مبدل حرارتی ایفا می‌کنند و از انتقال حرارت کارآمد در کاربردهای مختلف صنعتی اطمینان می‌دهند. این قطعات معمولاً از جنس ورق‌های فلزی ساخته می‌شوند و به شکل‌های مختلفی برش داده می‌شوند تا بتوانند جریان سیال را در داخل مبدل هدایت و کنترل کنند.

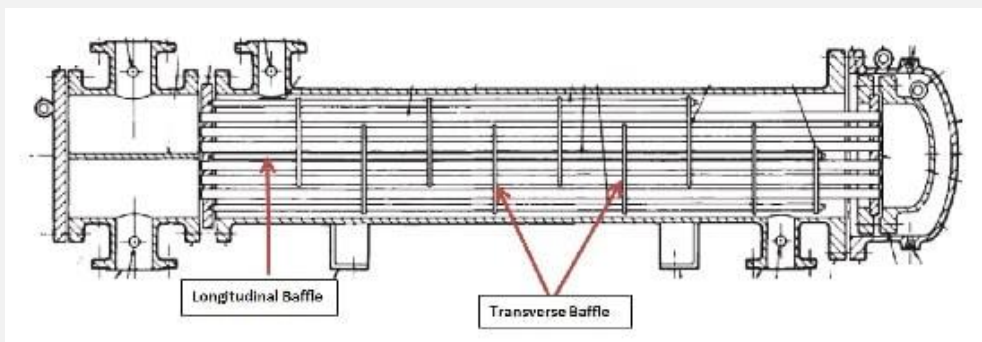
انواع بافل در مبدل حرارتی

در مبدل‌های حرارتی، بافل‌ها انواع مختلفی دارند که هر کدام اهداف خاصی را انجام می‌دهند و مزایای منحصر به فردی را ارائه می‌دهند. این که انواع متداول بافل چیست و هر کدام چه ویژگی‌هایی دارند، در ادامه آورده شده است.

انواع بافل‌ها براساس روش ساخت

انواع بافل‌ها براساس روش ساخت عبارت اند از:

1) بافل‌های طولی



این نوع از بافل‌ها به گونه‌ای نصب می‌شوند که موازی با محور پوسته باشند. بافل‌های طولی برای هدایت جهت جریان کلی سیال سمت پوسته استفاده می‌شوند و عملکردشان به این صورت است که سیال را مجبور به تغییر جهت کرده و مسیر جریانی ایجاد می‌کنند که انتقال حرارت را به حداکثر برسانند و به‌عنوان یک پارتیشن برای سیال سمت پوسته عمل کنند. به همین دلیل مایع سمت پوسته دو بار از پوسته عبور می‌نماید. بنابراین به‌طور کلی، از این بافل‌ها در جایی استفاده می‌شود که چندین عبور سیال جانبی پوسته مورد نیاز باشد.

2) بافل‌های عرضی

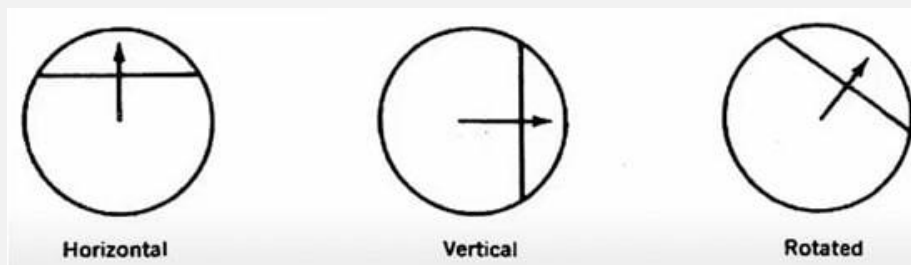
یکی دیگر از انواع بافل نوع عرضی آن است؛ اما ساختار این نوع بافل چیست؟ بافل‌های عرضی طوری چیده شده‌اند که بر محور پوسته عمود باشند. برحسب ساختار انواع مختلفی از بافل عرضی موجود است که به شرح زیر هستند:



2-1) بافل قطعه‌ای

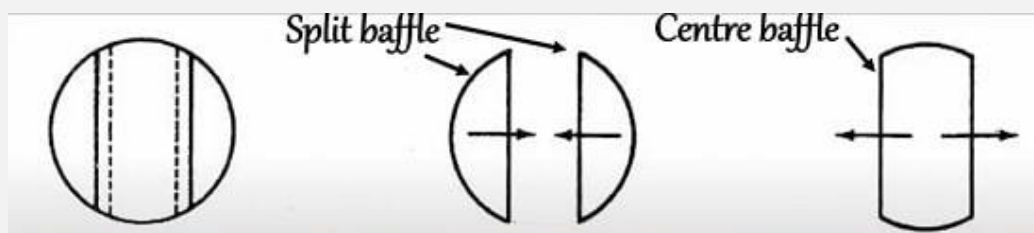
بافل قطعه‌ای یا سگمنتال شامل پارتیشن‌ها یا بافل‌هایی هستند که مخزن را به محفظه‌هایی تقسیم می‌کند و باعث می‌شود تا سیال در جهت خاصی جریان یابد و از اتصال کوتاه جلوگیری شود. انواع بافل‌های سگمنتال در زیر مورد بحث قرار گرفته است.

- **بافل تک سگمنتال:** بافل‌های تک سگمنتال نوعی از بافل هستند که از یک قطعه منفرد و پیوسته تشکیل شده است و مخزن را به محفظه‌هایی تقسیم می‌کند.



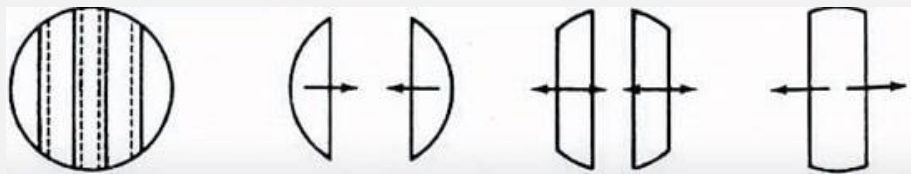
در این نوع ساختار، برش روی بافل می‌تواند افقی، عمودی یا چرخشی باشد.

- **بافل دو سگمنتال:** در این نوع بافل، صفحه بافل به گونه‌ای برش داده می‌شود که به دو قسمت مرکزی و بافل تقسیم گردد و یک همپوشانی کوچک بین مرکز و بافل تقسیم شده، وجود خواهد داشت و این همپوشانی با حداقل یک ردیف لوله تنظیم می‌شود. این بافل‌ها جریان جانبی پوسته را در دو جریان در اطراف هر بافل دوم تقسیم می‌کنند و به همین دلیل سرعت سیال و میزان فشار کاهش می‌یابد.



این بافل‌ها به‌ویژه در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله که حاوی بسته‌های لوله بزرگ است، مفید هستند. بافل‌های سگمنتال دوتایی در داخل پوسته نصب می‌شوند تا تقسیم جریان موثرتری را ارائه دهند.

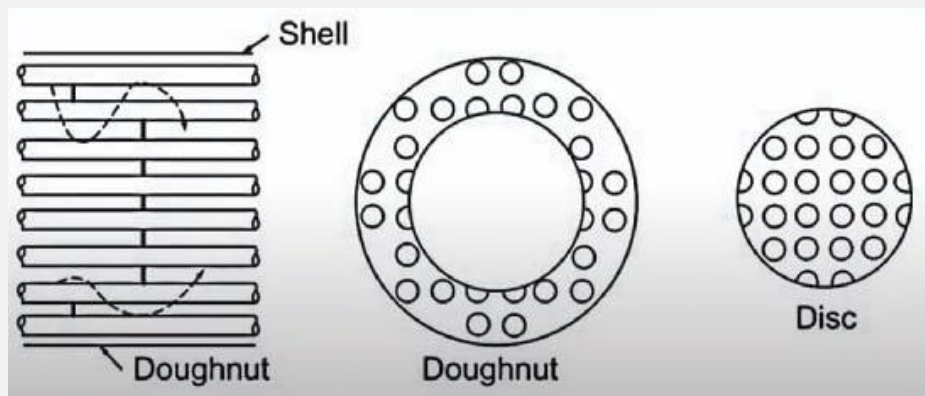
- **بافل سگمنتال سه گانه:** در این نوع بافل، صفحه بافل به گونه‌ای بریده می‌شود که سه قسمت، یک بافل مرکزی و دو بافل تقسیم‌شده به دست می‌آید.



در این پیکربندی، تمام لوله‌ها توسط همه بافل‌ها پشتیبانی می‌شوند که این منجر به حداقل افت فشار و حداقل لرزش لوله می‌گردد.

2-2) بافل دیسکی و حلقه ای

به این نوع بافل، دیسکی و دونات نیز گفته می‌شود. بافل دیسک و حلقه شامل یک سری دیسک‌های دایره‌ای و حلقه‌های حلقوی است که در داخل پوسته مبدل حرارتی نصب می‌گردند.



دیسک‌ها و بافل‌های حلقه‌ای که به آن‌ها بافل دوناتی شکل نیز می‌گویند، از دیسک‌های داخلی هدایت‌کننده جریان شعاعی در سراسر لوله‌ها و حلقه‌های بیرونی متناوب تشکیل شده‌اند که معمولاً اندازه دیسک باید بزرگ‌تر از سوراخ دونات باشد.

3-2) Orifice Baffle

در این نوع بافل، مایع جانبی پوسته از فاصله بین لوله بیرون و سوراخ بافل جریان می‌یابد. این بافل‌ها به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ زیرا کمترین کارایی را دارند، چون که وقتی حفاظ‌ها با خاک و رسوب وصل می‌شود، نمی‌توان آن‌ها تمیز کرد.

این نوع بافل نباید برای مایعاتی که به سرعت در سطح بیرونی سقوط می‌کنند، جایی که خوردگی و فرسایش می‌تواند به لوله‌ها آسیب برساند، استفاده شود.

(3) بافل‌های نواری پیچ‌خورده

بافل‌های نواری پیچ‌خورده، سیم پیچ‌ها یا نوارهای مارپیچی هستند که در داخل پوسته قرار می‌گیرند و نرخ تلاطم و انتقال حرارت را افزایش می‌دهند.

(4) بافل‌های لووردار

بافل‌های لووردار دارای دهانه‌های شکافی هستند که جریان را در یک الگوی خاص هدایت می‌کنند و ویژگی‌های انتقال حرارت و افت فشار را بهینه می‌نمایند.

(5) صفحات برخوردی

صفحات برخوردی که در نزدیکی ورودی پوسته قرار می‌گیرند، سیال را مجبور می‌کنند تا در جهت ناگهانی تغییر مسیر دهند که این عمل باعث ایجاد تلاطم و انتقال حرارت بهتر می‌شود.

انواع بافل‌ها براساس جنس ماده سازنده

بر اساس جنس، بافل‌ها می‌توانند از مواد مختلفی مانند فلز، پلاستیک یا کامپوزیت‌های ترکیبی ساخته شوند.

- بافل‌های فلزی مستحکم و بادوام هستند و گرما را به صورت موثرتری منتقل می‌کنند.

- بافل‌های پلاستیکی نسبت به نوع فلزی سبک‌تر و ارزان‌تر هستند؛ ولی دوام کمتری دارند.

- نوع بافل‌های کامپوزیت نیز با ترکیب مواد با کیفیت‌های مختلف سعی در بیشتر کردن میزان دوام و سبکی بافل دارند.

انواع بافل‌ها براساس مکانیزم انتقال حرارت

تقسیم بندی بافل‌ها براساس مکانیزم انتقال حرارت در دو دسته صورت می‌پذیرد:

- **بافل‌های هدایت کننده:** مکانیزم انتقال گرما در این نوع بافل هدایت سیالی می‌باشد.

- **بافل‌های اختلاط:** این بافل‌ها با افزایش آشفستگی سیال‌ها منجر به افزایش اختلاط شده که در نتیجه این افزایش، انتقال حرارت بیشتری انجام می‌گیرد.

انتخاب نوع بافل مناسب برای یک مبدل حرارتی خاص به عوامل مختلفی از جمله نوع سیال، سرعت جریان، دما و فشار بستگی دارد. انتخاب بافل‌ها به طراحی خاص مبدل حرارتی، ویژگی‌های انتقال حرارت مورد نظر و ماهیت سیالات در حال پردازش بستگی دارد.

توجه به این نکته ضروری است که طراحی و قرار دادن بافل‌ها در مبدل حرارتی می‌تواند تاثیر بسزایی در عملکرد مبدل حرارتی داشته باشد. فاصله و تعداد بافل‌ها و همچنین زاویه و شکل بافل‌ها همگی می‌توانند بر الگوی جریان سیال و راندمان انتقال حرارت تأثیر بگذارند. بنابراین انتخاب طرح بافل مناسب باید براساس الزامات انتقال حرارت خاص برنامه باشد. مهندسان باید بافل‌ها را با دقت انتخاب کنند تا عملکرد مبدل حرارتی را برای یک کاربرد خاص بهینه نمایند.

کاربرد بافل در مبدل‌های حرارتی چیست؟

در یک مبدل حرارتی، بافل‌ها چندین عملکرد حیاتی را انجام می‌دهند. برای پاسخ به این که در مبدل حرارتی نقش بافل چیست، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

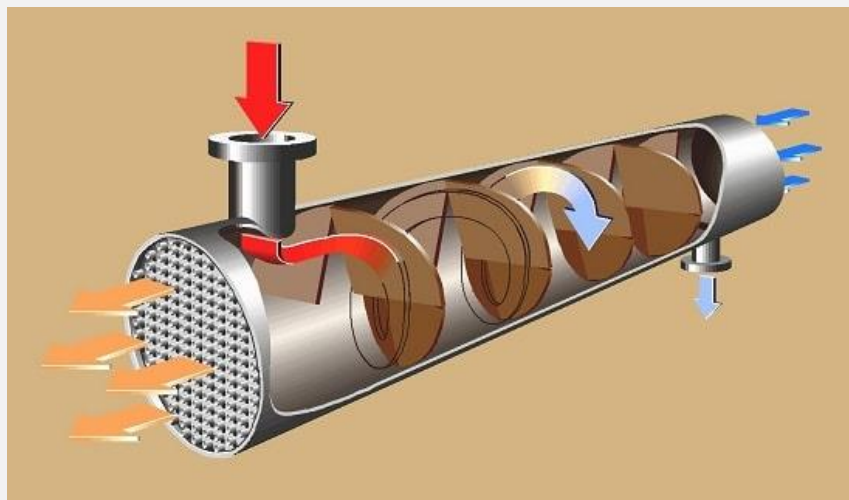
۱. **جلوگیری از ارتعاش:** بافل‌ها همچنین با انجام حمایت از بسته لوله، از لرزش و آسیب احتمالی لوله‌ها جلوگیری می‌کنند که این، یکپارچگی ساختاری طولانی مدت مبدل حرارتی را تضمین می‌نماید.

۲. **تقویت جریان مخالف:** در مبدل‌های حرارتی جریان مخالف، که در آن سیالات سرد و گرم در جهت مخالف جریان می‌یابند، بافل‌ها به حفظ گرادیان دمایی یکنواخت در طول مبدل کمک می‌کنند و راندمان انتقال حرارت را بیشتر بهبود می‌بخشند.

۳. **افزایش سطح انتقال حرارت:** با بهینه‌سازی چیدمان بافل‌ها، مهندسان می‌توانند مساحت سطح انتقال حرارت را افزایش دهند و امکان تبادل گرما کارآمدتر در همان فضای فیزیکی را فراهم کنند.

اکنون این مسئله مطرح است که مزایای استفاده از بافل چیست؟

مزایا و معایب استفاده از بافل چیست؟



استفاده از بافل در مبدل‌های حرارتی دارای چندین مزیت است که می‌توان از جمله مهم‌ترین آن‌ها به موارد زیر اشاره کرد:

- بافل‌ها تلاطم جریان سیال را افزایش می‌دهند که به نوبه خود باعث افزایش سرعت انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی می‌شود. بافل‌ها با هدایت جریان سیال از ایجاد مناطق راکد نیز جلوگیری می‌کنند که می‌تواند منجر به رسوب‌گیری و کاهش راندمان مبدل حرارتی شود.
- همچنین بافل‌ها از لوله‌ها پشتیبانی ساختاری می‌کنند و به جلوگیری از لرزش و آسیب کمک می‌نمایند.
- علاوه بر این، بافل‌ها با بهبود کارایی و عملکرد مبدل حرارتی می‌توانند به کاهش اندازه کلی و هزینه تجهیزات کمک کنند که با افزایش راندمان انتقال حرارت، می‌توان از یک مبدل حرارتی کوچک‌تر برای دستیابی به سرعت انتقال حرارت موردنیاز استفاده کرد.
- ادغام بافل‌ها می‌تواند در مبدل‌های حرارتی که سیالات با ویسکوزیته بالا یا پتانسیل رسوب‌پذیری بالا را مدیریت می‌کنند، مفید باشد.

همچنین مهم است که توجه داشته باشید که ادغام بافل‌ها ممکن است منجر به افزایش افت فشار در سراسر مبدل حرارتی شود که این به دلیل افزایش آشفتگی جریان سیال ناشی از وجود بافل است. افزایش افت فشار می‌تواند منجر به هزینه‌های پمپاژ بالاتر شود و باید هنگام انتخاب طرح مناسب بافل در نظر گرفته شود.

جدول زیر خلاصه مزایا و معایب بافل در مبدل حرارتی را نشان می‌دهد:

مزایای بافل	معایب بافل‌ها
افزایش انتقال حرارت با القای تلاطم	افزایش افت فشار به دلیل افزایش مقاومت سیال
بهبود اختلاط سیال برای تبادل گرمای کارآمد	امکان رسوب و تجمع زباله بین بافل
جلوگیری از لرزش بسته نرم افزاری لوله، تضمین یکپارچگی ساختاری	ملاحظات طراحی و ساخت پیچیده
حفظ یک گرادیان دمایی یکنواخت در مبدل‌های حرارتی جریان مخالف	امکان افزایش هزینه ساخت و نگهداری
بهینه‌سازی سطح انتقال حرارت برای بهبود کارایی	ایجاد تبادل حرارت نا کارآمد به دلیل گنج شدن ناکافی

چالش‌ها و نوآوری‌ها



طراحی و قرار دادن بافل‌ها در مبدل‌های حرارتی راه حل‌های یکسانی نیست. مهندسان باید عواملی مانند کاربرد ویژه مبدل حرارتی، خواص سیال و نرخ انتقال حرارت مورد نظر را در نظر بگیرند.

دستیابی به تعادل کامل بین حفره‌هایی که تلاطم را افزایش می‌دهند و آن‌هایی که مانع جریان بیش از حد می‌شوند، می‌تواند یک کار چالش برانگیز باشد. پیشرفت‌های اخیر در دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و ابزارهای شبیه‌سازی، مهندسان را قادر ساخته تا طرح‌های بافل‌ها را برای عملکرد بهینه تنظیم کنند. علاوه بر این، نوآوری‌های علم مواد منجر به توسعه بافل‌های بادوام‌تر و رسانای گرما شده است که به کارایی و طول عمر کلی مبدل‌های حرارتی کمک می‌کند.

جمع‌بندی

بافل‌ها نقش مهمی در افزایش کارایی و عملکرد مبدل‌های حرارتی ایفا می‌کنند. نقش اصلی آن‌ها هدایت جریان سیالات، افزایش تلاطم و حمایت از

ساختارهای لوله است که همه این‌ها برای انتقال حرارت موثر ضروری هستند و ادغام بافل‌ها می‌تواند آشفستگی جریان سیال را افزایش دهد، از تشکیل مناطق راکد جلوگیری کند و پشتیبانی ساختاری برای لوله‌ها را فراهم کنند. بافل‌ها همچنین به کاهش اندازه و هزینه کلی مبدل حرارتی کمک می‌نمایند. با این حال، برای اطمینان از راندمان انتقال حرارت بهینه و جلوگیری از افت فشار بیش از حد، طراحی و قرارگیری بافل‌ها باید به دقت مورد توجه قرار گیرد. درک عملکردهای منحصربه‌فرد و انواع بافل‌ها به طراحی سیستم‌های حرارتی کارآمدتر و بهینه‌سازی سیستم‌های موجود برای بهبود عملکرد کمک می‌کند. با انتخاب دقیق طراحی بافل مناسب، مبدل‌های حرارتی را می‌توان برای برآوردن نیازهای خاص انتقال حرارت بهینه کرد.