

طراحی مبدهل‌های صفحه‌ای و مارپیچی (با رویکرد صنعت نفت)

تألیف: دکتر آبتین عطایی



www.ketab.ir

سرشناسه	عطایی، آبتین، ۱۳۵۸-
عنوان و نام پدیدآور	طراحی مبذل های صفحه ای و ماریچی (با رویکرد صنعت نفت)
مشخصات نشر	تهران: یزدا، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۲۸۸ ص.
وضعیت فهرست نویسی	فیه پای مختصر
یادداشت	فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir
شماره کتابشناسی ملی	قابل دسترسی است ۳۸۲۷۴۳۸

طراحی مبذل های صفحه ای و ماریچی (با رویکرد صنعت نفت)

تالیف: دکتر آبتین عطایی

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۴ / قطع: وزیری / تعداد صفحات: ۲۸۸ صفحه /
آماده سازی قبل از چاپ: نشریه حرارت و برودت /
مدیر تولید: قاسم حسنی / طراح جلد: زهره محقق طوسی /
چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۱۰۰ نسخه / بها: ۱۷۰۰۰ تومان /

ISBN: 978-600-165-408-4

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۴۰۸-۴

نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه ی ستاری،
شماره ی ۲۲، ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) تلفن: ۳۲۸۸۵۶۴۷-۵۰ (۰۲۱)

نوجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین قانون
ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار موقنی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا
محفوظ است. نشر و پخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از ناشر، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

WWW.YAZDABOOK.COM / WWW.HVAC.IR / WWW.KHANETASISAT.IR

فهرست

۱۱	پیشگفتار
۱۵	مبدل‌های حرارتی و اصول طراحی آن‌ها
۱۵	مقدمه
۱۷	۱-۱ انواع متداول مبدل‌های حرارتی
۱۷	۱-۱-۱ مبدل‌های دو لوله‌ای
۱۸	۱-۱-۲ مبدل‌های پوسته و لوله
۱۹	۱-۱-۳ مبدل‌های صفحه‌ای (آب‌بند یا واشر و یا با جوش)
۲۰	۱-۱-۴ مبدل‌های فشرده
۲۰	۱-۱-۵ مبدل‌های مارپیچی یا اسپیرال
۲۰	۱-۱-۶ مبدل‌های حرارتی هوا خنک (Air Cold)
۲۲	۱-۱-۷ مبدل‌های Lamella
۲۳	۲-۱ معرفی مبدل مارپیچی یا اسپیرال
۲۷	۳-۱ چگونگی ساخت و جنس مبدل مارپیچی یا اسپیرال
۲۸	۴-۱ الگوی جریان
۲۹	۵-۱ مقایسه مبدل اسپیرال و مبدل پوسته و لوله

۶-۱	معایب و مشکلات مبدل ماریچی یا اسپیرال	۳۱
۷-۱	اصول طراحی مبدل های حرارتی	۳۳
۱-۷-۱	ضریب کلی انتقال حرارت	۳۵
۲-۷-۱	توزیع درجه حرارت	۳۹
۳-۷-۱	مبدل حرارتی با جریان همسو و غیرهمسو	۴۳
۴-۷-۱	روش NTU-ε	۴۸
۵-۷-۱	روش اختلاف دمای متوسط LMTD	۵۴
۶-۷-۱	مقایسه روش های NTU-ε و LMTD	۵۸
۷-۷-۱	افت فشار	۶۰

توسعه تکنیک طراحی مبدل های ماریچی

۶۱	مقدمه	۶۱
۱-۲	طراحی حرارتی و سیالاتی مبدل	۶۱
۲-۲	روش میان بر برای محاسبه	۶۳
۱-۲-۲	روابط انتقال حرارتی در جریان شعاعی	۶۴
۲-۲-۲	روابط انتقال حرارت برای جریان های ماریچی و محوری	۶۵
۳-۲-۲	روابط لازم برای محاسبه مقاومت دیواره	۶۶
۴-۲-۲	روابط لازم برای تغییر مقاومت حرارت رسوب	۶۶
۵-۲-۲	روابط مربوط به افت فشار	۶۶
۷۲	علائم اختصاری فصل (۲)	۷۲

تحلیل ترمودینامیکی مبدل های ماریچی

۷۵	مقدمه	۷۵
۱-۳	مفروضات اساسی	۷۶
۲-۳	اجزاء معادلات موازنه انرژی	۷۸
۱-۲-۳	موازنه انرژی برای کانال اصلی	۷۹
۲-۲-۳	موازنه انرژی برای کانال ثانویه	۸۰

۸۳	۳-۳ ضریب تأثیر
۸۳	۴-۳ ضریب تصحیح
۸۵	۵-۳ عدد خواص (CN)
۸۶	۶-۳ محاسبه درجه حرارت نقاط مختلف مبدل
۸۷	علائم اختصاری فصل (۳)

توسعه ابزاری جهت شبیه‌سازی و طراحی مبدل‌های مارپیچی ۸۹

۸۹	مقدمه
۸۹	۱-۴ معیارهای طراحی یک مبدل
۹۱	۲-۴ انتخاب، پیش‌بینی عملکرد و طراحی
۹۵	۳-۴ نقش کامپیوتر در طراحی مبدل‌های حرارتی
۹۶	۴-۴ نرم‌افزار طراحی مبدل‌های حرارتی مارپیچی
۹۷	۵-۴ ساختار الگوریتم ارائه شده جهت طراحی مبدل‌های حرارتی مارپیچی

تجربه بکارگیری مبدل‌های مارپیچی در صنایع ۱۰۱

۱۰۱	مقدمه
۱۰۱	۱-۵ جذابیت اقتصادی استفاده از مبدل‌های مارپیچی در صنعت
۱۰۱	۱-۱-۵ رسوب در مبدل‌های حرارتی
۱۰۲	۲-۵ نمونه‌های موفق استفاده از مبدل‌های اسپیرال [۲۲]
۱۰۲	۱-۲-۵ صنایع چوب و کاغذ
۱۰۳	۲-۲-۵ صنایع قند و شکر

استفاده از مبدل‌های گرمایی صفحه-مارپیچی در صنعت نفت کشور ۱۱۱

۱۱۱	مقدمه
۱۱۲	۱-۶ انواع مبدل‌های مارپیچی (حلزونی)
۱۱۲	۱-۱-۶ جایگاه مبدل‌های گرمایی صفحه-حلزونی و لوله-حلزونی
۱۱۳	۲-۱-۶ مبدل گرمایی لوله-حلزونی

۱۱۴	۳-۱-۶	مبدل گرمایی صفحه-حلزونی
۱۱۸	۲-۶	مزایای مبدل‌های گرمایی صفحه حلزونی
۱۲۱	۳-۶	معایب مبدل‌های گرمایی صفحه حلزونی
۱۲۲	۴-۶	استانداردهای مبدل‌های گرمایی صفحه حلزونی
۱۲۲	۵-۶	پارامترهای طراحی
۱۲۳	۶-۶	معادلات تجربی انتقال گرما و روابط افت فشار
۱۲۵	۷-۶	روشی جدید در طراحی مبدل گرمایی صفحه حلزونی با در نظر گرفتن ساختار
۱۲۷	۱-۷-۶	محاسبات ابعاد هندسی برای مبدل‌های صفحه حلزونی
۱۲۹	۸-۶	الگوریتم جدید طراحی مبدل گرمایی صفحه حلزونی با در نظر گرفتن ساختار مبدل گرمایی صفحه حلزونی
۱۳۳	۹-۶	بررسی مطالعه موردی برای صنعت نفت
۱۳۷	۱۰-۶	بررسی نحوه ساخت، شرکت‌های سازنده و امکان ساخت داخل مبدل‌های گرمایی صفحه حلزونی
۱۳۷	۱-۱۰-۶	بررسی نحوه ساخت
۱۳۸	۲-۱۰-۶	عرضه کنندگان داخلی
۱۳۸	۳-۱۰-۶	عرضه کنندگان خارجی
۱۴۳	۱۱-۶	امکان سنجی استفاده از مبدل‌های ماریچی در صنعت نفت کشور
۱۴۸	۱-۱۱-۶	قراردادها
۱۴۹	۲-۱۱-۶	برآورد قیمت مبدل‌های حرارتی
۱۵۷	۳-۱۱-۶	برآورد رسوب گرفتگی
۱۷۳	۴-۱۱-۶	جذابیت اقتصادی استفاده از مبدل‌های ماریچی در صنعت نفت کشور

استفاده از مبدل‌های گرمایی مجهز به بافل‌های ماریچی در صنعت نفت کشور.

۲۰۷

۲۰۷ مقدمه

۲۰۷ ۱-۷ افزایش انتقال حرارت در سمت پوسته مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله با استفاده از بافل‌های

۲۰۸ ماریچی

۲۰۸ ۱-۱-۷ اصول کلی مبدل‌های حرارتی مجهز به بافل‌های ماریچی

۲۱۱.....	۲-۱-۷ نقش بافل در ساختار مبذل
۲۱۲.....	۳-۱-۷ مبذل های حرارتی دارای بافل های ماریچی پوسته
۲۱۴.....	۴-۱-۷ مبذل های حرارتی پوسته-لوله با بافل های ماریچی ترکیبی در تک گذر از پوسته
۲۱۶.....	۵-۱-۷ مبذل های حرارتی ترکیبی با چند گذر در پوسته مجهز به بافل های ماریچی
۲۱۸.....	۲-۷ بررسی سازندگان مبذل های حرارتی پوسته-لوله مجهز به بافل ماریچ
۲۱۹.....	۳-۷ نمونه مطالعاتی: واحد بوتن ۱ در مجتمع پتروشیمی تبریز
۲۱۹.....	۱-۳-۷ مراحل کار
۲۲۴.....	۲-۳-۷ مقایسه نتایج عملکردی تیوب باندل ماریچ باتیوب باندل قدیمی

۲۲۹..... استفاده از مبذل های گرمایی صفحه ای در صنعت نفت کشور

۲۲۹.....	مقدمه
۲۳۱.....	۱-۸ اصول و طراحی مبذل های گرمایی قاب و صفحه ای
۲۳۱.....	۱-۱-۸ اجرای تشکیل دهنده مبذل های گرمایی قاب و صفحه ای
۲۳۳.....	۲-۱-۸ مزایای مبذل های گرمایی قاب و صفحه ای
۲۳۴.....	۳-۱-۸ محدودیت های مبذل های گرمایی قاب و صفحه ای
۲۳۴.....	۴-۱-۸ اصول طراحی مبذل های گرمایی قاب و صفحه ای
۲۴۱.....	۲-۸ بررسی امکان ساخت داخل
۲۴۲.....	۳-۸ امکان سنجی استفاده از مبذل های صفحه ای در صنعت نفت کشور
۲۴۳.....	۱-۳-۸ استفاده از مبذل های حرارتی صفحه ای در واحدهای تبدیل کاتالیستی
۲۵۸.....	۲-۳-۸ استفاده از مبذل های حرارتی صفحه ای در واحدهای برج های خنک کن

۲۷۵..... جمع بندی و نتیجه گیری

۲۷۵.....	جمع بندی و نتیجه گیری
----------	-----------------------

۲۸۳..... منابع

پیشگفتار

ضرورت حفظ منابع پایان پذیر سوخته‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری انرژی در فرآیند تولید، کنترل آلودگی هوا، صرفه‌جویی در مصرف آب، کنترل آلودگی منابع آب و کاهش شدت مصرف آب و انرژی در فرآیندهای تولیدی و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده محصولات ایجاد می‌کند که صنایع نفت کشور طوری مورد طراحی از پایه قرار گرفته و یا اصلاح شوند که تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی تامین شده توسط سیستم‌های جانبی (Utility) در آن‌ها در سطحی بهینه و اقتصادی به ازای تولید یک واحد ارزش افزوده، باشد.

برای دستیابی به بهینه سطح مصرف انرژی گرمایشی و یا سرمایشی تامین شده توسط سیستم‌های جانبی، لازم است شبکه‌های بازیافت انرژی کارایی در صنایع نفت وجود داشته باشد تا بیشترین بازیافت حرارت از جریان‌های گرم فرآیندی انجام و تا حد ممکن برای گرمایش جریان‌های سرد فرآیندی از این حرارت‌های بازیافتی استفاده شود. همچنین جهت کاهش هزینه‌های یوتیلیتی لازم است تا حد امکان از یوتیلیتی‌های گرم با دمای پایین‌تر و یوتیلیتی‌های سرد با دمای بالاتر به ترتیب برای گرمایش و سرمایش جریان‌های فرآیندی در صنایع نفت استفاده گردد. یکی از بهترین روش‌ها برای نائل شدن به اهداف فوق، استفاده از سطوح انتقال حرارتی بین جریان‌های فرآیندی با یکدیگر و یا جریان‌های فرآیندی با جریان‌های یوتیلیتی است که امکان رسیدن به حداقل اختلاف دما بین جریان‌های سرد و گرم را پدید آورد که استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای و مارپیچی در صنایع در همین راستا اهمیت پیدا می‌کند. علاوه بر امکان کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های عملیاتی در صورت استفاده از مبدل‌های

حرارتی صفحه‌ای و ماریچی در طرح‌های جدید صنایع نفت و یا جایگزینی این نوع مبدل‌ها با سایر انواع قدیمی مانند مبدل‌های پوسته و لوله در صنایع نفت موجود، استفاده از این مبدل‌های مدرن در کاهش هزینه‌های رسوب زدایی نیز از اهمیت شایانی برخوردار است.

لازم به ذکر است که رسوب زدایی در مبدل‌های حرارتی یکی از پرهزینه‌ترین مسائل در تعمیر و نگهداری مبدل‌ها است که باعث اتلاف سرمایه و همچنین زمان می‌شود. بطور مثال هزینه‌های ناشی از ایجاد رسوب در صنایع کشور آمریکا سالانه به ۵ میلیارد دلار می‌رسد که هزینه هنگفتی را بر صنایع این کشور تحمیل می‌کند. ایجاد رسوب بر روی سطوح انتقال حرارت باعث کاهش نرخ انتقال حرارت و همچنین افزایش افت فشار می‌گردد و لذا رسوب زدایی امری اجتناب ناپذیر است که باعث اتلاف زمان تولید و ایجاد هزینه فراوانی می‌گردد.

با توجه به مسائل فوق استفاده از مبدل‌های مدرن بویژه مبدل‌های ماریچی به علت رسوب‌گیری کم و همچنین رسوب زدایی آسان یک جایگزین مناسب برای انواع دیگر مبدل‌ها در صنایع نفت کشور که بعضاً مواد فرآیندی در آن‌ها رسوب و همچنین ویسکوزیته زیادی دارند، می‌باشند.

اما استفاده از مبدل‌های صفحه‌ای و ماریچی در طرح‌های جدید صنعت نفت و یا بعنوان جایگزین در واحدهای موجود باید با در نظر گرفتن معایب، مشکلات، محدودیات و دامنه عملکرد این مبدل‌ها صورت گیرد و همچنین لازم است موارد مهمی مانند بررسی آنالیز هزینه-فایده و امکان ساخت این مبدل‌ها در کشور نیز مد نظر قرار گیرد. لازم به ذکر است که جهت امکان‌سنجی استفاده از این نوع مبدل‌ها، مقایسه عملکرد و قابلیت اطمینان آن‌ها با سایر انواع مبدل‌های حرارتی لازم است مبانی طراحی و شبیه‌سازی این نوع مبدل‌ها، بویژه انواع ماریچی که سوابق زیاد و ابزار طراحی مناسبی برای آن‌ها در کشور وجود ندارد، مورد بررسی فنی قرار گرفته و الگوریتم‌های مناسبی برای طراحی و شبیه‌سازی این نوع مبدل‌ها توسعه داده شود که کلیه موارد گفته شده در دستور کار این تحقیق قرار دارد.

علی‌رغم اینکه اطلاعات بسیار کمی در مورد مبدل ماریچی در کشور ما وجود دارد، این کتاب، اطلاعات بسیار مفید و جامعی در خصوص مزایای استفاده از این نوع مبدل، بدست آوردن ضریب کلی انتقال حرارت، روابط افت فشار، محاسبه رابطه تأثیر و همچنین ضریب تصحیح دمای لگاریتمی در این مبدل‌ها را بیان می‌دارد. بطوریکه در این تحقیق، علاوه بر استفاده از روابط تجربی برای طراحی ساختمان مبدل، از حل تحلیلی نیز برای بررسی طرح بدست آمده استفاده گردیده است.

در این کتاب ابتدا به ارائه کلیاتی در خصوص انواع و اصول طراحی و شبیه سازی مبدل‌های حرارتی پرداخته شده است. سپس صرفاً مبدل‌های حرارتی مارپیچی در نظر گرفته شده و پس از معرفی کامل آن‌ها به توسعه روابط و معادلات حاکم در آن‌ها پرداخته و رفتار ترمودینامیکی آن‌ها را دقیقاً مورد تحلیل قرار داده‌ایم. سپس به توسعه ابزار توانمندی در شبیه سازی و طراحی مبدل‌های مارپیچی اقدام نموده‌ایم. در الگوریتمی که در این کتاب جهت طراحی مبدل‌های مارپیچی ارائه شده است، علاوه بر طراحی حرارتی- سیالاتی مبدل، توزیع دمای دو سیال را نیز بطور همزمان در مبدل محاسبه می‌کند. استفاده از این نرم‌افزار این امکان را فراهم می‌سازد که به روشنی به برخی از خواص این مبدل که در بعضی موارد منحصر به فرد است، پی برد. در انتها پس از تبیین برتری‌های این نوع از مبدل‌های حرارتی، به بیان چند تجربه از بکارگیری آن‌ها در صنعت مبادرت کرده و با ابزار توسعه داده شده در این تحقیق به طراحی مبدل‌های مربوطه اقدام و نتایج را با نمونه‌های عملی مقایسه کرده‌ایم. بدین ترتیب صحت عملکرد و قابلیت‌های الگوریتم پیشرفته توسعه داده شده در این تحقیق جهت طراحی مبدل‌های اسپیرال اثبات گردیده است. در پایان لازم می‌دانم از مسوولان محترم شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران که با حمایت‌های خود امکان انجام این مطالعه را فراهم آوردند و همچنین از کلیه عزیزانی که در این راستا ما را یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته و توفیق روزافزون ایشان را از درگاه احدیت مسئلت نمایم.

دکتر آبتین عطایی