

طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پیشرفته
ADVANCED PLATE HEAT EXCHANGER DESIGN

اردشیر فرشیدیان فر
انوشیروان فرشیدیان فر

۱۳۹۷



TGT Co.

نام کتاب: طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پیشرفته

نویسندگان: اردشیر فرشیدیان‌فر، انوشیروان فرشیدیان‌فر

نوبت چاپ: اول تاریخ چاپ: ۱۳۹۷

طراحی جلد: داوود مرگان ویراستار: مؤسسه گل‌واژه

ناشر: پرتو نگار توس چاپ: آستان قدس رضوی

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد قیمت: ۳۰۰.۰۰۰ ریال

سرشناسه: فرشیدیان‌فر، اردشیر، ۱۳۴۴ -

عنوان و نام پدیدآور: طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پیشرفته

تالیف اردشیر فرشیدیان‌فر، انوشیروان فرشیدیان‌فر.

مشخصات نشر: مشهد: پرتو نگار توس، ۱۳۹۷.

مشخصات ماهری: ۱۶۳ ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰۳-۰۶-۲

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

موضوع: مبدل‌های گرمایی -- طرح و ساختمان

موضوع: Heat exchangers -- Design and construction

موضوع: گرما -- انتقال -- ابزار و وسایل

موضوع: Heat -- Transmission -- Instrumets

شناسه افزوده: فرشیدیان‌فر، انوشیروان، ۱۳۴۵ -

رده بندی کنگره: ۱۳۹۷ ط ۴ ف ۲۶۲ TJ

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۴۰۲۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۳۵۹۴۲۳

(حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است)

مرکز پخش: مشهد، شهرک صنعتی توس

فاز یک، انتهای بلوار صنعت، خیابان صنعت

پلاک ۳۰۰، شرکت طاهاقالب توس

تلفن: ۰۵۱-۳۵۴۱۰۴۴۵



انتشارات
پرتو نگار توس

پیشگفتار

نظر به گستردگی پهنه گیتی، نیاز به رفاه و آسایش یکی از دغدغه‌های همیشگی بشر از دیرباز تا به امروز بوده است. از دیدگاهی می‌توان اینگونه بیان کرد که در واقع ذات سیری‌ناپذیر انسان، به نوعی مولد تلاش و حرکت او شده است. در این میان، مهندسان قشری هستند که از این ذات انسانی در جهت مثبت استفاده کرده‌اند. با هوشمندی به میان مردم آمده، نیازهای آنان را جستجو کرده و به بهره‌گیری از ظرفیت‌های محیط اطراف درصدد برطرف کردن این نیازها برآمده‌اند. یکی از این نیازها، نیاز به گرمایش، در عین مصرف کم انرژی است. در راستای برآوردن این نیاز، مبدل‌های صفحه‌ای واشردار به نظر انتخاب زیرکانه‌ای می‌رسد. چراکه این نوع از مبدل‌ها، در واقع تحولی جدید در دنیای مبدل‌های حرارتی به حساب می‌آیند. در این نوع مبدل‌ها، اغتشاش زیاد سیال در بین صفحات باعث افزایش انتقال حرارت شده، انرژی مصرفی کاهش یافته و در نتیجه بازده به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد. گستردگی کاربردهای مبدل‌ها از صنایع نفت، گاز و پتروشیمی شروع شده و تا صنایع غذایی، فولادسازی و حتی سیستم‌های ساختمانی را شامل می‌شود.

در عین اهمیت و کاربرد گسترده این نوع مبدل‌ها، با توجه به پیچیدگی‌های تئوری حاکم و دشواری تولید آن‌ها، لازم به ذکر است که تعداد تولیدکنندگانی که در دنیا جسارت به طراحی و تولید مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای واشردار کرده‌اند و دارای نرم‌افزار مخصوص به خود هستند از انگشتان یک دست تجاوز نمی‌کند. در این میان، شرکت طاهار قالب توس (TGT) یکی از شرکت‌های دانش بنیان است که در عرصه جهانی، کشور جمهوری اسلامی ایران را به سردمداری در این زمینه رسانیده است.

لازم به ذکر است که شروع تحقیق و پژوهش اینجانبان در این زمینه به حدود سی سال پیش باز می‌گردد. به عنوان مثال، در سال ۱۹۹۱ میلادی، در هفتمین کنفرانس بین‌المللی روش‌های عددی جریان‌های آرام و درهم در دانشگاه استنفورد آمریکا، مقاله‌ای با عنوان «حل لایه مرزی جریان آرام برای هوای اشباع عبوری از روی یک صفحه سرد» ارائه شد. در تحقیقی دیگر به سال ۱۹۹۳، برای اولین بار در دنیا رابطه محاسبه عدد ناسلت برای عبور هوای مرطوب از روی یک صفحه سرد توسط اینجانبان پیشنهاد شد که در همان سال در مجله انتقال حرارت ASME در آمریکا به چاپ رسید.

جهت مطالعه علاقه‌مندان، مقاله‌های مذکور در پیوست کتاب حاضر قرار گرفته‌است. در راستای عملی کردن تحقیقات منتشرشده، پس از بررسی‌های لازم، در شرکت TGT بر روی کانال‌های جریان برای صفحات با الگوهای متفاوت آزمایش‌هایی انجام گرفت. به کمک نتایج حاصل از این آزمایش‌ها، معادلات حاکم حرارتی و هیدرولیکی کانال‌ها حل شد. در نهایت، در کمال افتخار، نرم‌افزار طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای واشردار برنامه‌ریزی و ارائه شد. در توضیح اهمیت این نرم‌افزار همین بس که قابلیت آن را دارد که با انتخاب الگوی مناسب صفحات، مبدل حرارتی صفحه‌ای بهینه را طراحی کند. به عبارت دیگر، می‌تواند به طرز شگفت‌انگیز و در عین حال ساده‌ای متناسب با محل کاربرد، حداکثر افت فشار مجاز با کمترین تعداد صفحات را ارائه کند.

در کتاب پیش‌برج‌ها، جزئیات مراحل آزمایش‌ها، محاسبات و همچنین نرم‌افزار طراحی که حاصل چندین سال، تحقیق، مطالعه و کوشش شبانه‌روزی در شرکت TGT بوده، معرفی شده‌است. همان‌طور که ذکر است که در تهیه و گردآوری کتاب حاضر، تیمی از همکاران شرکت TGT، مسکله را افراد زیر همکاری داشته‌اند:

- آقای مهندس علی ماهوان، کارشناس ارشد مکانیک

- آقای مهندس علی نوروزی، کارشناس ارشد مکانیک

- آقای مهندس سعید مرندي، کارشناس ارشد مکانیک

- خانم مهندس دینا کلیبسی، کارشناس مکانیک

- خانم مهندس سیده فاطمه نبوی، دانشجوی دکتر مکانیک

همچنین از سرکار خانم چمنی که در مراحل مختلف چاپ کتاب صمیمانه همکاری کرده‌اند، سپاس‌گزاری می‌کنیم. در پایان، از تمامی صاحب‌نظران و خوانندگان گرامی صمیمانه تقاضا می‌شود لطف کرده، با ردیف نظرهای و پیشنهادهای خود به شرکت پژوهشی صنعتی طلاها قالب توس ما را از کم‌وکاستی‌های کتاب حاضر آگاه کنند. چراکه این نظرات کمک بزرگی به ارتقای کتاب پیش‌برج خواهد بود.

اردشیر فرشیدیان‌فر

انوشیروان فرشیدیان‌فر

تابستان ۱۳۹۷

مشهد مقدس

فصل ۱: طراحی مبذل های حرارتي صفحه‌اي واشردار با حل معادلات حاكم هيدروليكي و حرارتي كانال‌هاي جريان

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- خصوصيات فني مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۲
۱-۲-۱- انواع صفحه در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۳
۲-۲-۱- جنس صفحات در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۵
۳-۲-۱- جنس واشرها در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۶
۴-۲-۱- مشخصات هندسي صفحات در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۷
۵-۲-۱- قطر معادل و قطر هيدروليكي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۸
۳-۱- پارامترهاي طراحي مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۹
۴-۱- فرآيند انتقال حرارت در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۰
۵-۱- بالانس انرژي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۱
۶-۱- معادله انتقال حرارت در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۲
۱-۶-۱- اختلاف دماي لگاريتمي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۳
۲-۶-۱- ضريب انتقال حرارت كلي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۴
۷-۱- طول حرارتي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۵
۸-۱- بازده حرارتي در مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۶
۹-۱- ضريب اطمينان در طراحي مبذل‌هاي حرارتي صفحه‌اي واشردار	۱۸
۱۰-۱- خواص فيزيكي سيال	۱۹

۱۱-۱- معادلات حاکم حرارتی و هیدرولیکی کانال‌های جریان در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	۲۰
۱۲-۱- روش تجربی و آزمایشگاهی حل معادلات حاکم هیدرولیکی و حرارتی کانال‌های جریان	۲۲
۱-۱۲-۱- فرآیند آزمایش مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	۲۲
۲-۱۲-۱- تجهیزات آزمایشگاهی	۲۳
۱۲-۳- حل معادلات حاکم هیدرولیکی و حرارتی کانال‌های جریان با استفاده از نتایج آزمایش	۲۵
۱۳-۱- نتایج تجربی و آزمایشگاهی انجام شده توسط شرکت TGT	۲۹
۱۴-۱- نتیجه‌گیری	۴۶

فصل ۲: استفاده از مدل رینولدز آنالوژی (تشابه رینولدز) برای حل معادلات حاکم هیدرولیکی و حرارتی کانال‌های جریان در طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

واشردار

۱-۲- مقدمه	۴۷
۲-۲- تئوری رینولدز آنالوژی در مورد مبدل‌ها	۴۸
۳-۲- ضریب اصطکاک برای کانال‌های جریان در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	۵۰
۴-۲- سهم افت فشار ناشی از اصطکاک به کل افت فشار در کانال‌های جریان در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	۵۲
۵-۲- مقایسه بین مدل رینولدز آنالوژی و نتایج تجربی و آزمایشگاهی	۵۲
۶-۲- نتیجه‌گیری	۶۵

فصل ۳: طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

واشردار پیشرفته

با انتخاب الگوی مناسب صفحات

۱-۳- مقدمه	۶۷
۲-۳- الگوی مناسب صفحات برای طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای	۶۹

فصل ۴: طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای به کمک دینامیک سیالات محاسباتی

۷۹	۱-۱-۴ مقدمه
۸۰	۲-۴- شبیه‌سازی عددی
۸۲	۱-۲-۴- مش‌بندی
۸۳	۲-۲-۴- تنظیمات حل
۸۴	۳-۲-۴- شرایط مرزی
۸۴	۴-۲-۴- مدل آشفتگی
۸۴	۵-۲-۴- نتایج
۸۷	۳-۴- جمع‌بندی

فصل ۵: آشنایی با نرم‌افزار طراحی مبدل‌های حرارتی پیشرفته و اشردار

۸۹	۱-۵- مقدمه
۹۱	۲-۵- الگوریتم برنامه
۹۱	۱-۲-۵- محاسبه چگالی، ظرفیت گرمایی، اثر، ازجت و هدایت حرارتی توسط رابطه اختصاصی تعیین شده در شرکت TGT
۹۲	۲-۲-۵- تعیین جنس و ضخامت صفحات انتقال حرارت
۹۳	۳-۲-۵- محاسبه اختلاف دمای متوسط لگاریتمی (LMTD)
۹۳	۴-۲-۵- دریافت پارامترهای هندسی مربوط به صفحات مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای
۹۳	۵-۲-۵- ضرایب ناسلت و ضرایب افت فشار هر صفحه با زاویه و ضرایب مشخص
۹۴	۶-۲-۵- انتقال حرارت
۹۶	۷-۲-۵- افت فشار
۹۷	۳-۵- محیط نرم‌افزار
۱۰۱	۴-۵- خروجی نرم‌افزار
۱۰۳	۵-۵- روش‌های مختلف طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای
۱۰۳	۱-۵-۵- طراحی در حالت DESIGN
۱۰۶	۱-۱-۵-۵- مقایسه نتایج نرم‌افزار TAHACALCII با نرم‌افزار مشابه خارجی
۱۱۱	۲-۵-۵- طراحی در حالت RATING
۱۱۵	۳-۵-۵- طراحی در حالت PERFORMANCE
۱۱۹	۴-۵-۵- محاسبات مبدل‌های چندپاس
۱۲۵	۵-۵-۵- طراحی مبدل‌های آرایشی

منابع	۱۲۷
پیوست ۱- مقاله انتقال حرارت جابه‌جایی برای جریان آرام مربوط به هوای مرطوب عبوری از روی صفحه سرد	۱۳۰
پیوست ۲- مقاله حل معادلات لایه مرزی جریان آرام مربوط به عبور هوای اشباع از روی صفحه سرد	۱۴۱
پیوست ۳- خواص فیزیکی آب در بازه دمایی 0-150 درجه سانتی‌گراد	۱۵۶
پیوست ۴- تبدیل واحدهای مورد نیاز	۱۶۳

www.ketab.ir