



کورهای فرآیندی

محاسبات پایه و عملیات بهینه

مؤلفان:

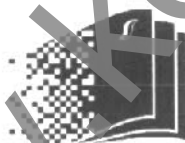
افشین بختیاری - بابک مقبولی - حمیدرضا حنفی



انتشارات جهان افروز

پاییز ۱۳۹۱

سرشناسه: بختیاری، افشین، ۱۳۵۲ -
عنوان و نام پدیدآور: کوردهای فرآیندی - محاسبات پایه و عملیات بهینه/
مؤلفان افشین بختیاری، بابک مقبولی، حمیدرضا نجفی.
مشخصات نشر: تهران: جهان افروز، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری: ۲۳۲ ص.: مصور، جدول، نمودار + یک لوح فشرده.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۲۷۷-۱-۳
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا
موضوع: کوردهای فرآیندی
موضوع: نفت — صنعت و تجارت
شناسه افزوده: مقبولی، بابک، ۱۳۶۰-
شناسه افزوده: نجفی، حمیدرضا، ۱۳۵۱-
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۱ ک۹ ۸۴۱/۳ TP
رده‌بندی دیویی: ۶۶۶/۴۳۶
سما: کتابخانه ملی: ۲۹۲۳۲۴۱



انتشارات جهان افروز

نام کتاب: کوردهای فرآیندی (محاسبات پایه و عملیات بهینه)
مؤلفان: افشین بختیاری، بابک مقبولی، حمیدرضا نجفی
ناشر: انتشارات جهان افروز
حروفچینی و صفحه‌آرایی: انتشارات جهان افروز
طراح جلد: رضا یگانه‌فر
قطع: وزیری

نوبت و تاریخ چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۱

تیراز: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۷۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۲۷۷-۱-۳

ISBN: 978-600-93277-1-3

مقدمه مؤلفان

صنعت نفت کشور ایران با بیش از ۱۰۰ سال قدمت و نیز وجود توانمندی‌های متعدد و متنوع در عرصه‌های ساخت و عملیات پالایشگاه‌ها، در حوزه‌های دانش فنی، اعم از تکنولوژی توسعه فرآیندها و یا فناوری‌های طراحی تجهیزات، پیشرفت قابل قیاسی با ۲ حوزه قبلی نداشته و این موضوع وجوب تلاش بیشتر محققان و مهندسان این رشته را جهت نیل به این مهم، اجتناب ناپذیر جلوه می‌نماید.

در این راستا، کتاب حاضر که مجموعه‌ای گردآوری شده از تجربیات چندین سال کار مستمر تحقیقاتی، مهندسی و بایش بر روی کوره‌های فرآیندی پالایشگاه‌های کشور و نیز تلفیق آن با اطلاعات استخراج شده از مراجع و منابع معتبر مختلف می‌باشد، سعی در ارضای الزامی یکی از نیازهای این صنعت در خصوص تجهیز کوره‌های فرآیندی داشته که با هدف تمرکز بر روی انواع محاسبات پایه مورد نیاز مهندسان پالایشگاهی و نیز روش‌های سیستماتیک و علمی راهبری کوره‌ها در شرایط پیچیده، تدوین گردیده است.

مؤلفان این کتاب بر خود لازم می‌دانند از پشتیبانی‌های مالی و معنوی شرکت پالایش نفت اصفهان و به ویژه همکاران محترم اداره مهندسی پالایش آن شرکت، که در جهت چاپ و نشر این کتاب کمال همکاری را به عملآورده‌اند، سپاسگزاری نموده و امید آن دارند که این اطلاعات مورد استفاده سایر مهندسان این حوزه نیز قرار گیرد.

افشین بختیاری - بابک مقبولی - حمیدرضا نجفی



فصل اول. آشنایی با کوره های فرآیندی و مفاهیم پایه

- ۱- مقدمه..... ۲
- ۱-۱- مفاهیم پایه مربوط به کوره های فرآیندی..... ۲
- ۲-۱- آشنایی با اجزاء کوره های فرآیندی و انواع کوره ها..... ۶
- ۱-۲-۱- اجزاء کوره های فرآیندی..... ۶
- ۲-۲-۱- انواع کوره های فرآیندی..... ۱۳
- ۱-۲-۲-۱- آشنایی مقدماتی با کوره های فرآیندی و نحوه دسته بندی آن ها..... ۱۳
- ۲-۲-۲-۱- دسته بندی کوره ها بر اساس نوع مکش..... ۱۵
- ۳-۲-۲-۱- دسته بندی کوره ها بر اساس پیکمان لوله های بخش تابشی و شکل هندسی محفظه احتراق..... ۱۷
- ۴-۲-۲-۱- تقسیم بندی کوره ها بر اساس رفتار فازی سیال داخل لوله..... ۲۶
- ۵-۲-۲-۱- تقسیم بندی کوره ها بر اساس نحوه قرار گیری مشعل ها و جهت شعله..... ۲۸
- ۳-۱- آشنایی با اجزاء مشعل ها و انواع مشعل های به کار گرفته شده در کوره های فرآیندی..... ۲۹
- ۱-۳-۱- اجزاء مشعل های با مکش طبیعی..... ۳۰
- ۲-۳-۱- انواع مشعل ها..... ۳۲
- ۱-۲-۳-۱- مشعل های سوخت گازی..... ۳۲
- ۲-۲-۳-۱- مشعل های سوخت مایع یا دوگانه سوز..... ۳۵
- ۴-۱- نگاهی به مدارک طراحی کوره فرآیندی و مشعل ها..... ۳۷
- ۱-۴-۱- تشریح داده برگ کوره..... ۳۷
- ۲-۴-۱- نمودارهای تعیین ظرفیت حرارتی مشعل..... ۴۷
- ۵-۱- مراجع..... ۵۰

فصل دوم. سوخت، احتراق و محاسبات احتراق

- ۲- مقدمه..... ۵۲
- ۱-۲- انواع سوخت..... ۵۲
- ۱-۱-۲- سوخت های گازی..... ۵۲
- ۲-۱-۲- سوخت مایع..... ۵۴
- ۱-۲-۱-۲- فرآوری سوخت مایع..... ۵۷
- ۲-۲-۱-۲- ترکیبات افزودنی به سوخت مایع..... ۵۸
- ۲-۲- محاسبه کمینه و بیشینه ارزش حرارتی سوخت (LHV & HHV)..... ۵۹
- ۳-۲- هوا..... ۶۱

۶۱	۲-۳-۱- هوای احتراق و نقش آن در پایداری شعله
۶۱	۲-۳-۲- بررسی مزایا و معایب هوای اضافی مازاد در کوره‌ها
۶۲	۲-۳-۳- تعیین میزان بهینه هوای اضافی در کوره‌های فرآیندی
۶۳	۲-۳-۴- بررسی پروفایل مکش در کوره‌های فرآیندی
۶۵	۲-۴- واکنش‌های احتراق
۶۵	۲-۴-۱- استوکیومتری
۶۶	۲-۵- آنالیز شعله
۶۷	۲-۵-۱- ارتفاع شعله
۶۸	۲-۵-۲- رنگ شعله
۷۰	۲-۵-۳- قطر شعله
۷۰	۲-۵-۴- دمای شعله
۷۱	۲-۵-۵- محدوده اشتعال پذیری
۷۱	۲-۵-۶- سرعت شعله
۷۲	۲-۶- محاسبات احتراق
۷۳	۲-۶-۱- محاسبات احتراق بر مبنای درصد وزنی معلوم عناصر سازنده سوخت
۷۶	۲-۶-۲- انجام محاسبات احتراق به کمک جدول استاندارد API-560
۷۹	۲-۷- علائم و نشانه‌ها
۸۰	۲-۸- مراجع

فصل سوم. انتقال حرارت تابشی در کوره‌های فرآیندی

۸۲	۳- مقدمه
۸۲	۳-۱- انتقال حرارت تابشی در کوره‌های فرآیندی
۸۲	۳-۱-۱- بررسی اجمالی پارامترهای موثر در انتقال حرارت تابشی
۸۲	۳-۱-۱-۱- قدرت نشر تابشی
۸۳	۳-۱-۱-۲- ضریب نشر و جذب
۸۳	۳-۱-۱-۳- جسم سیاه
۸۳	۳-۱-۱-۴- جسم خاکستری
۸۳	۳-۱-۱-۵- جسم رنگی
۸۳	۳-۱-۱-۶- ضرایب نشر و جذب گاز
۸۸	۳-۱-۱-۷- خواص تابشی سطوح جامد
۸۹	۳-۱-۲- نگاهی به مدل‌های انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها
۸۹	۳-۱-۲-۱- مدل یک منطقه‌ای
۹۰	۳-۱-۲-۲- مدل کوره با محفظه احتراق طویل
۹۰	۳-۱-۲-۳- مدل چند منطقه‌ای
۹۱	۳-۱-۳- نگاهی دقیق‌تر به مدل یک منطقه‌ای یا همگن

۹۱	۱-۳-۱-۳- موازنه انرژی برای بخش تابش
۹۶	۴-۱-۳- نگاهی به روش‌های تخمینی انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها
۹۹	۲-۳- علائم و نشانه‌ها
۱۰۰	۳-۳- مراجع

فصل چهارم. محاسبات راندمان کوره‌های فرآیندی

۱۰۲	۴- مقدمه
۱۰۲	۱-۴- محاسبه و برآورد راندمان کوره
۱۰۲	۱-۱-۴- شرایط استاندارد آزمون راندمان کوره‌های فرآیندی
۱۰۲	۲-۱-۴- روش محاسبه راندمان کوره
۱۰۳	۱-۲-۱-۴- راندمان حرارتی خالص
۱۰۷	۲-۲-۱-۴- راندمان حرارتی ناخالص (خام)
۱۰۷	۳-۲-۱-۴- راندمان حرارتی سوخت
۱۱۲	۳-۱-۴- روش‌های تخمین سریع راندمان کوره
۱۱۵	۲-۴- علائم و نشانه‌ها
۱۱۶	۳-۴- مراجع

فصل پنجم. آلاینده‌ها و ملاحظات زیست‌محیطی

۱۱۸	۵- مقدمه
۱۱۸	۱-۵- اکسیدهای نیتروژن (NO_x)
۱۱۸	۱-۱-۵- نگاه کلی به پارامترهای موثر در تشکیل NO_x و راهکارهای کاهش آن
۱۲۱	۲-۱-۵- بررسی راهکارهای عملیاتی کاهش NO_x
۱۲۲	۲-۵- اکسیدهای گوگرد (SO_x)
۱۲۲	۱-۲-۵- نگاه کلی به پارامترهای موثر در تشکیل SO_x و عوامل موثر بر دمای نقطه شبنم
۱۲۵	۲-۲-۵- بررسی راهکارهای عملیاتی کاهش SO_x و کاهش اثرات خوردگی ناشی از نقطه شبنم گازهای اسیدی
۱۲۳	۱-۲-۲-۵- مقدار گوگرد موجود در سوخت
۱۲۴	۲-۲-۲-۵- مواد افزوده شده به سوخت و گازهای حاصل از احتراق
۱۲۴	۳-۲-۲-۵- مقدار اکسیژن موجود در گازهای حاصل از احتراق
۱۲۵	۴-۲-۲-۵- میزان رطوبت در گازهای حاصل از احتراق
۱۲۵	۵-۲-۲-۵- دمای احتراق
۱۲۵	۶-۲-۲-۵- تمیزی کوره
۱۲۵	۷-۲-۲-۵- طراحی مشعل
۱۲۶	۳-۵- مراجع

فصل ششم. عملیات بهینه و تنظیم عملکرد کوره‌های فرآیندی

۱۲۸	۶- مقدمه
۱۲۸	۶-۱- متغیرهای تأثیر گذار در عملکرد کوره
۱۲۸	۶-۱-۱- مکش
۱۲۹	۶-۱-۲- هوای اضافی (یا اکسیژن اضافی)
۱۳۳	۶-۱-۳- فشار و دبی سوخت
۱۳۳	۶-۱-۴- دمای گازهای حاصل از احتراق
۱۳۴	۶-۱-۵- دمای سوخت
۱۳۴	۶-۲- بررسی و پایش درون کوره‌ها
۱۳۵	۶-۲-۱- لوله‌های داخل کوره
۱۳۵	۶-۲-۲- الگو و پایداری شعله
۱۳۶	۶-۲-۳- رنگ عایق‌ها و نگهدارنده لوله‌ها
۱۳۶	۶-۲-۴- نشی هوا
۱۳۶	۶-۳- بررسی و پایش بیرون کوره
۱۳۶	۶-۳-۱- دمپر
۱۳۶	۶-۳-۲- شیرهای قطع کننده مشعل
۱۳۶	۶-۳-۳- بدنه کوره
۱۳۷	۶-۳-۴- شرایط مشعل‌ها
۱۳۷	۶-۳-۵- لوله کشی
۱۳۷	۶-۳-۶- نشی هوا
۱۳۷	۶-۴- داده‌های عملیاتی کوره
۱۳۹	۶-۵- الگوریتم‌های بهینه سازی عملیاتی کوره‌ها
۱۳۹	۶-۵-۱- الگوریتم پیشنهادی استاندارد API برای تنظیم هم زمان هوای اضافی و مکش در یک کوره فرآیندی
۱۴۰	۶-۵-۲- الگوریتم‌های پیشنهادی
۱۴۸	۶-۶- مراجع

فصل هفتم. ابزارهای کنترل و اندازه‌گیری در کوره‌های فرآیندی

۱۵۰	۷- مقدمه
۱۵۰	۷-۱- اندازه گیری دما
۱۵۰	۷-۱-۱- دمای بخش تابشی
۱۵۲	۷-۱-۲- دمای بخش جابجایی
۱۵۲	۷-۱-۳- دمای دودکش
۱۵۳	۷-۱-۴- دمای سیال فرآیندی
۱۵۴	۷-۱-۵- دمای پوسته لوله

۱۵۵	۶-۱-۷- دمای سوخت
۱۵۶	۲-۷- اندازه گیری فشار
۱۵۶	۱-۲-۷- مکش
۱۵۷	۲-۲-۷- فشار سیال فرآیندی
۱۵۷	۳-۲-۷- فشار سوخت
۱۵۷	۳-۷- اندازه گیری دبی جریان
۱۵۷	۱-۳-۷- دبی سیال فرآیندی
۱۵۸	۲-۳-۷- دبی سوخت
۱۵۹	۳-۳-۷- دبی هوا
۱۵۹	۴-۷- آنالیز گازهای حاصل از احتراق
۱۶۰	۵-۷- مراجع

فصل هشتم. مشکلات عملیاتی متداول در کوره‌های فرآیندی و راهکار رفع آنها

۱۶۲	۸- مقدمه
۱۶۳	۱-۸- شکل نامناسب شعله و مشکلات عملیاتی مربوط به آن
۱۶۶	۲-۸- برخورد شعله با لوله
۱۶۶	۱-۲-۸- نشانه‌های بروز مشکل
۱۶۶	۲-۲-۸- تأثیرات عملیاتی
۱۶۸	۳-۲-۸- اقدامات اصلاحی
۱۶۹	۳-۸- نقاط داغ
۱۶۹	۱-۳-۸- نشانه‌های بروز مشکل
۱۷۰	۲-۳-۸- تأثیرات عملیاتی
۱۷۰	۱-۲-۳-۸- عوامل بیرونی
۱۷۰	۲-۲-۳-۸- عوامل درونی
۱۷۲	۳-۳-۸- اقدامات اصلاحی
۱۷۳	۴-۸- فشار بالای سوخت
۱۷۳	۱-۴-۸- نشانه‌های بروز مشکل
۱۷۳	۲-۴-۸- تأثیرات عملیاتی
۱۷۴	۳-۴-۸- اقدامات اصلاحی
۱۷۴	۵-۸- دمای بالای گاز خروجی از دودکش
۱۷۴	۱-۵-۸- نشانه‌های بروز مشکل
۱۷۴	۲-۵-۸- تأثیرات عملیاتی
۱۷۵	۳-۵-۸- اقدامات اصلاحی
۱۷۶	۶-۸- گرمایش مازاد یا بار حرارتی بیش از حد در بخش جابجایی
۱۷۶	۱-۶-۸- نشانه‌های بروز مشکل

۱۷۶	۸-۶-۲- تأثیرات عملیاتی
۱۷۷	۸-۶-۳- اقدامات اصلاحی
۱۷۸	۸-۷-۷- اتلاف حرارتی در اثر نشتی هوا به بخش جابجایی
۱۷۸	۸-۷-۱- نشانه‌های بروز مشکل
۱۷۸	۸-۷-۲- تأثیرات عملیاتی
۱۷۹	۸-۷-۳- اقدامات اصلاحی
۱۷۹	۸-۸-۸- اتلاف حرارتی بر اثر رسوبگیری جداره بیرونی لوله‌ها
۱۷۹	۸-۸-۱- نشانه‌های بروز مشکل
۱۸۰	۸-۸-۲- تأثیرات عملیاتی
۱۸۱	۸-۸-۳- اقدامات اصلاحی
۱۸۱	۸-۹- علائم و نشانه‌ها
۱۸۲	۸-۱۰- مراجع

فصل نهم. اصول و نکات مربوط به بازرسی کوره‌های فرآیندی

۱۸۴	۹- مقدمه
۱۸۴	۹-۱- ملاحظات بازرسی کوره‌ها
۱۸۸	۹-۲- مراجع

فصل دهم. تغییر ساختار در کوره‌های فرآیندی

۱۹۰	۱۰- مقدمه
۱۹۰	۱۰-۱- تغییر در سوخت گازی کوره
۱۹۰	۱۰-۲- تغییر سوخت از گاز به مایع
۱۹۱	۱۰-۳- نصب مشعل‌های کاهنده NO_x
۱۹۲	۱۰-۴- افزایش بار حرارتی محفظه احتراق
۱۹۲	۱۰-۵- افزایش بار حرارتی بخش جابجایی
۱۹۲	۱۰-۶- افزایش بیش گرم کن
۱۹۳	۱۰-۷- افزایش ظرفیت کوره (افزایش دبی سیال فرآیندی)
۱۹۳	۱۰-۸- تعویض جنس لوله‌ها
۱۹۴	۱۰-۹- تعویض لوله‌ها، حذف سر لوله‌ها
۱۹۴	۱۰-۱۰- مراجع

فصل یازدهم. ملاحظات عملیاتی مشعل‌ها

۱۹۶	۱۱- مقدمه
۱۹۶	۱۱-۱- هوای اضافی پیشنهادی برای عملیات بهینه مشعل‌ها
۱۹۶	۱۱-۲- مقایسه عملکرد مشعل‌های مختلف و ملاحظات عملیاتی آن‌ها

۱۹۸.....	۱۱-۳- آزمون کارایی مشعل در شرایط غیر از طراحی
۱۹۸.....	۱۱-۳-۱- دستورالعمل برای مشعل‌های گازسوز
۱۹۹.....	۱۱-۳-۲- دستورالعمل برای مشعل‌های سوخت مایع
۲۰۰.....	۱۱-۳-۳- نتایج مورد پذیرش آزمون کدامند؟
۲۰۲.....	۱۱-۴- مراجع

پیوست. تبدیل واحد و راهنمای استفاده از ماژول‌های MS-EXCEL®

۲۰۴.....	پیوست ۱- تبدیل واحدهای متداول
۲۰۵.....	پیوست ۲- راهنمای استفاده از ماژول اکسل FH-EMod®
۲۰۵.....	پیوست ۱-۲- نکات کلی پیرامون رابط کاربری
۲۰۹.....	پیوست ۲-۲- مثال محاسباتی
۲۱۹.....	پیوست ۳- راهنمای استفاده از ماژول اکسل FH-Combustion®
۲۱۹.....	پیوست ۱-۳- نکات کلی پیرامون رابط کاربری
۲۲۰.....	پیوست ۲-۳- مثال محاسباتی

ضمیمه. مجموعه سوال‌ها

۲۲۴.....	سؤال‌های فصل ۱
۲۲۵.....	سؤال‌های فصل ۲
۲۲۶.....	سؤال‌های فصل ۴
۲۲۷.....	سؤال‌های فصل ۵
۲۲۸.....	سؤال‌های فصل ۶
۲۲۹.....	سؤال‌های فصل ۷
۲۳۰.....	سؤال‌های فصل ۸
۲۳۱.....	سؤال‌های فصل ۹
۲۳۲.....	سؤال‌های فصل ۱۰
۲۳۳.....	سؤال‌های فصل ۱۱

پیش گفتار

عملکرد کوره‌های فرآیندی وابسته به دو پدیده اصلی احتراق سوخت در مجاورت هوا و انتقال حرارت از گازهای حاصل از احتراق به سیال فرآیندی درون لوله‌هاست. برخی از کوره‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که احتراق کامل در آن‌ها پیش از آغاز انتقال حرارت از گازهای داغ، انجام می‌پذیرد. این موضوع باعث می‌شود که طراح با مسئله دشوار طراحی یک محفظه احتراق جداگانه و یک محفظه انتقال حرارت تابشی مجزا، روبرو شود.

نوع دیگری از طراحی نیز وجود دارد که در آن پدیده‌های احتراق و انتقال حرارت به صورت هم زمان و در یک محفظه رخ می‌دهند (که در اکثر موارد به علت آنتالپی بالای گازهای خروجی از محفظه احتراق، یک منطقه انتقال حرارت جابجایی نیز پس از آن در نظر گرفته می‌شود تا حداکثر استفاده از انرژی گرمایی گازها انجام پذیرد). انتخاب میان این دو نگرش طراحی به پارامترهای متعددی وابسته است که به شرح زیر هستند:

۱- ظرفیت یا بار حرارتی کوره: یک کوره با ظرفیت حرارتی پایین و یا دبی سوخت کم، نیازمند ایجاد تأخیر در پدیده انتقال حرارت است؛ چرا که انتقال حرارت می‌تواند باعث سرد شدن بیش از اندازه گازهای حاصل از احتراق پیش از کامل شدن پدیده احتراق باشد. بنابراین چنین کوره‌هایی باید دارای محفظه احتراقی باشند که هیچ سطح جاذب گرمایی در آن تعبیه نشده باشد.

۲- کیفیت سوخت: احتمال دارد سوخت دارای چنان کمینه ارزش حرارتی (LHV) و یا میزان واکنش پذیری پایینی باشد که از دست دادن انرژی حرارتی پیش از کامل شدن پدیده احتراق، بسیار نامطلوب باشد. گازهای حاصل از کوره ذوب آهن^۱، ذغال سنگ نارس^۲ و همچنین ذغال سنگ دارای رطوبت مثال‌هایی از این نوع سوخت هستند.

۳- سادگی طراحی: ترکیب کردن پدیده احتراق و انتقال حرارت در یک محفظه، غالباً پیش بینی کارایی کل فرآیند را برای طراح دشوار می‌سازد. از طرفی طراح باید الگوی شار حرارتی^۳ منتقل شده به سیال فرآیندی را به دقت کنترل نماید.

۴- کل هزینه‌های کوره: چنانچه کوره مورد نظر بزرگ بوده و شدت احتراق در آن بالا باشد، هیچ نیازی وجود ندارد که از انتقال حرارت صورت پذیرفته از گازهای داغ حاصل از احتراق به سطح جاذب گرما ممانعت به عمل آوریم. علاوه بر این جدا سازی پدیده‌های احتراق و انتقال حرارت به دو محفظه جداگانه در مقایسه با یک محفظه یکپارچه، هزینه‌های نصب و راه اندازی کوره را به شدت افزایش می‌دهد. به عنوان مثال در پالایشگاه‌ها و در کوره‌های پیش گرم کن نفت خام یا کوره‌های کراکینگ حرارتی، کم هزینه‌ترین روش طراحی و نصب، روشی است که در آن احتراق و انتقال حرارت در یک محفظه صورت پذیرد و سیال فرآیندی از میان لوله‌های نصب شده در آن محفظه عبور نماید.

با توجه به اینکه کوره‌های فرآیندی به کار گرفته شده در صنعت نفت غالباً دارای بار حرارتی بالایی هستند و کیفیت سوخت مصرفی در آن‌ها از نظر واکنش پذیری و ارزش حرارتی بالاست، همچنین با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد هزینه‌های نصب و طراحی کوره، کوره‌های به کار گرفته شده در صنعت نفت و یا کوره‌های فرآیندی با نگرش دوم در طراحی یعنی احتراق و انتقال حرارت هم زمان در یک محفظه، طراحی و نصب می‌شوند. به همین دلیل

1- Blast-Furnace Gas

2- Peat

3- Heat flux Pattern

محفظه احتراق در کوره‌های فرآیندی، محفظه تابشی نیز خوانده می‌شود. با توجه به این موضوع، سؤالات فراوانی در طراحی کوره‌های فرآیندی قابل طرح است: با توجه به نوع انتقال حرارت غالب در محفظه احتراق که انتقال حرارت تابشی است، آیا طراحی پدیده احتراق در کوره باید به صورتی انجام پذیرد که شعله دارای درخشان¹ ترین حالت خود باشد؟ درخشان بودن شعله چگونه قابل پیش بینی است؟ آیا احتراق باید به سرعت کامل شود (در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به مشعل) و یا در طول مسیر حرکت گازهای داغ در کوره کامل گردد؟ آیا محفظه احتراق باید فشرده باشد و شکلی نزدیک به مکعب یا کره داشته باشد و یا در طول جریان سیال فرآیندی یا گازهای داغ حاصل از احتراق امتداد یابد و کشیده شود؟

همان گونه که از صورت سؤالات نیز قابل حدس است، پاسخ دادن به این سؤالات چندان ساده نیست. به عنوان مثال اختلاف نظر تئوریک میان طراحان در مورد پدیده درخشندگی شعله و بی تفاوتی نسبت به کنترل آن در محفظه تابشی، از مواردی است که اهمیت درک عمیق‌تر مکانیسم‌های انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها را بیش از پیش آشکار می‌سازد. بدست آوردن درک کمی از میزان حرارت منتقل شده به صورت تابشی از شعله، نیازمند بررسی کیفی ارتباط میان احتراق و انتقال حرارت تابشی است که بررسی کامل آن فراتر از حوزه مورد بحث این کتاب کاربردی است. از این رو در این بخش، تنها به ارایه شرح مختصری از این ارتباط بسنده می‌شود.

درخشندگی شعله‌ها به میزان ترکیبات نهانده سنگین در سوخت‌های مایع مانند نفت کوره و بیشتر از آن به ذرات دوده تشکیل شده حین احتراق که از تجزیه ترکیبات هیدروکربنی پدید آمده‌اند، وابسته است. از طرفی شدت احتراق سوخت‌های گازی و یا پودر اتمیزه شده سوخت‌های مایع، محدود به سرعت و میزان اختلاط هوا - سوخت است و هر گونه تلاش در طراحی به منظور افزایش میزان و سرعت اختلاط هوا - سوخت منتهی به کاهش درخشندگی شعله می‌شود. به عنوان مثال افزایش انرژی جنبشی (اندازه حرکت) سوخت یا هوا باعث افزایش تنش میان این دو سیال می‌شود و در نهایت اختلاط آن‌ها را بهبود می‌بخشد. در روش دیگر، افزایش اندازه حرکت هم زمان مخلوط هوا - سوخت به کمک چرخش گازهای داغ در محفظه تابشی نه تنها اختلاط را بهبود می‌بخشد بلکه آغاز اشتعال² سوخت را نیز ساده‌تر می‌سازد. کوچک کردن اندازه مشعل‌ها و افزایش تعداد آن‌ها در محفظه تابشی از دیگر راهکارهای افزایش سرعت اختلاط هوا - سوخت است. این روش‌ها از طول شعله می‌کاهند و بر سهم انتقال حرارت جابجایی در محفظه احتراق می‌افزایند.

از طرفی هیچ گزاره علمی نمی‌تواند نقش درخشندگی شعله در ایجاد تأثیرات بهتر بر پدیده انتقال حرارت در مقایسه با عوامل فوق را تایید یا تکذیب نماید. علاوه بر این، حتی در شرایط طراحی که درخشندگی به صورت واضحی نقش برتری در انتقال حرارت تابشی دارد، درخشندگی بیش از اندازه نیز می‌تواند برای فرایند کلی کوره مضر و نامناسب باشد. محفظه احتراقی را در نظر بگیرید که دوده در کل آن به صورت یکتواخت توزیع شده است و پدیده احتراق در کل حجم داخلی آن انجام می‌پذیرد. طبیعتاً انرژی گرمایی آزاد شده از احتراق به صورت تابشی به دیواره‌های محفظه انتقال می‌یابد. چنانچه غلظت دوده در محفظه بسیار کم باشد، میزان انتقال حرارت تابشی از مرکز شعله بسیار اندک است، اما اگر این غلظت بسیار بالا باشد، سطح دیواره‌های پیه‌وسيله دوده پوشانده می‌شود و مرکز شعله دیگر قادر به انتقال حرارت تابشی به دیواره‌ها نیست. بنابراین بهترین انتقال حرارت تابشی در غلظت مشخصی از دوده‌ها و یا درخشندگی شعله انجام می‌پذیرد.

1- Luminous

2- Ignition

پارامتر موثر دیگر در انتقال حرارت تابشی رابطه میان دمای شعله و میزان اختلاط است. چنانچه اختلاط کامل و نزدیک به ایده آل هوا - سوخت و به تبع آن احتراق کامل در نزدیکی مشعل‌ها صورت پذیرد، دمای آدیاباتیک شعله به حداکثر مقدار خود می‌رسد. اما اگر احتراق در طول محفظه تابشی (طول شعله) کامل شود، میزان انتقال حرارت تابشی در اثر درخشندگی شعله بالا رفته اما در اثر کاهش دمای آدیاباتیک شعله کاهش می‌یابد اما تقارن شار حرارتی در بخش‌های مختلف کوره افزایش می‌یابد.

با توجه به بحث کوتاه بالا، ممکن است خواننده گمان کند که درک تئوری طراحان از پدیده انتقال حرارت تابشی و احتراق در کوره‌ها بسیار اندک است و به همین دلیل مدل‌های مناسبی برای تخمین و شبیه سازی انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها در دست نیست. در نتیجه طراحی کوره‌ها و درک پدیده انتقال حرارت در آن‌ها باید بیشتر متکی بر مشاهدات میدانی و انجام آزمایش‌های کنترل شده بر روی کوره‌ها با اندازه واقعی باشد. اما با اتکا به سه دلیل عمده می‌توان چنین نگرشی را رد کرد.

۱- برخی از مدل‌های ساده، موفقیت مناسبی در پیش بینی انتقال حرارت تابشی در کوره داشته‌اند. این مدل‌ها زمانی کارایی بالایی دارند که در مسئله پیش رو، جزئیات چگالی شار حرارتی^۱ انتقال یافته به سطوح جاذب حرارتی، از اهمیت ثانویه نسبت به محاسبه کل گرمای انتقال یافته برخوردار باشند.

۲- با در نظر گرفتن الگوهای ساده اما قابل قبول برای جریان گازها در کوره و ارتباط میان احتراق و جریان گازهای داغ، همچنین با لحاظ نمودن اختلاف دمای میان گاز و منطقه‌هایی که در تعادل تابشی با آن هستند (سطح لوله‌ها و عایق بازتابنده داخلی کوره)، می‌توان مدل‌هایی ارائه نمود که کارایی بخش تابشی به کمک آن‌ها با دقت مناسب‌تر و نزدیک به واقعیت برآورد شود. انجام محاسبات این مدل‌ها دشوارتر است و نیاز به استفاده از کامپیوتر دارد. با این حال، نتایج حاصل دقت مناسبی در پیش بینی تأثیر پارامترهای عملیاتی بر توزیع چگالی شار حرارتی بر روی سطوح جاذب گرما دارند و نتایج به واقعیت بسیار نزدیک هستند؛ به طوری که نیاز به انجام اندازه گیری‌های میدانی در اندازه واقعی از میان می‌رود. این قبیل مدل‌ها هر روز توسعه یافته و بهبود می‌یابند و شرکت‌های سازنده کوره از آن‌ها برای تخمین تغییرات و توزیع فلاکس حرارتی در کوره‌های فرآیندی استفاده می‌نمایند.

۳- به منظور درک کامل جزئیات و ساز کار تأثیر پارامترهای عملیاتی بر توزیع شار حرارتی بر روی سطوح جاذب گرما در یک کوره، در برخی موارد داده‌های آزمایشگاهی و اندازه‌گیری میدانی نیز مورد نیاز می‌باشد. تئوری مناسب و داده‌های آزمایشگاهی خوب در کنار هم در توسعه مدل‌های پیچیده‌تر و دقیق‌تری مانند مدل چند منطقه‌ای^۲ نقش بسزایی بازی می‌کنند.

در این راستا، کتاب حاضر به منظور تبیین و تعریف کلی از کوره‌ها و خصوصیات عملکردی آن‌ها تدوین گشته تا با مطالعه آن، ضمن آشنایی با مفاهیم عمومی مرتبط با کوره‌های فرآیندی و اجزا و انواع آنها، سایر موضوعات مربوط به نحوه تنظیم و یا محاسبات اولیه مربوط به کوره‌ها نیز مورد بحث قرار گیرد. همچنین بر مبنای دیدگاه کاربردی و موارد استفاده اپراتوری از کتاب حاضر، انواع مشکلات عملیاتی متداول در کوره‌های فرآیندی و طرق رفع آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه انواع بررسی‌های عملیاتی در حوزه پروژه‌های تغییر ساختاری کوره نیز تشریح شده‌اند. در این خصوص و به منظور تسهیل استفاده از محاسبات کاربردی مربوط به کوره‌ها، اهم محاسبات اصلی در خصوص مواردی

همچون احتراق، دمای جداره، راندمان و غیره در قالب فایل‌های محاسباتی اکسل^۱ در آمده‌اند که به صورت دیسک فشرده^۲ به همراه این کتاب عرضه شده‌اند. نحوه استفاده از این فایل‌ها در پیوست این کتاب تشریح شده است.

این کتاب به عنوان یکی از مجموعه کتاب‌های تدوین شده بوسیله «شرکت مهندسی طراحان نفتون آریا» در زمینه کوره‌های فرآیندی بوده که در سطح آموزش تکنسین‌های عملیاتی تنظیم شده است. لازم به ذکر است به منظور مطالعه مطالب تخصصی‌تر در سطوح کارشناسی کوره‌های فرآیندی و یا طراحی و شبیه‌سازی حرفه‌ای این تجهیزات، می‌توان به سایر مراجع و کتب منتشره توسط این شرکت به عنوان مشاور متخصص در زمینه کوره‌های فرآیندی و توسعه دهنده و صاحب امتیاز نرم افزار طراحی و شبیه‌سازی کوره‌ها (FH-Pro[®]) مراجعه نمود.

اگرچه مولفان تمامی سعی خود را برای ارائه یک اثر کاربردی و خالی از اشکال به کار بسته‌اند، اما همانند هر کار علمی و تألیفی دیگر این اثر بدون اشکال نمی‌باشد. لذا از تمامی خوانندگان و صاحب‌نظران تقاضا می‌نماییم با ارائه نقطه نظرات خود ما را در ارائه یک اثر بهتر یاری نمایند.

افشین بختیاری، بابک مقبولی، حمیدرضا نجفی

پاییز ۱۳۹۱