

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

اصول و طراحی کوره‌های صنعتی

پیتر مولینگر . باری جنکینز

ترجمه

دکتر حسن عبدالله پور

(استادیار دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه سمنان)



سرشناسه	: مایلینگر، پیتر - Mullinger, Peter
عنوان و نام پدیدآور	: اصول و طراحی کوره‌های صنعتی / [نویسندگان پیتر مایلینگر و باری جنکینز؛ مترجم] حسن عبدالله پور.
مشخصات نشر	: تهران: فدک ایستاتیس، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۴۸۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۱۹۵۰۰۰ ریال : ۹-۱۵۶-۱۶۰۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی : Industrial and process furnaces : principles, design and operation, 2008.
یادداشت	: کوره‌ها
یادداشت	: کوره‌ها -- طرح و ساختمان
شناسه افزوده	: جنکینز، باری
شناسه افزوده	: Jenkins, Barrie
شناسه افزوده	: عبدالله پور، حسن، ۱۳۵۴ - مترجم
رده بندی کنگره	: THV۱۴۰/م۲الف۵ ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۴۰۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۱۳۰۷۸

اصول و طراحی کوره‌های صنعتی



ترجمه	: حسن عبدالله پور
مدیر تولید	: رضا کرمی‌شاهنده
حروفچینی و صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایستاتیس (طاهره حقایق)
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۲
تیراژ	: ۵۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۱۹۵۰۰۰ ریال
شابک	: ۹-۱۵۶-۱۶۰۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات :	تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین لبافی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن :	۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
نماینده گی تهران :	خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - پلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی
تلفن :	۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
فروشگاه یزد :	میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
تلفن :	۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲

ایمیل و وبسایت: www.fadakbook.ir - info@fadakbook.ir

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستاتیس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستاتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستاتیس

پیشگفتار مهمان

هزاران سال است که انسان‌ها از کوره‌ها استفاده می‌کنند و تا به امروز نیز مهندسان به ندرت در مورد اصول طراحی کوره، احتراق و تجمیع آنها در فرایندهای صنعتی به طور رسمی آموزش می‌بینند و آموخته‌های آنها منحصر به محاسبات ساده و واکنش‌های شیمیایی و انتقال حرارت می‌شود. بنابراین، جای تعجب نیست که راه حل مشکلاتی نظیر انتشار آلاینده‌ها و عملکرد کوره‌ها همچنان بر اساس سعی و خطا باشد. اگر در طراحی تجهیزات مورد استفاده در صنعت از اصول اشاره شده در این کتاب، و نه از روابط تجربی و افزایش مقیاس (که پایه علمی اندکی دارند) استفاده شود، موفقیت بیشتری حاصل خواهد شد.

اوایل دهه ۱۹۷۰ بود که دو مولف این کتاب خود را در مسیر هدفی مبنی بر کاربرد روش‌های علمی‌تر نسبت به آنچه در آن زمان وجود داشت قرار دادند. حاصل این تلاش، فهم این موضوع بود که میزان گرمای آزاد شده از شعله‌ها باید به طور دقیقی با الزامات فرایند مورد نظر مطابقت داشته باشد و اینکه اینکار در ارتباط نزدیکی با طراحی خود کوره است. اکنون، با توجه به الزام به کاهش هزینه‌های جاری انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تصمیم‌گیری‌ها باید بیش از هر زمان دیگری بر اساس دانش و نه حدس و گمان و یا تجربیات گذشته باشد. این کتاب که یکی از معدود کتاب‌های منتشر شده در موضوع خود است، دانش کاربردی موجود را که در حذف بسیاری از حدسیات از روند طراحی کوره به کار می‌آید، نمایان می‌کند. این کتاب تاکید ویژه‌ای بر اهمیت اطمینان از مناسب بودن هر یک از اجزاء تجهیزات برای کل فرایند و نه صرفاً انتخاب بر پایه ظرفیت یا کاهش هزینه دارد.

صنایع تصفیة آلومینای Alcoa شامل گستره‌ای از فرایندها و تجهیزات مختلف، شامل بویلرها، کوره‌های دوار، کلسینه‌کننده‌های سوسپانسیون گازی آلومینا، و اکسیدکننده‌های حرارتی رزراتیو بوده و همانند سایر صنایع، نیازمند کنترل دقیق انتشار آلاینده‌ها، عملکرد و ایمنی است؛ این در حالی است که فهم واضحی از علم و اساس طراحی مربوطه وجود ندارد. به این ترتیب، وقتی مشکلی پیش می‌آید، علت یابی آن مشکل خواهد بود.

نگارنده این پیش درآمد، در اوایل دهه ۱۹۸۰ یک مهندس گروه توسعه تجهیزات آلکوا بوده است. اطلاعات من در آن زمان اندک بوده و تجربه کمی در مورد فرایندهای احتراق داشتم. مسائل پیش روی من، عملکرد کلسینه‌کننده‌های آلومینا و انتشار آلاینده‌ها بود. خوشبختانه، من مولفان این کتاب، پیتر مولینگر و باری جنکینز را ملاقات کردم و از این کشف که می‌توان یک منش علمی در طراحی کوره پیش گرفت، و اینکه روش‌های بسیاری برای مطالعه و بهینه‌سازی بسیاری از جنبه‌های احتراق و فرایندهای مربوطه وجود دارد، بسیار محظوظ شدم.

با کمک مدل سازی فیزیکی مسیرهای جریان و مدل سازی اسیدی – قلیایی فرایند اختلاط در احتراق، دیدیم که تنها با تغییر مکان نقاط تزریق سوخت می توان عملکرد و میزان آلاینده ها را به میزان قابل توجهی بهبود بخشید. موثر بودن این اصلاحات اثبات شد و اکنون در تمام کلسینه کننده های آلومینا در تصفیه خانه های آلكوآ در سراسر جهان استفاده می شود که در غیر این صورت، هزینه های گزاف و محصول نامرغوب غیر قابل اجتناب بود.

از آن روز، مبنای علمی توصیف شده در این کتاب در گستره وسیعی از فرایندهای صنایع ما اعمال می شوند که تاثیر مثبتی بر عملکرد و همچنین بر قابلیت اطمینان فرایندها داشته است. این فرایندها شامل طراحی تجهیزات جدید و حل مشکلات تجهیزات موجود بوده است. اخیراً پیشرفت بسیاری در رابطه با طراحی سیستم های ایمنی صورت گرفته است.

به ویژه، کاربرد مدل سازی CFD به من نشان داد که CFD نمی تواند جایگزین فهم دقیقی از علم احتراق و فرایندهای انتقال حرارت کوره شود؛ زیرا همیشه در این مسیر تله هایی وجود دارد که یا بدان ها توجه نمی شود، و یا از وجود آنها اطلاع نداریم.

اگر شما فردی دخیل در مدل سازی، طراحی تجهیزات نو، یا نوسازی تجهیزات قدیمی و یا عملکرد احتراق و فرایندهای انتقال حرارت کوره باشید این کتاب بسیاری از اطلاعات لازم برای موفقیت را در اختیار شما قرار می دهد.

Greg Mills

مشاور ارشد، گروه تحویل تکنولوژی کلسینه کردن،
Alcoa World Alumina

پیشگفتار

تولید این کتاب بیش از بیست سال طول کشیده است؛ ایده شروع آن به زمان تدریس باری جنکینز در دانشگاه Surrey در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ و اولین دوره تدریس احتراق توسط پیتز مولینگر که به صورت داخلی در سال 1981 برای مهندسان Rugby Cement انجام شد، باز می‌گردد.

در این کتاب، چگونگی طراحی یک کوره خاص توضیح داده نمی‌شود؛ ولی از روش‌های علمی‌تر در طراحی، در برابر روش‌های سنتی بزرگ کردن مقیاس طراحی قبلی دفاع می‌شود. اگر هدف توسعه فرایندهای جدیدی در قرن بیست و یکم و کاهش قابل توجه هزینه‌های انرژی و انتشار آلاینده‌ها باشد، باید از روش‌های جدید استفاده شود.

همکاری مولفان با یکدیگر در بالا بردن راندمان کوره‌ها به سال ۱۹۷۷ بر می‌گردد که از کوره‌های دوار یک صنعت سیمان در Roger Gates آغاز شد. مدیر فنی Rugby Cement به پیتز مولینگر اجازه داد تا تکنیک‌های توسعه داده شده توسط گروه تحقیقات سوخت و انرژی دانشگاه سوری (FERGUS) بر روی یک کوره این تاسیسات بررسی شود. این کار، به شدت از سوی مدیر فقید تاسیسات، Jim Bowman مورد تشویق قرار گرفت. این پروژه یک موفقیت بیدرنج بود که منجر به افزایش تولید و کاهش مصرف سوخت به میزان قابل توجهی شد. با موفقیت این پروژه، سیمان راگیبی یک توافق نامه تحقیقاتی با Moles Fran موسس فقید FERGUS امضا کرد که باری جرکینس و بقیه اعضای تیم FERGUS را ملزم به حمایت از تلاش‌های سیمان راگیبی در بهبود ظرفیت، کیفیت محصول و هزینه سوخت ۲۱ کوره آنها کرد.

مولفان این کتاب بعد از گذراندن یک دوره زمانی به عنوان مدیریت عالی فنی در یک شرکت ارائه دهنده تجهیزات احتراقی به صنایع پتروشیمی، تجارت شخصی خویش را آغاز کردند. در این دوره جدید، روش‌های علمی‌تری برای حل مسائل احتراق و انتقال حرارت در همه صنایع و البته با تاکید بیشتر بر صنایعی که محصول به صورت مستقیم با شعله گرم می‌شود، به کار گرفته شدند.

تکنیک‌های توسعه داده شده و تجاری شده توسط مولفان این کتاب با موفقیت در موسسه‌هایی مثل British Gas, CEBG, and British Steel's Swinden Laboratories, Rotherham به کار گرفته شدند. مولفان از مدل سازی اسیدی/قلیایی به عنوان ابزاری برای تعیین اختلاط سوخت/هوا و شکل شعله استفاده کردند. این در حالی بود که این روش تا آن زمان کاربرد اندکی در خارج از موسسات تحقیقاتی داشت.

به این ترتیب، تجارتی بر پایه اصول فوق بنا شد که همچنان با موفقیت توسط دانشجویان در شرکت ادامه یافته است. در دوره مدیریت مولفان، بیش از ۲۵۰ پروژه در گستره وسیعی از انواع

کوره‌ها در صنایع آلومینا، سیمان، سرامیک، کروم، مس، سرب، آهک، فولاد، ماسه‌های معدنی، نیکل، پتروشیمی، پالپ، کاغذ و حتی صنایع هسته‌ای اجرا شد.

ایدهٔ تدوین این کتاب، بعد از برگزاری دورهٔ کوتاهی در صنایع و Portland Cement Association از جانب International Kiln Association و توصیه‌های بسیار برای تدوین چنین کتابی شکل گرفت. کتاب پروفیسور Thring با عنوان *The Science of Flames and Furnaces* همیشه از جانب ما پیشنهاد می‌شده است؛ ولی به دلیل تجدید چاپ نشدن، فقط جزوهٔ درسی قابل ارائه است. امیدواریم که این کتاب که حاصل سی سال همکاری مولفان بوده است، بتواند این شکاف را پر کند.

پیتر مولینگر

باری جنکینز

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه‌ای بر طراحی کوره ۱

کوره چیست؟ ۳	۱.۱
اجزای کوره ۴	۱.۱.۱
دسته‌بندی کوره‌ها ۵	۲.۱.۱
اهداف اصلی طراحان و کاربران کوره ۷	۳.۱.۱
خلاصه‌ای از کاربردها و تکنولوژی فعلی کوره‌ها ۷	۲.۱
سرامیک‌ها، ساخت آجر و سفالگری ۸	۱.۲.۱
سیمان و آهک ۹	۲.۲.۱
کوره‌های تولید شیشه ۱۲	۳.۲.۱
گدازش سنگ معدنی فلزات ۱۳	۴.۲.۱
تصفیه فلزات ۱۶	۵.۲.۱
کوره‌های فلش (لحظه‌ای، سوسپانسیون) و کوره‌های بستر سیال ۱۸	۶.۲.۱
فرآوری فیزیکی فلزات ۲۱	۷.۲.۱
آتش زنه‌ها و کوره‌های بازیافت ۲۵	۸.۲.۱
کوره‌های حاوی اتمسفرهای احیاکننده ۲۶	۹.۲.۱
کوره‌های پالایش نفت و پتروشیمی ۲۸	۱۰.۲.۱
انگیزه‌های بهبود راندمان کوره‌ها ۳۰	۳.۱
نتیجه‌گیری ۳۱	۴.۱
منابع ۳۱	۵.۱

فصل ۲ فرایندهای احتراق ۳۳

۱.۲	شیمی ساده احتراق	۳۴
۱.۱.۲	اکسیداسیون کامل کربن	۳۴
۲.۱.۲	اکسیداسیون کامل هیدروژن	۳۴
۳.۱.۲	اکسیداسیون ناقص کربن	۳۵
۴.۱.۲	اکسیداسیون مونوکسید کربن	۳۵
۲.۲	محاسبات احتراق	۳۶
۳.۲	سینتیک واکنش‌های شیمیایی	۳۸
۱.۳.۲	انواع واکنش‌ها	۳۹
۲.۳.۲	نظریه سرعت (نرخ) واکنش	۴۰
۳.۳.۲	رفتار سرعت واکنش	۴۲
۴.۳.۲	قطرات و ذرات در حال سوخت	۴۶
۴.۲	فیزیک احتراق	۴۸
۱.۴.۲	نقش هوای اولیه	۵۱
۲.۴.۲	نقش جریان‌های چرخشی	۵۸
۳.۴.۲	آشفتنگی در جت	۵۹
۴.۴.۲	ایرودینامیک سیال ثانویه	۶۱
۵.۴.۲	اثر هوای اضافی بر مصرف سوخت	۶۳
۶.۴.۲	نصب مشعل‌های چندگانه	۶۵
۵.۲	منابع	۶۵

فصل ۳ سوخت کوره‌ها ۶۷

۱.۳	سوخت‌های گازی	۶۹
۱.۱.۳	خواص گاز طبیعی	۶۹
۲.۱.۳	گاز مصنوعی	۶۹
۳.۱.۳	عدد یا شاخص Wobbe	۷۱
۴.۱.۳	حدود اشتعال	۷۱
۵.۱.۳	تابش شعله از سوخت‌های گازی	۷۴
۲.۳	سوخت‌های مایع	۷۴
۳.۳	سوخت‌های جامد	۷۶

خاکستر ۷۸	۱.۳.۳
سوخت‌های پسماند ۷۸	۴.۳
انتخاب سوخت ۷۹	۵.۳
عملکرد کوره ۸۰	۱.۵.۳
امنیت ۸۴	۶.۳
انتشار آلاینده‌ها ۸۵	۷.۳
منابع ۸۵	۸.۳

فصل ۴ مقدمه‌ای بر انتقال حرارت در کوره‌ها ۸۷

هدایت ۸۸	۱.۴
هدایت حالت ماندگار ۸۹	۱.۱.۴
انتقال حرارت همرفت ۹۰	۲.۱.۴
همرفت ۹۷	۲.۴
آنالیز ابعادی ۹۸	۱.۲.۴
کاربرد در انتقال حرارت همرفت ۹۹	۲.۲.۴
تعیین ضرایب انتقال حرارت همرفت ۱۰۲	۳.۲.۴
انتقال حرارت همرفت در دماهای بالا ۱۰۵	۴.۲.۴
تابش ۱۰۹	۳.۴
اصول فیزیکی تبادل تابشی ۱۱۱	۱.۳.۴
ضریب تابش و ضریب جذب ۱۱۴	۲.۳.۴
طول میانگین ۱۲۴	۳.۳.۴
گرمایش الکتریکی ۱۲۵	۴.۴
گرمایش مقاومتی ۱۲۵	۱.۴.۴
گرمایش قوسی ۱۲۷	۲.۴.۴
گرمایش القایی ۱۲۸	۳.۴.۴
گرمایش دی الکتریک ۱۲۹	۴.۴.۴
گرمایش فرسوخ ۱۳۰	۵.۴.۴
منابع ۱۳۰	۵.۴

انواع شعله ۱۳۶	۱.۵
شعله‌های پیش-اختلاطی ۱۳۷	۱.۱.۵
شعله‌های نفوذی با جت آشفته (توربولانت) ۱۳۸	۲.۱.۵
احتراق غیرهمگن ۱۴۰	۳.۱.۵
وظیفه مشعل و اصول طراحی مشعل ۱۴۵	۲.۵
اهمیت اساسی پروفیل‌های شار حرارتی ۱۴۸	۱.۲.۵
پایدار سازی شعله ۱۴۸	۲.۲.۵
مشعل‌های گازی ۱۵۲	۳.۵
مشعل‌های پیش-اختلاطی ۱۵۲	۱.۳.۵
مشعل‌های نفوذی با جت آشفته ۱۵۹	۲.۳.۵
فرآوری مشعل‌های نفوذی جت ۱۶۱	۳.۳.۵
مشعل‌های سوخت مایع (نفتی) ۱۶۲	۴.۵
تغییر آهنگ مشعل ۱۶۴	۱.۴.۵
اتمایزرها ۱۶۴	۲.۴.۵
مشعل‌های زغال سنگ پودری (زغال نرمه) ۱۷۲	۵.۵
آیرودینامیک کوره‌ها ۱۷۴	۶.۵
سیستم‌های با مشعل منفرد ۱۷۶	۱.۶.۵
سیستم‌های با مشعل چندگانه ۱۷۸	۲.۶.۵
طراحی کانال هوای احتراقی ۱۸۰	۳.۶.۵
طراحی‌های معمول جعبه هوا و پلنیوم ۱۸۳	۴.۶.۵
مقیاس‌سازی سیستم احتراق ۱۸۴	۷.۵
مثالی از افزایش مقیاس سیستم احتراقی ۱۸۵	۱.۷.۵
سروصدای کوره ۱۸۸	۸.۵
غرش احتراق ۱۸۹	۱.۸.۵
سروصدای نازل و جت آشفته ۱۹۰	۲.۸.۵
سروصدای فن ۱۹۱	۳.۸.۵
سروصدای لوله‌ها و دریچه‌ها ۱۹۱	۴.۸.۵
کاهش صدای کوره ۱۹۰	۵.۸.۵
نوسانات ناشی از احتراق ۱۹۳	۶.۸.۵

فصل ۶ مدل‌سازی احتراق و انتقال حرارت ۱۹۹

مدل‌سازی فیزیکی	۲۰۱	۱.۶
پارامتر ثرینگ - نیوبای	۲۰۴	۱.۱.۶
پارامتر کرایا - کورت	۲۰۴	۲.۱.۶
ضریب خفگی بکر	۲۰۵	۳.۱.۶
عدد کورت	۲۰۵	۴.۱.۶
رابطه بین پارامترهای مقیاس‌دهی	۲۰۶	۵.۱.۶
تعیین سیلان‌های مورد نیاز مدل	۲۰۶	۶.۱.۶
کاربرد پارامتر مقیاس‌دهی	۲۰۶	۷.۱.۶
اعمال یک اصلاح بعد از اندازه‌گیری	۲۰۷	۸.۱.۶
مدل‌سازی ریاضی	۲۰۷	۲.۶
مدل‌های کوره ساده کاملاً هم - خورده (یکنواخت)	۲۰۹	۱.۲.۶
مدل‌های کوره طویل	۲۱۶	۲.۲.۶
مدل‌های منطقه‌ای دو بعدی و سه بعدی	۲۱۸	۳.۲.۶
مدل‌های دینامیک محاسباتی سیالات		۴.۲.۶
مدل‌های دینامیک محاسباتی سیالات	۲۲۲	۴.۲.۶
کشیده شدن ذرات در سیستم‌های احتراقی	۲۲۶	۵.۲.۶
کاربرد مدل‌سازی در طراحی کوره	۲۲۷	۳.۶
منابع	۲۲۸	۴.۶

فصل ۷ سیستم‌های حمل و نقل و نگهداری سوخت ۲۳۱

مجموعه شیرهای گازی	۲۳۲	۱.۷
سیستم‌های قطع و وصل ایمنی	۲۳۳	۱.۱.۷
سیستم‌های حمل و نقل سوخت مایع	۲۳۴	۲.۷
ذخیره، پمپاژ و گرمایش	۲۳۵	۱.۲.۷
مجموعه شیر سوخت مایع (نفت کوره)	۲۳۸	۲.۲.۷
سیستم‌های حمل و نقل و احتراق زغال سنگ پودری (نرمه)	۲۳۹	۳.۷

مخازن (بونکرها) و تغذیه کننده‌های زغال سنگ خام	۲۴۰	۱.۳.۷
آسیا کردن و خشک کردن زغال سنگ	۲۴۲	۲.۳.۷
آسیاهای زغال سنگ	۲۴۳	۳.۳.۷
ظرفیت آسیاکاری زغال سنگ	۲۴۹	۴.۳.۷
سیستم‌های آسیاکاری و اشتعال زغال سنگ پودری	۲۵۱	۵.۳.۷
ظرفیت سیستم خشک کردن زغال سنگ	۲۵۵	۶.۳.۷
دمنده‌های سیستم اشتعال زغال سنگ	۲۶۰	۷.۳.۷
ذخیره زغال سنگ نرمه	۲۶۱	۸.۳.۷
تغذیه (فید کردن) و حرکت دادن زغال سنگ نرمه	۲۶۴	۹.۳.۷
حمل و نقل و نگهداری سوخت‌های پسماند	۲۷۰	۴.۷
سیستم حمل و نقل سوخت‌های پسماند گازی	۲۷۰	۱.۴.۷
سیستم حمل و نقل و نگهداری سوخت‌های پسماند مایع	۲۷۱	۲.۴.۷
حمل و نگهداری سوخت‌های پسماند جامد	۲۷۱	۳.۴.۷
مزایای زیست محیطی و خطرات بهداشتی سوخت‌های پسماند	۲۷۳	۴.۴.۷
منابع	۲۷۴	۵.۷

فصل ۸ کنترل و ایمنی کوره ۲۷۷

کنترل فرآیند	۲۷۸	۱.۸
استراتژی‌های اساسی کنترل کوره	۲۷۹	۱.۱.۸
ابزارهای سنجش کوره	۲۸۰	۲.۸
اندازه‌گیری دما	۲۸۱	۱.۲.۸
اندازه‌گیری گرمای ورودی	۲۸۴	۲.۲.۸
تعیین هوای اضافی	۲۸۷	۳.۲.۸
آنالیز گازهای حاصل از احتراق	۲۹۰	۳.۸
سیستم‌ها و آنالیزگرهای با نمونه‌گیری استخراجی	۲۹۲	۱.۳.۸
سیستم‌های در محل	۲۹۶	۲.۳.۸
کنترل احتراق	۳۰۱	۴.۸
اطمینان از ایمنی کوره	۳۰۳	۵.۸
عوامل خطر در کارکرد کوره	۳۰۳	۱.۵.۸
روشن کردن کوره	۳۰۴	۲.۵.۸

کارکرد کوره با هوای احتراق ناکافی	۳۰۷	۳.۵.۸
کوئچ شدن شعله	۳۰۸	۴.۵.۸
حذف منابع شروع اشتعال	۳۰۹	۵.۵.۸
سیستم‌های مدیریت مشعل	۳۰۹	۶.۸
الزامات ایمنی برای سیستم‌های مدیریت مشعل	۳۱۱	۱.۶.۸
قطع غیر ضروری	۳۱۲	۲.۶.۸
به دست آوردن استانداردهای ایمنی قابل قبول با سیستم‌های مدیریت سوخت شامل کنترلرهای منطقی برنامه‌پذیر	۳۱۲	۳.۶.۸
انتخاب یک سطح بی‌نقصی ایمنی مناسب	۳۱۴	۴.۶.۸
تعیین سطح بی‌نقصی ایمنی در سیستم‌های مدیریت مشعل	۳۱۵	۵.۶.۸
آشکارسازهای شعله	۳۱۸	۶.۶.۸
منابع	۳۲۱	۷.۸

فصل ۹ راندمان کوره ۳۲۳

نمودارهای عملکرد کوره	۳۲۵	۱.۹
اندازه گیری در محل تاسیسات	۳۲۹	۱.۱.۹
برقرار کردن موازنه جرم و انرژی	۳۳۳	۲.۱.۹
گرمای درجه بالا و درجه پایین	۳۴۷	۳.۱.۹
تجهیزات بازیافت حرارت	۳۵۱	۲.۹
مبدل‌های حرارتی رکوپراتیو	۳۵۱	۱.۲.۹
مبدل‌های حرارتی رژنراتیو	۳۵۲	۲.۲.۹
روش‌های عمومی طراحی مبدل‌های حرارتی	۳۵۴	۳.۲.۹
شناخت روش‌های بهبود راندمان	۳۵۵	۳.۹
منابع	۳۵۹	۴.۹

فصل ۱۰ انتشار گازهای آلاینده و اثرات زیست محیطی ۳۶۱

شکیل مونوکسیدکربن	۳۶۳	۱.۱۰
تشکیل اکسیدهای نیتروژن	۳۶۴	۲.۱۰
تشکیل NO_x حرارتی	۳۶۴	۱.۲.۱۰

تشکیل NO_X فوری ۳۶۸	۲.۲.۱۰
مدل سازی NO_X ۳۶۹	۳.۲.۱۰
تشکیل اکسیدهای گوگرد ۳۷۰	۳.۱.۰
تشکیل محصولات میانی احتراق ۳۷۱	۴.۱.۰
ترکیبات آلی فرار (VOC) ها ۳۷۱	۱.۴.۱.۰
هیدروکربن‌های آروماتیک پلی سایکلیک (PAH) ۳۷۱	۲.۴.۱.۰
PCBها، دیوکسین‌ها و فوران‌ها ۳۷۲	۳.۴.۱.۰
انتشار ذرات ۳۷۵	۵.۱.۰
تشکیل دوده ۳۷۵	۱.۵.۱.۰
تشکیل و ترکیب خاکستر سوخت ۳۷۸	۲.۵.۱.۰
چرخه‌های فرار غیر قابل احتراق ۳۷۹	۳.۵.۱.۰
کنترل انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست ۳۸۰	۶.۱.۰
جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها و کاهش آن ۳۸۱	۱.۶.۱.۰
مدل سازی پخش در اتمسفر ۳۹۲	۲.۶.۱.۰
منابع ۳۹۳	۷.۱.۰

فصل ۱۱ ساختمان و مواد کوره ۳۹۷

الزامات عملکردی اساسی در ساختمان کوره ۳۹۸	۱.۱۱
روش‌های اصلی ساخت سازه ۳۹۹	۲.۱۱
آستری آجر ۴۰۱	۱.۲.۱۱
آستر مونولیتیک (خرد شده) ۴۰۳	۲.۲.۱۱
بخش فولادی کوره ۴۰۸	۳.۲.۱۱
ساخت سقف کوره ۴۱۰	۴.۲.۱۱
سیستم خنک کاری کوره ۴۱۲ ۴۱۴	۵.۲.۱۱
ملاحظات مهندسی عملی در کاربرد نسوزها ۴۱۴	۳.۱۱
مواد نسوز سرامیکی ۴۱۶	۴.۱۱
آزمودن مواد نسوز ۴۱۷	۱.۴.۱۱
خواص و کاربردهای مواد نسوز ۴۱۸	۲.۴.۱۱
فلزات مقاوم به حرارت و نسوز ۴۲۲	۵.۱۱
اثر دمای بالا بر خواص فلز ۴۲۲	۱.۵.۱۱

آلیاژهای دما بالا	۴۲۳	۲.۵.۱۱
ملاحظات عملی مهندسی در کاربرد فلزات د		۶.۱۱
مؤخره	۴۲۷	۷.۱۱
منابع	۴۲۷	۸.۱۱

فصل ۱۲ روش‌های طراحی کوره ۴۳۳

مقدمه	۴۳۴	۱.۱۲
محدودیت‌های طراحی	۴۳۵	۱.۱.۱۲
هزینه تغییر طراحی	۴۳۶	۲.۱.۱۲
طراحی مفهومی	۴۳۶	۲.۱۲
عملکردهای فرآیندی	۴۳۸	۱.۲.۱۲
تعریف تغییرات فیزیکی و شیمیایی	۴۴۰	۲.۲.۱۲
موازنه اولیه جرم و انرژی	۴۴۲	۳.۲.۱۲
قابلیت اطمینان اطلاعات موجود	۴۴۲	۴.۲.۱۲
اثر فرآیندهای بالادستی و پایین‌دستی	۴۴۴	۵.۲.۱۲
انتخاب سوخت	۴۴۴	۶.۲.۱۲
امکان بازیافت حرارت و انتخاب تجهیزات	۴۴۸	۷.۲.۱۲
اندازه کوره	۴۵۲	۳.۱۲
انتخاب مشعل	۴۶۷	۴.۱۲
طراحی مبسوط و تایید اعتبار طراحی کوره	۴۷۱	۵.۱۲
سیستم سنجش و کنترل کوره	۴۷۲	۶.۱۲
منابع	۴۷۴	۷.۱۲

فصل اول

مقدمه‌ای بر طراحی کوره