

سوخت و احتراق مهندسی

تألیف:

دکتر یاسر ملایی برزی

دکتر ابراهیم افشاری (استادیار گروه مکانیک دانشگاه اصفهان)

مهندس مرتضی نیکخواه قمصری



سرشناسه : ملایی برزی، یاسر، ۱۳۵۸.
 عنوان و نام پدیدآور : سوخت و احتراق مهندسی / تالیف: یاسر ملایی برزی،
 ابراهیم افشاری و مرتضی نیکخواه قمصری.
 مشخصات نشر : تهران: شرح، ۱۳۹۱.
 مشخصات ظاهری : ۲۶۴ص: مصور، جدول، نمودار.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۸۹۲۹-۶۳-۸ : ISBN: 978-964-8929-63-8
 وضعیت فهرست نویسی : فیپا.
 موضوع : سوخت.
 موضوع : احتراق.
 شناسه افزوده : افشاری، ابراهیم، ۱۳۵۶.
 شناسه افزوده : نیکخواه قمصری، مرتضی، ۱۳۶۷.
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۱ س ۹ م ۷ / TP ۳۱۸
 رده بندی دیویی : ۶۶۲ / ۶۰۷
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۸۸۹۰۰

انتشارات شرح



نشانی انتشارات: تهران، خ. انقلاب اسلامی، خ. صفی علیشاه، شماره ۱۰۵. تلفن: ۷۷۶۳۸۰۵۹
 مراکز پخش: (شرح: ۷۷۶۳۲۲۶۶)، (فدک: ۶۶۴۸۱۰۹۶)، (کوه بنان: ۶۶۹۶۰۵۰۷)،
 (ویستا: ۶۶۴۴۶۷۲۹)، (کاوش پرداز: ۶۶۴۹۹۵۹۱)، (فروش اینترنتی: ۸۸۳۲۶۶۲۲) www.adinebook.com

عنوان : سوخت و احتراق مهندسی .
 تألیف : یاسر ملایی برزی، ابراهیم افشاری و مرتضی نیکخواه قمصری .
 ناشر : شرح .
 چاپ اول : ۱۳۹۱ .
 لیتوگرافی : یاس .
 چاپ : عمران .
 شمارگان : ۱۰۰۰ جلد .
 قیمت : ۱۰۰۰۰ تومان .

ISBN: 978-964-8929-63-8

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۸۹۲۹-۶۳-۸

کلیه حقوق این اثر متعلق به مولفین و انتشارات شرح می باشد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ی	پیشگفتار
	فصل اول: مقدمه
۱-۱	اهمیت دانش سوخت و احتراق در مهندسی
۲-۱	کاربردهای سوخت‌ها و مبحث احتراق
۳-۱	فرآیند احتراق و ماهیت شعله
۴-۱	دسته‌بندی سوخت‌ها
۵-۱	ترکیب شیمیایی سوخت‌ها
۶-۱	اهداف تحلیل و مطالعه سوخت و احتراق
	فصل دوم: سوخت‌های جامد
۱-۲	مقدمه
۲-۲	مشخصه‌ها و خواص سوخت‌های جامد
۱-۲-۲	ارزش حرارتی سوخت
۲-۲-۲	ترکیب سوخت (آنالیزهای نهایی و تقریبی سوخت‌های جامد)
۳-۲-۲	محتوای رطوبت سوخت
۴-۲-۲	محتوای مواد فرار
۵-۲-۲	محتوای کربن
۶-۲-۲	محتوای خاکستر

۱۸	 ۷-۲-۲ محتوای گوگرد (سولفور)
۱۸	 ۳-۲ زغال سنگ
۲۱	 ۱-۳-۲ آنتراسیت
۲۲	 ۲-۳-۲ بیتومینوس (قیری)
۲۲	 ۳-۳-۲ لیگنیت (زغال قهوه‌ای)
۲۳	 ۴-۳-۲ زغال سنگ نارس (پیت)
۲۵	 ۴-۲ کک
۲۷	 ۵-۲ بریکیت
۲۷	 ۶-۲ چوب
۲۸	 ۷-۲ زغال چوب
۲۹	 ۸-۲ پسمانده‌های جامد
۳۰	 ۹-۲ ضایعات کشاورزی

فصل سوم: سوخت‌های مایع

۳۱	 ۱-۳ مقدمه
۳۲	 ۱-۱-۳ سوخت‌های مایع فسیلی
۳۲	 ۲-۱-۳ سوخت‌های مایع غیر فسیلی
۳۲	 ۲-۳ مشخصه‌ها و خواص سوخت‌های مایع
۳۲	 ۱-۲-۳ چگالی
۳۳	 ۲-۲-۳ چگالی ویژه
۳۳	 ۳-۲-۳ ویسکوزیته
۳۵	 ۴-۲-۳ گرمای ویژه
۳۵	 ۵-۲-۳ ارزش حرارتی
۳۶	 ۶-۲-۳ فرآریت
۳۶	 ۷-۲-۳ فشار بخار
۳۶	 ۸-۲-۳ نقطه مومی شدن

۳۶	۹-۲-۳ نقطه روشنی
۳۷	۱۰-۲-۳ نقطه اشتعال
۳۷	۱۱-۲-۳ نقطه سیلان یا ریزش
۳۷	۱۲-۲-۳ محتوای گوگرد
۳۸	۱۳-۲-۳ محتوای خاکستر
۳۹	۱۴-۲-۳ پسماند کربن
۳۹	۱۵-۲-۳ محتوای آب
۴۰	۱۶-۲-۳ عدد اکتان یا درجه آرام سوزی
۴۲	۱۷-۲-۳ عدد ستان
۴۳	۳-۳ نفت خام
۴۴	۱-۳-۳ ترکیب شیمیایی نفت
۴۴	۱-۱-۳-۳ هیدروکربن های تشکیل دهنده نفت
۴۹	۲-۱-۳-۳ ترکیبات گوگرد دار
۴۹	۳-۱-۳-۳ ترکیبات اکسیژن دار
۴۹	۴-۱-۳-۳ ترکیبات نیتروژن دار
۵۰	۵-۱-۳-۳ ترکیبات فلزی
۵۰	۲-۳-۳ انواع نفت خام
۵۲	۳-۳-۳ پالایش نفت خام و سوخت های مصنوعی حاصل
۵۴	۴-۳ نفت کوره (مازوت یا نفت سیاه)
۵۵	۵-۳ نفت سفید (نفت چراغ)
۵۶	۶-۳ گازوئیل (سوخت دیزلی)
۵۷	۷-۳ بنزین
۵۹	۸-۳ سوخت های جت
۶۰	۹-۳ سایر سوخت های مایع نفتی
۶۱	۱۰-۳ زیست سوخت ها (بیو دیزل)
۶۱	۱۱-۳ سوخت های الکلی

فصل چهارم: سوخت‌های گازی

۶۳	۱-۴ مقدمه
۶۵	۲-۴ مشخصه‌ها و خواص سوخت‌های گازی
۶۵	۱-۲-۴ ارزش حرارتی
۶۶	۲-۲-۴ چگالی نسبی
۶۶	۳-۲-۴ توانروی
۶۶	۲-۲-۴ دمای شعله
۶۶	۵-۲-۴ سرعت شعله
۶۷	۶-۲-۴ حدود شعله‌وری
۶۸	۳-۴ گاز طبیعی
۶۸	۱-۳-۴ گاز طبیعی معمولی (گاز شهری)
۷۰	۲-۳-۴ گاز طبیعی فشرده (CNG)
۷۰	۳-۳-۴ گاز طبیعی مایع (LPG)
۷۱	۴-۴ سوخت‌های گازی حاصل از زغال سنگ و مشتقات آن
۷۲	۱-۴-۴ گاز مولد
۷۲	۲-۴-۴ گاز آب
۷۲	۳-۴-۴ گاز آب کربن‌دار
۷۳	۴-۴-۴ مخلوط گاز مولد و گاز آب
۷۳	۵-۴-۴ گاز سنتز زغال سنگ
۷۳	۶-۴-۴ گاز زغال سنگ (گاز زائی زغال سنگ در زیر زمین)
۷۴	۵-۴ گاز کوره بلند
۷۴	۶-۴ گاز پالایشگاه
۷۴	۷-۴ گاز نفتی مایع (LPG)
۷۵	۸-۴ بیو گاز

فصل پنجم: ترموشیمی فرایند احتراق

۷۷	۱-۵ مقدمه
۷۸	۲-۵ مروری بر روابط حاکم بر خواص
۷۸	۱-۲-۵ خواص مقداری و غیر مقداری
۷۸	۲-۲-۵ معادله حالت
۷۹	۳-۲-۵ مخلوط گاز کامل
۸۱	۴-۲-۵ گرمای نهان تبخیر
۸۲	۳-۵ واکنش‌های احتراقی
۸۷	۴-۵ آنتالپی تشکیل
۸۹	۵-۵ قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های احتراقی
۹۰	۱-۵-۵ سیستم باز در شرایط دایم
۹۰	۲-۵-۵ سیستم بسته
۹۰	۶-۵ آنتالپی احتراق و ارزش حرارتی سوخت
۹۵	۷-۵ دمای آدیاباتیک شعله

فصل ششم: تعادل شیمیایی

۱۰۱	۱-۶ مقدمه
۱۰۲	۲-۶ معیار تعادل شیمیایی
۱۰۵	۱-۲-۶ سیستم بی‌درو حجم ثابت
۱۰۶	۲-۲-۶ سیستم حجم و دما ثابت
۱۰۸	۳-۲-۶ سیستم دما و فشار ثابت
۱۱۱	۳-۶ قانون سوم ترمودینامیک و آنتروپی مطلق
۱۱۱	۴-۶ تابع گیبس تشکیل
۱۱۲	۵-۶ تابع گیبس اجزا شیمیایی

- ۶-۶ تعادل شیمیایی..... ۱۱۳
- ۶-۶-۱ تعادل شیمیایی یک واکنش ساده در دما و فشار مشخص..... ۱۱۴
- ۶-۶-۲ تعادل شیمیایی واکنش‌های همزمان در دما و فشار مشخص..... ۱۱۹
- ۶-۷ اثر تعادل شیمیایی بر دمای آدیاباتیک شعله..... ۱۲۲

فصل هفتم سینتیک شیمیایی

- ۷-۱ مقدمه..... ۱۲۳
- ۷-۲ نرخ واکنش..... ۱۲۴
- ۷-۲-۱ قانون اثر جرم..... ۱۲۴
- ۷-۲-۲ واکنش مقدماتی ساده یک قدمی..... ۱۲۷
- ۷-۲-۳ واکنش مقدماتی رفت و برگشتی..... ۱۲۹
- ۷-۲-۴ واکنش‌های چند مرحله‌ای رفت و برگشتی..... ۱۳۰
- ۷-۳ انواع واکنش‌های مقدماتی..... ۱۳۱
- ۷-۳-۱ واکنش‌های تک ملکولی..... ۱۳۱
- ۷-۳-۲ واکنش‌های دو ملکولی..... ۱۳۱
- ۷-۳-۳ واکنش‌های سه ملکولی..... ۱۳۲
- ۷-۴ زمان نیمه عمر..... ۱۳۲
- ۷-۵ مکانیزم سینتیک واکنش‌های شیمیایی..... ۱۳۴
- ۷-۵-۱ واکنش‌های شروع کننده..... ۱۳۴
- ۷-۵-۲ واکنش‌های پیش‌رونده..... ۱۳۵
- ۷-۵-۳ واکنش‌های شاخه‌ای..... ۱۳۶
- ۷-۵-۴ واکنش‌های ختم کننده..... ۱۳۶
- ۷-۶ مکانیزم سینتیک احتراق هیدروژن و اکسیژن..... ۱۳۹
- ۷-۷ تقریب حالت دائم..... ۱۴۱

فصل هشتم: مکانیزم شعله

- ۱-۸ مقدمه ۱۴۵
- ۲-۸ امواج دتونیشن و دفلگریشن در گازهای پیش مخلوط ۱۴۸
- ۱-۲-۸ نواحی مختلف منحنی هوگونیوت ۱۵۲
- ۳-۸ شعله‌های پیش مخلوط آرام ۱۵۵
- ۱-۳-۸ تنوری حرارتی ۱۵۵
- ۲-۳-۸ تنوری جامع ۱۵۸
- ۳-۳-۸ تنوری یفیوش ۱۶۲
- ۴-۳-۸ تاثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی بر سرعت شعله ۱۶۳
- ۱-۴-۳-۸ عوامل شیمیایی ۱۶۳
- ۲-۴-۳-۸ عوامل فیزیکی ۱۶۴
- ۴-۸ روش‌های اندازه‌گیری سرعت شعله ۱۶۵
- ۱-۴-۸ روش چراغ بنسون ۱۶۶
- ۲-۴-۸ روش لوله شفاف ۱۶۷
- ۳-۴-۸ روش بمب حجم ثابت ۱۶۸
- ۴-۴-۸ روش حباب صابون ۱۶۹
- ۵-۴-۸ روش دنبال کردن ذرات ۱۷۰
- ۶-۴-۸ روش شعله مسطح ۱۷۱
- ۵-۸ خفگی شعله ۱۷۲

فصل نهم: مقدمه‌ای بر انتقال جرم

- ۱-۹ مقدمه ۱۷۵
- ۲-۹ مفهوم انتقال جرم ۱۷۵
- ۳-۹ قوانین انتقال جرم ۱۷۶
- ۱-۳-۹ قانون پخش فیک ۱۷۶

۱۷۹.....	۲-۳-۹ ضریب پخش جرم.....
۱۸۳.....	۴-۹ بقا اجرا.....
۱۸۴.....	۵-۹ مسائل و کاربردهای انتقال جرم.....
۱۸۴.....	۱-۵-۹ مساله استقار.....
۱۸۷.....	۲-۵-۹ شرایط مرزی فصل مشترک بخار - مایع.....
۱۹۲.....	۳-۵-۹ تبخیر قطره.....
۱۹۳.....	۱-۳-۵-۹ نرخ تبخیر.....
۱۹۴.....	۲-۳-۵-۹ بقا جرم قطره.....
۱۹۹.....	۶-۹ کاربردها.....
۱۹۹.....	۱-۶-۹ موتورهای احتراق داخلی.....
۲۰۰.....	۲-۶-۹ مشعل‌های سوخت مایع.....
۲۰۱.....	مراجع.....

پیوست‌ها

۲۰۳.....	پیوست الف: تعاریف و خواص سوخت‌های طبیعی (به صورت خام).....
۲۱۱.....	پیوست ب: خواص سوخت‌های گازی.....
۲۱۵.....	پیوست ج: خواص سوخت‌های مایع.....
۲۲۳.....	پیوست د: خواص سوخت‌های مایع.....
۲۲۹.....	پیوست ه: خواص ترمودینامیکی برخی اجزای شیمیایی در فرآیندهای احتراقی.....
۲۴۷.....	پیوست و: ثابت تعادل.....
۲۴۹.....	پیوست ز: ضرایب پخش.....

پیشگفتار

دانش سوخت و احتراق به عنوان شاخه‌ای از علم مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی تعریف می‌شود که در آن منابع شیمیایی انرژی (سوخت‌ها) و فرآیند تبدیل این منابع به حرارت (احتراق) مورد بررسی قرار می‌گیرد. کتاب پیش رو مقدمه‌ای بر دانش گسترده و جذاب سوخت و احتراق می‌باشد که برای استفاده مهندسين شاغل در صنایع مرتبط و همچنین دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی تهیه و تدوین گردیده است. تاکنون تألیفات متعددی در این زمینه توسط متخصصین خارجی و صاحب‌نظران داخلی به چاپ رسیده که هر کدام از جهاتی ارزشمند و برجسته هستند. اما رویکرد اکثر آنها مبتنی بر آموزش دانشجویان رشته‌های مرتبط در دانشگاه بوده و چندان قابل استفاده جهت حل مشکلات پیش روی دانش‌آموختگان در صنعت نبوده است. در کتاب حاضر سعی شده، مطالب به شکلی ارائه گردد که علاوه بر آموزش، بتواند به عنوان یک هندبوک سوخت و احتراق در مراکز صنعتی مورد استفاده قرار گرفته و داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز آنها را فراهم آورد.

از لحاظ نحوه چینش مطالب جهت تدریس این کتاب (به عنوان یکی از دروس دانشگاهی رشته‌های مختلف مهندسی) نیز ملاحظات مد نظر قرار داده شده است. دیدگاه نویسندگان در تدوین این کتاب به نحوی بوده است که در ضمن اختصار، انگیزه و علاقه کافی به مطالب را از طریق تاکید بر آمارها، کاربردها و اهداف و همچنین با تبیین لزوم فراگیری بحث، در دانشجویان ایجاد کنند.

با توجه به موارد فوق، این کتاب به طور کلی مشتمل بر ۹ فصل می‌باشد. فصل اول

شامل مقدمات آشنایی با بحث و مفاهیم و تعاریف اولیه بوده و ضمناً به کاربردها و ضرورت فراگیری این دانش می‌پردازد. در فصل‌های دوم تا چهارم به معرفی انواع سوخت‌ها، شامل سوخت‌های جامد، مایع و گاز و مشخصات فیزیکی، شیمیایی و احتراقی آنها پرداخته می‌شود. فصل‌های پنجم تا هفتم به فرآیند احتراق اختصاص دارد که شامل ترمو - شیمی احتراق، احتراق ایده‌آل و واقعی، احتراق تعادلی و سینتیک احتراق می‌باشد. در فصل هشتم پدیده شعله و مکانیزم شکل‌گیری آن مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. نهایتاً در فصل نهم با توجه به ضرورت آشنایی اولیه با مبحث انتقال جرم برای شناخت و تحلیل شعله، به اصول اولیه انتقال جرم پرداخته شده است.

امید است این تالیف، مورد توجه و قبول صاحب‌نظران، اساتید فن، دانشجویان و دانش‌آموختگان قرار گیرد.