



Sharif University Press

Fuel and Energy

S. K. Sadrnezhaad

A. Kermanpour

شابک ۹۶۴-۶۳۷۹-۷۲-۹

ISBN 964 - 6379 - 72 - 9



مؤسسه انتشارات علمی

دانشگاه صنعتی شریف

سوخت و انرژی

تألیف دکتر سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد و دکتر احمد کرمانپور
ویراسته مهندس زهرا سلطانیپور

چاپ اول: ۱۳۸۰

بها: ۳۰۰۰۰۰ ریال

شمارگان: ۲۰۰۰

لیتوگرافی، چاپ، و صحافی: چاپخانه دانشگاه صنعتی شریف.
حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 964-6379-72-9

شابک ۹۶۴-۶۳۷۹-۷۲-۹

صدرنژاد، سید خطیب‌الاسلام، ۱۳۳۰ - سوخت و انرژی تألیف سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد، احمد کرمانپور. - تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۸۰. چهارده، ۵۹۴ ص.: مصور. ISBN 964-6379-72-9 ریال ۳۰۰۰۰۰ فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا (فهرست‌نویسی پیش از انتشار). ۱. سوخت - ۲. انرژی. الف. کرمانپور، احمد، ۱۳۴۹ - ب. دانشگاه صنعتی شریف. مؤسسه انتشارات علمی. ج. عنوان. TP۳۱۸/ص۴ کتابخانه ملی ایران ۶۶۲/۶ ۷۸-۲۵۲۱۲ م
--

این کتاب با استفاده از سهمیه کاغذ تخصیص داده شده وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی چاپ شده است.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

پیشگفتار

۱	۱	مقدمه
۵	۲	تعریف سوخت و طبقه‌بندی آن
۵	۲-۱	تعریف سوخت
۵	۲-۲	طبقه‌بندی سوخت‌ها
۶	۲-۳	ترکیب شیمیایی
۹	۲-۴	اهمیت و کاربرد
۱۱	۲-۵	نمونه‌برداری
۱۱		مراجع
۱۳	۳	سوخت‌های جامد
۱۳	۳-۱	مقدمه
۱۴	۳-۲	زغال سنگ
۱۴	۳-۲-۱	انواع زغال سنگ
۱۸	۳-۲-۲	خواص فیزیکی زغال سنگ
۲۷	۳-۲-۳	ترکیب زغال سنگ
۳۲	۳-۲-۴	تجزیه زغال سنگ
۳۹	۳-۲-۵	مراحل آماده‌سازی زغال سنگ
۴۳	۳-۳	سوخت‌های محلی
۴۳	۳-۳-۱	چوب
۴۴	۳-۳-۲	زغال چوب
۴۵	۳-۳-۳	زغال نارس (لیف)

۴۵	۳-۳-۴ سایر سوخت‌های جامد
۴۶	۳-۴ وضعیت زغال‌سنگ در جهان و ایران
۴۶	۳-۴-۱ تولید زغال‌سنگ در جهان
۴۹	۳-۴-۲ تجارت بین‌المللی زغال‌سنگ و کوک
۵۰	۳-۴-۳ وضعیت زغال‌سنگ ایران
۵۳	۳-۴-۴ طبقه‌بندی زغال‌های ایران
۵۷	۳-۵ وضعیت منابع سوخت‌های غیرتجارتی
۶۰	مراجع
۶۳	۴ روش‌های پالایش زغال‌سنگ
۶۳	۴-۱ مقدمه
۶۴	۴-۲ روش‌های فیزیکی
۶۴	۴-۲-۱ جدایش ثقلی
۶۹	۴-۲-۲ جدایش مغناطیسی
۷۰	۴-۲-۳ جدایش الکترواستاتیکی
۷۱	۴-۲-۴ شناورسازی
۷۳	۴-۳ روش‌های شیمیایی
۷۵	مراجع
۷۷	۵ ساختن کوک و بازیابی محصولات شیمیایی
۷۷	۵-۱ مقدمه
۷۸	۵-۲ فرایند تهیه کوک
۷۹	۵-۳ کوره‌های کوک‌سازی
۸۶	۵-۴ مراحل تهیه کوک در باتری کوک‌سازی
۸۷	۵-۴-۱ انتخاب و مخلوط‌سازی زغال‌سنگ
۸۷	۵-۴-۲ بارگیری در سلول کوک‌سازی
۸۸	۵-۴-۳ گرم شدن زغال در سلول
۸۸	۵-۴-۴ خاموش کردن کوک
۹۱	۵-۴-۵ دانه‌بندی و انبار کردن کوک
۹۲	۵-۵ خواص و ترکیب انواع کوک
۹۲	۵-۵-۱ خواص فیزیکی

۹۳	۵-۵-۲ ترکیب شیمیایی
۹۵	۵-۵-۳ خواص حرارتی
۹۷	۵-۶ بازیابی محصولات شیمیایی حاصل از عملیات کوک‌سازی
۹۹	۵-۶-۱ بازیابی قطران خام
۱۰۱	۵-۶-۲ بازیابی آمونیاک
۱۰۳	۵-۶-۳ بازیابی فنل
۱۰۴	۵-۶-۴ بازیابی روغن سبک
۱۰۵	۵-۶-۵ گاز کوره کوک‌سازی
۱۰۵	۵-۶-۶ حذف سولفید هیدروژن
۱۰۶	۵-۶-۷ فاضلاب کارخانه‌های کوک‌سازی
۱۰۷	۵-۷ وضعیت کوک‌سازی در جهان و ایران
۱۱۲	مراجع
۱۱۵	۶ سوخت‌های مایع
۱۱۵	۶-۱ مقدمه
۱۱۶	۶-۲ تقسیم‌بندی انواع سوخت‌های مایع
۱۱۷	۶-۳ ویژگی‌های سوخت‌های مایع
۱۱۷	۶-۳-۱ وزن مخصوص و سنگینی
۱۱۹	۶-۳-۲ ضریب شکست
۱۲۰	۶-۳-۳ گرانروی
۱۲۱	۶-۳-۴ ناخالصی‌های موجود در سوخت‌های مایع
۱۲۳	۶-۳-۵ نقاط روشنی، اشتعال و ریزش
۱۲۴	۶-۳-۶ ارزش حرارتی
۱۲۴	۶-۳-۷ درجه اسیدی
۱۲۴	۶-۳-۸ متغیرهای مشخصه نفت
۱۲۵	۶-۴ نفت خام
۱۲۵	۶-۴-۱ پیدایش و نحوه استخراج
۱۲۵	۶-۴-۲ تقسیم‌بندی نفت خام
۱۲۹	۶-۴-۳ پالایش نفت خام
۱۳۶	۶-۴-۴ پالایش محصولات حاصل از فرایند تقطیر و کراکینگ

۱۳۷	۶-۴-۵ فرآورده‌های اصلی نفت خام
۱۴۱	۶-۵ وضع سوخت‌های مایع در ایران و جهان
۱۴۱	۶-۵-۱ تاریخچه و وضع صنعت نفت ایران
۱۴۶	۶-۵-۲ وضع نفت خام و گاز طبیعی مایع در جهان
۱۴۷	مراجع
۱۴۹	۷ سوخت‌های ویژه
۱۴۹	۷-۱ مقدمه
۱۵۰	۷-۲ مواد منفجره
۱۵۰	۷-۲-۱ مشخصات اصلی مواد منفجره
۱۵۱	۷-۲-۲ تقسیم‌بندی مواد منفجره
۱۵۳	۷-۳ پیشران‌های شیمیایی
۱۵۴	۷-۳-۱ پیشران‌های تفنگ
۱۶۰	۷-۳-۲ پیشران‌های موشک
۱۷۸	۷-۴ مواد آتش‌زنه
۱۷۸	۷-۴-۱ ترکیب شیمیایی مواد آتش‌زنه
۱۸۱	۷-۴-۲ عوامل مؤثر بر کارایی مواد آتش‌زنه
۱۸۳	مراجع
۱۸۵	۸ سوخت‌های گازی
۱۸۵	۸-۱ مقدمه
۱۸۷	۸-۲ سوخت‌های گازی طبیعی
۱۸۸	۸-۲-۱ خواص گاز طبیعی
۱۸۹	۸-۲-۲ تصفیه گاز طبیعی
۱۹۰	۸-۳ سوخت‌های گازی مصنوعی
۱۹۰	۸-۳-۱ گاز مولد
۱۹۰	۸-۳-۲ گاز آب
۱۹۲	۸-۳-۳ مخلوط گاز مولد و گاز آب
۱۹۲	۸-۳-۴ گاز لورزی
۱۹۳	۸-۳-۵ گاز تقطیر زغال‌سنگ
۱۹۴	۸-۳-۶ گاز زیرزمینی

- ۱۹۴ ۸-۳-۷ گاز مایع
- ۱۹۵ ۸-۴ سوخت‌های گازی جنبی
- ۱۹۵ ۸-۴-۱ گاز کوره بلند
- ۱۹۵ ۸-۴-۲ گاز کوره کوک‌سازی
- ۱۹۶ ۸-۵ موارد کاربرد سوخت‌های گازی
- ۱۹۶ ۸-۵-۱ مصارف صنعتی
- ۱۹۸ ۸-۵-۲ مصارف خانگی
- ۱۹۹ ۸-۵-۳ مصارف دامداری و کشاورزی
- ۱۹۹ ۸-۶ وضعیت سوخت‌های گازی در ایران و جهان
- ۲۰۰ ۸-۶-۱ وضعیت صنعت گاز طبیعی در ایران
- ۲۰۲ ۸-۶-۲ وضعیت گاز طبیعی در جهان
- ۲۰۵ مراجع
- ۲۰۷ ۹ گازی کردن زغال‌سنگ
- ۲۰۷ ۹-۱ مقدمه
- ۲۰۷ ۹-۲ مبانی گازی کردن
- ۲۰۹ ۹-۳ فرایندهای گازی کردن
- ۲۱۱ ۹-۴ وضعیت فعلی فرایندهای گازی کردن
- ۲۱۶ ۹-۵ زمینه‌های توسعه فرایندهای گازی کردن
- ۲۱۸ ۹-۶ تجهیزات واحدهای گازی کردن
- ۲۲۵ مراجع
- ۲۲۷ ۱۰ بازیافت و تبدیل مواد زاید
- ۲۲۷ ۱۰-۱ مقدمه
- ۲۲۸ ۱۰-۲ روش‌های جمع‌آوری و سترون زباله
- ۲۳۰ ۱۰-۳ پالایش حرارتی
- ۲۳۰ ۱۰-۳-۱ احتراق
- ۲۳۶ ۱۰-۳-۲ بازیابی انرژی
- ۲۳۶ ۱۰-۳-۳ سوزاندن زباله
- ۲۳۶ ۱۰-۳-۴ تجزیه حرارتی
- ۲۳۷ ۱۰-۴ خاکستر کردن زباله‌ها در مقیاس صنعتی

۲۳۷	۱۰-۴-۱ کوره چند اجاقه
۲۳۹	۱۰-۴-۲ بستر سیال
۲۳۹	۱۰-۴-۳ کوره گردان
۲۴۲	۱۰-۴-۴ خاکسترکننده کاتالیزوری
۲۴۳	مراجع
۲۴۵	۱۱ احتراق، اشتعال و انفجار
۲۴۵	۱۱-۱ احتراق
۲۴۵	۱۱-۱-۱ واکنش‌های احتراق
۲۴۶	۱۱-۱-۲ دمای احتراق
۲۴۶	۱۱-۱-۳ مراحل احتراق
۲۴۸	۱۱-۱-۴ انواع احتراق
۲۵۰	۱۱-۱-۵ شرایط احتراق
۲۵۱	۱۱-۱-۶ روش‌های احتراق
۲۵۲	۱۱-۲ ارزش حرارتی
۲۵۳	۱۱-۲-۱ تعیین ارزش حرارتی
۲۵۶	۱۱-۲-۲ ارزش حرارتی سوخت‌ها
۲۵۶	۱۱-۳ اشتعال
۲۵۶	۱۱-۳-۱ دمای اشتعال
۲۵۸	۱۱-۳-۲ شعله
۲۵۹	۱۱-۴ انفجار
۲۶۰	۱۱-۴-۱ کارایی مواد منفجره
۲۶۰	۱۱-۴-۲ حرارت انفجار
۲۶۱	۱۱-۴-۳ موازنه اکسیژن
۲۶۱	۱۱-۴-۴ ترکیب شیمیایی و حجم گازهای حاصل از انفجار
۲۶۳	۱۱-۴-۵ دمای انفجار
۲۶۳	۱۱-۴-۶ فشار انفجار
۲۶۴	مراجع
۲۶۵	۱۲ کوره‌ها
۲۶۵	۱۲-۱ مقدمه

۲۶۵	۱۲-۲ کوره‌های اجاقی
۲۶۵	۱۲-۲-۱ کوره اجاقی با بستر ساکن
۲۶۸	۱۲-۲-۲ کوره‌های اجاقی با بستر متحرک
۲۶۹	۱۲-۲-۳ کوره‌های اجاقی با بستر زنجیری
۲۷۰	۱۲-۳ کوره‌های اتاقی
۲۷۴	۱۲-۴ کوره‌های سیکلونی
۲۷۵	۱۲-۵ کوره‌های با سوخت مایع و گاز
۲۷۶	۱۲-۶ کاربرد گرمای احتراق
۲۷۸	۱۲-۷ دمش و مکش
۲۸۱	۱۲-۸ سرعت گاز
۲۸۷	۱۲-۹ توزیع فشار در امتداد یک سیستم عبور گاز
۲۸۸	۱۲-۱۰ محاسبه طول دودکش
۲۹۱	مراجع
۲۹۳	۱۳ محاسبات کوره‌ها
۲۹۳	۱۳-۱ مقدمه
۲۹۳	۱۳-۲ هدایت
۲۹۷	۱۳-۳ جابه‌جایی
۳۰۴	۱۳-۴ انتقال حرارت از طریق تشعشع
۳۰۷	۱۴ انرژی هسته‌ای
۳۰۷	۱۴-۱ مقدمه
۳۰۸	۱۴-۲ ساختار اتم
۳۱۲	۱۴-۳ واکنش‌های هسته‌ای
۳۱۳	۱۴-۳-۱ واکنش شکافت هسته
۳۱۷	۱۴-۳-۲ واکنش گداخت هسته
۳۱۹	۱۴-۴ اجزای تشکیل‌دهنده راکتورهای هسته‌ای
۳۲۲	۱۴-۴-۱ تقسیم‌بندی راکتورهای هسته‌ای
۳۳۹	۱۴-۵ مقایسه مشخصات انواع راکتورهای قدرت
۳۴۱	۱۴-۶ ذخایر مواد رادیواکتیو
۳۴۱	۱۴-۶-۱ کانه اورانیم

۳۴۲	۱۴-۶-۲ ذخایر توریم
۳۴۳	۱۴-۶-۳ ذخایر لیتیم
۳۴۳	۱۴-۷ وضعیت انرژی هسته‌ای در جهان و ایران
۳۴۸	مراجع
۳۵۱	۱۵ انرژی الکتریکی
۳۵۱	۱۵-۱ مقدمه
۳۵۱	۱۵-۲ تاریخچه صنعت برق
۳۵۳	۱۵-۳ تولید برق
۳۵۳	۱۵-۳-۱ مقدمه
۳۵۵	۱۵-۳-۲ توربین‌های آبی
۳۶۵	۱۵-۳-۳ توربین‌های بخاری
۳۷۷	۱۵-۳-۴ توربین‌های گازی
۳۸۵	۱۵-۳-۵ نیروگاه‌های هسته‌ای
۳۸۹	۱۵-۳-۶ ژنراتورها
۳۹۳	۱۵-۴ وضعیت انرژی الکتریکی در ایران و جهان
۳۹۳	۱۵-۴-۱ صنعت برق ایران
۳۹۶	۱۵-۴-۲ انرژی الکتریکی در جهان
۴۰۰	مراجع
۴۰۱	۱۶ انرژی خورشیدی
۴۰۱	۱۶-۱ مقدمه
۴۰۲	۱۶-۲ تاریخچه کاربرد انرژی خورشیدی
۴۰۳	۱۶-۳ پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران
۴۰۵	۱۶-۴ بهره‌برداری از انرژی خورشیدی
۴۰۶	۱۶-۴-۱ گردآورنده‌های خورشیدی
۴۰۸	۱۶-۴-۲ سلول‌های خورشیدی
۴۰۹	۱۶-۵ کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی
۴۰۹	۱۶-۵-۱ استفاده‌های مستقیم
۴۱۳	۱۶-۵-۲ استفاده‌های غیرمستقیم
۴۱۵	۱۶-۶ کاربرد انرژی خورشیدی در کشور

۴۱۷

مراجع

۴۱۹

۱۷ انرژی باد

۴۱۹

۱۷-۱ مقدمه

۴۲۰

۱۷-۲ تاریخچه و وضعیت استفاده از انرژی باد

۴۲۲

۱۷-۳ تقسیم‌بندی ماشین‌های بادی

۴۲۴

۱۷-۳-۱ ساختار ماشین‌های بادی قدیمی

۴۲۸

۱۷-۳-۲ ماشین‌های بادی بزرگ

۴۳۴

۱۷-۴ خصوصیات عمومی انرژی باد

۴۳۵

۱۷-۴-۱ توان جریان باد

۴۳۶

۱۷-۴-۲ منحنی‌های سرعت باد

۴۴۱

۱۷-۵ توان قابل استخراج از یک ماشین بادی

۴۴۶

۱۷-۶ طراحی اقتصادی ماشین‌های بادی

۴۴۸

۱۷-۷ پتانسیل انرژی باد در ایران

۴۵۱

مراجع

۴۵۳

۱۸ روش‌های اندازه‌گیری دما

۴۵۳

۱۸-۱ مقدمه

۴۵۳

۱۸-۲ دماسنج‌های مکانیکی

۴۵۴

۱۸-۲-۱ دماسنج‌های مایع

۴۵۶

۱۸-۲-۲ دماسنج‌های گازی

۴۵۷

۱۸-۲-۳ دماسنج‌های نواری دوفلزی

۴۵۸

۱۸-۳ اندازه‌گیری دما به کمک تأثیرات الکتریکی

۴۵۸

۱۸-۳-۱ دماسنج‌های مقاومتی فلزی

۴۵۹

۱۸-۳-۲ دماسنج‌های مقاومتی نیمرسانا

۴۶۱

۱۸-۴ اندازه‌گیری دما به کمک تأثیرات ترموالکتریکی

۴۶۱

۱۸-۴-۱ تأثیرات ترموالکتریکی

۴۶۵

۱۸-۴-۲ انواع ترموکوپل‌ها

۴۶۷

۱۸-۵ اندازه‌گیری دما از طریق تابش

۴۶۹

۱۸-۶ انواع دیگر دماسنج‌ها

۴۶۹	مراجع
۴۷۱	۱۹ تأثیر انرژی بر محیط زیست
۴۷۱	۱۹-۱ مقدمه
۴۷۱	۱۹-۲ اثرات زیست محیطی مصرف سوخت
۴۷۵	۱۹-۳ آلاینده‌های حاصل از به‌کارگیری سوخت‌های فسیلی
۴۷۵	۱۹-۳-۱ اکسیدهای کربن
۴۷۶	۱۹-۳-۲ اکسیدهای نیتروژن
۴۷۷	۱۹-۳-۳ هیدروکربورها
۴۷۷	۱۹-۳-۴ دی‌اکسید گوگرد
۴۷۸	۱۹-۳-۵ هالوژن‌ها
۴۷۸	۱۹-۴ توزیع آلاینده‌های محیط زیست در ایران
۴۷۸	۱۹-۴-۱ روند توزیع
۴۸۰	۱۹-۴-۲ سهم بخش‌های مختلف
۴۸۴	۱۹-۵ روش‌های جلوگیری از آلودگی هوا
۴۸۵	۱۹-۵-۱ خارج‌سازی مواد آلاینده موجود در گازها
۴۹۰	۱۹-۵-۲ گوگردگیری از نفت‌های سنگین
۴۹۰	مراجع
۴۹۳	۲۰ مسائل
۵۱۹	۲۱ حل مسائل منتخب
۵۴۹	ضمیمه الف ضرایب تبدیل واحدهای متعارف انرژی
۵۵۳	ضمیمه ب ترازنامه انرژی جمهوری اسلامی ایران
۵۶۷	ضمیمه ج آمارهای بین‌المللی انرژی
۵۸۱	فهرست راهنما

پیشگفتار

این کتاب برای دانشجویان مجموعه‌های مهندسی مواد و متالورژی تدوین یافته و حاوی اطلاعات لازم برای ارائه درس سوخت و انرژی در گرایش‌های متالورژی استخراجی و متالورژی صنعتی است. مباحث کتاب در عین حال می‌تواند برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی در رشته‌های مهندسی شیمی، مکانیک، معدن و صنایع نیز مفید واقع شود. موضوعات مفید و متنوعی از قبیل انواع انرژی، مواد سوختنی و نحوه بازیابی و استفاده از انرژی‌های طبیعی و مصنوعی، طی ۲۱ فصل جداگانه مورد بحث قرار گرفته است. علاوه بر موضوعات نظری، تعداد قابل توجهی تمرین نیز در کتاب آمده که فراگیری حل آن‌ها می‌تواند خودآموزی کتاب را تا حد قابل توجهی تسهیل کند. به همین سبب استفاده از کتاب، در دانشگاه‌هایی که به شیوه آموزش از راه دور فعالیت می‌کنند نیز می‌تواند مطلوب واقع شود.

به علت تأثیر شگرف انرژی بر کیفیت زندگی بشر، مطالعه وضعیت منابع و نحوه استفاده از انواع سوخت امروزه از اهمیت بسزایی برخوردار است و موضوعی جهانی محسوب می‌شود. لذا در تدوین مطالب کتاب نه تنها به موقعیت کشور از لحاظ سوخت، بلکه به وضعیت منابع انرژی در جهان نیز توجه شده است. امید است مطالب کتاب بتواند پاسخگوی نیازهای مهندسين و کارکنان مراکز تولیدی و خدماتی و همچنین محققین و دانش‌پژوهان مراکز علمی و تحقیقاتی در زمینه تولید و مصرف منطقی انرژی قرار گیرد. انشاءالله...

دکتر سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد

دکتر احمد کرمانپور



مؤسسۂ انتشارات علمی

سوخت و انرژی

دکتر سید خطیب الاسلام صدر نژاد

دکتر احمد کرمانپور

