

شیمی مواد پیروتکنیک (مبانی پایه و نظری)

جان ای. کونکلینگ - کریستوفر جی. سوسلا
ترجمه: سید قربان حسینی - منوچهر فتح الهی
زہرا خدادادی پور - اعظم قوی

سرشناسه:	کونکلینگ، جان ای، ۱۹۴۳ - Conkling, John A
عنوان و نام پدیدآور:	شیمی مواد پیروتکنیک (مبانی پایه و نظری) / جان ای. کونکلینگ، کریستوفر جی. موسلا، ترجمه سید قربان حسینی - [و دیگران].
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری:	[۸]، ی. ۳۸۴ ص: مصور، جدول
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۸۵-۲
وضعیت فهرست‌نویسی:	فپا.
یادداشت:	عنوان اصلی: Chemistry of pyrotechnics: Basic principles and theory, 2 nd ed., 2010
یادداشت:	ترجمه سید قربان حسینی، منوچهر فتح‌اللهی، زهرا خدادادی‌پور، اعظم قوی.
یادداشت:	ویراست قبلی کتاب حاضر با عنوان "شیمی مواد پیروتکنیک" و با ترجمه مهدی نادى، محمد زارعی توسط انتشارات آوای پویا در سال ۱۳۹۶ منتشر شده است.
یادداشت:	کتابنامه
یادداشت:	واژه‌نامه
موضوع:	شیمی مواد پیروتکنیک
موضوع:	آتش بازی
شناسه افزوده:	د. کریستوفر جی.
شناسه افزوده:	حسینی سید قربان، ۱۳۵۱ - مترجم
شناسه افزوده:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات ۱۳۹۸
رده‌بندی کنگره:	P ۳۰
رده‌بندی دیویی:	۶۷۱
کتابشناسی ملی:	۲۶۴۶۵



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجمع دانش‌های شیمی و مهندسی شیمی

عنوان کتاب:	شیمی مواد پیروتکنیک (مبانی پایه و نظری)
ترجمه:	سید قربان حسینی - منوچهر فتح‌اللهی، زهرا خدادادی‌پور - اعظم قوی
ناشر:	انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد:	سینا باقری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه‌آرایی رایانه‌ای:	آسیه عسگری خیرآبادی
ویراستار ادبی:	زهرا جاویدی
شمارگان:	۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	اول، پاییز ۹۸
قیمت:	۹۸۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-85-2

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
 آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری، مدیریت دانش،
 انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار مولف بر چاپ دوم
۵	پیشگفتار مولف بر چاپ اول
۷	پیشگفتار مترجم
۳	فصل اول: مقدمه
۳	گرانوله‌ای باروت سیاه
۸	مخسره‌ای تاریخیچه
۱۳	مراجع
۱۷	فصل دوم: مبانی شیمیایی پایه
۱۷	اجزای باروت سیاه
۱۷	اتم‌ها و مولکول‌ها
۲۹	مفهوم مول
۳۳	واکنش‌های انتقال الکترون
۳۳	نظریه اکسایش - کاهش
۳۴	نمونه‌ها
۳۶	روش پیرو ظرفیت - یک روش ساده اما قدرتمند
۴۱	موازنه یک معادله
۴۲	یک ترکیب شیمیایی سوخت است یا غنی از اکسیژن؟
۴۳	در مورد متیل پرکلرات آمونیوم چه می‌دانید؟
۴۴	محاسبات نسبت وزنی
۴۵	تجزیه یک مخلوط
۴۶	مخلوط‌های سه جزئی
۴۷	تمرین‌های پیرو ظرفیت
۴۸	حل و جواب تمرین‌ها

۵۱	مسائل تکمیلی پیرو ظرفیت
۵۳	الکتروشیمی
۵۷	ترمودینامیک
۶۰	گرمای واکنش
۶۴	نمونه ۱
۶۴	نمونه ۲
۶۵	سرعت واکنش های شیمیایی
۶۸	پیوندهای پرانژی
۷۰	حالت های ماده
۷۲	گازها
۷۴	مایعات
۷۵	حالت جامد
۷۸	اسیدها و بازها
۸۱	تجزیه دستگاهی
۸۶	انتشار نور
۹۱	نشر مولکولی
۹۲	انتشار جسم سیاه
۹۳	آزمایشگاه پیروتکنیک
۹۳	اندازه ذرات
۹۴	تجزیه گرمایی
۹۴	تعیین رطوبت
۹۵	اندازه گیری گرمای خروجی
۹۵	سایر تجهیزات
۹۶	مراجع
۹۹	فصل سوم: اجزای مخلوط های پرانژی

۱۰۰	 مقدمه
۱۰۳	 عوامل اکسید کننده
۱۰۳	 الزامات
۱۰۸	 نیترات پتاسیم (KNO_3)
۱۰۹	 کلرات پتاسیم (KClO_3)
۱۱۶	 پر کلرات پتاسیم (KClO_4)
۱۱۷	 مخاطرات پر کلرات - ۲۰۱۰
۱۱۹	 پر کلرات آمونیوم (NH_4ClO_4)
۱۲۱	 پر کلرات آمونیوم در خرها
۱۲۲	 نیترات استرانسیوم $[\text{Sr}(\text{NO}_3)_2]$
۱۲۳	 نیترات باریم $[\text{Ba}(\text{NO}_3)_2]$
۱۲۳	 سایر اکسید کننده ها
۱۲۶	 انتخاب اکسید کننده: یک مقایسه
۱۲۶	 سوخت ها
۱۲۶	 الزامات
۱۲۹	 فلزات
۱۳۰	 آلومینیوم (Al)
۱۳۳	 منیزیم (Mg)
۱۳۴	 مگنالیوم (آلیاژ آلومینیوم - منیزیم)
۱۳۵	 آهن
۱۳۵	 سایر فلزات
۱۳۷	 عناصر غیر فلزی
۱۳۷	 گوگرد
۱۳۸	 بور
۱۳۹	 سلیسیوم

۱۴۰	فسفر
۱۴۱	ترکیبات سولفید
۱۴۲	سوخت‌های آلی
۱۴۵	سوخت‌های آلی خاص
۱۴۶	کربوهیدرات‌ها
۱۴۸	سایر سوخت‌های آلی
۱۵۰	بایندرها
۱۵۴	بایندرهایی که سوخت نیز هستند
۱۵۶	خنک کننده
۱۵۷	کاتالیزورها
۱۵۷	حجم گاز
۱۵۸	نتیجه‌گیری
۱۵۹	مراجع
۱۶۳	فصل چهارم: اصول پیروتکنیک
۱۶۳	یک فیوز
۱۶۴	مقدمه
۱۷۱	تغییرپذیری
۱۸۰	الزامات لازم یک مخلوط پراثرزی مناسب
۱۸۲	تهیه مخلوط‌های پراثرزی
۱۸۴	تحلیل خطر فرایند
۱۸۵	تغییرات روز به روز
۱۸۸	مراجع
۱۹۱	فصل پنجم: اشتعال و انتشار
۱۹۱	جرقه‌های تیتانیوم
۱۹۱	اصول اشتعال

۲۱۰	خلاصه‌ای از اشتعال
۲۱۱	انتشار سوختن (سوزش)
۲۱۱	عوامل
۲۱۶	اثر فشار بیرونی
۲۲۱	اثر دمای بیرونی
۲۲۲	مساحت سطح سوزش
۲۲۳	خلاصه‌ای از سرعت سوزش
۲۲۴	دمای اجزای
۲۲۹	شاخص انتشار
۲۳۲	مراجع
۲۳۵	فصل ششم: حساسیت
۲۳۵	ستاره دنباله دار در هوا
۲۳۶	آزمون حساسیت
۲۴۱	حساسیت به جرقه
۲۴۵	حساسیت به اصطکاک
۲۴۷	حساسیت به ضربه
۲۴۹	حساسیت به گرما
۲۵۶	طراحی مجدد یک ترکیب
۲۵۷	خلاصه
۲۵۹	مراجع
۲۶۳	فصل هفتم: ترکیبات گرمازا (مخلوط‌های اشتعال‌زا، تأخیری‌ها و ...)
۲۶۳	سوزش نیتروسولولز
۲۶۴	تولید گرما
۲۷۱	ترکیبات تأخیری
۲۷۸	ترکیبات مشتعل کننده و چاشنی‌های انفجاری

۲۸۲	مخلوط‌های ترمیتی
۲۸۳	پیشراشه‌ها
۲۹۴	مراجع
۲۹۷	فصل هشتم: تولید رنگ و نور
۲۹۷	ستاره قرمز در حال سوزش
۲۹۷	مقدمه
۲۹۸	ترکیبات مولد زرد سفید
۲۹۸	مقدمه
۳۰۳	مخلوط‌های فتوفاس
۳۰۵	جرقه‌ها
۳۰۷	تلائو و درخشندگی
۳۰۹	اثرات ترقه‌ای
۳۱۱	رنگ
۳۱۱	مقدمه
۳۱۴	انتخاب اکسیدکننده
۳۱۶	سوخت‌ها و سرعت‌های سوزش
۳۱۹	تشدیدکننده‌های رنگ
۳۲۰	ترکیبات مولد شعله قرمز
۳۲۲	ترکیبات مولد شعله سبز
۳۲۴	ترکیبات مولد شعله آبی
۳۲۶	ترکیبات مولد شعله ارغوانی
۳۲۷	ترکیبات مولد شعله زرد
۳۳۰	ماورای منطقه مرئی
۳۳۳	مراجع
۳۳۷	فصل نهم: دود و صوت

۳۳۷	دود سبز.....
۳۳۷	تولید دود.....
۳۴۰	مخلوط‌های دودزای رنگی.....
۳۴۶	تولید دود سفید.....
۳۴۹	تحقیقات برای جایگزین HC.....
۳۵۰	تولید صدا.....
۳۵۴	صدای سبب زن.....
۳۵۷	مراجع.....
۳۵۹	پیوست A: تهیه حالات پروتکتیک.....
۳۶۰	پیوست B: مقادیر از وزن اسلام ترکیبات پروتکتیکی.....
۳۶۳	علائم اختصاری.....
۳۶۵	واژه نامه فارسی به انگلیسی.....
۳۷۵	واژه نامه انگلیسی به فارسی.....

پیشگفتار مولف بر چاپ دوم (سال ۲۰۱۰)

در مدت بیست و پنج سالی که از انتشار چاپ اول این کتاب گذشته است، دنیای پیروتکنیک‌ها و مواد پرانرژی تغییرات عمده‌ای را دنبال کرده‌اند. این تغییرات در درجه اول از دغدغه‌های ایمنی کارکنانی که با مواد پرانرژی کار می‌کنند و جوامع قرار گرفته در مجاور تأسیسات تولیدکننده مواد پرانرژی و دغدغه‌های محیط زیستی ناشی شده است. یک پیامد فشار برای تغییر، اصلاح قوانین جدید دولتی است که محدودیت‌هایی را برای موادی که ممکن است در حوزه مواد پرانرژی استفاده شوند، لازم و تعبیه کرده‌اند از جمله برنامه‌های آموزشی بی‌شمار و لازم‌الاجرا و آغاز اقدام‌های دیگر مانند استاندارد مدیریت ایمنی^۱ که قصد دارد ترافیک و حادثه‌ها را رفع نماید، واجب نموده‌اند. تقریباً تمامی کارکنانی که در ده‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ وارد حوزه مواد پرانرژی شده‌اند در مدت سال‌ها فعالیت فیزیکی همراه با دانش محدود در آماده‌سازی مخلوط‌های پرانرژی تلاش نموده‌اند.

سمینار بین‌المللی پیروتکنیک‌ها از زمان انتشار چاپ اول این کتاب در سال ۱۹۸۵ از نظر تعداد و اهمیت رو به گسترش است. در حال حاضر حداقل یک سمینار در سال در کلرادو^۲ یا جایی غیر از ایالات متحده برگزار می‌شود و پیامد این سمینارها منبع عظیمی از

^۱ OSHA, Process Safety Management Standard

^۲ Colorado

اطلاعات در خصوص تحقیقات پیروتکنیک در حال پیشرفت است. به علاوه نشست بین‌المللی مواد آتش‌بازی^۱ (ISF) در سال‌های بعد در کانادا یا جای دیگر برگزار می‌شود و همیشه این نشست‌ها ترکیب خوبی از مقاله‌های صنعتی را رقم می‌زنند.

انجمن بین‌المللی پیروتکنیک به یک گروه قابل احترام از مشتاقان و محققان پیروتکنیک که همکاری‌های عمده‌ای در حوزه صنایع آتش‌بازی داشته‌اند، تبدیل شده است. به علاوه جدیدی به نام پیروتکنیک وسیله‌ای برای چاپ سریع مقاله‌های مروری و پژوهشی در حوزه گسترده پیروتکنیک‌ها را فراهم کرده است.

از نکته‌های منفی این است که ما در ایالات متحده کمبود برنامه‌های علمی سازمان‌یافته و با حوزه گسترده که علم مواد پیروتکنیک را پوشش دهد، داریم. مؤسسه صنعتی مکزیکی جدید برنامه‌ای را در صنایع منفجره، پیشنهاد می‌کند و این یک گام ارزشمند و اولیه است. حوزه پیروتکنیک هرگز پیشرفت‌های فناوری در حوزه‌های علم استتار و نشر شعله کم علامت، اثر متقابل دارد و سازگار است. توجه علمی بیشتر به علم پیروتکنیک یک امتیاز باارزش برای این کشور خواهد بود.

از همکارانم برای مباحثات خوب، نظرات و انتقادات سازنده‌شان در طول این بیست و پنج سال تشکر می‌کنم. در ابتدا از جوزف دومانیکی، دوست و همکارم در برنامه سمینار پیروتکنیک تابستان دانشگاه واشینگتن از سال ۱۹۸۴، نیکیتا وی یک شخص منحصر به فرد با دانش بسیار در حوزه مواد پیروتکنیک است، همچنین از کریس موسلا، دانشگاه واشینگتن ۲۰۰۱، برای همکاری در چاپ دوم این کتاب تشکر می‌کنم. کریس به عنوان یک مربی در سمینار پیروتکنیک تابستان در دانشگاه واشینگتن شرکت نموده و یکی از اعضای باارزش گروه شده است.

فهرست تشکر من شامل تام شوک و لوی ایکن در انبار مهمات هم می‌شود که در

^۱International Symposium on Fireworks

دو دهه گذشته با من در بخش نظامی پیروتکنیک همکاری داشتند. قدردانی ویژه‌ای از دیوید پیر از شرکت MP دارم که در کنار ایشان از مباحث بسیاری که جنبه‌های فراوانی از مواد پُرانرژی را در برمی‌گیرد و برای سال‌های زیادی در این مورد کنکاش نموده بهره‌ وافر برده‌ام. دیگر دوستان و همکارانی که در آموزش با من همکاری داشتند مرحوم فرد مکلتایر و دانشجوی سابق شیمی دانشگاه واشینگتن جف جانسون با محصولات ایمنی هواپیما هستند. همچنین از انجمن پیروتکنیک آمریکا که به من فرصت دادند تا علایق علمی خود را برای سال‌های بسیاری دنبال کنم و از محصولات ایمنی هواپیما و آتش‌بازی TNT را بدانم. همچنین برای اینکه به من بعد از بازنشستگی از APA اجازه همکاری در پرورش یک کتاب ترجمه را دادند، تشکر می‌کنم. از شرکت کنندگان در برنامه‌های سمینار پیروتکنیک تابستان‌های سه‌به‌یست و هفت سال و دوستانم در کمیته الککل، تنباکو و اسلحه و به‌ویژه جودی لدوئیس و براسکویاک، برای اینکه به من فرصت دادند با آن‌ها در آموزش کارکنانشان همکاری داشته باشم، تشکر و یاری می‌کنم.

در نهایت، من باید از نقش همسر، بدارا، در این پروژه قدردانی نمایم که بدون تشویق‌های مداوم ایشان چاپ دوم این کتاب بیشتر به تأخیر می‌افتاد، کمک همسر و دو فرزندم ملیندا کانکلینگ هارت و جان کانکلینگ به‌عنوان چه‌رنگه فوق‌العاده نگراسی جان مکسی هارت، ادوارد آستین هارت، جولیا ولیانت کانکلینگ و -بید- بن فرد خانواده جان کانکلینگ - را به ما هدیه کردند، را ارج می‌نهم شاید یکی از این‌ها را به آینده حرفه‌ای در این حوزه جذاب به خود جذب و علاقمند نماید و ادامه دهنده این راه باشد.

این کتاب همچنان بر اصول پایه شیمیایی تأکید می‌کند. کارهای منتشرشده بسیاری از حوزه‌های مواد پُرانرژی را پوشش می‌دهد. هدف ما این است که این کتاب به‌صورت یک پل به مردم اجازه عبور با اطمینان از دانش شیمی به توانایی به‌کاربردن اصول شیمیایی و مواد پُرانرژی را اعطا کند. مایه تأسف است که گذشته تاریخی حوزه پیروتکنیک‌ها در حداقل نگاه داشته شده است. به‌ویژه تاریخچه این حوزه در قرن بیستم،

کتاب دیگری است برای کسی که بخواهد پیگیری کند، اما هیچ شکی وجود ندارد که پیرو تکنیک‌ها همانند دیگر حوزه‌های علم می‌تواند به‌تنهایی رشد پیدا کند و به‌صورت یک علم برپایه معلومات پیشینه در این حوزه گسترش یابد. هدف هر شخصی باید ساخت حوزه مواد پرانرژی پر بار، مفید و حتی‌الامکان ایمن باشد.

جان ای. کونکلینگ

شهر چستر، مریلند