

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مواد منفجره بر پایه نیترات آمونیوم

اسلاریها، امولسیونها و آنفوھا

ارود جی. ماھادیوان

ترجمہ:

بھمن میرزا پور

دکتر معین بھادری

استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد

Mahadevan, Erode G.	سرشناسه:	مهادیون، ایروود جی.
مواد منفجره بر پایه نیترات آمونیوم؛ اسلاری‌ها، امولسیون‌ها و آنفوها/ارود جی. ماهادیوان؛ ترجمه بهمن میرزاپور، معین بهادری.	عنوان و نام پدیدآور:	مواد منفجره بر پایه نیترات آمونیوم؛ اسلاری‌ها، امولسیون‌ها و آنفوها/ارود جی. ماهادیوان؛ ترجمه بهمن میرزاپور، معین بهادری.
مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۲. ۲۶۴ ص.	مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۲. ۲۶۴ ص.
انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۹۹.	فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۹۹.
ISBN: 978-964-386-594-8	شابک:	
	وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا.
Ammonium nitrate explosives for civil applications: slurries, emulsions and ammonium nitrate fuel oils, 2013.	یادداشت:	عنوان اصلی:
	یادداشت:	نمایه.
Ammonium nitrate fuel oil Ammonium nitrate	موضوع:	مخلوط نیترات آمونیوم و سوخت نفتی آمونیوم نیترات
	شناسه افزوده:	میرزاپور، بهمن، ۱۳۳۹ - مترجم
	شناسه افزوده:	بهادری، معین، ۱۳۶۶ - مترجم
	شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
	رده‌بندی کنگره:	TP۲۹۰
	رده‌بندی دیویی:	۶۲۲/۲
	شماره کتابشناسی ملی:	۹۴۱۲۹۶۷

مواد منفجره بر پایه نیترات آمونیوم؛ اسلاری‌ها، امولسیون‌ها و آنفوها

پدیدآورنده: ارود جی. ماهادیوان
ترجمه: بهمن میرزاپور؛ دکتر معین بهادری
ویراستار ادبی: دکتر جواد میزبان
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۴۰۲
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بها: ۲,۰۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.



مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ - ۳۸۸۰۲۶۶۶ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

تشکر و قدردانی	۹
پیشگفتار	۱۱
مقدمه مترجمان	۱۴
فصل ۱. تقسیم‌بندی مواد منفجره	۱۷
۱-۱- دسته‌بندی بر اساس حساسیت به تحریک	۱۷
۱-۱-۱- حساسیت به تحریک	۱۷
۲-۱- دسته‌بندی بر اساس ابعاد و اندازه	۱۸
۱-۲-۱- مواد منفجره با قطر کم	۱۸
۲-۲-۱- مواد منفجره با قطر متوسط	۱۸
۳-۲-۱- مواد منفجره با قطر زیاد	۱۸
۳-۱- دسته‌بندی بر اساس موارد کاربرد	۱۸
۴-۱- دسته‌بندی بر اساس شکل فیزیکی	۱۹
۱-۴-۱- مواد منفجره فشنگی	۱۹
۲-۴-۱- مواد منفجره قابل پمپاژ	۱۹
فصل ۲. دانش مواد منفجره	۲۱
۱-۲- آشنایی	۲۱
۱-۱-۲- مواد منفجره ضعیف	۲۱
۲-۱-۲- مواد منفجره قوی	۲۳
۲-۲- تحریک و دتونیشن	۲۳
۱-۲-۲- مکانیزم	۲۳
۳-۲- انتشار واکنش انفجاری و دتونیشن	۲۴
۱-۳-۲- انتشار واکنش انفجار	۲۴
۲-۳-۲- دتونیشن	۲۵
۴-۲- شیمی واکنش در مواد منفجره	۲۸
۱-۴-۲- گرمای واکنش	۲۸
۲-۴-۲- قوانین درجه‌بندی	۲۹

۲۹..... محاسبه تعادل اکسیژن و مقدار سوخت ۳-۴-۲

۳۰..... منابع

فصل ۳. مواد منفجره با پایه نیترات آمونیم

۳۱-۱-۳-۱- مقدمه

۳۱-۱-۱-۳- تاریخچه

۳۳-۲- طراحی مواد منفجره تجاری

۳۳-۱-۲-۳- اهمیت تعادل اکسیژن

۳۴-۲-۲-۳- عملکرد فیزیکی و الزامات ایمنی

۳۴-۳-۳- آزمایش ها

۳۵-۱-۳-۳- آزمایش خمپاره انداز گلوله ای

۳۶-۲-۳-۳- آزمایش ترازول بلوک سربی

۳۷-۳-۳-۳- سرعت دتوئیشن

۴۰-۴-۳-۳- آزمایش تداوم و فاصله انتقال انفجار

۴۲-۵-۳-۳- آزمون آکواریوم

۴۲-۶-۳-۳- آزمایش لوله دویل

۴۲-۷-۳-۳- آزمایش استوانه (قدرت خردکنندگی)

۴۲-۸-۳-۳- آزمایش تورفتگی صفحه ای

۴۳-۹-۳-۳- آزمایش زیر آب (UWT)

۴۵-۱۰-۳-۳- آزمایش کیف انفجاری

۴۶-۴-۳-۳- ارزیابی ایمنی و مشخصه های پایداری

۴۶-۱-۴-۳- آزمایش ضربه

۴۶-۲-۴-۳- آزمایش اصطکاک اژدری

۴۷-۳-۴-۳- آزمایش تسریع شده نگهداری در گرما

۴۸-۴-۴-۳- آزمایش انبار کردن در دمای سرد

۴۸-۵-۴-۳- آزمایش های پایداری حرارتی مبتنی بر موازن DTA و TGA

۵۰..... منابع

فصل ۴. نیترات آمونیم و آنفو

۵۱-۱-۴-۱- مقدمه و تاریخچه

۵۲-۲-۴-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی نیترات آمونیم

۵۲-۱-۲-۴- داده های مبنایی

۵۲	۲-۲-۴- شیمی تجزیه نیترات آمونیم
۵۴	۳-۲-۴- انتقال فاز در نیترات آمونیم و اهمیت آن در مواد منفجره
۵۶	۳-۴- ساخت نیترات آمونیم
۵۸	۱-۳-۴- نیترات آمونیم کروی
۶۰	۴-۴- مواد منفجره ساخته شده از نیترات آمونیم و سوخت نفتی
۶۰	۱-۴-۴- تاریخچه
۶۱	۲-۴-۴- ساخت آنفو
۶۳	۳-۴-۴- ویژگی‌های آنفو
۶۷	۴-۴-۴- ویژگی‌های آنفو
۸۰	۵-۴-۴- ملاحظات ایمنی
۸۱	۶-۴-۴- جمع‌بندی
۸۱	۷-۴-۴- کنترل کیفیت
۸۴	منابع
۸۵	فصل ۵. آبزله‌ها و اسلاری‌ها
۸۵	۱-۵- تاریخچه
۸۶	۲-۵- طراحی
۸۶	۱-۲-۵- فشنگ‌های با قطر بالا (آبزله‌ها)
۸۶	۲-۲-۵- مواد مصرفی
۸۷	۳-۲-۵- آبزله‌های با قطر کم و حساس به چاشنی
۸۷	۴-۲-۵- آبزله فله‌ای
۸۸	۵-۲-۵- روش فرمول‌بندی
۹۴	۳-۵- فناوری (تکنولوژی) فرآیند
۹۴	۱-۳-۵- فرآیند ناپیوسته
۹۶	۲-۳-۵- سیستم فرآیند پیوسته
۹۶	۳-۳-۵- سیستم بسته‌بندی فشنگی
۹۹	۴-۵- کنترل کیفیت
۹۹	۱-۴-۵- مواد اولیه
۱۰۱	۲-۴-۵- مشخصات محصول نهایی
۱۰۳	۳-۴-۵- نقش آلومینیم در مواد منفجره آبزله‌ای و اسلاری
۱۱۵	۴-۴-۵- کنترل‌ها و مراقبت‌ها در هنگام تولید و محصول نهایی
۱۱۸	۵-۴-۵- آزمایش عملکرد

- ۱۱۸-۶-۴-۵- آزمایش‌های ایمنی
- ۱۱۹-۷-۴-۵- آزمایش انبار کردن
- ۱۲۱-۸-۴-۵- ارزیابی شرایط ژل
- ۱۲۲-۹-۴-۵- آزمایش آب‌گذری و مقاومت در برابر آب
- ۱۲۲-۱۰-۴-۵- اثر فشار هیدرو استاتیک
- ۱۲۳-۵-۵- خطرات ناشی از فرآیند تولید (انفجار غبار، آتش‌سوزی و به خطر انداختن سلامتی)
- ۱۲۴-۱-۵-۵- زمین لغزنده
- ۱۲۴-۲-۵-۵- خطرات جانی
- ۱۲۴-۶-۵- نقش صمغ گوار (ترکیبات ژل‌ساز GG)
- ۱۲۵-۱-۶-۵- کاربرد در آب‌زله‌ها و اسلاری‌ها
- ۱۲۶-۲-۶-۵- مشخصات ژل‌ساز مصرفی در آب‌زله‌ها
- ۱۲۷-۳-۶-۵- اتصال‌دهنده جانبی
- ۱۲۹-۴-۶-۵- مکانیزم هیدراسیون
- ۱۳۱-۷-۵- مواد منفجره (مجاز) مخصوص معادن زغال‌سنگ
- ۱۳۱-۱-۷-۵- معیار طراحی
- ۱۳۲-۲-۷-۵- آزمایش قابلیت مصرف در معادن زغال‌سنگ
- ۱۳۲-۳-۷-۵- سایر الزامات آزمایش
- ۱۳۴-۴-۷-۵- رفتار آب‌زله‌ها در آزمایش قابلیت مصرف در معادن زغال‌سنگ
- ۱۳۷-۵-۷-۵- فرمول‌بندی‌های تیپ و گازهای سمی
- ۱۳۸-۶-۷-۵- قدرت آب‌زله‌های مجاز
- ۱۳۹-۸-۵- مواد منفجره کم‌قطر با قابلیت استفاده عمومی (GPSD)
- ۱۳۹-۱-۸-۵- معیار طراحی و ترکیب
- ۱۴۰-۹-۵- حساس‌کننده‌ها
- ۱۴۰-۱-۹-۵- حساس‌کننده‌های غیرآلی
- ۱۴۲-۲-۹-۵- حساس‌کننده‌های آلی
- ۱۴۳-۳-۹-۵- حساس‌کننده‌های با ترکیب هوا/گاز/حباب‌های مصنوعی
- ۱۴۶-منابع
- فصل ۶. مواد منفجره امولسیون**
- ۱۴۷-۱-۶-۱- آشنایی
- ۱۴۸-۲-۶-۲- ایده مواد منفجره امولسیونی
- ۱۴۹-۳-۶-۳- ترکیب عمومی مواد منفجره امولسیون

فهرست مطالب ۷

۱۴۹.....	۴-۶- ساختار و رئولوژی
۱۵۲.....	۵-۶- ترکیب و تئوری مواد منفجره امولسیون
۱۵۲.....	۶-۶- تولید
۱۵۲.....	۱-۶-۶- انواع مواد منفجره امولسیونی
۱۵۳.....	۲-۶-۶- فرآیند تولید
۱۵۸.....	۳-۶-۶- مواد خام برای امولسیون
۱۶۱.....	۴-۶-۶- حساس کردن مواد منفجره امولسیونی
۱۶۴.....	۵-۶-۶- تغییر دهنده‌های حالت بلوری
۱۶۴.....	۶-۶-۶- مواد ارتقادهنده امولسیون‌ها
۱۶۵.....	۷-۶-۶- تثبیت کننده‌های امولسیون
۱۶۶.....	۸-۶-۶- شیمی امولسیون و شناخت امولسیون کننده‌ها: کلید یک امولسیون کننده خوب
۱۷۱.....	۹-۶-۶- مفهوم HLB و استفاده از آن در امولسیون سازی
۱۷۷.....	۱۰-۶-۶- سیستم پلیمر در مواد منفجره امولسیونی
۱۷۸.....	۷-۶- ارزیابی کیفیت
۱۷۸.....	۱-۷-۶- مواد خام
۱۷۹.....	۲-۷-۶- ممیزی و ارزیابی فرآیند
۱۸۰.....	۳-۷-۶- آزمایش‌های خاص ترکیبات امولسیونی
۱۸۲.....	۸-۶- ویژگی‌های مواد منفجره و ماتریکس امولسیون
۱۸۴.....	۱-۸-۶- اثر کانالی
۱۸۵.....	۹-۶- مواد منفجره مجاز برای استفاده در معادن زغال سنگ
۱۸۷.....	۱۰-۶- مواد منفجره (GPSD) یا مواد امولسیونی با کاربرد عمومی و کم قطر
۱۹۰.....	۱۱-۶- امولسیون‌های فله‌ای
۱۹۲.....	۱۲-۶- آنفوی سنگین
۱۹۴.....	۱۳-۶- مواد منفجره فشنگی با قطر زیاد
۱۹۵.....	منابع
۱۹۷.....	فصل ۷. تحقیق و توسعه
۱۹۸.....	۱-۷- زمینه‌های تحقیق
۱۹۹.....	۲-۷- ترقی و توسعه و بزرگ کردن مقیاس‌ها
۲۰۲.....	۳-۷- مدیریت تحقیق و توسعه
۲۰۵.....	فصل ۸. عملکرد ایمنی در زمان تولید مواد منفجره با پایه نیترات آمونیم
۲۰۵.....	۱-۸- آشنایی - نظرات شخصی نویسنده در مورد ایمنی

۲۰۷.....	۲-۸- ملاحظات ایمنی در مواد منفجره پایه نیترات آمونیم
۲۰۷.....	۸-۲-۱- آنفو
۲۰۹.....	۸-۲-۲- اسلاری ها و امولسیون ها
۲۱۰.....	۸-۲-۳- احتراق الکترواستاتیک
۲۱۱.....	۸-۲-۴- محافظت در مقابل رعدوبرق
۲۱۱.....	۸-۲-۵- واکنش های مهارنشده
۲۱۳.....	۸-۲-۶- تهویه به عنوان یک روش حفاظت
۲۱۴.....	۸-۲-۷- فناوری سرکوب انفجار
۲۱۶.....	۸-۳- خطر مواد منفجره در ماشین آلات
۲۱۶.....	۸-۳-۱- خطرات ناشی از پمپاژ مواد منفجره
۲۲۰.....	۸-۳-۲- خطرات احتمالی در زمان بسته بندی
۲۲۱.....	۸-۴- جمع بندی
۲۲۱.....	منابع
۲۲۳.....	فصل ۹. اقتصاد مواد منفجره با پایه نیترات آمونیم
۲۲۳.....	۹-۱- ساخت و تولید
۲۲۵.....	۹-۲- کاربرد
۲۲۷.....	۹-۲-۱- شرایط ماده منفجره
۲۲۸.....	۹-۲-۲- جفت شدگی و پرایمرگذاری
۲۲۹.....	۹-۲-۳- گل گذاری و درجه محصور بودن
۲۳۰.....	۹-۲-۴- اندرکنش سنگ-مواد منفجره
۲۳۱.....	۹-۲-۵- بهینه کردن انرژی مواد منفجره در آتش کاری
۲۳۱.....	۹-۳- طراحی الگوی آتش کاری
۲۳۷.....	۹-۴- تأثیر مواد منفجره در عملیات زیرزمینی
۲۴۰.....	منابع
۲۴۳.....	فصل ۱۰. وضعیت موجود و نتیجه گیری
۲۴۷.....	ضمیمه A
۲۴۹.....	ضمیمه B: دستورالعمل بررسی حادثه ها
۲۵۵.....	نمایه
۲۶۴.....	درباره مترجمان

تشکر و قدردانی

نوشتن متن تقدیر و تشکر در مقدمه کتابی که افراد زیادی در تدوین آن مرا یاری کرده‌اند، کار ساده‌ای نیست. محتویات این کتاب تلفیقی از اندیشه و تجربیات نویسنده و نتیجه گفتگوهای او با افراد مختلف است. این کار حاصل همکاری با دست‌اندرکاران صنعت مواد منفجره، شبیه‌سازی و جمع‌بندی اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری شده در طی سالیان متمادی است. همین‌جا باید بگویم که شخصیت فردی پروفیسور اوربانسکی (Urbnskii) و راهنمایی‌های ارزنده و تشویق‌های ایشان، مرا به تحقیق در این زمینه علاقه‌مند کرد و فعالیت من در مؤسسه IDL حیدرآباد هند با استفاده از توصیه‌های ایشان آغاز شد.

پس از استاد اوربانسکی جسارت نهایی در نوشتن کتاب را به دکتر پروس مارتین (Preuss Martin) از مؤسسه Willey-VCH و خانوادهم مدیون هستم که مرا به نوشتن این کتاب تشویق کردند. علاوه بر شخصیت‌های مختلفی که نامشان را ذکر کردم و اشخاصی که در این صنعت با آن‌ها کارهای مشترک داشته‌ام، افرادی دیگری نیز مرا به جستجوی پاسخ به سؤالات مربوط به پدیده انفجار تشویق کرده‌اند که همین‌جا از آنان تشکر می‌کنم. علاوه بر افراد نامبرده‌جا دارد که از مؤسسه صنعتی IDL که نام کنونی آن خلیج هند (Gulf Oil India) است، تشکر کنم. من بخش عمده‌ای از سوابق کاری خود را در آن مؤسسه مشغول به کار بودم و در آنجا در مورد مواد منفجره بسیار آموختم.

یک‌بار دیگر از همه شخصیت‌هایی که نام بردم به خاطر نقش آنان در تشویق من به نوشتن یک کتاب تخصصی برای علاقه‌مندان جوان به رشته مواد منفجره صنعتی تشکر می‌کنم. امیدوارم که خوانندگان محترم از محتوای کتاب راضی باشند و پاسخ سؤالات خود را در آن بیابند. در خاتمه علاقه‌مند هستم از آقای مارتی گراف-اوتازمن (Marti Graf-Utazman) و همکاران ایشان برای کمک آن‌ها در تهیه ویرایش نهایی کتاب تشکر کنم.

ارود جی. ماهادیوان

press.um.ac.ir

پیشگفتار

در طی چهار دهه اخیر، مصرف مواد منفجره با پایه نیترات آموتیم در پروژه‌های عمرانی و معدنی بسیار بیشتر شده است. علت این افزایش، حاشیه اطمینان و ایمنی بیشتر مواد منفجره با پایه نیترات آموتیم نسبت به مواد با پایه نیترو گلیسرین است. در ۳۰ سال گذشته به دلیل صنعتی شدن سریع کشورها، جهشی بزرگ در معدن کاری و احداث زیرساخت‌های عمرانی ایجاد شده و در نقاط دور و نزدیک تقاضا برای مواد منفجره مناسب را افزایش داده است. برای پاسخ به تقاضای مواد اولیه مورد نیاز صنایع مختلف تغییر روش‌های معدن کاری ضرورت یافته و معادن روباز بزرگی راه‌اندازی شده‌اند. در این معادن بزرگ با تولید انبوه، باید عملیات آتش کاری بزرگ و مؤثری به انجام رسیده و مقادیر زیادی از مواد منفجره به مصرف برسد. پاسخگویی به این افزایش در تقاضا، فقط به کمک مواد منفجره پایه نیترات آموتیم میسر است. این مواد را می‌توان در حجم‌های بزرگ و با حاشیه ایمنی خوب و سرمایه‌گذاری اولیه کم تولید کرد، بنابراین در بسیاری از کشورها تولید و استفاده از مواد منفجره پایه نیترو گلیسرینی به شدت کاهش یافته و یا از آن صرف نظر شده است. کاهش در تولید و مصرف مواد پایه نیترو گلیسرینی به وسیله افزایش تولید مواد منفجره با پایه آمونیوم نیترات جبران شده است. بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ برای پر کردن جای خالی مواد منفجره با پایه نیترو گلیسرین، مواد منفجره با پایه نیترات آموتیم برای معادن زغال‌سنگ گازدار و تمام کاربردهای دیگر به سرعت توسعه یافت و نوآوری‌ها و ابداعات زیادی در این دوره به انجام رسید. با تولید این مواد در مقیاس صنعتی و در طی سالیان متمادی روش‌های مناسب تولید و مواد اولیه مناسب نیز جستجو گردید.

علی‌رغم اهمیت مواد منفجره دارای پایه نیترات آموتیم امروزه نشریات و کتاب‌هایی که جزییات و ریزه کاری‌های مربوط این مواد در آن نوشته شده باشد، متعدد نیستند. کمبود این گونه متون فنی شاید به دلیل طبیعت نامأنوس مواد نیترا ته در مقایسه با مواد منفجره نظامی و خرج‌های پرتابی باشد. هدف از نوشتن این کتاب پر کردن این خلأ و اشاره به جزییات مربوط به این گونه مواد منفجره است. در این کتاب به سه دسته و گروه از این نوع مواد اشاره می‌شود که آنفوها (AN/FO)، اسلاری‌ها - آبژله‌ها و مواد منفجره امولسیون هستند. این مواد تقریباً ۹۰ درصد حجم مواد منفجره مصرفی در معادن و پروژه‌های عمرانی را شامل می‌شوند.

در مورد شیمی و علم مواد منفجره و روش‌های آزمایش آن‌ها کتاب‌های متعددی نوشته شده است. هدف از نوشتن این کتاب تکرار آن نوشته‌ها نیست. در اینجا به مهم‌ترین نکات و آزمایش‌هایی که در مورد مواد منفجره دارای پایه نیترات آموتیم کاربرد دارند، اشاره می‌شود. به عبارت دیگر، این کتاب بر روی داده‌های معتبر و

رهنمودها و خطوط کلی مربوط به ساخت این مواد متمرکز شده و بیشتر بر تجربه اجرایی سی و پنج ساله نویسنده متکی است. در اینجا به هیچ گونه اطلاعات و داده‌ای که به یک سازنده خاص و یا دانش اختصاصی و تجاری یا فوت و فن کوزه‌گری او مربوط باشد، اشاره نمی‌شود.

نویسنده امیدوار است محتویات این کتاب برای اشخاصی که در این صنعت مشغول به کار هستند، مفید باشد و به کمک آن بتوانند درک بهتری از نقش عوامل مهم مرتبط با ساخت مواد منفجره مرغوب در شرایطی ایمن به دست آورند. امید است که دانشمندان و محققان جوان با استفاده از این کتاب روش‌های نوین تحقیق و توسعه را بیاموزند. این امر مستلزم درک درست آن دسته از مبانی است که به ساخت ایمن تر و ارزان تر محصولات و با حفظ و ارتقاء شرایط زیست محیطی موجود منجر شود.

به نظر نویسنده بخش‌هایی از کتاب که به نقش مواد اولیه‌ای چون صمغ گوار (GG)، پودر آلومینیم، امولسیون کننده‌ها و فرآیندهای تولید و بسته‌بندی اشاره می‌شود و تکنیک‌های بهینه فعال کردن انرژی ماده منفجره در آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، بیشتر مورد توجه خوانندگان و کاربران قرار خواهد گرفت. با اینکه علم مواد منفجره شامل موضوعاتی مثل شیمی کلئیدها، متالورژی پودر، فناوری اختلاط و فیزیک دتونیشن می‌شود، دانش ساخت مواد منفجره پایه آمونیوم برای کاربردهای عمرانی و معدنی، صنعتی با فناوری ساده و پر حجم است. در این فناوری دانش فنی مربوط به "چگونگی‌ها" با اهمیت است و دانش مربوط به "چراها" کم اهمیت تلقی می‌شود؛ بنابراین رویکردهای تئوری و ریاضی در این کتاب وجود ندارد؛ اما کوشش شده است که ابهام‌زدایی و ساده‌سازی‌هایی در مورد مقوله مواد منفجره انجام شود که افراد معمولی دست‌اندرکار در این صنعت نیز موضوع را درک کنند، به ارتقاء شغلی آن‌ها کمک شود و کنج‌کاوی آنان اذیت گردد.

موضوع کتاب مورد توجه افرادی قرار خواهد گرفت که در امور مختلف مربوط به مواد منفجره تجاری و صنعتی اعم از ساخت، کنترل کیفیت، تضمین کیفیت و ایمنی فعالیت می‌کنند. اشخاصی که در امر تحقیق و توسعه فعالیت می‌کنند، مشاورین فردی در صنعت مواد منفجره، مدیران صنعت معدن‌کاری و این گونه مشاغل نیز از این کتاب بهره خواهند گرفت. از محتویات کتاب می‌توان برای نوشتن دستورالعمل‌های ایمنی در مجموعه‌های صنعتی در حال کار نیز بهره گرفت. مهندسان آتش‌کاری هم ممکن است بتوانند از بخشی از فصول این کتاب در ارتقاء دانش و افزایش بهره‌وری در استفاده از مواد منفجره بهره بگیرند. این کتاب علاوه بر بررسی سه نوع مواد منفجره یاد شده دارای بخش‌هایی است که می‌توان از آن در علم و فناوری، ساخت و ایمنی و تحقیق و توسعه در آینده بهره گرفت. فصل‌های جداگانه‌ای به هر یک از انواع مختلف مواد منفجره اختصاص داده شده است. سه نوع مواد منفجره اصلی که در این کتاب به آن‌ها پرداخته شده آنفوها، اسلاری‌ها/آبژله‌ها و مواد منفجره امولسیون‌ی هستند. در فصل‌های مختلف این کتاب موضوعات زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- طبقه‌بندی - انواع - مشخصات و تعاریف
- علم مواد منفجره

- مواد اولیه و نقش آن‌ها
- تکنیک‌های فرمول‌بندی و ترکیبات
- فناوری ساخت
- مفهوم کیفیت و تضمین آن
- درک مبانی و اجرای دستورالعمل‌های ایمنی

سرفصل‌های عمومی موردعلاقه نویسنده نیز در بخش‌های زیر گنجانده شده‌اند:

- آینده و کار تحقیق و توسعه
- مقایسه با مواد منفجره با پایه نیترو گلیسرین
- مقایسه بین آنفوها، اسلاری‌ها و امولسیون‌ها
- اقتصاد تولید
- کاربردها
- اقتصاد کار برای مصرف‌کننده نهایی
- منابع و مراجع

ارود جی. ماهادیوان

Press.um.ac.ir

مقدمه مترجمان

اولین گام در فراگیری یک علم و فنون مهندسی وابسته به آن، مطالعه کتاب‌های درسی نوشته شده در آن رشته است. چون مفاهیم اصلی و مبنایی فقط با خواندن این نوع کتاب‌ها درک می‌شود، انتخاب کتاب درسی شاید مهم‌ترین بخش آموزش در یک رشته مهندسی باشد. گام دوم یادگیری، مراجعه به استانداردها و آیین‌نامه‌هایی است که در زمینه‌های مختلف در هر رشته تدوین شده‌اند. این استانداردها نتیجه تحقیقات جهانی و عصاره نظریه‌های مورد قبول همه دست‌اندرکاران آن رشته را به صورت دستورالعمل‌هایی در اختیار خوانندگان قرار می‌دهند تا در طراحی از آن استفاده شود. گام سوم یادگیری، مطالعه گزارش‌های مربوط به شرح وضعیت پروژه‌ها (Case study) است. در این گام فنی را می‌توان آموخت که هنوز استاندارد نشده‌اند؛ ولی در مورد یا مواردی خاص، کارکردی موفق داشته‌اند. گام چهارم، مطالعه و بررسی مقالات تحقیقی روزآمدی است که آخرین دستاوردهای بشری در آن‌ها به رشته تحریر درمی‌آید. آخرین گام یادگیری، انجام کار تحقیقی در زمینه‌های خیلی خاص آن رشته و زیرشاخه‌های آن توسط خود محقق است.

همان‌طور که گفته شد، کلید و رمز ورود به عرصه‌های مختلف یک علم یا فناوری، وجود کتاب‌های پایه‌ای خوب در آن رشته است. ورود به عرصه علم و مهندسی انفجار و آتش‌کاری در سنگ، خصوصاً در معادن بزرگ، مستلزم آشنایی عمیق با مواد پراثرژی، به طور اعم و مواد منفجره با پایه نیترات آمونیوم، به طور اخص، است. از میان بیش از ۲۰ هزار ماده منفجره شناخته شده حدود ۳ درصد آن‌ها، یعنی ۶۰۰ نوع مواد منفجره، مصرف صنعتی دارند. همان‌طور که نویسنده این کتاب در پیشگفتار ذکر کرده است، سه گروه مواد منفجره صنعتی، یعنی آنفوها، آبژله‌ها-اسلاری‌ها و امولسیون‌ها بیش از ۹۰ درصد مصارف صنعتی را پوشش می‌دهند.

لازم به یادآوری است که از نظر کاربردی مواد پراثرژی را می‌توان به دودسته کلی زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف - مواد خالص که شامل سه گروه مواد منفجره اولیه، مواد منفجره قوی و مواد غیر انفجاری است؛

ب - مخلوط‌ها که شامل دو گروه مواد منفجره مخلوط و خرج‌های پراثرژی است.

هر یک از اعضای این مجموعه پنج‌عضوی، دارای زیرمجموعه‌هایی هستند که در زیر به عناوین کلی آن‌ها اشاره شده است:

الف ۱ - مواد منفجره اولیه: شامل ۱۱ زیرگروه اصلی با نام: فولمینات‌ها، آزیدها، نمک‌های پلی نیتروفنول‌ها، دی‌آزو دی‌نیتروفنول، نمک‌های بنزو فوراکسان، تترازول‌ها، تترازول‌های با کمپلکس حلقه‌ای، پراکسیدهای ارگانیک، نیتروژن هالیدها، استیلیدها، سایر ترکیباتی مثل نمک‌های نیترامین‌ها، ارگانو فسفات‌ها و هیدرازین کمپلکس‌ها.

الف ۲- مواد منفجره قوی شامل ۴ زیرگروه ترکیبات نیتروارگانیک، نیترات استرها، نیترامین ها و نمک های اسیدهای معدنی.

الف ۳- مواد غیر انفجاری شامل ۲ زیرگروه مواد تثبیت کننده ها و روان کننده ها.

ب ۱- مخلوط های انفجاری شامل ۱۲ زیرگروه **آماتول ها، آمانول ها، آنفو ها، کامپوزیشن ها، سیکلوتول ها، دینامیت ها، اوکتول ها، پنتولیت ها، پیکراتول ها، تتریتول ها، تروپکس ها و تری تونال ها.**

ب ۲- خرج های پرتابی شامل ۵ زیرگروه باروت ها و خرج های تفنگی، خرج های بی دود، خرج های موشکی، **مخلوط های نیترات آمونیم،** خرج های مایع.

با توجه به اسامی گروه های ذکر شده در بندهای الف ۱- تا ب-۲، ملاحظه می شود که مواد منفجره و خرج های پرتابی و پیروتکنیک ها را می توان جمعاً در ۳۱ زیرگروه بررسی کرد. این گروه ها یا از نظر ترکیب شیمیایی هم خانواده هستند و یا ساختار فیزیکی مشابهی دارند. در تقسیم بندی بالا، مواد منفجره علاوه بر ساختار شیمیایی و فیزیکی تقریباً از نظر وظیفه و نوع کاربرد نیز تفکیک شده اند:

- مواد منفجره گروه الف ۱ به خاطر حساسیت زیادشان بیشتر در پرایمرها، بوسترها، چاشنی ها و فتیله ها به کار گرفته می شوند.
- مواد گروه الف ۲ بیشتر کاربرد نظامی دارند.
- مواد گروه الف ۳ همان طور که از نامشان پیداست، برای تثبیت شیمیایی و شکل دادن به مواد منفجره دیگر یا به مخلوط های انفجاری افزوده می شوند.
- مواد گروه ب ۱ هر دو مصرف صنعتی و کاربرد نظامی دارند.
- مواد گروه ب ۲ بیشتر مصرف نظامی دارند.

این کتاب یک نوشته تحقیقی کم نظیر در زمینه مواد منفجره با پایه نیترات آمونیم است و بخشی از علم مربوط به مخلوط های انفجاری آمانول ها، آنفوها را نیز پوشش می دهد. این رشته خود از زیرشاخه های مهم مهندسی انفجار است. پیش نیاز استفاده از این کتاب، آشنایی عمومی با مبانی علم شیمی مواد پرتابی است.

نویسنده کتاب آقای ارود جی. ماهادیوان، شاگرد پروفیسور اوربانسکی است. او اهل هندوستان و از محققان برجسته در زمینه علم مواد پرتابی است.

پروفیسور اوربانسکی از پیشازان علم مواد منفجره و اصالتاً اهل لهستان است. در تقدیر از این دانشمند برجسته همین بس که نامبرده در سال ۱۹۶۰، یعنی بیش از ۶۰ سال پیش یک مجموعه چهارجلدی در حدود سه هزار صفحه با عنوان: **شیمی و فناوری مواد منفجره (Chemistry and Technology of Explosives)** تألیف و منتشر کرده است که علی رغم قدمت شصت ساله، هنوز جزء منابع اصلی مهندسی انفجار و مواد منفجره باقی مانده است.

ویلیام هاسترولید (William Hustrulid) دانشمند برجسته سوئدی می گوید: در انتقال یک مطلب علمی دو اصل "درک مطلب" و "ارائه صحیح" آن نقشی اساسی دارند و در مقدمه یکی از کتاب‌هایش از خوانندگان درخواست کرده است که چنانچه اشکال و اشتباهی از نظر درک و ارائه مطلب در کتاب او می‌بینند، آن را به نویسنده اعلام کنند. مترجمان نیز همین درخواست را از خوانندگان فارسی‌زبان این کتاب دارند.

در انتها لازم می‌دانیم از داوران گران‌قدر که با صرف وقت و مطالعه عمیق، در هر چه بهتر شدن کیفیت این اثر قبول زحمت نموده‌اند، تقدیر نماییم. همچنین از جناب آقای دکتر حسین صابری و سایر همکاران گرانقدرشان در مدیریت نشر آثار علمی دانشگاه فردوسی مشهد، که در به ثمر نشستن این اثر نهایت تلاش و همکاری خود را مبذول داشته‌اند، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌گردد.

این ترجمه به روح پاک دکتر علیرضا میرزاپور تقدیم می‌شود.

بهمن میرزاپور-معین بهادری

تابستان ۱۴۰۲