

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

شیمی مواد منفجره

THE CHEMISTRY OF EXPLOSIVES

ژ. اخوان

Author : J. Akhavan

مترجم : غلامرضا اصلی

سرشناسه : اخوان، جکلین - Akhavan, Jacqueline
عنوان و نام پدیدآور : شیمی مواد منفجره/نویسنده ژ. اخوان؛ مترجم غلامرضا اصلی.
مشخصات نشر : مشهد: سیمرغ خراسان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری : ۲۱۵ص.
شابک : 978-600-6029-67-2
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: The chemistry of explosives, 2nd ed, 2004.

عنوان دیگر : مواد منفجره (تاریخچه، تئوری، شیمی و تولید).
موضوع : مواد منفجره
شناسه افزوده : اصلی، غلامرضا، ۱۳۶۰ - ، مترجم
رده بندی کنگره : TP ۱۳۹۳۲۷۰م۳الف/
رده بندی دیویی : ۲/۶۶۲
شماره کتابشناسی ملی : ۳۴۵۶۹۹۵

آدرس: مشهد بلوار هدایت - هدایت ۲/۲ پلاک ۳۷ انتشارات سیمرغ خراسان
تلفن ۰۹۱۵۷۰۰۱۰۳۰ - www.simorghekhorasan.ir



نام کتاب : شیمی مواد منفجره

نویسنده : ژ - اخوان

مترجم : غلامرضا اصلی (۰۹۱۵۱۱۰۸۹۶۹)

ویراستار علمی : دکتر بهزاد حسین زاده

ناشر : سیمرغ خراسان

طراح جلد و صفحه آرا : سمانه اصلی

نوبت چاپ : اول «ناشر» سال : ۱۳۹۳

شمارگان : ۱۰۰۰ قطع : وزیری

چاپ و صحافی : مدیران

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۲۹-۶۷-۲

قیمت : ۱۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این اثر متعلق به مترجم است .

بسمه تعالی

فهرست مطالب

پیش گفتار..... یازده

فصل اول

مقدمه ای بر مواد منفجره

- ۱-۱. روند تکاملی باروت سیاه..... ۲
- ۱-۲. روند تکاملی نیتروگلیسرین..... ۳
- ۱-۲-۱. روند تکاملی فولمینات جیوه..... ۵
- ۱-۳. روند تکاملی نیترو سلولز..... ۵
- ۱-۴. روند تکاملی دینامیت..... ۶
- ۱-۴-۱. روند تکاملی نترات آمونیوم..... ۷
- ۱-۵. روند تکاملی مواد منفجره تجاری..... ۸
- ۱-۵-۱. روند تکاملی مواد منفجره مجوز دار..... ۸
- ۱-۵-۲. روند تکاملی مواد منفجره اسلاری (مخلوط آبی) و آنفو..... ۹
- ۱-۶. روند تکاملی مواد منفجره نظامی..... ۱۰
- ۱-۶-۱. روند تکاملی اسید پیکریک..... ۱۰
- ۱-۶-۲. روند تکاملی تتریل..... ۱۱
- ۱-۶-۳. روند تکاملی TNT..... ۱۱
- ۱-۶-۴. روند تکاملی نیترو گوانیدین..... ۱۲
- ۱-۶-۵. روند تکاملی PETN..... ۱۳
- ۱-۶-۶. روند تکاملی HMX و RDX..... ۱۴
- ۱-۶-۷. مواد منفجره پیوند داده شده با پلیمر (PBX)..... ۱۵
- ۱-۶-۸. تحقیقات اخیر..... ۱۹

- ۹-۶-۱. مهمات غیر حساس..... ۲۱
- ۱۰-۶-۱. پیشگیری از آلودگی مواد منفجره..... ۲۵

فصل دوم

طبقه بندی مواد منفجره

- ۱-۲. انفجارها..... ۲۸
- ۱-۲-۱. انفجارهای اتمی..... ۲۸
- ۱-۲-۲. انفجارهای فیزیکی..... ۲۸
- ۱-۲-۳. انفجارهای شیمیایی..... ۲۹
- ۲-۲. مواد منفجره شیمیایی..... ۲۹
- ۱-۲-۲. طبقه بندی مواد منفجره..... ۳۰
- ۲-۳. منفجره های آغازگر..... ۳۲
- ۲-۴. منفجره های ثانویه..... ۳۴
- ۲-۵. پیشرانه ها..... ۳۵
- ۲-۶. اطلاعات شیمیایی مواد منفجره..... ۳۵
- ۱-۲-۶. منفجره های آغازگر..... ۳۵
- ۱-۲-۶-۱. فولمینات جیوه..... ۳۵
- ۱-۲-۶-۲. آزید سرب..... ۳۷
- ۱-۲-۶-۳. استیفات سرب..... ۳۸
- ۱-۲-۶-۴. آزید نقره..... ۳۹
- ۱-۲-۶-۵. تترازین..... ۴۰
- ۲-۲-۶. منفجره ثانویه..... ۴۱
- ۱-۲-۶-۲. نیترو گلیسرین..... ۴۱
- ۲-۲-۶-۲. نیترو سلولز..... ۴۲
- ۲-۲-۶-۳. اسید پیکریک..... ۴۴
- ۲-۲-۶-۴. تتریل..... ۴۶
- ۲-۲-۶-۵. TNT..... ۴۷
- ۲-۲-۶-۶. نیترو گوانیدین..... ۴۹

۵۱.....	PETN .۲-۶-۲-۷
۵۲.....	RDX .۲-۶-۲-۸
۵۳.....	HMX .۲-۶-۲-۹
۵۵.....	TATB .۲-۶-۲-۱۰
۵۶.....	HNS .۲-۶-۲-۱۱
۵۷.....	NTO .۲-۶-۲-۱۲
۵۸.....	TNAZ .۲-۶-۲-۱۳
۶۰.....	۲-۷ سایر ترکیباتی که در مخلوطهای انفجاری بکار می روند.

فصل سوم

سوزش، سوزش سریع همراه با صدا (دفاگريشن) و انفجار

۶۴.....	۳-۱ سوزش.....
۶۴.....	۳-۱-۱ جنبه های فیزیکی و شیمیایی سوزش.....
۶۵.....	۳-۱-۲ سوزش پیشرانه و مواد منفجره.....
۶۵.....	۳-۲ سوزش شدید همراه با صدا (دفاگريشن).....
۶۸.....	۳-۳ منفجر شدن.....
۶۸.....	۳-۳-۱ انتقال از سوختن به انفجار (انفجار توسط سوختن).....
۶۹.....	۳-۳-۲ انتقال از ضربه به انفجار (انفجار توسط شوک).....
۷۰.....	۳-۳-۳ انتشار موج ضربه انفجار.....
۷۳.....	۳-۳-۴ اثر چگالی بر سرعت انفجار.....
۷۵.....	۳-۳-۵ اثر قطر ترکیب انفجاری بر سرعت انفجار.....
۷۶.....	۳-۳-۶ اثر ماده منفجره بر سرعت انفجار.....
۷۷.....	۳-۴ طبقه بندی مواد منفجره.....

فصل چهارم احتراق، آغازش و تجزیه گرمایی

- ۴-۱ احتراق ۸۰
- ۴-۱-۱ نقاط داغ ۸۱
- ۴-۱-۲ مکانیزم تشکیل نقاط داغ ۸۱
- ۴-۲ احتراق بوسیله ضربه و اصطکاک ۸۳
- ۴-۲-۱ اصطکاک ۸۳
- ۴-۲-۲ ضربه ۸۴
- ۴-۳ طبقه بندی مواد منفجره ۸۵
- ۴-۴ تکنیکهای آغازش ۸۹
- ۴-۴-۱ زنجیره انفجار (آتش) ۸۹
- ۴-۴-۲ منفجر کننده ها (دنتاتور) ۹۰
- ۴-۴-۳ آتش زنده ها ۹۰
- ۴-۵ تجزیه گرمایی ۹۱

فصل پنجم گرما شیمی مواد منفجره

- ۵-۱ توازن (بالانس) اکسیژن ۹۴
- ۵-۲ واکنشهای تجزیه شدن ۹۸
- ۵-۲-۱ قوائد کیشتیا کوفسکی - ویلسون ۹۹
- ۵-۲-۲ قواعد اصلاح شده کیشتیا کوفسکی - ویلسون ۱۰۰
- ۵-۲-۳ قوائد رابرت اسپرینگل ۱۰۲
- ۵-۳ گرمای تشکیل ۱۰۲
- ۵-۴ گرمای انفجار ۱۰۶
- ۵-۴-۱ اثر توازن اکسیژن ۱۱۱
- ۵-۵ حجم محصولات گازی انفجار ۱۱۱

- ۵-۶. قدرت انفجار و ایندکس قدرت..... ۱۱۳
- ۵-۷. دمای انفجار شیمیایی..... ۱۱۵
- ۵-۸. ترکیبات منفجره مخلوط..... ۱۱۹
- ۵-۸-۱. ترکیب اتمی مخلوط منفجره..... ۱۱۹
- ۵-۸-۲. توازن اکسیژن..... ۱۱۹
- ۵-۸-۳. واکنش تجزیه شدن..... ۱۲۰
- ۵-۸-۴. گرمای انفجار..... ۱۲۱
- ۵-۸-۵. حجم محصولات گازی..... ۱۲۲
- ۵-۹. مواد منفجره پر انرژی..... ۱۲۳
- ۵-۹-۱. افزایش آلومینیوم..... ۱۲۴
- ۵-۱۰. نیرو و فشار انفجار..... ۱۲۵

فصل ششم

تبادل و سرعت واکنشهای انفجار

- ۶-۱. تبادل..... ۱۳۰
- ۶-۱-۱. محصولات تجزیه شدن..... ۱۳۱
- ۶-۱-۲. تبادل آب - گاز..... ۱۳۲
- ۶-۱-۳. گرمای انفجار..... ۱۳۳
- ۶-۱-۴. دمای انفجار..... ۱۳۸
- ۶-۲. سنتیک واکنشهای انفجاری..... ۱۴۰
- ۶-۲-۱. انرژی فعالسازی..... ۱۴۰
- ۶-۲-۲. سرعت واکنش..... ۱۴۱
- ۶-۲-۳. سنتیک تجزیه شدن گرمایی..... ۱۴۳
- ۶-۳. اندازه گیری پارامترهای سنتیکی..... ۱۴۴

- ۱۴۴.....۶-۳-۱. آنالیز تفاضلی دمایی
- ۱۴۶.....۶-۳-۲. آنالیز گرما وزنی
- ۱۴۷.....۶-۳-۳. گرماسنجی تفاضلی پویشی

فصل هفتم

تولید مواد منفجره

- ۱۵۰.....۷-۱. نیتراسیون
- ۱۵۱.....۷-۲. C- نیتراسیون
- ۱۵۱.....۷-۲-۱. اسید پیکریک
- ۱۵۲.....۷-۲-۲. تتریل
- ۱۵۳.....۷-۲-۳. TNT
- ۱۵۴.....۷-۲-۴. TATB
- ۱۵۶.....۷-۲-۵. HNS
- ۱۵۸.....۷-۳. O- نیتراسیون
- ۱۵۸.....۷-۳-۱. نیترو گلیسرین
- ۱۵۹.....۷-۳-۲. نیترو سلولز
- ۱۶۱.....۷-۳-۳. PETN
- ۱۶۳.....۷-۴. N- نیتراسیون
- ۱۶۳.....۷-۴-۱. RDX
- ۱۶۷.....۷-۴-۲. HMX
- ۱۶۸.....۷-۴-۳. نیترو گوانیدین
- ۱۶۹.....۷-۴-۴. نیترات آمونیوم
- ۱۷۰.....۷-۵. منفجره های آغاز گر
- ۱۷۰.....۷-۵-۱. آزید سرب

۱۷۱	..... فولمینات جیوه. ۷-۵-۲
۱۷۲	..... تترازین. ۷-۵-۳
۱۷۳	..... ترکیبات انفجاری تجاری. ۷-۶
۱۷۳	..... نیترات آمونیوم. ۷-۶-۱
۱۷۴	..... اسلاری های نیترات آمونیوم. ۷-۶-۲
۱۷۴	..... اسلاری های تعلیقی نیترات آمونیوم. ۷-۶-۳
۱۷۵	..... دینامیت. ۷-۶-۴
۱۷۶	..... ترکیبات انفجاری نظامی. ۷-۷
۱۷۶	..... قالبگیری. ۷-۷-۱
۱۷۷	..... پرس کردن. ۷-۷-۲
۱۸۱	..... اکستروود کردن (بیرون انداختن) پیچشی و کوبشی. ۷-۷-۳

فصل هشتم

مقدمه ای بر پیشرانه و پیروتکنیک

۱۸۴	..... مقدمه ای بر پیشرانه ها. ۸-۱
۱۸۴	..... پیشرانه های تفنگی. ۸-۲
۱۸۴	..... کارایی. ۸-۲-۱
۱۸۵	..... نوع مواد موجود در پیشرانه. ۸-۲-۲
۱۸۶	..... پیشرانه های تک پایه. ۸-۲-۳
۱۸۷	..... پیشرانه های دو پایه. ۸-۲-۴
۱۸۷	..... پیشرانه های سه پایه. ۸-۲-۵
۱۸۷	..... افزودنی ها به پیشرانه ها. ۸-۲-۶
۱۸۸	..... پیشرانه های پر انرژی. ۸-۲-۷
۱۸۹	..... پیشرانه های مایع. ۸-۲-۸
۱۸۹	..... پیشرانه های مرکب. ۸-۲-۹

۱۸۹	۸-۳ پیشراانه های راکتی
۱۸۹	۸-۳-۱ کارایی
۱۹۰	۸-۳-۲ نوع مواد موجود در پیشراانه راکتی
۱۹۱	۸-۳-۳ پیشراانه های مرکب
۱۹۲	۸-۳-۴ پیشراانه های مایع
۱۹۴	۸-۴ پیشراانه های تولید کننده گاز
۱۹۴	۸-۵ مقدمه ای بر پیرو تکنیکها
۱۹۵	۸-۶ پیرو تکنیکهای تولید کننده گرما
۱۹۵	۸-۶-۱ آغازگرها و آتش اول ها
۱۹۷	۸-۶-۲ ابزارهای تولید کننده گرما
۱۹۷	۸-۷ ترکیبات تاخیری
۱۹۸	۸-۸ ترکیبات دود زا
۲۰۰	۸-۹ ترکیبات تولید کننده نور
۲۰۰	۸-۹-۱ نورهای رنگی
۲۰۱	۸-۹-۲ نور سفید
۲۰۱	۸-۱۰ پیرو تکنیکهای تولید کننده صدا
۲۰۱	۸-۱۰-۱ صدای بلند
۲۰۲	۸-۱۰-۲ صدای سوت
۲۰۳	مراجع

پیش گفتار

در این کتاب مفاهیم کلی مورد نیاز برای فهم مکانیزم انفجارهای شیمیایی بررسی می شود. تاریخچه، تئوری و انواع شیمیایی مواد منفجره معرفی می شوند، همچنین اطلاعاتی درباره پارامترهای فیزیکی حاکم بر مواد منفجره آغازگر و ثانویه ارائه شده است. مثالهایی مربوط به محاسبات ترمودینامیک، آنتالپی، انرژی آزاد و مقدار گاز آزاد شده که منجر به تشخیص (محاسبه) قدرت و دمای انفجار می شود نیز ارائه گردیده است. معرفی بسیار مختصری از پیشرانه و مواد پیروتکنیک در این کتاب آمده است که جهت اطلاعات بیشتر باید به سایر منابع مراجعه شود. در این ویرایش (دوم) مطالب مربوط به مهمات غیر حساس (IM) و بازیافت مواد منفجره دور ریز نیز بحث شده است. اطلاعات جدید و بروز شده مربوط به توسعه (بهبود) بلورهای منفجره و فرمولاسیون آنها آمده است. هدف این کتاب اساساً ارائه مطالب مورد نیاز جهت دانشجویانی است که اطلاعات چندانی از مواد منفجره ندارند ولی برای سایر محققین نیز مفید خواهد بود. امیدوارم مطالب موجود در این کتاب هر چند بصورت خلاصه است ولی بتواند مورد استفاده شیمیدانان با تجربه صنایع مواد منفجره قرار بگیرد.

در تهیه این کتاب سعی بر این بوده است که مطالب مربوط به شیمی مواد منفجره با زبانی ساده اما با جزئیات لازم ارائه شود. اگرچه ممکن است در ابتدا خواننده محترم متوجه این روش (زبان ساده اما با جزئیات لازم) نشود اما با خواندن کتاب به این نکته می رسد که اصول تئوری شیمیایی برای فهم شیمی مواد منفجره به زبانی ساده آمده است.

یاد آوری می کنم که هیچ کتابی بدون استفاده از اطلاعات دیگران نوشته نشده است، اینجانب نیز از سایر منابع جهت نوشتن این کتاب استفاده نموده ام. در پایان نیز از تمام کسانی که در باره ویرایش اول این کتاب مطالبی گفته و یا نوشته اند، تشکر می کنم.

فصل اول

مقدمه ای بر مواد منفجره

۱-۱ روند تکاملی باروت سیاه^۱

باروت سیاه، که به عنوان باروت نیز مشهور است، احتمالاً نخستین ترکیب منفجره ای است که کشف شده است. در سال ۲۲۰ پیش از میلاد اتفاقی بدین صورت گزارش شده است که تعدادی شیمیدان (کیمیاگر^۲) چینی بطور تصادفی باروت سیاه را در حال جدا کردن طلا از نقره طی واکنشی در دمای پایین بوجود آوردند. با توجه به گفته دکتر هایزو مامبو^۳ کیمیاگران نیترات پتاسیم و گوگرد را در کوره کیمیاگری به سنگ معدن طلا اضافه کرده بودند ولی فراموش کرده بودند که زغال چوب را در مرحله نخست واکنش اضافه کنند. جهت جبران این اشتباه آنها در مرحله آخر زغال چوب را اضافه کردند. غافل از اینکه آنها فقط باعث تولید باروت سیاه شده اند که انفجاری مهیب را بدنبال داشت. باروت سیاه تا قرن ۱۳ میلادی، زمانی که یک کشیش انگلیسی بنام راجر بیکن^۴ در سال ۱۲۴۹ میلادی با نیترات پتاسیم آزمایشی را انجام داد و باروت سیاه را تولید کرد، وارد اروپا نشده بود و در سال ۱۳۲۰ میلادی یک کشیش آلمانی به نام برتولد شوارتز^۵ (گرچه بسیاری افراد وجود چنین شخصی را انکار می کنند) بروی نوشته های بیکن مطالعاتی را انجام داد و تولید باروت سیاه و بررسی خواصش را آغاز نمود. نتایج مطالعات شوارتز احتمالاً باعث افزایش توجه و استفاده از باروت سیاه در اروپای مرکزی شده است. با پایان یافتن قرن ۱۳ میلادی بسیاری از کشورها از باروت سیاه جهت نیل به اهداف نظامی شامل نفوذ و رخنه به دیوار قلعه و شهرها استفاده می کردند. باروت سیاه شامل یک سوخت و یک اکسید کننده می باشد. سوخت آن شامل مخلوطی پودری از زغال چوب و گوگرد است که با نیترات پتاسیم به عنوان اکسید کننده مخلوط می شوند. فرایند مخلوط کردن سوخت و اکسید کننده بطور شگرفی در سال ۱۴۲۵ میلادی، زمانی که فرایند گرانول سازی (دانه دانه سازی) پیشرفت کرد، بهبود یافت. از چرخهای سنگینی در توده ای جامد جهت خرد و پرس کردن سوختها و اکسید کننده استفاده می شد که باعث شکستن دانه ها به اندازه کوچکتر می شد. این دانه ها حاوی مخلوطی محرمانه از سوختها و اکسید کننده می باشد که نتیجه آن وجود یک باروت سیاه با خواص فیزیکی و بالستیکی عالی است. باروت سیاه دانه دانه به تدریج در قرن ۱۵ میلادی در

1- Blackpowder

2- Alchemist

3- Dr Heizo Mambo

4- Roger Bacon

5- Berthold Schwartz

تفنگهای کوچک و نارنجکهای دستی و قرن ۱۶ میلادی در تفنگهای بزرگ مورد استفاده قرار گرفت. آسیابهای باروت سیاه (جهت استفاده در فرایند دانه دانه سازی) در کلیسای رودرهایت^۱ و والتام^۲ در کشور انگلستان بین سالهای ۱۵۵۴ و ۱۶۰۳ بر پا شدند. اولین گزارش از کاربرد باروت سیاه مربوط به مهندسیهای غیر نظامی در بین سالهای ۱۵۴۸-۱۵۷۲ مربوط به لایروبی رودخانه نایمن^۳ در شمال اروپا بوده است. همچنین در سال ۱۶۲۷ میلادی از باروت سیاه برای انفجار معادن به منظور استخراج فلزات در مجارستان استفاده شده است. خیلی زود از باروت سیاه جهت انفجار معادن در کشورهای زیادی از جمله آلمان و سوئد استفاده گردید. در انگلستان نیز نخستین کاربرد از باروت سیاه در سال ۱۶۷۰ میلادی مربوط به استفاده از آن در انفجار معادن مس می باشد. صنایع بوفور^۴ سوئد در سال ۱۶۴۶ میلادی تاسیس و شروع به تولید تجاری باروت سیاه نمود.

۱-۲ روند تکاملی نیترو گلیسرین^۵

در اواسط قرن ۱۹ میلادی محدودیتهای باروت سیاه به عنوان یک ماده منفجره مورد استفاده در معادن آشکار شد. برخی عملیاتهای دشوار کننده کاری و استخراج معادن نیازمند ماده منفجره بهتری بود. در سال ۱۸۴۶ میلادی پروفیسور ایتالیایی به نام سوپرو^۶، نیتروگلیسرین مایع ($C_3H_5O_3(NO_2)_3$) را کشف کرد. او خیلی زود از خواص انفجاری نیتروسولوز آگاه و تحقیقاتش را در این راه ادامه داد. مدتی بعد مخترع سوئدی، امانوئل نوبل^۷ فرایند ساخت نیتروگلیسرین را کشف کرد. او در سال ۱۸۶۳ میلادی به همراه پسرش آلفرد^۸ در شهر هلنبورگ نزدیک استکهلم (پایتخت کشور سوئد) کارخانه کوچکی را جهت تولید نیتروگلیسرین برپا نمود. روش تولید ابتدایی آنها شامل مخلوط کردن گلیسرول با مخلوطی خنک از اسید نیتریک و سولفوریک در کوزه های سنگی بود. مخلوط توسط دست هم زده می شد و بوسیله آب یخ، خنک می شد؛ بعد از اتمام واکنش، مخلوط بداخل آب سرد فراوانی ریخته می شد. دومین فرایند تولید شامل ریختن گلیسرول و اسیدهای مخلوط شده

1- Rotherhithe

2- Waltham

3- Niemen

4- Bofor

5- Nitroglycerine

6-Sobrero

7-Nobel

8-Alfred

خنک بداخل لوله سربی مخروطی شکلی بود که دارای سوراخی در انتهای باریکش بود. نیتروگلیسرین تولیدی بصورت کنترل شده ای بداخل حمام آب سرد جریان پیدا می کرد. در هر دو روش تولید نیتروگلیسرین جهت حذف اسیدهای اضافی، نیتروسولوز را با آب گرم و محلول قلیایی گرم شستشو می دادند. نوبل مجوز ساخت کارخانه تولید نیتروگلیسرین را که بسیار نزدیک به محل زندگی بود را گرفت و همین امر باعث شد در اثر حمل و نقل نیتروگلیسرین مایع، به زندگی و اموالش آسیب وارد شود. خانواده نوبل در راه تجارت نیتروگلیسرین موانع زیادی را بر سر راه داشتند زیرا حساسیت زیاد آن نسبت به شروع انفجار باعث می شد که مستعد حوادث زیادی باشد همچنین شروع انفجار توسط پودر سیاه غیرقابل پیش بینی و اطمینان است. حوادث انفجاری زیادی به وقوع پیوست، یکی از این موارد منجر به تخریب کارخانه نوبل و کشته شدن امیل^۱ برادر آلفرد در سال ۱۸۶۴ گردید. آلفرد نوبل در سال ۱۸۶۴ دتاتور^۲ کلاهک انفجاری فلزی را که به میزان زیادی آغازگری باروت سیاه را بهبود می بخشید، اختراع کرد. دتاتور (منفجر کننده) محتوی فولمینات جیوه $[Hg(CNO)_2]$ بود و می توانست جایگزین باروت سیاه بعنوان آغازگر نیتروگلیسرین در انفجار معدن شود. کلاهک انفجاری فولمینات جیوه تولید یک شوک^۳ (موج) آغازگر کرده که از قسمتهای مختلف نیتروگلیسرین از طریق یک فیوز عبور داده می شد و سپس انفجار نیترو گلیسرین آغاز می گردید. بعد از انفجار بزرگ سال ۱۸۶۶ میلادی که بطور کامل کارخانه تولید نیتروگلیسرین را تخریب کرد، آلفرد نوبل نظرش را به ایمن کردن حمل و نقل نیتروگلیسرین معطوف ساخت. جهت کاهش حساسیت نیتروگلیسرین، آلفرد آنرا با یک گل جاذب الرطوبه به نام کایسلگور^۴ مخلوط کرد. این مخلوط بعنوان دینامیت گوهر^۵ مشهور و در سال ۱۸۶۷ میلادی ثبت گردید. امتیاز مهم نیتروگلیسرین (۱.۱) نسبت به باروت سیاه این است که هم عنصر سوخت و هم عنصر اکسید کننده در خود مولکول نیتروگلیسرین وجود دارد. این ویژگی باعث بیشترین ارتباط بین دو جزء (اکسید کننده و سوخت) می شود.

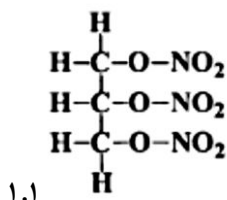
1-Emil

2- Detonator

3- Shock

4- Kieselguhr

5-Ghur



۱-۳ روند تکاملی فولمینات جیوه^۱

برای اولین بار فولمینات جیوه در قرن ۱۷ میلادی توسط کیمیاگر سوئدی - آلمانی (بارون جان کونکل^۲) تهیه گردید. او این منفجره خطرناک را بوسیله واکنش بین جیوه، اسید نیتریک و اتانول بدست آورد. در آن زمان، کونکل و سایر کیمیاگران نمی توانستند کاربردی برای این ماده منفجره پیدا کنند، در نتیجه ترکیب به فراموشی سپرده شد تا اینکه بین سالهای ۱۷۹۹ و ۱۸۰۰ میلادی ادوارد هاوارد^۳ انگلیسی کاربرد آن را بعنوان ماده منفجره کشف نمود. هاوارد خواص فولمینات جیوه را بررسی و آنرا بعنوان یک آغازگر ضربه ای برای باروت سیاه پیشنهاد داد و در سال ۱۸۰۷ بعنوان یک اختراع ثبت گردید.

۱-۴ روند تکاملی نیتروسولوز^۴

در زمانی که نیتروگلیسرین تولید می شد، نیتراسیون سلولز جهت تولید نیتروسولوز (به عنوان پنبه تفنگی نیز مشهور است) توسط افراد متفاوتی بویژه شانبین^۵ در بازل سوئیس و بوتگر^۶ در فرانکفورت آلمان طی سالهای ۴۷-۱۸۴۵ انجام می گرفت. مدتی قبل پیش از آن در سال ۱۸۳۳ براکنانت^۷ نشاسته را نیترودار کرد، در سال ۱۸۳۸ پلوز^۸ آزمایشات براکنانت را ادامه داد همچنین مواد دیگری مانند کاغذ و پنبه را نیترودار کرد. او این نکته که نیتروسولوز تهیه شده است را متوجه نشد. با اعلام خبر کشف نیترو سلولز توسط شانبین و بوتگر در سال ۱۸۴۶، نام این دو نفر بعنوان کاشف و بکار گیرنده نیتروسولوز مطرح گردید. نوشته های منتشر شده در آن زمان حاوی این نکته است که نیتراسیون سلولز قبل از فرایند شانبین شناخته شده بوده است. حوادث زیادی در طی تولید نیتروسولوز به وقوع پیوسته است که نتیجه آن تخریب کارخانه های تولید آن در فرانسه، انگلستان و استرالیا بوده است. در طی این سالها، سر

1- Mercury fulminate

2- Kunkel

3- Howard

4- Nitrocellulose

5- Schonbein

6- Bottger

7- Braconnot

8- Pelouze

فریدریک ابل^۱ بروی مشکل ناپایداری نیتروسولوز برای دولت انگلستان در کلیسای وولویچ^۲ و واتام کار و تحقیق می کرد و در سال ۱۸۶۵ میلادی پاسخ این مسئله را بوسیله تبدیل نیتروسولوز به پالپ^۳ (خمیر یا الیاف جدا شده) منتشر ساخت. ابل نشان داد از طریق فرایندهای خمیر سازی یا جداسازی الیاف، جوشاندن و شستن می توان پایداری نیتروسولوز را به نحو چشمگیری بهبود بخشید. نیتروسولوز تا قبل از سال ۱۸۶۸ میلادی جهت مصارف نظامی و بعنوان یک منفجره تجاری بکار نمی رفت ولی در سال ۱۸۶۸ میلادی دستیار ابل (به نام برون^۴) این حقیقت را کشف کرد که در صورت خشک کردن، پرس کردن و نیترو دار کردن با درصد بالا می توان نیتروسولوز را توسط دتاتور فولمینات جیوه منفجر کرد. همچنین می توان نیتروسولوز مرطوب و پرس شده را توسط مقادیر جزئی از نیتروسولوز خشک {اصل تقویت کردن (بوستر)^۵} منفجر ساخت. بنابراین توده های بزرگ نیتروسولوز مرطوب را می توان با ایمنی نسبی بکار گرفت.

۵-۱ روند تکاملی دینامیت^۶

در سال ۱۸۷۵ آلفرد نوبل به این نکته پی برد که در صورت مخلوط کردن نیتروسولوز با نیتروگلیسرین، یک ژل تشکیل می شود. تحقیقات بروی این ژل ادامه پیدا کرد تا منجر به تولید ژلاتین انفجاری، دینامیت ژلاتینی و بعدها در سال ۱۸۸۸ میلادی بالیستست^۷ بعنوان اولین پودر بدون دود گردید. بالیستیت مخلوطی از نیتروسولوز، نیتروگلیسرین، کافور^۸ و بنزن می باشد. در سال ۱۸۸۹ میلادی محصولی رقابتی با ترکیبی مشابه بالیستیت توسط دولت انگلستان و به همت دو دانشمند (ابل و دوار^۹) با نام کوردیت^{۱۰} به ثبت رسید. تا دهه ۱۹۳۰ میلادی اشکال مختلف کوردیت بعنوان پیشرانه اصلی نیروهای انگلیسی استفاده می شد. در سال ۱۸۶۷ میلادی، دو شیمیدان سوئدی به نام اولسون^{۱۱} و نورین^{۱۲} به این نکته پی بردند که خواص انفجاری دینامیت با اضافه کردن نترات آمونیم (NH_4NO_3) بهبود می یابد. آلفرد نوبل از کشف اولسن و نورین استفاده و نترات آمونیوم را به ترکیب مواد منفجره افزود.

1-Abel 2-Woolwich 3-pulp 4-Brown 5- Booster 6- Dynamite
7- Ballistite 8-Camphor 9- Dewar 10- Cordite 11- Ohlsson 12- Norrbinn

۱-۴-۱ روند تکاملی نیترات آمونیوم^۱

آمونیوم نیترات برای اولین بار توسط گلابر^۲ در سال ۱۶۵۴ میلادی تهیه شده بوده ولی تا آغاز قرن ۱۹ میلادی زمانی که گریندل^۳ و رویین^۴ از آن بعنوان جایگزین نیترات پتاسیم در باروت سیاه استفاده کردند ناشناخته بود. خواص انفجاری آن در سال ۱۸۴۹ میلادی توسط رایس^۵ و میلون^۶ زمانیکه بر اثر حرارت مخلوط نیترات آمونیوم و زغال چوب منفجر گردید، گزارش گردید. نیترات آمونیوم به عنوان یک ماده منفجره مطرح نشده بوده گرچه که انفجار و آتش سوزیهای کوچکی از آن در سراسر جهان اتفاق افتاده بود. بعد از پایان جنگ جهانی دوم، آمریکا حمل نیترات آمونیوم با گرید^۷ کود (که شامل نیترات آمونیوم پوشیده شده با ۷۵٪ درصد موم و مقید شده با ۳/۵ درصد خاک رس بود)، را به اروپا آغاز کرد. این مواد بعنوان یک ماده منفجره مطرح نبودند و احتیاط خاصی نیز در حین جابجایی و کار کارگران یا حتی سیکار کشیدن آنها نیاز نبود.

جابجاییهای متعددی از این ماده تا قبل از ۱۶ آوریل ۱۹۴۷ میلادی بدون هیچگونه مشکلی انجام گرفت تا اینکه انفجار وحشتناکی اتفاق افتاد. کشتیهای بخار لنگر انداخته گراندچمب^۸ و هایفلایر^۹ در بندر شهر تگزاس و پر از نیترو گلیسرین با گرید کود شیمیایی منفجر شدند. بعنوان دستاوردی از این اتفاق، تحقیقاتی در آمریکا جهت تعیین کردن دلایل این انفجار شروع شد. در همان زمان نیز مطالعات زیادی بروی خواص انفجاری نیترات آمونیوم و مخلوطهای آن با مواد آلی و غیر آلی صورت گرفت. ابعاد انفجار شهر تگزاس زمانی بطور کامل مشخص شد که انفجاری مشابه بروی کشتی بخار لایبرتی شاک^{۱۰} در بندر برست فرانسه در تاریخ ۲۸ جولای ۱۹۴۷ میلادی اتفاق افتاد. مطالعات نشان داد که نیترات آمونیوم از آنچه در ابتدا تصور می شد خطرناک تر است و قوانین محکمی درباره انبارداری و جابجایی آن باید وضع شود.

1- Ammonium Nitrate 2- Glauber 3- Grindel 4- Robin 5- Reise
6- Millon 7- Grade 8- Grandchamp 9- Highflyer 10- Liberty shook

۵-۱ روند تکاملی مواد منفجره تجاری

۵-۱-۱ روند تکاملی منفجره های مجوز دار

تا سال ۱۸۷۰ میلادی تنها ماده منفجره مورد استفاده در استخراج زغال سنگ، باروت سیاه بود که حوادث ناگوار زیادی را نیز بدنبال داشت. کوششهای زیادی جهت بهبود خواص باروت سیاه انجام گرفت، این تلاشها شامل مخلوط کردن باروت سیاه با عامل سرد کننده نظیر سولفات آمونیوم^۱، نشاسته، پارافین^۲ و همچنین قرار دادن یک سیلندر پر از آب داخل سوراخ دارای باروت سیاه، بود. هیچکدام از این روشها موفقیت آمیز نبودند.

هنگامیکه نیترو سلولز و نیترو گلیسرین کشف شدند، تلاشها به این سو معطوف شد که از آنها بجای باروت سیاه در استخراج زغال سنگ استفاده شود اما به این نکته دقت نشده بود که این ترکیبات جهت استفاده در معادن زغال سنگ گازدار مناسب نمی باشند. تا آن زمان توسعه دینامیت و ژلاتینهای انفجاری توسط نوبل انجام نشده بود. تا اینکه مواد منفجره بر پایه نیترو گلیسرین منفجره های تجاری و صنایع معدن را تسخیر کردند. رشد استفاده از مواد منفجره در استخراج زغال سنگ موجب افزایش نسبی در میزان گاز و گرد و غبار حاصل از انفجار و به تبع آن افزایش وحشتناک تلفات شد. بیشتر دولتهای اروپایی استفاده از مواد منفجره در معادن زغال سنگ را ممنوع و بجای آن استفاده از سیستمهای هیدرولیک و پنوماتیک را در معادن زغال سنگ ترویج دادند. قبل از اتخاذ چنین راهکارهایی، بیشتر دولتهای اروپایی تصمیم به استفاده از نظرات و پیشنهادات دانشمندان و تشکیل کمیسیونهایی را جهت حل این مشکل گرفته بودند. بین سالهای ۱۸۷۷ و ۱۸۸۰ میلادی کمیسیونهایی در کشورهای فرانسه، بریتانیای بزرگ، بلژیک و آلمان شکل گرفت. نتیجه مذاکرات در کمیسیون فرانسه این بود که در انفجار سنگها و معادن زغال سنگ گازدار از بیشترین دما استفاده شود. در کمیسیونهای آلمان و انگلستان این تصمیم گرفته شد که دما تنها یکی از فاکتورهای موثر در ایمن کردن انفجار است و فاکتورهای دیگری را نیز باید در نظر داشت. در نهایت در سال ۱۸۸۰ میلادی در شهر گلزن کرخن^۳ آلمان یک مجموعه آزمایشی از

1- Ammonium sulfate

2-paraffin

3-Gelsenkirchen