

به کارگیری باروت‌های معیوب در منفجره های امولسیون‌ی بالک

محمد میرزایی^{۱*}، امین حسینی^۲، حسن گودرزی^۳، علیرضا شریفی^۴، محمد علی حسن زاده^۵ و حسین مومنی زاده^۶

سازمان صنایع دفاع

*E-mail: mohammad81@gmail.com

(تاریخ وصول: ۸۸/۱۰/۱، تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۲۹)

چکیده

منفجره‌های امولسیون‌ی مواد منفجره‌ی تجاری هستند که شامل یک فاز آلی به عنوان سوخت و یک فاز آبی شامل نمک‌های معدنی به عنوان اکسید کننده هستند، که توسط یک امولسی‌فایر به شکل ویسکوز و ژل مانند تولید می‌شوند. از طرفی باروت‌های معیوب نیز از جمله پیشرانه‌هایی هستند که پس از مدت مشخصی قابلیت استفاده را ندارند و بایستی به نوعی از بین برده شوند. در این تحقیق برای از بین بردن مقرون به صرفه باروت‌های معیوب آنها به شکل آسیاب شده و به عنوان پرکن به امولسیون انفجاری بالک اضافه می‌شوند. نتایج به دست آمده از این کار نشان دادند که افزایش این باروت‌ها به امولایت بالک باعث افزایش سرعت انفجار بدون تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها می‌شود. همچنین با به کارگیری این باروت‌ها در فرمولاسیون امولسیون انفجاری بالک ارزش افزوده اقتصادی مناسبی نیز حاصل می‌شود.

واژه های کلیدی: باروت معیوب، امولسیون انفجاری، باروت یک‌پایه، سرعت انفجار.

۱- مقدمه

نیتروآمین‌های هتروسیکلی، استرهای نیترات (مانند نیتروسولوز، نیتروگلیسرین و دی اتیلن گلیکول دی نیترات) و تمام فرمولاسیون‌های پیشرانه، منفجره و پیروتکنیکی تهیه شده از آنها را نام برد. خنثی سازی ایمن مازاد و ضایعات مواد پراورزی در سال‌های اخیر اهمیت زیادی پیدا کرده است و از آنجایی که این مواد ماهیتی

مواد منفجره پراورزی طیف وسیعی از مواد را شامل می‌شوند که برخی از آنها در دسته‌ی موادی قرار می‌گیرند که به صورت متداول استفاده می‌شوند. از جمله این مواد می‌توان ترکیبات نیتروآروماتیکی (مانند تری نیتروتولوئن)، نیتروآمین‌های آروماتیکی (مانند تتریل)،

۱ و ۳ و ۵ - کارشناس ارشد
۲ و ۴ - کارشناس

این مواد بسنده شده است. به کارگیری پیش‌رانه‌های یک‌پایه به عنوان جزئی از امولسیون انفجاری بالک یک تکنولوژی اقتصادی مفید برای به کارگیری دوباره این مواد همراه با ایجاد ارزش افزوده اقتصادی می‌باشد که با این کار می‌توان صدمات وارده ناشی از انهدام این مواد به محیط زیست را به میزان نسبتاً زیادی کاهش داد. به علاوه با اجرای این طرح سود آوری مناسبی نیز به سبب ارزش افزوده ایجاد شده عاید صنایع تولید کننده مواد شیمیایی نظامی می‌شود.

۱-۱- امولسیون انفجاری

منفجره‌های امولسیوني موادی ویسکوز می‌باشند که از دهه ۱۹۷۰ وارد بازار شده و از آن به بعد توسعه پیدا کردند. این مواد ترکیبی از دو فاز آبی و آلی هستند که توسط یک امولسی‌فایر به صورت کاملاً همگن در می‌آیند. فاز آبی شامل محلول اشباع اکسید کننده‌هایی مثل آمونیوم نیترات و سدیم نیترات می‌باشد. فاز آلی نیز مخلوطی از برش‌های نفتی به همراه یک امولسی‌فایر مناسب است.

مواد منفجره‌ی امولسیوني در زیرگروه مواد منفجره‌ی تجاری قرار می‌گیرند و با توجه به اینکه این مواد قابلیت ایجاد سرعت انفجار از حدود ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر بر ثانیه را دارند و قدرت انفجار آنها نسبت به آنفو حدود ۰/۶ تا ۱/۲ قابلیت تغییر را دارد، حوزه‌ی زیادی از کاربردهای مواد منفجره‌ی تجاری را پوشش می‌دهند. به دلیل مقاومت عالی در مقابل آب، این مواد قابلیت استفاده در محیط‌های مرطوب و آب دار را نیز دارند. دمای بالای خود اشتعالی و حساسیت کمتر نسبت به ضربه و اصطکاک نیز از دیگر مزایایی است که بر گستره‌ی کاربرد این مواد افزوده است. با توجه به قابلیت تنظیم اکسیژن بالانس، این مواد قابلیت استفاده در محیط‌های بسته و باز را نیز دارند. به طور کلی حوزه کاربرد منفجره‌های امولسیوني، معادن با سختی سنگ متفاوت، تونل سازی، سد سازی و راه سازی است. منفجره‌های امولسیوني همچنین در عرصه‌های دیگر نظیر تولید سوخت‌های پیش‌ران، روکش کاری انفجاری فلزات، منفجره‌های ریخته‌گری شده، منفجره‌های پودری، منفجره‌های مجاز، منفجره‌های گرانولی و نیز به عنوان بوستر و پرایمر مورد استفاده قرار می‌گیرند. منفجره‌های امولسیوني در دو نوع بالک و کارتریجی تولید می‌شوند، که تفاوت آنها در بسته‌بندی و زمان ماندگاری آنها می‌باشد [۶].

پرانرژی داشته و سمی بوده و نیز اکثراً در آب نامحلول هستند، لذا نمی‌توان آنها را در محیط و یا فاضلابها رها نمود. مواد پرانرژی مصرفی در صنایع نظامی طول عمر مفید محدودی دارند و پس از گذشت زمان مذکور نگهداری یا مصرف آنها با ریسک همراه است. به عبارت دیگر ضرورت خنثی‌سازی، بازیابی یا معدوم کردن این مواد همیشه وجود دارد. این مسئله بویژه زمانی که مهمات قدیمی قابلیت نگهداری نداشته باشند و یا زمانی که پایداری شیمیایی این مواد کم باشد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. همچنین سالیانه مقدار زیادی ضایعات پرانرژی از کارخانجات تولید مواد پرانرژی و یا تأسیسات نظامی مختلف به دست می‌آید که انفجار یا اشتعال ناگهانی این مواد منجر به تلفات انسانی فراوانی می‌شود.

لذا روش‌های خنثی‌سازی ایمن، سازگار با محیط زیست و در دسترس، برای تخریب این مواد حائز اهمیت است. روش‌های متداول قدیمی برای خنثی‌سازی مواد پرانرژی شامل روش‌هایی مانند خاکستر کردن، سوزاندن یا انفجار در فضای باز (OB/OD)، تجزیه‌ی بیولوژیکی، تبدیل مواد پرانرژی به مواد بی خطر دور ریختنی، دفن در مکان‌های دور افتاده و از جمله نقاط عمیق دریا، سوزاندن کنترل شده و غیره بوده است [۱]. این روش‌ها به لحاظ اقتصادی، ایمنی و ملاحظات زیست محیطی در حال حاضر منسوخ شده‌اند. لذا این مواد ناپایدار شده یا در حال ناپایدار شدن را بایستی به روش مناسبی که اقتصادی، ایمن و سازگار با محیط زیست باشد بازیافت نمود. از جمله روش‌هایی که در این خصوص ارائه شده می‌توان استخراج مواد اولیه مصرفی در فرمولاسیون‌های مواد پرانرژی، استفاده مجدد از مواد پرانرژی در فرمولاسیون منفجره‌های تجاری و روش‌های شیمیایی جهت تبدیل آنها به مواد شیمیایی با ارزش مانند کودهای کشاورزی را نام برد.

یکی از روش‌هایی که در گذشته برای معدوم کردن مواد پرانرژی غیر قابل کاربرد نظامی، مطرح و استفاده شده است به کار بردن این مواد در منفجره‌های تجاری مصرفی در صنایع معدنی، راه‌سازی و غیره می‌باشد. در این خصوص تاکنون در دنیا تحقیقات زیادی برای استفاده از این مواد فرسوده در امولسیون‌های انفجاری، دوغاب‌ها، منفجره‌های خشک، بوسترها و غیره صورت گرفته است [۵-۲]. اما در کشور ما تاکنون در این زمینه هیچ‌گونه فعالیتی انجام نگرفته و تنها به انهدام

امولسیون می‌شوند، حساس می‌کنند. بنابراین حساس سازی یکی از مراحل مهم در تولید امولسیون‌های انفجاری می‌باشد.

برای حساس سازی امولسیون‌های انفجاری با توجه به نوع بسته‌بندی و کاربردها، روش‌های مختلفی به کار برده می‌شود که عبارتند از:

۱- استفاده از حساس‌کننده‌های شیمیایی؛

۲- استفاده از حساس‌کننده‌های فیزیکی؛

۳- استفاده از حساس‌کننده‌های فیزیکی و شیمیایی به صورت همزمان.

متداولترین روش حساس سازی منفجره‌های امولسیونی (با توجه به ساختار آنها) افزودن و یا ایجاد حباب‌های ریز گاز در توده‌ی امولسیون است. یکی از روش‌های ایجاد حباب و در نتیجه کاهش دانسیته امولسیون افزایش ماده‌ای است که با یکی از اجزای امولسیون واکنش داده و تولید گاز نماید. حباب‌ها هرچه به صورت یکنواخت‌تر در ماده‌ی منفجره پراکنده شده باشند و دارای اندازه‌ی ذرات مناسب‌تر باشند کارایی این مکانیسم بیشتر و حساسیت ماده‌ی منفجره بهبود می‌یابد. باروت‌های یک‌پایه با توجه به خاصیت ذاتی تولید گاز می‌توانند به عنوان موادی مؤثر در تولید گاز و ایجاد حساسیت در ساختار منفجره‌ی امولسیونی مورد استفاده قرار گیرند.

حساس سازی شیمیایی فرایندی نسبتاً ساده و ارزان می‌باشد، لیکن مشکل مهاجرت حباب‌ها به سطح کارتریج و در نتیجه غیر حساس شدن تدریجی ماده‌ی منفجره در زمان انبارداری از مشکلات این روش است.

مناسب‌ترین سیستم ایجاد حباب‌های گاز جهت حساس کردن منفجره‌های امولسیونی، نمک‌های نیتریت مانند: نیتریت سدیم، همراه با یک اسید مانند اسید سیتریک یا اسید تارتاریک (و یا حتی اسیدهای قوی) جهت تنظیم pH می‌باشد. با انجام واکنش (۱) حبابهای گاز N₂ تولید می‌شود.



همچنین جهت تسریع تولید گاز می‌توان از تیوسیاناتها، تیواوره‌ها و یا اوره استفاده کرد [۹]. در این تحقیق از باروت‌های یک‌پایه آسیاب شده در مرحله حساس سازی استفاده شده است. به طوری که این مواد به

به طور کلی مواد منفجره‌ی امولسیونی نسبت به سایر مواد منفجره‌ی تجاری موجود دارای مزایایی به شرح ذیل می‌باشد:

۱- ایمنی بیشتر در مراحل تولید نسبت به مواد منفجره پایه نیتروگلیسرین؛

۲- دارای مزایای بهتر در زمینه‌ی بهداشت فردی پرسنل در تماس با این مواد نسبت به سایر مواد منفجره‌ی تجاری؛

۳- مقاومت عالی در برابر آب؛

۴- ارزان‌تر بودن نسبت به مواد منفجره پایه نیتروگلیسرین و دوغاب‌ها؛

۵- امکان تولید به صورت بالک و کارتریجی؛

۶- تنوع محصولات از نظر حساسیت به چاشنی تا حساسیت به بوستر؛

۷- سادگی فرآیند تولید؛

۸- تنوع موارد مصرف.

منفجره‌های امولسیونی دارای قدرت حجمی کمتر از آنفو تا قدرتی معادل دینامیت با حفظ ایمنی و سایر مزایا به راحتی قابل تولید می‌باشند. بنابراین با منفجره‌های امولسیونی می‌توان اکثر نیازمندی‌های معدن‌کاران به مواد منفجره را برای معادن مختلف و سایر موارد مانند تونل سازی، راه‌سازی و سدسازی را تولید نمود [۷].

در فرآیند تولید منفجره‌های امولسیونی هدف عمده تولید یک امولسیون با کیفیت مطلوب می‌باشد. هرچه ذرات امولسیون تشکیل شده ریزتر باشند، سطح تماس و در نتیجه دسترسی سوخت و اکسیدکننده به یکدیگر سریع‌تر و کارایی ماده‌ی منفجره‌ی حاصل بهتر بوده و پایداری محصول نیز بیشتر خواهد بود. چون برای تشکیل امولسیون مواد بایستی بصورت مایع باشند، بنابراین مواد اولیه به کمک حرارت به مایع تبدیل می‌شوند و همچنین با توجه به ماهیت مواد اولیه بایستی محلول‌های آبی و آلی به صورت مجزا تهیه شده و سپس در یکدیگر پخش و توزیع شوند. لذا مواد اولیه منفجره‌های امولسیونی را در دو مخزن جداگانه که اولی فاز آبی شامل اکسیدکننده‌ها و آب و دومی فاز آلی شامل برش‌های نفتی و امولسی‌فایر تهیه می‌کنند [۸].

در یک منفجره‌ی امولسیونی ایجاد نقاط داغ در ترکیب در طی فرآیند انفجار باعث تداوم انفجار می‌گردد. لذا برای ایجاد این نقاط داغ در امولسیون انفجاری آن را به روش‌هایی که منجر به ایجاد حساسیت در

سانتی‌گراد تهیه می‌شود. پس از آن مخلوط فاز روغنی شامل روغن درفش ۳۶، گازوئیل و امولسی‌فایر که تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده است به همراه محلول اکسیدکننده با یک دبی مشخص به مخزن اختلاط وارد شده و با سرعت چرخش ۳۰۰۰ دور بر دقیقه با هم مخلوط می‌شوند. بافت امولسیون تولید شده سپس وارد مخزن حساس سازی می‌شود و پس از افزایش ۱۰ درصد پرلیت، باروت معیوب یک‌پایه آسیاب شده در نسبت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۵۰ به بافت امولسیون انفجاری اضافه می‌شود و محصول به دست آمده در بشکه‌های مخصوص بسته‌بندی می‌شود.

۲-۳- روش آزمون

برای بررسی پارامترهای مؤثر بر عملکرد امولایت بالک پر شده با باروت معیوب شامل سرعت انفجار، دانسیته حقیقی، انفجار کامل با بوستر ۵۰/۵۰ نیم پوندی، مقاومت در برابر آب و حساسیت به اصطکاک در ۳۵۳/۲ نیوتن، نمونه شاهد شامل امولایت بالک حساس شده با پرلیت در لوله‌هایی فلزی با قطر ۷۰ میلی‌متر شارژ شد. به دلیل عدم تغییر اکثر پارامترهای مؤثر عملکردی امولایت بالک به غیر از سرعت انفجار، در کلیه آزمون‌های انجام شده تلاش گردید تا با اختلاط باروت‌های یک‌پایه آسیاب شده اسقاطی در امولایت بالک با ترکیب درصد‌های مختلف، آزمون‌های سرعت انفجار در طول لوله فولادی به قطر ۷۰ میلی‌متر انجام گیرد. لازم به ذکر است که کلیه نمونه‌های تهیه شده در دستگاه اختلاط مکانیکی مخصوص امولسیون‌های انفجاری تولید گردیده و نمونه‌های به دست آمده به لحاظ یکنواختی کاملاً هموزن بودند. همچنین بافت کلیه نمونه‌ها از ۷۱٪ نیترات آمونیوم، ۱۲٪ سدیم نیترات، ۱۱٪ آب به عنوان فاز اکسیدکننده و ۶٪ روغن به عنوان فاز سوخت تهیه شدند. لازم به ذکر است که آسیاب باروت‌های یک‌پایه به دلیل ملاحظات ایمنی به شکل مرطوب و تا دانه‌بندی ۳۰۰-۴۰۰ میکرون انجام می‌شود. داشتن دانه بندی ریزتر به دلیل ملاحظات ایمنی در هیچ‌یک از مراجع سفارش نشده است. بر خلاف امولسیون‌های کارتریجی به دلیل مصرف سریع امولایت بالک، در این نوع منفجره ها زمان ماندگاری مدنظر نمی‌باشد.

همراه پرلیت^۱ در مرحله حساس‌سازی در نسبت‌های مشخصی به بافت امولسیون افزوده می‌شوند. افزایش باروت‌های معیوب آسیاب شده به بافت در نهایت به طور نسبی باعث کاهش ترکیب درصد سایر اجزا می‌شود که این خود از نظر اقتصادی نوعی ایجاد ارزش افزوده می‌باشد که در بخش‌های بعدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۲- سرعت انفجار

سرعت انفجار همان سرعت تجزیه شدن یا سوختن ماده منفجره و یا به عبارت دیگر حرکت انفجار در سراسر ماده منفجره می‌باشد. اگر سرعت سوختن ماده منفجره بیش از سرعت صوت باشد آن را انفجار می‌گویند و چنان‌چه کمتر از سرعت صوت باشد، این پدیده را سوزش می‌نامند. سرعت انفجار یکی از خواص اساسی ماده منفجره است و هرچه میزان آن بیشتر باشد اثر ماده منفجره در شکستن سنگ بیشتر است [۱۰]. در این کار سرعت انفجار در مراحل مختلف توسط روش الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود. در این روش زمان سیر انفجار در ماده منفجره با شمارش گره‌های الکترونیکی با دقت یک ده میلیونوم ثانیه اندازه‌گیری می‌شود.

۲- بخش تجربی

۱-۲- مواد و تجهیزات

مواد مصرفی مورد استفاده در این تحقیق شامل نیترات آمونیوم، آب‌نرم، نیترات سدیم، پرلیت، امولسی‌فایر DBX-S52 محصول شرکت کرودا^۲، روغن درفش ۳۶، گازوئیل و باروت معیوب یک‌پایه می‌باشند. کلیه مواد مصرفی در گرید صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است. تجهیزات مورد نیاز تولیدی نیز شامل مخزن اکسیدکننده، مخزن فاز روغنی، مخزن اختلاط، آسیاب و مخزن حساس سازی می‌باشند که همگی در سطح صنایع شیمیایی پارچین ساخته شده‌اند.

۲-۲- روش تولید

برای تولید بافت امولسیون ابتدا محلول اشباع اکسیدکننده شامل نیترات آمونیوم و نیترات سدیم در رنج دمایی ۷۰-۹۰ درجه

۱- نوعی شیشه آتشفشانی بی شکل و بسیار سبک شامل SiO_2 (۷۵-۷۰٪)، Al_2O_3 (۱۵-۱۲٪)، Na_2O (۳-۴٪)، K_2O (۲-۳٪)، Fe_2O_3 (۲-۵٪)، MgO (۲-۷٪)، CaO (۱-۵٪) و مواد جزئی دیگر.

2- Croda

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر میزان باروت معیوب مصرفی بر سرعت انفجار

امولایت بالک

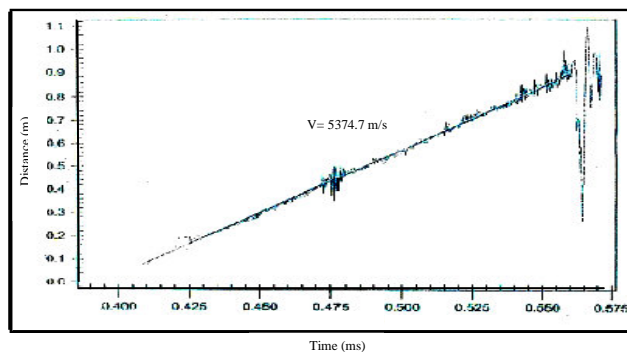
در جدول (۱) نتایج مربوط به هفت نمونه تولید شده شامل نمونه شاهد (امولایت خالص بدون باروت معیوب) و نمونه‌های تولید شده با

باروت معیوب نشان داده شده است. همچنین نمودارهای مربوط به نرخ سرعت انفجار شش نمونه مورد بررسی در شکل‌های (۱) تا (۶) نشان داده شده است. لازم به ذکر است به دلیل عدم پایداری (کمتر از ۲۴ ساعت) نمونه حاوی ۵۰٪ باروت معیوب و همین‌طور ملاحظات ایمنی این نمونه از سری آزمایش‌ها حذف گردید.

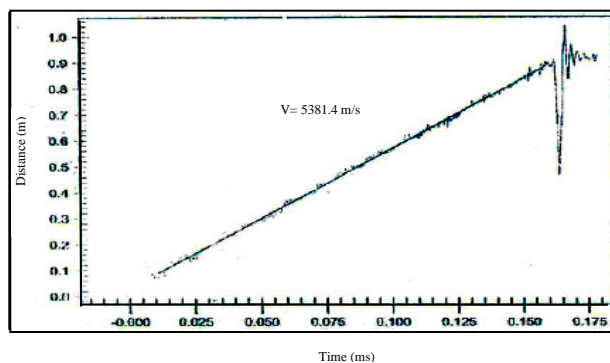
جدول ۱- نتایج و مشخصات نمونه‌های تولید شده شاهد و همراه با باروت معیوب از امولایت خالص.

کد								مشخصات
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱ (شاهد)	درصد باروت	
۵۰	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۰	ماده منفجره	
امولایت بالک							استاندارد	سرعت انفجار $d=70 \text{ mm (m/s)}$
۴۷۰۰-۵۳۰۰							نتیجه	
۵۸۰۵	۵۷۰۴/۵	۵۵۶۸/۶	۵۴۶۸/۵	۵۴۴۶/۸	۵۳۸۱/۴	۵۳۷۴/۷	دانشیه حقیقی (g/cm^3)	
۱/۳-۱/۳							استاندارد	انفجار کامل با بوستر ۵۰/۵۰ نیم پوندی
۱/۲۴	۱/۲۹	۱/۲۸	۱/۲۵	۱/۲۴	۱/۲۲	۱/۲۰	نتیجه	
مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مقاومت در برابر آب (۵ ساعت)°
مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	حساسیت به اصطکاک در ۳۵۳/۲ نیوتن
ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	

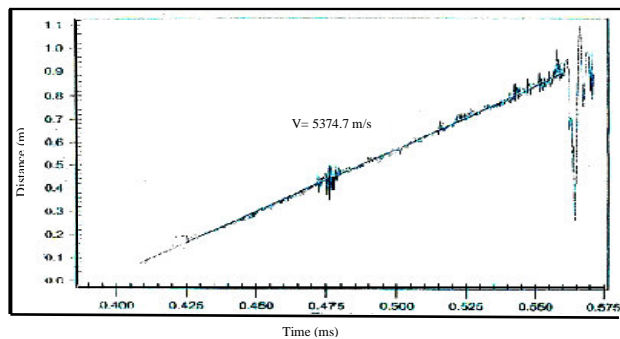
• ایجاد شکاف در ظرف یا کارتریج حاوی امولسیون و قرار دادن آن در آب و سپس تست انفجار.



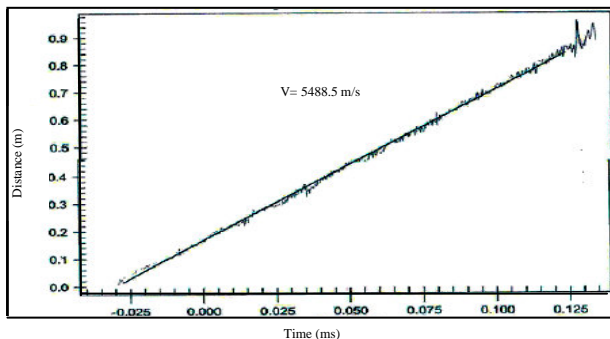
شکل ۲- نرخ سرعت انفجار نمونه شماره ۲ در طول لوله.



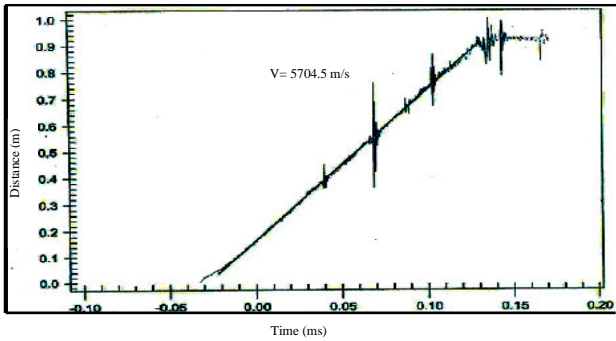
شکل ۱- نرخ سرعت انفجار امولایت بالک خالص (نمونه شاهد) در طول لوله.



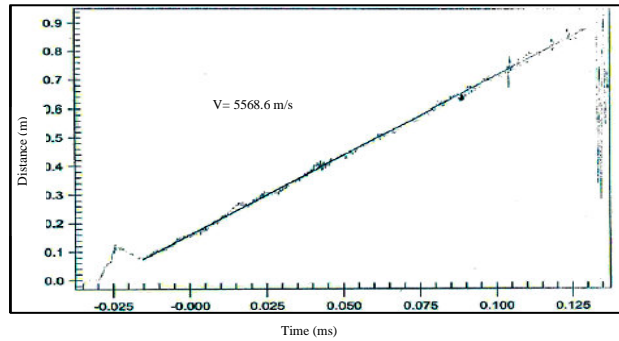
شکل ۴- نرخ سرعت انفجار نمونه شماره ۴ در طول لوله.



شکل ۳- نرخ سرعت انفجار نمونه شماره ۳ در طول لوله.



شکل ۶- نرخ سرعت انفجار نمونه شماره ۶ در طول لوله.



شکل ۵- نرخ سرعت انفجار نمونه شماره ۵ در طول لوله.

سرعت مصرف شوند زمان ماندگاری اهمیت ندارد و بسته به نوع امولسی‌فایرهای مورد استفاده می‌توان زمان ماندگاری را طولانی کرد که در مورد استفاده از باروت‌های معیوب در بافت امولسیون بالک (تا ۳۰٪) زمان ماندگاری آنها تغییر پیدا نکرد.

۳-۲- توجیه اقتصادی

در بررسی‌های به عمل آمده در مورد قیمت تمام شده مواد اولیه بکار برده شده در تولید مواد منفجره تجاری (امولایت بالک) نتایجی که به دست آمد، حاکی از این بود که به کارگیری باروت‌های معیوب در امولایت بالک کاملاً از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد. بطوریکه قیمت تمام شده مواد اولیه برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم امولایت بالک بدون به کارگیری مواد پرانرژی معیوب ۲۳۶۸۹۵ ریال و با به کارگیری ۱۵٪ از باروت‌های معیوب به عنوان افزودنی به بافت امولایت قیمت تمام شده برای ۱۰۰ کیلوگرم امولایت بالک، ۱۶۴۲۵۸ ریال می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیل ملاحظات ایمنی در فرایند تولید صنعتی در حال حاضر امکان به کارگیری حداکثر ۱۵٪ از باروت‌های معیوب وجود دارد. بنابراین به ازای تولید ۱۰۰ کیلوگرم امولایت بالک با ۱۵٪ باروت معیوب به عنوان افزودنی ۷۲۶۳۷ ریال ارزش افزوده حاصل می‌شود. در جداول (۲) و (۳) میزان به کارگیری مواد اولیه به همراه قیمت آنها برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم امولایت بالک بدون استفاده از باروت معیوب و با استفاده از باروت معیوب، به طور جداگانه نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده از منحنی‌های نرخ انفجار نمونه‌ها، با افزایش میزان درصد وزنی باروت معیوب در امولایت سرعت انفجار افزایش می‌یابد. اما به دلیل عدم پایداری امولسیون با استفاده از درصد بالای باروت معیوب نقطه بهینه ترکیب درصد وزنی ۳۰ درصد از باروت معیوب است. به نظر می‌رسد سوزش باروت‌های یکپایه معیوب در دمای بالا که خود دارای سرعت مشخصی است به همراه انفجار بستر امولایت باعث افزایش سرعت انفجار و به تبع آن افزایش قدرت تخریب امولایت می‌شود. با افزایش میزان باروت معیوب در امولایت بالک شبکه بافت امولایت شکل کریستالی گرفته و به دلیل دو فازی شدن سیستم حساسیت در برابر بوستر ۵۰/۵۰ نیم پوندی را از دست داده و اصولاً خاصیت انفجاری خود را از دست می‌دهد. این پدیده به واسطه وجود رطوبت حداقلی مورد نیاز برای آسیاب کردن باروت معیوب در فرآیند تولید می‌باشد. علاوه بر این با افزایش ترکیب درصد باروت آسیاب شده راندمان اختلاط به واسطه وجود درصد زیاد مواد جامد تحت تأثیر قرار خواهد گرفت.

با توجه به جدول شماره (۱) ملاحظه می‌شود که علاوه بر سرعت انفجار پارامترهای دیگری شامل دانسیته حقیقی، قابلیت انفجار با بوستر، مقاومت در برابر آب و حساسیت در برابر اصطکاک نیز برای نمونه‌های مختلف گزارش شده است. اما آنچه که از نظر مصرف کننده امولسیون‌های انفجاری اهمیت زیادی دارد بحث سرعت انفجار است که در اینجا به طور مفصل به آن اشاره شده است. در ضمن تنها تفاوت امولسیون‌های بالک نسبت به امولسیون‌های کارتریجی این است که در خصوص امولسیون‌های بالک که بایستی پس از تولید به

جدول ۲- میزان مصرف مواد اولیه به همراه قیمت تمام شده امولایت بالک با استفاده از ۱۵٪ باروت معیوب به عنوان افزودنی.

قیمت مواد برای امولایت بالک اصلاحی به ازاء ۱۰۰ کیلوگرم محصول				
ردیف	نام ماده مصرفی	نسبت مصرف (%)	نرخ واحد (ریال)	قیمت مصرف (ریال)
۱	نیترات آمونیوم امولایتی	۵۵	۶۶۰	۳۶۳۰۰
۲	نیترات سدیم	۴/۶	۳۹۵۹	۱۸۲۱۱/۴
۳	پرلیت	۱۰	۲۰۰	۲۰۰۰
۴	امولسی فایر	۱	۹۵۵۲۰	۹۵۵۲۰
۵	روغن درفش ۳۶	۱/۲۵	۸۷۹۸	۱۰۹۹۷/۵
۶	گازوئیل	۳/۱۵	۱۶۸	۵۲۹/۱
۷	باروت معیوب	۱۵	-	۰
۸	آب نرم	۱۰	۷۰	۷۰۰
				قیمت واحد محصول (ریال)
				۱۶۴۲۵۸

جدول ۳- میزان مصرف مواد اولیه به همراه قیمت تمام شده امولایت بدون استفاده از باروت معیوب.

قیمت مواد برای امولایت بالک به ازاء ۱۰۰ کیلوگرم محصول				
ردیف	نام ماده مصرفی	نسبت مصرف (%)	نرخ واحد (ریال)	قیمت مصرف (ریال)
۱	نیترات آمونیوم امولایتی	۶۰	۶۶۰	۳۹۶۰۰
۲	نیترات سدیم	۱۰/۳	۳۹۵۹	۴۰۷۷۷
۳	پرلیت	۱۰	۲۰۰	۲۰۰۰
۴	امولسی فایر	۱/۲	۹۵۵۲۰	۱۱۴۶۲۴
۵	روغن درفش ۳۶	۴/۴	۸۷۹۸	۳۸۷۱۱
۶	گازوئیل	۲	۱۶۸	۳۳۶
۷	مواد پراثرزی معیوب	۰	-	۰
۸	آب نرم	۱۲/۱	۷۰	۸۴۷
				قیمت واحد محصول (ریال)
				۲۳۶۸۹۵

۳-۳- نتیجه گیری

امولسیون بالک نه تنها باعث بهبود خواص انفجاری و افزایش سرعت انفجار منفجره‌های امولسیونی بالک می‌شوند، بلکه از لحاظ اقتصادی نیز انجام این کار مقرون به صرفه می‌باشد. به علاوه با انجام این کار می‌توان از آسیب‌های وارده به محیط زیست که در اثر روش‌های متداول انهدام این مواد بوجود می‌آیند نیز جلوگیری به عمل آورد.

به‌کارگیری باروت‌های معیوب به‌شکل آسیاب شده در فرمولاسیون‌های منفجره‌های امولسیونی بالک به عنوان یکی از راه‌های مؤثر و مقرون به صرفه به کارگیری این مواد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی شده نشان دادند که به کارگیری این مواد در فرمولاسیون منفجره‌های

منابع

- [1]. Van Ham, D. N. H. A. "Environmentally Acceptable Disposal of Ammunition and Explosive."; Prins Maurits Laboratory, 22nd International Conference of ICT, 1991.
- [2]. Kenneth, R.; William, J. I.; Russell R.; Wallace , E. S.; "Gelled slurry explosive."; US Patent 4,324,599, 1982.
- [3]. Patrick, L. C.; Robert, W. P.; Morgan, H.; "Beneficial Use of Class 1.1 Rocket Propellant."; US Patent 5,291,831, 1994.
- [4]. David S. W.; "Environmentally Neutral Reformulation of Military Explosives and Propellants."; US Patent 5,445,690, 1995.
- [5]. Ross P. C.; Walter, B. G.; Oldrich, M.; Gary, R. E.; "Beneficial Use of Energy- Containing Wastes." US Patent 5,536,897, 1996.
- [6]. Kirk- Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology."; Wiley- Interscience: New York, 1998, Vol. 10, Electronic Version.
- [7]. Arun, K. C.; "Emulsion Explosive"; US Patent 5,500,062, 1996.
- [8]. Yoshiyuki, I.; Atsuo, I.; Yoshio, T.; "Water-In-Oil Type Emulsion Explosive." US Patent 5,000,802, 1991.
- [9]. Don, H. C.; Jared, R. H.; "Gassed Emulsion Explosive." US Patent 6,022,428, 2000.
- [10]. Fordham, S.; "High Explosives and Propellant." 2nd Ed., Pergamon Press, New York, pp 456- 469, 1980.