

تولید ترکیب D-2 در مقیاس پایلوت جهت استفاده در خرج سر جنگی

مصطفی نقی پور^۱ و محمدجواد غلامی^۲

سازمان صنایع دفاع

چکیده

ترکیب D-2 که یک عامل غیر حساس کننده مواد منفجره است. ترکیب یکنواختی از سه جزء نیتروسولوز، لسیتین و واکس با خصوصیتی معین می باشد. این ترکیب در صورت اختلاط با ماده منفجره، باعث رقیق شدن و پوشش گرانولهای ماده منفجره می شود که این منجر به کاهش حساسیت و افزایش پایداری می گردد. در این مقاله ابتدا درباره چگونگی اثر غیرحساس کننده ها بر مواد منفجره بحث می شود و سپس به خواص ترکیب D-2 اشاره می گردد. آنگاه خصوصیات مواد اولیه مورد نیاز برای تولید واکس نظامی D-2 مورد مطالعه قرار گرفته و روش تولید این ترکیب شرح داده می شود. همچنین عوامل موثر در تولید محصول با کیفیت مطلوب نیز مورد بحث قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: واکس، ترکیب D-2، غیر حساس کننده، سر جنگی، پرتابه

۱. مقدمه

تولید، نگهداری و حمل و نقل مواد منفجره، باید از دیدگاههای مختلفی مورد توجه قرار گیرد: بالا بودن سطح ایمنی، عملی بودن فرآیندها، پائین بودن هزینه ها، تغییر نکردن خواص اجزاء تشکیل دهنده محصول همگی از جنبه هایی هستند که باید در این راستا مورد توجه قرار گیرند.

۱ - کارشناسی ارشد

۲ - کارشناسی ارشد

اجزاء تشکیل دهندهٔ این ماده TNT ، پودر آلومینیوم، RDX و مقداری ترکیب D-2 می‌باشد. شارژ سرجنگیها با استفاده از این ماده از طریق ریخته‌گری مذاب آن صورت می‌گیرد. بنابراین هم در مرحلهٔ تولید تورپکس و هم شارژ سرجنگی، این ماده بصورت مذاب خواهد بود. یعنی سیستم بصورت مایع با دمای بالا است. در این شرایط جهت جلوگیری از رسوب اجزاء جامد در مخلوط و نیز ارتقاء سطح ایمنی فرآیندهای تولید و شارژ، از ترکیب D-2 استفاده می‌شود. این ماده با تنظیم دانسیتهٔ فاز مایع و نیز اعمال نقش غیرحساس کنندگی، این اهداف را برآورده می‌کند.

در این مقاله، اساس فعالیت عبارتست از: تولید ترکیب D-2 بعنوان غیرحساس کننده در مقیاس پایلوت. بنابراین، این بحث بیشتر به تئوری غیرحساس کردن مواد منفجره، نقش ترکیب D-2 در مواد منفجره، مشخصات پایلوتی که برای تولید این ماده ساخته شده است و شیوهٔ تولید این ماده می پردازد.

۲. مبانی تئوری

۲-۱- مکانیزم اثرگذاری غیرحساس کننده‌ها

نیترانها و نیتریت‌های پر انرژی، اغلب بعنوان اکسید کننده استفاده می‌شوند. حساسیت این مواد به برخی عوامل مانند شوکهای مکانیکی، حرارت، فشار، اصطکاک و ... زیاد است. در نتیجه حمل و نقل، نگهداری و کار با آنها بدون غیرحساس کردن آنها، به آسانی امکان‌پذیر نیست.

غیرحساس کردن عبارت است از تکنیکی که با آن مادهٔ منفجره یا پیشران، در مقابل عوامل فوق، بدون اینکه اثر منفی قابل ملاحظه‌ای در مقدار انرژی، عملکرد و پایداری زمانی آن ایجاد شود پایدار می‌گردد. این مهم با استفاده از مواد مختلف غیرحساس کننده قابل دستیابی است.

مادهٔ غیر حساس کننده بصورت مخلوط با مواد منفجره و یا بصورت لاینر با مکانیزمهای فیزیکی یا شیمیایی خاصی، نقش غیرحساس کنندگی خود را ایفا می‌کند که بطور خلاصه عبارتند از:

۱- بعنوان یک مادهٔ رقیق کنندهٔ مواد منفجره، سرعت واکنشهای شیمیایی گرمازا (اگزوترمیک) را کاهش می‌دهد.

۲- در دماهای پائین‌تر از دمای تخریب سریع مواد منفجره، وارد برهم‌کنش گرماگیر (اندوترمیک) با مواد منفجره شده و حصول دمای

تخریب سریع را به تأخیر می‌اندازد.

۳- بعنوان یک عایق، انتقال حرارت از غلاف سرجنگی به مواد منفجره داخل آنرا کاهش می‌دهد. این عمل همچنین در انتقال حرارت بین کریستالی مواد منفجره نیز اتفاق می‌افتد.

۴- بعنوان یک عامل بازدارندهٔ شیمیایی از شروع واکنش شیمیایی تخریب زود هنگام مادهٔ منفجره جلوگیری می‌کند.

۵- با پوشش ذرات مواد منفجره و از طریق روان‌کنندگی و جذب شوک از حساسیت این مواد به عوامل محرک می‌کاهد [۲ و ۱]. البته در بعضی مواقع استفاده از مواد غیرحساس کننده مانند واکسها، مزایای دیگری هم ایجاد می‌کند. بعنوان مثال در ترکیبات منفجرهٔ چند جزیی که باید برای ریخته‌گری ذوب شوند، به منظور تنظیم دانسیتهٔ فاز مایع و جلوگیری از رسوب اجزاء پودری جامد، درصد معینی از این مواد استفاده می‌شود. بعنوان مثال در تولید تورپکس و شارژ آن در سرجنگیها، برای ایمنی بیشتر و نیز جلوگیری از رسوب پودر آلومینیوم و ذرات RDX در مایع TNT، در حدود ۵ درصد وزنی ترکیب D-2 استفاده می‌شود [۵و۲]. البته واکسهای معادل ترکیب D-2 نیز وجود دارد که در مواد منفجره با مقادیر متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آنچه در مورد این واکسها اهمیت دارد این است که در دمایی بالاتر از 71°C ذوب شوند. این دما، بیشترین دمایی است که می‌توان تحت آن مهمات را بدون تخریب آنهم بصورت مقطعی انبار نمود. این واکسها بطور کلی به دو گروه طبیعی و مصنوعی (سنتزی) تقسیم می‌شود[۲]. هر یک از این واکسها کارایی خاصی دارد که پرداختن به آن از حوصلهٔ این بحث خارج است.

۲-۲- پایهٔ شیمیایی مواد غیرحساس کننده

اغلب عوامل غیرحساس کننده، برشهای مختلف نفتی، پلیمرها، مومهای طبیعی و سنتزی و واکسهای میکروسکوپی ویژه‌ای هستند. این عوامل اغلب کمیاب و گران‌اند. آنها می‌توانند از دستهٔ الکلهای اشباع شده با وزن ملکولی ۴۰۰ تا ۸۰۰، آلکانهای با وزن ملکولی ۴۰۰ تا ۸۰۰، اسیدهای اشباع شده با وزن ملکولی ۳۵۰ تا ۷۵۰، استرهای اشباع شده با وزن ملکولی ۳۵۰ تا ۷۵۰، مخلوطی از مواد فوق، پلی‌اتیلن، پلی ایزوپرن، پلی‌یورتان، رزینهای پلی استری اشباع نشده با پیوندهای عرضی با استایرن، پلیمرهای وینیلی و ... باشند [۳].

۲-۳- ترکیب D-2 و نقش آن در فرمولاسیون مواد منفجره

ترکیب D-2 ، یک عامل غیر حساس‌کننده مواد منفجره است. بعنوان مثال برای اینکه ترکیب B که شامل مخلوط ۶۰/۴۰ از RDX / TNT است، غیرحساس گردد در حدود ۴٪ از ترکیب D-2 با آن مخلوط می‌گردد. در اینجا جزء واکس با رقیق کردن مخلوط و پوشش دانه‌های RDX، از فعالیت و حساسیت آن می‌کاهد. چون اختلاط RDX و واکس خالص مشکل و زمان‌بر است، از ترکیب D-2 که مخلوطی از واکس، لسیتین و نیتروسولوز است و قابلیت بیشتری برای تشکیل یک مخلوط همگن با RDX دارد و پوشش دانه‌های آن را بطور کامل انجام می‌دهد استفاده می‌شود.

اگر از واکس خالص بدین منظور استفاده شود، در حدود ۱۲٪ از وزن RDX باید از آن استفاده نمود [۳].

در ترکیب D-2، واکس بعنوان عامل غیرحساس کننده بوده و نیتروسولوز قابلیت تشکیل فیلم توسط واکس را افزایش می‌دهد. لسیتین نیز بعنوان یک مادهٔ ترکننده کشش سطحی بین واکس و نیتروسولوز را کاهش داده و اختلاط آنها را تسریع می‌کند. همچنین کشش سطحی بین ترکیب D-2 و گرانولهای مواد منفجره مانند RDX بوسیلهٔ لسیتین کاهش یافته و فرآیند اختلاط و پوشش ذرات مواد منفجره سرعت بیشتری می‌یابد.

۲-۴- کاربردهای ترکیب D-2

ترکیب D-2 را عموماً برای غیر حساس کردن مواد منفجرهٔ قابل ریخته‌گری استفاده می‌کنند. تورپکس ترکیبی است که با استفاده از ترکیب D-2 برای اولین بار در انگلستان غیرحساس شد. در واقع تورپکس ترکیبی بود که با استفاده از ترکیب D-1 غیرحساس شده بود، اما به دلیل نقطهٔ ذوب پائین واکس مورد استفاده در آن (در حدود ۵۵ °C) در مناطق گرم غیرقابل استفاده بود. به همین دلیل به جای ترکیب D-1 از ترکیب D-2 استفاده شد که شامل واکسی با نقطهٔ ذوب در حدود ۹۰-۸۰ °C بود.

به تورپکس مخلوط با ترکیب D-2 ، HBX اطلاق گردید. فرمولاسیون HBX بصورت ۳۸/۱۷/۴۰/۵ از TNT/AL/RDX/D-2 wax می‌باشد [۲].

همچنین ترکیب D-2 را در مواد منفجرهٔ پر انرژی قابل ریخته‌گری حاوی پودر آلومینیوم و دیگر عوامل پر انرژی همچون RDX و HMX که در آنها پودرهای جامد در ماتریکسی از یک مادهٔ منفجره مانند

TNT مایع پخش می‌شوند برای جلوگیری از رسوب اجزاء جامد و ارتقاء ایمنی استفاده می‌شود [۵].

در این کار تحقیقاتی هدف، تهیهٔ ترکیب D-2 برای استفاده در ترکیب تورپکس ۲ (HBX) است.

۳. تولید ترکیب D-2

۳-۱- مواد اولیه

مواد اولیه‌ای که در تولید ترکیب D-2 مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول ۱ نشان داده شده است.

۳-۱-۱- واکس (عامل غیر حساس کننده)

واکس جزء اصلی ترکیب D-2 است که نقش غیر حساس‌کنندگی را ایفا می‌کند. مشکل اصلی تهیهٔ ترکیب D-2 یافتن واکسی است که به راحتی در مذاب TNT پخش شده و از طرف دیگر تا دمای ۶۰ °C و در زمان طولانی از TNT جدا نشده و از آن تراوش نکند [۲].

خواص این واکس باید با الزامات استاندارد MIL-W-20553 مطابقت داشته باشد [۶]. جدول زیر بیانگر خواص واکس مصرفی است. توجه به این نکته ضروری است که در منابعی که در دسترس هستند به نوع واکس مصرفی در ترکیب D-2 اهمیتی داده نشد، بلکه در انتخاب واکسهای مناسب بر تأمین خواص مذکور در جدول (۲) تأکید می‌شود.

۳-۱-۲- لسیتین (امولسیون کننده):

لسیتین ماده‌ای است که منشاء آن دانه‌های نوعی سویا است. این ماده از مشتقات فسفاتیدیک اسید می‌باشد که در آن فسفریک اسید با پیوندهای استری به یک کولین متصل است. هیدرولیز کامل آن یک مول گلیسرول، فسفریک اسید، کولین و دو مول اسید چرب می‌دهد [۷]. از لحاظ فیزیکی و شیمیایی، لسیتین مورد استفاده برای ترکیب D-2 باید الزامات استاندارد MIL-L-3061 را برآورده نماید. این الزامات در جدول ۳ آورده شده‌اند.

جدول ۱- ترکیب درصد وزنی اجزاء در ترکیب D-2 [۴]

(عامل غیر حساس کننده) واکس	۳ ± ۸۴
لسیتین	۵/۰ ± ۳
نیتروسولوز	۱ ± ۱۴

جدول ۲- خواص واکس مورد استفاده در ترکیب D-2

خاصیت	الزام
نقطه ذوب (°F)	حداکثر ۲۰۰ ، حداقل ۱۷۵
ویسکوزیته در °F ۲۱۰ (سانتی استوک (Centi stock))	۶- / + ۱۵
نفوذ با واحد mm ۰/۱ در دودمای °C ۲۵ و °C ۴۳	۶ و ۳۵
دمای اشتعال (°F)	۴۰۰
مواد غیر محلول آلی (حداکثر درصد)	۰/۰۳
قلیایی (حداکثر درصد)	ندارد
اسیدیته (حداکثر درصد استیک اسید)	۰/۰۱
میزان درصد وزنی روغن	۲/۵
تراوش (exudation) در °F ۱۶۰ برحسب (حداکثر درصد)	۳/۰
اثرانگشت (Finger print)	به روش DSC ^۱

جدول ۳- خواص شیمیایی و فیزیکی لسیتین

خاصیت	مقدار	
	حداکثر	حداقل
درصد رطوبت	۱/۰	---
مواد غیر محلول در بنزن	۰/۱	---
عدد اسیدی	۲۴	---
مواد غیر محلول در استن - درصد	---	۶۸
لسیتین - درصد	---	۱۹/۰

لازم به ذکر است که نام شیمیایی این ماده L- α- Lecithin 3-sn-Phosphatidylcholine می باشد که به آن هم گفته می شود. فرمول شیمیایی این ماده $C_{40}H_{80}NO_8P$ بوده و دارای ساختمان ملکولی زیر باشد [۷ و ۹].

1- Differential Scanning Calorimetry



شکل (۱): ساختمان شیمیایی لسیتین

۳-۱-۳- نیتروسلولز

نیتروسلولز مورد استفاده در فرمولاسیون ترکیب D-2 باید دارای ویژگیهای استاندارد TT-N-350 از نوع II باشد. این نیتروسلولز، به دلیل قابلیت ایجاد فیلم، برای استفاده در پوششهای صنعتی مناسب است. این امر، بیانگر علت استفاده از NC در ترکیب D-2 است. در جدول (۴)، خواص نیتروسلولز مورد استفاده آورده شده است. نیتروسلولز مصرفی در تهیه ترکیب D-2 با مشخصات فوق از صنایع شیمیایی پارچین خریداری شده است.

۳-۲- مشخصات پایلوت مورد استفاده برای تولید

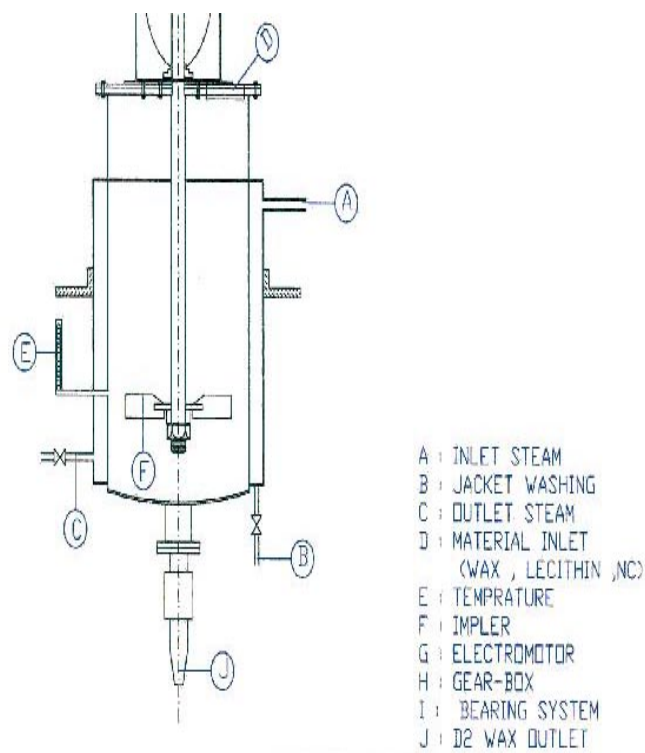
ترکیب D-2 مخلوطی یکنواخت از سه ماده اولیه ذکر شده در جدول (۱) می باشد. از این رو طراحی و ساخت پایلوت مطلوب با در نظر گرفتن موارد زیر عملی گردید:

- انتقال حرارت سریع به واکس به منظور ذوب شدن واکس در کوتاهترین زمان ممکن بدون اینکه سوخته شود.
- همزدن با کارایی بالا صورت گیرد.
- کنترل دما درحد مطلوب امکان پذیر باشد.
- تخلیه محصول به آسانی انجام شود.

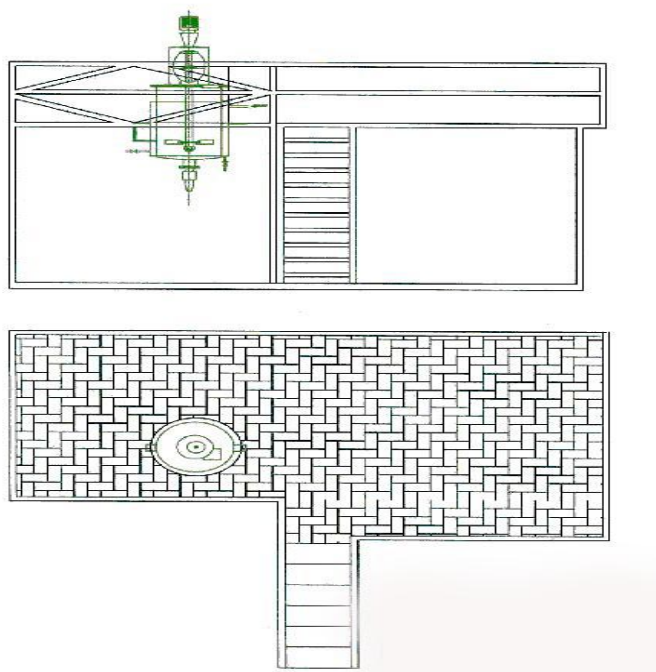
جدول ۴- مشخصات نیتروسولوز مصرفی در ترکیب D-2

ویژگیها	مقدار
درصد ازت	۱۱/۹۴
ویسکوزیته (Tip)	۲۹
نرمی (ml)	۱۲۰
درصد مواد غیر محلول در استون	۰/۰۷
پایداری (برگمن - یانگ) ($NO \frac{ml}{gr}$)	۱/۲۴
درصد رطوبت	۲۶/۷
درصد قلیائیت	۰/۰۱
درصد کدورت	۵/۸۷
فیلم	نرم
پس از الکلی شدن	درصد مجموع آب و الکل
	درصد آب

برای حصول اهداف فوق، یک مخزن ژاکت‌دار استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۸۰ و به قطر داخلی ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. جنس این مخزن از فولاد ضد زنگ است. ژاکت حرارتی آن بوسیله یک ورودی بخار و یک خروجی مجهز به تله بخار تجهیز می‌گردد. به منظور اطلاع از دمای داخل مخزن، یک ترمومتر که بتواند تا دمای 120°C را نشان دهد در قسمت جداره مخزن نصب می‌گردد. سیستم همزن آن بر روی یک پایه که به بدنه این استوانه نصب می‌شود قرار داده می‌شود. برای وارد کردن مواد اولیه، یک دریچه به ابعاد 20×20 سانتیمتر در قسمت بالای مخزن در نظر گرفته شده است. محصول پایانی از شیری که به قاعده پائینی مخزن نصب شده است خارج می‌شود. ابعاد این مخزن بگونه‌ای انتخاب شده که در حالت پر شامل 100 kg محصول باشد. برای اینکه شارژ و تخلیه مخزن با ایمنی بالا امکان‌پذیر باشد کل سیستم بر روی سکوه ابعاد $1/50 \times 2$ متر بوده و ارتفاع آن از سطح زمین $1/90$ متر می‌باشد نصب می‌گردد. برای سهولت دسترسی به سیستم فوق از یک پلکان آهنی هم استفاده می‌شود. شکل ۲ و ۳ نمای شماتیک مخلوط‌کن را نمایش می‌دهند.



شکل (۲): نمای شماتیک از مخلوط‌کن



شکل (۳): نمایی از شماتیک مخلوط‌کن نصب شده بر روی سکو

۳-۳- دستورالعمل تهیه ترکیب D-2

۳-۳-۱- مخلوط کردن اجزاء تشکیل‌دهنده در ترکیب D-2

از آنجائیکه واکس دارای نقطه ذوبی در محدوده $93/3-79/4$ درجه سانتیگراد می‌باشد لازم است به منظور اجتناب از خطرات احتمالی، دمای واکس ذوب شده را تا حدود 10°C بالاتر از نقطه ذوب آن رسانده و در طی عمل مخلوط کردن دمای آن را در آن حد ثابت نگه داشت. بنابراین بعد از توزین واکس بطور دقیق آن را درون محفظه ذوب ریخته و شیر بخار را باز می‌کنیم تا انتقال حرارت از طریق ژاکت حرارتی به واکس، باعث ذوب آن شود.

برای یک پارتنی ۱۰۰ کیلوگرمی به اندازه ۸۴ کیلوگرم واکس، ۱۴ کیلوگرم NC خشک و ۲ کیلوگرم لسیتین توزین می‌گردد. بلوکهای واکس باید شکسته شده و برای سریعتر ذوب شدن تاحد ممکن به تکه‌های ریزتر تبدیل شوند. با احتساب ۲۵ درصد وزنی الکل در NC الکلی، برای حصول ۱۴ کیلوگرم NC خشک باید ۱۷/۵ کیلوگرم NC الکلی توزین نمود.

بعد از اضافه کردن کل واکس به مخزن، شیر بخار را باز می‌کنیم تا دما به $100-110^{\circ}\text{C}$ برسد. باید با استفاده از تنظیم جریان بخار، دما را در این حد ثابت نگهداشت. برای تسریع عمل ذوب شدن، همزن را هر ۱۰

دقیقه یک بار به مدت چند ثانیه روشن می‌کنیم. کل زمان ذوب شدن در حدود ۲-۲/۵ ساعت خواهد بود.

لسیتین توزین شده را در واکس ریخته و به مدت ۵ دقیقه هم می‌زنیم. بعد از اینکه از پخش شدن یکنواخت لسیتین در واکس مطمئن شدیم نیتروسلولز را به تدریج به آن اضافه می‌کنیم. بعد از اینکه اضافه کردن آن به پایان رسید به مدت ۳۰ دقیقه عمل همزدن را ادامه می‌دهیم. آنگاه نسبت به تخلیه مواد از مخزن اقدام می‌کنیم.

۳-۳-۲- تشکیل پرک و دانه‌بندی

مایع موجود در مخزن به یک سینی که برآمدگی دور آن تقریباً ۲ mm بوده و قبلاً دمای آن با یک وسیله حرارتی تا حدود ۶۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته، منتقل می‌گردد. به دلیل گرم بودن سینی مایع پس از اینکه بر روی آن ریخته شد به آسانی در سطح آن پخش می‌شود. سپس در دمای محیط اجازه داده می‌شود تا مایع سرد و جامد شود. ماده حاصل را که ترد و شکننده است خرد کرده و بصورت پرک در آورده می‌شود. لازم به ذکر است که محصول باید حداکثر تا ۲ ساعت بعد از اتمام مراحل تولید از مخزن خارج شود و گر نه خواص آن در دمای بالا تغییر خواهد نمود.

ضخامت پرک در حدود ۱/۱۶ اینچ خواهد بود. محصول نهایی می‌تواند به شکل کلوخ هم باشد. چون نقطه ذوب واکس ۹۲ درجه سانتیگراد یعنی کمتر از دمای جوش آب است و از آنجا که فاز واسط در مرحله غیرحساس کردن مواد منفجره‌ای چون RDX, HMX و ... در بسیاری از مواد آب است، امکان ذوب شدن واکس قبل از تبخیر کامل آب وجود دارد. از اینرو اگر واکس به شکل کلوخ هم باشد مشکلی ایجاد نخواهد شد. اما درصورتیکه فاز واسط مورد استفاده دارای نقطه جوشی پایین باشد، قبل از ذوب شدن واکس تبخیر خواهد شد و یا اینکه سرعت انحلال واکس کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه برای پوشش کامل ذرات مواد منفجره با واکس، دانه‌بندی واکس مهم است. یعنی پرک بودن واکس اهمیت خواهد داشت.

۴. آنالیز ترکیب تولید شده D-2

با آنالیز واکس D-2 تولید شده در پیلوت براساس دستورالعملهای مربوطه [۴]، جدول ۵ حاصل شده است.

جدول ۵- آنالیز واکس D-2 تولید شده در پیلوت

اجزاء، ویژگیها	مقدار
نیتروسولوز	۱۴/۱٪ (وزنی)
مجموع واکس و لسیتین	۸۵/۸٪ (وزنی)
رطوبت	۰/۱٪ (وزنی)
آزمایش پخش شدن (Dispersion)	فاز جداگانه‌ای مشاهده نگردید

۴-۱- استخراج نیتروسولوز از ترکیب D-2 و محاسبه عیار آن

حدود ۳ گرم از نمونه را با دقت ۰/۱ گرم وزن کرده و با استفاده از سوکسله و حلالهای بنزن و تترا کلرید کربن شستشو داده، دما طوری تنظیم می‌گردد که از انتهای کندانسور در هر ثانیه ۲ تا ۳ قطره حلال بچکد. عمل شستشو را ۲۰ بار تکرار نموده تا جاییکه حلال خروجی کاملاً خالص باشد و پس از تبخیر اثری روی فیلتر باقی نگذارد. بعد از آن فیلتر را از سوکسله خارج کرده، در آون ۱۰۵-۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و در یک دسیکاتور خنک نموده و سپس وزن می‌شود. مقدار نیتروسولوز بصورت درصد در نمونه محاسبه می‌شود.

۴-۲- مجموع مقدار واکس و لسیتین

مجموع واکس و لسیتین از کم کردن درصد وزنی نیتروسولوز در ترکیب

D-2 از ۱۰۰ بدست می‌آید.

۴-۳- رطوبت ترکیب D-2

در حدود ۲۵ گرم از نمونه ترکیب D-2 به دقت وزن شده و به یک بالن ته گرد ۵۰۰ میلی‌لیتری اضافه می‌کنیم. چند تکه سنگ جوش یا دانه شیشه‌ای برای جلوگیری از سر ریز شدن در آن می‌اندازیم. یک لوله جمع‌آوری رطوبت که تا ۰/۱ میلی‌لیتر درجه‌بندی شده و قبلاً استاندارد گشته است به آن متصل می‌کنیم. به نوک این لوله، یک لوله کندانسور کوچک وصل می‌کنیم. ۱۵۰-۲۰۰ میلی‌لیتر از کربن تتراکلرید (بدون آب) را از طریق لوله جمع‌آوری رطوبت وارد می‌کنیم. دستگاه را روی حمام بخار قرار داده و اجازه می‌دهیم که محتویات آن به مدت یکساعت بجوشد، CCl₄ و آب بخار شده و در لوله کندانسور متراکم شده و به لوله اندازه‌گیری بر می‌گردند. فاز آب بر روی فاز CCl₄ قرار می‌گیرد، در حالیکه CCl₄ اضافی به بالن بر می‌گردد. بعد از پایان یک ساعت لوله را در موقعیت عمودی قرار داده و می‌خوانیم:

۱- نوک لایه آب.

۲- نوک لایه تتراکلریدکربن.

تفاوت بین این دو را بعنوان حجم آب ثبت می‌کنیم. فرض می‌کنیم که هر میلی‌لیتر از آب یک گرم وزن دارد. در این صورت درصد وزنی رطوبت در نمونه را بصورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{100V}{W}$$

که در آن:

V = حجم آب به ml.

W = وزن نمونه برحسب گرم.

۴-۴- آزمایش پخش شدن (Dispersion)

تقریباً ۵ گرم از نمونه ترکیب D-2 و حدود ۲۰ گرم TNT را وزن می‌کنیم. آنها را در لوله آزمایش ۳/۴ اینچ قرار می‌دهیم. لوله را در حمام آب یا روغن با دمای 2 ± 90 درجه سانتیگراد قرار می‌دهیم. به محض اینکه TNT ذوب شد محتویات داخل لوله را با حرکت عمودی یک سیم که سر آن به شکل حلقه است مخلوط می‌کنیم. بعد از مخلوط شدن اجازه می‌دهیم نمونه به اندازه ۵ دقیقه به حالت ایستاده بماند. هیچ لایه واضحی از TNT نباید در این زمان در مایع داخل لوله به شکل فاز جداگانه دیده شود [۴].

۵. بحث و نتیجه‌گیری

ترکیب D-2 ، بعنوان عامل غیر حساس کننده و عامل جلوگیری از رسوب اجزاء جامد در مایع TNT (در هنگام ریخته‌گری) با موفقیت صورت گرفت.

همچنین پخش شدن ترکیب D-2 در TNT و در نتیجه عدم مشاهده فاز جداگانه در آزمایش دیسپرسیون، محصول تولید شدهٔ D-2 را از لحاظ کیفی مورد تأیید قرار می‌دهد. همچنین عوامل مؤثر بر فرآیند و کیفیت محصول در جدول (۶) آورده شده است.

ترکیب D-2 بعنوان یک غیرحساس کنندهٔ مواد منفجره بصورت مخلوط با آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از تولید، این ماده به مقدار ۴ الی ۶ درصد در خرج سرجنگی یک سیستم پرتابی (تورپکس ۲) استفاده شده و نتایج رضایت بخشی حاصل گردید.

تولید تورپکس ۲ که یک مادهٔ منفجرهٔ قوی شامل TNT، RDX و پودر آلومینیوم بوده و باید در دمای بیش از ۸۰ °C در سرجنگی سیستم پرتابی مورد نظر، ریخته گری شود، با استفاده از حدود ۴-۶ درصد وزنی

جدول ۶- فاکتورهای مختلف مؤثر بر فرآیند و کیفیت محصول

فاکتور	عملکرد
دما	در مرحلهٔ ذوب واکس و مخلوط کردن دما باید در محدودهٔ ۹۰-۱۰۵ °C کنترل شود. دماهای پائین باعث انجماد مجدد و دماهای بالا باعث تیره شدن محصول می‌گردند.
زمان	در صورت طولانی شدن زمان ماندگاری محصول در مخزن (حداکثر ۲ ساعت)، باعث اتلاف انرژی و تغییر ویژگی محصول نهایی می گردد.
اندازهٔ تکه‌های اولیهٔ واکس	هر چه تکه‌های اولیهٔ واکس کوچکتر باشند ذوب شدن سریعتر صورت می‌گیرد.
سرعت افزودن NC به مخزن	NC را نباید با دبی بیش از ۵۰۰ gr/min به مخزن اضافه نمود چون کف حاصل از تبخیر الکل، باعث سرریز مایع از مخزن می‌شود.
حداکثر میزان مواد اولیه	حداکثر باید ۶۰ کیلوگرم واکس در مخزن ریخت تا از سرریز شدن مخلوط در هنگام افزودن NC، جلوگیری کرد.
سرعت همزن	۲۰۰ rpm (ثابت در همهٔ مراحل تولید)
شکل مخزن	استوانه‌ای که قسمت پائینی آن به شکل مخروط باشد تا تخلیهٔ محصول با سرعت و راندمان بالایی صورت گیرد.
ترتیب اضافه‌کردن NC و لسیتین	اگر قبل از لسیتین، NC به واکس مایع اضافه شود رنگ محصول سفید می‌شود.

۶. مراجع

- [1]. Hontgas, Christopher, Endothermic approach for desensitizing explosive ordnance, USP; 4, 127, 849.
- [2]. Encyclopedia of explosives and related items, vol 10, Seymour M. Kaye, picatinny Arsenal, New Jersey, USA 1983, W20- W57
- [3]. Joel M.Schnar, Desensitizing agent for compositions contaning crystalline high- Energy Nitrates and Nitrites USP 4,097,317 Jun. 27, 1978
- [4]. Composition D-2, MIL- C- 18164 (OS), Millitary Specification, 23July 1986.
- [5]. Ulsteen; Kare, USP 4,376,083, March 8, 1983
- [6]. Wax, MIL- W- 20553D, Millitary Specification, Amendment 1, 3 September 1987.
- [7]. [http:// Publochem. ncbi. nlm. nih. gov/summary/summary. Cgisd = 167212](http://Publochem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.Cgisd=167212)
- [8]. Lecithin (for use in explosive), MIL- L- 3061b (OS), 13 June 1989
- [9]. [http:// en wikipedia. Org/wiki/Dictionary of chemical formulas/C40- C49](http://en.wikipedia.Org/wiki/Dictionary_of_chemical_formulas/C40-C49)