Archive of SID

مجله علمی - پژوهشی "مواد پرانرژی"

سال یازدهم، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۹، بهار ۹۵: ص ۶۰-۵۵

مطالعه خواص مکانیکی و سرعت سوزش یک نمونه پیشرانه جامد دوپایه با پایدارکننده‌های آکاردیتII، سانترالیتI و یا ۲- نیترو دی فنیل آمین

رضا فارغی علمداری[۱]*، سید امان اله موسوی ندوشن[۲]، نگار ذکری[۳]، مجید محمدی والا[۴]

۱- دانشیار، ۲- دانشجوی دکتری، ۳- دکتری دانشگاه صنعتی مالک اشتر ۴- کارشناس ارشد سازمان صنایع دفاع

(تاریخ وصول: ۹۴/۵/۱۷، تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۵)

چکیده

داشتن خواص مکانیکی مطلوب و تعیین سرعت سوزش پیشرانه به مقدار دلخواه از جمله مواردی است که همواره مورد نظر محققان و طراحان در حوزه پیشرانه می‌باشد. در این مقاله به بررسی تأثیر پایدارکننده بر روی این پارامترها با استفاده از تغییر در نوع و مقدار پایدارکننده (آکاردیتII، ۲- نیترو دی فنیل آمین و سانترالیتI) پرداخته شده است. پس از نمونه‌سازی و انتخاب پیشرانه مورد نظر، آزمون‌های خواص مکانیکی و سرعت سوزش روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. نتایج به دست آمده از آزمون‌های خواص مکانیکی و سرعت سوزش نشان داد که خواص مکانیکی پیشرانه شامل پایدارکننده سانترالیتI بیشتر از پیشرانه با پایدارکننده آکاردیتII و ۲- نیترو دی فنیل آمین است. همچنین افزایش درصد پایدارکننده آکاردیتII در پیشرانه سرعت سوزش پیشرانه را کاهش می‌دهد، در صورتی که افزایش پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین در پیشرانه سرعت سوزش پیشرانه را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پیشرانه جامد دو پایه، پایدارکننده، آکاردیتII، ۲- نیترودی فنیل آمین، سانترالیتI، سرعت سوزش، خواص مکانیکی.

Mechanical Properties and Burning Rate Studies of Double-Base Propellants with AkarditeII, Centralite, or 2-NDPA as Stabilizers

R. Fareghi Alamdari*, S. A. Moosavi Nadooshan, N. Zekri, M. Mohammadi Vala

Maleke Ashtar University of Technology, Tehran

(Received: 8/8/2015, Accepted:10 /17/2015)

Abstract

Mechanical properties and burning rate are very important parameters for solid propellants. In this work, the effects of quality and quantity of stabilizers as AkarditeII, 2-NDPA and CentraliteI on the mechanical properties and burning rate of double-based propellants are investigated. The results showed that, by CentraliteI increased mechanical properties of propellant compared to AkarditeII and 2-NDPA stabilizers. Increasing the amount of AkarditeII decreased burning rate while increasing the amount of 2-NDPA, increased burning rate.

Keywords: Double-Based Propellant, Stabilizer, AkarditeII, 2-NDPA, CentraliteI, Mechanical Properties, Burning rate.

* Corresponding Author E-mail: reza_fareghi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

پایدارکننده‌ها عموماً موادی هستند که به مقدار اندک در ترکیبات یا مخلوط‌ها به کار رفته و باعث پایدار شدن آن‌ها می‌گردند. در مورد پیشرانه‌ها، عموماً پایدارکننده‌ها جهت کنترل سرعت تجزیه نیترات استرها و در نتیجه برای افزایش عمر انبارداری پیشرانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند[۱و۲]. افزودن پایدارکننده به پیشرانه، علاوه بر تأثیر بر پایداری پیشرانه، بر خواص مکانیکی، سرعت سوزش و خواص احتراقی پیشرانه نیز تأثیرگذار است. یک پایدارکننده مناسب علاوه بر این که به عنوان یک پایدارکننده باید وظیفه خود را به نحو مطلوبی انجام دهد، باید دارای خواص دیگری که در زیر بیان شده نیز باشد:

- پایدارکننده باید به آسانی با اجزای دیگر پیشرانه مخلوط و یکنواخت شود.
- دارای فراریت خیلی بالا نباشد.
- استخراج نگردد.
- خود پایدارکننده و محصولات ثانویه آن نباید با سایر اجزای پیشرانه (مثلاً با نیتروگلسیرین و نیترو سلولز) واکنش دهد.
- سینتیک خوبی در واکنش نیتراسیون (در مقایسه با سینتیک واکنش تجزیه نیترات استرها) داشته باشد.
- بر خواص احتراقی و خواص مکانیکی پیشرانه تأثیر منفی نداشته باشد.
- مشتقات نیتروز شده آن دارای پایداری حرارتی خوبی باشد[۵-۳].

یکی از مهم‌ترین پارامترهای یک پیشرانه، میزان گرمای انفجار آن است که می‌تواند ناشی از میزان گرمای انفجار در اجزای سازنده یک پیشرانه باشد به نحوی که اگر اجزای تشکیل‌دهنده پیشرانه دارای گرمای انفجار بالایی باشند، در نهایت پیشرانه از کارایی مناسب تری برخوردار می‌باشد. تقریباً گرمای انفجار تمامی پایدارکننده‌های موجود منفی می‌باشد، بنابراین میزان پایدارکننده در پیشرانه باید به دقت تعیین گردد به نحوی که با کمترین درصد پایدارکننده به پایداری مورد انتظار پیشرانه رسید. مقدار پایدارکننده مورد استفاده در پیشرانه همچنین روی خواص مکانیکی و سرعت سوزش تأثیرگذار است[۸-۶].

لازم به ذکر است که درصد پایدارکننده به انتخاب نوع پایدارکننده نیز بستگی دارد، چرا که پایدارکننده‌ها با درصدهای مساوی می‌توانند اثرات پایداری، سرعت سوزش و خواص مکانیکی متفاوتی را ایجاد کنند. خواص مکانیکی در پیشرانه جامد برای عملکرد مناسب در موتور راکت‌ها بسیار مهم است و یکی از مهم‌ترین معیارهای یک پیشرانه، داشتن خواص مکانیکی مناسب است.

با توجه به اینکه یک پیشرانه باید حمل‌ونقل و نگهداری ایمنی را داشته باشد، لذا از نظر فرمولاسیون و فرآیند تولید به شکلی باید باشد که در محدوده دمای مورد نظر دچار تغییر حالت و شکستگی نشود.

با توجه به موارد اشاره‌شده بالا، اهمیت انجام آزمون‌های مربوط به خواص مکانیکی پیشرانه به خوبی روشن می‌شود[۱۱-۹].

با توجه به اینکه در تولید پیشرانه بسته به ترکیب پیشرانه از پایدار کننده‌های متفاوت و با درصدهای مختلف استفاده می‌شود و پایدار کننده‌های متفاوت بر سرعت سوزش، خواص مکانیکی، گرمای احتراق، پایداری و دیگر خواص پیشرانه تأثیرات متفاوتی دارند بنابراین با انتخاب یک پایدارکننده مناسب و یا استفاده از مخلوطی از چند پایدارکننده می‌توان خواص بهینه‌ای را برای پیشرانه حاصله ایجاد کرد. پایدار کننده‌های مورد استفاده در پیشرانه های دوپایه به علت ساختمان شیمیایی خود از تجزیه شتاب یافته نیتروسلولز و جلوگیری می‌نمایند. آن‌ها نقش پایدارکنندگی خود را به وسیله پیوند یافتن با محصولات تجزیه مانند اسیدآزاد یا گازهای نیتروزو ایفا می‌کنند که در نتیجه خود پایدارکننده‌ها درهمان زمان به ترکیبات نسبتاً پایداری تبدیل می‌شوند.

ترکیبات به‌کاررفته به عنوان پایدارکننده غالبا محصولات جایگزینی اوره و دی فنیل آمین هستند. پایدارکننده‌های شیمیایی عموماً ترکیباتی با هسته بنزنی می‌باشند. پایدارکننده ها علاوه بر نقش پایدارکنندگی می‌توانند بر خواص دیگری نیز اثرگذار باشند. پایدارکننده‌ها بر اساس نوع عملکرد به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

الف) ترکیباتی که تنها نقش پایدارکنندگی را دارند مانند:

دی فنیل آمین و آکاردیت I (N,N- دی فنیل اوره)

ب) ترکیباتی که علاوه بر نقش پایدارکنندگی اثر ژلاتینه کنندگی نیز دارند مانند:

سانترالیت[1] I (۱و۳- دی اتیل-۱و۳- دی فنیل اوره)

سانترالیت II (۱و۳- دی متیل-۱و۳- دی فنیل اوره)

سانترالیت III (N- اتیل-N'- متیل- N',N- دی فنیل اوره)

آکاردیت[2] II (N,N- دی فنیل-N'- متیل اوره)

آکاردیت III (N,N- دی فنیل-N'- اتیل اوره)

در این تحقیق سه پایدارکننده (آکاردیتII، ۲- نیترو دی فنیل آمین و سانترالیتI) که در هر دو دسته قرار گرفته‌اند انتخاب و اثر آن‌ها بر سرعت سوزش و خواص مکانیکی مورد بحث و بررسی قرار گرفت [۱۲].

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد و تجهیزات

پیشرانه مورد آزمایش در این تحقیق نوعی از پیشرانه جامد دوپایه ساخته‌شده به روش اکسترودی حلالی بود. فرمولاسیون این پیشرانه در جدول (۱) آورده شده است.

1- Centralite
2- Akardite

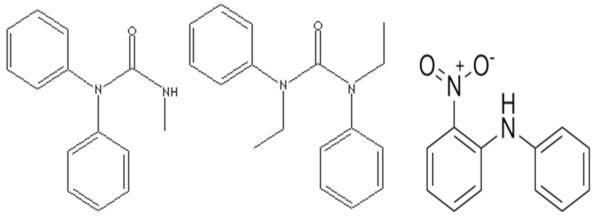
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- فرمولاسیون پیشرانه مورد آزمایش.

ردیف	نام ماده اولیه	درصد
۱	نیتروسلولز	۵۱
۲	نیتروگلسیرین	۳۵/۰۶
۳	رزورسیلات مس	۱/۹۸
۴	تری استین	۷/۵۶
۵	پایدار کننده	۰/۵-۲
۶	سایر اجزاء	۲/۴-۳/۹

در این تحقیق از سه پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین (خریداری‌شده از شرکت مرک آلمان)، آکاردیتII و سانترالیتI (خریداری‌شده از شرکت چینی Chongqing Changfeng Chemical) که از جمله پایدارکننده‌های مناسب برای پیشرانه دوپایه می‌باشند برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. ساختار شیمیایی سه پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین، آکاردیتII و سانترالیتI در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۱- ساختار شیمیایی سه پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین، آکاردیتII و سانترالیتI[۱۳] .

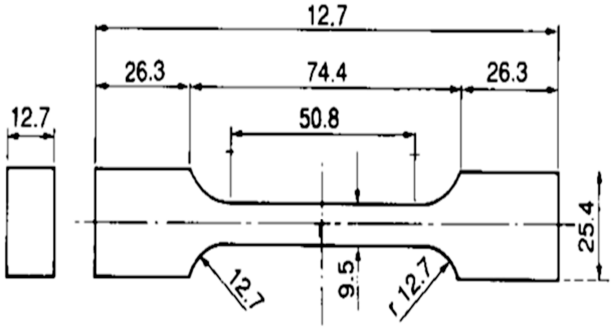
برای انجام آزمون‌های سرعت سوزش از بمب کرافورد استفاده شد. لازم به ذکر است به دلیل آنکه در تحقیق انجام‌شده کار مقایسه‌ای بین پیشرانه‌های تولیدی مورد نظر بوده است، لذا جهت صرف هزینه کمتر و سرعت بیشتر، آزمون اندازه‌گیری سرعت سوزش در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) و فشارهای ۶۰،۸۰،۱۰۰ و ۱۲۰ بار برای تمام نمونه‌ها انجام پذیرفته است.

برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی از استاندارد JANNAF[1] استفاده شده است. ابعاد نمونه دمبلی ساخته‌شده مطابق با این استاندارد در شکل (۲) آورده شده است. دستگاه کشش استفاده‌شده در این تحقیق ساخت شرکت هیوا[2] ایران بود و از دستگاه سختی سنج شرکت باریس[3] کشور آلمان برای آزمون سختی (با شور[4] D) استفاده شد.

1- Joint Arm Navy NASA Air Force
2- Hiwa
3- Bareiss
4- Shore

۲-۲- ساخت و کدگذاری نمونه‌ها

در ابتدا از رول‌های تولیدی در فاز صنعتی با استفاده از پایدارکننده‌های آکاردیتII و سانترالیتI نمونه‌های مدادی تهیه شد (این نمونه‌ها با کد FACt مشخص شدند) سپس بدون تغییر در فرمولاسیون یعنی با همان دو در صد از پایدار کننده (یک درصد آکاردیتII و یک درصد سانترالیتI) نمونه‌هایی در فاز تحقیقاتی تهیه (این نمونه‌ها با کد FACs مشخص شدند) و مورد آزمون‌های مورد نظر قرار گرفتند. تفاوت این دو نمونه در استفاده و عدم استفاده از لایه‌های تیره رنگ خمیر PVK[5] بود. با توجه به حساسیت بالای نیتروگلسیرین نسبت به دما، ضربه، اصطکاک و حتی لرزش، معمولاً نیتروگلسیرین را به صورت خالص نگهداری نمی‌کنند و در کارخانه‌ها به محض تولید، با نیتروسلولز مخلوط می‌کنند تا ضمن تولید خمیر PVK (ترکیب درصد خمیر PVK به صورت ۵٪ استن، ۱۶٪ نیتروسلولز و ۷۹٪ نیتروگلسیرین است) خطرات حمل‌ونقل و نگهداری آن کمتر شود. این لایه تیره رنگ در مدت انبارداری و پس از مدت زمان کوتاهی در سطح خمیر PVK تشکیل می‌شود. به وجود آمدن این لایه تیره رنگ به این دلیل است که در زمان تهیه خمیر PVK هیچ نوع پایدارکننده‌ای به آن اضافه نمی‌گردد و این خمیر از زمان تولید شروع به تجزیه شدن می‌شود که نتیجه آن تیره رنگ شدن خمیر PVK است. این لایه تیره رنگ حاوی ترکیبات اکسید ازت ناشی از تجزیه نیترات استرها در کل خمیر است که به سمت بالا آمده و در آنجا تجمع یافته‌اند.



شکل ۲- ابعاد نمونه‌های دمبلی جهت آزمون کشش پیشرانه[۱۴].

در مرحله بعدی نمونه‌های پیشرانه با درصدهای مختلف (۰/۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵ و ۲ درصد) از دو پایدارکننده (آکاردیتII و ۲- نیترو دی فنیل آمین) تهیه شد که این نمونه‌ها به صورت جدول (۲) کدگذاری شدند. از نمونه‌های ساخته‌شده آزمون‌های کشش، سختی و سرعت سوزش گرفته شد که نتایج آن در زیر مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

5- Pulver Vor Konzentrate (یک واژه آلمانی است و به معنی پودر تغلیظ شده است)

www.SID.ir

Archive of SID

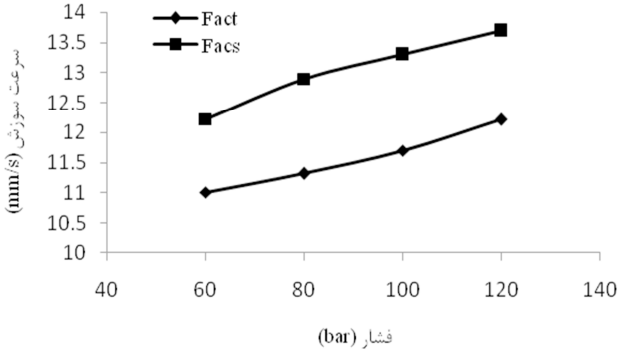
۳- نتایج و بحث

۳-۱- آزمون سرعت سوزش

نمودار تغییرات سرعت سوزش در فشارهای مختلف و دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای نمونه‌های کد FACt و FACs در شکل (۳) آورده شده است.

جدول ۲- نحوه کدگذاری نمونه‌های تولیدی.

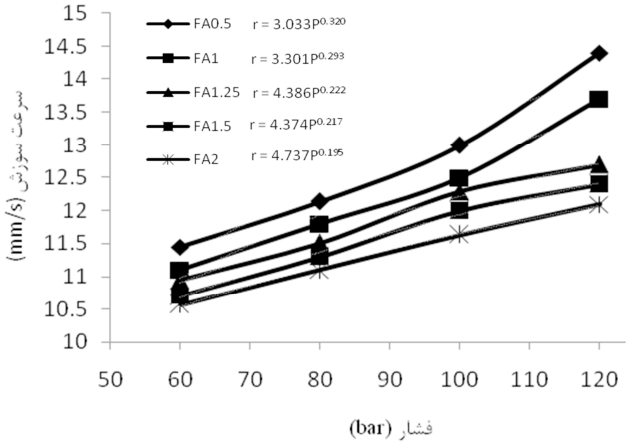
ردیف	نوع پایدارکننده	درصد پایدارکننده	کد نمونه
۱	آکاردیتII	۰/۵	FA0.5
۲	آکاردیتII	۱	FA1.0
۳	آکاردیتII	۱/۲۵	FA1.25
۴	آکاردیتII	۱/۵	FA1.5
۵	آکاردیتII	۲	FA2
۶	۲- نیترو دی فنیل آمین	۰/۵	FD0.5
۷	۲- نیترو دی فنیل آمین	۱	FD1.0
۸	۲- نیترو دی فنیل آمین	۱/۲۵	FD1.25
۹	۲- نیترو دی فنیل آمین	۱/۵	FD1.5
۱۰	۲- نیترو دی فنیل آمین	۲	FD2
۱۱	سانترالیتI	۱	FACs (با استفاده از PVK بدون لایه تیره)
	آکاردیتII	۱	
۱۲	سانترالیتI	۱	FACt (با استفاده از PVK با لایه تیره)
	آکاردیتII	۱	



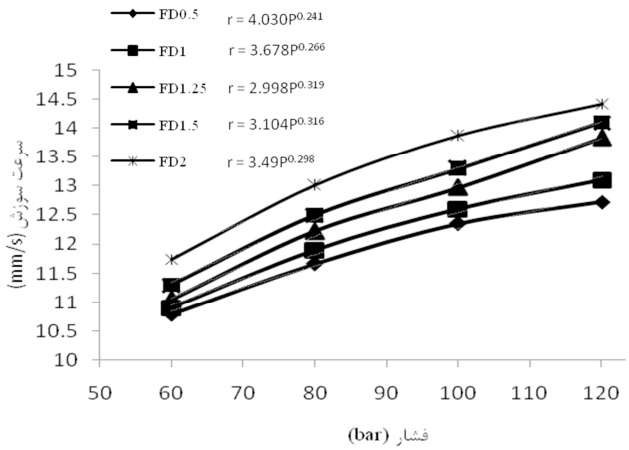
شکل ۳- نمودار تغییرات سرعت سوزش در فشارهای مختلف و دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای نمونه‌های کد FACs و FACt.

همان‌گونه که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود نمونه‌هایی که در ساخت آن‌ها از PVK بدون لایه تیره رنگ (نمونه با کد FACs) استفاده شده است دارای سرعت سوزش بالاتری نسبت به نمونه‌هایی هستند که در ساخت آن‌ها از PVK با لایه تیره رنگ (نمونه با کد FACt) استفاده شده است. همان‌گونه‌همان‌گونه که گفته شد این لایه تیره رنگ از اکسیدهای ازت ناشی از تجزیه نیتروگلسیرین و نیتروسلولز موجود در خمیر PVK تشکیل شده است و لذا وجود این اکسیدها می‌تواند باعث افزایش سرعت تجزیه در آن ناحیه گردد و نهایتاً موجب کاهش پایداری و گرمای احتراق پیشرانه‌های تهیه‌شده‌تهیه‌شده از آن می‌شود. یکی از عوامل تأثیرگذار بر میزان سرعت سوزش گرمای احتراق است که هر چه بیشتر باشد سرعت سوزش نیز بیشتر است. بنابراین سرعت سوزش نمونه‌ای که گرمای احتراق بیشتری دارد یعنی نمونه با کد FACs بیشتر است. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود با افزایش فشار، سرعت سوزش نیز افزایش می‌یابد که این مورد با توجه به معادله سرعت سوزش ($r = a.p^n$) قابل پیش‌بینی است.

نمونه‌های تهیه‌شده با درصدهای مختلف پایدارکننده آکاردیتII، و ۲- نیترودی فنیل آمین در دمای محیط و فشارهای ۶۰ bar، ۸۰bar، ۱۰۰bar و ۱۲۰bar تحت آزمایش‌های سرعت سوزش قرار گرفتند، که نتایج آن در شکل‌های (۴) و (۵) آورده شده است.



شکل ۴- نمودار تغییرات سرعت سوزش در فشارهای مختلف و دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای نمونه‌های تهیه‌شده با درصدهای مختلف پایدارکننده آکاردیتII.



شکل ۵- نمودار تغییرات سرعت سوزش در فشارهای مختلف و دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای نمونه‌های تهیه‌شده با درصدهای مختلف پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین.

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که در شکل (۴) دیده می‌شود، با افزایش درصد پایدارکننده آکاردیت II در پیشرانه، سرعت سوزش پیشرانه کاهش می‌یابد که این امر ریشه در گرمای احتراق منفی ([۱۵] cal/g-۲۳۰۰) پایدارکننده آکاردیتII دارد. هرچه میزان پایدارکننده آکاردیتII افزایش یابد، به علت گرمای احتراق منفی پایدارکننده آکاردیتII، گرمای احتراق پیشرانه مورد نظر بیشتر کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت سوزش نیز کمتر می‌شود.

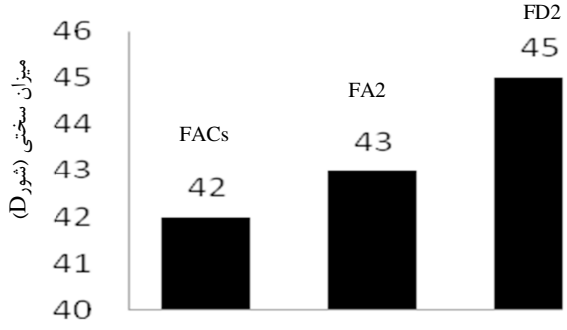
در شکل (۵) بر خلاف شکل (۴) با افزایش میزان پایدارکننده سرعت سوزش افزایش یافته است. گرمای احتراق پایدار کننده ۲- نیتروودی فنیل آمین ([۱۵] cal/g-۱۵۴۸) نیز مانند آکاردیتII منفی است، اما ضریب انتقال حرارت آن مقدار بالایی است. مقدار ضریب انتقال حرارتی بالای ۲- نیتروودی فنیل آمین سبب می‌شود که اگرچه پایدارکننده ۲- نیتروودی فنیل آمین گرمای احتراقی پایینی دارد، ولی با افزایش مقدار آن به دلیل افزایش انتقال حرارت در پیشرانه سرعت سوزش نیز افزایش یابد[۱۶]. در شکل (۳) و (۴) مشاهده می‌شود که با افزایش فشار، سرعت سوزش نیز افزایش می‌یابد که این مورد با توجه به معادله سرعت سوزش ($r = a.p^n$) قابل پیش‌بینی است.

برای مقایسه دقیق‌تر رابطه‌های سرعت سوزش نیز برای نمونه‌های مختلف در نمودارهای شکل‌های (۴) و (۵) آورده شده است. معادله سرعت سوزش به صورت $r = b + aP^n$ می‌باشد که برای فشار تا ۲۰۰ بار به صورت معادله $r = aP^n$ است. در این معادله مقدار n (نمای فشار) فقط تابع فشار و ترکیب پیشرانه است[۸].

نمای فشار مطلوب بین ۰/۲ تا ۰/۶ است که همان طور که مشاهده می‌شود در همه نمونه‌ها مقدار نمای فشار بین این دو عدد است[۱۴].

۳-۲- آزمون سختی

برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی پیشرانه‌های تولیدی، دو آزمون کشش نمونه‌های دمبلی و آزمون سختی انتخاب شدند. آزمون سختی بر اساس سختی و یا راحتی فرو رفتن یک سوزن در داخل پیشرانه انجام می‌شود و بیانگر میزان سختی ماده مورد نظر است. برای اندازه‌گیری پیشرانه‌های دوپایه معمولاً از شور D استفاده می‌شود. در شکل (۶) نتایج آزمون سختی برای سه نمونه FACs ، FA2 و FD2 آورده شده است.



شکل ۶- نتایج آزمون سختی برای سه نمونه FACs، FA2 و FD2 .

نرم‌کننده‌ها اصولاً موادی هستند که جهت تسریع پدیده ژلاتینی شدن طراحی شده‌اند و باعث تسهیل در عملیات تولید و بهبود خواص مکانیکی پیشرانه دوپایه می‌شوند. در واقع پایدار کننده‌هایی که اثر ژلاتینه کنندگی نیز دارند علاوه بر اثر پایدارکنندگی، اثر نرم‌کنندگی و مطابق با آن تغییر خواص مکانیکی را دارا هستند. از این نوع پایدارکننده‌ها می‌توان سانترالیتI، سانترالیتII، سانترالیتIII، آکاردیتII وآکاردیتIII را نام برد[۱۵]. هر چند اختلاف میزان سختی میان نمونه‌های مورد آزمایش زیاد نیست، ولی همان‌گونه که در شکل (۶) مشخص است وجود پایدارکننده سانترالیتI در پیشرانه، باعث نرمی و اضافه نمودن پایدارکننده ۲- نیتروودی فنیل آمین موجب سختی پیشرانه می‌شود که این موضوع مطالب گفته‌شده را تأیید می‌کند. همان طور که گفته شد سانترالیتI و آکاردیتII علاوه بر نقش پایدارکنندگی، اثر ژلاتینه‌کنندگی را نیز دارند. با توجه به شکل (۶) نمونه FACs که در ترکیب خود دو پایدارکننده سانترالیت I و آکاردیتII را دارد از دو نمونه دیگر نرم تر است و نمونه FA2 که در ترکیب خود فقط پایدارکننده آکاردیت II را دارد سختی بیشتری از نمونه FACs دارد که این موضوع به این علت است که اثر ژلاتینه کنندگی سانترالیتI از آکاردیت II بیشتر است[۱۵].

این گفته صحیح نیست که نمونه سخت‌تر و یا نمونه نرم‌تر خواص مکانیکی بهتری دارد و برای بررسی این موضوع باید آزمایش‌های کشش هم انجام پذیرد. برای بررسی دقیق‌تر خواص مکانیکی پیشرانه-های تولیدی، آزمون کشش نیز برای نمونه‌های پیشرانه انجام شد که در زیر به بررسی نتایج این آزمون‌ها پرداخته می‌شود.

۳-۳- آزمون کشش

آزمون کشش برای اندازه‌گیری رفتار یک ماده تحت بارگذاری کشش طولی است و تحت شرایط محیطی و یا کنترل شده دمایی انجام می-شود تا خواص کششی اندازه‌گیری گردد. آزمون کشش مطابق با استاندارد JANNAF انجام پذیرفت. نتایج آزمون کشش برای پنج نمونه از پیشرانه FACs، FA2 و FD2 (فقط برای نمونه هایی که حاوی دو درصد از پایدارکننده هستند) در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۳- استحکام کششی[1] و افزایش طول برای سه نمونه FACs، FA2 و FD2.

کمیت مورد اندازه‌گیری / نمونه مورد آزمون	استحکام کششی (MPa)	ازدیاد طول (%)
FD2	۵/۷۱۲	۸/۰۲۷
FA2	۷/۲۸۹	۹/۰۴۵
FACs	۷/۸۲۸	۱۰/۸۰۲

1- Tensile Strength

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که در جدول بالا مشاهده می‌شود نمونه FACs که در ترکیب آن از دو پایدارکننده سانترالیتI و آکاردیتII استفاده شده است نسب به نمونه‌های دیگر خواص مکانیکی بهتری را داراست و این موضوع به این علت است که پایدارکننده سانترالیت I اثر ژلاتینه کنندگی بیشتری نسبت به دیگر پایدارکننده‌های مورد استفاده دارد و بنابراین پیشرانه حاوی این پایدارکننده خواص مکانیکی بهتری نسبت به نمونه‌های دیگر پیشرانه را دارد[۱۶].

همان طور که مشاهده می‌شود پیشرانه حاوی پایدارکننده آکاردیتII (پیشرانه با کد FA2) خواص مکانیکی بهتری از پیشرانه حاوی پایدارکننده ۲- نیترو دی فنیل آمین (پیشرانه با کد FD2) دارد که این موضوع به دلیل اثر ژلاتینه کنندگی پایدارکننده آکاردیتII است که سبب تسهیل فرآیند تولید و ساخت پیشرانه همگن تر و در نتیجه با خواص مکانیکی بهتر می‌شود. با توجه به مطالب گفته‌شده برای دستیابی به پایداری بیشتر و خواص مکانیکی بهتر می‌توان از مخلوط دو پایدار کننده با اثر پایدارکنندگی و اثر ژلاتینه کنندگی مناسب در ترکیب پیشرانه استفاده کرد.

۴- نتیجه‌گیری

وجود پایدارکننده سانترالیتI در پیشرانه دوپایه مورد آزمایش، باعث نرمی و اضافه نمودن پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین (FD2) موجب سختی پیشرانه می‌شود. نمونه FACs که در ترکیب خود دو پایدارکننده سانترالیتI و آکاردیت II را دارد از دو نمونه دیگر نرم تر است چرا که سانترالیتI و آکاردیت II علاوه بر نقش پایدارکنندگی، اثر ژلاتینه کنندگی را نیز دارند. نمونه FA2 که در ترکیب خود فقط پایدارکننده آکاردیت II را داشت سخت‌تر از نمونه FACs بود که این موضوع به این علت است که اثر ژلاتینه کنندگی سانترالیت I از آکاردیتII بیشتر است. افزایش درصد پایدارکننده آکاردیت II در پیشرانه سرعت سوزش پیشرانه را کاهش می‌دهد که این امر ریشه در گرمای احتراق منفی (۲۳۰۰cal/g-) پایدارکننده آکاردیتII دارد. هرچه میزان پایدارکننده آکاردیت II افزایش یابد، به علت گرمای احتراق منفی پایدارکننده آکاردیت II، گرمای احتراق پیشرانه مورد نظر بیشتر کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت سوزش نیز کمتر می‌شود. مقدار ضریب حرارتی بالای ۲- نیترودی فنیل آمین سبب می‌شود که اگرچه پایدارکننده ۲- نیترودی فنیل آمین گرمای احتراقی پایینی دارد، ولی با افزایش مقدار آن سرعت سوزش پیشرانه افزایش یابد.

مراجع

[۱] رضا فارغی علمداری، مرتضی هراتی، نگار ذکری. " پایدار کننده‌های شیمیایی پیشرانه های جامد دو پایه." مجله علمی- ترویجی مواد پرانرژی سال دوم- شماره ۲- شماره پیاپی ۳- پاییز و زمستان ۸۵.

[۲] رضا فارغی علمداری، سید امان اله موسوی ندوشن، مرتضی هراتی. "تأثیر نوع و مقدار پایدارکننده شیمیایی روی گرمای احتراق و پایداری پیشرانه جامد دوپایه" مجله علمی- پژوهشی مواد پرانرژی سال پنجم- شماره ۲- شماره پیاپی ۱۰- پاییز و زمستان ۸۹.

[3] Suceska, M.; Musanic, S. M.; Houra, I. F. “Kinetics and Enthalpy of Nitroglycerin Evaporation from Double Base Propellants by Isothermal Therrmogravimetry”; Thermochim. Acta. 2010, 510, 9-16.

[4] Zayed, M. A.; Adel, A. M.; Hassan, M. A. M. “Stability Studies of Double-Base Propellants with Centralite and Malonanilide Stabilizers Using MO Calculations in Comparison to Thermal Studies”; J. Hazard. Mater. 2010, 179, 445-453.

[5] Ritter, H.; Braun, S. “Stabilizer Degradation in Propellants: Identification of Two Isomeric Forms of 2-Nitro-N-Nitroso-N-Ethylaniline”; Propellant, Explos., Pyrotech. 2008, 31, 203-207.

[6] Bohn, M. A. “Prediction of In-Service Time Period of Three Differently Stabilized Single Base Propellants”; Propellant, Explos., Pyrotech. 2009, 34, 252-266.

[7] Sammour, M. H.; Bellamy, A. J. “Stabilizer Reactions in Cast Double Base Rocket Propellants. Part VI: Reactions of Propellant Stabilizers with the Known Propellant Decomposition Products NO_2, HNO_2, and HNO_3”; Propellant, Explos., Pyrotech. 1993, 30, 126-134.

[8] Zayed, M. A.; Solimanb, A. A.; Hassan, M. A. “Evaluation of Malonanilides as New Stabilizers for Double-Base Propellants”; J. Hazard. Mater. 2000, 7, 237–244.

[9] Musanic, S. M.; Suceska, M. “Artificial Aging of Double Base Rocket Propellant Effect on Dynamic Mechanical Properties”; J. Therm. Anal. Calorim. 2009, 96, 523-528.

[10] Suceska, M.; Musanic, M. M.; Fiamengo, J. “Study of Mechanical Properties of Naturally Aged Double Base Rocket Propellants”; J. Hazard. Mater. 2010, 7, 47-60.

[11] Herder, G.; Weterings, F. P.; Klerk, W. P. C. “Mechanical Analysis on Rocket Propellants”; J. Therm. Anal. Calorim. 2003, 72, 921-929.

[۱۲] رضا فارغی علمداری، نگار ذکری، قاسم فخرپور "پیشرانه های جامد دوپایه (معرفی، فرآیندهای ساخت، آنالیز و کنترل کیفیت)" انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر ۱۳۹۰.

[13] Meyer, R.; Kohler, J.; Homburg, A. "Explosive"; Relag Chemie, Completely Revised Edition - July 2007.

[14] Davenas, A. "Solid Rocket Propulsion Technology"; 1th Ed. Technology and Research Director, SNPE, France, 1993.

[15] Meyer, R.; Kohler, J.; Homburg, A. "Explosive"; Relag Chemie, 2007.

[16] Bofors, N. A. B. “Analytical Methods for Powder and Explosives”; Nobelkrut, AB Bofors, 1974.

www.SID.ir