تحقیق و توسعه مواد پرانرژی
سال هفتم- شماره ۳ - شماره پیاپی ۱۵- زمستان ۱۳۹۰

مروری بر برخی از خصوصیات پیشرانه های تفنگی با آسیب پذیری پایین (LOVA)

احد جهانیان[۱]، علیرضا زارعی[۲]*

تهران- دانشگاه صنعتی مالک اشتر

***E-mail: zarei1349@gmail.com**

(تاریخ وصول: ۸۹/۷/۲۵ ، تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۵)

Archive of SID

چکیده

پیشرانه‌های متداول (تک‌پایه، دوپایه و سه‌پایه) به علت آغازش تصادفی سبب فجایع تأسف‌باری برای خدمه و نیز تخریب تجهیزات گرانبها می‌شود. در طول سالهای اخیر، به منظور کاهش حساسیت مهمات تلاش‌های زیادی برای توسعه نسل جدیدی از پیشرانه‌ها که به پیشرانه با آسیب‌پذیری پایین (LOVA) معروف هستند، انجام شده است. مفهوم پیشرانه با آسیب‌پذیری پایین شامل فرمولاسیونی است که حداقل حساسیت را به ضربه، اصطکاک و تحریک گرمایی داشته باشد و به علاوه خصوصیات بالستیکی رضایت بخشی را از خود نشان دهد. در پیشرانه‌های LOVA از نیترات استر هایی که حساسیت زیادی را از خود نشان می‌دهند به میزان بسیار کمی استفاده می‌شود. در این پیشرانه‌ها از بایندرهای بی‌اثر استفاده شده و به منظور جبران کاهش انرژی به علت جایگزینی نیتروگلیسرین (دارای گروهای نیترات استر) و بخشی از نیتروسلولز، از RDX میکرونیزه که یک عامل پرانرژی است، استفاده می‌شود. در این مقاله ضمن معرفی این پیشرانه به بررسی خصوصیات آسیب پذیری، بالستیکی، مکانیکی و قابلیت سایش این پیشرانه پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیشرانه، پیشرانه با آسیب‌پذیری پایین، نیترات استر.

۱- مقدمه

یکی از اهداف اصلی تحقیقات در زمینه مهمات، تولید مهماتی است که علاوه بر خصوصیات بالستیکی مناسب دارای حداقل حساسیت به ضربه، اصطکاک و تحریک گرمایی باشند. در طول سه‌دهه گذشته، در کشورهای پیشرفته مهمات با آسیب‌پذیری پایین[۳] **(ا ژ ح چ)** توسعه یافته‌اند.

۱- کارشناس ارشد پیشرانه
۲- دانشیار شیمی تجزیه

(ا ژ ح چ) گفض کک ا هفقعغلاغ کقه ژ گ ح چ -۳

www.SID.ir

پیشرانه‌های **ا ژچ** شاخه مهمی از مهمات غیر حساس[1] می‌باشند[۱]. به طورکلی، فرمولاسیون پیشرانه تفنگی **ا ژچ** شامل مشتقات سلولزی نظیر سلولز استات، سلولز استات بوتیرات، سلولز استات پروپیونات و اتیل سلولز به عنوان یک بایندر بی‌اثر، یک نرم‌کننده بی‌اثر نظیر تری‌استین[2] و یک اکسیدکننده نیترآمینی مانند **سپد** می‌باشد[۲]. در جدول(۱) فرمولاسیون نوعی یک پیشرانه **ا ژچ** را نشان می دهد.

جدول۱- فرمولاسیون پیشرانه نوعی **ا ژچ**[۴].

اجزاء	درصد اجزاء
سلولز استات	۱۲
نیترو سلولز(۱۲/۲٪ ن)	۴
سپد ریز	۷۸
تری استین	۵/۸
اتیل سنترالیت	۰/۲

نکته قابل توجه در جدول(۱)، حذف نیتروگلیسرین است، که دارای حساسیت زیادی به ضربه و تحریک گرمایی می‌باشد. در فرمولاسیون پیشرانه تفنگی **ا ژچ** عموماً از **سپد** با اندازه ذره ریز در حدود ۵ میکرومتر استفاده می‌شود. بنابراین با حذف نیتروگلسیرین و قسمتی از نیتروسلولز در مقایسه با پیشرانه‌های متداول، این پیشرانه‌ها حساسیت پایین‌تری را از خود نشان می‌دهند. عموماً پیشرانه‌های با حساسیت پایین به دو دسته پیشرانه با پایه نیتروسلولز و پیشرانه نیترآمینی پلیمری[3] تقسیم می‌شود. پیشرانه‌های نیترآمینی پلیمری با حساسیت پایین شامل حدود ۸۵-۶۰ ٪ از نیترآمین و ۲۵-۱۰ ٪ از یک بایندر پلیمری و نرم‌کننده مناسب می‌باشند. پیشرانه‌های نیترآمینی پلیمری با حساسیت پایین بسته به نوع بایندر مورد استفاده در فرمولاسیون، به چهار دسته تقسیم می شوند که شامل موارد زیر می‌باشند[۳]:

۱-۱- پیشرانه نیترآمینی **ا ژچ** نوع- ۱

در پیشرانه نیترآمینی **ا ژچ** نوع- ۱ از بایندر بی‌اثر پلی بوتادی ان با گروه های انتهایی هیدروکسین **بخ رث** استفاده می شود، در سال ۱۹۹۰ م پیشرانه **ا ژچ** نوع- ۱ در توپ ۱۵۵ میلیمتری به کار برده شد[۱۳]. این نوع از پیشرانه **ا ژچ** حساسیت پایینی را از خود نشان می‌دهد، به علاوه در آزمایش تست ضربه واکنشی نشان نمی دهند و یا این که فقط سوزش مشاهده می‌شود. اشتعال اغلب پیشرانه‌های با اتصالات پلیمری، معمولاً مشکل انجام می‌شود، به ویژه در این نوع از پیشرانه‌ها که از بایندر بی اثر **بخ رث** استفاده می‌شود، این موضوع برجسته‌تر می باشد. از مشکلات استفاده از پیشرانه نیترآمینی پلیمری با حساسیت پایین (به ویژه **بخ رث** و دیگر بایندرهای خنثی) می‌توان به موازنه اکسیژن ضعیف، افزایش تدریجی **ح بث**، کاهش سرعت سوزش، مقادیر بالا از باقی‌مانده‌های نسوخته اشاره کرد[۴]. با این وجود، این نوع از پیشرانه **ا ژچ**، خصوصیات آسیب پذیری مطلوبی را از خود نشان می‌دهد.

۱-۲- پیشرانه نیترآمینی **ا ژچ** نوع- ۲

در این نوع از پیشرانه **ا ژچ** از بایندر بی‌اثر سلولزاستات بوتیرات و نیتروسلولز به مقدار کم (در حدود ۴ درصد) در فرمولاسیون استفاده می‌شود. این دسته از پیشرانه‌ها معمولاً نسبت به پیشرانه **ا ژچ** نوع ۱، قدری حساس‌تر است و تا حدی شکننده نیز می‌باشد. پیشرانه‌های **۳۹ چس** و **۴۳ چ** از این دسته از پیشرانه ها می باشند. در پیشرانه **۳۹ چس** از نرم کننده بی‌اثر و در پیشرانه **۴۳ چ** از نرم کننده پرانرژی در ماتریس **ب ا/ح/سپد** استفاده می‌شود.

۱-۳- پیشرانه نیترآمینی **ا ژچ** نوع- ۳

در این دسته از پیشرانه‌ها عموما از بایندرهای پرانرژی نظیر پلیمر گلیسیدیل آزید پلیمر[4]، پلی(۳- نیتراتو متیل۳- متیل اکستان)[5] و پلی گلیسیدیل نیترات[6] استفاده می‌شود. این نوع از پیشرانه‌ها نسبتاً غیرحساس می‌باشند و پتانسیل کارایی بالایی را از خود نشان می‌دهند.

1 گفف کف ک ا غ خ ف ا ک غ ا ک ژ-
۲- ا ر) غ خ ک م غ ف ل ا ر
۳- م ک ق ق غ گ ل ا خ ع غ گ ب ل غ ک ف گ گ/ ع غ ق ق ت- ف ک ک ع ل ف ح

ع خ ا ت ل غ ک گ خ غ خ ف ب ا ق ف خ ع ق ة ت- ٤
۵- گ خ -۳) ل غ ک گ م غ ل ف ک ق ف غ گ ق ف غ ک -۳ ق ه غ ک گ خ) (د چ ژ ث ح گ خ
۶- گ خ -ف خ ک ق ف خ ع ق ة) غ ل ف ک ق ف خ) (چ ل ن ت گ خ

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۴- پیشرانه نیترآمینی ا ژ چ نوع- ۴

در این دسته از پیشرانه‌ها از الاستومرهای ترموپلاستیک پرانرژی نظیر پلی(۳-آزیدو متیل ۳-متیل اکستان)[۱] و پلی(۳و۳-بیس آزیدو متیل اکستان)[۲] استفاده می‌شود. این نوع از بایندرها به نظر می‌رسد رفتار مکانیکی مطلوبی را برای پیشرانه فراهم می‌کند. هر چند که پیش‌بینی رفتار این نوع از پیشرانه‌ها معمولاً مشکل است.

با توجه به موارد ذکر شده در چهار دسته از پیشرانه های **ا ژ چ** با پایه نیترآمین، به نظر می‌رسد مهم ترین مزیت این نوع از پیشرانه های **ا ژ چ** ، دمای اشتعال بالا در حدود(۲۳۰°ب- ۱۹۰°ب) در مقایسه با پیشرانه‌های متداول(۱۷۵°ب- ۱۷۰°ب) می باشد. با وجود چنین مزیتی در این نوع از پیشرانه‌ها، اما متاسفانه معمولاً خصوصیات مکانیکی ضعیفی را خصوصاً در دمای پایین (کمتر از ۲۰°ب-) از خود نشان می‌دهند. به عنوان مثال پیشرانه **۳۹ چ‌س** در دمای پایین معمولاً شکننده می‌شود. شکنندگی پیشرانه باعث تولید گاز با سرعت بسیار بالا و نهایتا ایجاد واکنش شدیدی می شود. با وجود این، با درنظر گرفتن پتانسیل کارایی، پیشرانه با بایندر و نرم‌کننده خنثی نظیر **(۳۹ چ‌س)**، یک انتخاب مناسب برای استفاده در سلاح هایی با کالیبر متوسط و توپخانه می باشد. در حالی که در تانک‌های مدرن اغلب از پیشرانه‌های با نرم‌کننده‌های پرانرژی نظیر **(۴۳ چ)** استفاده می‌شود[۵].

با درنظر گرفتن معایب پیشرانه‌های نیترآمینی پلیمری، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاهش حساسیت پیشرانه با استفاده از ترکیبات برپایه نیتروسلولز انجام شده است.

به طور کلی به منظور نایل شدن به خصوصیات آسیب پذیری پایین در پیشرانه های **ا ژ چ** بر پایه نیتروسلولز، از روش های زیر استفاده می شود[۶]:

- استفاده از مقادیر مطلوب نیتروسلولز در فرمولاسیون پیشرانه؛
- وارد نمودن ترکیبات نیترآمینی نظیر **سپ‌د** در پیشرانه؛
- افزودن نرم کننده مناسب به پیشرانه؛
- بهینه کردن هندسه گرین؛
- بهینه کردن فرایند تولید پیشرانه.

مهمترین مزیت پیشرانه‌های **ا ژ چ** با پایه نیتروسلولز، بهبود حساسیت و ایجاد خصوصیات مکانیکی مطلوب در پیشرانه است.

۲- خصوصیات آسیب پذیری پیشرانه ا ژ چ

در پیشرانه **ا ژ چ** برخلاف پیشرانه‌های متداول از گروه های نیترات استر که حساسیت بالایی را از خود نشان می‌دهند، به مقدار ناچیزی استفاده می‌شود. در پیشرانه‌های متداول به دلیل حضور نیتروگلیسرین و نیتروسلولز و حضور گروههای نیترات استر، حساسیت بالایی به ضربه، اصطکاک و تحریک گرمایی مشاهده می‌شود. حساسیت بالای پیشرانه‌های متداول به خدمه و نیز تجهیزات با ارزش، خسارات جبران‌ناپذیری را وارد می‌کند. در پیشرانه **ا ژ چ**، به منظور کاهش حساسیت، نیتروگلیسرین حذف و از نیتروسلولز با محتوای نیتروژن پایین(۱۲/۲٪) استفاده می‌شود، به علاوه در پیشرانه های **ا ژ چ** به منظور جبران کاهش انرژی، از مواد پرانرژی کریستالی نظیر **سپ‌د** استفاده می‌شود[۷]. در جدول (۲) خصوصیات آسیب‌پذیری پیشرانه **ا ژ چ** با پیشرانه سه‌پایه **خ** مقایسه شده است. با توجه به جدول (۲)، پیشرانه های **ا ژ چ** در خصوصیاتی نظیر حساسیت به ضربه، حساسیت به اصطحکاک و دمای اشتعال در مقایسه با پیشرانه سه پایه **خ** بسیار مطلوب تر می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تست آسیب پذیری پیشرانه **ا ژ چ** در مقایسه با پیپشرانه سه پایه بر پایه نیتروگوانیدین) **خ)**[۷].

پیشرانه	حساسیت به ضربه (سانتی متر)	دمای اشتعال (درجه سانتی گراد)	حساسیت به اصطکاک (کیلوگرم)
پیشرانه سه پایه (**خ**)	۲۹	<۱۷۵	۱۹
ترکیب نوعی پیشرانه **ا ژ چ**	۵۵-۶۷	>۲۲۰	۳۶

(د چ چ ا-گ-خ) (غ کچ‌غ‌گ قه‌غ‌غ ک-۳-۱ قه‌غ‌غ کگ-ف-پ‌غ-۳)گ-خ -۱
(د چ چ ب-گ-خ) (غ کچ‌غ‌گ قه‌غ‌غ کگ-ف-پ‌غ-فلع-۳،۳)گ-خ -۲

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳- نتایج تست محفظه بسته در فشار بالا در پیشرانه **ا ژچ**[۱۰].

پارامتر	نتایج پیشرانه				
	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
دانسیته بارگذاری **(گ/غ)**	۰/۲۵۰۰	۰/۲۷۵۰	۰/۳۰۰۰	۰/۳۱۰۰	۰/۳۲۰۰
ماکزیمم فشار **(ع گ چ)**	۳۵۰/۲۳	۳۹۹/۱۶	۴۴۸/۱۳	۴۷۰/۴۶	۴۹۱/۷۶
(گ/ع گ چ)م ع/گ ع	۹۰/۰۹	۱۱۹/۶۹	۱۵۳/۱۹	۱۷۰/۵۱	۱۸۸/۱۰
ثابت نیرو **(غ/ج)**	۱۰۸۵/۵۰	۱۰۹۷/۷۰	۱۱۰۲/۷۶	۱۱۰۹/۸۰	۱۱۱۳/۰۰
نمای فشار(α)	۰/۸۶۳۵	۰/۸۷۷۵	۰/۸۸۹۹	۰/۹۱۲۰	۰/۹۱۷۲
β **(ع گ چ/ا گ ع)**	۰/۰۹۶۵	۰/۱۰۱۰	۰/۱۰۴۲	۰/۱۰۵۷	۰/۱۰۸۰

به علاوه پیشرانه‌های **ا ژچ** دارای سرعت سوزش ابتدایی پایینی می باشند که این موضوع می تواند به زمان تاخیر طولانی منجر شود، بنابراین فرایند اشتعال در پیشرانه **ا ژچ** مساله بسیار مهمی است[۸]. اشتعال مشکل پیشرانه های **ا ژچ** می‌تواند به بالستیک غیر عادی، مشکل عملکردی و ایجاد موج فشار در تفنگ منجر شود. برای اجتناب از مشکلات عملکردی، استفاده از سیستم اشتعال مناسب که سرتاسر خرج شارژ را به طور همزمان در برگیرد، ضروری است[۹].

۳- خصوصیات بالستیکی پیشرانه ا ژچ

از نظر طراحان پیشرانه، پیشرانه‌ای مطلوب می‌باشد که علاوه بر خصوصیات آسیب پذیری پایین، خصوصیات بالستیکی مناسبی را از خود نشان دهد. به منظور بررسی رفتار بالستیکی پیشرانه **ا ژچ**، جنبه‌های مختلفی از خصوصیات بالستیکی در پیشرانه‌های **ا ژچ** مورد بررسی قرار داده شده است.

۳-۱- ارزیابی بالستیکی پیشرانه تفنگی اژچ در کالیبر بزرگ

در یک تحقیق، به منظور مطالعه خصوصیات بالستیکی پیشرانه تفنگی **ا ژچ** در کالیبر بزرگ، از تکنیک محفظه بسته در فشار بالا (**ژچث**) [۱] استفاده شد. از **ژچث** (۷۰۰میلی لیتر) در دانسیته‌های بارگذاری مختلف از ۰/۲ تا ۰/۳۲ گرم بر میلی‌متر استفاده شد. نتایج به دست آمده در جدول (۳) ارائه شده است. طبق جدول، مقدار ضریب خطی سرعت سوزش(β) و نمای فشار(α) با افزایش دانسیته بارگذاری، افزایش می‌یابد، که این موضوع در پیش‌بینی فشار تفنگ اهمیت دارد. نتایج نشان می دهد که افزایش مقدار β با افزایش دانسیته بارگذاری، در مقایسه با پیشرانه‌های متداول بالاتر است و بنابراین حساسیت فشاری بیشتری را از خود نشان می‌دهد. با این وجود، این حساسیت فشاری در برخی از کاربردها مشکل چندانی را ایجاد نمی‌کند[۱۰].

۳-۲- اثر اندازه ذره**سپ**د در فرمولاسیون پیشرانه اژچ

سپد جزء پرانرژی است که به طور گسترده‌ای در فرمولاسیون پیشرانه **ا ژچ** به کار برده می‌شود. به دلیل اهمیت **سپ**د در پیشرانه های **ا ژچ**، اندازه ذره **سپ**د در فرمولاسیون پیشرانه های **ا ژچ** مورد بررسی قرار می گیرد. اندازه ذره **سپ**د تعیین‌کننده پارامترهای بالستیکی نظیر (α)، (β)، سرعت سوزش (γ) و تغییرات فشار با زمان**(م ع/گ ع)** می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه خطی بین سرعت سوزش پیشرانه و اندازه ذره **سپ**د در فرمولاسیون‌های

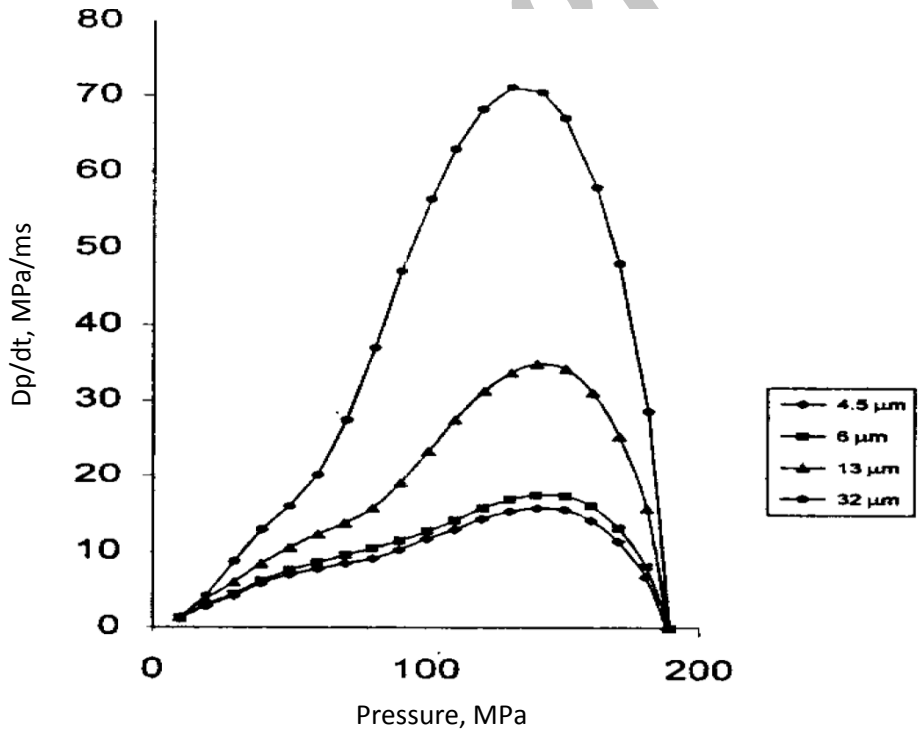
۱- قنع لنع ژ عنگلة بغلا مللغلاخ غفغث

Archive of SID
www.SID.ir

لا ژچ وجـود دارد[۱۱]. در جـدول (۴) نتـایج اثـر انـدازه ذرات مختلف **سپـد** (۳۲و۵،۶،۴/۱۲) میکرومتر با استفاده از بمب بالسـتیک، به منظور تعیین خصوصیات بالسـتیکی در فرمولاسـیون‌هـای **لا ژچ** ارائه شده است. طبق جدول(۴)**(م‌ع/گ‌ع)** برای پیشرانه **لا ژچ** با اندازه ذره ۴/۵ میکرومتر از **(گ‌/ع‌خ چ)**۱۵/۹ به **(گ‌/ع‌خ چ)**۷۳/۸ برای انـدازه ذره ۳۲ میکرومتر از **سپـد** می‌رسد. این نتیجـه در شـکل (۱) نیـز بـه خوبی نشان داده شده است. به علاوه نتایج نشان می‌دهد که، مقادیر α و β نیز با افزایش انـدازه ذره **سپـد** در فرمولاسـیون **لا ژچ** بـه طـور خطی افزایش می‌یابنـد(شـکل۳ و ۲). طبـق قـانون سـرعت سـوزش **غ‌ب آلا** هر چه α از ۱ بیشتر باشد این مطلوب نیست چون فشار بـه طور نمایی افزایش می‌یابد و می‌تواند به حوادث فاجعـه‌آمیـزی منجـر شود.

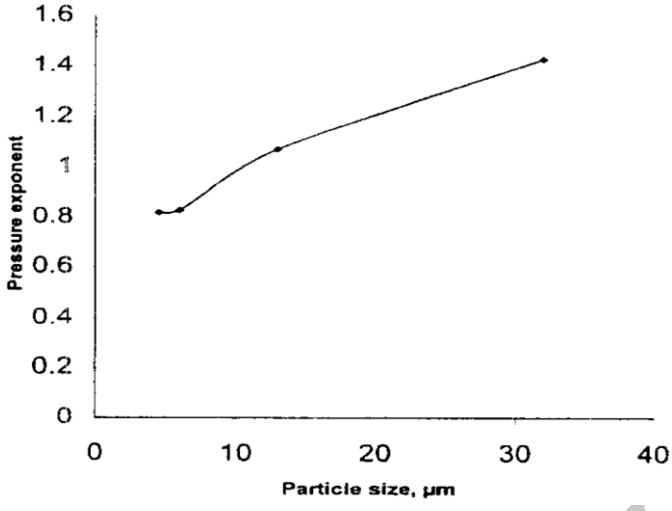
جدول ۴– نتایج ارزیابی تست محفظه بسته پیشرانه **لا ژچ**[۱۱].

اندازه ذره**سپـد** **ک‌د)**	دانسیته بار گذاری (**گ‌ع/غ**)	**وگ‌خ (ع‌گ‌چ)**	**(گ‌/ع‌گ‌چ)م‌ع/گ‌ع**	**(وگ‌)لا (ا/ک‌پ)**	β_1 **(ع‌گ‌چ/اک‌ع)**	α
۴/۵	۱/۶۵	۱۸۸	۱۵/۹	۹/۵	۰/۰۷۳	۰/۸۲
۶	۱/۶۵	۱۸۸/۸	۱۷/۹	۱۰	۰/۰۷۷	۰/۸۳
۱۳	۱/۵۶	۱۸۹/۶	۳۵/۸	۲۰/۵	۰/۱۵	۱/۰۷
۳۲	۱/۴۵	۱۹۰	۷۳/۸	۴۶	۰/۳۶	۱/۴۳

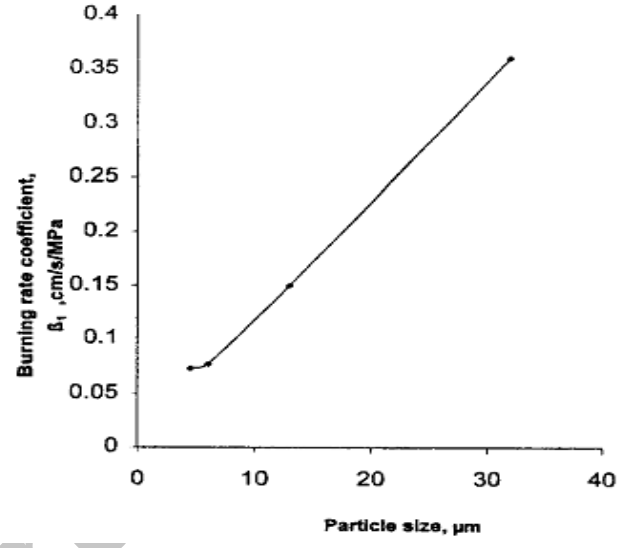


شکل ۱– م‌ع/گ‌ع بر حسب پروفیل فشار برای پیشرانه با فرمولاسیون **لا ژچ** در**سپـد** با اندازه ذره های مختلف[۱۱].

www.SID.ir



شکل ۲- اندازه ذره **سپد** در مقابل نمای فشار(α)[۱۱].



شکل ۳- اندازه ذره **سپد** در مقابل ضریب سرعت سوزش(β)[۱۱].

اندازه ذره **سپد** ریز نقش مهمی را در تعیین پارامترهای بالستیکی پیشرانه **ا ژچ** بازی می‌کند. به طوری که **سپد** با اندازه ذره بزرگتر، سرعت سوزش و نمای فشار بالاتری را ایجاد می‌کند. بنابراین، **سپد** ریز در حدود اندازه ذره ۴/۵ میکرومتر، برای فرمولاسیون‌های پیشرانه های تفنگی **ا ژچ** بهترین انتخاب است.

۳-۳- پیشرانه **ا ژچ** با پایه **سچث**

اساسا در هنگامی که از **سچث** به جای **سپد** در فرمولاسیون‌های **ا ژچ** استفاده شود، آسیب‌پذیری و خصوصیات پایداری بهبود می‌یابد. در جدول(۵) فرمولاسیون پیشرانه با پایه **سچث** و **سپد** ارائه شده است. در این فرمولاسیون‌ها از **سپد** با اندازه ذره ۵ میکرومتر و **سچث** با اندازه ذره ۱۶ استفاده شده است. به علاوه این دو پیشرانه به شکل گرین هفت سوراخه می‌باشند. برای مقایسه عملکرد بالستیکی، این دو پیشرانه در معرض تست محفظه بسته قرار داده شده اند. نتایج ارزیابی های بالستیکی در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج جدول (۶) نشان می دهد که، با جایگزینی **سچث** به جای **سپد**، مقدار ثابت نیرو، تقریبا بدون تغییر می‌ماند. با این وجود، مقدار β از **ع گ چ/اک ع** ۰/۱۳۲ به **ع گ چ/اک ع** ۰/۱۷۳ افزایش یافته است.

www.SID.ir

همچنین مقدار α از ۰/۸۳ به ۰/۹۹ و **وگ** از **ل/گ چ** ۴۹ به **ل/گ چ**۶۵ رسیده است. دلیل افزایش α ، β و **وگ** به اندازه ذره بزرگ‌تر **سچث** (۱۶ میکرومتر) در مقایسه با **سپد** (۵ میکرومتر) نسبت داده شود. به علاوه هنگامی که از ۷۵ درصد **سچث** به جای ۷۵ درصد **سپد**، در فرمولاسیون پیشرانه **ا ژچ** استفاده شود، دمای شعله در حدود ۲۳ درجه کلوین کم‌تر می‌شود که از نظر کاربردی مطلوب‌تر است. به علاوه گرمای تشکیل **سچث** از **سپد** بالاتر است که موجب افزایش محتوای انرژی می‌شود[۱۲].

جدول ۵ – فرمولاسیون پیشرانه **ا ژچ** بر پایه **س چ** ریز[۱۲].

اجزاء (٪)	نوع(۱)	نوع(۲)	نوع(۳)	نوع(۴)
سپدریز	۷۰-۷۵	۴۰-۴۵	۲۰-۲۵	-
س چ ریز	-	۲۰-۲۵	۴۵-۵۰	۷۰-۷۵
نیتروسلولز	۱۰-۱۵	۱۰-۱۵	۱۰-۱۵	۱۰-۱۵
سلولز استات	۸/۵	۸/۵	۸/۵	۸/۵
کاربامیت	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
گلیسیدل آزید پلیمر	۶	۶	۶	۶

جدول ۶- نتایج ارزیابی تست محفظه بسته[۱۲].

پارامتر	نوع(۱)	نوع(۲)	نوع(۳)	نوع(۴)
ثابت نیرو(**ژچ**)	۱۱۹۱	۱۱۹۳	۱۱۹۵	۱۱۹۸
دمای شعله(**چ**)	۳۲۰۰	۳۱۹۲	۳۱۸۵	۳۱۷۷
نمای فشار(α)	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۹۹
β (**ع گ چ/اک ع**)	۰/۱۳۲	۰/۱۴۳	۰/۱۴۸	۰/۱۷۳
م ع/ءی گ (اک/ع گ چ)	۴۹	۵۲	۶۲	۶۵

۴- خصوصیات مکانیکی پیشرانه ا ژچ

با اشتعال عمدی پیشرانه **ا ژچ**، این پیشرانه به طور مناسبی شروع به سوزش می‌کند و حساسیت پایینی را در برابر تحریکات خارجی نظیر شوک یا حرارت از خود نشان می‌دهد. با وجود سودمند بودن اکثر فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های **ا ژچ** در تولید اولیه، اما متاسفانه این پیشرانه‌ها نمی‌توانند شرایط آب و هوایی افراطی مانند دماهای خیلی پایین (کمتر از **ب**۲۰°-) را تحمل کنند. پیشرانه‌های **ا ژچ** مانند پیشرانه‌های متداول در آب و هوایی خیلی پایین ترد و شکننده می‌شوند و این موضوع می‌تواند به یک فشار بیش از حد در لوله تفنگ و نهایتا انفجار و شکست منجر شود[۱۳]. در جدول (۷) مقایسه‌ای بین نتایج خصوصیات مکانیکی یک نوع از پیشرانه **ا ژچ** با پیشرانه سه پایه نشان داده شده است.

جدول ۷- نتایج خصوصیات مکانیکی[۱۳].

پیشرانه	استحکام فشردگی (**گ‌ع/ غچ**)	درصد فشردگی
ترکیب پیشرانه **ا ژچ**	۳۱۰-۴۳۰	۳-۶
پیشرانه سه پایه **خ**	۲۸۰-۳۲۰	۱۰-۱۵

یک راهکار برای تولید پیشرانه **ا ژچ** که در دماهای پایین بتواند خواص مکانیکی خوبی را از خود نشان دهد استفاده از ترکیب پیشرانه‌ای است که عمدتا شامل یک ترموپلاستیک کوپلی‌اورتان پرانرژی باشد. ترموپلاستیک کوپلی‌اورتان پرانرژی نوعا شامل زنجیره‌های کوپلیمرهایی است که در آن مونومرهای**ب** و **ا** به صورت **اب ا** و **ب‌ا** توزیع شده‌اند. بخش **ا** یک بخش سخت است که خصوصیات ترموپلاستیکی را فراهم می‌کند و**ب** هم یک بخش نرم است که رفتار الاستیکی را در پلیمر فراهم می‌کند. به طور کلی بخش **ا** از کریستال‌های هموپلیمر و بخش**ب** از هموپلیمرهای آمورف تشکیل شده است. الاستومر ترموپلاستیک **اب ا** از پلیمریزاسیون بخش نرم**ب** به وسیله اضافه کردن بخش سخت **ا** که قابل کریستالیزه کردن است به دست می‌آید[۱۴]. بدین ترتیب چنین ترکیبی زمانی که در فرمولاسیون پیشرانه **ا ژچ** قرار گیرد، خصوصا در دماهای پایین که اتصالات عرضی شکننده می‌شوند، امکان بازسازی پیوندهای هیدروژنی و یا ترمیم آنها را فراهم می‌کند و بدین ترتیب خصوصیات مکانیکی مناسبی را در شرایط دمایی پایین از خود نشان خواهند داد[۱۵].

۵- قابلیت سایش لوله تفنگ در پیشرانه ا ژچ

به طور کلی سایش لوله تفنگ به دو صورت مشکل ایجاد می‌کند، اولا جایگزین کردن لوله تفنگ در سیستم اسلحه هزینه بر است، از طرف

Archive of SID
www.SID.ir

دیگر این موضوع بر عملکرد تفنگ اثرگذار خواهد بود. سایش لوله تفنگ عموما تحت شرایط شلیک معمولی به سطح داخلی لوله تفنگ خسارت وارد می‌کند و باعث ایجاد منافذی می‌شود که به طور تصاعدی افزایش می‌یابد[۱۶]. به طور کلی سایش لوله تفنگ می تواند به اثراتی مانند کاهش برد و دقت، عملکرد نامطلوب، پیچ خوردگی بیش از اندازه لوله تفنگ، کاهش عمر خستگی لوله تفنگ، برق بیش از اندازه دهانه لوله تفنگ و فشار بیش از اندازه و حتی وقوع انفجار منجر شود. برای حل سایش لوله تفنگ در سالهای اخیر تلاش های زیادی صورت گرفته است. اخیراً در کشورهای پیشرفته، استفاده از مهمات غیر حساس مانند پیشرانه های **ا ژچ** برای تهیه مهمات منفجره مورد توجه جدی قرار گرفته است. به طور کلی با اصلاح فرمولاسیون پیشرانه، تغییر در وزن مولکولی گازها و دمای شعله می توان سایش لوله تفنگ را اصلاح کرد. به طور ساده در غیاب اثر هدایت حرارتی، پیشرانه ای که گازهای با وزن مولکولی پایین تولید نماید از نقطه نظر سایش هم مطلوب‌تر است[۱۷]. عموما هنگامی که گاز نیتروژن در پیشرانه افزایش یابد، موجب کاهش دمای شعله و سایش لوله تفنگ می‌شود. پیشرانه‌های **ا ژچ** حاوی مقادیر زیادی از **سپد** می باشند، بنابراین سایش بیشتری را در مقایسه با پیشرانه های متداول از خود نشان می‌دهد[۱۸]. به نظر می رسد که قابلیت سایش **سپد** در ابتدا به غلظت نسبی گاز هیدروژنی که به محض احتراق تولید می‌شود، مربوط می باشد. گاز هیدروژن از نظر شیمیایی با ایجاد واکنش به سایش شدید لوله تفنگ منجر می‌شود[۱۹].

به طور کلی با جایگزینی بایندر بی اثر سلولز استات بوتیرات و استفاده از بایندر پرانرژی سلولز استات نیترات[1] (**ح ا‌ب**) مقدار نیتروژن در فرآورده های احتراق افزایش و سایش کاهش می‌یابد. فرمولاسیون **ا ژچ ۲۰ ل‌ح ا‌ب** شامل ۵۰ ٪ **ح ا‌ب** ۳۵ ٪ **سپد**، ۱۴٪ نرم کننده تری متیلول اتان تری نیترات[2] می‌باشد. عملکرد این پیشرانه و مقایسه با پیشرانه سه پایه متداول (**۳۰ چ**) نشان می دهد که این پیشرانه سایش را حدود ۴۰ ٪ کاهش می دهد، در حالی که دمای شعله ۱۷۶ کلوین بالاتر و ۷ ٪ ایمپتوس کمتری دارد. از سوی دیگر، کاهش سایش لوله تفنگ در فرمولاسیون **ا ژچ ۲۰ ل‌ح ا‌ب** به هزینه افزایش حساسیت است. هر چند که این پیشرانه از نظر عملکردی از پیشرانه **۳۰ چ** بهتر است اما از نقطه نظر حساسیت به ضربه، نسبت به **ا ژچ‌-ح ا‌ب** بسیار بدتر عمل می‌کند. پیشرانه **ا ژچ‌-ح ا‌ب** نمونه‌ای از تلاش های گسترده ای است که در سرتاسر جهان با هدف توسعه پیشرانه با آسیب پذیری پائین با مقدار نیتروژن بالا صورت می گیرد. بنابراین در طراحی پیشرانه تفنگی علاوه بر خصوصیات بالستیکی، مکانیکی و آسیب پذیری بایستی به قابلیت سایش پیشرانه نیز توجه شود[۲۰].

۶- نتیجه‌گیری

پیشرانه‌های با آسیب‌پذیری پایین، نه تنها از فجایع مصیبت‌باری که به علت شروع تصادفی پیشرانه‌های متداول ایجاد می‌شوند، جلوگیری می‌کنند بلکه سطح انرژی بالایی را در ارتباط با افزایش سرعت دهانه فراهم می‌نمایند. پیشرانه‌های **ا ژچ** در مقایسه با پیشرانه‌های متداول، از نظر بحث ایمنی و انرژی مزایای قابل توجهی را از خود نشان می‌دهند. با این وجود، بررسی خواص مکانیکی و قابلیت سایش پیشرانه های **ا ژچ** به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. از نظر طراحان پیشرانه علاوه بر خصوصیات آسیب پذیری پایین، بایستی خصوصیات بالستیکی، مکانیکی و قابلیت سایش قابل قبولی را در پیشرانه **ا ژچ** شاهد باشیم. به طور کلی بسته به کاربرد خاص و نیازمندی های بالستیکی مورد نظر امکان استفاده از هر یک از انواع پیشرانه های **ا ژچ** وجود دارد. انتظار می‌رود با بهینه کردن فرمولاسیون پیشرانه **ا ژچ** این پیشرانه، در آینده نزدیک جایگزینی مناسبی برای پیشرانه‌های متداول باشد.

مراجع

ـ"لاغفعم اع قخ فعم غ لاغ ک پ ع ک ع لاغ ف ب ق ع گ م ک ع ن گ ب گ ع غ ع اب م ک ع ق ع گ لاخ ک م ت م ق ف ع ع لاغ ک ق م ژ گ ن چ گ لاغ ف ع م ذ" گ م ج ب غ ع ک ک غ ج ض ر ص ل ۸ ۲۰۰۸، ۹۰ گ گ ر ۷ لاگ ژ ۳ غ م للذ گ ق م ق ه گ لاخ ق ع ف ک ع غ ب ع ع ق ه لاغ م ع چ ف ع م غ لاغ ک ی گ ق ع ک لگ م ج ق ع گ ف م ع لاغ م ک ذ

۱- غ ع غ لاف ح غ ع ع ع ع ا غ گ ل ق ه ق ع ق ع ب

۲- (ح ر پ چ ر) غ ع غ لاف ف ک لام ک ع غ ع گ ق ه غ ع ک ف ل ا ر

Archive of SID

www.SID.ir

۱۹۹۸, ۸۳۳, ۲۴۱, ۶ مجله خلاصه کپنهاگ ". تاچ, کاملا بطور

۳۵ غر ـ" ء عنوان- گذاشتن فرآیند گ ا ژ چ لگد لاگ کنگ ر". ا لاغر ث, ت ـ لاغر ء ک ا اب ـ لاغر ع کنترل ق گ ط

۲۰۰۴, ه کنگ لاغر ت, ربنگ غ ء ع لاغر گ بقع م ک ا قع گ م ع لاغر م کد

۲۰۰۵. ع ء کنترل پ غ م ر که ت ـ". م کنترل گ لاخ که ت ا ژ چ ء ک قع گ م کنن کنگ بگ فک لاف لاغ گ ب– گفت گ لاپ لاغ ب که ت ". اق فک ث ف

فعم غ لاغ ک پ گ ۱۹۹۳ غ ع لاغ گ بقع م ک ا قع گ م ع لاغ م کد ث غم ۲۴ ـ". م کنترل گ لاگ ا ژ چ گ فلم لاغ گ لاگ ا گ غم گ گ م ق م لن کد ". گسع ف چ ـ ا. م چ ن

۱۹۹۳, لاغ ک لاغ نقع م کنگ لاف ن کپ م ف ر م ف ا ک غ ا ک ظ لاغ م ع چ

لگ م که چ فغ م ف ا ک غ ا ک د ـ". م کنترل گ لاخ که ت غ گ ه ر– ا ژ چ گ لاغ ف عم ذ م ق ف ع لاغ کد مژ ء ک ع ع ف غ ع چ "گ د ف ء ع ف لاغ ـ تغ لا گ م غ ب ض ع

۱۹۹۲. ک م ف نگ گ ه ذ ه نگ گ ه ع غ ر

ق ع کلگ م ج ع ک ع ف ء ع ذ غ ء ک ن پ ـ".S. که ت ق ک ع ر لگ غ م کنترل گ لاخ که ت ا ژ چ ع غ ب لاغ ف ب م ع م غ ع ا گ ق ع غ ب " . چ, پ گ لاج . ذ. ت, ف لغ ق ق خ غ ل ا ص

۱۴۱-۱۴۹, ۱۹۹۹. گ گ, ک ع گ ج, (چ ذ ذ) ۲, ۴۹ حج, ۴۹ گ ژ

ـ"م کنترل گ لاخ که ت ا ژ چ گ گ م ف لاغ م غ ع لاغ غ ب ء ک ع گ م ع ک لاخ م ک ک نگ ق غ ن پ ". ا غ ف ق لاپ ک ع ژ ـ ب. اق ف ث گ ـ س, ا م ع م لاغ ج ض ا ص

۱-۹, ۲۰۰۲. گ گ, ک ع گ ج, (چ ذ ذ)

غ لاغ غ ل ا د ک غ ف ف لاغ چ ء ک ع ق ع م ع ک گ لا غ ا ـ". غ لاغ غ ب گ د م ع لا ا گ ک غ پ ه گ نگ ک غ ع ر ا ژ چ /۵۷ ' ل ع ف ق ع ف لا ر ف ف ل ک ف ت ". پ. ا لاغ غ غ ق ف س ض ا ص

۱۹۹۴. م گ د م ع گ ع چ ع

ع ک غ ف ع ذ غ ء ک ن پ ـ". که ت لاغ خ ق ب غ ف ث کف م ک ق ق ک گ لاخ ا ژ چ گ گ ف م ق ع ن پ ف م ا ف ق ع ب ". د. ه ف ن ع غ ک ع ذ ـ ذ. ت, ف لغ ق ق خ ض ا ص

۱۵۳, ۲۰۰۱. خ ح, ۲, ۱۴۷-۱۵۱ گ ژ, ق ع کلگ م ج

که ت ا ژ چ ک ن ف ذ غ ق ع م لاغ خ س پ د ک ل غ ف ع م ذ". ا, غ ک ف ذ ـ خ. ذ غ لا م گ ع ق ع ژ ـ چ, پ گ لاج ـ د. ب, ک ع ء ک ع ک ع ع پ ـ د. ه ف ن ع غ ک ع ذ ـ ذ. ت, ف لغ ق ق خ ض ا ص

۲۲۸, ۲۰۰۱, ۲۲۶-۲۲۶ ا ع ف ک غ ع گ ب لاه خ ع ف گ ل ق گ ر و پ م ک ق ق ع گ ک لاخ گ "ف ک م ع ق ک لگ ت م ک ق ق ع گ ل ا خ

۲۰۰۷, ۵۳۲-۵۳۴. گ گ ف ق لاغ م ع چ

غ ا گ ء ع لاغ ع ث گ ق ع ک لگ م ج ـ" م ک ق ق ع گ ل ا خ ک م غ ا ژ چ م غ ل ا غ ء ک ع ء ک ع غ ک پ ء ع ع غ ا ب س چ ث ". JD, لاغ ق ع غ ذ ـ چ ج, غ ق ع ک ع ج ـ د. ه ف ن ع غ ذ ک ع ذ ض ا ص

ذ ز ـ". S. گ ک لام ا ع ق ف ع م ا ع ق گ ک ـ لاغ غ ر ف ع م غ ل ا غ ک پ ک ف ک ع م گ ب ق ک م ع ق ک لگ ت م ک ق ق ع گ ل ا خ ف ن م غ ا ک د". ب, غ گ ف ح ـ ت, ک ع غ ق گ ع ت غ ل ا گ م غ ب ض ا ص

۲۰۰۳, ۸۸۹۴, ۵۰ ۶ مجله خلاصه

م ک غ م ر ح ذ ز ـ". م کنترل گ لاخ که ت گ ک ف ک م ک ک ا م ق ف ع ع لاغ کد ه ژ گ ن چ ع غ ا ب لاغ گ لام ا ع ق پ ف ع م ا ع ق گ ک لاغ غ ر ". د, لاغ ق ف ـ د, غ ق ف ع ب ض ا ص

۴,۹۱۹,۷۳۷,۱۹۹۰.

۱۹۸۵, ۶۰۰۶۹, ۴,۵۰ مجله خلاصه

ع ـ" غ ف ع م ذ ق ق ع م ع ل گ ـ غ ر ء ک ع ق ع ک ک ف لاغ گ و پ م ف ن ف گ لاپ م کنترل گ لاخ ک م ت گ گ م ع نگ لاغ ع پ ". خ, ع ق ع پ ف ـ ف گ ع ف چ ذ ب ع گ ع لاغ ج ض ا ص

۲۰۱۰ ه لاغ م ع ج ق ع لاغ ذ ع ع لاغ ق ب ۱۱۰۰۰ ع ع لاغ ق ب گ م ف لاغ ک ز ک ف لاغ ک ف غ ک ق ف ع ک ع غ ع چ گ م ق م ع ت

غم ۱۹ ـ". لم کنترل گ لاخ که ت قع گ م کنن کنگ بگ م ه لگ غ ر گ ک ف گ لاپ لع ت کنگ ف لاع ث غ ر گ گ م ع ق گ گا". ج ع لا ک ف ج ث , ع لا ف لا ا ض ا ص

۱۵۵-۱۶۲, ۲۰۰۱. گ گ ف ا م ف ق ق ب گ ک م ف نگ گ ه ذ قع گ م ع لاغ م کد

۹۶۶ ظ م ف ق ق ب گ ک م ف نگ گ ه ذ قع گ م ع لاغ م کد ۱۶ ـ" م کنترل گ لاخ ا ژ چ م غ لاغ کپنهاگ ث گ ک ف نگ لا پ لع ت کنگ ف لاع H ". J ع لاک ف ض ا ص

قع گ م ع لاغ م کد ء ۲۳۵ ـ". S ع ق لاغ م ع ح غ ر گ ف لاغ ف ف ف ن م ء ا م کنگ نگ ق غ ن پ م کنترل گ لاخ که ت " . ب, ک ع لاغ ع گ غ ذ ـ ب. اق ف گ لاث ـ ا غ ف ق لاپ ک ع ن ض ا ص

۲۰۰۷. ف ع گ ذ م ف ق ق ب گ ک م ف نگ گ ه ذ

ظ لاف لگ غ ب گ ک م لاغ گ پ ـ". لم کنترل گ لاخ که م ف ن گ لاپ- گ چ ک ف غ لز گ غ ا ء ک گ ف گ گ ب گ ک گ ف ح غ ف ث ". J, لاغ گ د م لاغ م ذ ـ ر ق م ö گ ع ق ض ا ص

۱-۶, ۲۰۰۸. گ گ, غ ل ا ع ع ع ط ا ق ع ف لاغ ع چ ع م غ ل ا غ ک پ ل ا م ا ف ک غ غ گ ب ء ک ع

Archive of SID

www.SID.ir