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

نرم‌کننده‌های پرانرژی جدید در پیشرانه‌های تفنگی

علیرضا زارعی[۱]*، احد جهانیان[۲]

تهران- دانشگاه صنعتی مالک اشتر

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

(تاریخ وصول: ۹۰/۳/۲۱، تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۱۹)

چکیده

نرم‌کننده‌ها به عنوان یکی از اجزاء کلیدی در پیشرانه‌های تفنگی، نقش مهمی را در کنترل خصوصیات بالستیکی و مکانیکی پیشرانه بازی می‌کنند. توسعه پیشرانه‌های تفنگی جدید، نیازمند درک رفتار و اثر نرم‌کننده‌های پرانرژی می‌باشد. امروزه در سراسر جهان تلاش‌های زیادی برای سنتز و کاربرد نرم‌کننده‌های پرانرژی به منظور تامین نیازمندی‌های بالستیکی مورد نظر، در حال انجام است. حاصل چنین تلاش‌هایی، به تولید نرم‌کننده‌های پرانرژی بر پایه گروه های نیترو، نیتراتو، فلوئورو نیترو، فلوئورآمینو و آزیدو منجر شده است. این نرم‌کننده‌ها استحکام مکانیکی و انرژی مورد انتظار را در پیشرانه‌های تفنگی با هدف تامین بالستیک مورد نیاز فراهم می‌کنند. در این مقاله در ابتدا به اختصار مفاهیمی نظیر دمای انتقال شیشه ای شدن و مهاجرت نرم‌کننده‌ها تشریح شده و سپس برخی از نرم‌کننده‌های جدید مورد استفاده در پیشرانه‌های تفنگی نظیر BU-NENA، NF، BDNPA/F، DANPE وDNDA57 معرفی می‌شود و اثر این نرم‌کننده‌ها برخصوصیات بالستیکی و دیگر خصوصیات پیشرانه‌های تفنگی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: نرم‌کننده پرانرژی، پیشرانه تفنگی، خصوصیات بالستیکی، **۵۷ لچ‌پ**.

۱- مقدمه

امروزه در ترکیب پیشرانه‌های تفنگی، به طور گسترده‌ای از اجزاء پرانرژی در فرمولاسیون‌های پیشرانه استفاده می‌شود. پیشرانه‌های تفنگی مقادیر زیادی از گاز را که برای پیشرانش پرتابه های با انرژی جنبشی بالا مورد نیاز است، فراهم می‌کنند. سرعت پرتابه به سرعت تولید گازکه خود به مقدار انرژی شیمیایی آزاد شده وابسته است، بستگی دارد[۱]. تحقیقات پژوهشگران نشان می‌دهد که نیازمندی‌های بالستیکی پیشرانه‌های تفنگی برای استفاده درمهمات شامل

۱- دانشیار شیمی تجزیه
۲- کارشناس ارشد پیشرانه

Archive of SID
www.SID.ir

موارد زیر است[۲]:

- افزایش ثابت نیرو برای نایل شدن به بالاترین سرعت دهانه ممکن؛
- دمای شعله پایین به منظور به حداقل رساندن سایش لوله تفنگ؛
- نمای سرعت سوزش پایین (α ؟ ۱)، به منظور تامین ایمنی تفنگ؛
- ضریب خطی سرعت سوزش مناسب(β<۰/۱۵)، به منظور قابلیت بارگذاری تفنگ[۱]، سهولت تولید و عملکرد سازگار در پیشرانه؛
- حساسیت پایین؛
- پایداری گرمایی بالا؛
- خصوصیات مکانیکی(درصد تراکم[۲] و استحکام کششی[۳]) مطلوب.

با توجه به موارد ذکر شده، به منظور پرتاب پرتابه های پیشرفته با سرعت دهانه بالا، توسعه و تولید پیشرانه‌های تفنگی با قابلیت‌های ویژه اجتناب ناپذیر است. از این منظر، تحقیقات گسترده ای در سراسر جهان بر روی بهبود خصوصیات پیشرانه‌ها با استفاده از اجزاء جدید پرانرژی در حال انجام است. نرم‌کننده‌ها یکی از اجزاء مهم پیشرانه‌های تفنگی می باشند. سابقه استفاده از نرم‌کننده‌ها در فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی به گذشته های دور بر می گردد. نرم‌کننده‌ها در کنترل خصوصیات مکانیکی پیشرانه‌های تفنگی نقش اساسی بازی می‌کند[۳]. اساساً نرم‌کننده‌ها به دو شکل جامد یا مایع می باشند، از نرم‌کننده‌های مایع می توان به دی اکتیل فتالات[۴](**خ‌دپ**) ، دی بوتیل فتالات[۵](**خ‌ب‌پ**)، دی اکتیل آدیپات[۶] (**ادپ**) و غیره اشاره کرد. به علاوه از نرم‌کننده‌های جامدی مانند کافور[۷] و دی نیترو تولوئن به طور گسترده ای در فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی متداول استفاده می‌شود. علاوه بر نیتروگلیسیرین که به عنوان نرم‌کننده پرانرژی شناخته می‌شود و هنوز هم به طور گسترده ای در فرمولاسیون پیشرانه‌ها استفاده می‌شود، تلاش‌های زیادی برای توسعه نرم‌کننده‌های جدید پرانرژی انجام شده است. نرم‌کننده‌های با گروه های پر انرژی نظیر نیترو، نیتراتو، فلئورو آمینو، فلئورو نیترو، آزیدو و غیره حاصل چنین تلاش‌هایی است. مطالعات محققین نشان می‌دهد که این نرم‌کننده‌ها موجب افزایش انرژی در پیشرانه‌های تفنگی می‌شود[۴]. با توجه به تفاوت محیط بالستیک داخلی در پیشرانه‌های تفنگی و موشکی، به نظر می‌رسد برای پژوهشگران و علاقمندان حوزه پیشرانه‌های تفنگی، اطلاع از آخرین دستاورد های علمی در زمینه نرم‌کننده‌های پرانرژی جدید و بررسی نقش این نرم‌کننده‌ها در بهبود خصوصیات بالستیکی و دیگر خصوصیات پیشرانه‌های تفنگی ضروری است. در این مقاله چند نرم‌کننده جدید مورد استفاده در پیشرانه‌های تفنگی معرفی شده و سپس اثر این نرم‌کننده‌ها بر خصوصیات بالستیکی و دیگر خصوصیات پیشرانه‌های تفنگی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. قبل از پرداختن به نقش این نرم‌کننده‌ها در فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی، نظر به اهمیت مفاهیمی همچون دمای انتقال شیشه ای[۸] (**غر**) و مهاجرت نرم‌کننده‌ها، این مفاهیم به اختصار شرح داده شده می‌شوند.

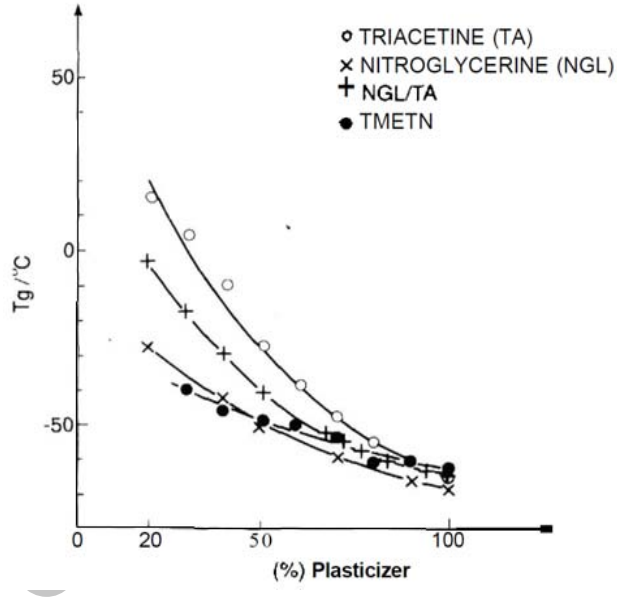
۲- دمای انتقال شیشه ای

یکی از مفاهیم مهم و مرتبط با نرم‌کننده‌ها دمای انتقال شیشه ای در پلیمر است. این دما یکی از مهم‌ترین رفتارهای پلیمر است، که ضمن عبور از حالت جامد به مایع اتفاق می‌افتد. تمامی پلیمرها در یک محدوده از دما و در یک دمای خاص ناگهان برخی از خواص فیزیکی شان تغییر می‌کند، از جمله این که پلیمر هر خصلتی داشته باشد به یک جسم سخت و شکننده تبدیل می‌شود، این دما را دمای انتقال شیشه ای گویند[۵]. در پیشرانه‌ها نیز رفتار مکانیکی پیشرانه ممکن است در دمای پایین تغییر کند، زیرا تغییرات ساختاری در باینر اتفاق می افتد. در دمای انتقال شیشه ای تغییر و تبدیل مهمی در تحرک و پویایی زنجیرهای پلیمری اتفاق می افتد، بنابراین با حضور نرم‌کننده در پیشرانه دمای انتقال شیشه ای پلیمر نیز تغییر می‌کند. به علاوه بهبود ویسکوزیته و دمای انتقال شیشه ای شدن نرم‌کننده، موجب بهبود فرآیند پیشرانه و ایجاد خصوصیات مکانیکی مطلوب در پیشرانه خواهد شد[۶]. شکل(۱) اثر کاهش دمای انتقال شیشه ای با

۱- هفقعع عگ‌چ
۲- گف‌للاذکگگ ب
۳- غم غ‌گلام‌ل‌غ‌ف‌ل‌کغ ر
۴- غ‌ر‌ع‌ق‌ع‌غ‌غ‌گ‌ق‌م‌گ‌ف‌پ
۵- غ‌ر‌ع‌ق‌ع‌غ‌غ‌گ‌ق‌م‌غ‌ف‌پ
۶- غ‌ر‌ع‌گ‌گ‌ع‌ع ق‌م‌گ‌ف‌پ
۷- گ‌غ‌گ‌ک‌ع‌غ ب
۸- غ‌لام‌ع‌لاغ‌گ‌ک‌غ‌م گ‌ف‌پ ل‌ک‌لام ل‌ل‌غ‌ق ذ

Archive of SID
www.SID.ir

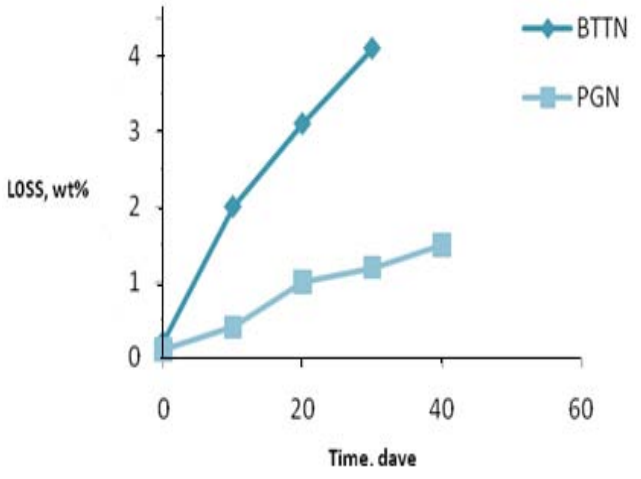
افزایش درصد نرم‌کننده را برای چند نرم‌کننده مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار نرم‌کننده، دمای انتقال شیشه ای کاهش می‌یابد، به علاوه برخی از نرم‌کننده‌ها در کاهش دمای انتقال شیشه ای موثرتر از دیگر نرم‌کننده می‌باشند.



شکل ۱– ارتباط بین مقدار نرم‌کننده و **غر**[۶].

۳- مهاجرت در نرم‌کننده‌ها

مهاجرت نرم‌کننده‌ها یکی از مهم ترین مشکلاتی است که در سیستم بایندرهای پرانرژی در فرمولاسیون‌های مواد منفجره و پیشرانه‌ها با آن مواجه می باشیم. به عنوان مثال برخی از نرم‌کننده‌ها نظیر(فروسن[۱] و مشتقات فروسن) تمایل به اکسید شدن و مهاجرت به سطح پیشرانه دارند و برخی اوقات هم متصاعد می شوند. مهاجرت نرم‌کننده‌ها باعث بی‌نظمی در احتراق می‌شود، زیرا تمایل مولکول‌های نرم‌کننده به مهاجرت یا تبخیر شدن به خارج از ترکیب پیشرانه در طول ذخیره و نگهداری موجب تغییرات شیمیایی می‌شود[۷]. شکل (۲) کاهش وزن نرم‌کننده پلی گلیسیدیل نیترات[۲] **(ح نخ)** با وزن مولکولی پایین و ۶،۴،۲- بوتان تری ال تری نیترات[۳]**(ح ررب)** برحسب زمان را در میانگین خلاء **(غشکک** ۰/۲) نشان می‌دهد.



شکل ۲– مقایسه رفتار مهاجرت دو نرم‌کننده **ح ررب** و **ح نخ**[۷].

۴- نرم‌کننده‌های پرانرژی جدید در پیشرانه‌های تفنگی

۴-۱- نرم‌کننده بیس (۲،۲- دی نیترو پروپیل استال/ فرمال)[۴] BDNPA/F

این نرم‌کننده مخلوطی(۵۰/۵۰) از بیس(۲،۲-دی نیترو پروپیل استال)[۵] و بیس(۲،۲- دی نیترو پروپیل فرمال)[۶] تشکیل شده است. این نرم‌کننده کاربرد گسترده‌ای در فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های تفنگی پرانرژی دارد. برای مثال در ایالات متحده آمریکا، این نرم‌کننده در پیشرانه تفنگی جهت تانک **۹۰۰ چ** به کار برده شده است. در پیشرانه تفنگی با آسیب‌پذیری پایین[۷]**(ا ژچ)** و مواد منفجره بر پایه **سچث** غیرحساس**(۲-س اخ)** از این نرم‌کننده استفاده می‌شود. همچنین در تفنگ دریایی آمریکایی ۵″۵۴ نیز از این نرم‌کننده استفاده شده است. این نرم‌کننده برای اتکتیک‌های با نقطه ذوب پایین استفاده می‌شود، به این معنی که در دمای پایین قابل استفاده است. ساختار نرم‌کننده**ت/ اخ‌پ‌ب** در شکل (۳) نشان داده شده است. با وجود مزایای فراوان نرم‌کننده**ت/ اخ‌پ‌ب**، متاسفانه این نرم‌کننده تحت شرایط مختلف به عنوان مثال دمای بالاتر از **ب**°۷۴ و شوک‌های بالا ناپایدار است[۸].

۱- کگ‌للاغت
۲- غرغلف کرقه‌ع معقغ نگ‌خ
۳- غرغلم‌فکلام گ‌للاغ کم‌مب

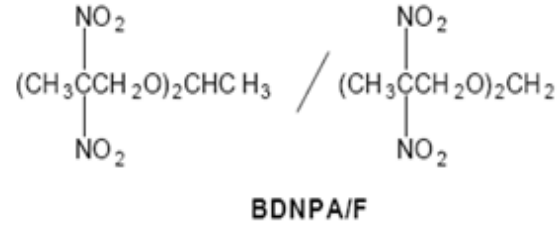
۴- قع کگ‌غ/قع‌غ‌ع (قه‌گ‌لاگ‌لاغ‌فک‌ع-۲، ۲)لب
۵- قع‌غ‌ع (قه‌گ‌لاگ‌لاغ‌فک‌ع-۲، ۲)لب
۶- قع کگ‌غ (قه‌گ‌لاگ‌لاغ‌فک‌ع-۲، ۲)لب
۷- گ‌غ‌ب کک‌ک‌ع غ‌غ‌قع‌غ‌لاغ کقمن گ‌نج

Archive
www.SID.ir

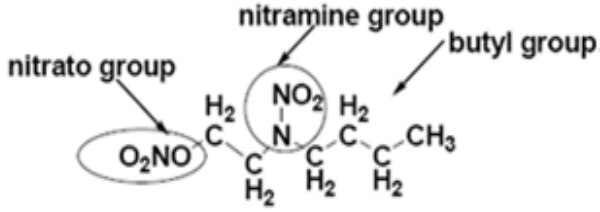
با وجود نتایج ترمودینامیکی رضایت بخش، مطالعات بیشتر در زمینه این پیشرانه جدید با استفاده از **۲۰- چ‌ژ‌ت/ ا‌خ‌پ‌ب** ضروری است. یافته های جدید علمی نشان می‌دهد که نرم‌کننده**ت/ ا‌خ‌پ** به همراه **۲۰- چ‌ژ** پیشرانه ای با قابلیت های ویژه را ایجاد می‌نماید. به علاوه با استفاده از این نرم‌کننده به همراه **۲۰- چ‌ژ** موجب بهبود پایداری در خلاء نسبت به پیشرانه‌های متداول می‌شود[۹]. جدول (۱) داده های ترمودینامیکی و فرمولاسیون پیشرانه حاوی **۲۰- ژ** و نرم‌کننده**ت/ ا‌خ‌پ‌ب** را نشان می‌دهد.

۴-۲- نرم‌کننده بوتیل ننا[1] (BU-NENA)

ا‌ح‌چ‌ح‌-زب نرم‌کننده بسیار موثری در فرمولاسیون‌های پرانرژی است. این نرم‌کننده حاوی دو گروه پرانرژی نیترات استر (**۲ حح- د-**) و نیترآمین (**۲ حح-ح-**) می‌باشد. امروزه از این نرم‌کننده در فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های تفنگی به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود[۱۰]. ساختار این نرم‌کننده در شکل (۴) نشان داده شده است. در جدول (۲) عملکرد بالستیکی پیشرانه تفنگی بر پایه **خ‌حب** و **ا‌ح‌چ‌ح‌-زب** با یکدیگر مقایسه شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که، استفاده از **ا‌ح‌چ‌ح‌-زب** به عنوان نرم‌کننده، در پیشرانه‌های تفنگی و موشکی باعث بهبود خصوصیاتی نظیر سرعت سوزش بالا، کاهش دمای شعله، تولید گازهای با وزن مولکولی پایین، ثابت نیروی بالا می‌شود. **ا‌ح‌چ‌ح‌-زب** پایداری گرمایی خوبی داشته و نیتروسلولز و دیگر پلیمرها را به آسانی پلاستیکی می‌کند و عموماً حساسیت به ضربه مناسبی را از خود نشان می‌دهند[۱۱].



شکل ۳- نرم‌کننده**ت /ا‌خ‌پ‌ب**[۸]



شکل ۴- ساختار و گروه های موجود در نرم‌کننده **ا‌ح چ‌ح‌-زب**[۱۰].

جدول ۱- فرمولاسیون و داده های ترمودینامیکی پیشرانه تفنگی **۲۰- ژ** بر پایه نرم‌کننده**ت/ ا‌خ‌پ‌ب**[۹].

فرمولاسیون	**۲۰- چ‌ژ ت/ ا‌خ‌پ‌ب ح**	داده های ترمودینامیکی	ثابت نیرو (ژول بر گرم)	دما (کلوین)	میانگین وزن مولکولی گازها	گرمای انفجار (ژول بر گرم)
			۱۲۵۳	۳۶۹۸	۲۴/۸	۴۸۳۰

(ا ح‌چ‌ح- (ب) ق‌ک‌خ‌ف ک(قه غ‌ژ‌ه‌گ‌ا‌ف ک-۲)-ح-قم‌مع-ک-ح-۱

www.SID.ir

جدول۲– مقایسه عملکرد بالستیکی پیشرانه تفنگی با پایه**خ‌حپ** و **ا‌ح‌پ‌ح‌-زب**[۱۱].

ردیف	ترکیب پیشرانه(درصد)						ثابت نیرو (ژول بر گرم)		دمای شعله (کلوین)	نمای فشار (α)	ضریب خطی سرعت سوزش،β (ع‌گ چ ۱۰ک‌ع)
	نیتروسلولز (۱۳/۱٪ نیتروژن)	**ا‌ح پ‌ح‌-زب**	**خ‌حپ**	کاربامیت	**سپ‌د**		تئوری	تجربی			
۱	۳۶	۸	–	۱	۵۵		۱۲۳۶	۱۲۰۹	۳۴۶۸	۰/۷۶۶	۰/۱۵۶
	۳۶	–	۸	۱	۵۵		۱۱۳۰	۱۱۲۷	۲۹۴۰	۰/۷۰۲	۰/۱۲۹
۲	۳۲	۷	–	۱	۶۰		۱۲۵۶	۱۲۲۱	۳۵۴۰	۰/۷۹۶	۰/۱۵۱
	۳۲	–	۷	۱	۶۰		۱۱۷۰	۱۱۶۵	۳۰۷۵	۰/۸۲۱	۰/۱۳۴
۳	۲۸	۶	–	۱	۶۵		۱۲۷۴	۱۲۴۰	۳۶۱۲	۰/۸۰۹	۰/۱۶۰
	۲۸	–	۶	۱	۶۵		۱۲۰۵	۱۲۰۰	۳۲۱۰	۰/۹۱۴	۰/۱۴۹
۴	۲۴	۵	–	۱	۷۰		۱۲۹۳	۱۲۵۷	۳۶۸۴	۰/۷۹۴	۰/۱۶۶
	۲۴	–	۵	۱	۷۰		۱۲۳۵	۱۲۴۵	۳۳۴۰	۱/۱۰۰	۰/۱۶۲
۵	۲۰	۴	–	۱	۷۵		۱۳۱۱	۱۳۰۸	۳۷۵۶	۱/۶۹۵	۰/۸۸۰
	۲۰	–	۴	۱	۷۵		۱۳۰۰	۱۲۹۰	۳۳۹۰	۱/۱۵۰	۰/۱۸۵

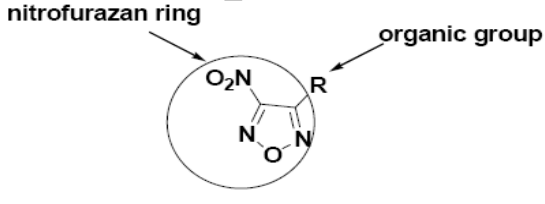
۴-۳- نرم‌کننده نیترو فورازان[1] (NF)

در سال ۱۹۹۴م تحقیق جامعی بر روی کاهش حساسیت پیشرانه‌های تفنگی انجام شد. نرم‌کننده**ت‌ح** یکی از اجزایی بود که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت. این نرم‌کننده علاوه بر داشتن انرژی مناسب، حساسیت پایینی را در پیشرانه فراهم می‌کند. محققین با مقایسه نرم‌کننده**ت‌ح** با نرم‌کننده **ا‌ح‌پ‌ح‌-زب** دریافتند که در نرم‌کننده **ا‌ح‌پ‌ح‌-زب** به علت حضور گروه های نیترات استر، عدم ثبات گرمایی و نیز به علت حضور گروه نیترآمین، حساسیت به شوک ملاحظه می‌شود. در پیشرانه‌های غیر حساس از نرم‌کننده**ت‌ح** به خوبی بهره می‌گیرند[۱۲].

به طور کلی برخی از ویژگی های نرم‌کننده**ت‌ح** شامل موارد زیر است:

- دانسیته مناسب؛
- سنتز آسان؛
- پایداری حرارتی مناسب؛
- آسیب پذیری پایین.

نرم‌کننده**ت‌ح** در دمای اتاق مایع بوده و خصوصیات بهتری را در مقایسه با **ا‌ح‌پ‌ح‌-زب** از خود نشان می‌دهد. با این وجود، نرم‌کننده جدید**ت‌ح**، فراریت ملایمی را از خود نشان می‌دهد که با تغییرات شیمیایی اصلاح خواهد شد. با به کار بردن نرم‌کننده **ت‌ح** در فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های تفنگی، امکان ساخت مهمات غیر حساس[2] فراهم خواهد شد[۱۲]. انتظار می‌رود در سال‌های آینده، با اصلاح ساختار نرم‌کننده**ت‌ح**، این نرم‌کننده جدید به طور گسترده‌ای در فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی استفاده شود. ساختار نرم‌کننده **ت‌ح** در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵ – نرم‌کننده**ت‌ح** [۱۲].

1 - کج‌بط‌ل‌گ‌ل‌ف‌ح

2 - (چ ژ) ل‌گ‌ق‌م ک‌ک غ‌خ‌ف‌ل‌ک‌غ‌ل‌ک‌ژ

Archive of SID
www.SID.ir

۴-۴- نرم‌کننده ۱ و ۵- دی آزیدو -۳- نیترازو پنتان[1] (DANPE)

اخیراً پیشنهاد شده است که از **ژح اپ** به عنوان یک نرم کننده مایع پرانرژی در فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های تفنگی استفاده شود. **ژح اپ** در ترکیب با پیشرانه‌های جدید و متداول برای تولید پیشرانه‌های تفنگی با کارایی بالا استفاده می‌شود[۱۳]. این نرم کننده حاوی دو گروه پر انرژی آزید و نیترآمین در ساختار مولکولی خود می‌باشد. از این نرم کننده انرژی بالایی قابل دستیابی است که این به علت گرمای تشکیل مثبت و تولید محصولات احتراق (**۲ث، ۲ح** و **حب**) با وزن مولکولی پایین می‌باشد. به علاوه گزارشات علمی نشان می‌دهد که از این نرم کننده در پیشرانه‌های تک پایه و فرمولاسیون‌های پیشرانه‌های **ا ژچ** نیز استفاده می‌شود. به طور کلی خصوصیات این نرم‌کننده جدید **ژح اپ** شامل موارد زیر است[۱۴]:

- گرمای تشکیل مثبت، **گک/ق** ۵۴۴+؛
- اکسیژن بالانس بالا، ٪ ۷۹-؛
- نقطه انجماد آن در حدود **ج** ۴/۲- ۳/۵ ؛
- سازگاری بالا با نیتروسلولز و **سپ‌د**؛
- تولید محصولات احتراق با وزن مولکولی پایین؛
- غیر حساس نمودن فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی و قابلیت استفاده در پیشرانه‌های **ا ژچ**؛
- نیتریده کردن سطح داخلی لوله تفنگ یا توپ و در نهایت کاهش سایش لوله؛
- ایجاد خواص مکانیکی مطلوب در پیشرانه؛
- نمای سرعت سوزش و ضریب خطی قابل پذیرش.

در جدول (۳) خصوصیات بالستیکی پیشرانه با پایه **خحپ** و **ژح اپ** با هم مقایسه شده اند. نتایج موجود در جدول (۳) نشان می‌دهد که نرم‌کننده **ژح اپ** با جایگزین شدن با نرم‌کننده **خحپ** نقش موثری در بهبود خصوصیات بالستیکی ایفا می‌کند.

جدول ۳- مقایسه عملکرد بالستیکی پیشرانه تفنگی بر پایه نرم‌کننده **خحپ** و **ژح اپ** [۱۴].

ردیف	ترکیب پیشرانه(درصد)					ثابت نیرو (ژول بر گرم)		دمای شعله (کلوین)	نمای فشار (α)	ضریب خطی سرعت سوزش،β (ع گ ج ۵ک ع)
	نیتروسلولز (۱۳/۱٪)	**ژح اپ**	DOP	کاربامیت	**سپ د**	تئوری	تجربی			
۱	۳۶	۸	-	۱	۵۵	۱۲۶۰	۱۲۵۵	۳۵۸۷	۰/۷۰	۰/۱۳
	۳۶	-	۸	۱	۵۵	۱۱۳۰	۱۱۲۷	۲۹۴۰	۰/۷۰	۰/۱۲
۲	۳۲	۷	-	۱	۶۰	۱۲۷۶	۱۲۷۵	۳۶۴۵	۰/۷۸	۰/۱۳
	۳۲	-	۷	۱	۶۰	۱۱۷۰	۱۱۶۵	۳۰۷۵	۰/۸۰	۰/۱۳
۳	۲۸	۶	-	۱	۶۵	۱۲۹۲	۱۲۹۰	۳۷۰۲	۰/۸۶	۰/۱۶
	۲۸	-	۶	۱	۶۵	۱۲۰۵	۱۲۰۰	۳۲۱۰	۰/۹۰	۰/۱۴
۴	۲۴	۵	-	۱	۷۰	۱۳۰۷	۱۳۰۵	۳۷۶۰	۰/۸۲	۰/۱۶
	۲۴	-	۵	۱	۷۰	۱۲۳۵	۱۲۴۵	۳۳۴۰	۱/۱۰	۰/۱۶
۵	۲۰	۴	-	۱	۷۵	۱۳۳۷	۱۳۳۵	۳۸۱۶	۰/۹۰	۰/۱۸
	۲۰	-	۴	۱	۷۵	۱۳۰۰	۱۳۰۱	۳۳۹۰	۱/۱۵	۰/۱۷
۶	۱۶	۳	-	۱	۸۰	۱۳۶۰	-	۳۸۷۵	-	-

1 -غ گم گغ گغ پ‌ف ک-۳-ف‌ف پ‌ف ع-۵،۱-

www.SID.ir

در جدول (۴) عملکرد بالستیکی پیشرانه تفنگی بر پایه نرم‌کننده‌های **پخ اپ** و **اح‌پ‌خ‌-زب** با نرم‌کننده‌های متداولی نظیر اتیلن گلیکول بیس آزیدو استات[1] (**ااب تپ**)، گلیسیدیل آزید پلیمر[2] (**خ ا ت**) و **خ‌حپ** مقایسه شده است. با توجه به جدول(۴) با افزایش ٪۵ **سپ‌د** در فرمولاسیون پیشرانه، به هزینه کاهش مقدار نیتروسلولز و **پخ اپ**، ثابت نیروی پیشرانه**غ/ج** ۱۵ افزایش و دمای شعله نیز **ج°۶۰** افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که با جایگزینی **خ‌حپ** توسط **پخ اپ** در محدوده ۸-۴ درصد وزنی، ثابت نیرو ٪۱۱–۱۰ افزایش یافته است. این رفتار به علت مشارکت گرمای تشکیل مثبت و وزن مولکولی پایین گازهای احتراق (خصوصا هیدروژن و نیتروژن) نرم‌کننده **پخ اپ** است. با این وجود، اکسیژن بالانس بالاتر **پخ اپ** نسبت به **خ‌حپ** باعث افزایش مقادیر کالریمتریک و نسبت گرمای ویژه در پیشرانه **پخ اپ** می‌شود و بنابراین موجب ایجاد دمای شعله بالاتر در مقایسه با پیشرانه حاوی **خ‌حپ** می‌شود. نتایج آزمایشات انجام شده توسط محققین نشان می‌دهد که با جایگزینی نرم‌کننده بی اثر **خ‌حپ** (٪۶)، به طور جداگانه با **خ‌ا‌ت**، **ااب تپ**، **اح‌پ‌خ‌-زب** و **پخ اپ** ثابت نیروی پیشرانه تفنگی حدود **غ/ج** (۹۰-۷۵) و دمای پیشرانه نیز (**ج°** ۵۰۰-۳۰۰) افزایش می‌یابد[۱۵].

جدول ۴- نتایج تست محفظه پیشرانه‌های با فرمولاسیون مختلف[۱۵]

ردیف	ترکیب پیشرانه(درصد)				ثابت نیرو (ژول بر گرم)		دمای شعله (کلوین)	نمای فشار (α)	ضریب خطی سرعت سوزش،β (**ع‌گ چ ااک‌ه**)
	نیتروسلولز (۱۳/۱٪ نیتروژن)	(**خ ا ت**)	کاربامیت	**سپ‌د**	تئوری	تجربی			
۱	۲۸	–	۱	۶۵	۱۲۸۰	۱۲۷۵	۳۶۰۰	۰/۸۰	۰/۱۵
۲	۲۸	۸	۱	۶۵	۱۲۹۰	۱۲۸۹	۳۷۰۰	۰/۸۶	۰/۱۵
۳	۲۸	–	۱	۶۵	۱۲۸۸	۱۲۸۸	۳۷۰۵	۰/۸۸	۰/۱۶
۴	۲۸	۷	۱	۶۵	۱۲۷۵	۱۲۷۵	۳۵۰۰	۰/۸۰	۰/۱۴
۵	۲۸	–	۱	۶۵	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۳۲۱۰	۰/۹۰	۰/۱۴

با توجه به جدول (۴)، هنگامی که **خ‌ا‌ت** جایگزین**خ‌حپ** می‌شود، ثابت نیرو ٪۷ و دمای شعله ٪۱۳ و ضریب خطی سرعت سوزش نیز ٪ ۱۳ افزایش می‌یابد، اما مقدار نمای فشار ۱۱٪ کاهش می‌یابد. این ثابت نیروی بالا در **خ‌ا‌ت** با جرم مولکولی پایین گازهای احتراق مرتبط است. همچنین در پیشرانه‌های حاوی **خ‌ا‌ت** دمای شعله نسبت به پیشرانه بر پایه **خ‌حپ** بیشتر است. از طرف دیگر پیشرانه بر پایه **خ‌ا‌ت** حساسیت کمتری را نسبت به پیشرانه بر پایه نرم‌کننده **خ‌حپ** نشان می‌دهند. با مقایسه نتایج به نظر می‌رسد از میان این نرم‌کننده‌ها، نرم‌کننده **اح‌پ‌خ‌-زب** در پیشرانه‌های تفنگی یک نرم‌کننده پرانرژی امید بخش است و پتانسیل جایگزین شدن با **خ‌حپ** را دارد.

۴-۵- نرم‌کننده DNDA57

استفاده موفقیت‌آمیز نرم‌کننده‌های جدیدی نظیر **اح‌پ‌خ‌-زب** و **پخ اپ** در فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی خصوصیات بالستیکی و آسیب‌پذیری پیشرانه‌های تفنگی به نحو چشم گیری افزایش می‌دهد. با این وجود یکی از مشکلات پیشرانه‌های تفنگی عملکرد وابسته به دمای پیشرانه است. به این معنی که در گستره دمایی معین (**ب°**+۵۰ تا **ب°**-۴۰) عملکرد پیشرانه به شدت تحت تاثیر دما قرار می‌گیرد. تحقیقات علمی نشان می‌دهد کاهش حساسیت دمایی در پیشرانه‌های تفنگی نقش قابل توجهی در افزایش سرعت دهانه و نهایتاً افزایش برد و افزایش احتمال اصابت گلوله ایفا می‌کند[۱۶]. در دهه اخیر مولر[3] با

1 - غ‌ر‌ع‌غ‌ع‌گ‌ـف‌ـب‌غ‌ـلـع‌گ‌گ‌ـعـقـغ‌غ‌گ‌غ‌قـه‌غ‌م‌پ

2 - لاغ‌گ‌ـگ‌گ‌غ‌ف‌ـب‌غ‌ق‌ف‌ـعـقـ‌ت

3 - لاغ‌قـغ‌ع‌ـه‌ چ‌-

www.SID.ir

ورود نرم‌کننده جدید **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** به فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی نسل جدیدی از پیشرانه‌ها موسوم به پیشرانه تفنگی با ضریب دمایی پایین را ایجاد نمود[۱۷]. نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** مخلوط مناسبی از سه نرم‌کننده زیر است[۱۸]:

- ۴،۲- دی نیترو-۴،۲-دی آزا پنتان (**۵ ا‌پ‌چ‌پ**) ۱۰ **ح** ۴۰ درصد وزنی؛
- ۴،۲-دی نیترو-۴،۲-دی آزا هگزان (**۶ ا‌پ‌چ‌پ**) ۱۰ **اح** ۴۵ درصد وزنی؛
- ۵،۳- دی نیترو-۵،۳- دی آزا هپتان(**۷ ا‌پ‌چ‌پ**) ۱۵ **اح** ۱۵درصد وزنی.

در فرمولاسیون این پیشرانه جدید علاوه بر نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** از **سپ‌د**، **بح** و **پو** نیز استفاده می‌شود. در پیشرانه تفنگی با پایه نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** برخلاف پیشرانه‌های متداول پیک فشار گاز به دما وابستگی بسیار کمی دارد، بنابراین در گستره دمایی معین، سرعت دهانه تغییرات ناچیزی را از خود نشان خواهد داد و چنین چیزی به معنی افزایش کارایی در پیشرانه‌های تفنگی است[۱۹]. در شکل (۶) ساختار این نرم‌کننده‌های**۵ا‌پ‌چ‌پ**، **۶ا‌پ‌چ‌پ** و **۷ا‌پ‌چ‌پ** نشان داده شده است.

شکل۶ – ساختار نرم‌کننده‌های**۷ ا‌پ‌چ‌پ**، **۶ا‌پ‌چ‌پ** و **۵ ا‌پ‌چ‌پ** [۱۹].

استفاده از مخلوط نرم‌کننده مناسب **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** در فرمولاسیون پیشرانه سبب بهبود خصوصیات بالستیکی و ایجاد رفتار مناسبی در ارتباط با تردی و شکنندگی در دمای پایین می‌شود[۲۰]. در پیشرانه‌های تفنگی با استفاده از نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** در ترکیب فرمولاسیون، امکان به کارگیری از بیشینه توان سیستم در یک گستره دمایی فراهم می‌شود، در حالی‌که در پیشرانه‌های متداول به تناسب افزایش دما ماکزیمم فشار گاز نیز افزایش می‌یابد که چنین موضوعی به کاهش عملکرد در دماهای پایین و ایجاد فشار بیش از اندازه، در دماهای بالا منجر می‌شود[۲۱].

یافته‌های علمی نشان می‌دهد که نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** قابلیت سازگاری با ماده پرانرژی ۱،۱- دی آمینو-۲،۲- دی نیترو اتن[1] **(۷ ست)** نیز دارد که این موضوع نیز از مزایای جانبی این نرم‌کننده جدید است. تحقیقات نشان می‌دهد با جایگزینی **۷ ست** به جای **سپ‌د** در فرمولاسیون پیشرانه تفنگی حاوی نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ**، خصوصیات آسیب‌پذیری نیز بهبود می‌یابد[۲۲]. به علاوه به علت حضور نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** در پیشرانه تفنگی، سایش لوله تفنگ نیز به طور چشم گیری کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد به کاهش دمای شعله در پیشرانه تفنگی حاوی نرم‌کننده **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** مربوط است[۲۳].

۵- نتیجه گیری

تلاش‌های انجام شده برای توسعه نرم‌کننده‌های جدید به تولید نرم‌کننده‌های پرانرژی جدیدی مانند**ت‌ح**، **چ‌ح‌ا‌پ‌ت/ ا‌خ‌پ‌ب**، **۵۷ا‌پ‌چ‌پ** و **ا‌ح‌چ‌-زب** منجر شده است. با بررسی خصوصیات این نرم‌کننده‌ها مشخص شد که بسته به نیازمندی‌های بالستیکی، مکانیکی و آسیب‌پذیری پتانسیل جایگزین شدن این نرم‌کننده‌ها به

[1] غ ک غ‌غ‌گ‌ا‌ف‌ک‌پ-۲،۲‌گ‌ف‌ک‌ک‌ف‌پ- ۱،۱-۱

www.SID.ir

جای نرم‌کننده‌های بی اثری مانند **خ‌حپ** و نرم‌کننده‌های پرانرژی مانند **تح** وجود دارد. به عنوان مثال از نرم‌کننده**تح** بیشتر در مهمات غیر حساس استفاده می‌شود، در حالی که اگر هدف کاهش حساسیت دمایی و افزایش هرچه بیشتر برد باشد استفاده از نرم‌کننده **۵۷اپح‌پ** انتخاب مناسبی است. به نظر می‌رسد این نرم‌کننده با داشتن قابلیت های ویژه نظیر کاهش حساسیت دمایی پیشرانه و سازگاری با اجزاء پرانرژی کریستالی نظیر **سپ‌د** و **۷ سح** در آینده در مهمات مختلف مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه در پیشرانه‌های با کارایی بالا استفاده از نرم‌کننده‌های **یخ‌اپ‌ت/ اخ‌پ‌ب** و **اح‌یح‌زب** می‌تواند موجب بهبود خصوصیات سوزش و ایجاد ثابت نیروی بالا در پیشرانه شود. با این وجود استفاده از نرم‌کننده‌های پرانرژی جدید در فرمولاسیون‌های پیشرانه برای استفاده در مهمات با در نظر گرفتن جنبه‌هایی نظیر آسیب‌پذیری،کارایی مستلزم تحقیقات بیشتری است.

مراجع

.۲۰۰۴ ,۱۵۴-۱۴۹ ,کاوشگران لابم‌رخ‌لا هلام‌لفکخ غبخ‌گم‌رخ‌ف‌گ‌ذ قخ‌گ‌ذکف‌کف‌ف عپ 2^{ze} ;.";.رخ‌فگل‌ذگ ویخ‌گملام‌لفکخ غبخ‌رخ‌غر "ج ,کخ‌رخ‌ق‌ف فرض‌ل

گ‌ق قخ‌کلگمج"گ"فکدم‌رخ‌قکف‌گت‌م‌رخ‌ققخ‌گگ‌لاخ کم تخگ غ‌رخ‌کخ‌گ‌لاخ‌رخ‌ض‌م‌لفکقخ‌ب غ‌رخ‌ر گ لخ‌ق‌م‌رخ‌عد لف کخ‌غلگ کخ‌غ‌گ‌د" .ج . ا ,لاخ‌ق‌ف‌ذ ـــذ .د ,رخ‌گکع پ‌فرض‌ل

.۲۰۰۸ ,۸۸۸-۸۹۲ .رخ‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌لگمـ‌لاخ‌ع‌ث

م‌رخ‌م‌رخ‌خ ذز ـ"رخ‌ـع‌ذ کلف‌ع‌م‌کگ‌فگم‌ف‌گ‌گ‌بم کخ‌قخ‌گگ‌لاخ ع‌کخ رخ‌فگل‌ذگ وپ ع‌کخ رخ‌لا‌لفکفع‌م‌رخ‌اع‌قخ‌فع‌م‌رخ‌غلاخ کپ" س .پ گق‌پ ـــج .ر م‌ف‌کـلف‌ـ‌ث‌فرض‌ل

۶,۴۲۵,۹۶۶, ۲۰۰۶.

گ‌ق قخ‌کلگمج ـ"رخ‌فن‌لاخ‌رگ ک اخ‌ظقلاخ‌م‌رخ‌کـفع‌م‌رخ‌غلاخ کخ کلاخ‌گمک‌گ‌ـگ ه‌گف‌گ کخ‌غ‌م ع‌کخ رخ‌کخ‌ف علاف لخ‌ع‌کخ‌ن‌ع ا".ب . چ,لاع نخ‌قخ ر ـــ چ.پ‌لاع ذم‌مغ‌ع فرض‌ل

.۲۰۰۸ ,۱۵۱ , ۲۸۹–۳۰۵ .رخ‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌لگمـ‌لاخ‌ع‌ث

فرض‌ل .ملکولم، استیونز ، ترجمه خزایی، اردشیر ، شکروی، عباس، شیمی پلیمر، جلد اول، ۱۳۷۶.

.۱۹۹۳ ,۴۹۹-۴۹۷ وگلاش نخ‌ح ه‌لگ‌غ وح‌رگ‌م‌رخ‌ع‌قخ مخ گ‌کـع‌غلاخ‌خ ـ".ه‌گف‌گ کخ‌غ‌ع زگ‌کف‌لقه‌گکلاخ‌م‌رخ‌ق‌گ‌دفع‌گ‌ذ" . ا ,لاع کخ‌رخ پ‌فرض‌ل

۴۰۰ ع‌ع ک ع‌گ‌ب‌م‌کگ‌گ ر ه‌لگ‌س‌لاخ‌ع‌ع مد ,کف غلاخ‌ع‌قخ مخ مخ رکـخ غب‌ـ"ظلاف‌لفع‌م‌اع‌ق‌گ‌گ‌ق‌گ‌ع ع‌کخ‌ث".س غ‌لگـخ فرض‌ل

.۲۰۰۰ ,۹۶۶ ← در– در DS ;"گ‌فکدم‌رخ‌قکف‌گت‌رخ‌فگل‌ذگ وپ‌گ‌لگـخ ظلاف‌لفع‌م‌اع‌قخ ع‌کخ‌لاخ‌گ‌ـگ‌خ‌ع‌م‌رخ‌غلاخ کپ" . ا اع‌م‌رخ‌گ‌لاخ‌فرض‌ل

.۱۸۱ -۱۷۶ ,۲۴,۱ ۹۹۹ لعف کخ‌غ‌گ‌لاخ‌ح رخ‌فگل‌ذگ‌و پ‌لم کخ‌قخ‌گ‌لاخ ـ".۲۰– قم‌لهـس‌م کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت نخ‌ح".پ‌لاخ‌قخ‌م چلوص

گ‌ق قخ‌کلگمج ـ"گخ‌فع‌لام‌ف‌ح ع‌کخ‌لاخ‌رخ‌م‌لام‌ف‌ح کلف‌ع‌م‌کگ‌ب ظلاف‌لفع‌م‌اع‌قخ‌فع‌م‌رخ‌غلاخ کپ‌فع‌م‌رخ‌گف‌ـ‌ذ ا‌ـ‌رخ‌غم ا".ش‌ق‌لاخ‌ح قم غب‌ـب‌کف چ کم‌ض‌ل

.۲۰۰۹ ,۱۵, ۵۹۵–۶۰۱ .لام‌لفکخ غب‌کف‌لاخ‌رگ‌ف‌غ کپ ع‌کخ‌ف‌لام‌ام‌ع کخ

-۲)-ح-قم‌مع-کـح گ‌ق ه‌ع‌م‌ذ ا ". غکف‌ذفم‌ظلاخ‌ک ا ـــ ج .ر ,فم‌لگـع‌لاخ‌ع غب‌ـــ ت .ب ,رخ‌گ‌ر‌ـــ ب ,غلاخ‌ع‌لاخ‌گ‌ک‌د ـــذ .د ,رخ‌گکع پ‌فرض‌ل

.۲۰۰۹ ,۱۶۷, ۱۲۲۲-۱۲۲۵ .رخ‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌لگمـ‌لاخ‌ع‌ث‌گ‌ق قخ‌کلگمج ـ".م کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت ع‌رخ‌ب سپ‌کف‌لخ‌کف‌ع‌لف‌ک(قخ‌م‌رخ‌گ‌ه‌ولاف‌ک

گ‌کف‌گ چ‌فرخ‌م‌ف‌ا‌کخ‌ا ـ".لم کخ‌قخ‌گ‌لاخ فع‌گ‌ذ م کخ‌گف‌گ‌گ‌ب چ‌ڈ‌گ‌لخ ظلاف‌لفع‌م‌اع‌قخ قخ‌رگ‌ح". چ‌کف‌کـع‌ف‌ع‌ب ـــ ا‌عف‌ع‌پ ـــ ه کخ‌رخ‌گ‌ع‌د ع ک ف‌ض‌ل

.۲۰۰۹ گخ‌پ‌کف‌لا ا ,ه‌گف‌گ کخ‌غ‌ع‌ق‌ف‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌فرخ‌م‌رخ‌غلاخ کپ&

.۱۹۹۱ ,۱۳,۸۵۶, ۵,۰م‌کخ‌م‌رخ ذز ـ"گخ‌غلاخ‌غ‌ر گ‌ق‌ع‌لاخ‌گ‌لاخ‌گ‌ق‌فع‌م‌رخ چ‌ع کخ‌گخ‌ع‌م کخ‌گخ‌ع‌لف کـ"گ‌ف‌ع‌ف‌ع‌ـ۱,۵ گ‌ف‌ع‌ف‌ع‌ـ۱,۵ .پ‌ج ,کخ‌ق‌ف‌ق‌ض‌ل

ـ"گخ‌ع‌م کخ‌گخ‌ع‌لاف‌کـ"گ‌ف‌ع‌ف‌ع‌ـ۱,۵ گ‌ع‌لخ‌ب‌ف‌کم‌ع‌ق‌ت‌م کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت ه‌غلاخ کپ‌غ‌ف‌ث غ‌م‌ف‌گ‌لاخ‌ع‌م‌ذ". غکف‌ذفم‌ظلاخ‌ک ا‌ـ‌ذ .د ,رخ‌گکع پ‌فرض‌ل

.۲۰۰۹ ,۱۷۲, ۱۶۹۹–۱۷۰۲ .رخ‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌لگمـ‌لاخ‌ع‌ث‌گ‌ق قخ‌کلگمج

غ‌لاخ‌غ‌لاخ‌ع‌ظقلاخ‌م‌رخ چ ه‌غلاخ کپ‌غ‌ف‌ث ـ"م کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت‌ف‌گ‌ذ لگـخ ظلاف‌لفع‌م‌اع‌قخ‌فع‌م‌رخ‌غلاخ کپ‌گ‌ق گ‌ف‌ع‌م‌ق‌ع ن‌پ". ا ,غکف‌ذ ـــذ .د ,رخ‌گکع پ‌فرض‌ل

.۲۰۰۸ ,۵۸, ۸۶–۹۳ ۲۰۰۸ قخ‌کلگمج ع‌گخ‌ف‌عذ غ‌ع‌کخ‌ق‌ع‌پ ه‌گلـع‌لگـع‌ع‌چ

.۲۰۰۶ ,۵۱,۶۵۸, ۷,۰م‌کخ‌م‌رخ ذز ـ"لاخ‌ع گ‌ـخ‌م کخ‌قخ‌گ‌لاخ‌م کخ‌ع کخ‌گخ‌ع‌لاخ‌ع‌لاخ گ‌ـخ‌ر".ب,لاخ‌غ کخ‌لاخ‌قخ‌گ‌ف ژ‌ـــ چ‌ف‌کلا‌غخ‌ض‌ل

قخ‌گ‌ف‌ع‌لاخ‌م کخ‌ذ ۳۶^{de} غ‌رخ‌گ‌ع‌لاخ ـ‌گ‌ـخ‌ف‌کم‌کـک ا کم ت‌گ‌ف‌غ‌ع چ‌کف غ‌لم‌لگـخ غ‌لم کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت ب‌رچ" س ,پ‌هگ‌ف‌غ‌کخ‌چ‌ـــپ ,لاخ‌قخ‌م چ‌ض‌ل

.۲۰۰۵ ,ه کخ‌گ‌لاخ ت‌ع‌غ‌لاخ‌ع چ‌لاخ‌ع‌کـخ‌ف‌ذلعف کخ‌غ‌گ‌ف‌لاخ‌ح قخ‌گ‌ف‌ع‌لاخ‌م کخ‌ذ ۳۲^{ze} & ربخ‌گ‌ف‌غ‌ع‌ع‌لاخ‌ع‌گ‌ک‌ب

دخ‌ـوت ع‌کخ بذب‌ه‌ب لخ‌ع‌ق‌گ‌ـگ‌ب‌گ‌ف‌ع‌لاخ‌ع‌پ‌ب ، گ‌ف‌ه‌ظ‌ف‌م‌لخ‌ن کخ‌ذ گ‌ـگ‌ق‌ظقلاع‌م‌ف‌ح – ا‌پ‌ح‌پ غ‌رخ‌ر" .د . چ ,لاخ‌ع‌رخ غ‌عذ‌ـــپ ,لاخ‌ف‌گ‌ض‌ل

.۲۰۰۴ ,ه کخ‌گ‌لاخ ت , ربخ‌گ‌ف‌غ‌ع‌لاخ‌ع‌ع‌لاخ‌ع‌ک‌گ‌ب‌ق‌ع‌ه‌ک‌ک ا ق‌ع‌گ‌ف‌ه‌لاخ‌ع‌م کخ‌ذ ۳۵^{de} ,(ربخ)غ‌ف‌گ‌ف‌گ کخ‌غ‌ع رخ‌ظلف‌کـخ غب‌ع‌م‌ف‌م‌ا‌کخ‌ذلاخ‌گ‌ـخ‌ع‌کخ‌ع‌لات ـ".ه‌گ‌ـگ‌علام‌ع‌ع‌ع‌ذ

لاخ‌گ‌ـخ‌ع‌کخ‌ع‌لات ـ".لم کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت کلف‌ع‌م‌کگ‌ب‌ظلاف‌لفع‌م‌اع‌قخ ا‌پ‌ح‌پ ع‌کخ ع‌کخ‌ب ب‌ح‌گ‌ع‌کخ‌ع‌ڈ‌گ‌ا‌کخ‌ذ ".پ ,لاخ‌قخ‌م چ‌ـــ چ ,گ‌ف‌ب‌ض‌ل

.۲۰۰۶ع‌ع‌گم‌گ‌ب‌ط ۱۱ گ‌ف‌ب‌ط ۲۰۰۶ک‌ـخ‌گ‌ف‌لاخ‌ا/ف‌لاگ. ک‌کخ‌ف. ذ ذ ذ//ه‌گم‌غ‌ـ"ه کخ‌گ‌لاخ ت ,(ربخ‌گ‌ف‌گ‌ف‌گ کخ‌غ‌ع رخ‌ظلف‌کـخ غب‌لانت‌م‌فم‌ا‌کخ‌ذ

ع‌کخ‌گ‌لکلف‌کم چ‌فرخ‌م‌ف‌ا‌کخ‌ا ـ".لم کخ‌قخ‌گ‌لاخ کم ت‌گ‌ف‌غ‌ع‌کخ‌ع‌لاخ‌ع‌ع‌ع‌ک‌ع‌ن‌ع ا" س ,پ‌هگ‌ف‌غ‌کخ‌چ‌ـــپ ,لاخ‌قخ‌م چ‌ض‌ل

.۲۰۰۰ , ا‌ذزگ‌ف‌ع‌ف‌ع کخ‌ذ کـم‌ف‌گ‌گ‌ـه‌گ‌ف‌گ کخ‌غ‌ع‌ظقلاخ‌م‌رخ چ‌فرخ‌م‌رخ‌غلاخ کپ

Archive of SID

www.SID.ir

[۱] ه‌لاغ‌کبف‌ع‌م‌لا غ‌ب‌ ع‌کع ۷- ا‌پ‌ح‌پ‌ ع‌کع ۶- ا‌پ‌ح‌پ‌ب‌،۵- ا‌پ‌ح‌پ‌ب‌گ‌ گ‌ـهفغ‌لاغ‌م‌ع‌لاغ‌ غ‌ب‌قفغ‌عم‌ه‌قع‌ ک‌ ا‌قغ‌گ‌لاغ‌غ‌ر ".H ,غ‌لام‌ع‌لاجـ‌ـث‌لاغ‌ق‌گ‌گ‌م‌غ‌عذ ـ‌ قغ‌م‌ ک‌م‌ب‌ض‌ ا‌ل‌ل
, ر‌بژ‌گ‌ غ‌ع‌ع‌لاغ‌خ‌ گ‌گ‌ـ‌ب‌ قغ‌م‌ک‌ک‌ ا‌ قغ‌گ‌گ‌م‌ع‌لاغ‌م‌ کژ‌ غ‌ر۳۵ ،(ر‌بژ‌غ‌ خ‌ف‌گ‌ـف‌گ‌ گ‌ک‌غ‌ع‌ ر‌ غ‌ظ‌ف‌ـکـ‌ـغ‌ غ‌ب‌غ‌م‌ف‌م‌ا‌ کژ‌ لاغ‌گ‌گ‌ـغ‌ ک‌ع‌لات ;".غ‌لاهوف‌ چ‌ ه‌لاغ‌کلاغ‌ر ع‌کع
.۲۰۰٤ ،ه‌ کع‌ـلاغ‌ ت

[۲] ذ ذ ذ//:ع‌گ‌م‌ غ‌ـ‌گ‌ـکف‌ ک‌ه‌ک‌ ا‌ چژ‌ گ‌ـغ‌ ا‌پ‌ح‌پ‌ ع‌ک‌ ا‌ ب‌ح‌ گ‌ گ‌ ع‌غ‌ب‌ لم‌ کع‌قع‌گ‌گ‌لاخ‌ ک‌ه‌ تم‌ کع‌ ع‌ کع‌ کع‌ ع‌ کژ‌ع‌لاهع‌لاغ‌ گ‌ـغ‌ ر" س‌،به‌گ‌ـق‌غ‌ک‌ع‌چ‌ـ‌ـپ‌،لاغ‌قذه‌ چ‌ص‌ ۲۲۱
.۲۰۰۹غ‌ ع‌گ‌.لاغ‌قذه‌ک‌ـب‌ ۹ قغ‌م‌ف‌ـا‌ک‌ع‌گ‌ف‌ ۲۹/ع‌ف‌ عگ‌فک‌ـف‌ـعم‌ ع‌.

[۳] غ‌قالف‌ـک‌ ک‌ه‌غ‌ ۲۰۰۹/ع‌ف‌ عگ‌فک‌ـف‌ـعم‌ ع‌. ذ ذ ذ//:ع‌گ‌م‌ غ‌ـ".غ‌ج‌لاغ‌م‌غ‌ف‌گ‌ـلا مپ‌ ک‌ه‌ ت.ق‌ ع‌ب‌ک‌ـک‌ ۲۷ غ‌ع‌م‌ گ‌ـغ‌ لم‌ کع‌قع‌گ‌گ‌لاخ‌ ک‌ه‌ ت" س‌،به‌گ‌ـق‌غ‌ک‌ع‌چ‌ـ‌ـپ‌،لاغ‌قذه‌ چ‌ص‌ ۲۲۳
.۲۰۰۹غ‌ ع‌گ‌.ع‌ ع‌لغ‌ مرلاغ‌قع‌ مک‌ ۷۷۵۹

Archive of SID

www.SID.ir