

EKSPLOZIVI NA BAZI OKTOGENA I POLIMERNIH MATERIJALA (FLEGMATIZATORA)

UDC: 662.215.4/5 : 66.022.3

Rezime:

U radu su prikazani različiti tehnološki postupci flegmatizacije, koji zavise od primenjenog flegmatizatora, kao i način flegmatizacije voskovima i polimerima. Dati su sastavi oktogena sa različitim polimerima kao flegmatizatorima, i prikazane su njihove brzine detonacije.

Ključne reči: oktogen, flegmatizatori, voskovi, polimeri, postupci flegmatizacije, brzine detonacije.

EXPLOSIVES BASED ON OCTOGENE AND POLYMER MATERIALS (BONDING AGENTS)

Summary:

In this paper different processes of coating high explosives HMX with different polymer materials are given. A process of coating depends on used polymers and waxes. Some formulations are presented, based on HMX and bonding agents (polymers and waxes) and their effects on detonation velocity.

Key words: octogene, bonding agents, waxes, polymers process of coating, detonation velocity.

Uvod

Jedan od osnovnih zahteva koje eksplozivi moraju da ispune jeste da su dovoljno bezbedni za čuvanje, transport i rukovanje. Da bi se reakcije eksplozivnog procesa inicirale, eksplozivu treba prethodno saopštiti minimalnu energiju, odnosno određeni minimalni impuls, koji je dovoljan za otpočinjanje procesa hemijske reakcije razlaganja – eksplozije.

Većina čistih eksploziva, koji se koriste kao konvencionalni, jesu kristalna jedinjenja. Kako je njihova osetljivost na mehaničke uticaje, udar i trenje velika, u naknadnoj tehnološkoj preradi dodaju

im se flegmatizatori koji smanjuju njihovu osetljivost, ali ne umanjuju bitno krajnja dejstva.

Ciklični nitramini, u koje spada oktogen, jesu eksplozivi velike snage i velike osetljivosti na mehaničke uticaje, tako da se mogu primeniti jedino kada im se doda neki inertni materijal, flegmatizator, koji im smanjuje osetljivost na udar i trenje [1]. Tehnološka operacija koja omogućuje uvođenje nekog inertnog agensa u eksploziv, tako što će prekriti njegove granule da bi se onemogućio njihov međusobni kontakt, naziva se flegmatizacijom. U ovom radu prikazani su najčešće primenjivani tehnološki postupci flegma-

tizacije oktogena kao i proizvodi – flegmatizovani oktogen, odnosno eksplozivni sastavi na bazi oktogena i polimernih agensa [2].

Flegmatizacija oktogena

Flegmatizacija je operacija obrade eksploziva, koja se sprovodi radi smanjenja osetljivosti na mehaničke uticaje i bezbednije manipulacije, što se, pre svega, odnosi na mogućnost oblikovanja presovanjem.

Tehnološki postupak flegmatizacije primenjuje se kada je kristalni eksploziv (oktogen, heksogen, pentrit i u novije vreme, CL-20 [3], ANTA [4] i keto-RDX [5]) izašao sa linije sinteze i kristalizacije. Postupci flegmatizacije zasnivaju se na postupku mikrokapsulacije.

Od flegmatizatora se zahteva da se uz minimalnu količinu obezbedi dobro prekrivanje eksploziva, velika gustina punjenja i bezbedna manipulacija. Presovanje kristalnog eksploziva bez flegmatizatora je riskantno, te se primenjuje samo u specijalnim slučajevima, uz veliku predostrožnost. Takav otpresak, i pored velikog rizika pri presovanju, veoma je porozan.

Visokobrizantni eksplozivi, u koje spada i oktogen, flegmatizuju se voskova ili polimerima, čiji je sadržaj ispod 10%. Ovakvi eksplozivi su u granulisanom obliku i presuju se ili direktno u košuljice bojnih glava ili u posebno profilisanim alatima iz kojih se montiraju u bojne glave.

Polimeri se, s obzirom na svoju visoku temperaturu topljenja, koriste u eksplozivnim sastavima koji se izlažu povišenim radnim temperaturama.

Postupci flegmatizacije

Postupak flegmatizacije zasniva se na operaciji mikrokapsulacije, što podrazumeva prekrivanje granula eksploziva flegmatizatorom, koji je najčešće neki inertan agens, vosak ili polimerni materijal. Tehnološki postupak koji se primenjuje u toku flegmatizacije zavisi od vrste flegmatizatora, što je bitno s obzirom na njihove različite temperature topljenja.

Ukoliko je flegmatizator vosak, čija je temperatura topljenja ispod 100°C, flegmatizacija se obavlja iz vruće vodene suspenzije eksploziva, zagrejane do 95°C u kojoj se pogodnim mešanjem rastopljeni vosak raspoređuje po sistemu i, uz definisan postupak hlađenja i uz neprekidno mešanje, postiže se prekrivanje granula oktogena voskom. Ovaj postupak je najjednostavniji, ali se ređe primenjuje za oktogen (uglavnom se koristi za flegmatizaciju heksogena i pentrita), s obzirom na to da je to eksploziv visoke temperature topljenja (278,5 do 280,0°C), a primenjuje se u municiji koja je izložena posebnim termičkim naprezanjima.

Pored tehnološkog postupka u kojem se koristi *rastopljen* flegmatizator u zagrejanj vodenoj suspenziji eksploziva, koriste se i tehnološki postupci flegmatizacije kada je flegmatizator *emulgovan*, *rastvoren* ili u vidu *monomera* [6].

Emulgovanje flegmatizatora primenjuje se u slučaju kada je flegmatizator neki polietilenski vosak koji je teško rastvoran, i čija je temperatura topljenja iznad 100°C. Emulzija voska koja se priprema na poseban način, uz dodatak alkalnog emulgatora (pH oko 9), dodaje se u zagrejanu vodenu suspenziju eksploziva. Kada se emulzija voska, koja sadrži baznu komponentu, doda u vodenu su-

spenziju eksploziva (pH sredine je oko 9), i u takvoj sredini emulzija voska je veoma stabilna. Do destabilizacije sredine i do izdvajanja voska na granulama eksploziva dolazi promenom pH sredine od bazne do slabo kisele, čime se vrši flegmatizacija. Ovaj postupak se koristi za flegmatizaciju oktogena sa sadržajem flegmatizatora od 5 do 10% po masi oktogena.

Najčešće se koristi postupak flegmatizacije oktogena kad je flegmatizator polimer čija je temperatura topljenja iznad 100°C. Postupak se sastoji u tome da se polimeri rastvaraju u pogodnom rastvaraču koji može da bude polaran ili nepolaran, što zavisi od vrste polimera koji se primenjuje.

Ukoliko je rastvarač nepolaran, on se ne meša sa vodom, kao ni rastvor polimera, a flegmatizacija oktogena može da se izvrši na dva načina.

Pri prvom načinu rastvor polimera dodaje se u pripremljenu vodenu suspenziju eksploziva. Sistem za flegmatizaciju u tom slučaju sadrži dve tečnosti koje se ne mešaju – vodu i rastvarač. Izdvajanje polimera iz rastvarača i njegovo nanošenje na granule eksploziva obavlja se dodavanjem određene tečnosti – nerastvarača za polimer, koja je kapilarno aktivna komponenta, pospešuje mešanje vode i rastvarača, a samim tim i nanošenje polimera na granule eksploziva.

Pri drugom načinu flegmatizacije rastvarač polimera se iz sistema za flegmatizaciju uklanja destilacijom pod smanjenim pritiskom, pri čemu se polimer izdvaja iz rastvora i nanosi na granule eksploziva. Ovaj način flegmatizacije najčešće je primenjivan, bez obzira na to da li je rastvarač polimera polaran ili ne. Destilacija rastvarača polimera iz sistema pod smanjenim pritiskom može da se vrši iz vodene suspenzije eksploziva kojoj je

dodat rastvor polimera ili iz suspenzije eksploziva i rastvarača polimera, ukoliko je sistem bezbedan za rad, što znači da rastvarač nije lako zapaljiv.

Ova dva postupka flegmatizacije omogućuju dobijanje flegmatizovanog eksploziva različitog granulometrijskog sastava i različite osetljivosti na mehanička dejstva. Prvi postupak obezbeđuje ujednačeniji granulometrijski sastav, bez velikih aglomerata, a drugi pospešuje stvaranje aglomerata. Ovaj postupak može da se primeni na flegmatizaciju eksploziva sa sitnijom granulacijom, jer se formiraju krupnije granule, a nestaje sitna frakcija čestica. Međutim, ovakav eksploziv se teže presuje [7].

Kada se flegmatizator nalazi u vidu monomera postupak flegmatizacije se vrši tako što dolazi do polimerizacije monomera u samom sistemu za flegmatizaciju i do izdvajanja nastalog polimera na granulama eksploziva. Ovaj postupak je izuzetno složen, jer je potrebno da se obezbede svi parametri neophodni pri polimerizaciji – pritisak, temperatura, prisustvo nekog katalizatora. Primenjuje se u slučajevima kad se od flegmatizovanog eksploziva zahtevaju određene karakteristike za određene namene (svemirska istraživanja).

Svaki od navedenih postupaka flegmatizacije daje, kao proizvod, granulisan eksploziv sa određenim karakteristikama, neophodnim za njihovu primenu presovanjem. Koji će se postupak flegmatizacije primeniti zavisi od odabranog flegmatizatora – voska (prirodnog ili sanitetskog) i polimera, a u funkciji krajnje primene flegmatizovanog eksploziva.

Kvalitet flegmatizovanog oktogena

Flegmatizovani eksploziv – oktogen jeste granulisani proizvod koji se prime-

njuje za presovana eksplozivna punjenja različitih kalibara municije. Uglavnom se koristi za kumulativnu municiju, zbog visokih detonacionih karakteristika i mogućnosti da se presuje u tačno definisane dimenzije.

Pre nego što se primeni, svaki nov sastav flegmatizovanog oktogena mora da ima definisane karakteristike [6]: sadržaj flegmatizatora, granulometrijski sastav, nasipnu masu, osetljivost na mehaničke uticaje, kompresibilnost i brzinu detonacije. Pored ovih karakteristika, flegmatizovani oktogen mora da zadovolji i zahtev za dobru pokretljivost (tečljivost) granula, kako bi se bez teškoća mogao sipati u alat za presovanje. Takođe, veoma je bitno da tokom flegmatizacije ne dođe do stvaranja velikih granula (prečnika iznad 1000 mikrometara) – aglomerata sitnih granula eksploziva i flegmatizatora. U unutrašnjosti ovakvih granula najčešće postoje šupljine sa zarobljenim vazduhom, koje se u uslovima presovanja mogu ponašati kao vruće tačke i mogu da izazovu inicijaciju detonacije u alatu za presovanje. S obzirom na to da se flegmatizovani oktogen koristi u presovanom stanju, mora da se izbegnu bilo kakve nepravilnosti u strukturi granulisanog proizvoda, kako ne bi došlo do neželjenih efekata. Operacija presovanja spada u veoma rizične operacije obrade eksploziva, pa se posebna pažnja mora posvetiti kvalitetu flegmatizovanog granulisanog eksploziva – oktogena.

Granulometrijski sastav flegmatizovanog oktogena treba da obezbedi što veću nasipnu masu i da ne sadrži frekvenciju prečnika granula ispod 100 mikrometara [7]. Ova frekvencija se, uglavnom, sastoji ili od neflegmatizovanih čestica eksploziva ili od čistog flegmatizatora i ometa presovanje tako što se zaglavljuje

između klipa i zida alata za presovanje, dolazi do lepljenja, otežava se izbijanje gotovog otpreska iz alata, što je u takvim uslovima veoma rizično.

Krajnje karakteristike flegmatizovanog eksploziva zavise ne samo od primenjenog flegmatizatora (vosak ili polimer) već i od tehnološkog postupka flegmatizacije.

Različiti flegmatizatori imaju različit učinak flegmatizacije, koji zavisi ne samo od vrste flegmatizatora već i od masenog udela flegmatizatora. Zbog toga je kontrola sadržaja flegmatizatora u flegmatizovanom eksplozivu, oktogenu, neophodna i veoma stroga. Uspešnost flegmatizacije se, pored ovog načina, potvrđuje i merenjem stepena prekrivenosti granula oktogena flegmatizatorom [1]. Sadržaj flegmatizatora u eksplozivu propisuje se posle opsežnih ispitivanja, a u funkciji njegove primene.

Flegmatizovani sastavi na bazi oktogena

Oktogen spada u eksplozive čija je temperatura topljenja visoka, tako da temperatura topljenja primenjenih flegmatizatora mora da bude iznad 100°C.

Najčešće korišćeni flegmatizatori oktogena su sledeći polimeri i voskovi: viton-A, estan, ekson, najlon, teflon, Kel-f i polietilenski voskovi [2]. Pored toga, u flegmatizovane sastave često se dodaju i neki drugi sastojci, koji povećavaju unutrašnju energiju eksploziva [8]. To su, uglavnom, fluorovani nitroformali tečni eksplozivi i njihove smeše, kao i razni plastifikatori, koji su neophodni ukoliko je primenjeni polimer krt. U tabeli 1 prikazani su flegmatizovani sastavi na bazi oktogena i polimernih materijala, sa brzinama detonacije za svaki sastav [2].

Eksploziv	Drugi naziv	Sastav (%)	Boja	Gustina (g/cm ³)	Brzina detonacije (m/s)
LX-04-1	PBXV-85-15	HMX 85 Viton A 15	žuta	1,86	8460
LX-07-2	RX-04-BA	HMX 90 Viton A 10	narandžasta	1,865	8640
LX-09-0	RX-09-CB	HMX 93 pDNPA 4,6 FEFO 2,4	ružičasta	1,837	8810
LX-09-1	-	HMX 93,3 pDNPA 4,4 FEFO 2,3	ružičasta	1,84	8810
LX-10-0	RX-04-DE	HMX 95 Viton A 5	bledo plavo- zelena	1,86	8020
LX-11-0	RX-04-PI	HMX 80 Viton A 20	bela	1,87	8320
LX-14-0	RX-04-EQ	HMX 95,5 Estan 5702 4,5	ljubičasta	1,835	8830
PBX-9011	X-0008	HMX 90 Estan 5703 10	sivobela	1,77	8500
PBX-9404	PBX-9404-03	HMX 94,0 NC (12% N) 3,0 CEF 3,0	bela ili plava	1,84	8800
PBX-9501	X-0242	HMX 95,0 Estan 2,5 BDNPA-F 2,5	bela	1,84	8850

* Viton – heksafluoropropilen/vinilidifluorid 1 : 2, estan – poliuretan, FEFO – bis(2-fluor 2,2-dinitroetil)formal, NC – nitroceluloza, pDNPA – bis(2,2-dinitropropil)acetal, CEF – trihloretilfosfat (plastifikatori), estan – poliuretanestar.

Iz tabele 1 vidi se da su sve brzine detonacije flegmatizovanog oktogena velike, a da su gustine punjenja uglavnom preko 1,80 g/cm³, sa izuzetkom PBX-9011, čija je gustina 1,77 g/cm³, ali brzina detonacije je 8500 m/s. To je veća brzina detonacije nego ona za sastav LX-10-0, 8020 m/s, i za gustinu 1,86 g/cm³. Razlog ovoj naizgled nelogičnosti jeste priroda flegmatizatora i poroznost punjenja.

Svi sastavi prikazani u tabeli 1 mogu da se presuju u toplom stanju, zagrejani u specijalnim komorama blizu temperature topljenja polimera. Kako su temperature topljenja primenjenih polimera iznad 100°C, uzorci flegmatizovanog oktogena se zagrevaju na 85 do 90°C, što

umnogome olakšava presovanje i omogućuje postizanje velikih gustina punjenja, a samim tim i brzina detonacije. Ovako presovan eksploziv ima veliku gustinu (iznad 1,80 g/cm³) i izuzetno dobre mehaničke karakteristike, što je značajno za kumulativna punjenja municije velikih kalibara, koja trpe znatna opterećenja pri eksploataciji.

Kompatibilnost primenjenih flegmatizatora i oktogena mora da bude zadovoljavajuća, odnosno ne sme da dođe do pojave gasova pri probi grejanja. U našim uslovima oktogen se flegmatizuje sa više različitih polimera, od kojih su najznačajniji: polikarbonat [9], polistiren [10] i poliamid [11].

Tabela 2

Brzine detonacije oktogena flegmatizovanog polimerima u našim uslovima

Sastav flegmatizovanog eksploziva (%)	Gustina (g/cm ³)	Brzina detonacije (m/s)
HMX 95	1,70	8360
polikarbonat 5	1,75	8460
HMX 95	1,65	8220
Polistiren 5	1,70	8440
HMX 95	1,70	8175
Poliamid 5	1,75	8500

Brzine detonacije za različite sastave oktogena flegmatizovanog navedenim polimerima, prikazane su u tabeli 2.

Brzine detonacije prikazane u tabeli 2 dobijene su merenjem na uzorcima koji su presovani na sobnoj temperaturi i u skladu su sa vrednostima prikazanim u tabeli 1.

Svi prikazani polimeri (tabele 1 i 2), korišćeni kao flegmatizatori oktogena, mogu da se primene za flegmatizaciju i ostalih kristalnih visokobrizantnih eksploziva (heksogena, pentrita), ali pre upotrebe mora da se proveri njihova kompatibilnost metodom grejanja.

Tehnološki postupak flegmatizacije oktogena polimerima, prikazanim u tabelama 1 i 2, zasnovan je na postupku destilacije rastvarača iz rastvora polimera u sistemu za flegmatizaciju ili njegovim uklanjanjem iz sistema za flegmatizaciju korišćenjem nerastvarača polimera, što znatno poskupljuje proizvod i nije ekonomski opravdano da se koriste za eksplozive čija je temperatura topljenja niža od temperature topljenja primenjenog polimera.

Zaključak

Za flegmatizaciju oktogena, koji ima visoku temperaturu topljenja, primenjuju se termostabilni polimeri. Flegmatizacija

oktoga polimerima vrši se po tehnološkom postupku kada je polimer rastvoren i dodat vodenoj suspenziji eksploziva ili suspenziji eksploziva i rastvarača polimera. Polimer se nanosi na granule kristalnog oktogena njegovim izdvajanjem destilacijom rastvarača pod smanjenim pritiskom ili dodavanjem površinski aktivnog agensa koji je ujedno i nerastvarač primenjenog polimera.

Ovakvi sastavi presuju se u toplom stanju na temperaturi bliskoj temperaturi omekšavanja primenjenog polimera. Na taj način postižu se velike gustine presovanog punjenja, koja se odlikuju dobrim mehaničkim karakteristikama, malom poroznošću i velikom brzinom detonacije.

Zbog svojih izuzetnih karakteristika ovi eksplozivi se primenjuju, uglavnom, za kumulativnu municiju različitih kalibara, kao i za neke posebne namene, vezane za svemirska istraživanja.

Literatura:

- [1] Anđelković-Lukić, M.: Uticaj flegmatizatora na brzinu detonacije oktogena, Vojnotehnički glasnik br. 6, 54-61, 1999.
- [2] Dobratz, B. M.: LLNL Eyplosives Handbook, UCRL 52997, 1981.
- [3] Simpson, R. L.: CL-20 Performance Exceeds of HMX and its Sensitivity is moderate, Propellants, Explosives, pyrotechnics, 22, 249-255, 1997.
- [4] Simpson, R. L.; Pagoria, P. F.: Synthesis, Properties and Performances of the high Explosives ANTA Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 19, 174-179, 1994.
- [5] Mitchel, A. R.; Pagoria, P. F.: Nitroureas 1. Synthesis, Scale-up and Characterization of K-6, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 232-239, 1994.
- [6] Anđelković-Lukić, M.: Prilog proučavanju fizičkih, hemijskih i eksplozivnih karakteristika flegmatizovanog oktogena, doktorska disertacija, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1994.
- [7] Anđelković-Lukić M.: Uticaj granulacije kristalnog eksploziva oktogena (HMX) na parametre presovanja flegmatizovanog eksploziva, Naučnotehnički pregled, vol XLII, br. 7, 18-22, 1992.
- [8] Anđelković-Lukić M.: Tendencije razvoja brizantnih eksploziva, Vojnotehnički glasnik, br. 6, 681-690, 1998.
- [9] Anđelković-Lukić, M.: Flegmatizacija heksogena polikarbonatom, VTI, Beograd, 1977.
- [10] Anđelković-Lukić, M.: Istraživanje novih flegmatizatora oktogena, VTI, Beograd, 1983.
- [11] Lukić, M.: Flegmatizacija heksogena i oktogena poliamidom, VTI, Beograd, 1975.