

Flegmatizacija heksogena smešom cerezina i stearina

Slavica Jevtić, dipl.inž.¹⁾
Dr Milovan Azdejković, dipl.inž.¹⁾
Mirjana Dimić, dipl.inž.¹⁾

Pripremljeno je i analizirano devet smeša flegmatizatora sa različitim masenim odnosom cerezina i stearina (CEST). Izvršena je flegmatizacija heksogena (RDX) različitim tehnološkim postupcima izabranom smešom CEST 70/30, kao i fizičko-hemijska i termohemijska karakterizacija dobijenih uzoraka flegmatizovanog heksogena. U radu su predstavljeni rezultati ispitivanja pripremljenih flegmatizatora, način izbora smeše za flegmatizaciju, tehnološki postupci flegmatizacije i rezultati ispitivanja uzoraka flegmatizovanog heksogena.

Ključne reči: Nauka o materijalima, eksplozivne materije, RDX, heksogen, flegmatizovani heksogen, flegmatizacija, cerezin, stearin.

Uvod

EKSPLOZIVNA punjenja raznih oblika i dimenzija, koja se nalaze u čvrstom agregatnom stanju, dobijaju se tehnologijom nalivanja ili presovanja. Izbor odgovarajućeg eksploziva i postupak laboracije su uslovljeni konkretnom primenom eksplozivnog punjenja, odnosno zahtevanim efektima dejstva odgovarajućeg sredstva na cilju.

Flegmatizovani heksogen se najčešće laboriše tehnologijom presovanja. Presovanjem se mogu dobiti eksplozivna punjenja velike gustine i visokih vrednosti parametara detonacije.

Da bi brizantni eksplozivi mogli da se laborišu tehnologijom presovanja, prethodno se vrši njihova desenzibilizacija, odnosno flegmatizacija odgovarajućom inertnom (voskovi, polimeri) ili manje osetljivom eksplozivnom materijom (TNT). Flegmatizacijom se na površini kristala eksploziva obrazuje tanak sloj flegmatizatora koji onemogućava direktan međusobni kontakt golih kristala eksploziva, te se na taj način smanjuje opasnost pri manipulaciji i laboraciji, a istovremeno se vrednosti parametara detonacije (u odnosu na neflegmatizovani eksploziv) samo neznatno smanjuju.

Kao flegmatizatori heksogena se mogu, manje ili više uspešno, koristiti različite inertne materije. Korišćenje velikog broja različitih inertnih flegmatizatora i njihovog različitog masenog udela (najčešće 2 - 9%) u flegmatizovanim eksplozivima uslovljeno je određenim zahtevima i specifičnom primenom presovanih eksplozivnih punjenja.

U našoj zemlji flegmatizacija heksogena se razvijala i usavršavala uporedo sa industrijskom proizvodnjom heksogena, koja je počela posle Drugog svetskog rata. Tako je, uzrokovana potrebom rešavanja nastalih tehničko-tehnoloških problema u proizvodnji domaćeg flegmatizovanog heksogena, nastala prva ozbiljna i vrlo detaljna studija flegmatizacije heksogena sa tehnološkim rešenjima za proizvodnju [1]. U prethodnom periodu je osvojeno više novih tehnologija flegmatizacije eksploziva (u laboratorijskim,

poluindustrijskim i industrijskim uslovima). Ispitani su mnogi flegmatizatori, kao i uticaj različitih parametara (kvaliteta i udela ulaznih sirovina, postupka flegmatizacije, tehnoloških parametara procesa flegmatizacije i dr.) na kvalitet izlaznog proizvoda i vrednosti parametara detonacije flegmatizovanog eksploziva.

Heksogen je u početnim istraživanjima flegmatizovan prirodnim voskovima (koji se dobijaju ekstrakcijom iz mrkog uglja a čija je temperatura topljenja niža od 100°C) - montan [1-3] i svit [3-5], iz zagrejjane vodene suspenzije. U skladu sa rezultatima istraživanja ove oblasti u svetu, kao flegmatizatori su korišćene polimerne materije [6] tako da je heksogen flegmatizovan sa različitim masenim udelom poliamida [7], polistirena [8,10] i polikarbonata [9,10] iz rastvora, čime se dobijala vrlo dobra presvučenost kristala RDX-a flegmatizatorom. Flegmatizacija sintetičkim poli-etilenskim voskovima, koja je istraživana početkom osamdesetih [11], zahtevala je prethodnu pripremu emulzije flegmatizatora i razvoj specifične tehnologije flegmatizacije.

Krajem osamdesetih godina za flegmatizaciju su korišćeni termoplastični polimeri (Kraton G 1652, Viton A, Fluorel i dr.). Tada je flegmatizovani heksogen presovan u posebno konstruisanom alatu, uz grejanje do temperature omekšavanja flegmatizatora [12]. Paralelno je istraživana mogućnost primene čitave palete *Hoechst* sintetičkih voskova čija je temperatura topljenja manja od 100°C [13].

U toku dosadašnjih istraživanja malo je ispitivan flegmatizator na bazi cerezina i stearina, koji je korišćen još pedesetih godina u eksplozivu *A-IX-1* stranog porekla. Ovaj flegmatizator je delimično ispitivan u [1] a korišćen je kao dodatak u količini od 1% m/m (odnos komponenti flegmatizatora: cerezin 50% - stearin 50%), tokom istraživanja granuliranih eksplozivnih smeša na bazi heksogena, trotila i voskova [14]. Na osnovu naših preliminarnih analiza i podataka iz literature, zaključeno je da se u inostranim flegmatizovanim eksplozivima *OKFOLU* i *GEKFOLU*, koji su

¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

vrlo pogodni za presovanje, kao flegmatizator koristi smeša cerezina i stearina.

Ispitivanja, koja su prikazana u ovom radu, imaju za cilj osvajanje novih sastava flegmatizovanih eksploziva na bazi heksogena i smeše cerezin-stearin.

Sirovine

Heksogen

Za flegmatizaciju je korišćen prekrystalisani heksogen (RDX) domaće proizvodnje. Njegove karakteristike prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike heksogena

Kiselost (računata kao HNO ₃)	0.02%	
Nerastvorno u acetonu	nema	
Tačka topljenja	204°C	
Granulacija	suvo	mokro
JUS-0.600, prolazi (%)	87	96
JUS-0.300, prolazi (%)	65	75
JUS-0.150, prolazi (%)	3	9
Zapreminska masa (g/dm ³)	1023	

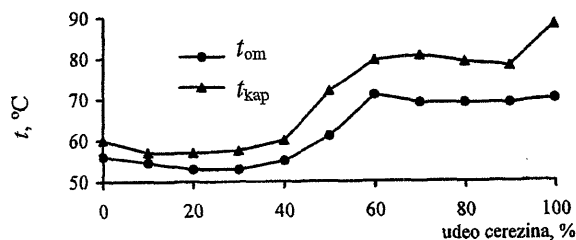
Priprema, karakterizacija i izbor smeše cerezina i stearina

Smeše su pripremljene mešanjem stearina i cerezina elektromagnetskom mešalicom, u istopljenom stanju, na odgovarajućoj temperaturi [15], bez prisustva drugih hemijskih reagenasa. Polaznim komponentama i svim smešama cerezina i stearina (CEST) određene su temperature omekšavanja (t_{om}) i kapanja (t_{kap}) na standardnoj aparaturi po *Ubbelohdeu* uz korišćenje uljanog kupatila. Sastavi smeša i eksperimentalno dobijene temperature su date u tabeli 2.

Tabela 2. Temperature omekšavanja i kapanja – eksperimentalne vrednosti

Oznaka smeše	Sadržaj cerezina (%)	Sadržaj stearina (%)	Temperatura omekšavanja (°C)	Temperatura kapanja (°C)
CEST 90/10	90	10	69.0	78.0
CEST 80/20	80	20	69.0	79.0
CEST 70/30	70	30	69.0	80.5
CEST 60/40	60	40	71.0	79.5
CEST 50/50	50	50	61.0	72.0
CEST 40/60	40	60	55.0	60.5
CEST 30/70	30	70	53.0	57.5
CEST 20/80	20	80	53.0	57.0
CEST 10/90	10	90	54.5	57.5
-	čist cerezin	-	70.0	88.0
-	-	čist stearin	56.0	60.0

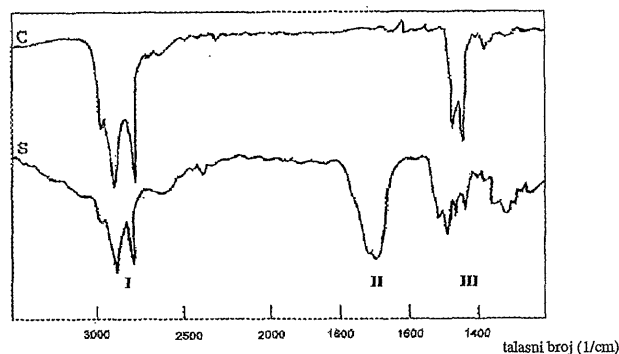
Na sl.1 predstavljena je zavisnost karakterističnih temperatura u funkciji promene sadržaja cerezina.



Slika 1. Zavisnost t_{om} i t_{kap} od sastava CEST-a

spektri i DSC termogrami pripremljenih smeša. Dobijeni parametri su upoređeni sa rezultatima ispitivanja flegmatizatora izolovanog iz flegmatizovanog eksploziva *OKFOLA*, koji je poslužio kao model.

Na sl.2 prikazani su IR spektri cerezina i stearina snimljeni na IR spektrofotometru *Perkin-Elmer M-783*.

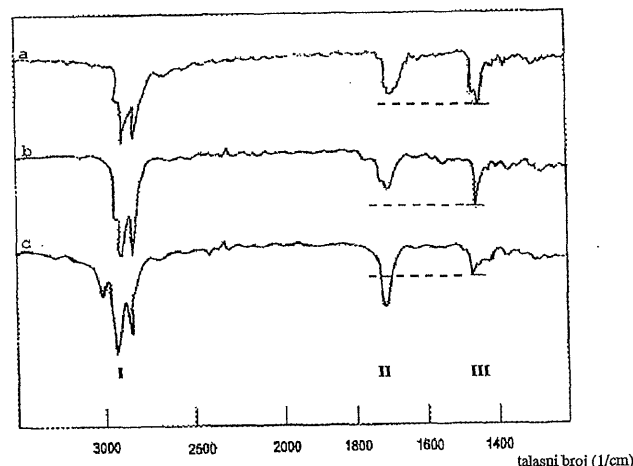


Slika 2. IR spektri za: C- cerezin, S- stearin

Upoređivanjem karakterističnih, dobro izraženih pikova, može se uočiti da su za cerezin i stearin zajednički pik I, koji se nalazi između 3000 cm⁻¹ i 2800 cm⁻¹ i pik III, na 1460 cm⁻¹. Pik na 1700 cm⁻¹ (obeležen sa II) prisutan je samo kod stearina.

Za sve smeše cerezina i stearina, kao i za uzorak flegmatizatora izolovanog iz *OKFOLA*, snimljeni su IR spektri. Njihovom analizom se uočava da intenzitet pika III raste, a pik postaje oštiji sa porastom masenog udela cerezina u smeši. Ukoliko je sadržaj cerezina 50% m/m i manji, pik III je manji od pika II (koji zbog sve većeg masenog udela stearina postaje sve izraženiji). Upoređivanjem relativnog intenziteta pikova različitih smeša kvalitativno je obrađen skup IR spektara.

Na sl.3, koja ilustruje "metodu" eliminacije smeša na osnovu sličnosti IR spektara, prikazana su tri karakteristična spektra.



Slika 3. IR spektri za: a) smešu cerezin-stearin 70/30, b) flegmatizator iz *OKFOLA*, c) smešu cerezin-stearin 20/80

Kao model je korišćen IR spektar flegmatizatora iz *OKFOLA*- na slici 3 obeležen sa b; kao primer dobrog slaganja (gotovo isti relativni odnos pikova II i III kao za flegmatizator iz *OKFOLA*) predstavljen je IR spektar a - CEST 70/30; kao ilustracija postojanja veće razlike u odnosu na flegmatizator iz *OKFOLA* prikazan je IR spektar c - CEST 20/80.

Pri izboru smeše za flegmatizaciju heksogena, pored temperatura omekšavanja i kapanja, analizirani su i IR

Za sve uzorke urađena je i termohemijska analiza na aparatu DSC-4 Perkin-Elmer. Upoređeni su oblik i karakteristične temperature dobijenih DSC termograma. Na slikama 4, 5 i 6 su prikazani DSC termogrami za CEST 70/30, flegmatizator iz OKFOLA i CEST 20/80.

Analizom podataka iz tabele 2; IR spektara i DSC termograma za sve pripremljene smeše [15], može se uočiti sledeće:

- Smeše sa masenim udelom cerezina od 60-90% imaju međusobno približno jednake temperature omekšavanja i temperature kapanja (na sl. 1 one čine "plato" obe krive). Pošto su ove vrednosti niže od temperature ključanja vode, smeše su pogodnije za proces flegmatizacije iz zagrejane vodene suspenzije.

- IR spektru flegmatizatora iz OKFOLA su, ukoliko se poredi odnos intenziteta pikova na 1460 cm^{-1} i 1710 cm^{-1} , vrlo slični IR spektri smeša koje sadrže od 60-80% m/m cerezina.

- Po obliku i karakterističnim temperaturama DSC termograma flegmatizatoru iz OKFOLA najviše odgovaraju smeše sa masenim udelom cerezina od 50-70%.

Na osnovu prethodne analize i podataka iz [1] za flegmatizaciju heksogena je odabrana smeša koja sadrži 70% m/m cerezina i 30% m/m stearina, a koja je označena skraćenicom CEST 70/30.

Tehnološki postupci flegmatizacije

Heksogen je flegmatizovan flegmatizatorom CEST 70/30 koji sadrži 70% m/m cerezina i 30% m/m stearina, postupkom iz vodene suspenzije i pos-tupkom iz rastvarača.

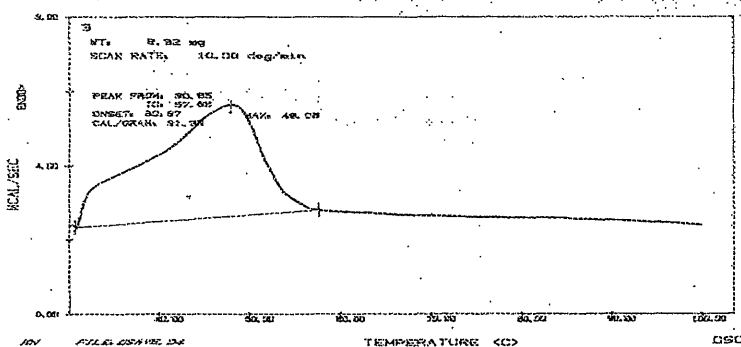
Uzorki flegmatizovanog heksogena, dobijeni različitim postupcima flegmatizacije, u daljem tekstu su obeleženi kao u tabeli 3.

Tabela 3. Način označavanja uzoraka

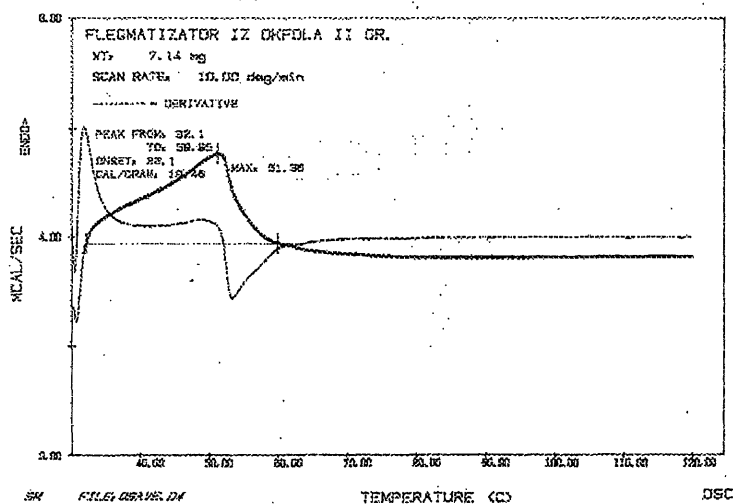
FLEGMATIZACIJA...	Oznaka flegmatizovanog heksogena
iz vodene suspenzije, hlađenje - kroz omotač reaktora	FH-A
iz vodene suspenzije, hlađenje - ulivanje hladne vode u suspenziju	FH-B
iz vodene suspenzije uz saponifikaciju stearina, hlađenje - ulivanje hladne vode u suspenziju	FH-C
iz organskog rastvarača - hloroforma, bez regeneracije rastvarača, hlađenje - ulivanje hladne vode u sistem	FH-D

S obzirom da je temperatura kapanja flegmatizatora niža od temperature ključanja vode, bilo je najjednostavnije flegmatizaciju vršiti iz vodene suspenzije. Varijante ovog postupka su dva načina hlađenja (kroz omotač suda za flegmatizaciju i direktnim ulivanjem hladne vode u suspenziju) sa i bez saponifikacije dela flegmatizatora neposredno pre procesa flegmatizacije.

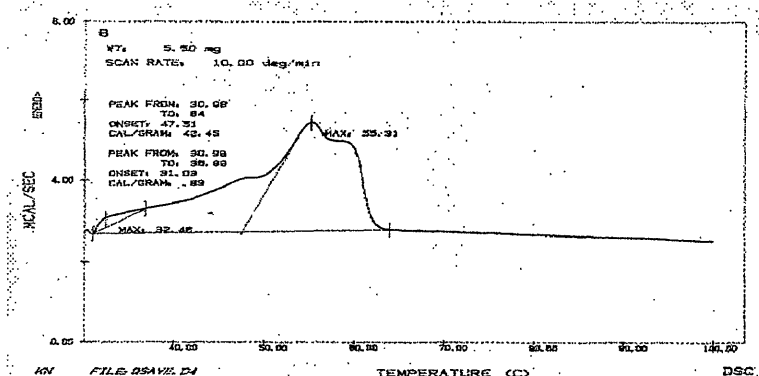
Sema aparature u kojoj je vršena flegmatizacija heksogena iz vodene suspenzije (FH-A, FH-B i FH-C) data je na slici 7.



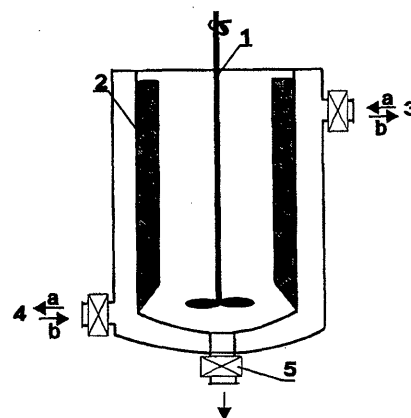
Slika 4. DSC termogram za smešu cerezin-stearin 70/30



Slika 5. DSC termogram za flegmatizator iz OKFOLA



Slika 6. DSC termogram za smešu cerezin-stearin 20/80



Slika 7. Aparatura za flegmatizaciju heksogena: 1- mešalica, 2- odbojnik, 3*- a) ulaz pare, b) izlaz vode, 4*- a) izlaz kondenzata, b) ulaz vode, 5- ventil za ispuštanje FH
*a- grejanje suspenzije, b- hlađenje suspenzije

Flegmatizacija je vršena na temperaturi $90 \pm 2^\circ\text{C}$ uz intenzivno mešanje pri odnosu faza tečno - čvrsto 3:1. Nakon završenog procesa flegmatizacije (15 min na $t=90 \pm 2^\circ\text{C}$), suspenzija je hlađena vodom $t=15^\circ\text{C}$ kroz omotač ili direktnim ulivanjem u reaktor, do $t=40^\circ\text{C}$, nakon čega je ispuštena na nuč sud.

Izvršena je i flegmatizacija heksogena iz hloroforma kao organskog rastvarača. Organski rastvarač je, pored ostalih, trebao da ispuni sledeće uslove:

- da dobro rastvara flegmatizator (cerezin, stearin) a da ne rastvara heksogen;
- da ima temperaturu ključanja nižu od temperature omekšavanja flegmatizatora ($< 69^\circ\text{C}$) da ne bi došlo do topljenja flegmatizatora;
- da je netoksičan i nezapaljiv pri konkretnim uslovima rada.

Uzorak flegmatizovanog heksogena označen sa FH-D dobijen je u jednostavnoj aparaturi koju je činio laboratorijski reaktor zapremine 2dm^3 na koji su postavljena četiri montažna metalna odbojnika, električna propelerska mešalica i specijalno pripremljeno grejno telo. Flegmatizacija je vršena na $t=60 \pm 1^\circ\text{C}$ uz otparavanje hloroforma (temperatura ključanja hloroforma $\sim 62^\circ\text{C}$) bez regeneracije, na atmosferskom pritisku, pri odnosu faza tečno - čvrsto 3:1, sa datim procentom flegmatizatora od 4%.

Karakteristike flegmatizovanog heksogena

Uzorcima flegmatizovanog heksogena određene su fizičko-hemijske i termohemijske karakteristike i osetljivost na udar [15].

Fizičko-hemijske karakteristike flegmatizovanog heksogena

Podaci za sadržaj flegmatizatora, sadržaj vlage i zapreminsku masu, određene prema važećem standardu, za uzorke flegmatizovanog heksogena prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Fizičko-hemijske karakteristike flegmatizovanog heksogena

Karakteristika	FH-A	FH-B	FH-C	FH-D
sadržaj flegmatizatora (%)	3.10	2.27	3.21	3.08
sadržaj vlage (%)	0.01	0.01	0.01	0.01
zapreminska masa (g/dm^3)	821.66	809.33	779.1	786.00

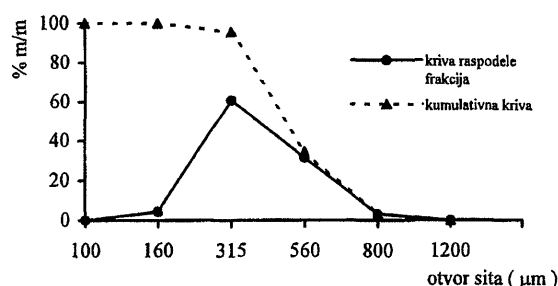
Rezultati granulometrijske analize (urađene na izabranim sitima) dati su u tabeli 5.

Tabela 5. Granulometrijski sastav flegmatizovanog heksogena

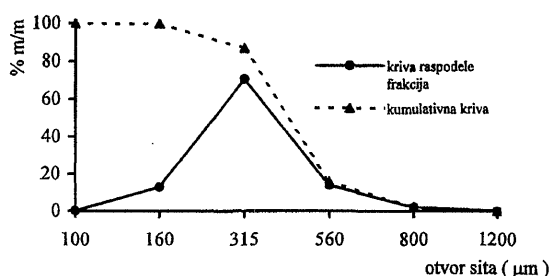
Otvor sita (μm)	1200	800	560	315	160	100	71
FH-A	o	0	3.25	31.62	60.80	4.3	0
	k	-	3.25	34.87	95.67	99.9	100
FH-B	o	0	2.03	14.12	70.73	12.9	0
	k	-	2.03	16.15	86.88	99.8	100
FH-C	o	0	5.60	28.49	43.53	21.4	0
	k	-	5.60	34.09	77.62	99.0	99
FH-D	o	0	6.83	48.44	39.62	5.0	0
	k	-	6.83	55.27	94.89	99.9	100

Napomena: o - ostaje na situ (% m/m); k - kumulativni prikaz istog (% m/m)

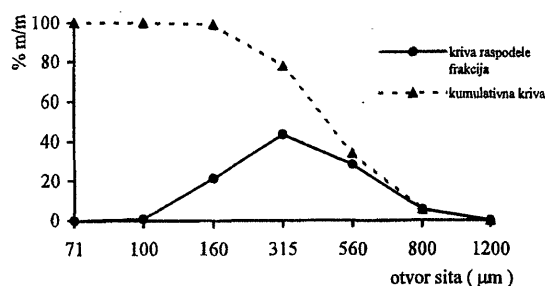
Krive raspodele frakcija i kumulativne krive za flegmatizovane eksplozive su date na slikama 8-11.



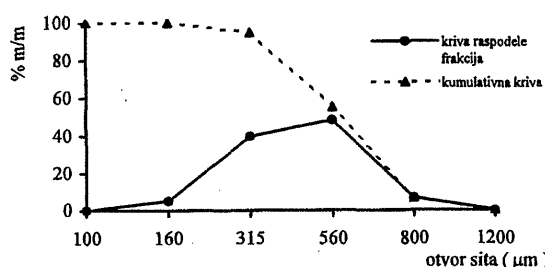
Slika 8. Granulometrijski sastav FH-A



Slika 9. Granulometrijski sastav FH-B



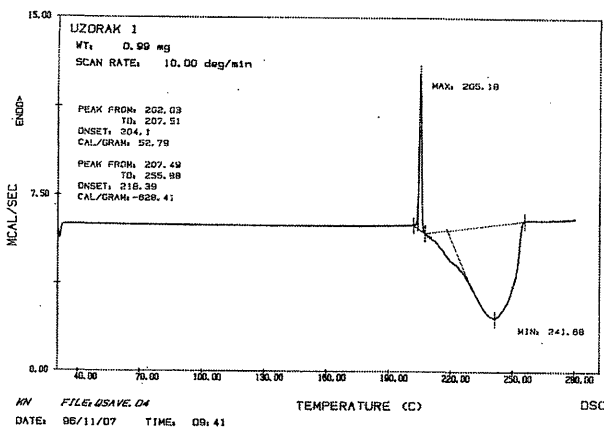
Slika 10. Granulometrijski sastav FH-C



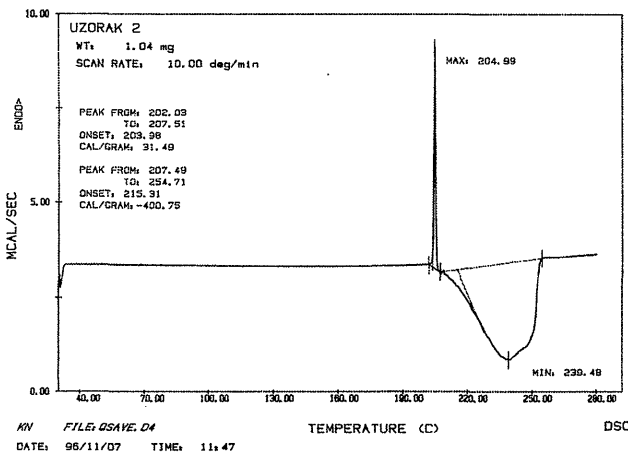
Slika 11. Granulometrijski sastav FH-D

Termohemijska (DSC) analiza flegmatizovanog heksogena

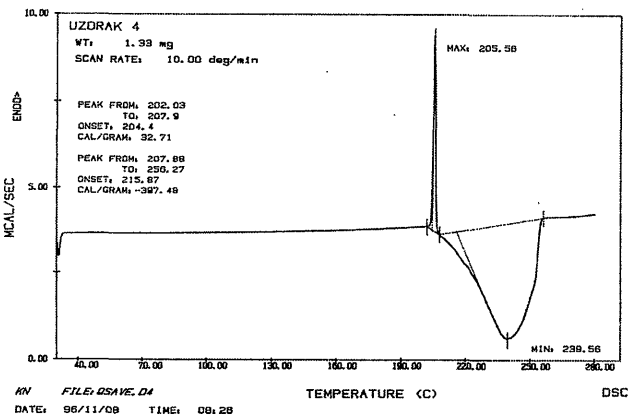
Svi flegmatizovani eksplozivi su ispitani pomoću DSC analize radi određivanja kompatibilnosti eksploziva i flegmatizatora i termohemijske stabilnosti dobijenih sastava. DSC termogrami flegmatizovanih eksploziva su prikazani na slikama 12-15.



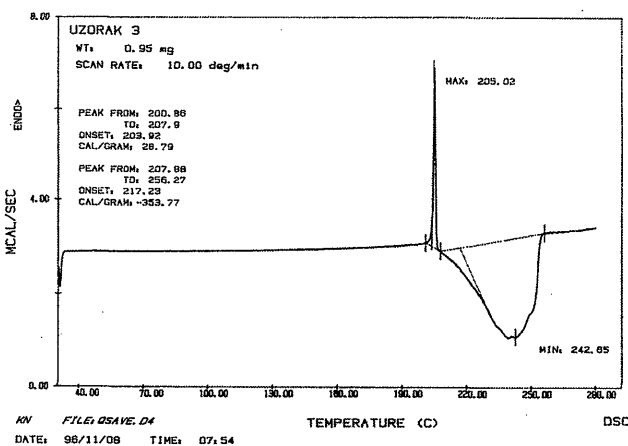
Slika 12. DSC termogram za FH-A



Slika 13. DSC termogram za FH-B



Slika 14. DSC termogram za FH-C



Slika 15. DSC termogram za FH-D

Karakteristični podaci DSC termograma su dati u tabeli 6.

Tabela 6. Karakteristične tačke DSC-termograma

Karakteristika	RDX	FH-A	FH-B	FH-C	FH-D
tačka topljenja (°C)	203.57	204.10	203.98	204.40	203.92
max pika (°C)	204.86	205.18	204.99	205.56	205.02
temp. dekompozic. (°C)	221.41	218.39	215.31	215.87	217.23
min pika (°C)	241.63	241.68	239.48	239.56	242.65

Rezultati DSC analize pokazuju da je smeša cerezina i stearina kompatibilna sa heksogenom i da su dobijeni sastavi stabilni. Njihova stabilnost je ograničena termohemijskom stabilnošću kristalnog heksogena.

Osetljivost na udar

Osetljivost na udar ispitivana je metodom BAM-Julius-Peters sa tegom od 5 kg. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 7.

Tabela 7. Osetljivost na udar flegmatizovanog heksogena

Uzorak	Reakcija	Visina pada tega mase 5 kg				
		10cm	15cm	20cm	30cm	40cm
FH-A	bez reakcije	5	3	2	1	
	sagorevanje	1	2	2	1	
	eksplozija	0	1	2	4	
FH-B	bez reakcije	4	3	2		
	sagorevanje	1	0	0		
	eksplozija	1	3	4		
FH-C	bez reakcije				4	1
	sagorevanje				1	2
	eksplozija				1	3
FH-D	bez reakcije		4	1		
	sagorevanje		2	2		
	eksplozija		0	3		

Zaključak

Pripremljeno je devet smeša cerezina i stearina sa različitim masenim odnosom komponenti. Urađena je IR i DSC analiza smeša a dobijeni rezultati su upoređeni sa podacima za flegmatizator izolovan iz flegmatizovanog eksploziva OKFOL, strane proizvodnje.

Na osnovu analize rezultata ispitivanja smeša CEST, izabrana je smeša sastavljena od 70% m/m cerezina i 30% m/m stearina (CEST 70/30), definisani su tehnološki parametri flegmatizacije i izvršena je flegmatizacija heksogena različitim tehnološkim postupcima, sa udalom flegmatizatora od 4%.

Prema rezultatima fizičko-hemijskih i termohemijskih ispitivanja i osetljivosti na udar, najbolje flegmatizovani (najmanje osetljivi) uzorci, u odnosu na čist heksogen, dobijeni su flegmatizacijom iz vodene suspenzije (FH-A) i iz vodene suspenzije uz delimičnu saponifikaciju flegmatizatora (FH-C).

Rezultati analize sadržaja flegmatizatora pokazuju da uzorci FH-A, FH-C i FH-D (flegmatizovan iz organskog rastvarača - hloroforma) imaju približno isti sadržaj flegmatizatora. Kod uzorka FH-D nije, za razliku od prva dva uzorka, dobijena očekivana osetljivost na udar. Pretpostavlja se da razlog veće osetljivosti uzorka FH-D može biti neravnomerni raspored flegmatizatora po frakcijama, postojanje potpuno nepresvučenih kristala i frakcija sa nagomilanim, nevezanim flegmatizatorom.

DSC analiza pokazuje da su ispitivani flegmatizovani eksplozivni termički stabilni, a njihova stabilnost je ograničena termičkom stabilnošću čistog heksogena.

Granulacija svih uzoraka flegmatizovanog heksogena je zadovoljavajuća - nema frakcija ispod 100 μm i iznad 1200 μm .

Zapreminska masa, koja je ujednačena za sve uzorke flegmatizovanog heksogena, odgovara standardu za flegmatizovani heksogen.

Rezultati ispitivanja dobijenih uzoraka, koji su flegmatizovani različitim tehnološkim postupcima, pokazuju da buduća istraživanja flegmatizovanih eksploziva na bazi heksogena i smeše cerezin-stearin treba bazirati na tehnološkom postupku flegmatizacije iz zagrejane vodene suspenzije (sa ili bez saponifikacije flegmatizatora) i proširiti ih istraživanjem mogućnosti flegmatizacije oktogena smešom cerezin-stearin.

Literatura

- [1] ČVRKIĆ, M. i dr. *Studija flegmatizacije heksogena i tehnološko rešenje za proizvodnju*. RR-52, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1968.
- [2] ŽEŽELJ, S. *Osvajanje FH-2 eksploziva*. RR-95, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1975.
- [3] LUKIĆ, M. *Prilog proučavanju fizičko-mehaničkih osobina flegmatizovanih visokobrizantnih eksploziva*. TI-516, int. dok. VTI VJ, Beograd, 1979.
- [4] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. *Flegmatizacija heksogena sa flegmatizatorom svit-A*. TI-395, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1977.
- [5] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. i dr. *Osvajanje industrijske proizvodnje flegmatizovanog heksogena sa svit voskom*. TI-479. int.dok., VTI VJ, Beograd, 1979.
- [6] LUKIĆ, M. *Proučavanje mogućnosti primene polimera za flegmatizaciju visokobrizantnih eksploziva*. TI-292, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1974.
- [7] LUKIĆ, M. *Flegmatizacija heksogena i oktogena sa poliamidom-6*. TI-329, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1975.
- [8] LUKIĆ, M. *Flegmatizacija heksogena i oktogena sa polistirenom*. TI-371, int. dok. VTI VJ, Beograd, 1976.
- [9] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. *Flegmatizacija heksogena sa polikarbonatom*. TI-403, int. dok. VTI VJ, Beograd, 1977.
- [10] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. *Flegmatizacija heksogena i oktogena sa polistirenom i polikarbonatom*. magistarski rad, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1983.
- [11] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. *Ispitivanje karakteristika flegmatizovanih eksploziva zaviso od primenjenih flegmatizatora*. TI-881, int. dok. VTI VJ, Beograd, 1987.
- [12] MIHELJIĆ, B. *Presovanje eksploziva na toplo*. 18. simpozijum o eksplozivnim materijama, JKEM, Kupari, 1990.
- [13] BLAGOJEVIĆ M. i dr. *Istraživanje novih sastava flegmatizatora za flegmatizaciju brizantnih eksploziva*. III-79, int. dok. VTI VJ, Beograd, 1992.
- [14] AZDEJKOVIĆ, M. *Istraživanje granuliranih eksplozivnih smeša na bazi heksogena, trotila i voskova i oktogena, trotila i voskova*. III-72, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1992.
- [15] JEVTIĆ, S., AZDEJKOVIĆ, M. *Istraživanje novih sastava flegmatizovanih eksploziva na bazi heksogena i voskova*. III-172, int.dok., VTI VJ, Beograd, 1996.

Rad primljen: 22.6.1998.god.