

UDK: 662.234.8(047)=861
COSATI: 19-01

Istraživanje novih sastava granuliranih nitraminskih eksplozivnih smeša

Slavica Jevtić, dipl.inž.¹⁾
Dr Milovan Azdejković, dipl.inž.¹⁾
Dr Milena Stanković, dipl.inž.¹⁾
Gorgi Minov, dipl.inž.¹⁾

U radu su predstavljeni rezultati fizičko-hemijske i termijske karakterizacije i ispitivanja kompresibilnosti flegmatizovanih nitraminskih eksploziva na bazi heksogena (RDX), oktogena (HMX) i smeše cerezin - stearin (CEST 70/30). Date su vrednosti temperatura samozapaljenja, rezultati diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC) i termogravimetrijske analize (TGA) ispitivanih sastava kao i uporedni prikaz promene vrednosti ostvarenog procenta teoretske maksimalne gustine (%TMG) u funkciji specifičnog pritiska presovanja.

Ključne reči: flegmatizovani eksploziv, nitramini, heksogen, oktogen, cerezin, stearin, kompresibilnost, DSC, TGA.

Uvod

Za bezbednu laboraciju, skladištenje i primenu eksplozivnih materija (EM) u sredstvima ratne tehnike veoma je bitno poznavanje njihovih termijskih karakteristika, odnosno ponašanja na povišenim temperaturama. Diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC) i termogravimetrijskom analizom (TGA) prati se ponašanje EM tokom kontrolisanog, postepenog, povišenja temperature pri čemu se dobijaju parametri na osnovu kojih je moguće doneti sud o termijskoj stabilnosti i termijskim karakteristikama konkretnog eksplozivnog sastava.

Kompresibilnost eksploziva predstavlja zavisnost promene gustine otpreska od specifičnog pritiska presovanja. Ova, za flegmatizovane eksplozive vrlo bitna karakteristika, u fazi praktične primene olakšava izbor sile presovanja i dobijanje eksplozivnih punjenja (otpresaka) željenih gustina. Za dobijanje presovanih eksplozivnih punjenja visokih energetskih performansi često je potrebno koristiti velike mase eksploziva i visoke specifične pritiske presovanja, što utiče na smanjenje bezbednosti laboracije i pored toga što su eksplozivi *desenzibilizirani* tankim slojem flegmatizatora. Poželjno je da se visoke gustine otpresaka dobijaju sa što nižim specifičnim pritiscima presovanja, odnosno da eksploziv ima što bolju kompresibilnost.

U radu su dati rezultati fizičko - hemijske i termijske karakterizacije i ispitivanja kompresibilnosti tri različita sastava flegmatizovanog heksogena (FH) i isto toliko uzoraka flegmatizovanog oktogena (FO).

Tehnologija izrade ispitivanih flegmatizovanih eksploziva

Ispitivani uzorci su u radu označeni prema tabeli 1.

Tabela 1. Pregled uzoraka

Postupak flegmatizacije ili poreklo uzorka	Oznaka uzorka	
	RDX	HMX
postupak bez saponifikacije flegmatizatora	FH - I	FO - I
postupak sa saponifikacijom flegmatizatora	FH - II	FO - II
inostrani flegmatizovani HMX (OKFOL)	-	FO - R
flegmatizovani RDX domaće proizvodnje	FH - 5	-

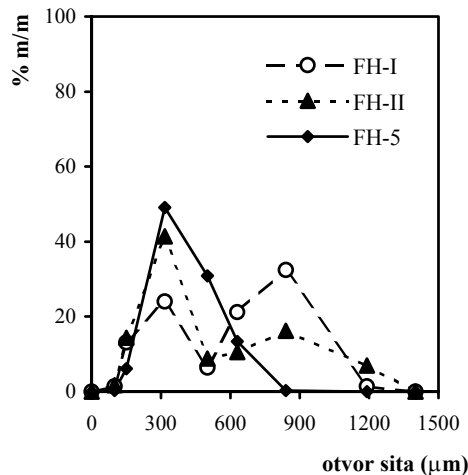
Uzorci FH-I, FH-II, FO-I i FO-II izrađeni su postupkom flegmatizacije heksogena i oktogena smešom cerezina i stearina (CEST 70/30) iz zagrejjane vodene suspenzije u duplikator reaktoru [1,2,3]. Sadržaj flegmatizatora CEST 70/30 (70% cerezin, 29.8% stearin i 0.2% sudan crvena boja) bio je 4% m/m [4], veličina šarži flegmatizovanog eksploziva 2 kg, a odnos čvrste i tečne faze 1:3. Za FH-II i FO-II je korišćen *modifikovani* postupak flegmatizacije – flegmatizator je dodavan u vodenu suspenziju eksploziva u obliku emulzije. Na ovaj način je izvršena saponifikacija stearina iz CEST 70/30 sa 25%-tnim NaOH, radi poboljšanja površinskog efekta, tj. potpunijeg kontakta između površine kristala i flegmatizatora u trenutku obrazovanja flegmatizujućeg sloja, na temperaturi omekšavanja flegmatizatora. Posle završetka procesa oblaganja vršena je hidroliza dodavanjem 40%-tne HNO₃ čime je flegmatizator vraćen u početno stanje i kao takav,

¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

hlađenjem suspenzije, fiksiran na površini kristala eksploziva.

Fizičko-hemijske i termijske karakteristike uzoraka flegmatizovanog heksogena

Za flegmatizaciju je korišćen prekrystalisani heksogen, domaće proizvodnje, definisanog granulometrijskog sastava [5]. Granulometrijski sastav uzoraka flegmatizovanog heksogena predstavljen je na sl.1.



Slika 1. Granulometrijski sastav uzoraka FH

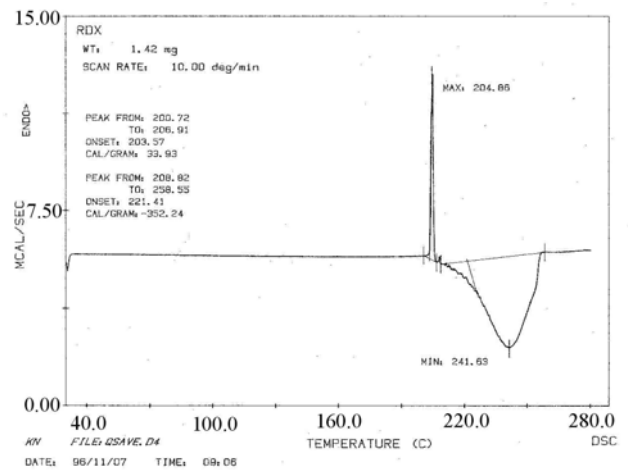
Vrednosti sadržaja flegmatizatora, nasipne mase (NM) i temperature samozapaljenja (T_{sz}) ispitivanih uzoraka date su u tabeli 2. Temperature samozapaljenja određene su na aparatu *Julius-Peters* pri brzini grejanja uzoraka od 5°C/min.

Tabela 2. Karakteristike RDX i uzoraka FH

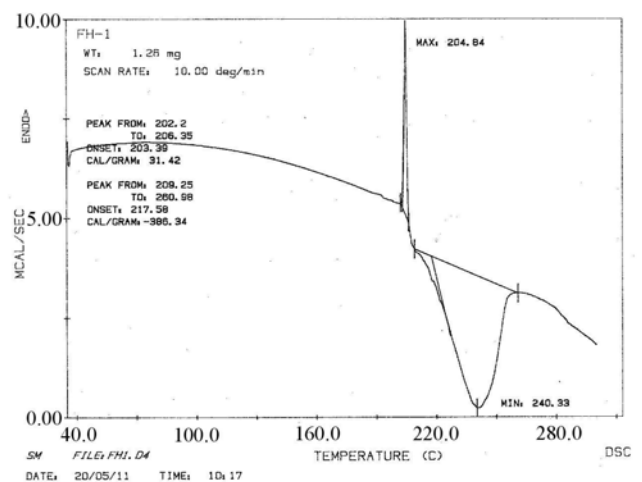
	RDX	FH-I	FH-II	FH-5
NM (g/dm ³)	1133.0	854.2	869.2	897.3
Flegmat.	-	3.81 % CEST	4.25 % CEST	4.41 % montan
T_{sz} (°C)	221	219	217	217

Pretpostavlja se da su nešto manje vrednosti nasipnih masa za uzorke FH-I i FH-II dobijene zbog načina hlađenja suspenzije eksploziva u toku procesa flegmatizacije. Naime, hlađenje direktnim ulivanjem hladne vode u reaktor sa suspenzijom dovelo je do stvaranja aglomerata flegmatizovanih čestica eksploziva, što se direktno odrazilo na granulometrijski sastav i nasipnu masu.

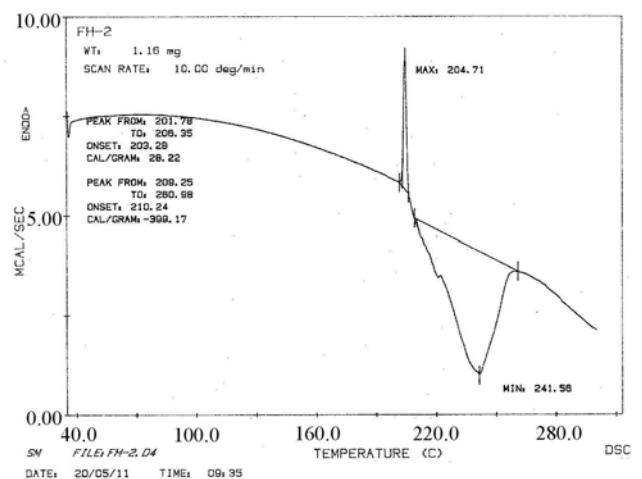
DSC analiza [6] je vršena na uređaju DSC-4 *Perkin-Elmer* u inertoj atmosferi azota pri protoku od 50 ml/min i brzini zagrevanja uzorka od 10°C/min. Uzorci mase oko 1 mg smešteni su u aluminijumske posudice i hermetički zatvarani. Temperaturni opseg ispitivanja bio je od 30°C do 300°C. DSC termogrami RDX i uzoraka FH predstavljani su na slikama 2-5.



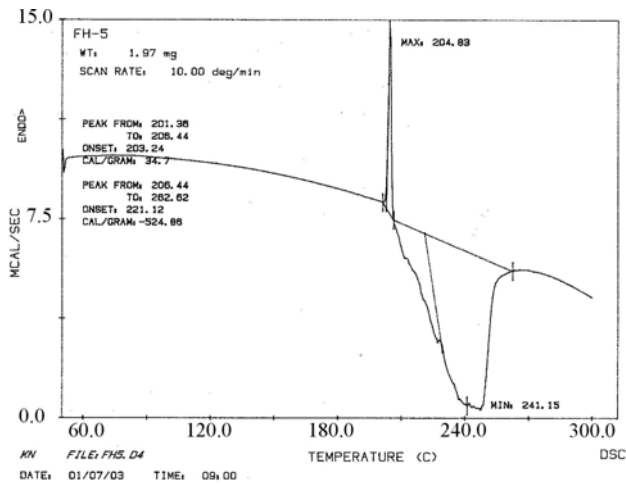
Slika 2. DSC termogram RDX



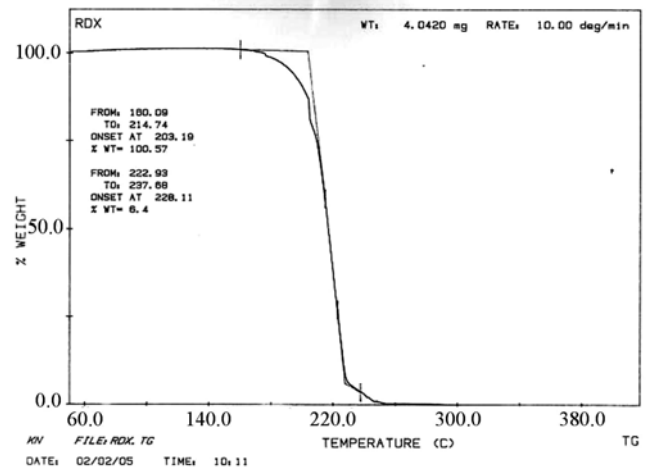
Slika 3. DSC termogram FH-I



Slika 4. DSC termogram FH-II



Slika 5. DSC termogram FH-5



Slika 6. TGA termogram RDX

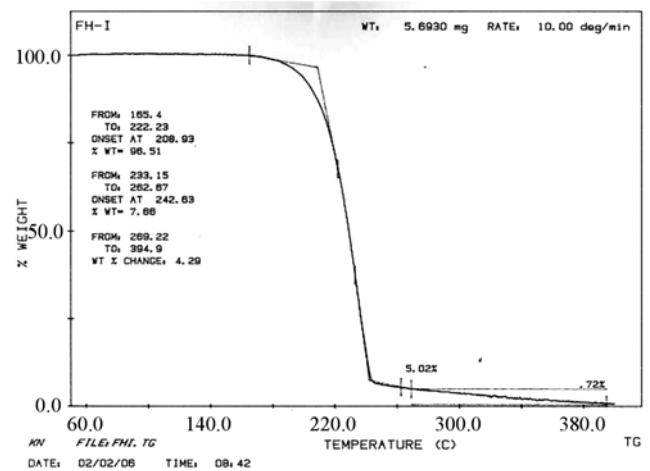
Podaci o DSC ispitivanjima heksogena i uzoraka flegmatizovanog heksogena dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Podaci o DSC analizi RDX i uzoraka FH

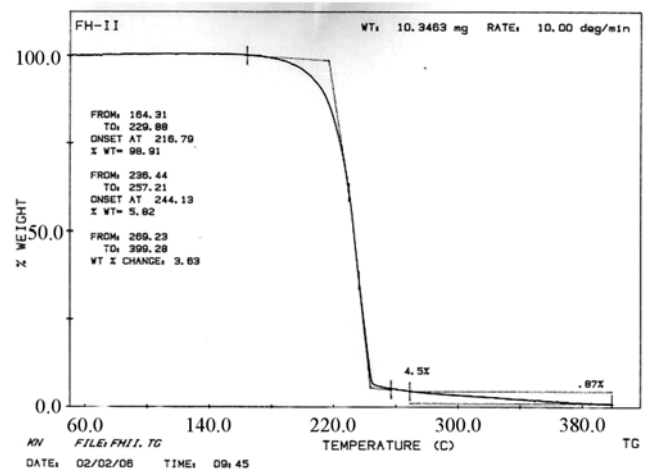
uzorak	Endotermni pik-topljenje		Egzotermni pik - dekompozicija				
	T_{ons} (°C)	ΔH (J/g)	T_{ons} (°C)	ΔH (kJ/g)	lnk_o (1/s)	E_a (kJ/mol)	n
RDX	203.9	134.5	222.5	-1.42	59.96	267.99	1.15
FH-I	203.4	131.5	217.6	-1.62	46.51	211.69	0.9
FH-II	203.3	118.1	210.2	-1.67	41.32	190.10	0.88
FH-5	203.2	145.2	221.1	-2.20	31.51	150.54	0.65

Rezultati DSC analize pokazuju da su RDX i uzorci FH termijski stabilni do $\sim 203^\circ\text{C}$. Dodavanje flegmatizatora u heksogen dovodi do snižavanja vrednosti reda reakcije (n), konstante brzine (k_o), energije aktivacije (E_a) i temperature početka dekompozicije, dok se promena entalpije dekompozicije (ΔH) uvećava. Reakcija dekompozicije svih uzoraka odvija se jednostavnim mehanizmom približno prvog reda, izuzev uzorka FH-5 gde je $n=0.65$. S obzirom na najnižu vrednost E_a i n , ovaj uzorak je po DSC analizi nešto stabilniji od drugih uzoraka iz ove grupe.

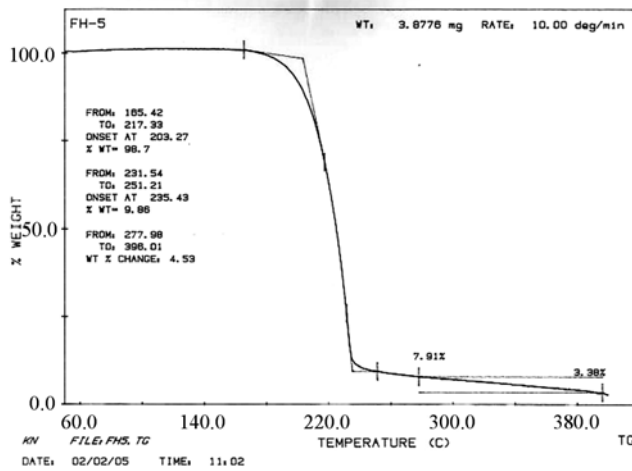
Promena mase eksplozivnih sastava tokom programiranog grejanja uzoraka ispitivana je TGA metodom [6] na uređaju TGS-2 Perkin-Elmer u inertnoj struji azota protoka 50 ml/min i pri brzini grejanja od $10^\circ\text{C}/\text{min}$. Temperaturni opseg merenja bio je $50^\circ\text{C} - 400^\circ\text{C}$. TGA termogrami RDX i uzoraka FH predstavljani su na slikama 6-9.



Slika 7. TGA termogram FH-I



Slika 8. TGA termogram FH-II



Slika 9. TGA termogram FH-5

Sastavi FH su termijski stabilni u ispitivanom temperaturnom opsegu. Uzorci u velikoj meri (~ 95% za FH-I i FH-II i 92% za FH-5) sagorevaju od T_{onset} do 260°C. Temperature početka promene (T_i) i temperature najveće brzine gubitka mase (T_{onset}) kao i količina čvrstog ostatka na 400°C (završetak TGA ispitivanja) dati su u tabeli 4.

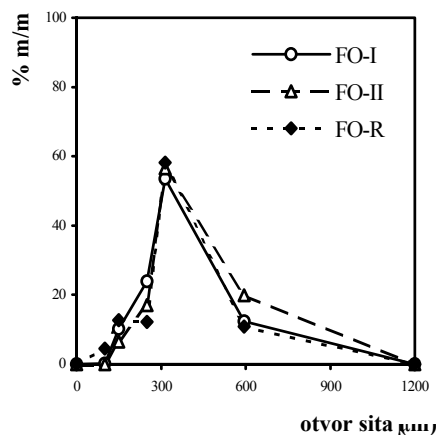
Tabela 4. Podaci o TGA analizi RDX i FH

Uzorak	T_i (°C)	T_{onset} (°C)	čvrsti ostatak na 400°C (%)
RDX	160.1	203.2	bez ostatka
FH-I	165.4	208.9	0.72
FH-II	164.3	216.8	0.87
FH-5	165.4	203.3	3.38

Rezultati TGA ispitivanja pokazuju da je stabilnost uzoraka FH dosta ujednačena (temperatura početka gubitka mase za sve sastave je ~ 165°C).

Fizičko-hemijske i termijske karakteristike uzoraka flegmatizovanog oktogeno

Za flegmatizaciju je korišćen oktogen DYN0 klase A/C definisanog granulometrijskog sastava [5]. Rezultati granulometrijske analize uzoraka FO predstavljani su na sl.10.



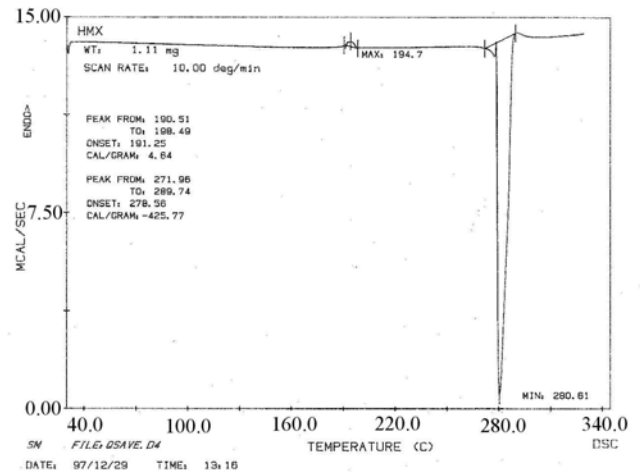
Slika 10. Granulometrijski sastav uzoraka FO

Vrednosti sadržaja flegmatizatora, nasipne mase (NM) i temperature samozapaljenja (T_{sz}) ispitivanih uzoraka date su u tabeli 5.

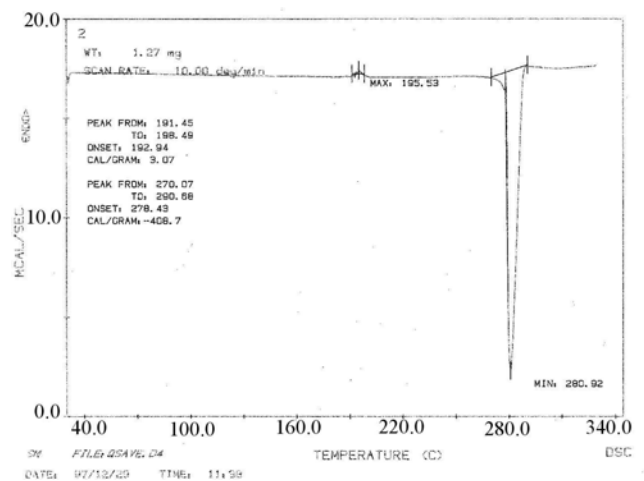
Tabela 5. Karakteristike HMX i uzoraka FO

	HMX	FO-I	FO-II	FO-R
NM (g/dm ³)	1054.2	846.6	851.2	933.9
Flegmat.	-	4.02 % CEST	3.87 % CEST	3.51 % CEST
T_{sz} (°C)	283	267	266	270

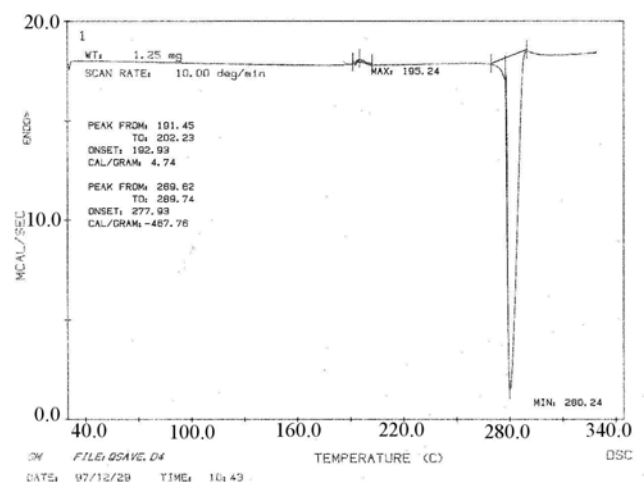
TGA i DSC analize vršene su pod istim uslovima kao za RDX i uzorke FH. DSC termogrami HMX i uzoraka FO predstavljani su na slikama 11–14.



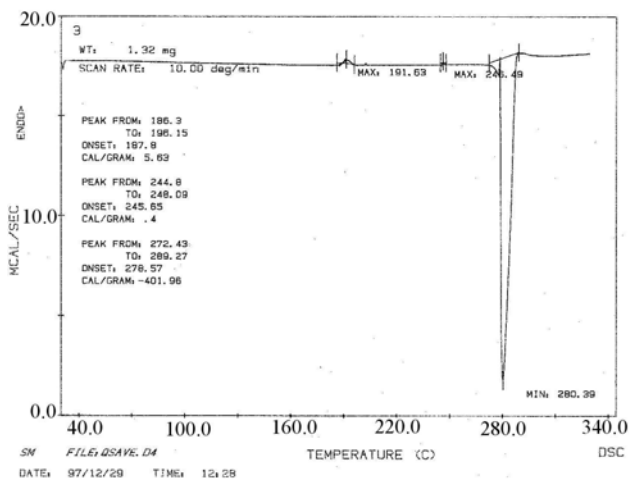
Slika 11. DSC termogram HMX



Slika 12. DSC termogram FO-I



Slika 13. DSC termogram FO-II

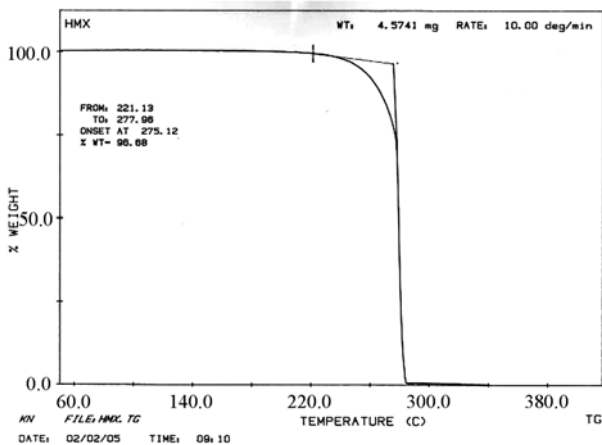


Slika 14. DSC termogram FO-R

Rezultati DSC analize pokazuju da su HMX i uzorci FO termijski stabilni do $\sim 260^\circ\text{C}$. Dodavanje flegmatizatora u oktogen nije bitno promenilo temperature početka dekompozicije tako da su vrednosti T_{onset} za uzorke FO i HMX skoro identične. Prema vrednostima reda reakcije ($n = 2.09\text{--}2.59$) može se zaključiti da procesi dekompozicije HMX i uzoraka FO imaju složeniji mehanizam od procesa dekompozicije RDX i uzoraka FH. Podaci o DSC ispitivanju HMX i uzoraka FO dati su u tabeli 6.

Tabela 6. Podaci o DSC analizi HMX i uzoraka FO

Uzorak	T_{onset} ($^\circ\text{C}$)	ΔH (kJ/g)	$\ln k_0$ (1/s)	E_a (kJ/mol)	n
HMX	278.5	-1.78	405.5	1840.3	2.33
FO-I	278.4	-1.71	490.9	2223.8	2.55
FO-II	277.9	-1.96	493.4	2233.0	2.59



Slika 15. TGA termogram HMX

FO-R	278.6	-1.69	394.6	1790.1	2.09
------	-------	-------	-------	--------	------

Na slikama 15–18 predstavljeni su TGA termogrami HMX i uzoraka FO.

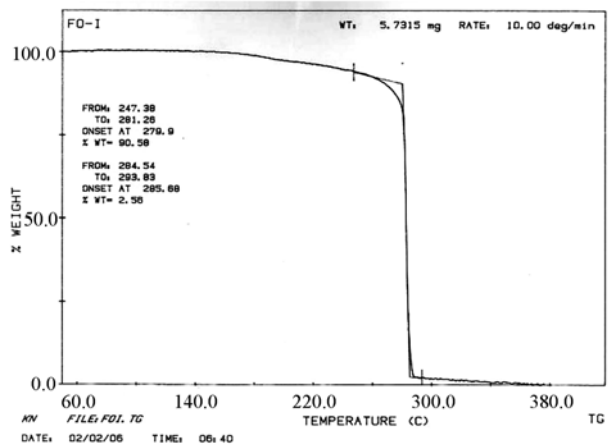
Prema rezultatima termogravimetrijske analize HMX i uzorci FO su termijski stabilni u ispitivanom temperaturnom opsegu. Proces gubitka mase HMX počinje na 221.1°C , dok su uzorci FO stabilni do nešto više temperature: FO-R do 240.8°C , FO-I do 247.4°C i, najstabilniji među njima, FO-II do 249.5°C . Temperature najveće brzine gubitka mase (sagorevanja) kreću se od 275.1°C za HMX do 283.1°C za FO-R. Svi uzorci sagorevaju bez čvrstog ostatka.

Prikaz i analiza rezultata ispitivanja kompresibilnosti

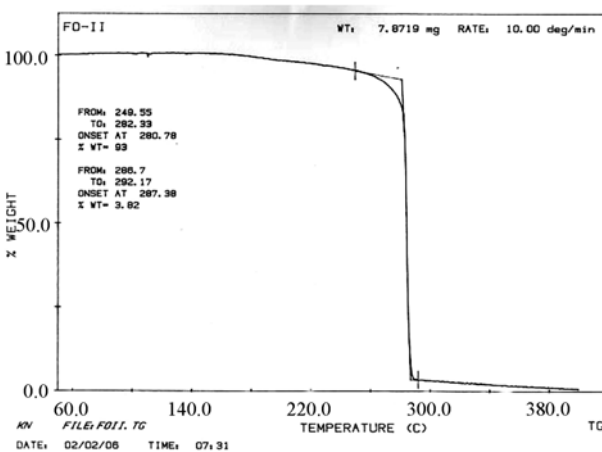
Kompresibilnost flegmatizovanih eksplozivnih sastava definisana je preko promene gustine (ρ_{ot}), poroznosti (Π) i ostvarenog % od teoretske maksimalne gustine (%TMG) otpresaka u funkciji specifičnog pritiska presovanja. Na kompresibilnost flegmatizovanih eksploziva utiču granulacija i udeo brizantnog eksploziva, vrsta i udeo flegmatizatora i ostalih aditiva, granulometrijski sastav odnosno nasipna masa dobijenog flegmatizovanog eksploziva, kao i uslovi presovanja (sila presovanja, vreme zadržavanja sile presovanja, temperatura presovanja, eventualno vakuumiranje pre i/ili u toku presovanja i dr.).

Teoretska maksimalna gustina (TMG) za konkretne sastave (granulisane smeše eksploziva i flegmatizatora) računata je prema formuli (1):

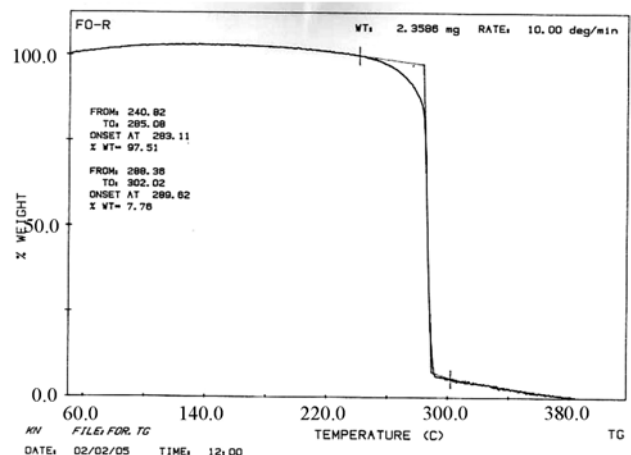
$$\text{TMG} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\rho_i}}, \text{ g/cm}^3 \quad (1)$$



Slika 16. TGA termogram FO-I



Slika 17. TGA termogram FO-II



Slika 18. TGA termogram FO-R

gde su: ω_i - udeo komponente u smeši, ρ_i - teoretska gustina komponente, g/cm^3 , n - broj komponenti u smeši.

Vrednosti poroznosti su dobijene pomoću formule (2), a ostvareni %TMG prema formulama (3) ili (4):

$$\Pi = (1 - \rho_{ot}/\text{TMG}) \cdot 100, \quad \% \quad (2)$$

$$\% \text{ TMG} = (\rho_{ot}/\text{TMG}) \cdot 100, \quad \% \quad (3)$$

$$\% \text{ TMG} = 100 - \Pi, \quad \% \quad (4)$$

Promena gustine otpresaka eksploziva u funkciji specifičnog pritiska presovanja ispitivana je u cilindričnom alatu prečnika 20 mm. Presovanje je vršeno po konstantnoj masi bez vakuumiranja i grejanja uzoraka [7].

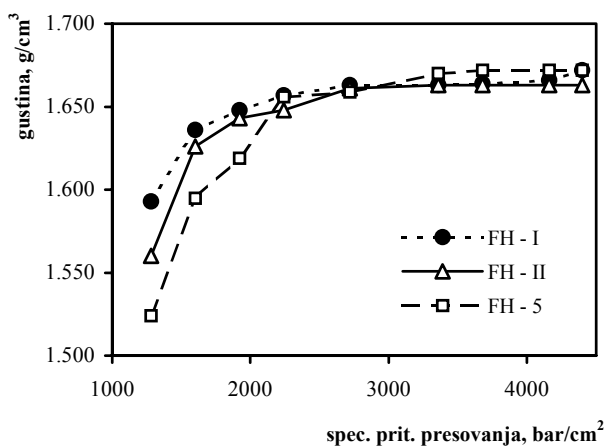
Kompresibilnost sastava na bazi heksogena

Specifični pritisci presovanja (P_{sp}), gustine ispresovanih uzoraka (ρ_{ot}) i proračunate vrednosti poroznosti (Π) otpresaka FH prikazane su u tabeli 7.

Tabela 7. Parametri kompresibilnosti uzoraka FH

P_{sp} (bar/cm ²)	FH-I		FH-II		FH-5	
	TMG=1.767 g/cm ³		TMG=1.762 g/cm ³		TMG=1.758 g/cm ³	
	ρ_{ot} g/cm ³	Π %	ρ_{ot} g/cm ³	Π %	ρ_{ot} g/cm ³	Π %
1280	1.593	9.85	1.560	11.46	1.524	13.31
1600	1.636	7.41	1.626	7.72	1.595	9.27
1920	1.648	6.73	1.643	6.75	1.619	7.91
2240	1.657	6.23	1.648	6.47	1.656	5.80
2720	1.663	5.88	1.661	5.73	1.659	5.63
3360	1.663	5.88	1.663	5.62	1.670	5.00
3680	1.664	5.83	1.663	5.62	1.672	4.89
4160	1.668	5.60	1.663	5.62	1.672	4.89
4400	1.672	5.37	1.663	5.62	1.672	4.89

Promena gustine otpresaka FH u funkciji specifičnog pritiska presovanja prikazana je na sl.19.

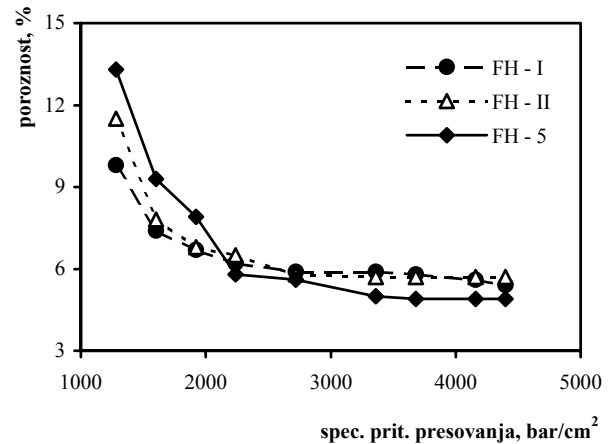


Slika 19. Kompresibilnost uzoraka FH

U prvoj fazi presovanja praškastih materijala [8], u koje po svojoj strukturi spadaju i granulirani flegmatizovani eksplozivi, pod dejstvom nižih pritisaka dolazi do međusobnog pakovanja granula, popunjavanja praznina i deformisanja (razbijanja) aglomerata, pri čemu se poroznost

značajno smanjuje. Rezultati ispitivanja kompresibilnosti uzoraka flegmatizovanog heksogena pokazuju da se u ovoj fazi najbolje presuje FH-I a najlošije FH-5. Međutim, već na 2240 bar/cm², nešto malo pre nastupanja platoa krive (konstantna vrednost gustine bez obzira na povećanje pritiska presovanja), gustine otpresaka sva tri uzorka se izjednačuju. Za maksimalni pritisak presovanja otpresci FH-I i FH-5 imali su iste gustine. Kompresibilnost uzoraka je ispitivana samo do postizanja konstantne gustine (druga faza), tako da nema podataka o ponašanju eksploziva u poslednjoj (trećoj) fazi, u kojoj dalje povećanje pritiska ne utiče na povećanje gustine ali dovodi do destrukcije otpresaka usled loma kristala heksogena.

Promena vrednosti poroznosti otpresaka FH u funkciji specifičnog pritiska presovanja predstavljena je na sl.20. Rezultati ukazuju na dosta ujednačen kvalitet eksploziva FH-I i FH-II koji su za maksimalni pritisak presovanja imali poroznost 5.37 % odnosno 5.62%, dok je za FH-5 ona iznosila 4.89 %.



Slika 20. Poroznost otpresaka FH

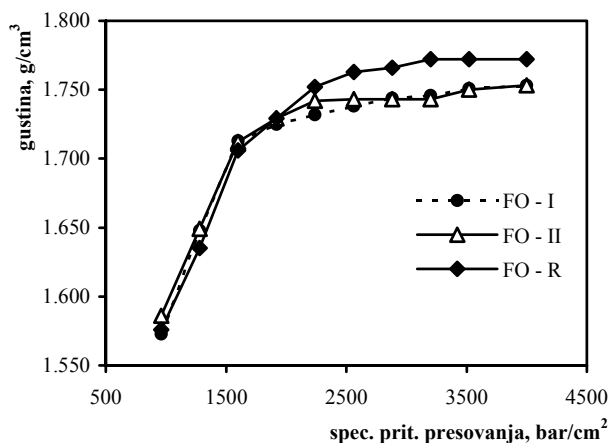
Kompresibilnost sastava na bazi oktogena

Specifični pritisci presovanja (P_{sp}), gustine (ρ_{ot}) i proračunate vrednosti poroznosti (Π) otpresaka FO prikazani su u tabeli 8.

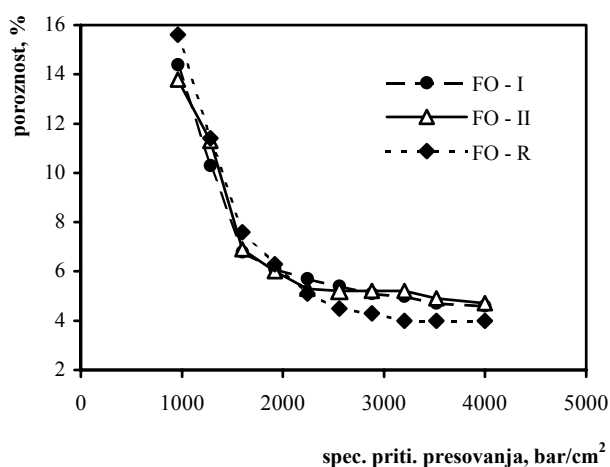
Tabela 8. Parametri kompresibilnosti FO

P_{sp} (bar/cm ²)	FO-I		FO-II		FO-R	
	TMG=1.837 g/cm ³		TMG=1.839 g/cm ³		TMG=1.841 g/cm ³	
	ρ_{ot} g/cm ³	Π %	ρ_{ot} g/cm ³	Π %	ρ_{ot} g/cm ³	Π %
960	1.573	14.37	1.586	13.76	1.576	15.58
120	1.648	10.29	1.649	11.33	1.635	11.38
1600	1.713	6.75	1.712	6.91	1.706	7.53
1920	1.725	6.10	1.729	5.98	1.729	6.29
2240	1.732	5.72	1.742	5.28	1.752	5.04
2560	1.738	5.39	1.743	5.22	1.763	4.45
2880	1.744	5.06	1.743	5.22	1.766	4.28
3200	1.746	4.95	1.743	5.22	1.771	4.01
3520	1.751	4.68	1.750	4.84	1.771	4.01
4000	1.753	4.57	1.753	4.68	1.771	4.01

Na sl.21 prikazana je promena gustine a na sl.22 promena poroznosti otpresaka FO u funkciji specifičnog pritiska presovanja.



Slika 21. Kompresibilnost uzoraka FO



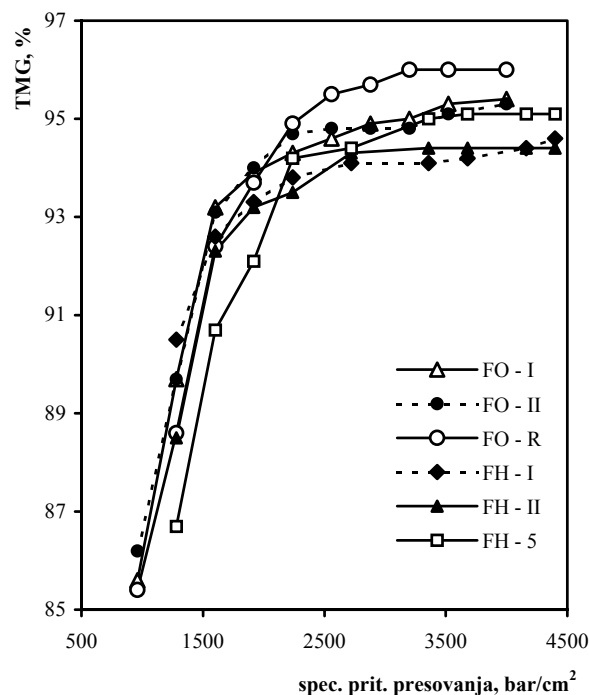
Slika 22. Poroznost otpresaka FO

Rezultati ispitivanja kompresibilnosti uzoraka FO pokazuju da u prvoj fazi (do 2000 bar/cm²) svi uzorci imaju sličnu kompresibilnost. Posle ovog pritiska nešto bolju kompresibilnost ima uzorak FO-R, što je verovatno rezultat razlike u početnoj granulaciji i nasipnoj masi kristalnog HMX, dok se krive kompresibilnosti za FO-I i FO-II i dalje međusobno preklapaju.

Poroznost uzoraka FO-I i FO-II, kod maksimalnog pritiska presovanja, bila je oko 4.6 %, dok je za FO-R ona iznosila 4%.

Poređenje kompresibilnost uzoraka FO i FH

Proračuni poroznosti i ostvarenog %TMG presovanih uzoraka (formule (2) i (3)) uzimaju u obzir različite teoretske gustine eksploziva tako da je pomoću njih moguće poređenje kompresibilnosti eksplozivnih sastava sa različitim gustinama kristalnih komponenti. Uporedni prikaz ostvarenog %TMG za sve ispitivane uzorke FH i FO u funkciji promene specifičnog pritiska presovanja dat je na sl.23.



Slika 23. Poređenje kompresibilnosti FH i FO

Krive promene ostvarenog %TMG u funkciji promene specifičnog pritiska presovanja (sl.23), pokazuju da najbolju kompresibilnost ima FO-R, čime je potvrđena direktna zavisnost kompresibilnosti od nasipne mase flegmatizovanog eksploziva pošto upravo ovaj sastav ima i najveću nasipnu masu.

Poređenje kompresibilnosti pokazuje da se uzorci FO generalno bolje presuju od uzoraka FH. Nema nekih značajnijih razlika u kompresibilnosti između FH-I i FH-II kao i FO-I i FO-II, koji su dobijeni različitim postupcima flegmatizacije.

Zaključak

Različitim tehnološkim postupcima flegmatizacije dobijeni su uzorci flegmatizovanog heksogena (FH-I i FH-II) i flegmatizovanog oktogena (FO-I i FO-II) sa približno istim sadržajem flegmatizatora (3.81– 4.25%). Izvršena je njihova fizičko-hemijska i termijska karakterizacija uporedo sa FH-5 iz domaćeg proizvodnog programa, odnosno flegmatizovanim oktogenom (FH-R) inostrane proizvodnje.

Temperature samozapaljenja RDX i HMX u skladu su sa podacima iz literature. Prisustvo flegmatizatora, u granulisanim eksplozivnim sastavima, snižava vrednosti temperatura samozapaljenja za nekoliko °C.

Rezultati TGA i DSC analize čistih eksploziva (RDX i HMX) i flegmatizovanih sastava (FH i FO) pokazuju da su ispitivani uzorci termijski stabilni ne samo u eksploatacionom temperaturnom opsegu (do 50 °C) već i na mnogo višim temperaturama (preko 200°C).

Kompresibilnost je ispitana presovanjem uzoraka po konstantnoj masi uz sukcesivno povećavanje specifičnog pritiska presovanja. Svi uzorci flegmatizovanih eksploziva, za primenjene uslove presovanja (bez zagrevanja i vakuumiranja uzoraka), imaju zadovoljavajuću kompresibilnost. Prema krivima zavisnosti $\Pi=f(P_{sp})$ i $\%TMG=f(P_{sp})$ uzorci flegmatizovanog oktogena imaju bolju kompresibilnost od uzoraka flegmatizovanog

heksogena. Pri maksimalnom pritisku presovanja poroznost uzoraka flegmatizovanog heksogena je 4.89–5.62%. Poroznost uzoraka flegmatizovanog oktogena iznosi 4.01 – 4.68 %.

Nema nekih značajnijih razlika u kompresibilnosti između FH-I i FH-II kao i FO-I i FO-II, koji su dobijeni različitim postupcima flegmatizacije. Postupak flegmatizacije uz primenu emulzije flegmatizatora, koja komplikuje i vremenski produžava proces, daje uzorke sličnih karakteristika kao i postupak bez saponifikacije flegmatizatora.

Potvrđeno je ovom prilikom da su granulometrijski sastav i nasipna masa kristalnih i dobijenih flegmatizovanih eksploziva ključni faktori izrade (laboracije) presovanih eksplozivnih punjenja velikih gustina odnosno maksimalnih energetskih performansi. To je posebno izraženo kod FH-I i FH-II koji su, zbog načina hlađenja i sušenja (stvaranja aglomerata), imali veći udeo krupnije frakcije i nešto manju nasipnu masu od očekivane, što se odrazilo i na njihovu kompresibilnost.

Literatura

[1] JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M. *Istraživanje novih sastava*

- flegmatizovanih eksploziva na bazi heksogena i voskova*. Int. dok., ITI-172, VTI VJ, Beograd, 1996.
- [2] JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M., DIMIĆ, M. Flegmatizacija heksogena smešom cerezina i stearina. *Naučnotehnički pregled*, 1999, vol.XLIX, no.1, pp.44-49.
- [3] JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M. *Istraživanje novih sastava flegmatizovanih eksploziva na bazi oktogena i voskova*. Int. dok., ITI-194, VTI VJ, Beograd, 1997.
- [4] STANKOVIĆ,M., DIMIĆ,M., JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M. Identifikacija uzorka voska i postupak izrade sastava istih karakteristika. *Glasnik hemičara i tehnologa Republike Srpske*, Banjaluka, 2000, vol.42, pp.99-102.
- [5] JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M. *Istraživanje kompresibilnosti flegmatizovanih eksploziva na bazi RDX-a i HMX-a*. XXI simpozijum o eksplozivnim materijama JKEM, Tara, 2001.
- [6] STANKOVIĆ,M. *Termijska karakterizacija uzoraka eksplozivnih materija pomoću diferencijalnog skenirajućeg kalorimetra i termogravimetrijskog analizatora*. Int. dok. IS-042106 VTI VJ, Beograd, 1997.
- [7] JEVTIĆ,S., AZDEJKOVIĆ,M. *Ispitivanje detonacionih parametara granulisanih smeša na bazi HMX-a i smeše cerezin - stearin*. Int. dok. ITI-204, VTI VJ, Beograd, 1998.
- [8] UMANSKIĀ,A.M. *Presovanje poroškovih materijalov*. Metalurgija, Moskva, 1989.

Rad primljen: 13.6.2002.god.

