

## Uticaj pritiska presovanja na granulometrijski sastav flegmatizovanog oktogena

Dr Mirjana Anđelković-Lukić, dipl.inž.<sup>1)</sup>

Prikazana je metoda određivanja raspodele čestica na površini loma uzorka eksploziva, presovanog do različitih gustina. Korišćen je eksploziv oktogen, flegmatizovan sa 3% sintetskog voska. Primenjena su dva različita polazna granulometrijska sastava: krupan (A) i sitan (B). Čestice su analizirane pomoću optičke mikroskopije. Rezultati su pokazali da dobijena granulometrijska raspodela čestica ne zavisi od početne granulacije i poroznosti flegmatizovanog oktogena.

*Ključne reči:* Presovani eksplozivi, oktogen, sintetski vosak, optička mikroskopija, raspodela čestica.

### Uvod

Kristalni, granulirani eksplozivi, pentrit, heksogen, oktogen, TATB i u novije vreme CL-20, zbog visoke osetljivosti, pre upotrebe se flegmatizuju [1].

Osetljivost kristalnih, visokobrizantnih eksploziva na mehaničke uticaje, posebno na trenje, koje je naročito izraženo u toku operacije presovanja, imperativno nalaže flegmatizaciju ovih eksploziva [2].

Flegmatizator smanjuje osetljivost na mehanička dejstva. Svojim prisustvom izoluje granule kristalnog eksploziva od međusobnog dodira i ima efekte veziva, jer obezbeđuje presovanom punjenju kompaktnost i potrebne mehaničke karakteristike.

Prilikom presovanja granule flegmatizovanog eksploziva se lome i usitnjavaju do dimenzija koje se značajno razlikuju od onih pre presovanja.

U radu je ispitivan uticaj veličine pritiska presovanja na granulometrijski sastav flegmatizovanog oktogena.

### Efekti presovanja

Eksploziv oktogen, kao i njegov niži homolog heksogen, spada u grupu cikličnih nitramina, čija je proizvodnja skupa. Proizvodna cena oktogena je desetstruko viša od cene heksogena, te se koristi samo u posebnoj, skupoj municiji visokosofisticiranog oružja, gde cena eksploziva ne predstavlja limitirajući faktor, a njegove izvanredne eksplozivne karakteristike eksploatišu se na najracionalniji način.

Oktogen postoji u četiri kristalne modifikacije, od kojih je jedino beta modifikacija stabilna. Topi se na približno 280°C, uz istovremeno termičko razlaganje, kristalna gustina je 1,91 g/cm<sup>3</sup>, a izračunata brzina detonacije za tu gustinu je 9100 m/s. Tvrdoća kristala po Mosovoj skali je 2,3 [3], tako da spada u srednje tvrde kristale.

Oktogen već dugo vremena suvereno zauzima prvo mesto među klasičnim vojnim eksplozivima po termičkim i

detonacionim osobinama. S obzirom da spada u eksplozive visoke osetljivosti na mehaničke uticaje (udar i trenje), korišćenje oktogena je uslovljeno flegmatizacijom. Flegmatizator oktogena mora da bude kompatibilan sa njim, da ima visoku temperaturu topljenja (iznad 100°C) i dobra vezivna svojstva [4].

Energetske i eksplozivne karakteristike eksploziva zavise od njegove hemijske i fizičke strukture, a flegmatizator ne sme da negativno utiče na te karakteristike.

Hemijska struktura molekula je nosilac energetskih parametara, a fizička struktura, tj. gustina, determiniše te parametre i proporcionalna je sa njima. Povećanjem gustine eksploziva presovanjem, povećavaju se osnovni detonacioni parametri – pritisak i brzina detonacije.

Presovanjem se vrši sabijanje granulisanog (flegmatizovanog) eksploziva u zadatu formu, definisane gustine. Prilikom presovanja eksploziva teži se da se dobije velika gustina eksplozivnog punjenja (što bliže kristalnoj gustini eksploziva) uz primenu nižih pritisaka, što zavisi od početnog pakovanja granula prilikom nasipanja u alat za presovanje [5]. Kad je nasipna gustina flegmatizovanog eksploziva veća (bolje pakovanje), dobijaju se velike gustine nižim pritiscima presovanja, odnosno, olakšano je presovanje.

Sitnija granulacija ima manju nasipnu gustinu od krupne (lošije pakovanje), što se negativno odražava na postupak presovanja, zbog velike početne poroznosti koja negativno utiče na postizanje velikih gustina.

Gustina eksploziva je važan parametar, jer uslovljava detonacione karakteristike od kojih je najznačajnija brzina detonacije. Brzina detonacije je osnovni parametar za izračunavanje ostalih veličina u procesu detonacije, karakteristična je za svaki eksploziv i ne zavisi od spoljnih faktora. Na brzinu detonacije utiče gustina presovanog punjenja, koja treba da bude što približnija kristalnoj gustini eksploziva koji je flegmatizovan.

Za olakšanje presovanja, pored dodataka u sam flegmatizovani eksploziv (kalcijumstearat ili grafit) koriste

<sup>1)</sup> Tehnički opitni centar, 11000 Beograd, Vojvode Stepe 445

se različiti postupci pri presovanju, i to: presovanje na toplo i presovanje uz istovremeno vakuumiranje.

Presovanje na toplo podrazumeva grejanje eksploziva u alatu za presovanje do temperature omekšavanja flegmatizatora, nekog termoplastičnog polimera. Na ovaj način se postiže dobijanje otpreska velike gustine i odličnih mehaničkih karakteristika. Sprašeni kristalni eksploziv se raspoređuje po termoplastičnoj matrici tako da se poroznost u otpresku smanjuje [6].

Vakuumiranje eksploziva u alatu prilikom presovanja odstranjuje zarobljeni vazduh čime se olakšava presovanje a smanjuje poroznost.

Kod nas je najčešće primenjivan mnogo jednostavniji način pripreme eksploziva za presovanje, s obzirom da se kao flegmatizatori koriste voskovi – sintetski i prirodni, koji imaju niske temperature omekšavanja. Eksploziv se, naime, pre presovanja 24 sata temperira na temperaturu  $\approx 30^{\circ}\text{C}$  i onda se presuje. Ovakvo presovanje je presovanje na temperaturi pogona, odnosno temperaturi okoline.

Ispitivanje, koje je prikazano u radu, deo je kompleksnog problema vezanog za kvalitet flegmatizovanog oktogeno u cilju postizanja što većih gustina punjenja presovanjem.

### Priprema uzoraka za ispitivanje

Za ispitivanje usitnjenosti granula flegmatizovanog oktogeno zbog mogućnosti poredjenja, korišćena su dva kvaliteta: flegmatizovani oktogen "A", krupnije granulacije i flegmatizovani oktogen "B", sitnije granulacije. Granulometrijski sastavi ova dva kvaliteta flegmatizovanog oktogeno su prikazani u tabeli 1.

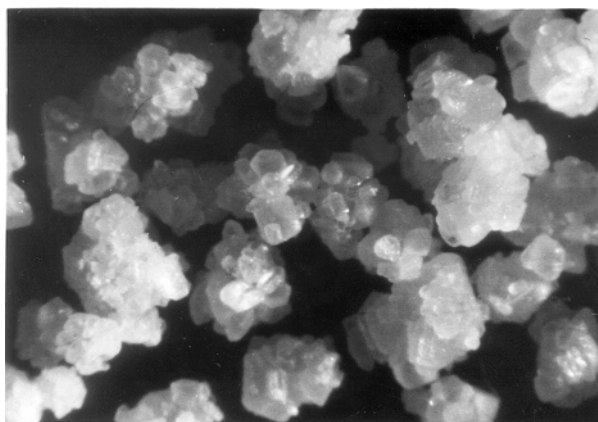
**Tabela 1.** Granulometrijski sastav flegmatizovanog oktogeno

Broj	Uzorak		% mase na situ otvora ( $\mu\text{m}$ )					Nasipna masa, ( $\text{g}/\text{dm}^3$ )	Masa flegm. (%)
			149	297	595	841	1000		
-	-	-	149	297	595	841	1000	-	-
1	Eksploziv „A”	1*	0,42	6,40	23,10	19,88	50,20	847,8	3,00
		2**	0,42	6,82	29,92	49,80		847,8	3,00
2	Eksploziv „B”	1	6,00	66,80	21,00	6,20		600,0	3,00
		2	2,00	8,00	74,80	95,80		600,0	3,00

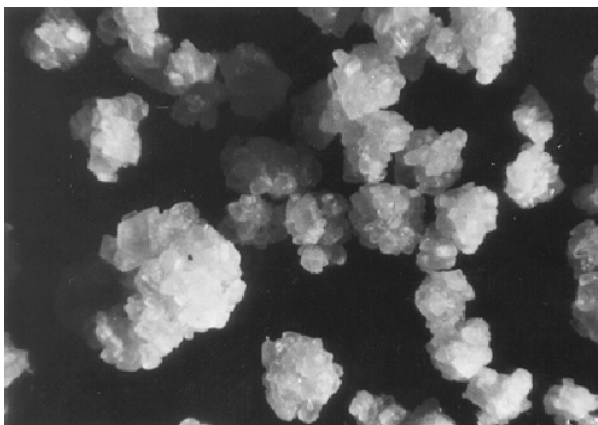
\* ostaje,

\*\* prolazi kroz sito

Sadržaj flegmatizatora (sintetskog voska) je 3%, što je dovoljno da se smanji osetljivost na trenje prilikom presovanja, a nedovoljno da, kao zaštitni sloj, utiče na destrukciju granula u postupku presovanja. Izgled granula flegmatizovanog oktogeno "A" i "B" prikazan je na slikama 1 i 2.

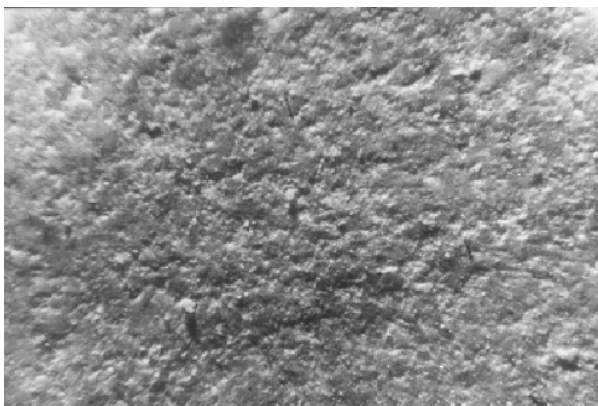


**Slika 1.** Granule flegmatizovanog oktogeno "A" (uvećanje 20X)



**Slika 2.** Granule flegmatizovanog oktogeno "B" (uvećanje 20X)

Flegmatizovani oktogeni "A" i "B" presovani su na sobnoj temperaturi u oblik valjčića izodimenzijske forme: visina i prečnik valjčića su 3 cm. Presovanjem različitim pritiscima, u opsegu od 82 MPa do 416 MPa, dobijeni su otpresci različitih gustina: od  $1,761 \text{ g}/\text{cm}^3$  do  $1,801 \text{ g}/\text{cm}^3$  (eksploziv "A") i od  $1,70 \text{ g}/\text{cm}^3$  do  $1,752 \text{ g}/\text{cm}^3$  (eksploziv "B"). Svaki valjčić je posle presovanja prelomljen po sredini, a površina loma fino polirana. Polirana površina je pomoću optičkog mikroskopa, povezanog s računarnom, osmatrana i pri tome je statistički određen broj čestica različitog prečnika. Izgled polirane površine je veoma sličan za obe vrste eksploziva "A" i "B" i prikazan je na sl. 3.



**Slika 3.** Izgled polirane površine preloma valjčića (uvećanje 20X)

Raspodela granula na površinama preloma otpreska odgovara raspodeli granula (čestica) u ukupnoj masi (zapremini) ispitivanog uzorka [7]. Rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava uzoraka na površini preloma daju sliku o raspodeli čestica po celoj zapremini ispitivanog uzorka.

Ispitivana je površina preloma od 17,96 mm<sup>2</sup>, a broj čestica obuhvaćenih merenjima je od 1530 do 6270. U tabeli 2 su prikazani granulometrijska ispitivanja svih analiziranih preloma, pritisci presovanja i gustine otpresaka za eksplozive "A" i "B".

### Diskusija dobijenih rezultata

Rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava na prelomima otpresaka prikazani su u tabeli 2.

U tabeli 2 su prikazane gustine presovanja eksploziva "A" i "B", kao i poroznosti, u funkciji pritiska.

Tabela 2. Udeo čestica (%) različitih prečnika

Pritisak, MPa	82	166	250	278	361	416
Eksploziv „A”*, gustina, (g/cm <sup>3</sup> )	1,761	1,780	1,787	1,788	1,805	1,806
poroznost, (%)	4,65	3,62	2,82	2,49	2,27	2,22
prečnik čestica, (μm)	Udeo čestica (%) na površini preloma					
5,62	32	23	25	19	22	18
16,88	28	29	19	18	15	20
28,12	15	18	11	13	12	30
39,38	7	12	10	6	10	8
50,63	6	5	9	5	8	8
140,62	0	0	1	3	2	1
Eksploziv „B”**, gustina, (g/cm <sup>3</sup> )	1,709	1,728	1,739	1,752		
poroznost, (%)	8,87	6,85	6,25	5,55		
prečnik čestica, (μm)	Udeo čestica (%) na površini preloma					
5,62	43	40	25	17		
16,88	28	31	19	15		
28,12	12	13	12	11		
39,38	6	7	10	9		
50,63	4	3	8	6		
140,62	0	0	1	2		

\* početna poroznost eksploziva „A”: 54,09%

\*\* početna poroznost eksploziva „B”: 67,65%

Eksploziv "A" je zbog polaznog krupnijeg granulometrijskog sastava i manje početne poroznosti postigao veću gustinu presovanja (1,806 g/cm<sup>3</sup>) i manju poroznost (2,22%) od sitnijeg eksploziva "B", čija je maksimalna gustina 1,752 g/cm<sup>3</sup>, a poroznost 5,55 %.

Koristeći optičku mikroskopiju, određen je udeo čestica eksploziva "A" i "B", različitog prečnika na prelomima otpresaka presovanih različitim pritiscima.

Analizom dobijenih rezultata konstatuje se da najviše ima čestica u rasponu od 5,62 μm do 39,38 μm, a čestica od 140 μm gotovo da nema. Raspodela čestica u otpresku, odnosno na površini loma je približno jednaka za obe vrste eksploziva ("A" i "B").

Iz tabele 2 se vidi da nema korelacije između gustine i usitnjenosti u otpresku za oba eksploziva ("A" i "B"). Očigledno je, međutim, da je opseg prečnika čestica posle presovanja između 5,62 μm i 39,38 μm, a da je prisustvo čestica većeg prečnika (od 50 μm do 149 μm) zanemarljivo. Usitnjenost je u istom opsegu prečnika za oba eksploziva (sitnije i krupnije početne granulacije) i ne zavisi od početne poroznosti, što nije slučaj sa kompresibilnošću eksploziva.

### Zaključak

Za ispitivanje usitnjenosti eksploziva (flegmatizovani oktogen sa 3% flegmatizatora) u otpresku, korišćena su dva kvaliteta oktogena: krupnije i sitnije granulacije.

Koristeći optičku mikroskopiju, konstatovano je da je usitnjavanje početnih granula za oba eksploziva u istom opsegu prečnika čestica, bez obzira na pritisak presovanja, polazni granulometrijski sastav i početnu poroznost eksploziva.

### Literatura

- [1] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. Tendencije razvoja brzantnih eksploziva. *Vojnotehnički glasnik*, 1998, vol. XLVI, no.6, p.681-690.
- [2] HUBNER, C., at all... The importance of Micromechanical Phenomena in Energetic Materials. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1999, vol.24, no.3, p.119-125.
- [3] CALZIA, I. *Les substances Explosives et leurs Nuisances*. Dunod-Paris, 1969, p.93.
- [4] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. Uticaj flegmatizatora na brzinu detonacije oktogena. *Vojnotehnički glasnik*, 1999, vol. XLVII, no.6, p.54-61
- [5] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. Promene gustine presovanog punjenja flegmatizovanog oktogena u funkciji fizičkih osobina kristalnog oktogena. *Naučnotehnički pregled*, 1995, vol. XLV, no.6-7, p.3-7.
- [6] ANĐELKOVIĆ-LUKIĆ, M. *Oktogen flegmatizovan polikarbonatom*. XV simpozijum JKEM, Užice, 1984.
- [7] UMANSKII, A. M. Presovanje poroškovih materialov. *Metalurgija*, 1981, Moskva, p.45.

Rad primljen: 31.3.2000. god.