

Prilog ekološkoj i ekonomskoj racionalizaciji postupka za uništavanje inicijalnih kapisli

Miroslav Papović, dipl.inž.¹⁾
Dušan Ilić, dipl.inž.¹⁾

Opisana je metoda za uništavanje inicijalnih fulminatskih kapisli delaborisane streljačke municije radi zaštite radne i životne sredine od štetnih produkata eksplozije inicijalne smeše. Metoda je zasnovana na uzastopnom propuštanju produkata eksplozije kroz sudove s vodom pri čemu se u vodi sakupljaju produkti hemijskog razlaganja inicijalne smeše. Rezultati ispitivanja dobijeni u laboratorijskim uslovima su analizirani i prikazani u radu. Dat je i predlog jednog poluindustrijskog rešenja zatvorenog tipa, koji efikasnije rešava problem zagađenja životne i radne sredine.

Ključne reči: delaboracija, inicijalna kapisla, živin fulminat, živa, uništavanje, zagađenje okoline.

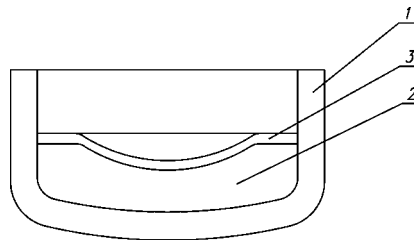
Uvod

Su problemom delaboracije streljačke municije suočava se u slučaju stare municije kojoj je istekao rok za korišćenje, municije čiji kvalitet nije odgovarajući zbog loših uslova skladištenja ili municije serijske proizvodnje čiji kvalitet nije zadovoljavajući po nekom od standarda za kvalitet. Ukoliko se želi doći samo do metalnog otpada (mesing, olovo, čelik) tada se municija spaljuje u posebnom uređaju, ali ako se žele dobiti određeni ispravni elementi (najčešće čaura ili zrno) vrši se delaboracija municije. Delaboracija streljačke municije obuhvata [1]: pripremu municije za delaboraciju, odvajanje zrna od čaure, odstranjivanje baruta iz čaure, spaljivanje delaborisanog baruta i uništavanje inicijalne kapisle. Inicijalnu kapislu je teško izvaditi iz ležišta čaure a da se pri tome obezbedi pre svega bezbednost i visoka produktivnost. Čak i kada se navedeno obezbedi, ostaje problem njenog uništavanja. Spaljivanje inicijalnih kapisli na otvorenom, što je čest slučaj u praksi, dovodi do velikog zagađenja radnog mesta i okoline naročito ako se radi o fulminatskim kapislama. Suočeni s problemom delaboracije stare municije, a ona je većinom laborisana fulminatskom inicijalnom kapislom, pristupilo se razmatranju ovoga problema radi eliminacije ili smanjivanja zagađenja radnog prostora i okoline.

Teorijski deo

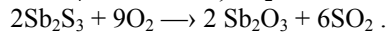
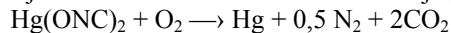
Inicijalna kapisla predstavlja pirotehnički proizvod koji služi za aktiviranje hemijskog procesa razlaganja eksplozivne materije. Inicijalna kapisla za streljačku municiju (sl.1) se sastoji od mesinganog čančeta u koji je laborisana inicijalna smeša preko koje je stavljena pokrivka da bi se smeša zaštitila od vlage i mehaničkih oštećenja. Pod uticajem jednostavnog mehaničkog impulsa (udar ili ubod) dolazi do hemijskog razlaganja inicijalne smeše pri čemu se obezbeđuje dovoljna količina vrelih gasova za istovremeno paljenje celokupne površine barutnog

punjenja. Prve inicijalne smeše su radene na bazi inicijalnog eksploziva živinog fulminata $\text{Hg}(\text{ONC})_2$. Pored živinog fulminata, osnovni sastojci inicijalne smeše su kalijum-hlorat KClO_4 i antimon- -trisulfid Sb_2S_3 .



Slika 1. Inicijalna kapisla: 1- mesingano čanče, 2. inicijalna smeša, 3- pokrivka

Ispitivanjem je utvrđeno da tokom procesa detonacije inicijalne smeše dolazi do sledećih reakcija [2,3,4]:



U produktima detonacije nalazi se elementarna živa koja s bakrom gradi amalgam, usled čega nastupa rasprskavanje čaure pri njenoj ponovnoj upotrebi. Kalijum-hlorid se teško uklanja čišćenjem iz cevi oruđa i vremenom reaguje s vlagom iz vazduha uz oslobađanje veoma korozivnog Cl jona. Sumpor-dioksid s vlagom gradi sumporastu kiselinu koja ubrzava proces korozije u cevi. U produktima reakcije mogu biti još i senzibilizatori (staklo,šmirgla), kalaj (komponenta pokrivke), živini spojevi, azotni oksidi i drugo.

Živa i živina jedinjenja su ekstremno toksične hemijske materije [5,6]. U obliku para, kao i obliku sitnih čestica (kapljica), elementarna živa se vrlo dobro resorbuje preko kože, pluća i digestivnog trakta. Živine soli u dovoljnoj koncentraciji razaraju živu materiju kada dođu u kontakt s njom. Od neorganskih jedinjenja otrovnošću se posebno ističe živin-hlorid HgCl_2 . Smrtna doza za trovanje

¹⁾ Prvi partizan, 31000 Užice, Miloša Obrenovića 2

živinim- -hloridom je prema većini autora 0,1-0,3 grama.

Do akutnih trovanja živom može doći udisanjem većih koncentracija živinih para. Nekoliko sati posle udisanja javlja se nadražaj respiratornog trakta, kašalj i mučnina s povraćanjem. Iza toga sledi plućni otek, povišena temperatura, krvarenje iz pluća i smrt.

Do hroničnih trovanja živom dolazi usled dužeg udisanja živinih para i njenih soli u malim količinama. Do smrtnog završetka kod ove vrste trovanja dolazi zbog razvoja plućne tuberkuloze.

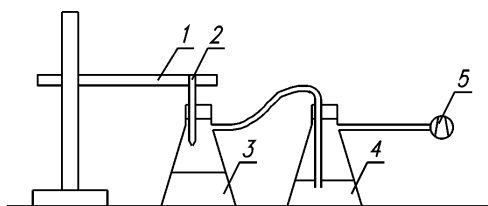
Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) predstavlja onu količinu toksičnih ili štetnih materija čijem se dejstvu mogu izložiti organizam čoveka, životinje ili biljke bez štetnih posledica i na duži vremenski period.

MDK za živu i živina jedinjenja u vazduhu radnog prostora je $0,05 \text{ Hg mg/m}^3$, a srednja dnevna koncentracija u atmosferi naseljenih mesta je $0,0003 \text{ Hg mg/m}^3$.

Uništavanjem 1000000 komada fulminatskih kapisli teoretski se oslobodi: 4,44 kg žive, 10,88 kg sumpor-dioksida, 2 kg ugljen-dioksida i 0,265 kg azota. Da bi se smanjilo ili potpuno eliminisalo zagađenje radnog mesta i životne okoline, potrebno je produkte detonacije inicijalne smeše hvatati i izvršiti njihov tretman. Proces uništavanja inicijalnih kapisli mora biti zatvoren da se u što većoj meri izvrši sakupljanje čvrstih i tečnih produkata, a da gasoviti produkti koji izlaze iz sistema ne budu štetni po okolinu ni po sastavu ni po količini. Ukoliko se koristi metoda za uništavanje kapisli spaljivanjem, vrlo je teško izvršiti hvatanje produkata. Neuporedivo je pogodnije produkte detonacije inicijalne smeše "uhvatiti" kada se uništavanje kapisle vrši komad po komad. Tada je moguće usmeriti produkte detonacije u zatvoren sistem i izvršiti njihovo sakupljanje i tretman. Pri aktiviranju kapisli oslobađa se velika količina toplote tako da temperatura produkata prelazi i 3000°C . Ovakve produkte je potrebno prethodno ohladiti. Najpogodniji način je da se aktiviranje kapisli vrši usmeravanjem plamena prema vodi gde će se deo vrelih produkata u mlazu ohladiti, a čvrsti i tečni produkti istaložiti ili rastvoriti u vodi. Ostale produkte koji se pri tome ne ohlade, kondenzuju ili istalože, moguće je zadržati u sistemu i izvršiti njihov dalji tretman. Najpogodnije je da se oni vakuumom provedu kroz sistem ispiralica s vodom. Produkti detonacije, koji prođu kroz ispiralice s vodom, pri tome će se rastvoriti ili istaložiti. Tretman gasovitih produkata može biti potpun ako se u ispiralicama koriste rastvori koji lako reaguju s gasovitim produktima dajući jedinjenja koja se talože ili rastvaraju u njima. U svakom slučaju, koncentracija gasovitih produkata biće manja.

Ekperimentalni deo

Ekperiment je rađen s delaborisanom municijom 7,9 mm proizvedenom 1980. godine, koja je laborisana fulminatskom kapislom 5,5-1 [7]. Probe su rađene u laboratorijskim uslovima na aparaturi prikazanoj na sl.2.



Slika 2. Laboratorijska aparatura: 1- alat za aktiviranje kapisle, 2- čaura sa inicijalnom kapislom, 3- boca 1, 4- boca 2, 5- vakuum pumpa (vodena)

Čaura s inicijalnom kapislom se stavlja u alat za aktiviranje tako da bude otvorom okrenuta prema površini vode u boci 1. Aktiviranje inicijalne kapisle se vrši ubodom udarne igle. Boce 1 i 2 su napunjene vodom koja treba da prihvati čvrste, tečne i gasovite produkte eksplozije inicijalne smeše koji se u njoj mogu rastvoriti. Boce 1 i 2 su spojene s vodenom vakuum pumpom koja posle aktiviranja kapisle povlači produkte eksplozije kroz ispiralicu- boca 2. Boce 1 i 2 su staklene tako da se čitav proces može vizuelno pratiti. Tokom izvođenja proba došlo se do sledećih konstatacija: po aktiviranju kapisle plameni mlaz je uočljiv i usmeren ka vodi u boci 1, zvučni efekat opaljenja kapisle je znatno umanjen (opaljenje je izvršeno u vakuumiranom prostoru), gasoviti produkti eksplozije su sivo-bele boje (vrlo teško ih vakuum povlači kroz sistem ispiralica), aparatura nije potpuno hermetična (neadekvatan alat za aktiviranje) tako da se deo produkata nije mogao "uhvatiti" već je isticao u okolinu, na zidovima boce 1 iznad vode i na vodovima aparature se istaložio deo produkata eksplozije ali zbog nemogućnosti njihovog skidanja ovaj deo produkata nije analiziran.

Sadržaj boca je na kraju isfiltriran, osušeni talog je crne boje. Ako se talog posmatra pod mikroskopom, vide se svetlucave loptice (živa) i crveni kristali nepravilnog oblika.

U jednom od eksperimenata u aparaturu je ubačena i boca 3 (vezana na bocu 2) u koju je dodat natrijum-hidroksid (NaOH). U boci 3 je došlo do reakcija gasovitih produkata i baze tako da je nastalo zamućenje rastvora i taloženje nastalih jedinjenja. Osušeni talog je sive boje, a pod mikroskopom ima izgled peska, finih sivobelih granula.

Svaka čaura je vagana na analitičkoj vagi pre i posle aktiviranja kapisle da bi se utvrdila količina produkata koji ulaze u aparaturu.

Hemijska analiza vode, koja je služila kao medijum za hvatanje produkata eksplozije, urađena je standardnim laboratorijskim metodama. Količina metala uhvaćenih u vodi je određena metodom " Indukovana kuplovana plazma" (ICP).

Rezultati i diskusija

Probe su rađene s delaborisanom municijom 7,9 mm iz 1980. godine koja je laborisana s fulminatskom kapislom 5,5-1.

Masa inicijalne smeše poznatog sastava je $35 \pm 3 \text{ mg}$, a masa lakirane pokrivke je $\sim 8 \text{ mg}$. Pokrivka je od staniola (sastav: 97% kalaj i 3% antimon) i njena masa je $\sim 5 \text{ mg}$.

Ukoliko prilikom aktiviranja kapisle sva smeša pređe u produkte i pri tome rastopi i ponese pokrivku, u produkte treba da pređe masa od 43 mg otpadnog materijala koji treba uhvatiti u aparaturu i izvršiti njegov tretman.

Razlika u masi čaure pre i posle aktiviranja iznosi u proseku 28,067 mg uz srednje odstupanje od 2,58 mg, što predstavlja 65% ukupne reakcione mase (smeša+pokrivka). U čauri ostaje 35% ukupne reakcione mase istaložene na zidovima čaure u obliku produkata eksplozije ili produkata reakcije s materijalom zidova čaure (bakar ili cink).

Teoretski, prema hemijskoj reakciji, iz jedne kapisle se eksplozijom živinog fulminata oslobodi 4,44 mg elementarne žive. Analizom uhvaćenih produkata u obe prihvatne boce nađeno je $0,918 \text{ mg/kapisli}$ elementarne žive ili $\sim 20\%$ od teoretski oslobođene žive. Rezultati pokazuju da se u boci 2 nalazi duplo više žive nego u boci 1 što pokazuje da se živa u produktima eksplozije nalazi u parnom stanju i da je vakuum povlači sa gasovitim

produktima u bocu 2.

Analiza pokazuje da je u eksperimentu uhvaćeno 4,5 mg kalaja/kapisli što je 93% teoretski oslobođenog kalaja. Od toga se tri puta više nalazi u boci 1 što ukazuje na to da je kalaj prilikom izlaska iz čaure u tečnom ili čvrstom stanju.

Količina uhvaćenog antimona od 2,4 mg/kapisli pokazuje da to nije samo antimon iz pokrivke (njega bi teoretski trebalo da bude 0,15 mg/kapisli) već da deo potiče iz antimon-trisulfida koji je sastavni deo smeše.

Od drugih metala u vrlo malim količinama se u prihvatnim bocama nalazi bakar (0,024 mg/kapisli), cink (0,0192 mg/kapisli) i olovo (0,0036 mg/kapisli). Bakar i cink potiču od čaure, a olovo je verovatno poreklom od nečistoća iz staniolske pokrivke.

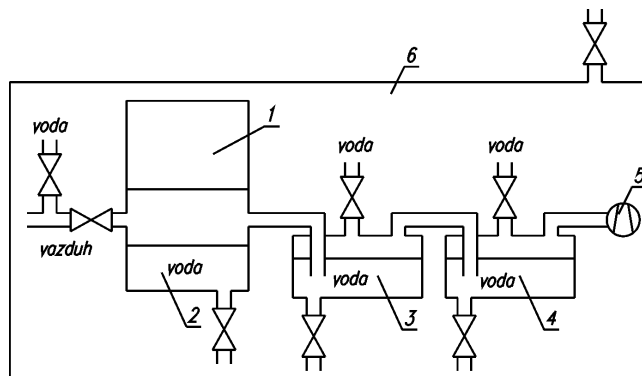
Izmerene pH vrednosti sadržaja boci 1 pH=5, a boci 2 pH=4, pokazuju da se gasoviti produkti rastvaraju u vodi stvarajući kiseli rastvor. U boci 2, kroz koju se gasoviti produkti provlače vakuumom, kiselost je veća zbog dužeg i kvalitetnijeg kontakta gasa i vode.

Zaključak

Izvedeci opisani eksperiment u laboratorijskim uslovima, došlo se do određenih rezultata koji upućuju na mogućnost rešenja zaštite radne i životne sredine kod uništavanja inicijalnih fulminatskih kapisli delaborisane municije.

1. Sistem mora biti zatvoren radi potpunog sakupljanja produkata eksplozije inicijalne smeše. Uništavanje kapisli spaljivanjem nije preporučivo, jer se produkti eksplozije ne mogu lako uhvatiti. Metodom ispucavanja kapisli mogu se produkti usmeriti u sistem koji bi izvršio njihovo hvatanje i tretman.
2. U čauri se zadrži 35% teoretske mase eksplozije fulminatske inicijalne smeše, pa sistem treba da prihvati 65% mase produkata radi daljeg tretmana.
3. U vodi je sakupljeno 20% oslobođene žive a u boci 2 duplo više, što znači da je živa u produktima eksplozije u parnom stanju.
4. U vodi je sakupljeno 93% oslobođenog kalaja. Najviše kalaja se nalazi u boci 1 što pokazuje da se kalaj u produktima eksplozije nalazi u tečnom ili čvrstom stanju.
5. Da bi se neutralisali kiseli gasovi (CO_2 i SO_2) u vodu je potrebno dodati neko bazno sredstvo (najpraktičnije NaOH). Prema izmerenoj pH vrednosti (boca 1 pH=5, boca 2 pH=4) u boci 2 je potrebno dodati više sredstva za neutralizaciju.
6. Pošto se pri aktiviranju kapisle oslobađa velika količina toplote, produkte eksplozije treba ohladiti i pri tome sakupiti sve produkte hemijske reakcije. Najpogodniji i najjeftiniji način je da se aktiviranje kapisli vrši usmeravanjem plamena prema vodi gde će se jedan deo vreloga mlaza ohladiti i istaložiti u njoj. Ostali produkti se mogu vakuumom provesti kroz sistem ispiralica s vodom gde će se produkti eksplozije istaložiti ili rastvoriti u njoj.
7. Prihvatne posude i ispiralice s vodom mogu biti lako izmenjive. Ako ima ekonomskog opravdanja, može da se izvrši odvajanje otpadnog materijala (pre svega žive, eventualno kalaja).
8. Aktiviranje kapisli treba da se vrši u odgovarajućem alatu pri čemu treba rešiti problem produktivnosti i hermetičnosti.

Na osnovu dobijenih rezultata, može da se predloži savršeniji sistem za zaštitu radne i životne sredine prilikom uništavanja fulminatskih inicijalnih kapisli delaborisane municije (sl.3).



Slika 3. Šmatski prikaz sistema: 1- uređaj za aktiviranje kapisle, 2- prihvatna posuda sa vodom, 3- ispiralica sa vodom, 4- ispiralica sa vodom, 5- vodena vakuum pumpa, 6- digestor

Osnovna prednost tog sistema je što se produkti eksplozije sakupljaju i tretiraju u sistemu, sprečavajući zagađenje radne i životne sredine. S ekonomskoga aspekta značajna je mogućnost korišćenja čaure, i mogućnost recikliranja žive kao skupe i deficitarne sirovine.

Sistem prikazan na sl.3 može da se, uz minimalna finansijska ulaganja, primeni za zaštitu radne i životne sredine u opitnim stanicama prilikom ispitivanja osetljivosti inicijalne kapisle na udar, gde se aktiviranje kapisle vrši pojedinačno.

Ovaj princip može da se primeni i pri uništavanju manjih količina inicijalnih kapisli municije iz serijske proizvodnje koja nije odgovarajućeg kvaliteta ("škart municija").

U slučaju potrebe uništavanja većih količina inicijalnih kapisli, ovaj sistem je takođe primenljiv, ali bi se trebao rešiti problem produktivnosti. Jedan od načina za rešenje produktivnosti može biti primena beskonačne trake kod doziranja čaura s inicijalnom kapislom i aktiviranja udarom. O tome bi posebno trebali da vode računa stacionarni centri (remontni zavodi) koji se bave ovom problematikom.

Sistem može da se primenjuje i kod uništavanja sinoksidnih inicijalnih kapisli (zaštita radne i životne sredine od zagađenja olovom).

Literatura

- [1] RADOJIĆIĆ, V. *Osnovi skladištenja i održavanja municije i minsko-eksplozivnih sredstava*. Tehnički školski centar KoV JNA, Zagreb, 1972.
- [2] MAKSIMOVIĆ, P.V., DJURICA, A.A. *Pirrotehnika*. Tehnički školski centar KoV JNA, Zagreb, 1969.
- [3] MAKSIMOVIĆ, P.V. *Tehnologija baruta i eksploziva*. Tehnički školski centar KoV JNA, Zagreb, 1968.
- [4] BURNOV, P.F. SUHOV, I.P. *Sredstva inicirovanja*. NKAP Oborongiz, Moskva, 1945.
- [5] STOJANOVIĆ, O., STOJANOVIĆ, N., KOSANOVIĆ, Đ. *Štetne i opasne materije*. Hemijsko-tehnološki priručnik, IRO Rad, Beograd, 1984.
- [6] BONEVSKI, R. *Vojna toksikologija*. Centar vojnotehničkih škola KoV JNA, Zagreb, 1984.
- [7] *KD za inicijalnu kapislu 5,5-1*. Pobjeda, Goražde, 1971.

