

Uvod u sisteme naoružanja

Municija

Prof. dr Slobodan Jaramaz

Prof. dr Predrag Elek

pelek@mas.bg.ac.rs

kabinet 444

Sadržaj

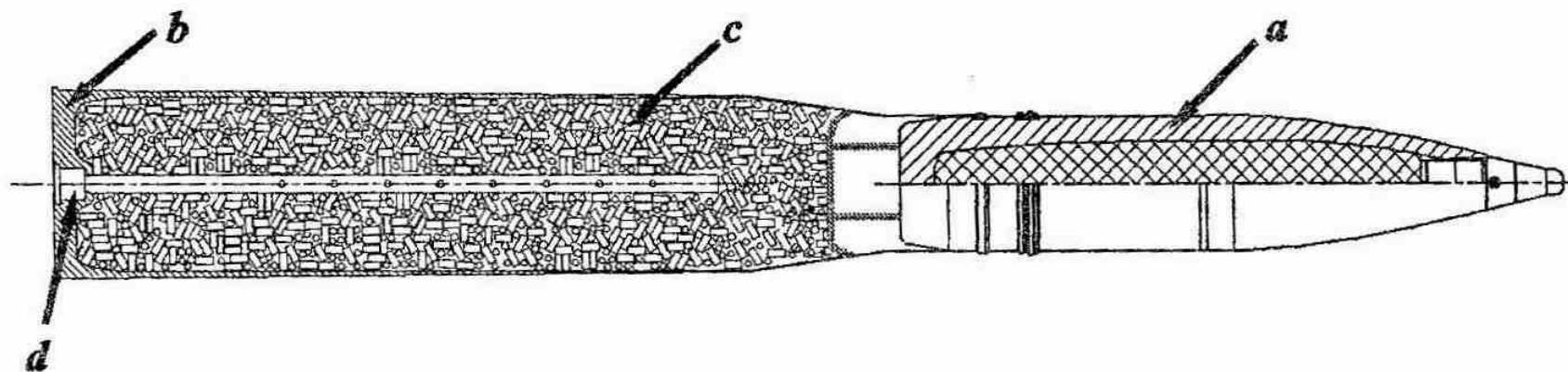
1. Opšti pojmovi
2. Podela projektila
3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija
4. Streljačka municija
5. Razorni projektili
6. Pancirni projektili
7. Projektili sa kumulativnim punjenjem
8. Misznay-Schardin-ov efekat
9. Kasetni projektili
10. Upaljači



1. Opšti pojmovi

- **Projektil** – sistem koji se sa određenom namenom upućuje ka izabranom cilju
- **Bojna glava** predstavlja izvršni element projektilskog sistema (kod raketnih projektila)
- **Projektili**: sve vrste streljačkih i malokalibarskih zrna, klasičnih artiljerijskih granata i bacačkih mina i sve vrste raketnih projektila bez obzira na način njihovog lansiranja i sistem vođenja
- Uobičajeno je da se projektili zbog različitih sistema lansiranja dele na:
 - klasične, i
 - raketne.
- **Klasičan projektil** se na cilj upućuje posredstvom oruđa ili oružja
- **Raketni projektil** u opštem slučaju predstavlja konstruktivnu celinu koja sjedinjuje pogonski motor i koristan teret - bojnu glavu.

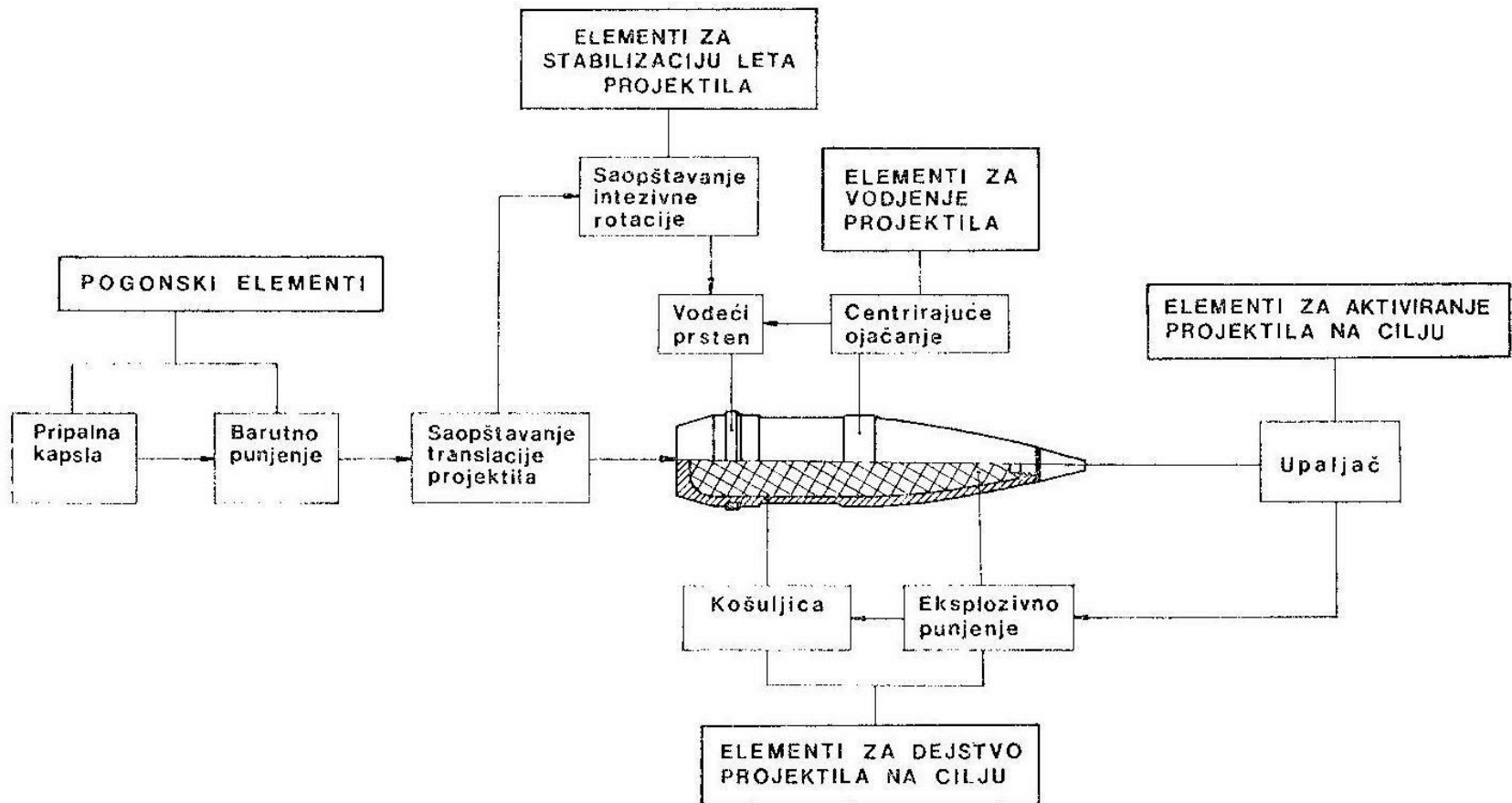
1. Opšti pojmovi



Metak (klasični projektili)

- a – projektil
- b – čaura
- c – barutno punjenje
- d – pripalno sredstvo (kapisla)

1. Opšti pojmovi



Elementi municije - blok šema klasične artiljerijske municije

2. Podela projektila

- Podela prema načinu lansiranja:

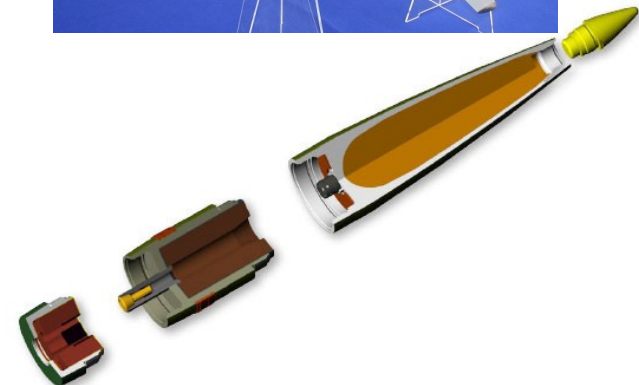
- klasični

- rotirajući
 - nerotirajući

- raketni

- nevođeni
 - vođeni
 - čvrsta pogonska materija
 - tečna pogonska materija

- aktivno-reaktivni



2. Podela projektila

Podela prema **nameni**:

- Grupa **razornih projektila** obuhvata projekte
– parčadnog dejstva
– parčadno-rušećeg dejstva
– rušećeg dejstva
- Grupa **protivoklopnih projektila** obuhvata:
– pancirne
– pancirno-potkalibarne projekte
– kumulativne
– projekte na bazi Hopkinsonovog efekta
- Grupa **protivavionskih projektila** obuhvata:
– razorne
– razorno-zapaljive i
– zapaljive projekte



2. Podela projektila

Podela **prema nameni**:

- Grupa projektila **specijalne namene** obuhvata:
 - osvetljavajuće
 - dimne
 - zapaljive
 - propagandne
 - hemijske
 - biološke i
 - vežbovne projekte
- Grupa **nuklearnih projektila** deli se prema količini oslobodjene energije na cilju na:
 - taktičke (do 10 kt) i
 - strategijske



3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Pojam eksplozije i eksplozivne materije

- **Eksplozija**: proces veoma brzog fizičkog ili hemijskog preobražaja sistema praćen prelazom njegove potencijalne energije u mehanički rad
- Rad koji se obavlja pri eksploziji – uslovljen brzim širenjem gasova ili para, bez obzira da li oni postoje pre eksplozije ili su stvoreni u toku eksplozije
- Osnovno spoljno obeležje svake eksplozije: nagli skok pritiska u sredini u kojoj se eksplozija događa
- **Tipovi eksplozija**:
 - fizičke
 - hemijske
 - nuklearne

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Primeri fizičkih eksplozija:

- Eksplozija pregrejanog parnog kotla
- Udar meteora
- Eksplozije pri snažnim električnim pražnjenjima
- Prelazak metala u paru pri propuštanju električne struje vrlo visokog napona
- ...
- Fizičke eksplozije imaju vrlo ograničenu primenu

Nuklearne eksplozije:

- Posledica lančanih nuklearnih reakcija
 - fisija (cepanje) ili
 - fuzija (spajanjem) atomskih jezgara,
- Oslobođanje velike količine energije u različitim pojavnim oblicima:
 - toplotna energija ($4 \cdot 10^{13} \dots 4 \cdot 10^{18}$ kJ/kg)
 - mehanička energija
 - energija zračenja (radijacija)

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

- Za vojnu tehniku od najvećeg interesa - **hemijske eksplozije**
- Nosioči ovih procesa su hemijska jedinjenja ili smeše, koje se nazivaju opštim imenom **eksplozivne materije**
- **Eksplozivne materije**: relativno nestabilni sistemi koji se pod dejstvom određenih spoljašnjih uticaja vrlo brzo egzotermno preobražavaju stvarajući jako zagrejane gasove ili pare
- Gasoviti produkti eksplozije, zahvaljujući isključivo **velikoj brzini hemijskih reakcija**, praktično zauzimaju u prvom momentu zapreminu same EM, i po pravilu se nalaze **pod visokim pritiskom**
- Da bi hemijski sistem po karakteru bio eksplozivan mora da zadovolji **tri osnovna uslova**:
 - egzotermnost
 - formiranje gasova
 - odvijanje velikom brzinom

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Zapreminska koncentracija energije za neke eksplozivne i zapaljive materije

Eksplozivne EM i zapaljive smeše	Zapreminska koncentracija energije (kJ/dm ³)
Nitroceluloza (13.3 % N ₂)	5650.
Nitroglicerin	9970.
Smeša ugljenika i O ₂	17.2
Smeša benzolovih para i O ₂	18.4
Smeša vodonika i O ₂	7.1

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Vrsta materije	Stanje materije	Materija	Toplota eksplozije (kJ/kg)	Vreme odvijanja procesa (s)	Snaga (kW/kg)
GORIVA	gasovito	zemni gas	36000...40600		
		benzin	44000		
	tečno	D-2	42000	360... 600	17.5
		lož ulje	40000		
	čvrsto	kameni ugalj	30500...35000		
		lignit	24700...29400		
		drvo	18800	540...900	14.7
EKSPLOZIVNE MATERIJE	brizantne	NGI	6322		
		oktogen	6092		
		pentrit	5895		
		TNT	5066	10^{-5}	$500 \cdot 10^6$
	potisne	NC	4032		
		CB	3015	10^{-5}	$300 \cdot 10^6$
	inicijalne	tetrazen	2332		
		Pb - azid	1540		
		Hg - fulminat	1486		

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Brzina detonacije – brzina rasprostiranja eksplozije u eksplozivnom punjenju

Eksploziv	Brzina detonacije D (m/s)
Heksogen	8300
Pentrit	8100
Nitroglicerín	8000
Tetrit	7700
Pikrinska kiselina	7200
Nitroceluloza	6950
Trotil	6900

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Zapremina gasovitih produkata eksplozivne reakcije
(svedena na normalne fizičke uslove) nekih EM

EKSPLOZIVNA MATERIJA	Zapremina gasovitih produkata (dm ³)	
	za 1 kg EM	za 1 dm ³ EM
Crni barut	280	336
Nitroceluloza (13.3% N ₂)	765	995
Pikrinska kiselina	715	1145
Trotil	740	1180
Nitroglicerín	690	1105

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela eksplozivnih procesa

- Tri osnovna vida: **sagorevanje, eksplozija i detonacija**
- **Sagorevanje** eksplozivne materije:
 - odvija se najčešće promenljivom brzinom koja može da dostigne vrednost od nekoliko m/s
 - brzina sagorevanja zavisi od spoljnog pritiska i znatno raste sa njegovim porastom
 - na atmosferskom pritisku (u slobodnoj atmosferi) sagorevanje teče skoro bez zvučnih efekata
 - u ograničenoj zapremini npr. kanalu cevi oruđa, proces se odvija znatno brže uz porast pritiska gasovitih produkata
 - sagorevanje je osnovni vid eksplozivnog razlaganja baruta i raketnih goriva
- **Eksplozija:**
 - proces kod koga brzina eksplozivnog razlaganja ima vrednost nekoliko stotina, pa čak i nekoliko hiljada m/s i malo zavisi od spoljnih uslova
 - karakteristična obeležja – nagli skok pritiska na i promenljiva brzina prostiranja procesa
 - karakteristično dejstvo eksplozije – nagli udar gasova na okolnu sredinu, izaziva drobljenje i velike deformacije predmeta na relativno malom rastojanju od mesta eksplozije
- **Detonacija:**
 - po svojoj prirodi se ne razlikuje od eksplozije, već predstavlja njenu stacionarnu formu
 - odvija se konstantnom brzinom, maksimalnom za datu EM i prelazi brzinu zvuka u toj EM
 - brzina detonacije predstavlja jednu od najvažnijih karakteristika EM
- **Eksplozije/detonacije** se suštinski razlikuju od **sagorevanja** po mehanizmu svog prostiranja:
 - sagorevanje se prenosi kroz masu EM putem toplotne provodljivosti, difuzijom i zračenjem
 - eksplozija i detonacija putem sabijanja materije udarnim talasom

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela prema agregatnom stanju

- **Gasovite EM**
 - najmanja koncentracija energije
 - prilikom eksplozivnog procesa razvija 200 do 2000 puta manje energije po jedinici zapremine nego kod tečnih i žvrstih EM
 - zato su se primenjivale u motorima SUS
 - aerosolne bombe, smeše određenih koncentracija obezbeđuju rušeci efekat
 - najčešće se za njih koriste sledeće smeše goriva: kerozin, heptan, metan, propilnitrat, itd.
 - ove smeše sa vazduhom u određenim koncentracijama stvaraju gasovite EM koje imaju velike zone rušecijeg dejstva
- **Tečne EM**
 - imaju veliku sposobnost razaranja
 - ne upotrebljavaju se u praksi zbog prevelike osetljivosti i smanjene stabilnosti
 - neke tečne materije su zbog specifičnih svojstava želatinizacije sa nitrocelulozom upotrebljene kao komponente kod potisnih EM (npr. nitroglicerina - NG), a neke se koriste u raketnom pogonu
- **Čvrste EM**
 - imaju široku primenu u praksi (u vojne i privredne svrhe)

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela prema nameni

➤ Inicirajuće EM

- poznate i kao primarni eksplozivi
- primenjuju se za izazivanje detonacije drugih eksplozivnih materija (npr. za izazivanje detonacije u projektilima)
- detonacija se javlja kao posledica relativno malog spoljašnjeg toplotnog ili mehaničkog uticaja
- maksimalna brzina eksplozivne reakcije postiže se za izuzetno kratko vreme
- malo punjenje inicijalnog eksploziva je dovoljno za izazivanje eksplozije brizantnih eksploziva
- primena inicijalnih eksploziva u tzv. inicirajućim sredstvima – inicijalnim i detonatorskim kapislama
- Najvažniji predstavnici ove grupe eksplozivnih materija su:
 - ✓ soli teških metala i praskave žive – fulminati, najznačajniji je živin fulminat
 - ✓ soli azotovodonične kiseline – azidi, najčešću primenu našao je azid olova
 - ✓ soli teških metala i stifninske kiseline, najpoznatiji je stifnat olova
 - ✓ karbidi teških metala - acetilenidi (npr. acetilenid srebra Ag_2C_2)
 - ✓ u inicijalne EM spada i tetrazen $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_{10}\text{O}$



3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela prema nameni

➤ Brizantne EM

- Poznate kao **jaki eksplozivi** ili **sekundarne EM**.
- razlikuju se od primarnih eksploziva znatno većom postojanošću – detoniraju pod dejstvom značajnog spoljnog uticaja, najčešće uz pomoć inicijalnih eksploziva
- Osnovni oblik eksplozivnog preobražaja je **detonacija**, ali je porast brzine reakcije do maksimalne detonacione brzine znatno sporiji nego kod primarnih eksploziva
- Sekundarni eksplozivi imaju vrlo široku primenu u tehnici:
 - vojna tehnika
 - rudarstvo, građevinarstvo
- **Eksplozivne smeše:**
 - dinamiti (nitroglicerini + primese) i amoniti (amonijumnitrat + trotil); takođe se koriste smeše trotila i heksogena i dr.

RDX



TNT

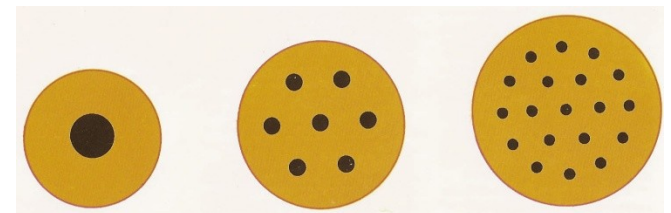


3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela prema nameni

➤ Baruti i raketna goriva

- Osnovni oblik preobražaja baruta je **sagorevanje**
- Baruti se dele u dve grupe:
- **baruti – mehaničke smeše**
 - kompozitni baruti (vezivo+oksidator+aditivi) i dimni ili crni barut
- **baruti koloidnog tipa** (malodimni baruti)
 - osnovu svih malodimnih baruta predstavlja nitroceluloza
 - Razlikuju se sledeće vrste malodimnih baruta:
 - nitrocelulozni baruti
 - nitroglicerinski baruti (balistiti, korditi, baruti sa neisparljivim rastvaračem, diglikolski baruti, nitroguanidinski baruti)

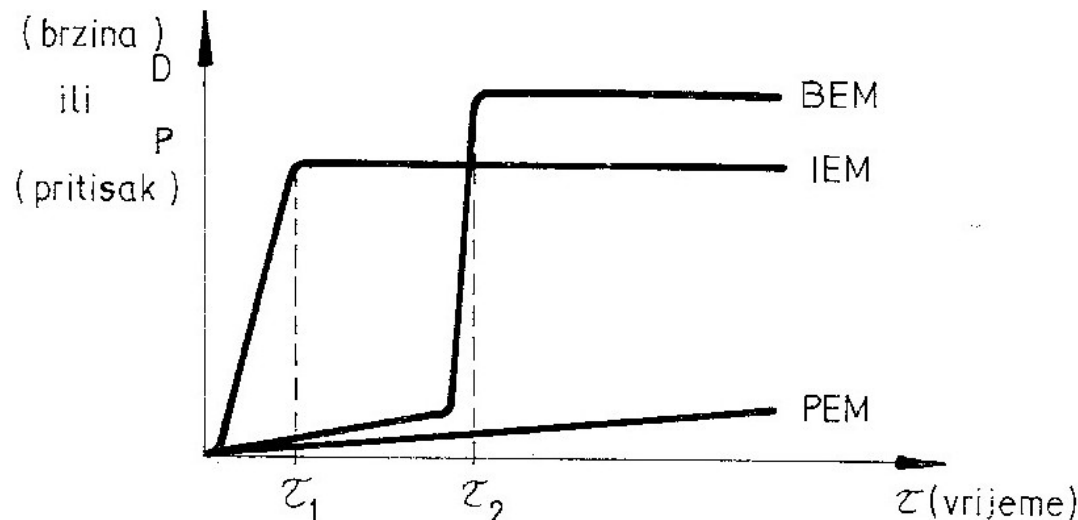


3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Podela prema nameni

➤ Pirotehničke smeše

- predstavljaju **mehaničke smeše** neorganskih oksidanata sa organskim i metalnim gorivima i vezujućim aditivima
- u izvesnim uslovima imaju sposobnost detonacije i relativno visoku osetljivost na spoljne uticaje, ali je njihov osnovni oblik preobražaja **sagorevanje**
- upotrebljavaju se uglavnom kao punjenja (osvetljavajućih, zapaljivih, signalnih, dimnih, itd.) **projektila specijalne namene**



3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Osnovni zahtevi za eksplozivne materije

- Celishodna i bezbedna primena EM u tehnici:
- dovoljna energetska moć koja obezbedjuje zahtevanu pogonsku silu ili rušeće dejstvo
- određene granice osetljivosti na spoljašnje uticaje
 - s jedne strane obezbeđuju sigurnost pri upotrebi
 - s druge strane, obezbeđuju lako izazivanje eksplozije
- sposobnost zadržavanja fizičko-hemijskih karakteristika, odnosno eksplozivnih karakteristika za dugi vremenski period
- dostupne sirovine, jednostavnost i bezopasnost fabrikacije
- niz zahteva koji se odnose na fizička (nehigroskopnost, neisparljivost, nerastvorljivost, gustina itd.) i eksplozivna svojstva (izdržljivost na mehanička naprezanja itd.)

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Karakteristike eksplozivnih materija

Fizičke karakteristike

a) **Gustina EM**

Podrazumeva odnos mase i zapremine, gustina utiče na brzinu detonacije, prenos detonacije, osetljivost, kritični prečnik.

Sreću se tri pojma gustine:

- **kristalna gustina** je maksimalna moguća gustina koju bi EM imala kada bi se sav prostor koji zauzima popunio kristalima,
- **gravimetrijska gustina** predstavlja odnos mase EM prema zapremini koju zauzima ta masa EM slobodnim padom, uključujući nepopunjeni prostor između čestica EM,
- **gustina punjenja** predstavlja odnos mase EM i zapremine koju zauzima materija u određenom prostoru.

b) **Poroznost** EM ili šupljikavost ima posebnu ulogu pri prelazu iz sagorevanja u detonaciju.

c) **Disperznost** definiše veličinu čestica

d) **Sipkost** EM je sposobnost EM da se lako može isipati i dobro popuniti prostor u koji se stavlja; karakteriše se uglom prirodnog pada kod slobodnog sipanja na horizontalnoj površini; što je manji taj nagib bolja je sipkost

e) **Plastičnost** EM je karakteristika nesipkih EM. Plastične EM su one materije koje omogućavaju lagano deformisanje punjenja EM, primaju željeni oblik, ne rasipaju se i nemaju elastičnih deformacija. Kod plastičnih materija često dolazi do očvrscavanja, pa se gnječenjem dobija ponovo plastična struktura. Takva povratna prestrukturalizacija naziva se **tiksotropija**

f) **Tečljivost**. Zavisi od temperature, stepena zgušnjavanja tečne faze i dužine čuvanja EM.

g) **Viskozitet** se definiše kao unutrašnje trenje ili svojstvo EM da se opire tečenju.

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

Karakteristike eksplozivnih materija

Hemijske karakteristike

- definišu reaktivnu sposobnost EM sa metalima, nemetalima, kiselinama, bazama itd. Tu spadaju i unutrašnje reakcije autokatalitičke prirode od kojih zavisi hemijska stabilnost EM. Hemijske karakteristike zavise od hemijskog sastava EM, prisutnosti različitih primesa, temperature, vlažnosti, itd.

Termodinamičke karakteristike

- Bilans kiseonika** je broj koji pokazuje višak ili manjak kiseonika za potpunu oksidaciju C i H, izražen u procentima od količine EM
- Sastav produkata eksplozije** predstavlja sastav produkata eksplozije neposredno posle završetka hemijskih reakcija u EM
- Specifična zapremina gasova** je zapremina gasova koji se stvaraju tokom eksplozije 1 kg EM
- Temperatura eksplozije** je početna temperatura produkata eksplozije
- Pritisak eksplozije** je pritisak gasovitih produkata eksplozije u trenutku dostizanja hemijske i termodinamičke ravnoteže
- Toplota stvaranja** je ona količina toplote koja se izdvaja ili apsorbuje pri reakciji stvaranja 1 kg ili 1 mol EM iz jednoatomnih materija
- Toplota eksplozije** je ona količina toplote koja se izdvaja pri potpunom eksplozivnom preobražaju 1 mol (1 kg) EM

3. Opšte karakteristike eksplozivnih materija

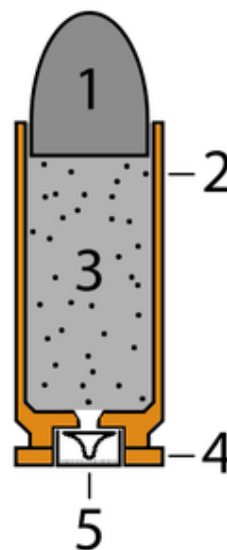
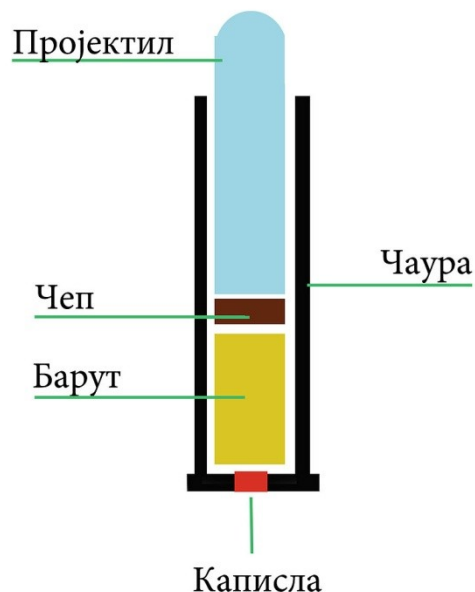
Karakteristike eksplozivnih materija

Eksplozivne karakteristike

- **Osetljivost** je sposobnost EM da reaguje na neki spoljni početni impuls, da od njega primi energiju koja je dovoljna za početak eksplozivnog preobražaja
- **Kritični prečnik** je minimalni prečnik eksplozivnog punjenja kod kojeg se može odvijati proces detonacije
- **Radna sposobnost** je sposobnost EM da pri eksploziji vrši rad nad okolinom
- **Rušeće delovanje** je delovanje udarnih talasa, nastalih eksplozijom EM, na većoj daljini
- **Brizantno delovanje** je delovanje EM u neposrednoj blizini centra eksplozije
- **Prenos detonacije** je prenošenje eksplozije sa aktivnog punjenja EM na pasivno punjenje EM na određenoj udaljenosti
- **Brzina detonacije** je brzina prostiranja detonacionog talasa kroz EM

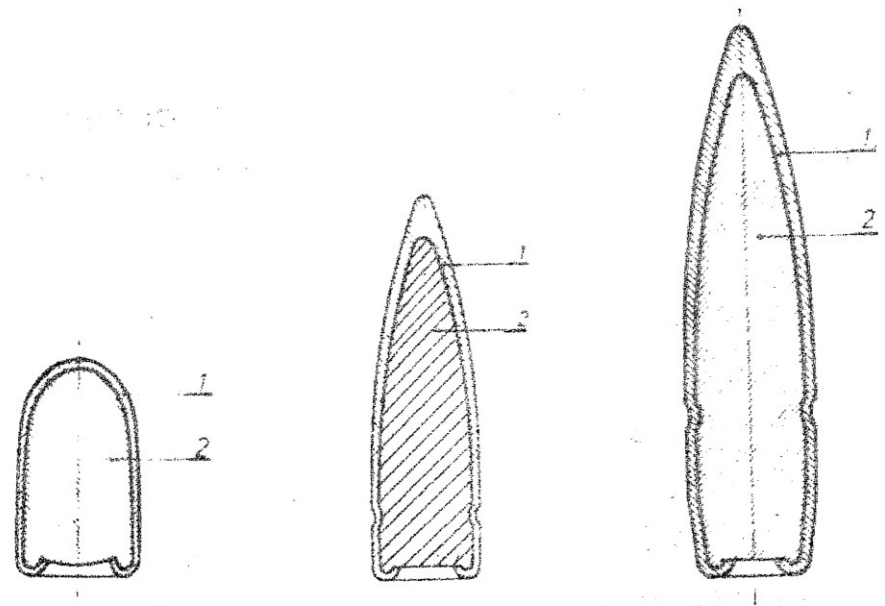
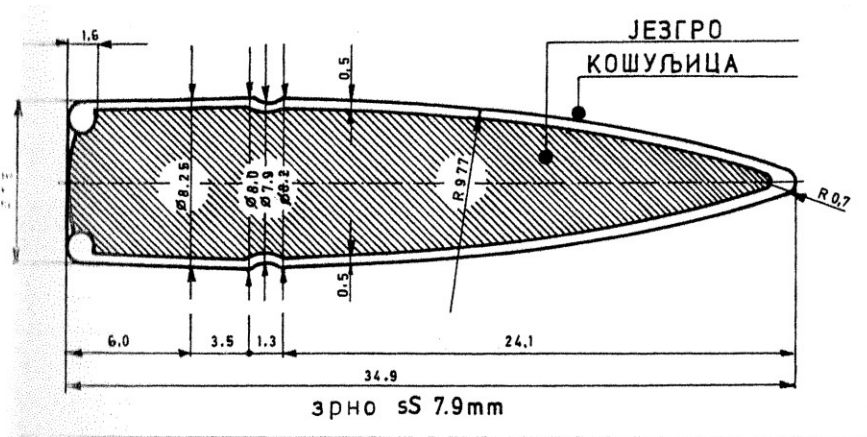
4. Streljačka municija

- **Metak** streljačkog oružja: skup elemenata čija funkcija obezbeđuje da se iz cevi oružja izbaci zrno radi postizanja željenog efekta na cilju
- Klasičan streljački metak čine sledeći **elementi**:
 - zrno
 - čaura
 - barutno punjenje i
 - inicijalna kapisla



4. Streljačka municija

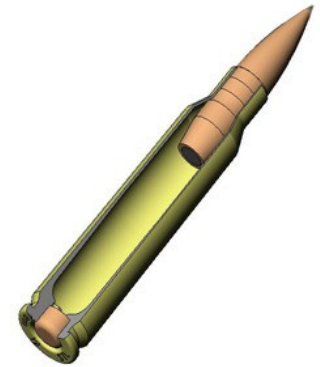
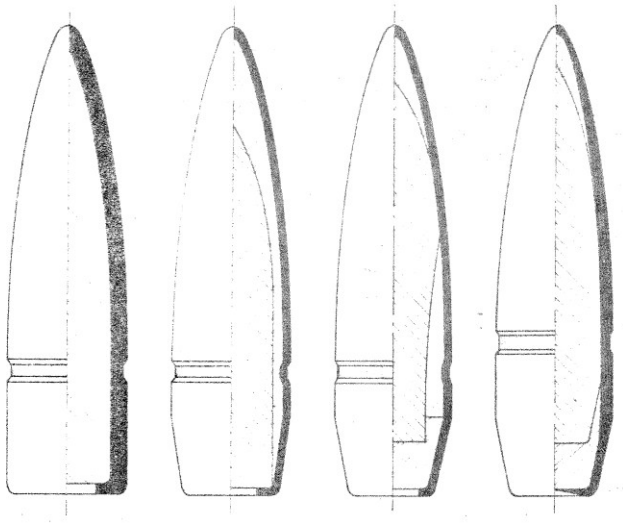
- Zrno (projektil)



Tipični predstavnici zrna za streljačka oružja

4. Streljačka municija

- Pancirna zrna

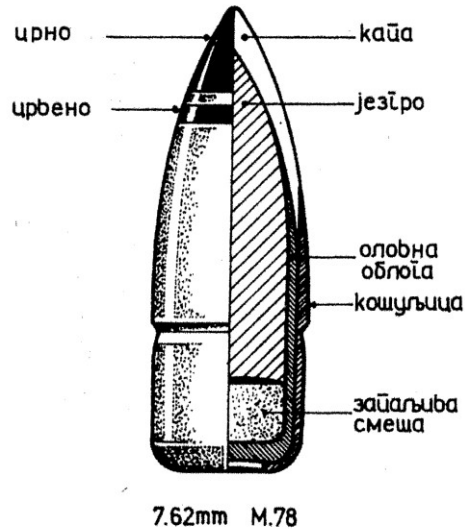


Pancirna zrna:

- sa debelom košuljicom
- sa slojem olovo-antimonske legure između jezgra i košuljice
- sa suženim jezgrom
- sa debelom košuljicom i vrhom i dnom ispunjenim olovo-antimonskom legurom

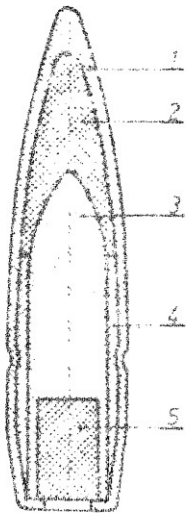
4. Streljačka municija

- Pancirno zapaljivo zrno



4. Streljačka municija

- Pancirno-zapaljivo-obeležavajuće zrno



Pancirno-zapaljivo-obeležavajuće zrno

1 – košuljica

2 - zapaljiva smeša

3 - čelično jezgro

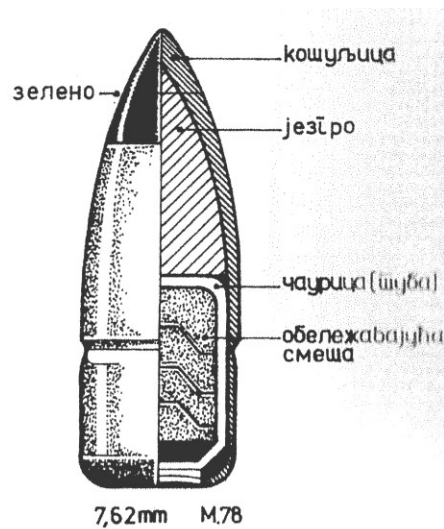
4 - olovo-antimonska legura

5 - traser



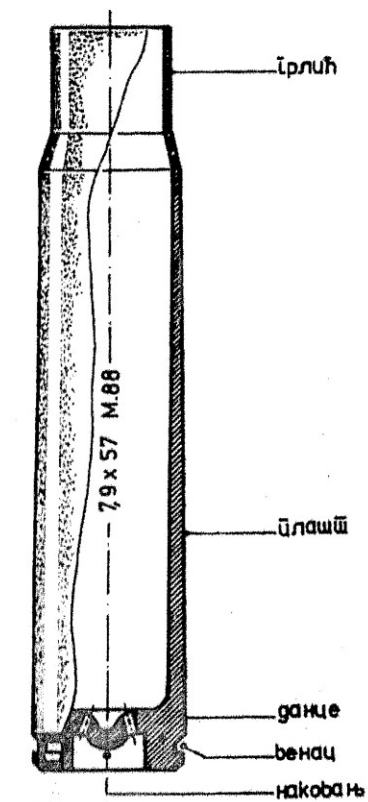
4. Streljačka municija

- Obeležavajuće zрно



4. Streljačka municija

- Čaura



4. Streljačka municija

Barutno punjenje

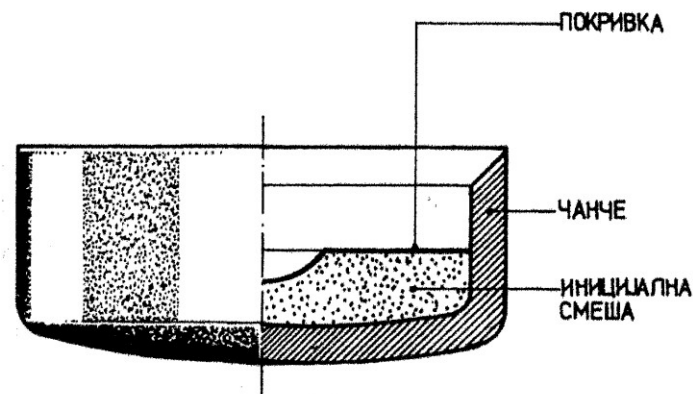
- tačno **određena količina baruta** odgovarajućih fizičko-hemijskih i balističkih karakteristika
- kod automatskih i poluautomatskih oružja energija dela barutnih gasova iskorišćena je za **rad automatike ili poluautomatike**
- za barutna punjenja se uglavnom upotrebljavaju **nitrocelulozni**, ređe nitroglicerinski baruti
- barut je najčešće u obliku **pločica**, a u poslednje vreme masovno se koriste i **sferični baruti**



4. Streljačka municija

Inicijalna kapisla

- po prijemu spoljnog impulsa (udara udarne igle) aktivira i **plameni impuls** prenesi na barutno punjenje
- inicijalna smeša se načelno sastoji od živinog fulminata, kalijum hlorata i antimontrisulfida
- da bi se sprečila korozija cevi izrađuju se smeše kod kojih je živin fulminat zamenjen tricinatom, a kalijum hlorat barijum nitratom
- pokrivka se izrađuje od staniola, a ima zadatak da zaštiti smešu od vlage
- čanče inicijalne kapisle radi se od mesinga



4. Streljačka municija

Podela streljačke municije (prema nameni):

- **Bojeva**
- **Manevarska streljačka municija**
 - namenjena je za obuku u nišanjenju i otvaranju vatre, za imitaciju pucnja za vreme izvođenja taktičkih vežbi, manevara i sl.
 - zrno može biti izrađeno od drveta, kartona, bakelita, plastične mase ili pak municija može biti bez zrna
 - osnovni zahtev pri izradi ovakvog metka je apsolutna bezbednost na odstojanju od 20 m
- **Vežbovna streljačka municija**
 - namenjena je za izvršenje nastavnih gađanja
 - predstavlja zamenu za bojevu municiju iz bezbednosnih i ekonomskih razloga
 - za razliku od bojeve ima manje barutno punjenje i zrno je izrađeno od smeše bakelita i olova
 - ova zrna se raspadaju pri udaru u bilo kakvu prepreku, pa je na taj način izbegnuto rikošetiranje zrna
- **Školska municija**
 - namenjena za obuku u punjenju i pražnjenju oružja
 - po obliku je ista kao i bojeva s tim što su svi bojevi sastavi iz metka izvađeni i zamenjeni inertnim
 - radi boljeg raspoznavanja, na školskom metku se prave otvori po plaštu čaure i zrnu

5. Razorni projektili

Namena:

- **najbrojnija** klasa projektila
- glavni **ciljevi** razornih projektila su:
 - otkriveno ili lako zaštićeno ljudstvo ("živa sila") na koje projektil djeluje parčadima svoje košuljice, udarnim talasom prouzrokovanim širenjem produkata eksplozije i tzv. moralnim dejstvom izazvanim zvučnim efektom koji prati eksploziju
 - ratni materijal na koji projektil djeluje parčadima i udarnim talasom (ako je u pitanju materijal male izdržljivosti)
 - zemljana, drveno-zemljana i slična utvrđenja (utvrđene vatrene tačke) i razni građevinski i komunikacijski objekti na koje projektil deluje snagom eksplozije eksplozivnog punjenja i parčadima košuljice



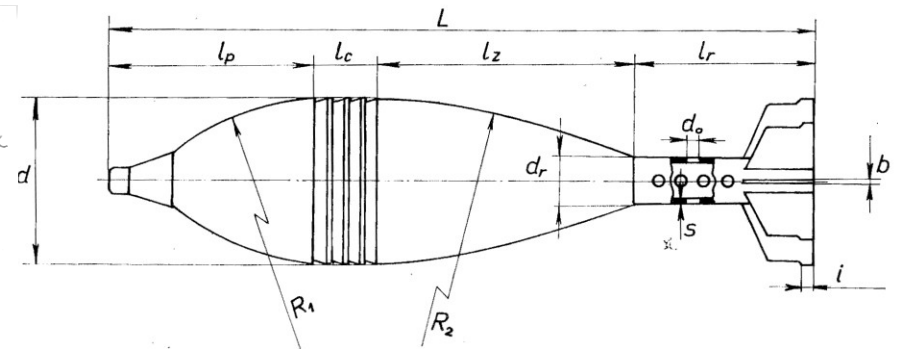
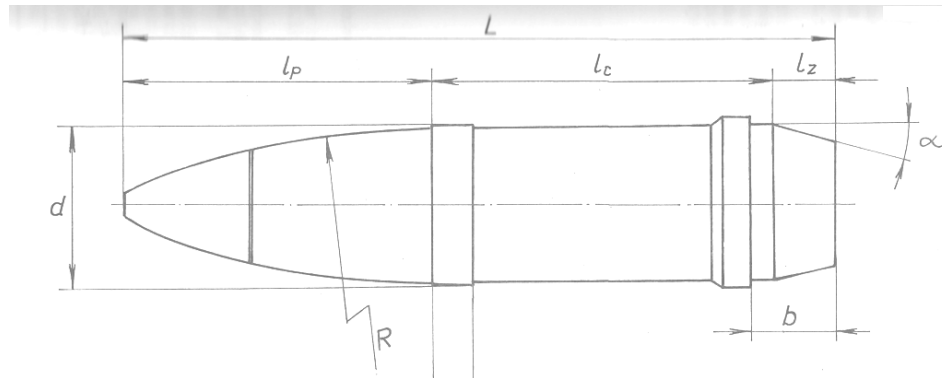
5. Razorni projektili

- Podela:
 - parčadno dejstvo
 - parčadno-rušeće
 - rušeće dejstvo
- Ove tri podgrupe međusobno se razlikuju po izvesnim **konstruktivnim parametrima** i po **karakteristikama upaljača** - mehanizma za iniciranje eksplozije projektila
- Vrednosti **karakterističnih konstruktivnih parametara**:
 - debljina zida košuljice (najčešće data u kalibrima),
 - koeficijenta punjenja, dat odnosom $= (m_e/m_p) \cdot 100 \%$ (m_e - masa eksplozivnog punjenja; m_p - masa projektila)
 - relativne mase eksplozivnog punjenja date odnosom $C_e = m_e/d^3$

Karakteristika	Razorni projektili		
	Parčadno dejstvo	Parčadno-rušeće dejstvo	Rušeće dejstvo
δ (kal.)	0.15 ÷ 0.20	0.11 ÷ 0.17	0.06 ÷ 0.15
α (%)	4 ÷ 14	10 ÷ 17	10 ÷ 25
C_e (%)	1.00 ÷ 1.65	1.15 ÷ 2.2	2.0 ÷ 3.0

5. Razorni projektili

- Tipičan izgled **rotirajućeg artiljerijskog** razornog projektila
- Tipičan izgled **nerotirajućeg minobacačkog** projektila

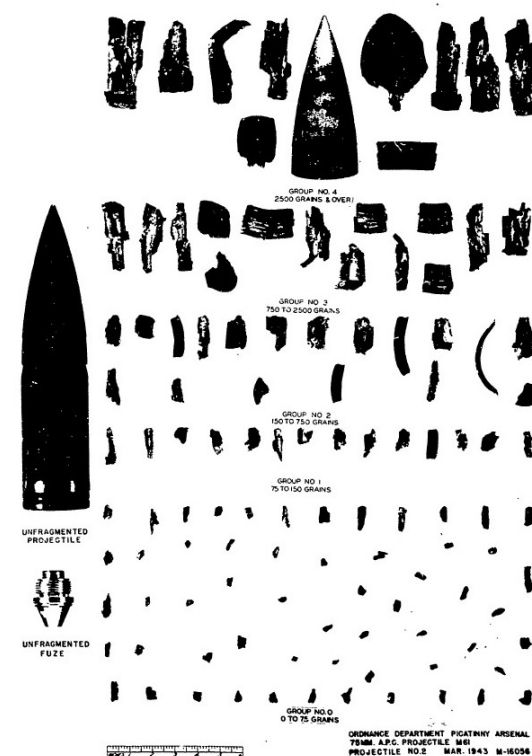


ORDNANCE



5. Razorni projektili

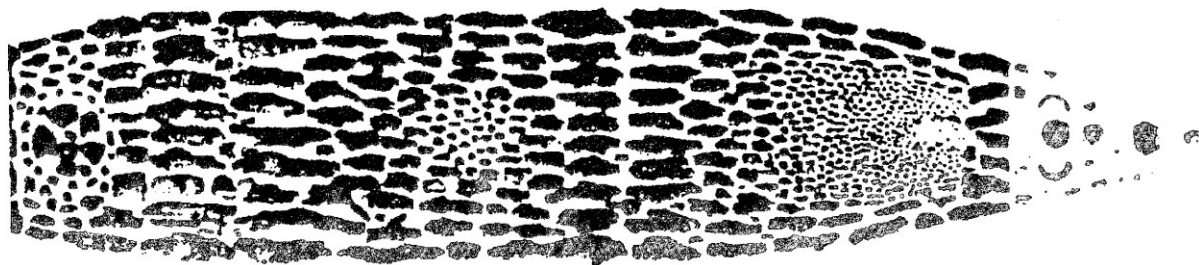
- **Parčadno dejstvo** razornog projektila zavisi od:
 - broja, pojedinačne mase i oblika parčadi
 - izgleda i pravca snopa parčadi
 - efikasnog dometa parčadi



5. Razorni projektili

Broj, pojedinačna masa i oblik parčadi

- zahtevani **minimalni ubitačni domet** parčadi zavisi od kalibra, vrste i bliže namene projektila
- usvajaju se **granice mase pojedinačnih parčadi** u kojima se ona smatraju ekonomičnim:
 - za nerotirajuće bacačke projekte kalibra do 60 mm1.5 do 15 g
 - za nerotirajuće bacačke projekte kalibra od 60 do 120 mm ...3 do 100 g
 - za rotirajuće artiljerijske projekte 5 do 100 g
- Broj i pojedinačna masa parčadi zavisi još i od:
 - hemijskih i mehaničkih karakteristika **materijala košuljice projektila**
 - **vrste eksploziva** i načina iniciranja



5. Razorni projektili

- **Formula Justrow-a** – određivanje broja fragmenata

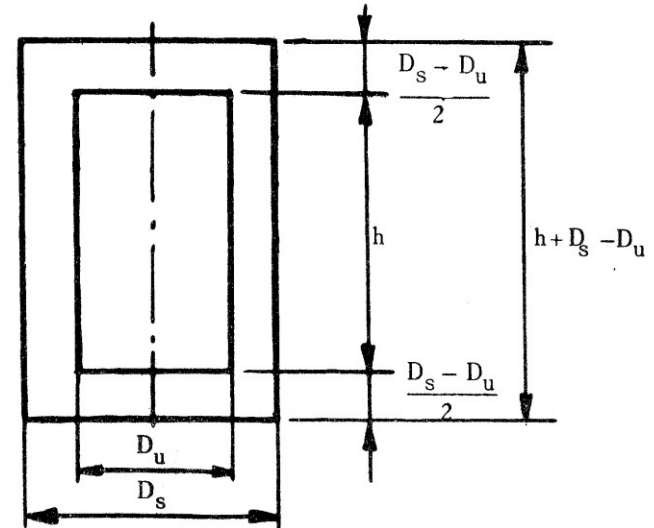
$$N = k_p \frac{M}{d} \frac{\sigma_e}{\sigma_m \delta} \frac{K^2 + 0.5}{K^2 - 1}$$

- k_p - koeficijent koji zavisi od vrste eksploziva
- M - masa eksplozivnog punjenja (g)
- d - kalibar projektila (cm)
- σ_m - zatezna čvrstoća materijala košuljice
- σ_e - granica razvlačenja materijala košuljice
- δ - relativno izduženje materijala košuljice (%)

$$K = \frac{D_s}{D_u} = \frac{R_s}{R_u}$$

- gde su:

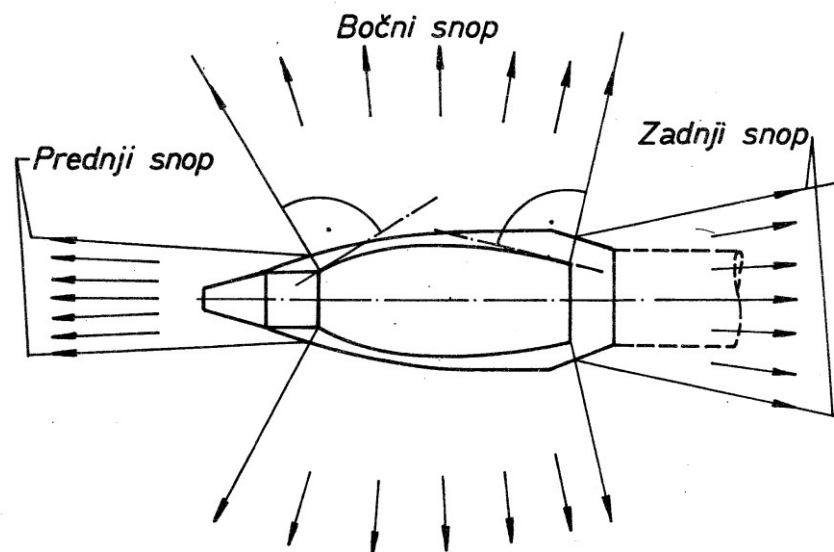
- $D_s = 2R_s$ - spoljni prečnik šupljeg valjka ravnomerne debljine zidova čija je masa jednaka masi košuljice (cm)
- $D_u = 2R_u$ - unutrašnji prečnik valjka prema gornjoj definiciji (cm)



5. Razorni projektili

Izgled i pravac snopa parčadi

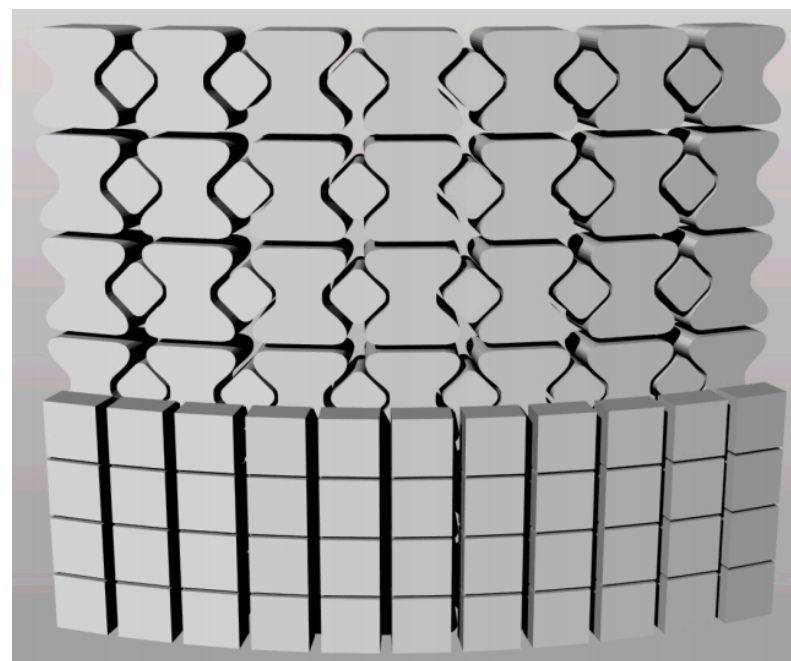
- **Prednji snop** u koji se usmeravaju parčad oživalnog vrha
- **Bočni snop** u koji se usmerava najveći broj parčadi projektila (70%- 80%) različitih dimenzija; ovaj snop je od najvećeg interesa za efikasnost
- **Zadnji snop** u koji se kod artiljerijskih granata usmeravaju obično loše fragmentisani delovi masivno dimenzionisanog danceta košuljice
- Bočni ugao razletanja kod artiljerijskih projektila iznosi oko 40° .



5. Razorni projektili

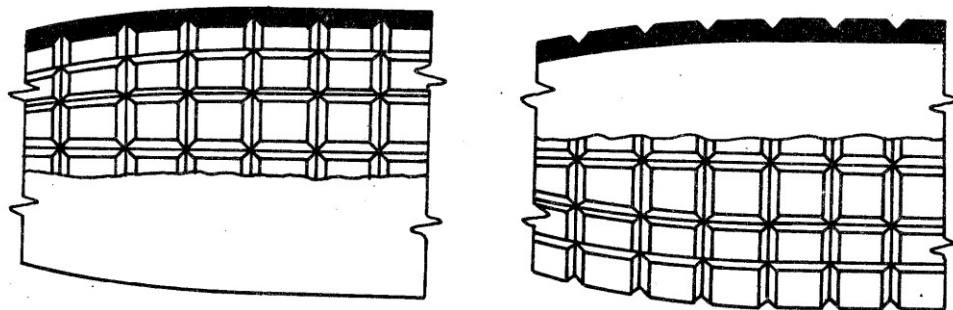
Mere za povećanje parčadnog efekta projektila

- Načini povećanja parčadnog dejstva:
 - povećanje **početne brzine** i efikasnog dometa parčadi
 - **poboljšanje fragmentacije**, tj. optimalno iskorišćenje materijala košuljice
 - **smanjenje gubitaka**, tj. smanjenje procenta pulverizovanog materijala i nefragmentisanih delova košuljice projektila
 - kod raketnih projektila, iskorišćenje za parčadno dejstvo i **drugih delova projektila** koji stižu na cilj zajedno sa bojevom glavom
- Ako je nađeno optimalno rešenje za većinu opštih faktora koji utiču na fragmentaciju (izbor vrste eksploziva i materijala košuljice, izbor i smeštaj upaljača i rešenje procesa inicijacije eksplozivnog punjenja), preostaju mere čisto konstruktivne prirode:
 - **prefragmentacija**
 - **povećanje efektivne fragmentisane mase**



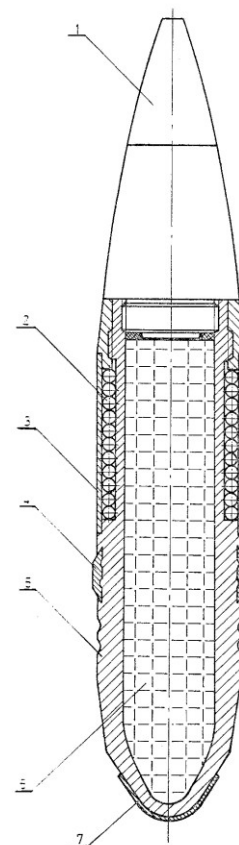
5. Razorni projektili

- Prefragmentacija
 - spoljno ili unutrašnje narezivanje košuljice
 - izrada košuljice od prstenova ili namotavanjem čelične šipke
 - ugradnja čeličnih kuglica



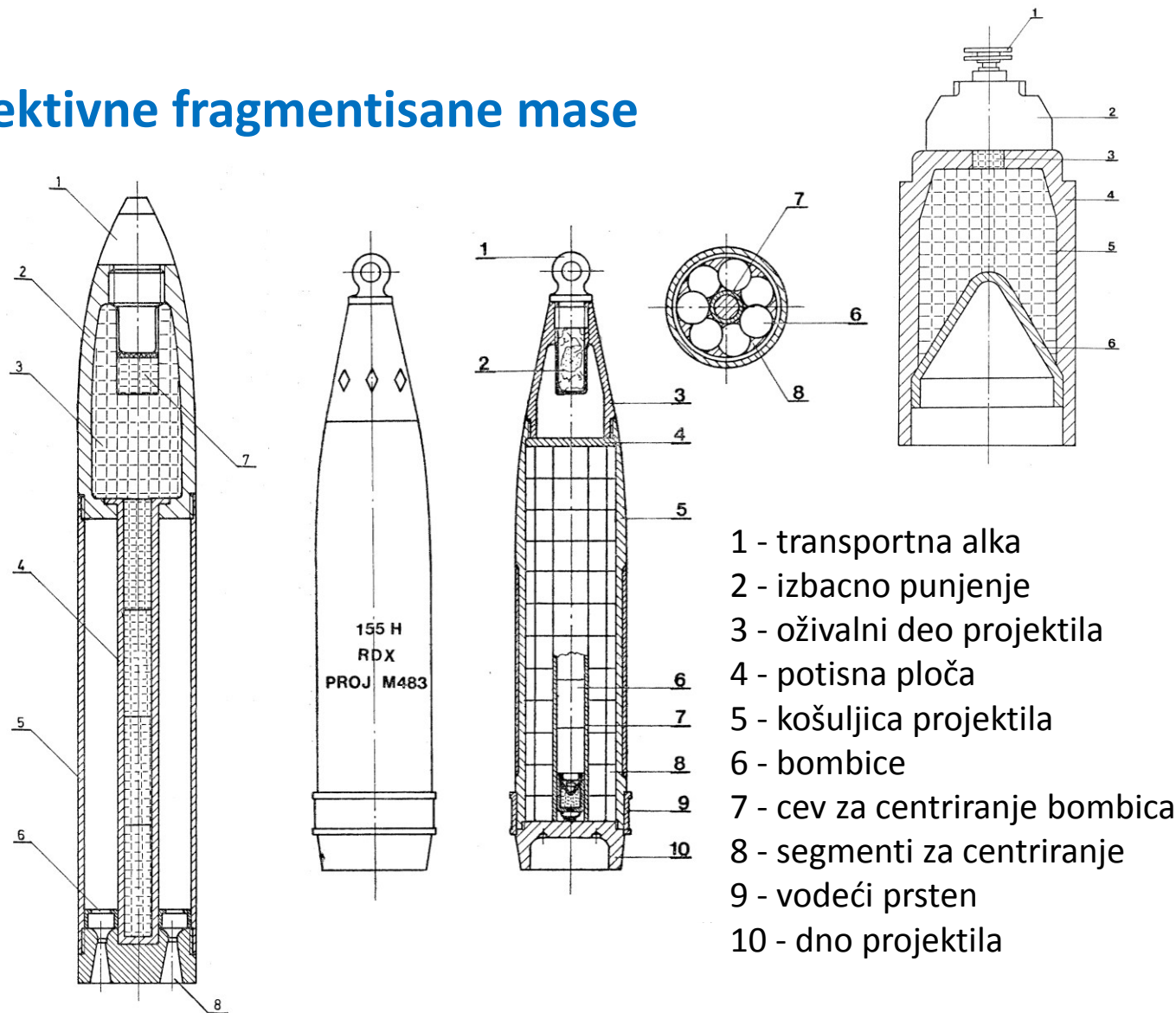
Unutrašnje i spoljno narezivanje košuljice
bojne glave

Protivavionski
razorni projektil
sa kuglicama



5. Razorni projektili

- Povećanje efektivne fragmentisane mase



5. Razorni projektili

Rušeće dejstvo razornih projektila:

- proističe iz rušućeg dejstva **eksplozivnog punjenja**
- **visok pritisak** gasovitih produkata eksplozivne reakcije izaziva **naglo širenje** koje je praćeno rušenjem okolne sredine
- sa praktičnog stanovišta najveći značaj ima rušeće dejstvo projektila **posle udara i prodiranja u prepreku** - odbrambeno utvrđenje
- Osnovna pretpostavka efikasnog rušućeg dejstva: **optimalna dubina prodiranja u prepreku**
- Projektil mora biti snabdeven upaljačem udarnog ili udarno-inercionog tipa sa **usporenjem**
- Podešavanjem upaljača reguliše se vreme njegovog reagovanja:
 - **inerciono dejstvo**: upaljač aktivira eksplozivno punjenje nekoliko ms nakon udara u cilj
 - **usporeno dejstvo**: aktivira punjenje nakon isteka vremena koje diktira usporač

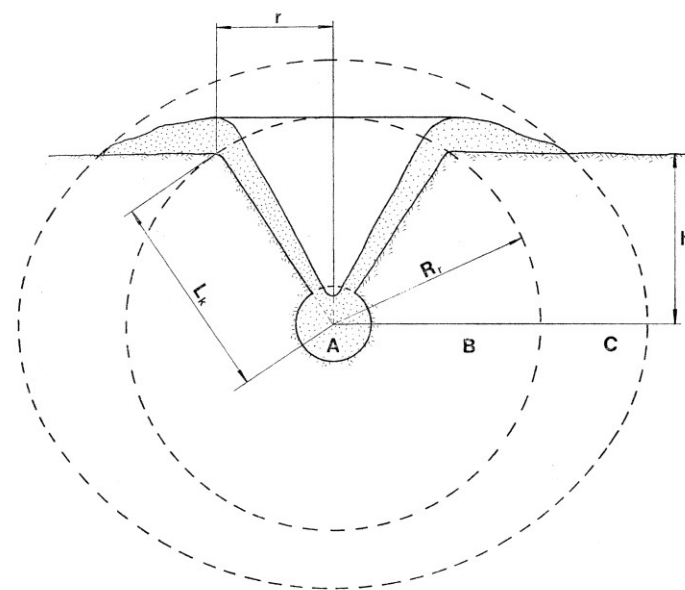


5. Razorni projektili

- pri eksploziji projektila u tlu, nakon izvesnog prodiranja, dolazi do **formiranja kratera**
- rušeće dejstvo se manifestuje **izbacivanjem materijala** tla u pravcu najmanjeg otpora, pri čemu na mestu eksplozije ostaje krater (levak)
- kvantitativna ocena rušućeg dejstva donosi se na osnovu dimenzija kratera
- u tlu se razlikuju **tri zone**:
 - zona sabijanja
 - zona rušenja i
 - zona rastresanja
- sa praktičnog stanovišta najveći značaj ima zona rušenja čiji se radijus može približno odrediti pomoću formule:

$$R_r = k_r \sqrt[3]{m_e} \quad [m]$$

- k_r - koeficijent koji karakteriše sredinu
- m_e - masa eksplozivnog punjenja (kg)



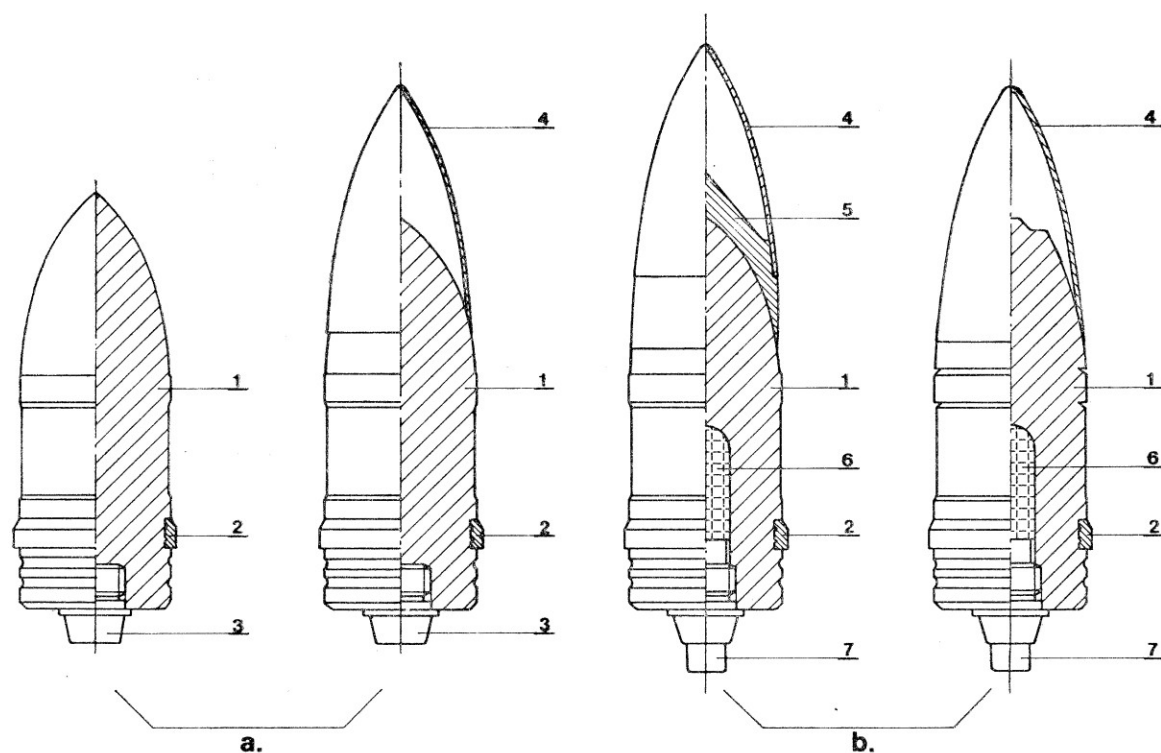
6. Pancirni projektili

- **Osnovna namena:** dejstvo protiv čeličnog oklopa ili pancira
- **Kinetička energija** projektila koristi se za probijanje oklopa
- samo kod oruđa za **neposredno gađanje**:
 - velika početna brzina
 - položena putanja
- Artiljerijski pancirni projektili su namenjeni za uništenje **oklopnih ciljeva**: tenkova, oklopnih vozila, čelično-betonskih utvrđenja i dr.
- I pored dominacije kumulativnih projektila, imaju značaj:
 - velika **preciznost** zbog velikih početnih brzina
 - sigurno uništenje cilja **u slučaju proboja** oklopa
 - efikasno dejstvo protiv ciljeva sa **predoklopom** i **sendvič-oklopom**
- dve osnovne grupe:
 - kalibarni i
 - potkalibarni



6. Pancirni projektili

- Kalibarni pancirni projektili



Kalibarni pancirni projektili:

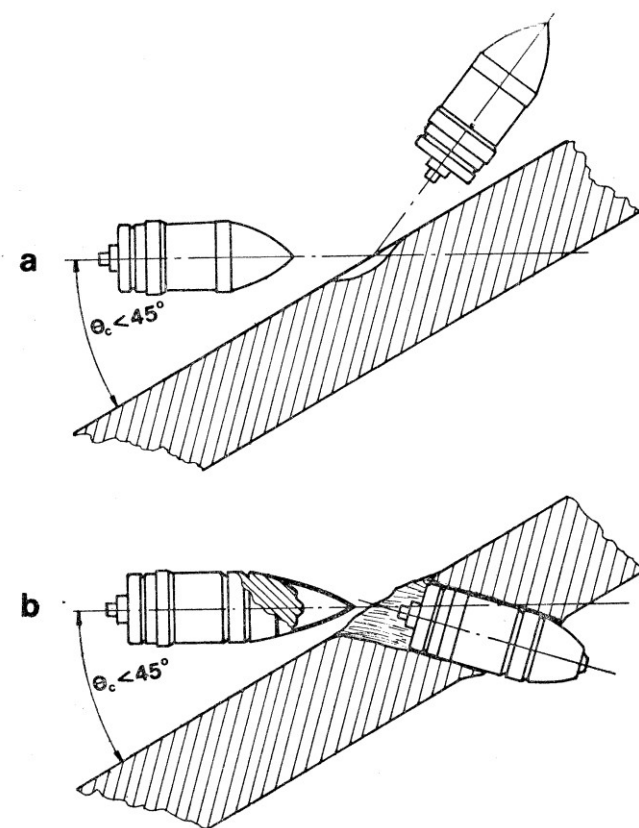
- a) pancirni projektili bez EP
- b) pancirni projektili sa EP

- 1 - telo projektila
- 2 - vodeći prsten
- 3 - traser
- 4 - balistička kapa
- 5 - pancirna kapa
- 6 - eksplozivno punjenje
- 7 - upaljač sa traserom

6. Pancirni projektili

Telo pancirnog projektila

- od **legiranog čelika** visokog kvaliteta (sa volframom, niklom, manganom, molibdenom)
- vođenje u cevi oruđa: **klasično**
- **"antirikošetni"** oblik
- **nedostatak** antirikošetno oblikovanih projektila:
 - tupi vrh izaziva veliko opterećenje tela pri udaru u oklop pod pravim uglom
 - lokalizatori
- **zadnji deo tela**: cilindričnog oblika, sa ravnim dnom
- sa zadnje strane: **komora** za smeštaj eksplozivnog punjenja, upaljača i trasera



6. Pancirni projektili

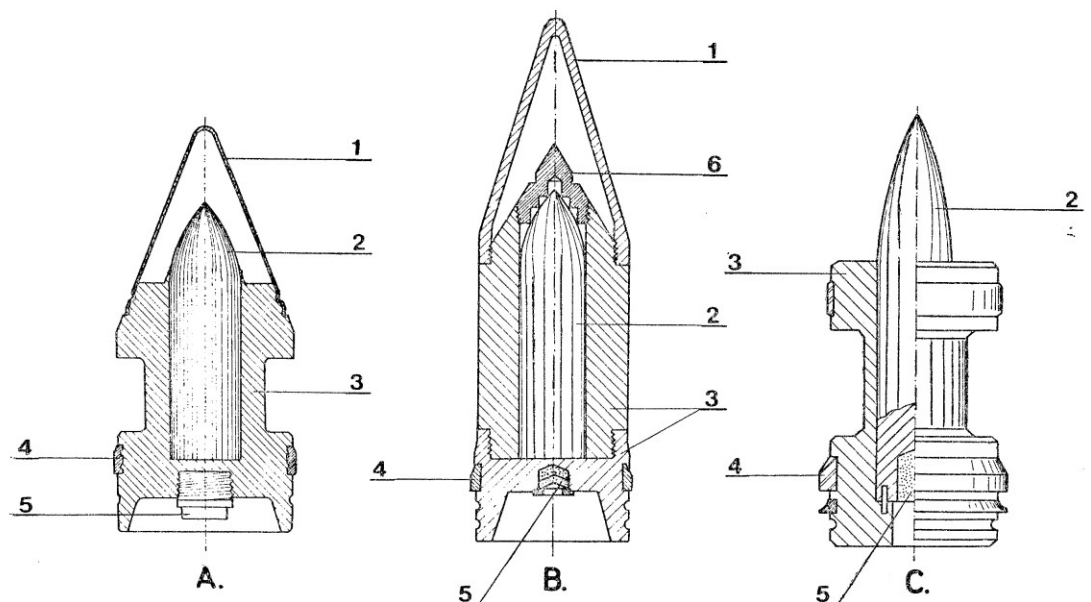
- **Traser**
 - obavezan element svih artiljerijskih pancirnih projektila
 - pri letu projektila traser gori i ostavlja svetao trag
 - time se olakšava korektura gađanja, posebno za brzopokretne ciljeve
- **Eksplzivno punjenje**
 - samo kod pancirnih projektila srednjih i velikih kalibara
 - iniciranje EP vrši se preko upaljača udarno-inercijalnog tipa uz usporenje
- **Pancirna kapa**
 - smanjuje naprezanje vrha tela projektila u sudaru sa oklopom
 - ima nešto niže mehaničke osobine od tela (manja tvrdoća)
- **Balistička kapa**
 - postavlja se na vrh projektila da smanji silu otpora vazduha

Dimenzije projektila u kalibrima (d)							Relativna masa projektila (m_p/d^3) (kg/dm ³)
l_c	h	h_k	H	R	r	l_k	
1,5—2,0	0,8—1,0	0,3—0,4	2,0—2,5	1,30—1,36	0,2—0,4	0,8—1,3	15

6. Pancirni projektili

Potkalibarni pancirni projektili

- **Kinetička energija** na cilju može se povećati:
 - povećanjem mase projektila
 - povećanjem početne brzine projektila
 - poboljšanjem aerodinamike projektila



Potkalibarni pancirni projektili starije konstrukcije:

A - ruski BP-354P, 76 mm

B - američki HVAP-T M93A1, 76 mm

C - švedski HVAPDS-T, 76 mm

6. Pancirni projektili

Savremeni potkalibarni pancirni projektili

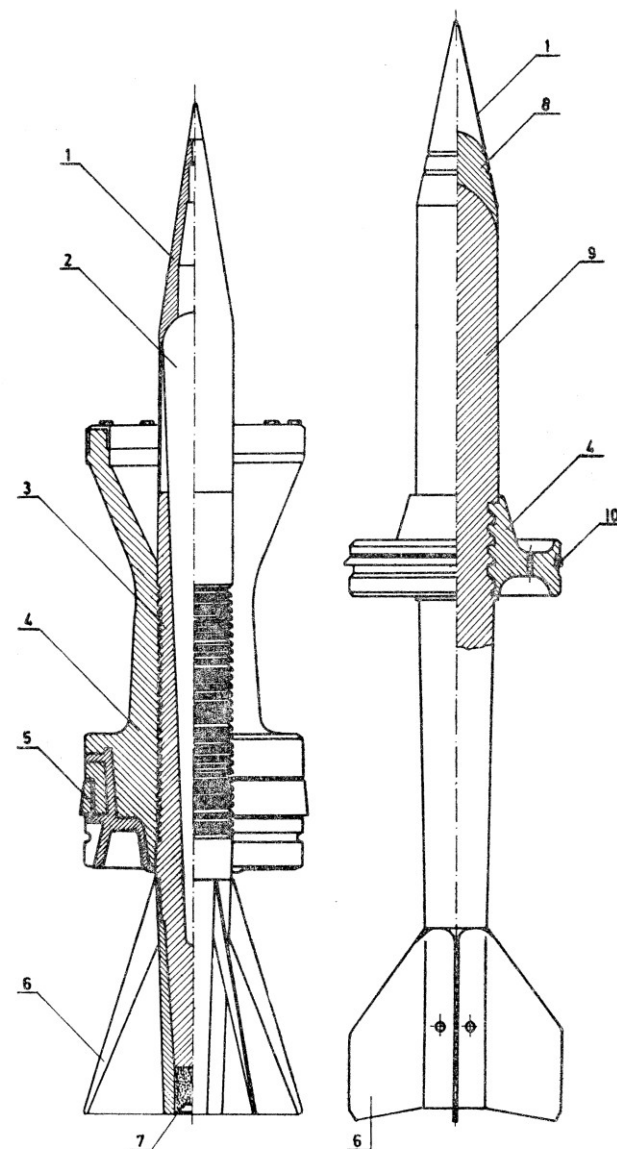
➤ **telo** izrađeno od:

- **tvrdog metala** - dvojna legura volframovog karbida i kobalta (ili nikla), gustine $14...15 \text{ g/cm}^3$
- **teškog metala** - trojna legura volframa, nikla i bakra, gustine $16...18.5 \text{ g/cm}^3$
- **osiromašeni uran** - legura urana sa molibdenom, gustine oko 18 g/cm^3

Savremeni pancirni podkalibarni projektili:

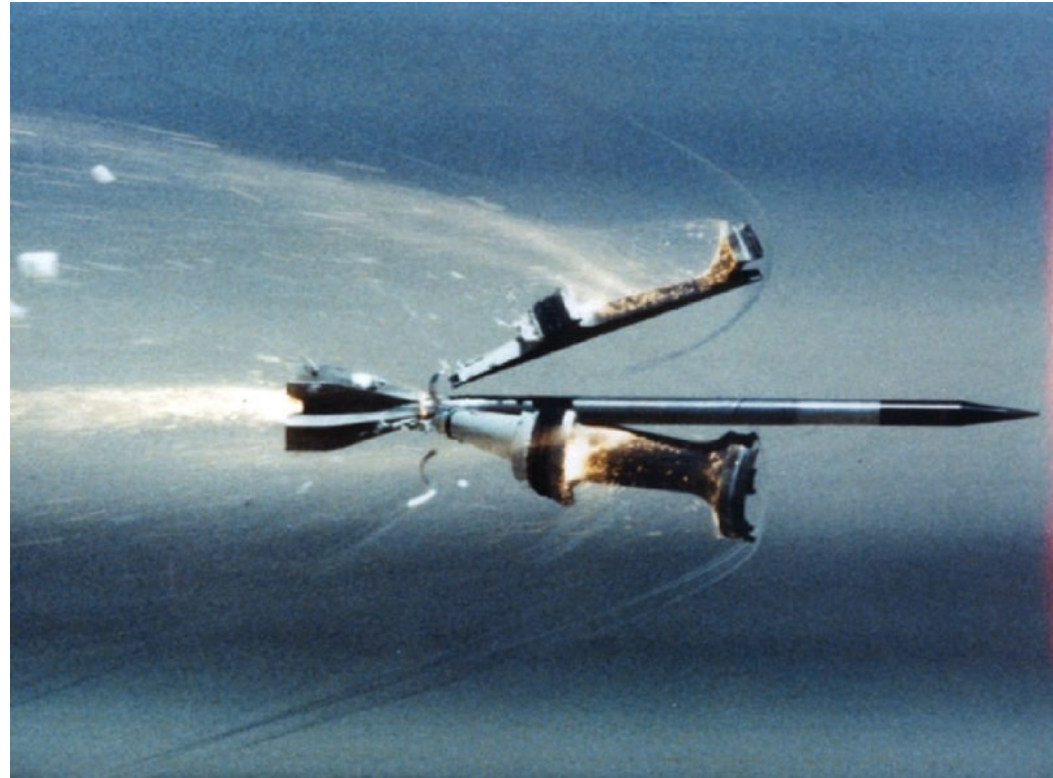
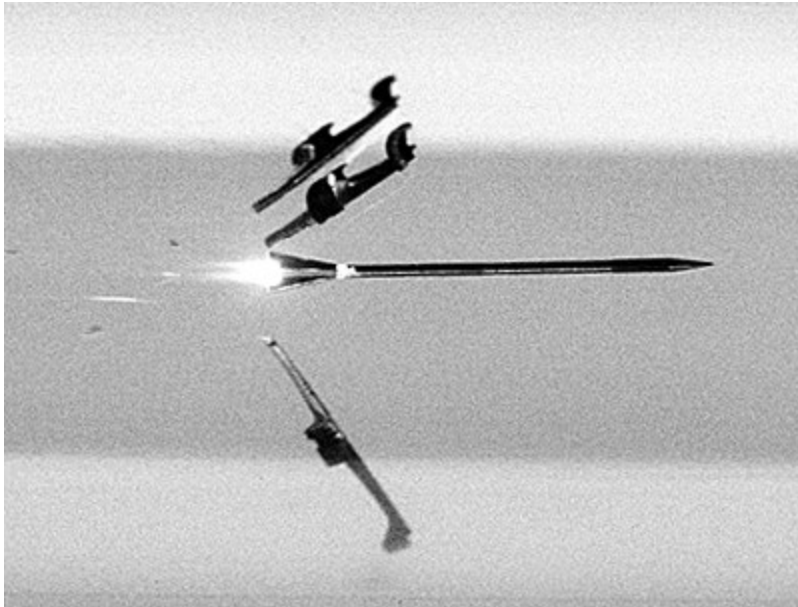
A - za ožljebljene cevi

B - za glatke cevi



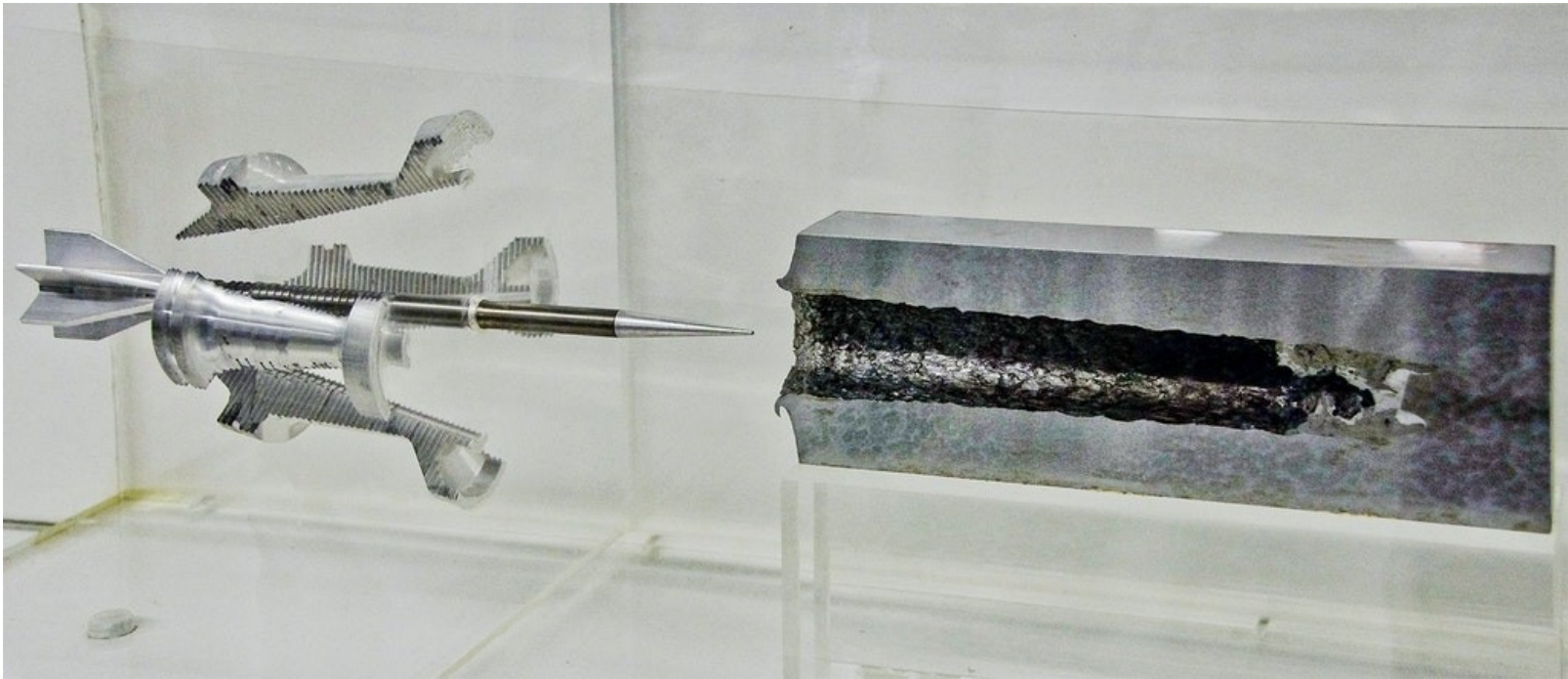
6. Pancirni projektili

- Potkalibarni pancirni projektili – odvajanje nosača



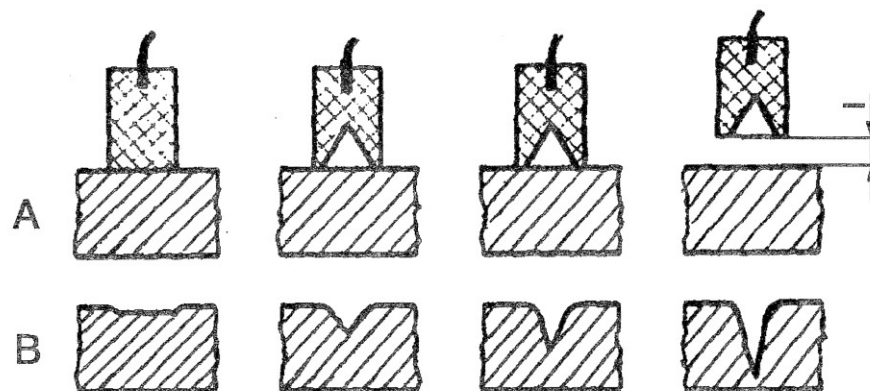
6. Pancirni projektili

- Mehanizam probiranja



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

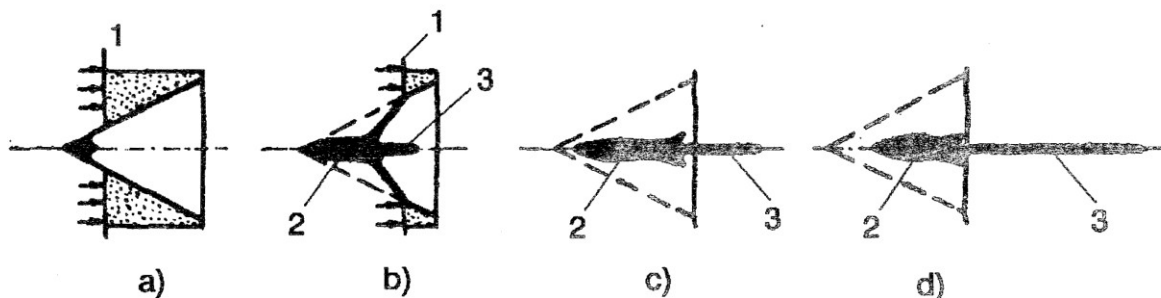
Princip delovanja



Zavisnost dejstva od oblika i položaja eksplozivnog punjenja:

A - pre eksplozije

B - posle eksplozije



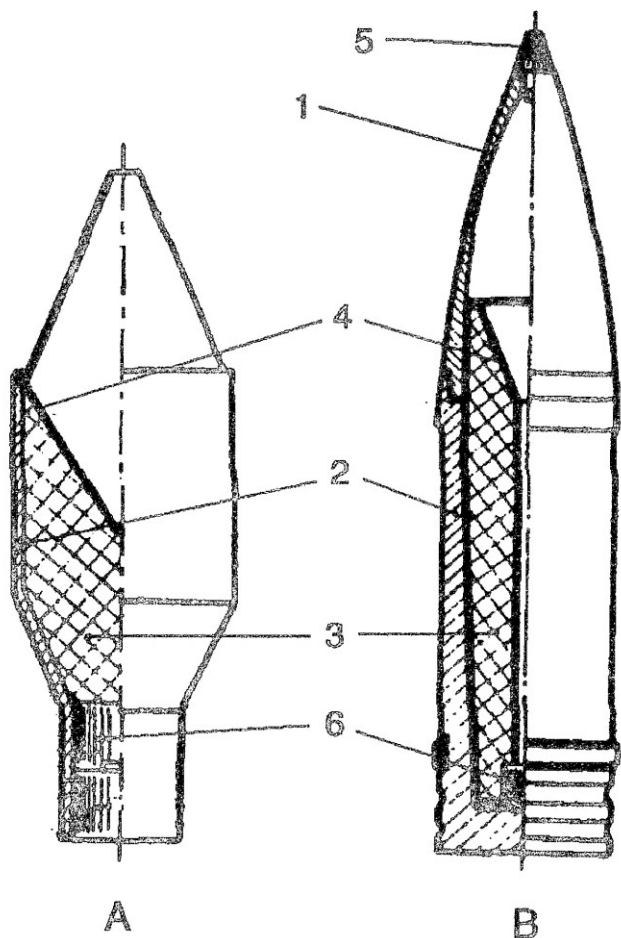
Formiranje kumulativnog mlaza:

1 - položaj detonacionog talasa

2 - sekundarni deo mlaza (čep)

3 - primarni deo mlaza

7. Projektili sa kumulativnim punjenjem



A – nerotirajući

B – rotirajući

1 - balistička kapa

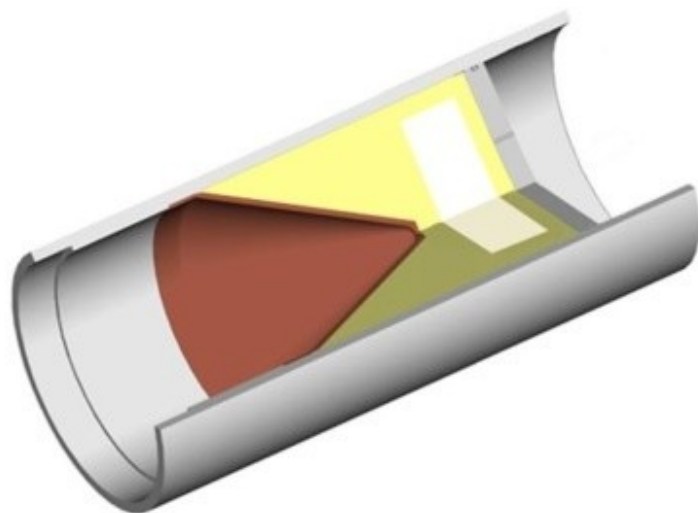
2 - košuljica

3 - eksplozivno punjenje

4 - obloga šupljine

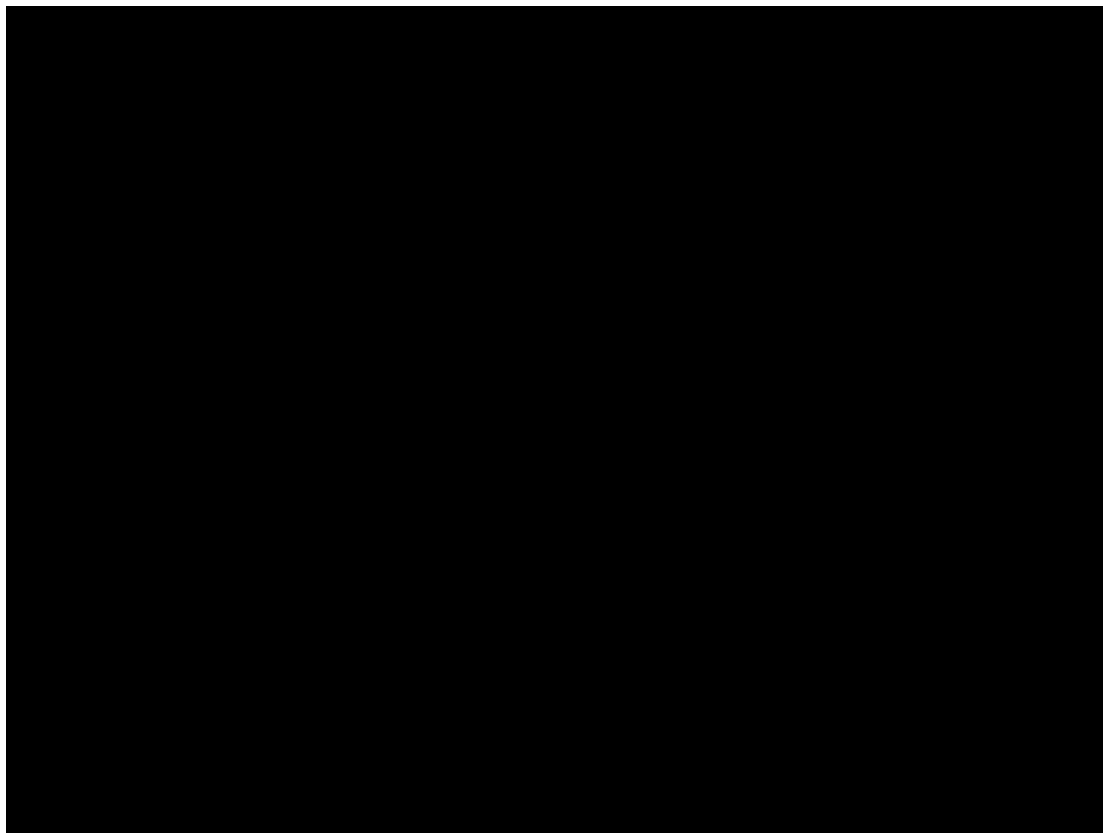
5 - upaljač

6 - detonator



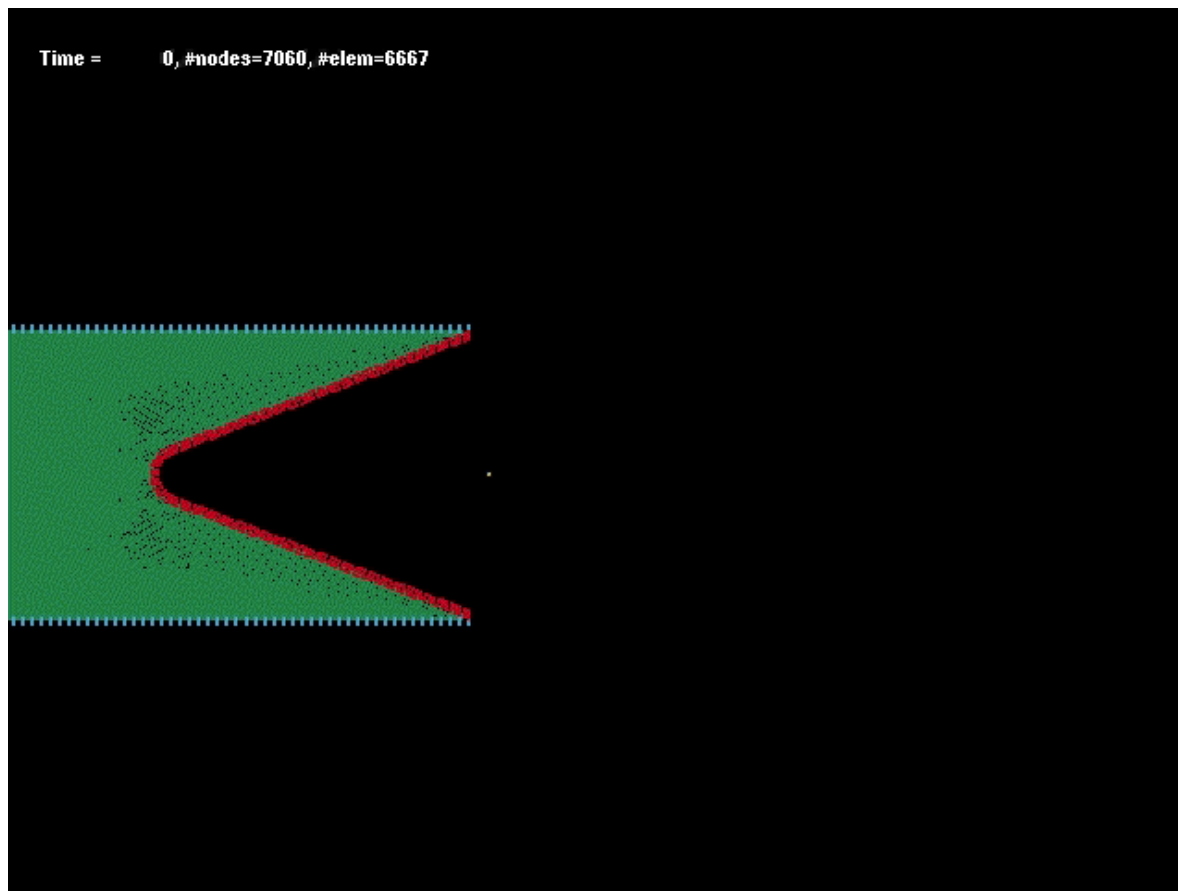
7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Numerička simulacija



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

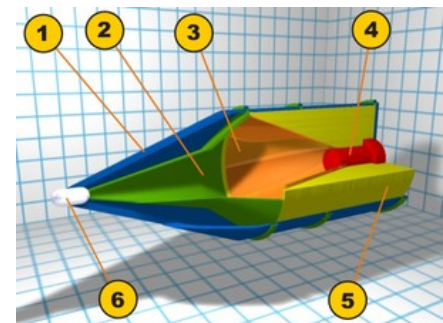
Numerička simulacija



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat - Eksploziv

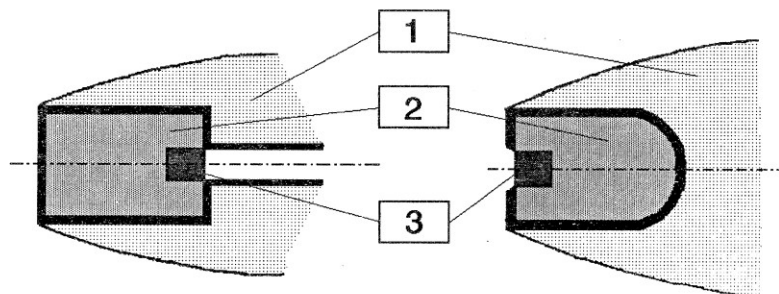
- jedan od **odlučujućih faktora** kumulativnog efekta
- **tehnologija izrade** kumulativnog eksplozivnog punjenja
- najčešće se ugrađuju dvokomponentni eksplozivi ili flegmatizovani eksplozivi visokih performansi
- **cilj**: što je moguće homogenije punjenje, što veća brzina detonacije
- Za izradu eksplozivnih kumulativnih punjenja koriste se dve tehnologije: livenje i presovanje
- **tehnologija livenja** može se realizovati u nekoliko varijanti:
 - taložno (sedimentaciono) livenje
 - centrifugalno livenje
 - livenje pod pritiskom
 - vibraciono livenje (**najbolji rezultati**)
- **tehnologija presovanja**
 - zbog veličine punjenja, često se vrši višefazno presovanje da bi se dobila potrebna ujednačenost gustine po uzdužnom preseku punjenja
 - ostvaruju se visoke gustine i potpuno homogeno eksplozivno punjenje (čak se mogu postići gustine koje su od kristalne gustine manje samo za 1 do 2 %)



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Detonator

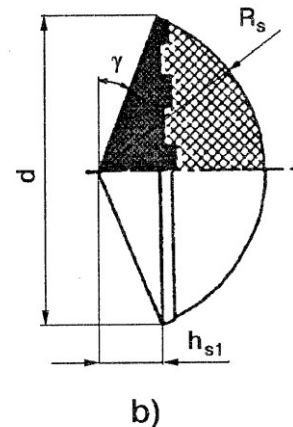
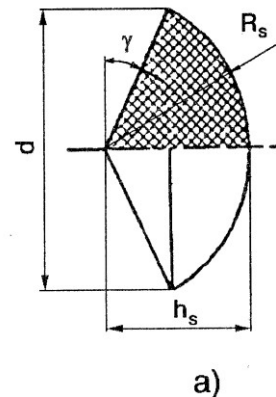
- obezbeđuje **početni impuls**, tj. pobuđivanje stabilne detonacije
- nalazi se u punjenju suprotno od kumulativne šupljine
- načini iniciranja kumulativnog eksplozivnog punjenja:
 - **ravan detonator** za prednju inicijaciju (upaljač u vrhu projektila)
 - **polusferni detonator** za zadnju inicijaciju (upaljač u dnu eksplozivnog punjenja)
- detonatorska punjenja izrađuju se najčešće presovanjem tetrila
- oblik detonatora diktira oblik **detonacionog talasa** (DT)
- u slučaju polusfernog detonatora - DT ima oblik sfernog segmenta čija krivina opada od tačke inicijacije prema vrhu kumulativne šupljine
- pri dovoljnoj dužini eksplozivnog punjenja, detonacioni talas je praktično ravan u momentu kada dostigne vrh konusne šupljine



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Detonator/devijator

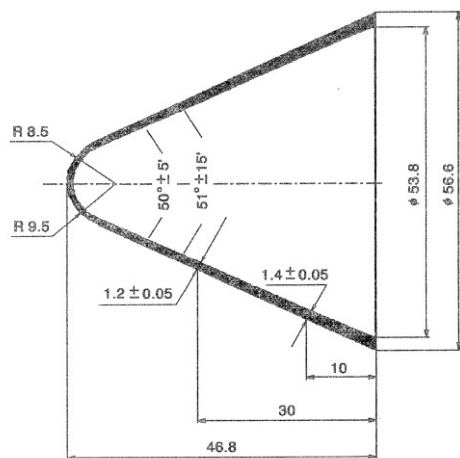
- Generisanje ravnog DT:
 - primenom detonatora odgovarajuće konstrukcije (generator ravnog DT)
 - ugradnjom devijatora DT
- savremena rešenja kumulativnih eksplozivnih punjenja su **minimalne mase** zahvaljujući devijatorima
- devijator omogućava generisanje DT tako da tangenta na profil talasa u svakoj tački izvodnice obloge gradi **željeni ugao**
- u savremena rešenja kumulativnih punjenja ugradjuju se dva tipa devijatora:
 - **pasivni** (izrađen od inertnog materijala)
 - **aktivni** (inertni materijal i eksploziv)



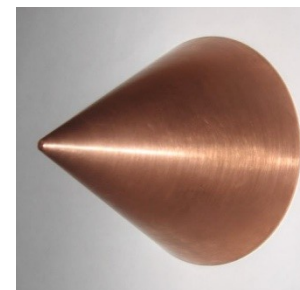
7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Metalna obloga

- Oblik i materijal obloge imaju najveći uticaj
- Vojne primene: obloge konusnog i hiperboličnog oblika
- zbog velike plastičnosti i gustine za izradu obloga se uglavnom koristi bakar
- teorijski i eksperimentalni rezultati: ugao vrha konusa $2\alpha = 38^\circ \dots 50^\circ$
- debljina obloge kod savremenih rešenja ne prelazi 2 mm
- veoma je važno da obloga bude maksimalno simetrična u odnosu na uzdužnu osu
- proces izrade obloga vrši se po dve tehnologije: izvlačenje sa velikim brojem operacija (10 do 15) i hladno istiskivanje



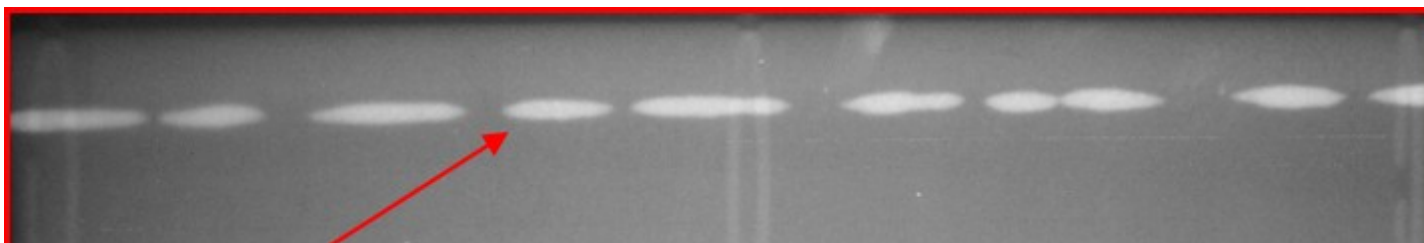
Bakarna obloga kumulativne šupljine punjenja projektila "Zolja" 64 mm



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Stabilnost mlaza

- stabilnost **primarnog mlaza** zavisi od dva osnovna faktora:
 - **Kompaktnost** primarnog mlaza narušava se usled promenljivosti brzine duž mlaza: dolazi do **disperzije** na veći ili manji broj pojedinačnih elemenata
 - ako je promenljivost brzine velika, može doći do snažnog **rasipanja mlaza** i prelaska u tok sitnih čestica metala
 - pad probojnosti sa povećanjem standoff-a je posledica **radijalnog rasturanja** mlaza zbog otpora vazduha
 - **Asimetričnost** impulsa produkata detonacije i asimetričnost kumulativne šupljine i metalne obloge prouzrokuju odstupanje elemenata mlaza od normalne trajektorije
 - identičan efekat ima i **neujednačenost debljine obloge** u poprečnom preseku
 - nestabilnost mlaza izazvana navedenim nepravilnostima u odgovarajućim uslovima može da izazove **stvaranje dva ili više kratera** na napadnutoj prepreci

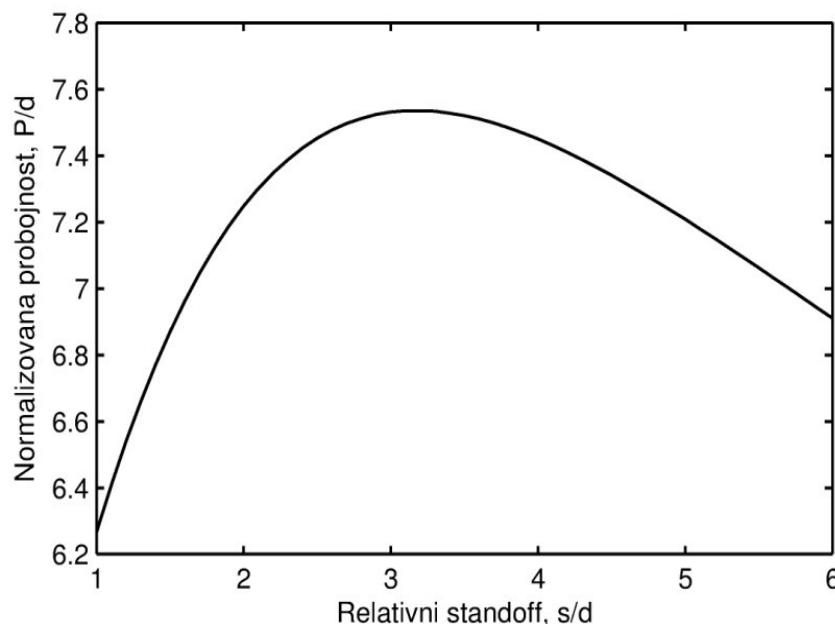


7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Rastojanje između osnove obloge i prepreke (standoff)

- primarni kumulativni mlaz raspolaže **najvećom energijom** u momentu odvajanja od sekundarnog mlaza
- **optimalno rastojanje** obloge i napadnute prepreke s je ono rastojanje koje omogućava **potpuno formiranje** kumulativnog mlaza
- eksperimenti: za punjenja sa konusnom oblogom, optimalno rastojanje osnove obloge - prepreka, potrebno za formiranje primarnog mlaza, iznosi oko **2.5 kalibara** za punjenja kalibra do 60 mm i oko **2 kalibra** za punjenja većeg kalibra

Probojnost u funkciji rastojanja obloga - prepreka



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Upaljač

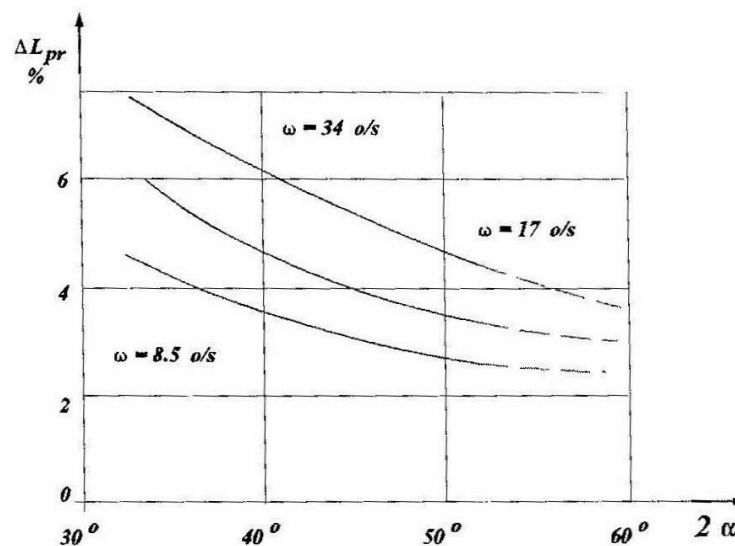
- Upaljač treba da ispuni dva osnovna zahteva:
 - što kraće vreme funkcionisanja (maksimalna moguća trenutnost)
 - funkcionisanje pri vrlo malim uglovima susreta projektila sa ciljem
- mogu se koristiti:
 - mehanički i
 - električni mehanizmi za aktiviranje
- značajnu prednost imaju električni mehanizmi
- mehanički mehanizmi koriste se samo u specijalnim slučajevima, npr. kod kumulativnih ručnih bombi i kumulativnih bombica kasetnih projektila
- vreme funkcionisanja savremenih električnih mehanizama za aktiviranje iznosi 20 μ s do 40 μ s, a dobro rešenog mehaničkog mehanizma 250 μ s
- električni mehanizmi funkcionišu pri udarnim uglovima do 5°, a mehanički do 15°

7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat

– Rotacija projektila

- rotacija projektila značajno **degradira** kumulativni efekat
- savremeni protivoklopni projektili sa kumulativnim punjenjem:
 - **nerotirajući** ili
 - sa **minimalnom rotacijom** koja ne prelazi 50 o/s.
- **centrifugalna sila** izaziva povećanje poprečnog preseka mlaza, što smanjuje koncentraciju energije u mlazu i njegovu moć probijanja
- sa povećavanjem prečnika punjenja povećava se i negativan uticaj rotacije, zbog povećanja centrifugalne sile koja deluje na čestice u mlazu.
- eksperimentalno je utvrđeno da uticaj ugaone brzine zavisi od ugla pri vrhu konusne šupljine



**Zavisnost moći prodiranja od
obrtne brzine i ugla konusa
šupljine**

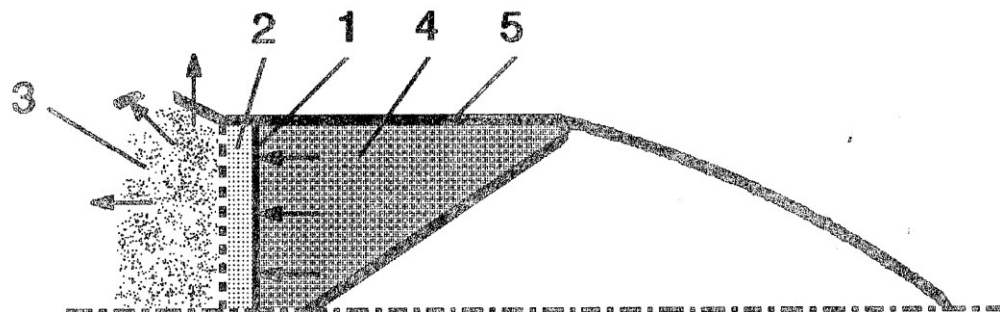
7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Košuljica projektila

- **osnovni zadatak** košuljice projektila: da eksplozivno punjenje sačuva od prevremenog dejstva u fazi kretanja projektila u cevi oruđa, odnosno na aktivnom delu putanje
- međutim, košuljica **nema** bitan uticaj na kumulativni efekat
- kod savremenih kumulativnih punjenja sa velikom brzinom detonacije i relativno velikim prečnikom (≥ 90 mm), uticaj košuljice je praktično **zanemarljiv**

Detonacija kumulativnog punjenja sa metalnom košuljicom:

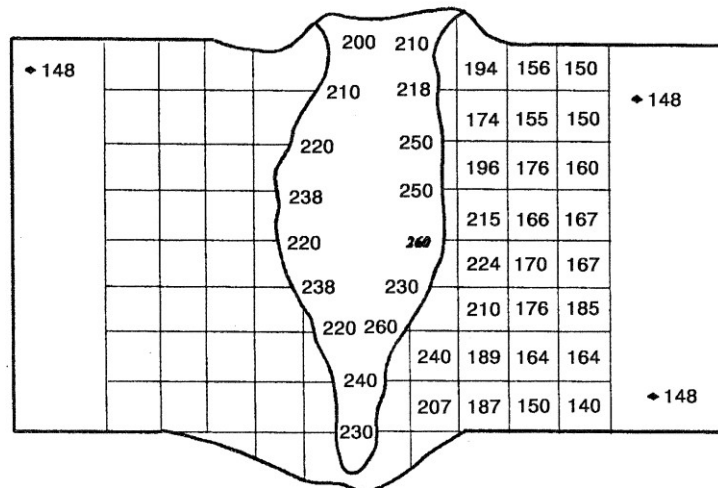
- 1 – detonacioni talas
- 2 – zona hemijske reakcije
- 3 – produkti detonacije
- 4 – eksplozivno punjenje
- 5 – košuljica projektila



7. Projektili sa kumulativnim punjenjem

Uticajni faktori na kumulativni efekat – Karakteristike prepreke

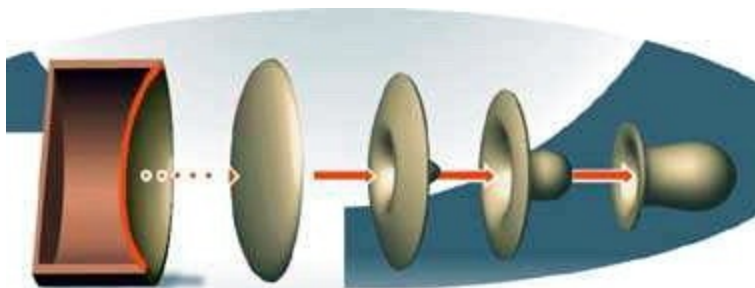
- mehanizam probijanja prepreke ima skoro isključivo karakteristike **mehaničke pojave**
- do probijanja i stvaranja otvora u prepreci dolazi usled **radijalnog sabijanja** materijala prepreke pod dejstvom primarnog mlaza
- u metalu prepreke u blizini šupljine, stvorene prolaskom primarnog mlaza, dolazi do **promene mehaničkih osobina**:
 - **tvrdća metala** prepreke na samoj ivici šupljine je najveća, a zatim opada sa udaljavanjem od ivice do vrednosti koju je metal imao pre probijanja



**Promena tvrdoće prepreke
u blizini šupljine posle
prolaska kumulativnog
mlaza**

8. Misznay–Schardin-ov efekt

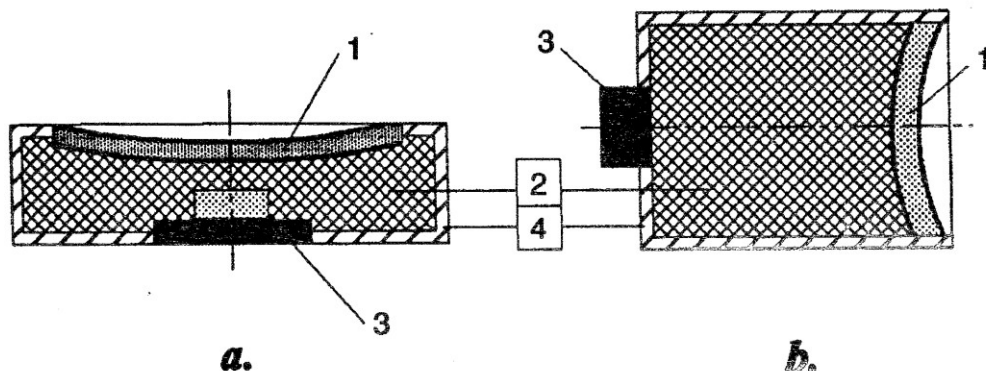
- Mehanizam lansiranja i preoblikovanja metalnog diska kojim se vrši probijanje oklopa naziva se **Misznay-Schardin-ovim efektom** (EFP)
- Misznay-Schardinov efekt u najvećoj meri zavisi od karakteristika **eksplozivnog punjenja** i **probojnog diska**
- Organizacija eksplozivnog punjenja i vrsta eksploziva treba da omoguće **optimalno preoblikovanje diska** i prenošenje na disk što je moguće veće **energije produkata detonacije**
- Oblik i **materijal diska** treba da pogoduju preoblikovanju pod dejstvom produkata detonacije u optimalan oblik



8. Misznay–Schardin-ov efekt

Sa konstrukcionog stanovišta razlikuju se dva tipa rešenja:

- **protivtenkovske probojne mine** (sa "antenskim" i nekontaktnim mehanizmom za aktiviranje) efikasne na rastojanjima od 1m
 - protivoklopna mina pogađa podnu ploču ili gusenicu oklopnog vozila (kod savremenih tenkova podni oklop nije deblji od 40 mm)
- rešenja za probijanje oklopa na rastojanjima do 50m (**usmerene probojne mine**, stand-off projektili)
 - usmerena probojna mina napada bočni oklop i gusenicu vozila (debljina bočnog oklopa korpusa savremenih tenkova ne prelazi 80 mm)

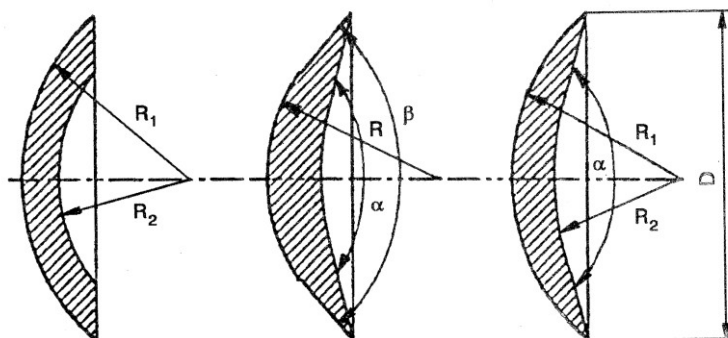


Šematski izgled EFP projektila:

- a) protivtenkovska probojna mina
- b) usmerena probojna mina (stand-off projektil)

- 1 – metalni disk
- 2 – eksplozivno punjenje
- 3 – mehanizam za aktiviranje
- 4 – obloga

8. Misznay–Schardin-ov efekt



a.

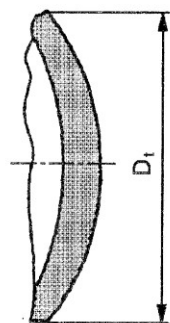
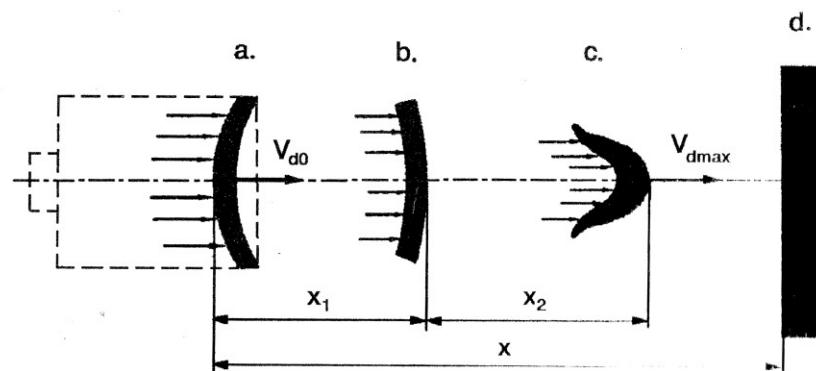
b.

c.

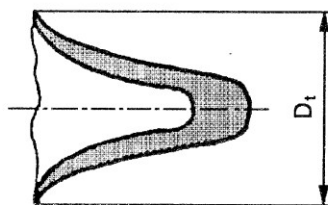
Najčešće primenjeni oblici diska:

- a) disk sa koncentričnim površinama
- b) hiperbolični disk
- c) balistički disk

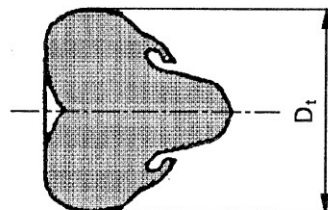
Proces lansiranja i preoblikovanja diska



a.



b.

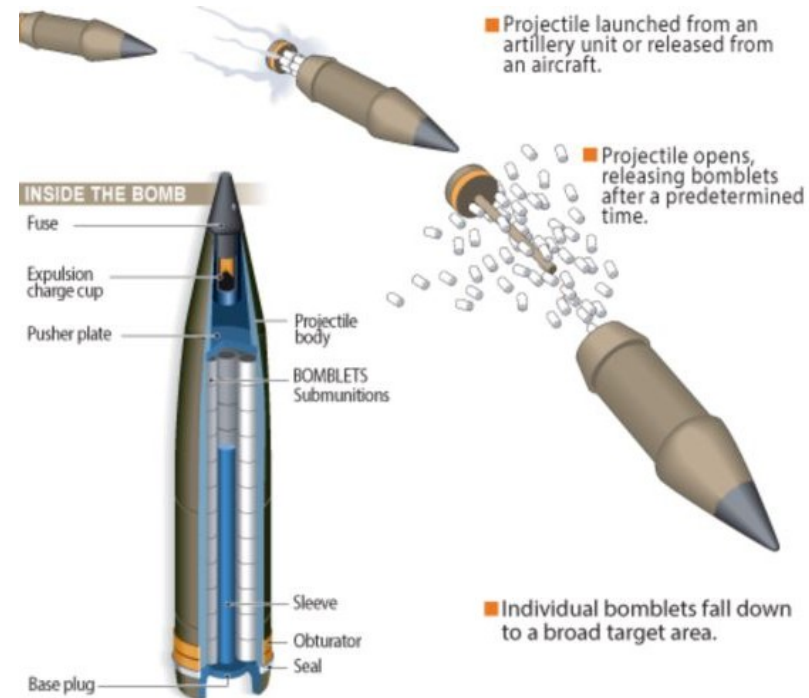


c.

Konačni oblici diskova

9. Kasetni projektili

- uvode se krajem 80-ih godina prošlog veka uz stalno **usavršavanje** njihovih karakteristika
- osnovni cilj: **povećanje efikasnosti** artiljerijskih (klasičnih i raketnih) sistema
- **tri osnovne vrste:**
 - **projektili za dejstvo protiv "žive sile" i oklopnih borbenih sredstava** (u kasetu projektila, odnosno BG raketnog projektila, smeštene su "bombice" parčadno-kumulativnog dejstva, koje se aktiviraju pri kontaktu sa ciljem, odnosno pri udaru u tlo)
 - **projektili za rasipanje protivtenkovskih mina** radi zaprečavanja terena na pravcima nastupanja neprijateljskih tenkova
 - **projektili-nosači potprojektila sa sistemom za samonavođenje** na izabrani cilj (ova vrsta municije se naziva submunicijom ili inteligentnom municijom)
- prve dve vrste nalaze se u operativnoj upotrebi nekih armija
 - ove vrste kasetnih projektila nalaze se u bojevom kompletu naših raketnih sistema **"Oganj" i "Orkan"**



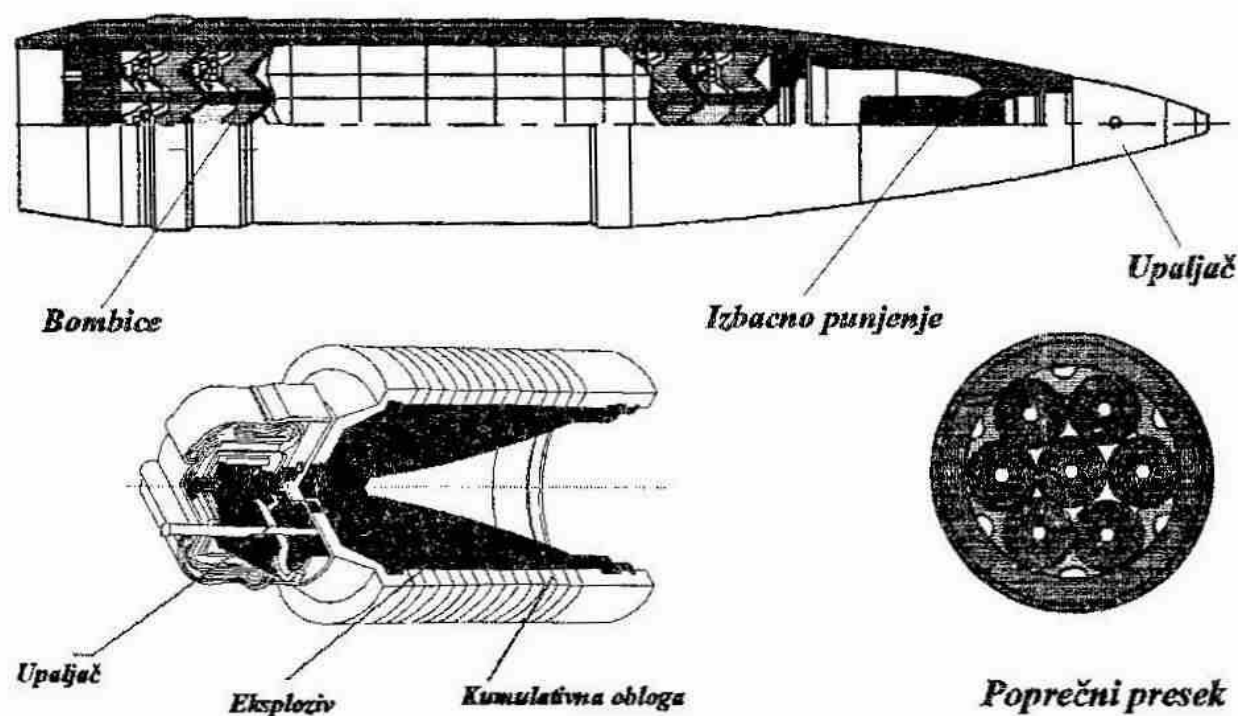
9. Kasetni projektili



- dva pravca razvoja:
 - u okviru prvog: potprojektili sa senzorskim upaljačem (kod nas se za ovu grupu koristi oznaka SMSU - SubMunicija sa Senzorskim Upaljačem, a u anglosaksonskoj literaturi oznaka SEDARM - SEense and DEstroy ARMour)
 - u fazi pretraživanja koristi se padobran ili sistem sa više padobrana
 - u fazi pretraživanja koriste se odgovarajući aerodinamički mehanizmi
 - u okviru drugog pravca: potprojektili sa samonavođenjem na kraju putanje (kod nas su označeni sa SMSNZDP- SubMunicija SamoNavođena na Završnom Delu Putanje, a u anglosaksonskoj literaturi sa TGSM - Terminally Guided SubMunition)
 - samonavođenje pomoću aerodinamičkih površina
 - samonavođenje korišćenjem potiska raketnog motora sa zakošenim mlaznicama

9. Kasetni projektili

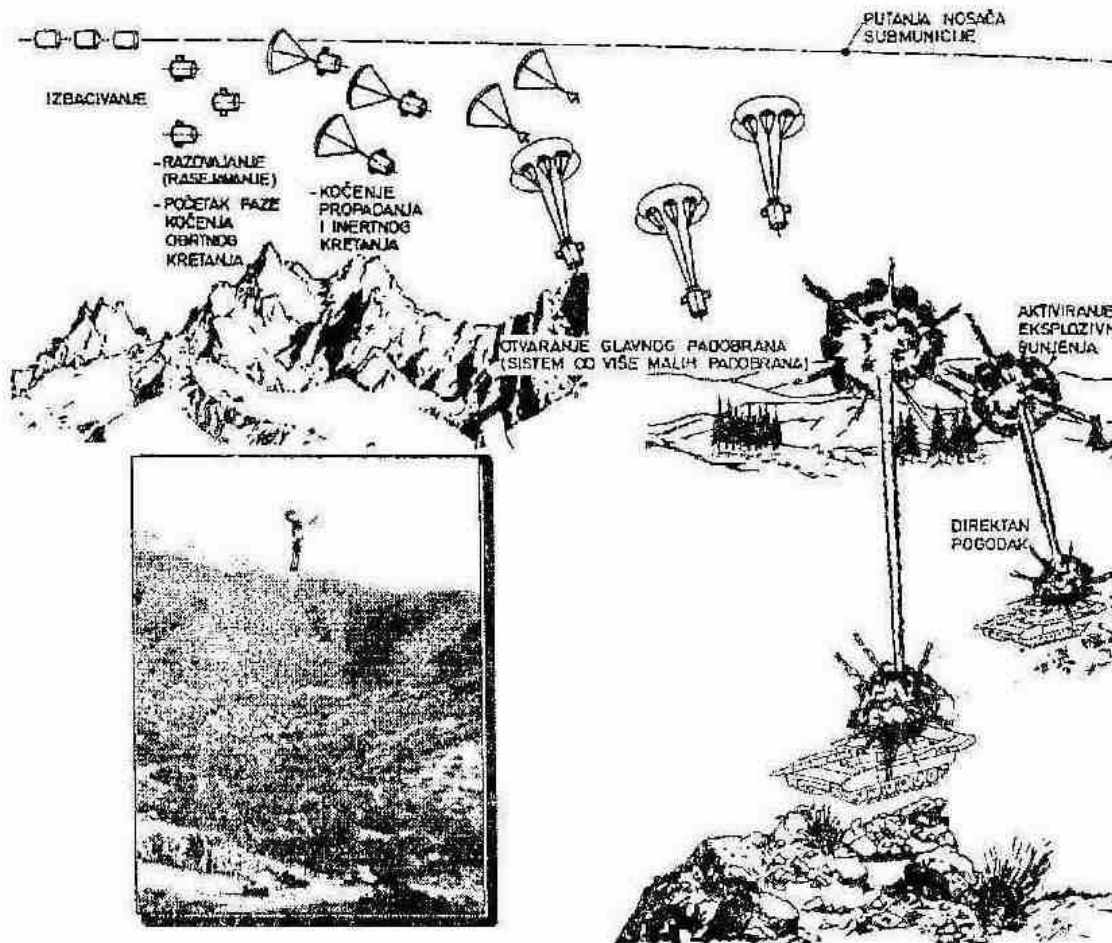
Klasični projektili kasetnog tipa



Rheinmetall-ov kasetni projektil 155mm RB-63 sa "bombicama"

9. Kasetni projektili

Raketni projektil kasetnog tipa



**Principijelna šema
funkcionisanja kasetnog
projektila sa "bombicama"**

Faza 1: izbacivanje

(oslobađanje) "bombica"

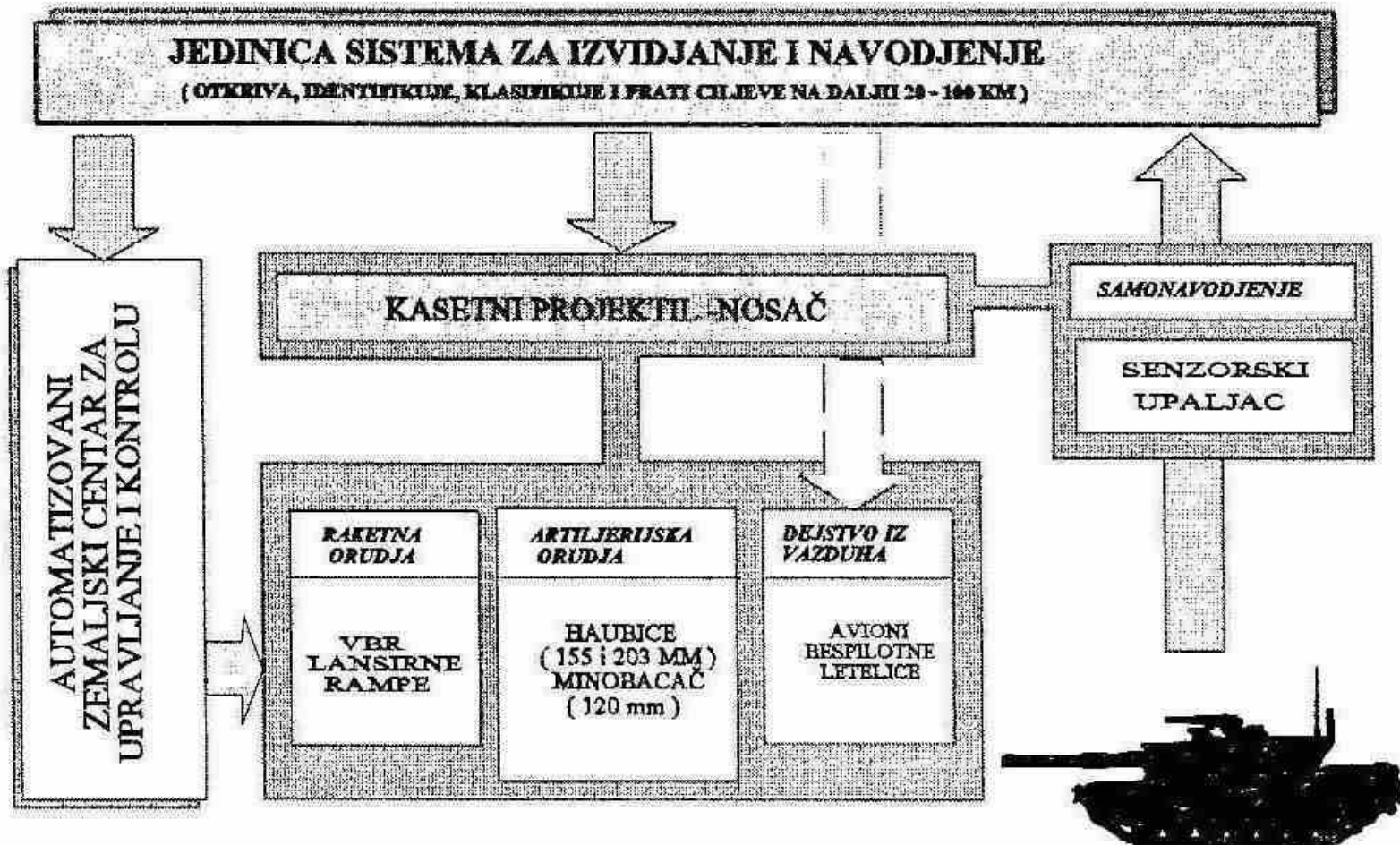
Faza 2: slobodno kretanje
"bombica" po inerciji

Faza 3: vertikalno propadanje
"bombica" uz pomoć
vazdušnog otpora
(padobrana)

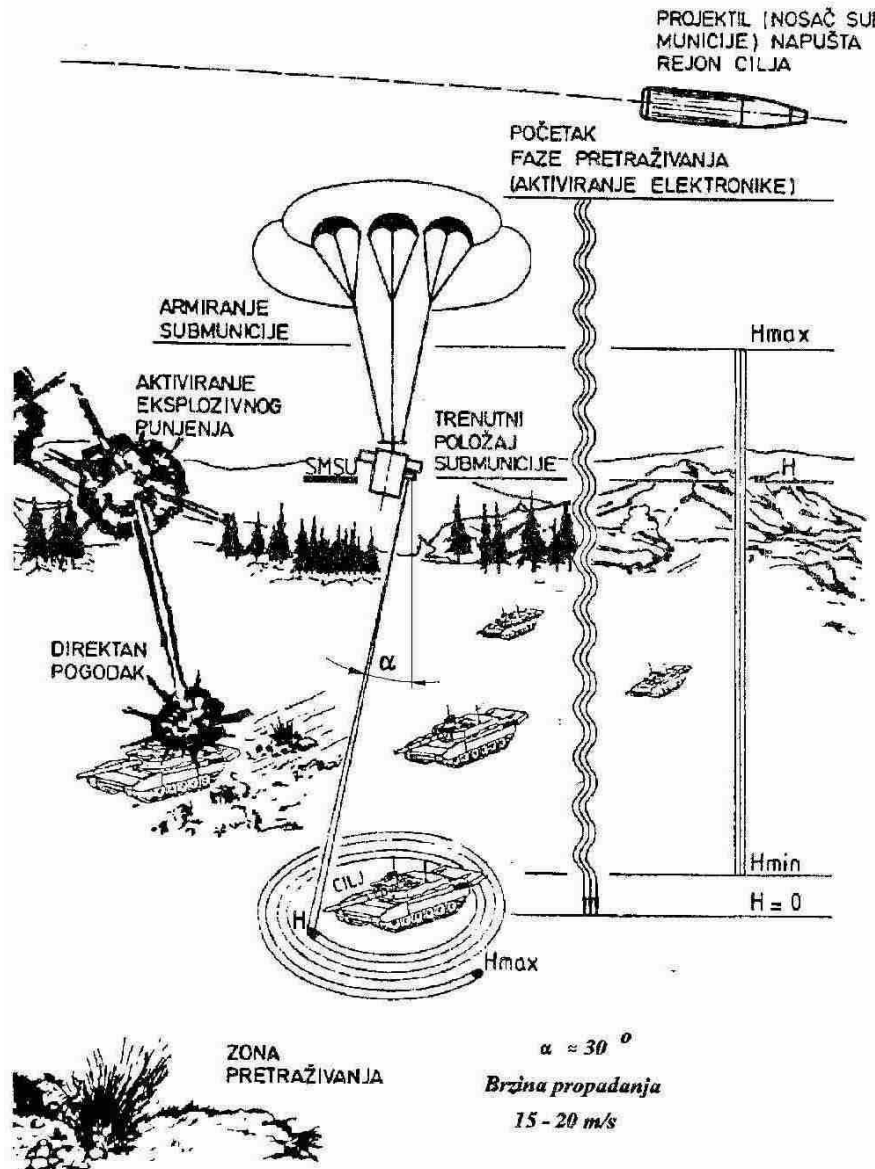
Faza 4: napad na tenkovsku
formaciju

9. Kasetni projektili

Kasetni projektili sa samonavodnim potprojektilima



9. Kasetni projektili



Faza pretraživanja potprojektila sa senzorskim upaljačem

11. Upaljači. Klasifikacija

- **Upaljač** je sistem (uređaj ili mehanizam) čija je namena da **aktivira projektil** (ili minu) u **željenom trenutku** i u **uslovima** koje diktiraju namena i vrsta projektila (ili mine)
- Za sistematsko proučavanje upaljača važne su sledeće **podele**:
 - prema **fizičkim i hemijskim procesima** na kojima se zasniva **delovanje upaljača**
 - prema **načinu aktiviranja** u odnosu na cilj
 - prema **vremenu reagovanja**
 - prema **načinu i stepenu osiguranja**



Upaljač UTIU – M72
Krušik - Valjevo

Klasifikacija upaljača prema primenjenim fizičkim i hemijskim procesima

- Upaljači su **složeni uređaji** sastavljeni od više podсистema koji obuhvataju razne funkcije
- svaki od tih **podсистema** (za armiranje, za osiguranje, za samolikvidaciju i sl.) može biti konstruisan na drugačijem principu
- upaljači se klasifikuju prema osnovnom funkcionalnom podсистemu - zvanom **podсистem nosilac funkcije** - koji obavlja osnovnu namenu upaljača, tj. **aktivira ga na clju**
- Prema ovakvoj klasifikaciji upaljači mogu biti:
 - **mehanički**, kod kojih se osnovna funkcija upaljača zasniva na primeni mehaničkih sila i momenata (inercijalne sile, reakcione sile, centrifugalne sile, sile i momenti opruge i sl.)
 - **pirotehnički**, kod kojih se **osnovna funkcija upaljača** zasniva na inicijaciji i sagorevanju pirotehničkih elemenata; kako su pirotehnički elementi prisutni kod skoro svih upaljača, pirotehničkim se smatraju oni kod kojih se i deo funkcije **pre** inicijacije kapisle, odnosno tzv. **pirotehničkog ili inicijalnog lanca upaljača**, obavlja pomoću pirotehničkih komponenata (npr. aktiviranje nakon određenog vremena tempiranja i dr.)
 - **hemijski**, kod kojih se osnovna funkcija upaljača zasniva na hemijskim procesima različitim od sagorevanja pirotehničke smeše
 - **električni**, kojima je za obavljanje osnovne funkcije potreban neki izvor električne energije; pored piezoelektričnih i električnih kontaktnih upaljača u tu kategoriju spadaju svi **elektronski** tempirni i blizinski upaljači
 - **magnetni**, kod kojih se osnovna funkcija zasniva na korišćenju raznih magnetnih fenomena.
 - **ostali**, kod kojih se osnovna funkcija zasniva na akustičnom efektu, detekciji infracrvenog zračenja, emisiji i detekciji radarskih signala i sl; ovi upaljači se najčešće mogu svrstati u kategoriju **elektronskih** upaljača, jer im se funkcija zasniva na primeni elektronskih kola i elemenata, a potreban im je i izvor električne energije

Klasifikacija upaljača prema načinu aktiviranja u odnosu na cilj

- Prema **načinu aktiviranja** u odnosu na cilj upaljači se mogu podeliti na:
 - **kontaktne**, koji deluju u neposrednom dodiru sa ciljem; **udarni** upaljači su samo deo ove kategorije
 - **blizinske**, koji deluju na određenoj udaljenosti od cilja putem detekcije nekog za cilj karakterističnog efekta (zvuka, poremećaja magnetnog polja, Doppler-ovog efekta koji je posledica međusobnog kretanja cilja i izvora elektromagnetskih talasa i sl.)
 - **ambijentalne**, koji deluju putem detekcije određene promene u okolnoj sredini (pritiska, temperature, osvetljenosti i dr.)
 - **komandne**, koji deluju nakon prijema određenog signala (neautomatski emitovane komande)
 - **nezavisne**, koji deluju nakon unapred određenog vremena, bez obzira na prisutnost cilja i okolnu sredinu
 - **kombinovane**, kod kojih su objedinjena dva vida dejstva, tako da se međusobno uslovljavaju; ukoliko vidovi delovanja nisu međusobno uslovljeni reč je o upaljačima s **dvostруким delovanjem**, koji ustvari predstavljaju dva upaljača objedinjena u zajedničko telo (kućište)

Klasifikacija upaljača prema vremenu reagovanja

- Prema **vremenu reagovanja** upaljači se mogu klasifikovati u sledeće grupe:
 - **supertrenutni** upaljači sa vremenom reagovanja reda 20...200 μ s
 - **trenutni** upaljači sa vremenom reagovanja 0.5... 10 ms
 - upaljači **sa kratkim usporenjem** sa vremenom reagovanja reda 0.02... 0.1 s
 - upaljači **sa dugim usporenjem** sa vremenom reagovanja reda 0.2... 0.6 s
 - **tempirni** upaljači koji reaguju nakon unapred određenog vremena koje se može kretati od nekoliko sekundi do nekoliko minuta (upaljači za projekte) ili do nekoliko sati, pa čak i dana (minskoeksplozivna sredstva)
- Upaljači mogu biti opremljeni uređajima pomoću kojih se može **birati vreme reagovanja** (trenutno ili usporeno delovanje) zavisno od vrste cilja ili taktičke situacije
- **Tempirni upaljači** za projekte obično imaju i dodatni mehanizam za aktiviranje u slučaju direktnog udara projektila u cilj, tj. izvode se kao upaljači **sa dvostrukim delovanjem**

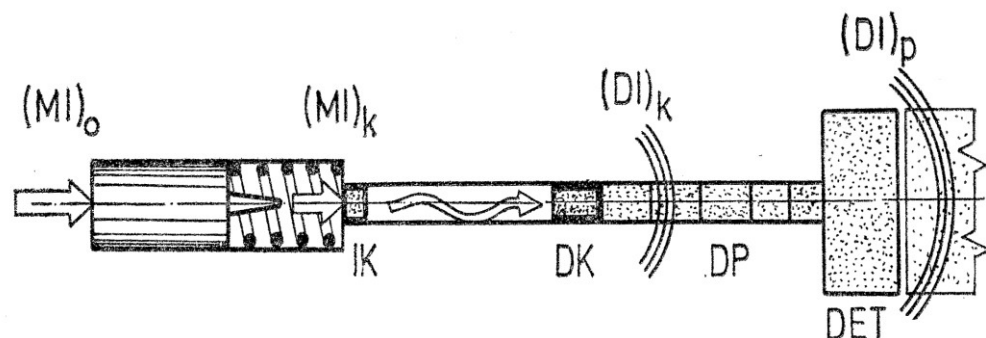
Klasifikacija upaljača prema načinu i stepenu osiguranja

- Klasifikacija upaljača **prema stepenu osiguranja** zasniva se na jednoj konstruktivnoj specifičnosti upaljača - ugradnji **dodatnog podsistema za osiguranje**, koji se sastoji od uređaja kojim se pirotehnički lanac u upaljaču **mehanički prekida** u toku skladištenja, transporta, rukovanja i početnih faza lansiranja i uspostavlja tek nakon što je projektil prešao potrebnu **sigurnosnu udaljenost** ispred oružja - lansera
- S obzirom na **dodatno osiguranje** razlikujemo tri slučaja:
 - upaljači sa **ugrađenim podsistemom** koji osigurava **potpun prekid pirotehničkog lanca**, tako sa se, s jedne strane, **ispred mesta prekida** nalaze svi pirotehnički elementi (inicijalna kapisla, detonaciona kapsla i dr.), a sa druge strane, **iza mesta prekida** - detonator i glavno punjenje projektila.
 - u staroj, neadekvatnoj terminologiji upaljač sa takvim podsistemom dopunskog osiguranja nazivan je **potpuno osigurani** upaljač
 - upaljači sa **ugrađenim podsistemom** koji prekida pirotehnički lanac **iza najosetljivijeg elementa u lancu (inicijalne kapisle)**, dok detonaciona kapisla i ostali prenosni pirotehnički elementi ostaju u stalnoj vatrenoj vezi sa detonatorom i osnovnim eksplozivnim punjenjem
 - upaljači sa takvim sistemom dopunskog osiguranja nazivani su u staroj terminologiji **poluosigurani** upaljači
 - upaljači **bez podsistema za dopunsko osiguranje**, tj. sa pirotehničkim elementima u "otvorenom nizu", odnosno u stalnoj vatrenoj vezi sa detonatorom
 - takvi upaljači nazivani su u staroj terminologiji **neosigurani** upaljači
- Suštinski, dopunski sistem osiguranja **povećava sigurnost upaljača** prvenstveno u raznim vanrednim slučajevima. U **normalnim uslovima rukovanja i upotrebe**, upaljači sa prekinutim pirotehničkim lancem i oni kod kojih je pirotehnički lanac otvoren podjednako su sigurni

Funkcionalna kompozicija upaljača

- Svi upaljači formirani su od **nekoliko podsistema** čijim se delovanjem osiguravaju tražene funkcionalne ili eksploatacione karakteristike upaljača kao celine
- **Dva osnovna zahteva** koji se postavljaju pred svaki upaljač su:
 - da bude **pouzdan** u borbenoj upotrebi, tj. da pouzdano obavlja svoju funkciju u sklopu projektila ili mine
 - da bude potpuno **siguran** u toku skladištenja, transporta i u svim fazama pripreme za upotrebu
- Ovi zahtevi mogu se ostvariti na razne načine, ali se praktično sva konstruktivna rešenja mogu prema funkciji razvrstati u nekoliko **podsistema**, i to:
 1. **podsystem nosilac funkcije**
 2. **podsystem pirotehničkih elemenata**
 3. **podsystem za armiranje**
 4. **podsystem za osiguranje**
 5. **telo upaljača sa spojnim elementima**
- Ovi osnovni podsistemi mogu prema potrebi biti dopunjeni **dodatnim podsistemima** u koje spadaju:
 6. **podsystem za samolikvidiranje ili neutralisanje**
 7. **podsystem za početno aktiviranje**
 8. **podsystem za određivanje vremena reagovanja**

Funkcionalna kompozicija upaljača



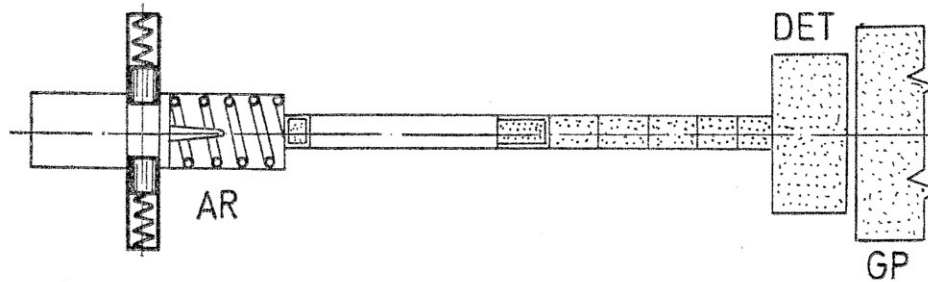
Podsystem **nosilac funkcije** i
podsystem **pirotehičkih**
elemenata

- Treba transformisati mehanički impuls koji je rezultat dodira vrha projektila/upaljača sa ciljem $(MI)_o$ u detonacioni impuls dovoljnog intenziteta za inicijaciju osnovnog punjenja $(DI)_p$

Neophodno je:

- pretvoriti stohastički mehanički impuls $(MI)_o$ u kontrolisani mehanički impuls potreban za sigurnu inicijaciju pirotehničkog lanca $(MI)_k$; tu ulogu u ovom slučaju ima udarni mehanizam sa oprugom i iglom, pa predstavlja *podsystem nosilac funkcije upaljača*
- osigurati pouzdanu inicijaciju pirotehničkog lanca ugradnjom elementa koji reaguje na kontrolisani mehanički impuls; u ovom slučaju to je inicijalna kapisla (IK), koja kontrolisani mehanički impuls pretvara u plameni impuls $(PI)_k$ dovoljnog intenziteta za pouzdano aktiviranje sledećeg elementa u pirotehničkom lancu
- plameni impuls $(PI)_k$ pretvoriti u početni detonacioni impuls, što se postiže ugradnjom posebnog pirotehničkog elementa (detonacione kapsle DK) koja impuls $(PI)_k$ pretvara u detonacioni impuls $(DI)_k$
- početni detonacioni impuls preneti posredstvom detonacionih prenosnika (DP) do detonatora (DET) u kome se impuls $(DI)_k$ pojačava do intenziteta $(DI)_p$ dovoljnog za pouzdanu inicijaciju osnovnog punjenja projektila

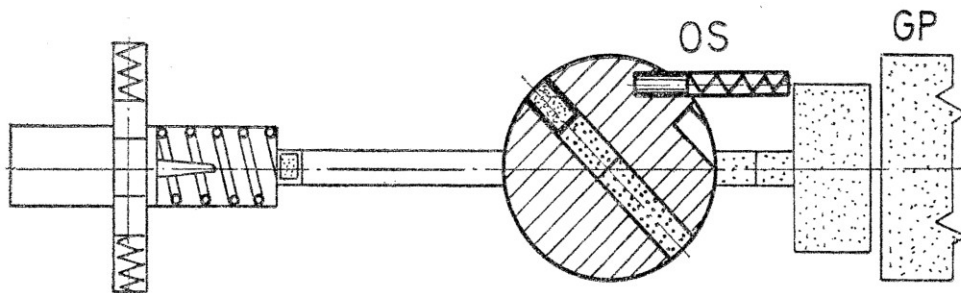
Funkcionalna kompozicija upaljača



Podsystem za armiranje

- **Pirotehnički lanac** je, u stvari, jedna od komponenata kojima se ostvaruje *osnovno osiguranje upaljača*
- Da ne bi došlo do **udara igle u kapslu** prilikom rukovanja, u letu i u drugim slučajevima kada na iglu deluju sile manjeg intenziteta, udarni mehanizam je snabdeven *osiguračem*, u ovom slučaju **oprugom**
- Konstruktor treba da odabere **stanja** koja izazivaju određene kontrolisane sile **samo prilikom lansiranja** i ni u jednoj drugoj situaciji u kojoj se projektil može naći prilikom transporta i rukovanja, i da ih iskoristi za aktiviranje mehanizama ili uređaja koji će pripremiti podsystem nosilac funkcije za delovanje, nakon što je projektil normalno lansiran
- Taj mehanizam ili uređaj u upaljaču naziva se *podsystem za armiranje* ("zapinjanje") upaljača.
- U primeru na skici za armiranje je iskorišćena **centrifugalna sila**, koja se javlja pri rotaciji projektila

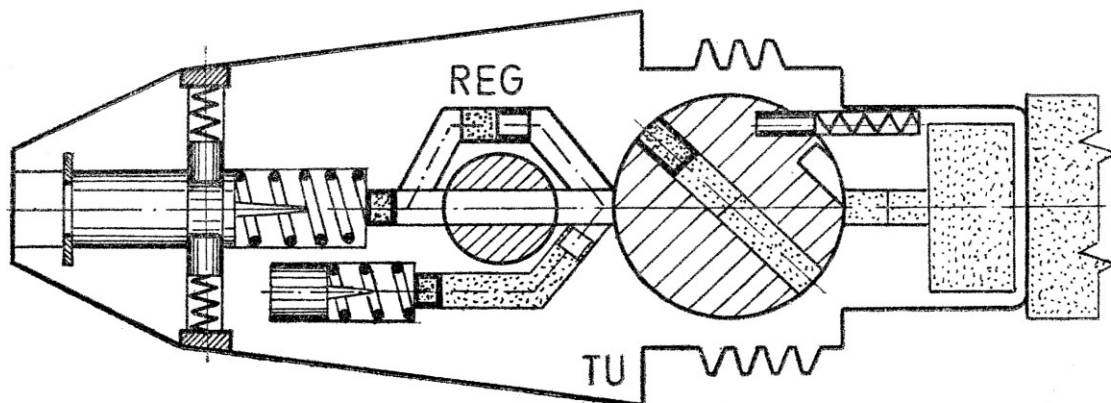
Funkcionalna kompozicija upaljača



Ugradnja podsistema za osiguranje

- Ugradnjom **podsistema za armiranje** potpuno je ostvareno **osnovno osiguranje upaljača**, tj. onemogućeno je da u normalnim (pa i mnogim nenormalnim) uslovima rukovanja igla aktivira inicijalnu kapislu
- **Izolovanje osetljivih elemenata** (inicijalna i detonaciona kapsla) od detonatora i osnovnog punjenja u toku skladištenja, transporta i rukovanja, sve dok senzor ne signalizira da je projektil normalno lansiran
- reč je o **dopunskom osiguranju upaljača**
- kako za **podsistem za osiguranje** u pogledu aktiviranja važe isti principi kao za podsistem za armiranje (aktiviranje se dopušta samo u slučaju **normalnog lansiranja projektila**), oba podsistema se nakad posmatraju kao jedinstveni **podsistem za armiranje i osiguranje**

Funkcionalna kompozicija upaljača



Funkcionalno formiranje
upaljača integracijom
podсистема

- Upaljač sa svojim **podsystemom nosiocem funkcije**, **pirotehničkim elementima**, **podsystemom za armiranje** i **podsystemom za osiguranje** praktično je kompletan i velikoj većini upaljača za projekte ništa drugo i nije potrebno
- Ako je neophodno uništiti projektil ukoliko promaši cilj da prilikom pada ne bi nanio štetu vlastitim snagama (projektilski sistemi koji se koriste za protivvazдушnu odbranu sopstvene teritorije) u projektil se ugrađuje **samolikvidator**. Na slici je prikazan pirotehnički samolikvidator, koji se aktivira prilikom ispaljivanja projektila pomoću inercijalnog **podсистема za početno aktiviranje**
- Uređaj (podsystem) za **izbor vremena reagovanja upaljača** prikazan je u datom primeru u **obliku čepa** kojim se otvara ili zatvara kanal za direktno prenošenje plamena na kapslu; ukoliko se želi da upaljač reaguje sa usporenjem, plameni impuls inicijalne kapsle prenosi na pirotehnički usporoč. Na taj način, upaljač može da funkcioniše sa **dva konstantna vremena usporenja**