

12. MISZNAY – SCHARDIN-OV EFEKAT

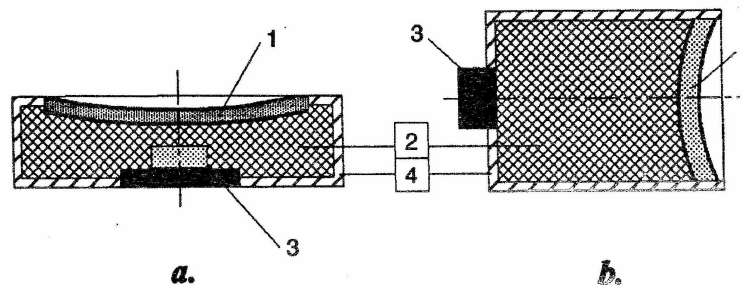
Mehanizam lansiranja i preoblikovanja metalnog diska kojim se vrši probijanje oklopa naziva se Misznay-Schardin-ovim (Mišnej-Šardin) efektom. Sa konstrukcionog stanovišta razlikuju se dva tipa rešenja koja se na bazi ovog efekta koriste u borbi protiv oklopnih borbenih vozila (šematski su predstavljeni na sl. 12.1): (i) protivtenkovske probojne mine (sa "antenskim" i nekontaktnim mehanizmom za aktiviranje), efikasne na rastojanjima od 1 m i (ii) rešenja za probijanje oklopa na rastojanjima do 50 m (usmerene probojne mine, odnosno stand-off projektili po anglosaksonskoj terminologiji). Probojne sposobnosti jednog i drugog tipa rešenja su različite što proističe iz načina napada na izabrani cilj: protivoklopna mina pogađa podnu ploču ili gusenicu oklopnog vozila (kod savremenih tenkova podni oklop nije deblji od 40 mm), a usmerena probojna mina napada bočni oklop i gusenicu vozila (debljina bočnog oklopa korpusa savremenih tenkova ne prelazi 80 mm). Minimalna probojna moć prvog tipa rešenja iznosi 40 mm na rastojanju do 1 m, a drugog tipa 80 mm na rastojanju do 50 m.

Misznay-Schardinov efekat u najvećoj meri zavisi od karakteristika eksplozivnog punjenja i probojnog diska.

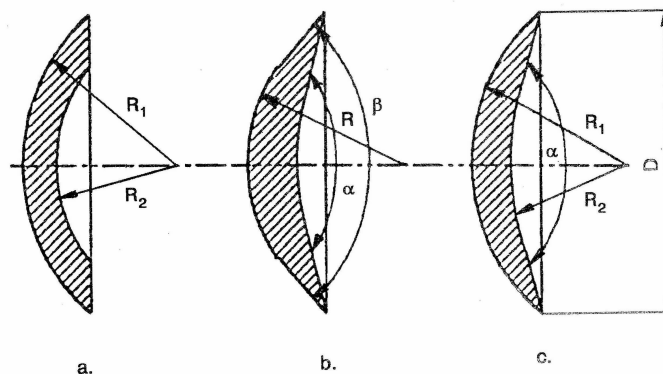
Organizacija eksplozivnog punjenja i vrsta primenjenog eksploziva treba da omogućе optimalno preoblikovanje diska i prenošenje na disk što je moguće veće energije produkata detonacije. Oblik i materijal diska treba da pogoduju preoblikovanju pod dejstvom produkata detonacije u oblik optimalan sa stanovišta probijanja napadnutog oklopa.

Eksplozivno punjenje je najčešće od livene mešavine heksogena i trotila. Organizacija i iniciranje punjenja omogućuju formiranje detonacionog talasa, optimalnog sa stanovišta preoblikovanja diska i njegove brzine (odlučujući uticaj ima devijator detonacionog talasa).

Probojni diskovi izrađuju se najčešće od čelika, zatim bakra, tantala i osiromašenog urana. Najčešće primenjeni oblici diska prikazani su na slici 12.2.

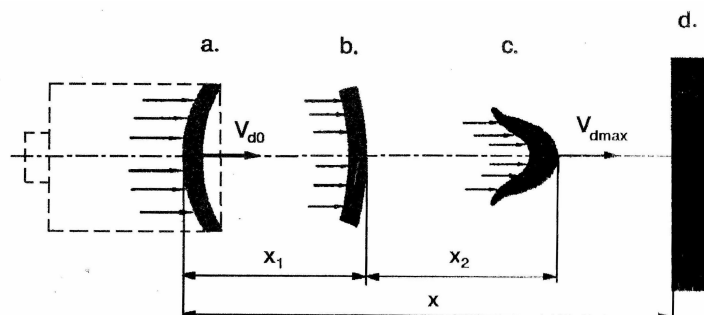


Slika 12.1. Šematski izgled rešenja na principu Misznay-Schardin-ovog efekta: a) protivtenkovska probojna mina, b) usmerena probojna mina (stand-off projektil)



Slika 12.2. Najčešće primenjeni oblici diska: a) disk sa koncentričnim površinama, b) hiperbolični disk, c) balistički disk

Proces preoblikovanja diska odvija se pod dejstvom produkata detonacije na putu do cilja. Za rešenja prvog tipa dužina puta koji stoji na raspolaganju za preoblikovanje diska nije veća od 0.5 m, a za rešenja drugog tipa preoblikovanje diska se može izvesti i na većoj dužini puta. Slika 12.3 šematski prikazuje proces lansiranja i preoblikovanja metalnog diska u slučaju usmerene probojne mine.



Slika 12.3. Proces lansiranja i preoblikovanja diska

Probojno dejstvo preoblikovanog diska zavisi od njegove kinetičke energije u momentu sudara sa preprekom, a ona zavisi od početne brzine, mase i oblika (aerodinamičkih osobina) preoblikovanog diska i puta x do cilja. Približnu vrednost početne brzine diska daje sledeći izraz (izveden za slučaj odbacivanja ravne nedeformabilne ploče sa čela cilindričnog punjenja istog prečnika):

$$(V_d)_o = V_D \left(1 + \frac{\theta - 1}{\eta^\theta} - \frac{L\theta}{V_D t} \right) \quad (12.1)$$

gde je:

$$\theta = \left[1 + 2\eta \left(1 - \frac{L}{V_D t} \right) \right]^{-1/2}, \quad \eta = \frac{16 m_a}{27 m_d}$$

- m_a - aktivna masa eksplozivnog punjenja
- m_d - masa diska
- V_D - brzina detonacije eksploziva
- L - dužina eksplozivnog punjenja
- t - vreme delovanja impulsa na disk

Aktivna masa m_a cilindričnog eksplozivnog punjenja, ako je odnos $L/d_e > 9/4$ jednaka je ($D=d_e$):

$$m_a = \frac{1}{12} \pi \rho_e D^2 d_e = \frac{1}{12} \pi \rho_e D^3 \quad (12.2)$$

Ako je $L/d_e < 9/4$, tada je aktivna masa (deo mase punjenja čiji se produkti razleću u pravcu diska) određena zapreminom zarubljene kupe prečnika D i visine $4L/9$:

$$m_a = \left(\frac{4}{9} L - \frac{16 L^2}{81 D} + \frac{64 L^3}{2187 D^2} \right) \rho_e \frac{\pi D^2}{4} \quad (12.3)$$

Ako je eksplozivno punjenje smešteno u košuljicu mase m_k , aktivna masa se uvećava zbog sporijeg prodora radialnog talasa razređenja do diska i iznosi:

$$m_a = m'_a + \frac{\frac{m_e - m'_a}{2}}{1 + \sqrt{\frac{m_e}{2m_k}}} \quad (12.4)$$

Ovde je:

- m'_a - aktivna masa eksplozivnog punjenja
- m_e - ukupna masa eksplozivnog punjenja
- m_k - masa košuljice

Ako se izraz za kinetičku energiju diska $(E_k)_d = m_d(V_d)_0^2/2$ podeli sa $m_a V_D$ i zanemari vrednost $L\theta/V_D t$, dobija se za kinetičku energiju bezdimenzionalni izraz:

$$(E_k)'_d = \frac{8}{27} \frac{(1 + \eta - \sqrt{1 + 2\eta})^2}{\eta^3} \quad (12.5)$$

Energija $(E_k)'_d$ ima maksimalnu vrednost pri $\eta=3/2$, pa je optimalna aktivna masa $m_a=81m_d/32$. Na osnovu ove mase može se odrediti i optimalna dužina eksplozivnog punjenja u funkciji parametara diska.

Za konačno određivanje brzine $(V_d)_0$ iz izraza (12.1), ako je poznata brzina detonacije eksploziva potrebno je poznavati vreme t trajanja impulsa. Vreme t u slučaju eksplozivnog punjenja ugrađenog u metalnu košuljicu daje izraz:

$$t = \frac{L}{V_D} + \frac{d_e}{V_D} \left(1 + \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{\sqrt{\frac{\beta}{2 + \beta}}} \right) \quad (12.6)$$

gde je:

$$k = \frac{(d_k)_r}{d_e}$$

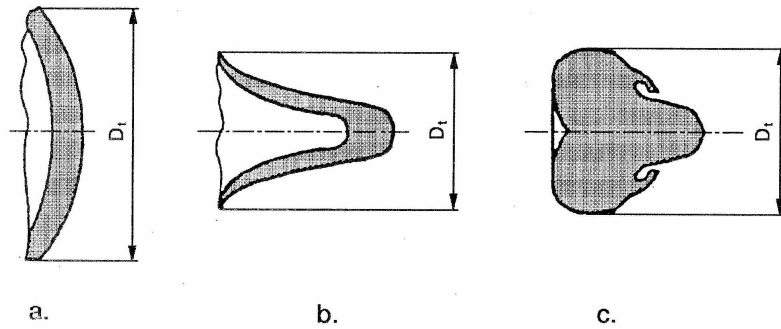
$(d_k)_r$ - prečnik košuljice eksplozivnog punjenja u trenutku rasprskavanja

$$\beta = m_e/m_k$$

Koeficijent k se određuje eksperimentalno. Za krte materijale k je nešto veći od 1, a za materijale uobičajene žilavosti k ima približno vrednost 2.

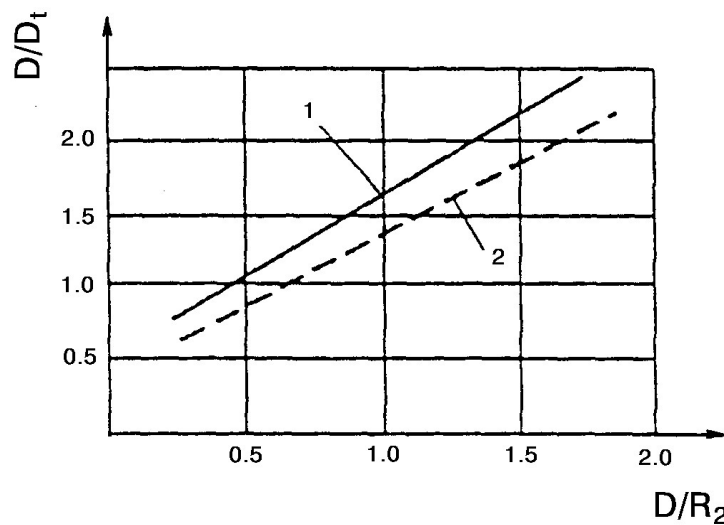
Izraz (12.1) daje vrednost početnih brzina diska koje ne odstupaju značajno od realno izmerenih brzina (razlika ne prelazi 10%).

Proces preoblikovanja diska traje znatno duže od impulsa produkata detonacije zbog dejstva inercijalnih sila na elementarne mase diska, tako da se konačan oblik odbačenog diska dobija na putanji, često i na rastojanju od nekoliko metara od mesta eksplozije. Predstava o zavisnosti oblika preoblikovanog diska od početnog oblika dobija se upoređenjem izgleda preoblikovanih diskova skiciranih na slici 12.4 sa prvobitnim izgledom diskova, datim na slici 12.2.



Slika 12.4. Preoblikovani diskovi početnog oblika prikazanog na slici 12.2:
 a) preoblikovani disk konstantne debljine (sl. 12.2-a)
 b) preoblikovani disk promenljive debljine (sl. 12.2-b)
 c) preoblikovani disk konstantne debljine u centralnom delu (sl. 12.2-c)

Eksperimentalni rezultati, uprkos izuzetnoj složenosti mehanizma preoblikovanja, dosta uverljivo pokazuju da u slučaju čeličnog diska konstantne debljine (slika 12.2-a) postoji linearna zavisnost stepena preoblikovanja diska $f=D/D_{pr}$ i početnog oblika predstavljenog odnosom D/R_2 . Ova zavisnost za eksplozivna punjenja od mešavine heksogena i trotila i od čistog trotila predstavljena je na slici 12.5.

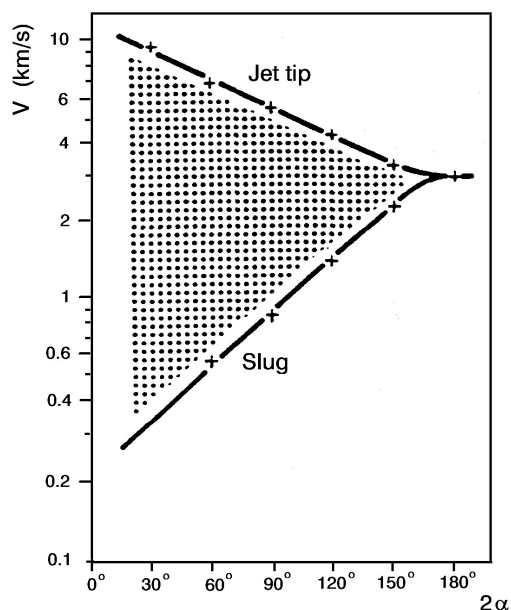


Slika 12.5. Stepenn preoblikovanja u zavisnosti od početnog oblika diska
 HT - eksplozivno punjenje od mešavine heksogena i trotila (50:50)
 TNT - eksplozivno punjenje od trotila

Umesto diska može se vršiti i preoblikovanje kumulativnog levka u projektil. Ovo se može ostvariti ukoliko je ugao vrha konusa 2α oko 140° . Za uglove $2\alpha \geq 140^\circ$ razlika brzina između čela i dna čepa mlaza postaje vrlo mala, tako da ne dolazi do razdvajanja primarnog i sekundarnog mlaza, već preostali gradijent brzine nestaje kroz proces preoblikovanja diska. Zavisnost brzine čela i dna čepa mlaza od 2α data je na slici 12.6.

Udarnu brzinu preoblikovanog diska daje sledeća relacija:

$$(V_d)_x = (V_d)_o e^{-\frac{S_d \rho_v C_x x}{2m_d}} \quad (12.7)$$



Slika 12.6. Brzine čela i dna čepa mlaza u zavisnosti od ugla vrha konusa

U prethodnoj relaciji je:

S_d - površina poprečnog preseka preoblikovanog diska (u ravni upravnoj na pravac kretanja)

ρ_V - gustina vazduha ($\approx 1.25 \text{ kg/m}^3$)

C_X - koeficijent otpora vazduha

x - rastojanje od prepreke.

Na osnovu eksperimentalno određenog oblika preoblikovanog diska može se proceniti vrednost koeficijenta C_X .

Kinetička energija preoblikovanog diska na cilju biće:

$$(E_k)_x = \frac{1}{2} m_d (V_d)_x^2 \quad (12.8)$$

Specifična energija, po jedinici površine smicanja S_s pri izbijanju odgovarajuće mase napadnute prepreke, biće:

$$e_{ks} = \frac{(E_k)_x}{S_s} \quad (12.9)$$

Eksperimentalni rezultati pokazuju da se probijanje diskom prepreke od pancirnog čelika ostvaruje ako je $e_{ks} \geq 400 \text{ kJ/m}^2$.

Eksplzivno formirani projektili (EFP – Explosively Formed Projectile ili SFF – Self Forging Fragment) zauzimaju relativno važno mesto kao sredstva za borbu protiv oklopa, mada se što se tiče parametara probojnosti ne mogu porediti sa kumulativnim i pancirnim projektilima. Međutim, oni imaju svoje mesto u primeni kod protivtenkovskih mina i horizontalnih usmerenih probojnih mina. Takođe, njihova primena se može očekivati i u okviru inteligentne municije kao submunicija za napad na tenk sa gornje strane.