

4. ODREĐIVANJE UNUTRAŠNJE TRASE KOŠULJICE PROJEKTILA

Kod određivanja unutrašnje trase košuljice projektila osnovni zahtev koji se bez ikakvih kompromisa mora realizovati jeste zahtev za minimalno potrebnom izdržljivošću košuljice u fazi kretanja projektila u cevi oruđa. Svi drugi zahtevi (npr. zahtevi u pogledu efikasnosti na cilju i broja parčadi pri eksploziji projektila; zahtevi u vezi sa načinom laboracije i sa načinom proizvodnje košuljice i dr.) imaju u odnosu na ovaj prvi zahtev sekundaran značaj i ne moraju biti praktično ostvareni u potpunosti. Polaznu osnovu, dakle, kod određivanja unutrašnje trase košuljice čine naprezanja koja se u košuljici javljaju u toku kretanja projektila u cevi oruđa, pri čemu se mora raspolagati parametrima koji karakterišu izdržljivost metala izabranog za košuljicu projektila.

4.1. Unutrašnja trasa prednjeg oživala

Određivanje unutrašnje trase prednjeg oživala košuljice pretpostavlja poznatu spoljnu trasu oživala (određena na osnovu razmatranja dinamike leta projektila).

Kada je spoljna trasa prednjeg oživala poznata najmanja dozvoljena vrednost unutrašnjeg poluprečnika prednjeg oživala daje sledeću vezu koja je nastala odgovarajućom transformacijom odnosa (3.34) i (3.39):

$$r_0 = \left\{ R_0^2 - \frac{1}{\pi \sigma_v} \frac{m_A}{m_p} p_{pr} \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{2} (d_0 - d) \right] \right\}^{1/2} \quad (4.1)$$

Ovde je:

- r_0 - unutrašnji poluprečnik prednjeg oživala u preseku i-i
- R_0 - spoljni poluprečnik prednjeg oživala u preseku i-i

Za određivanje poluprečnika r_0 , kako se vidi iz jednačine (4.1) potrebno je raspolagati masom projektila m_p . Pri projektovanju projektila za jedan sistem masa projektila se unapred pretpostavlja (određuje) na osnovu studije potrebne efikasnosti na cilju (taktičko-tehnički zahtevi) i na osnovu sličnosti sa projektilima već realizovanih sistema.

Međutim, treba reći da će debljina zida prednjeg oživala, određena jednačinom (4.1) biti veoma mala, pošto je relativno mala masa upaljača i relativno visoka vrednost granice razvlačenja (tečenja) metala od koga se košuljica izrađuje. Zbog toga se u praksi pri projektovanju novog projektila geometrijski parametri prednjeg oživala košuljice određuju na osnovu iskustvenih saznanja, a u vezi sa vrstom i namenom projektila:

- kod razornih projektila parčadnog i parčadno-rušecćeg dejstva koji eksplodiraju praktično na površini cilja, debljina zida prednjeg oživala košuljice određuje se na osnovu analogije sa već ostvarenim projektilima.

- kod razornih projektila rušecćeg dejstva koji eksplodiraju na cilju posle izvesnog prodiranja, debljina zida prednjeg oživala košuljice određuje se kao u prethodnom slučaju projektila parćadnog i parćadno-rušecćeg dejstva, ali je neophodno izvršiti teorijsku proveru izdržljivosti prednjeg oživala.

Proraćun naprežanja koje nastaje u zidu oživalnog dela pri prodiranju projektila u cilj sličan je proraćunu naprežanja za fazu kretanja projektila u cevi oruđa. Prodiranje projektila određuje sledeća diferencijalna jednaćina:

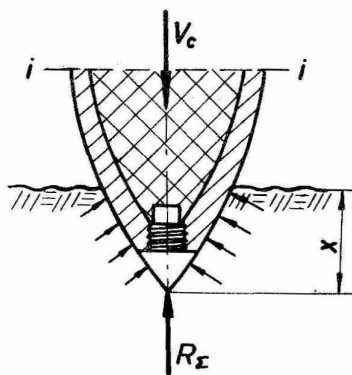
$$m_p \frac{d^2x}{dt^2} = R \quad (4.2)$$

gde je R - otpor sredine u koju projektil prodire.

U preseku i-i prednjeg oživala (slika 4.1) deluje inercijalna sila dela projektila iza preseka i-i, kolinearna sa brzinom projektila na cilju (V_c), a koja je posledica usporenja d^2x/dt^2 :

$$F_i = m_i \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{m_i}{m_p} R \quad (4.3)$$

gde je m_i - masa dela projektila iza preseka i-i.



Slika 4.1. Određivanje unutrašnje trase projektila

Ako se pretpostavi da do eksplozije dolazi u trenutku zaustavljanja projektila i da je intenzitet otpora sredine R linearna funkcija dubine prodiranja, moguće je najveću vrednost otpora sredine izračunati korišćenjem jednakosti energije projektila na cilju i rada sile otpora:

$$\frac{m_p V_c^2}{2} = \frac{1}{2} (R)_{\max} \cdot l_p \quad (4.4)$$

Sada je:

$$(R)_{\max} = m_p \frac{V_c^2}{l_p} \quad (4.5)$$

Ovde je:

V_c - brzina projektila na cilju
 l_p - ukupni put prodiranja (o njegovom određivanju biće više reči u nastavku)

Najveća vrednost naprezanja u preseku i-i biće konačno:

$$(\sigma_{i-i})_{\max} = \frac{1}{S_{i-i}} m_i \frac{V_c^2}{l_p} \quad (4.6)$$

gde je S_{i-i} - površina košuljice u preseku i-i.

Razume se da i u ovom slučaju mora biti ispunjen uslov:

$$(\sigma_{i-i})_{\max} \leq \sigma_m \quad (4.7)$$

gde je σ_m - čvrstoća materijala.

Principi projektovanja prednjeg oživala tela pancirnog projektila razlikuju se od principa projektovanja oživala košuljice projektila razornog tipa.

4.2. Unutrašnja trasa cilindričnog dela

Polaz za određivanje unutrašnje trase cilindričnog dela košuljice projektila jeste zahtev za minimalno potrebnom izdržljivošću košuljice, koji se može predstaviti sledećom jednačinom:

$$(S_{i-i})_{\min} = \frac{1}{\sigma_v} \frac{m_A}{m_p} p_{pr} \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{2} (d_0 - d) \right] \quad (4.8)$$

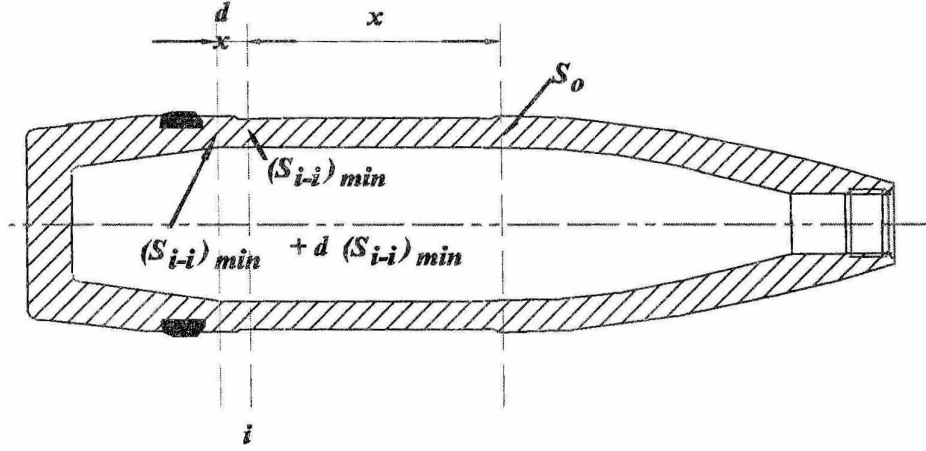
Ovde je:

$(S_{i-i})_{\min}$ - minimalno dozvoljena površina košuljice u preseku cilindričnog dela, normalno na uzdužnu osu simetrije projektila.

Površina $(S_{i-i})_{\min}$ je u opštem slučaju, kao što se vidi iz jednačine (4.8), funkcija m_A kao nezavisno promenljive. Početna vrednost mase m_A određena je utvrđivanjem (izborom) unutrašnje trase prednjeg oživala. Diferenciranjem jednačine (4.8) (izraz u srednjoj zagradi je konstantna veličina označena sa K_1) dobija se:

$$d(S_{i-i})_{\min} = \frac{K_1}{\sigma_v} \frac{p_{pr}}{m_p} dm_A \quad (4.9)$$

pri čemu je $dm_A = (S_{i-i})_{\min} \cdot \rho_k \cdot dx$, gde je ρ_k - gustina metala košuljice, a x - rastojanje površine $(S_{i-i})_{\min}$ od osnove prednjeg oživala (slika 4.2).



Slika 4.2. Određivanje unutrašnje trase košuljice razornog projektila

Uvođenjem izraza za dm_A i pogodnom transformacijom jednačina (4.9) dobija sledeći oblik:

$$\frac{d(S_{i-i})_{\min}}{(S_{i-i})_{\min}} = \frac{K_1}{\sigma_v} \frac{p_{pr}}{m_p} \rho_k dx \quad (4.10)$$

Prethodni izraz se lako integriše i tada se dobija:

$$\ln(S_{i-i})_{\min} = Kx + \ln C \quad (4.11)$$

Ovde je:

$$K = \frac{K_1}{\sigma_v} \frac{p_{pr}}{m_p} \rho_k \quad (4.12)$$

Integraciona konstanta C određuje se iz početnih uslova: za $x=0$, $(S_{i-i})_{\min}=S_0$, pri čemu je S_0 površina košuljice u osnovi prednjeg oživala (do nje se dolazi utvrđivanjem - izborom unutrašnje trase prednjeg oživala). Konačan oblik jednačine (4.11) glasi:

$$(S_{i-i})_{\min} = S_0 e^{Kx} \quad (4.13)$$

Ako se spoljni prečnik cilindričnog dela projektila smatra konstantnim i jednakim kalibru projektila, debljina zida δ_{\min} u preseku $i-i$ cilindričnog dela košuljice, površina $(S_{i-i})_{\min}$ se može predstaviti izrazom: $\frac{\pi}{4} [d^2 - (d - 2\delta_{\min})^2]$.

Uz pretpostavku da se vrednost δ_{\min}^2 može zanemariti prema vrednosti $4 \cdot d \cdot \delta_{\min}$, jednačina (4.13) prelazi u oblik:

$$\delta_{\min} = \frac{S_0}{\pi d} e^{Kx} \quad (4.14)$$

Pri praktičnoj realizaciji unutrašnje trase projektila umesto izraza (4.14) vrši se aproksimacija trase sa dve ili tri prave linije iz proizvodnih razloga.

Da bi se utvrdila dužina cilindričnog dela košuljice čiju unutrašnju trasu određuje jednačina (4.14) potrebno je prethodno odrediti debljinu dna košuljice u skladu sa ranijim razmatranjima.

Košuljice projektila izrađuju se od čeličnog liva i valjanog tzv. granatnog čelika. Od valjanog čelika košuljice se izrađuju rezanjem, hladnim ili toplim kovanjem. Za izradu košuljica savremenih razornih projektila najčešće se koriste valjani ugljeni i manganski čelici koji pokazuju dobre osobine pri obradi kovanjem, a pri eksploziji projektila daju zadovoljavajući broj efikasnih parčadi. Zavisno od tretmana posle kovanja, granica razvlačenja materijala košuljice izrađene od ugljeničnog ili manganskog čelika iznosi 30 do 40 daN/mm² kod nekaljenih i 40 do 50 daN/mm² kod kaljenih košuljica.