

6. OSOBENOSTI NEROTIRAJUĆIH (OPERENIH) I RAKETNIH PROJEKTILA

Faza kretanja u cevi oruđa u slučaju nerotirajućih (operenih), odnosno raketnih projektila na aktivnom delu putanje, principijelno se ne razlikuje od faze kretanja u cevi oruđa rotirajućih artiljerijskih projektila. Analiza kretanja nerotirajućih i raketnih projektila u ovoj fazi jednostavnija je zbog odsustva vodećeg prstena i zbog znatno smanjenih mogućnosti za pojavu nenormalnosti u kretanju usled čega nastaju dodatna opterećenja projektila. Zbog toga se osobenosti nerotirajućih i raketnih projektila posmatrane kroz specifična obeležja faze kretanja u cevi oruđa, odnosno na lanseru i aktivnom delu putanje, svode na izvesne specifičnosti vezane za određivanje unutrašnje trase i naprezanja košuljice projektila.

6.1. Nerotirajući (minobacački) projektili

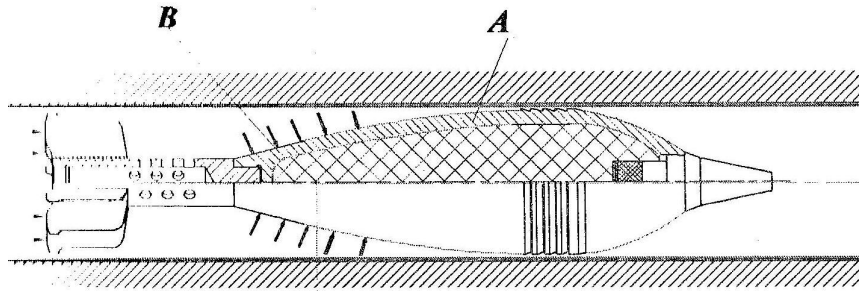
Kao i u slučaju rotirajućih projektila, najveće ubrzanje nerotirajućeg projektila u cevi oruđa dato je izrazom:

$$\left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right)_{\max} = \frac{d^2 \pi}{4} \frac{P_m}{m_p} \quad (6.1)$$

Zbog ovog ubrzanja i dejstva pritiska barutnih gasova deo "A" projektila dejstvuje u preseku i-i na deo "B" silom $(F_{i-i})_{\max}$ (slika 6.1):

$$(F_{i-i})_{\max} = \frac{m_A}{m_p} \frac{d^2 \pi}{4} P_m - \pi \left(\frac{d^2}{4} - R_i^2 \right) P_m \quad (6.2)$$

Ovde je R_i - spoljni prečnik košuljice projektila u preseku i-i.



Slika 6.1. Nerotirajući (opereni) projektil u cevi oruđa

Uvođenjem proračunskog pritiska umesto p_m i pogodnom transformacijom dolazi se do proračunskog naprezanja u preseku i-i:

$$(\sigma_{i-i})_{pr} = \frac{P_{pr}}{m_p (R_i^2 - r_i^2)} \left(R_i^2 m_p - \frac{d^2}{4} m_B \right) \quad (6.3)$$

Ovde je:

- r_i - unutrašnji poluprečnik košuljice u preseku i-i
- m_B - masa projektila iza preseka i-i

Na osnovu (6.3) može se zaključiti da karakter naprezanja u bočnom zidu košuljice, jednog uobičajenog minobacačkog projektila, zavisi od vrednosti u zagradi na desnoj strani jednačine:

$$m_p R_i^2 - m_B \frac{d^2}{4} > 0 \quad \dots\dots\dots \text{naprezanje na pritisak}$$

$$m_p R_i^2 - m_B \frac{d^2}{4} < 0 \quad \dots\dots\dots \text{naprezanje na zatezanje}$$

Kada se kod jednog istog projektila jave oba ova slučaja, onda mora biti ispunjen i uslov:

$$m_p R_i^2 - m_B \frac{d^2}{4} = 0$$

u jednom preseku i-i, gde naprezanje na pritisak prelazi u naprezanje na zatezanje. Postoji dakle, jedan presek i-i u košuljici projektila, gde je naprezanje jednako nuli, što kod rotirajućih projektila nije moguće.

Izdržljivost cilindričnog dela tela stabilizatora računa se na isti način kao i izdržljivost cilindrične cevi, zatvorene na krajevima, izložene dejstvu unutrašnjeg pritiska. Naprezanje u zidu tela stabilizatora daje sledeći izraz:

$$\sigma = \frac{1}{3} \frac{d_1^2}{d_1^2 - d_2^2} p_{p0} \left(\frac{4d_1^2}{d_2^2} + 1 \right) \quad (6.4)$$

Ovde su:

- d_1, d_2 - spoljni i unutrašnji prečnik tela stabilizatora
- p_{p0} - proračunski pritisak barutnih gasova osnovnog pogonskog punjenja u unutrašnjosti stabilizatora.

Unutrašnja trasa košuljice projektila određuje se na osnovu sličnosti sa već ostvarenim projektilima, pri čemu je osnova sličnosti kalibar, ukoliko postoji identičnost ili sličnost između taktičkih karakteristika ostvarenog projektila i taktičkih zahteva za projektil koga treba projektovati. Ovako utvrđena unutrašnja trasa proverava se putem izraza (6.3), pri čemu mora biti, kao i kod košuljice rotirajućeg projektila, ispunjen uslov:

$$\left(\sigma_{pr} \right)_{\max} \leq \sigma_v \quad (6.5)$$

U izvesnim slučajevima, kada se insistira na povećanom rušućem dejstvu uz smanjenje mase projektila, realizuje se košuljica vrlo tankog zida koja zadovoljava uslov (6.5). Međutim, ovde je najčešće neophodno izvršiti proveru uticaja radijalne komponente pritiska barutnih gasova na zadnji deo košuljice projektila. Ova provera se može izvršiti računskim putem (primena Lamme-ovih formula), ali se najčešće vrši praktično na taj način što se ispaljuju inertni

projektili sa povećanim pritiskom barutnih gasova (tzv. tormentacija). Tom prilikom se registruju trajne deformacije košuljice, koje moraju biti u propisanim granicama.

6.2. Raketni projektili

Naprezanja projektila na aktivnom delu putanje (za vreme rada raketnog motora) su neuporedivo manja od naprezanja klasičnih projektila ili projektila aktivno-reaktivnog tipa, što je posledica razlike u intenzitetu ubrzanja. Pri ovome se, razume se, ima u vidu samo bojeva glava raketnog projektila. Zbog toga se kod projektovanja bojevih glava raketnih projektila polazi od taktičke namene projektila, odnosno od efekta koji se želi postići na cilju: najpre se utvrđuje unutrašnja trasa košuljice bojeve glave, a zatim se proverava izdržljivost košuljice.

Pri projektovanju razorne bojeve glave rušecćeg dejstva primarni interes je da se u bojevu glavu, unapred izabrane spoljne trase, smesti što je moguće veća masa eksplozivnog punjenja, jer je efekat na cilju proporcionalan ovoj masi. Rezultat ovakvog nastojanja jeste košuljica bojeve glave vrlo male debljine. Razume se da izdržljivost ovakve konstrukcije mora biti obezbeđena u svim slučajevima kada je izložena spoljnim opterećenjima u procesu izrade, čuvanja, transporta i pri bojevoj upotrebi projektila.

Analiza svih mogućih spoljnih opterećenja pokazuje da se opterećenje najvećeg intenziteta pojavljuje u fazi prodiranja projektila u prepreku. Zbog toga je proračun naprezanja u zidu košuljice bojeve glave rušecćeg dejstva identičan datom proračunu naprezanja u zidu oživalnog dela košuljice klasičnog projektila rušecćeg dejstva. Treba samo imati u vidu da masa m_i u izrazu (4.6) obuhvata i masu raketnog motora i masu stabilizatora, ako se radi o nerotirajućem raketnom projektilu.

Korisno je nekad u praksi razmatrati dva slučaja:

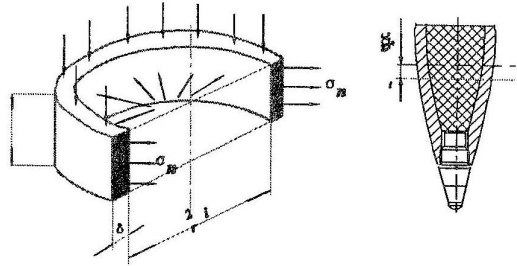
- izdržljivost košuljice bojeve glave određuje naprezanje izazvano dejstvom inercijalne sile dela projektila iza posmatranog preseka $i-i$ (slučaj projektila velikog dometa sa relativno malim koeficijentom punjenja - količnik mase eksplozivnog punjenja i mase metala bojeve glave)
- izdržljivost određuje naprezanje koje je posledica dejstva eksplozivnog punjenja (slučaj raketnih projektila malog dometa i velikog koeficijenta punjenja).

U prvom slučaju proračun je identičan proračunu naprezanja u zidu oživalnog dela košuljice klasičnog projektila rušecćeg dejstva. Ako se u izraz (4.6):

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

uvede σ_m na mestu $(\sigma_{i-i})_{\max}$, a površina S_{i-i} predstavi sa $\pi (2R_i\delta - \delta^2)$, gde je δ -debljina zida košuljice u posmatranom preseku (slika 6.2), dolazi se do kvadratne jednačine:

$$\delta^2 - 2R_i\delta + \frac{1}{\pi\sigma_m} m_i \frac{V_c^2}{l_p} = 0 \quad (6.6)$$



Slika 6.2. Naprezanje u zidu košuljice bojeve glave raketnog projektila

Samo jedno rešenje za δ ima smisla i ono daje najmanju potrebnu vrednost debljine zida košuljice bojeve glave:

$$\delta_{\min} = R_i - \sqrt{R_i^2 - \frac{1}{\pi\sigma_m} m_i \frac{V_c^2}{l_p}} \quad (6.7)$$

U drugom slučaju radi se o proračunu suda tankih zidova koji je izložen dejstvu unutrašnjeg pritiska p_e , kao posledica dejstva ovog pritiska u zidu dolazi do normalnog naprezanja:

$$\sigma_n = \frac{p_e r_i dx}{\delta dx} = \frac{p_e r_i}{\delta} \quad (6.8)$$

Međutim, u opštem slučaju nije odmah jasno koje opterećenje, inercijalna sila dela projektila iza posmatranog preseka i-i, ili dejstvo eksplozivnog punjenja, može da bude uzrok razaranja košuljice projektila. Zbog toga treba razmatrati složeno naprezanje čije su komponente date izrazima:

$$\sigma_x = \frac{1}{\pi(R_i^2 - r_i^2)} m_i \frac{V_c^2}{l_p} \quad (6.9)$$

$$\sigma_n = \frac{p_e r_i}{\delta} \quad (6.10)$$

$$\sigma_r = -p_e \quad (6.11)$$

Minimalna debljina zida se tada određuje na osnovu tzv. ekvivalentnog naprezanja.

Pritisak p_e , po svojoj fizičkoj prirodi predstavlja bočnu komponentu naprezanja koje se javlja u elastično-plastičnom stubu eksploziva pri udaru projektila u prepreku. Vrednost ovog pritiska može se izračunati putem izraza:

$$(p_e)_{\max} = k_1(h_c + k_2\Delta h) \frac{V_c^2}{l_p} \quad (6.12)$$

Ovde su:

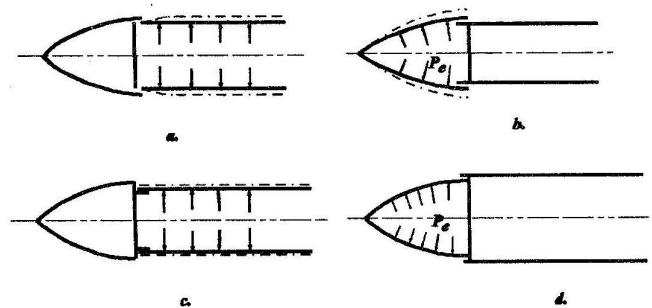
h_c - visina cilindričnog dela košuljice iznad preseka i-i

Δh - visina necilindričnih delova košuljice u kojima je smešten eksploziv
 k_1, k_2 - opitni koeficijenti

Kod projektovanja dna košuljice razorne bojeve glave treba obratiti pažnju na uticaj raketnog motora u fazi njegovog rada na eksplozivno punjenje smešteno u bojevoj glavi. Zavisno od načina sagorevanja raketnog goriva u motoru i vremena rada motora, javlja se opterećenje kao posledica dejstva pritiska u komori raketnog motora i zagrevanje dna košuljice bojeve glave, pri čemu može, kod neuspele konstrukcije, da dođe do prevremenog dejstva bojeve glave. Za date parametre raketnog motora, dno košuljice bojeve glave mora biti tako projektovano da najveće zagrevanje eksplozivnog punjenja bude ispod temperature topljenja upotrebljenog eksploziva, odnosno da pritisak u raketnom motoru ne može dovesti do razaranja dna, ili do takvih deformacija dna koje mogu inicirati eksploziju eksplozivnog punjenja.

Konstruktivni parametri dna košuljice bojeve glave zavise od izabranog načina vezivanja bojeve glave za motor projektila. Načelno, veza bojeve glave sa motorom može biti neposredna (direktna) ili posredna - preko slobodnog dna.

Neposredna veza je moguća u slučaju kada košuljica bojeve glave ima dno, ili je komora raketnog motora zatvorena sa čeonog strane. Od dva moguća načina vezivanja, kada košuljica bojeve glave ima dno, bolji je, pri ostalim istim uslovima, način predstavljen šemom "a" na slici 6.3 u odnosu na varijantu "c".

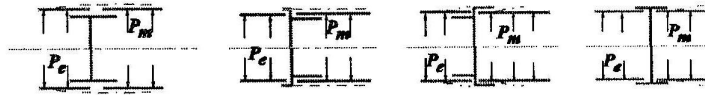


Slika 6.3. Konstruktivne varijante neposredne veze bojeve glave sa raketnim motorom

Ovaj način vezivanja obezbeđuje neotvaranje spoja pod dejstvom pritiska u komori motora koji isteže komoru po obimu. Uopšte uzevši, košuljica bojeve glave sa dnom iz jednog komada sama po sebi ima više ozbiljnih nedostataka (veoma otežana mehanička obrada unutrašnjosti košuljice, nemogućnost korišćenja savremenih metoda laboracije i dr.), pa se koristi samo u izuzetnim slučajevima.

Od dva načina vezivanja u drugom slučaju (košuljica bojeve glave bez dna) celishodniji je način predstavljen šemom "d" na slici 6.3. Naime, način vezivanja predstavljen šemom "b" u odnosu na način predstavljen šemom "d" ima nedostatak da pritisak eksplozivnog punjenja " p_e ", koji se pojavljuje pri udaru projektila u prepreku može do te mere deformisati košuljicu bojeve glave da dolazi do prevremene eksplozije punjenja.

Analiza mogućih varijanti posredne veze sa raketnim motorom dovodi do zaključka da, sa stanovišta izdržljivosti i sigurnosti treba smatrati da je najbolja veza ona kod koje slobodno dno obuhvata i košuljicu bojeve glave i tela motora (varijanta "d" na slici 6.4). Druge varijante posredne veze mogu se upotrebiti samo u izuzetnim slučajevima, ukoliko je izdržljivost veze obezbeđena.



Slika 6.4. Konstruktivne varijante posredne veze bojeve glave sa raketnim motorom