

8. USLOVI KOJI OBEZBEĐUJU MALO RASTURANJE PROJEKTILA NA CILJU

8.1. Faktori od kojih zavisi rasturanje projektila na cilju

Prethodno razmatrani problemi odnose se na izdržljivost i sigurnost projektila, a zaključci ovih razmatranja predstavljaju upravo uslove sigurnosti koji se pri projektovanju novog projektila moraju bez kompromisa poštovati. Međutim, da bi jedan projektil bio svrsishodan, potrebno je da on ispunjava i druge uslove od kojih je jedan - malo rasturanje na cilju. Ukoliko projektil ima manje rasturanje, utoliko je njegova efikasnost veća, utoliko će broj projektila potrebnih za uništavanje izabranog cilja biti manji.

Rasturanje na cilju zavisi, sem od balističkih karakteristika sistema (oruđa, barutnog punjenja, raketnog motora), od meteoroloških uslova u trenutku gađanja i u toku leta projektila i od izvesnih karakteristika samog projektila. Ove karakteristike proističu iz saznanja da se malo rasturanje projektila na cilju postiže ukoliko je:

- kretanje projektila u cevi oruđa, odnosno na aktivnom delu putanje (faza rada raketnog motora) što je moguće ujednačenije od projektila do projektila,
- razlika između stvarne putanje projektila po izlasku iz cevi, odnosno po napuštanju lansirnog uređaja i teorijske (predviđene) putanje mala.

Ujednačenost kretanja projektila u cevi oruđa, odnosno na aktivnom delu putanje zavisi od tzv. vođenja projektila u cevi oruđa i od promena performansi raketnog motora, a razlika između stvarne i teorijske putanje projektila uglavnom od stabilnosti projektila na putanji, a kod raketnih projektila još i od karakteristika vektora brzine na kraju aktivnog dela putanje.

Ovde će se razmatrati vođenje klasičnih i aktivno-reaktivnih projektila, dok je stabilnost ovih projektila, kao i vođenje i stabilnost raketnih projektila predmet posebnih kurseva.

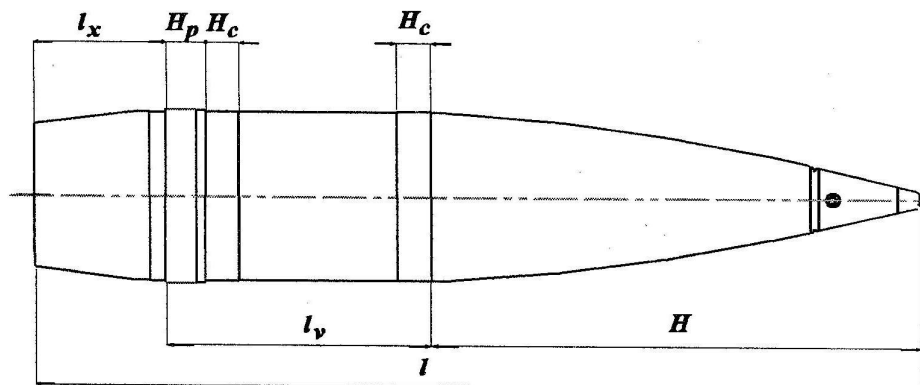
8.2. Vođenje u cevi rotirajućih projektila

Dobro vođenje rotirajućih projektila (klasičnih i aktivno-reaktivnih) u cevi oruđa karakteriše poklapanje uzdužne ose simetrije projektila i ose cevi u trenutku polaza projektila i u toku kretanja kroz cev oruđa. Da bi se postiglo dobro vođenje potrebno je:

- da dužina vođenja bude što veća,
- da dijametralni zazor između elemenata za vođenje (zazor između vodećeg prstena i cevi je negativan) i polja cevi bude što manji,
- što je moguće pravilnije centriranje i pravilniji polazni položaj projektila,
- da polaz projektila bude što pravilniji,
- da obrtno i translatorno kretanje u cevi bude korektno.

8.2.1. Dužina vođenja

Vođenje projektila u cevi će biti utoliko bolje ukoliko je veća dužina vođenja, a dužinu vođenja određuje dužina cilindričnog dela projektila ispred vodećeg prstena, uključujući i širinu vodećeg prstena. Međutim, poznato je da poboljšanje balističkih karakteristika vodi ka izduženju prednjeg oživalnog dela projektila i smanjenju dužine cilindričnog dela. Zbog ove međusobne kontradiktornosti balističkih zahteva i zahteva vođenja i često potreba efikasnosti projektila, problem se često svodi na utvrđivanje minimalno potrebne dužine vođenja. Ustanovljeno je, da se pri dužini vođenja (slika 8.1) od jednog kalibra može očekivati zadovoljavajuće vođenje projektila. Kod artiljerijskih projektila uobičajene vrednosti dužine vođenja iznose 1.5 do 2.0 kalibra. Kod projektila aktivno-reaktivnog tipa, zbog same konstrukcije projektila, dužina vođenja je uvek veća od 2 kalibra, pa se problem vođenja kod ovih projektila uopšte ne postavlja.



Slika 8.1. Spoljna trasa artiljerijskog projektila i dužina vođenja

8.2.2. Centrirajući prsten i dijametralni zazor

Iz proizvodnih razloga (jednostavnija obrada) cilindrična površina projektila ne predstavlja u celini površinu vođenja, već se vođenje ostvaruje preko vodećeg prstena na zadnjem delu projektila i cilindrične površine male visine neposredno iza prednjeg oživalnog dela - tzv. centrirajućeg prstena. Kod projektila velikog dometa pored prednjeg centrirajućeg prstena i vodećeg prstena, površinu vođenja vrlo često predstavlja još i donji centrirajući prsten koji se nalazi neposredno iza ili ispred vodećeg prstena. Zadatak donjeg centrirajućeg prstena je da onemogući ukošenje projektila u polaznom položaju u slučaju istrošenosti cevi na početku žlebljenog dela (kada se radi o projektilu dvodelnog metka), odnosno da poveća efektivnu dužinu vođenja.

Sa stanovišta dobrog centriranja i vođenja trebalo bi da prečnik centrirajućeg prstena bude jednak minimalnom prečniku cevi (od polja do polja). Naravno da ovaj zahtev praktično ne može biti ispunjen, jer se i prečnik cevi i prečnik centrirajućeg prstena izrađuju sa tolerancijama. Pored toga, pri dimenzionisanju centrirajućeg prstena mora se voditi računa i o izvesnom smanjenju prečnika cevi od polja do polja koje nastaje kao rezultat bakarisanja cevi.

Prečnik i tolerancijsko polje centrirajućeg prstena određuju se tako da je u svim uslovima obezbeđeno slobodno kretanje projektila u cevi (zazor nikad ne sme biti negativan) i da izrada košuljice projektila nije otežana (zbog malog tolerancijskog polja).

Minimalni dijametralni zazor prema Gabeaud-u iznosi:

$$d_{\min} - d'_{\max} = \begin{cases} 4.7 d & \text{za } d \leq 75 \text{ mm} \\ 250 + 1.3 d & \text{za } 75 < d \leq 220 \text{ mm} \\ 2.43 d & \text{za } d > 220 \text{ mm} \end{cases} \quad (8.1)$$

Ovde su:

d - prečnik cevi od polja do polja

d' - prečnik centrirajućeg prstena

Zazor je dat u mikronima (μm).

Prema Gabeaud-u određivanje tolerancijskog polja prečnika centrirajućeg prstena treba vršiti po kriterijumu:

$$\frac{\Delta d'}{d'} = \frac{0.25}{100} \quad (8.2)$$

Prema Tretjakovu prečnik centrirajućeg prstena treba da bude manji od kalibra oruđa za 0.10 do 0.25 mm.

Širina prednjeg centrirajućeg prstena treba da iznosi:

$H_c = (0.15 \div 0.40) d$ - za projekte male kalibra

$H_c = (0.10 \div 0.20) d$ - za projekte srednjeg i velikog kalibra

Širina donjeg centrirajućeg prstena može biti znatno veća od navedenih vrednosti, jer se mora obezbediti naleganje centrirajućeg prstena na polja cevi i u uslovima velike istrošenosti cevi.

8.2.3. Centriranje i polazni položaj projektila

Polazni položaj je onaj koga projektil zauzima pri punjenju oruđa. Ubačen u cev ručno ili pomoću automatskog mehanizma za punjenje, projektil se zaustavlja u trenutku sudara prednjeg dela vodećeg prstena sa prelaznim konusom cevi čiji je nagib po pravilu vrlo mali (reda 10°). Deo vodećeg prstena koji dolazi u kontakt sa prelaznim konusom delimično se deformiše, obezbeđujući blokiranje projektila u polaznom položaju. Ovo blokiranje je neophodno kada su u pitanju oruđa koja koriste dvodelni metak da bi se izbeglo vraćanje projektila unazad pri punjenju oruđa čaurom ili pri davanju elevacije oruđu. Pored toga, kontakt projektila sa cevi oruđa preko vodećeg prstena treba da obezbedi zaptivanje barutne komore na samom početku sagorevanja barutnog punjenja.

Kada projektil (vodeći prsten) ne nalegne pravilno na prelazni konus može doći do sledećih nepravilnosti:

- početno sagorevanje barutnog punjenja je nepravilno što izaziva nepravilan rast pritiska barutnih gasova,

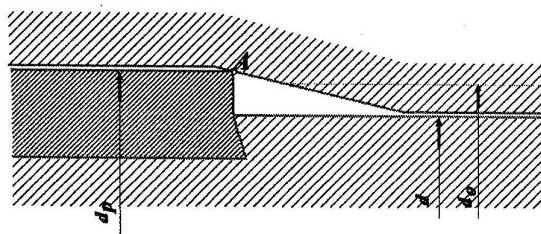
- javlja se proticanje barutnih gasova pored prstena što izaziva gubitke i zakošenje projektila,

- nepotpuno naleganje može dovesti do toga da projektil pri sudaru sa prelaznim konusom ima izvesnu brzinu, čime se povećava mogućnost kidanja prstena,

- udar vodećeg prstena u prelazni konus može izazvati aktiviranje neosiguranih upaljača, odnosno može doći do eksplozije projektila u cevi ili neposredno ispred cevi.

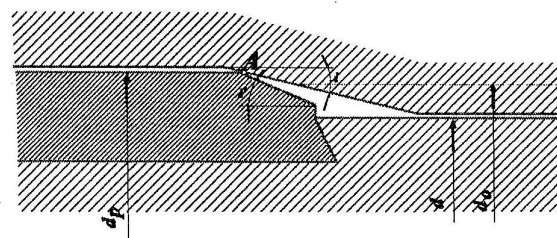
Iz navedenog možemo donekle sagledati delikatnost konstruisanja vodećeg prstena i problema koje moramo imati u vidu pri usvajanju oblika, dimenzija i materijala vodećeg prstena. Razmotrićemo nekoliko oblika vodećeg prstena, imajući u vidu presek u ravni kroz uzdužnu osu projektila.

Na slici 8.2 prikazan je prsten sa pravougaonim poprečnim presekom. Kontakt ovog prstena sa prelaznim konusom ostvaruje se po oštroj kružnoj ivici prečnika d_p . Ovakav oblik vodećeg prstena može dovesti do toga da se isti u donjem delu više deformiše usled težine projektila, što uzrokuje nesimetrično fiksiranje projektila u ležištu metka.



Slika 8.2. Kontakt pravougaonog vodećeg prstena sa prelaznim konusom

Na slici 8.3 prikazana je nešto drugačija forma vodećeg prstena, kod koga kontaktna površina pri pokretanju projektila naglo raste, što dovodi do dodatnog centriranja projektila pre nego što počne urezivanje vodećeg prstena u kanale cevi.



Slika 8.3. Kontakt konusnog vodećeg prstena sa prelaznim konusom

Ugao nagiba prednje površine vodećeg prstena nešto je veći od ugla nagiba prelaznog konusa $i' > i$ i zbog:

- kontakt vodećeg prstena i prelaznog konusa ostvaruje se po celom obimu; u slučaju $i' < i$ kontakt bi se ostvarivao samo po bočnim ivicama polja cevi, što je nepovoljnije u smislu centriranja u odnosu na prethodni slučaj,

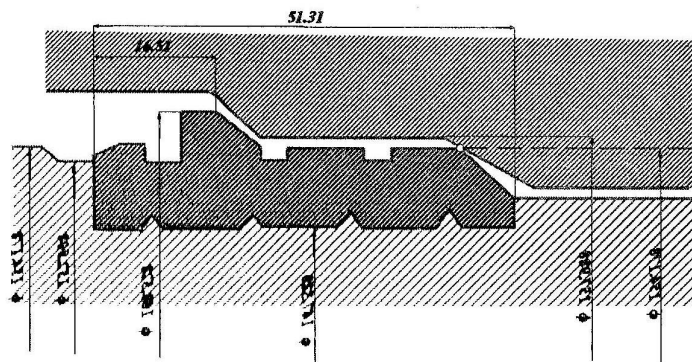
- trošenje konusnog dela polja cevi je izraženije za slučaj $i < i'$ zbog toga što pri pokretanju projektila urezivanje započinje na njima, a potom se počne deformisati deo vodećeg prstena koji naleće na puni deo prelaznog konusa.

Malom promenom prečnika vodećeg prstena za slučaj pravougaonog i konusnog oblika prstena, nije teško ustanoviti da je kod konusnog prstena veće uzdužno pomeranje projektila; znači u tom smislu je nepovoljniji konusni prednji deo prstena. Međutim, zbirno gledano prednosti konusnog oblika vodećeg prstena su veće u odnosu na pravougaoni oblik prstena, pa je zbog toga pogodniji za primenu.

Postoje vodeći prstenovi koji se sastoje iz više zasebnih prstenova različitog oblika (slika 8.4). Ovakve forme vodećih prstenova zastupljene su kod moćnih oruđa iz sledećih razloga:

- karakteristika moćnih oruđa je relativno velika početna brzina projektila, a s tim u vezi zahteva se velika preciznost s obzirom da su dalekometna; ovakvi prstenovi su proizvod težnje da se postigne bolje početno centriranje projektila,

- drugi zahtev za ovakvom formom je relativno velika normalna sila na zube vodećeg prstena, što zahteva veću kontaktnu površinu boka zuba sa bokovima kanala i veću površinu poprečnog preseka osnove zuba; prsten bi se mogao izrađivati iz jednog komada samo bi imao veću širinu, ali u tom slučaju se pojavljuje problem oticanja istisnutog materijala pri urezivanju vodećeg prstena.



Slika 8.4. Vodeći prsten na projektilu moćnog artiljerijskog oruđa

Koriste se i široki vodeći prstenovi sa kanalima po obodu za oticanje istisnutog materijala (slika 8.5).



Slika 8.5. Široki vodeći prsten sa kanalima za oticanje istisnutog materijala

Oticanje istisnutog materijala kod ovih prstenova je dosta otežano, povećava se rad potreban za urezivanje odnosno povećava se pritisak urezivanja. Naime, teškoće nastupaju pri smeštanju istisnutog materijala, pa se zato iza vodećeg prstena urezuje kanal u košuljicu. Istisnuti materijal često se delimično kida usled dejstva barutnih gasova, što izaziva prilične smetnje pri letu projektila. Smetnje u tom slučaju nastupaju usled nesimetričnog rasporeda mase projektila u odnosu na uzdužnu osu.

Iz ovoga proizilazi da pri određivanju oblika vodećeg prstena treba analizirati prednosti i nedostatke pojedinih oblika i onda odabrati najpogodniji oblik prstena za konkretan slučaj.

8.2.4. Polaz projektila i polazni (početni) pritisak

Odmah po iniciranju procesa pripaljivanja, zahvaljujući i zaptivenosti barutne komore projektilom u početnom položaju, pritisak barutnih gasova naglo raste, a sa pritiskom sila kojom barutni gasovi napadaju projektil. Kada pritisak barutnih gasova dostigne neku vrednost p_0 (polazni, početni pritisak ili pritisak urezivanja), rezultujuća sila barutnih gasova, kolinearna sa uzdužnom osom simetrije projektila, savladava otpor vodećeg prstena i pokreće projektil iz polaznog položaja. Vodeći prsten se deformiše i urezuje u žlebove cevi, a višak materijala vodećeg prstena istisnut pri urezivanju, obrazuje iza prstena jedan zupčasti venac.

Da bi se obezbedilo zaptivanje barutne komore pri polazu projektila, potrebno je načelno da najveći prečnik vodećeg prstena (d_p) bude jednak prečniku cevi od žleba do žleba (d_0). Međutim, u praksi prečnik vodećeg prstena d_p mora biti veći od prečnika cevi d_0 zbog tolerancija izrade ovog prečnika i trošenja cevi. Prečnik vodećeg prstena d_p određuje se upravo tako da je dobro zaptivanje obezbeđeno i u slučaju kada se cev nalazi na granici istrošenja (uobičajeno je da se granicom istrošenosti smatra stanje cevi pri kome se dobija za 10% manja početna brzina od tablične brzine projektila). Prečnik d_p se izračunava na sledeći način:

$$d_p = d + 2h + 2\Delta \quad (8.3)$$

$$2\Delta = d_p - d_0 \quad (8.4)$$

Iskustvo je pokazalo da se zadovoljavajući rezultati dobijaju sa vrednostima Δ od 0.0009 do 0.012 kalibara. Treba imati u vidu da se povećavanjem Δ ubrzava trošenje cevi i povećavaju radijalna naprezanja u zidu košuljice ispod vodećeg prstena.

Da bi došlo do pokretanja projektila, do urezivanja vodećeg prstena, sila barutnih gasova u početnoj fazi mora da izvrši izvestan rad koji se sastoji iz:

- rada smicanja potrebnog da se vodeći prsten prečnika d_p dovede na prečnik d_0 po celom obimu,

- rada potrebnog za urezivanje polja cevi celom širinom vodećeg prstena.

Jasno je iz ovoga da ukupni rad, odnosno intenzitet sile barutnih gasova, a to znači i intenzitet pritiska urezivanja p_0 , zavisi od širine H_p vodećeg prstena, jer su ostali uslovi unapred određeni i nepromenljivi. Poznato je, međutim, da je pritisak p_0 unutrašnjebalistički parametar čija se vrednost, zavisno od vrste sistema, mora nalaziti u određenim granicama (p_0 se kreće od 100 do 500 bar). Prema tome, sa stanovišta konstrukcije projektila problem se svodi na utvrđivanje odnosa između p_0 i H_p , koji bi se pri projektovanju vodećeg prstena mogao koristiti kao objektivan kriterijum za proveru saglasnosti već određene širine vodećeg prstena sa zahtevima unutrašnje balistike.

Jednostavan odnos između p_0 i H_p za slučaj projektila sa jednim vodećim prstenom može se dobiti ako se pretpostavi da je sila barutnih gasova koja pokreće projektil proporcionalna zapremini metala vodećeg prstena istisnutog pri urezivanju. Eksperimentalna ispitivanja sa uobičajenim rešenjima projektila i vodećeg prstena pokazuju da se može usvojiti da je sila od 50 N potrebna za istiskivanje 1 mm^3 bakra. Imajući u vidu ove uslove možemo napisati:

$$\frac{d^2 \pi}{4} p_0 = 50 H_p \left(\frac{d_p^2 - d_0^2}{4} \pi + n e' h \right) \quad (8.5)$$

Sada je:

$$p_0 = \frac{200 H_p}{d^2 \pi} \left(\frac{d_p^2 - d_0^2}{4} \pi + n e' h \right) \quad (8.6)$$

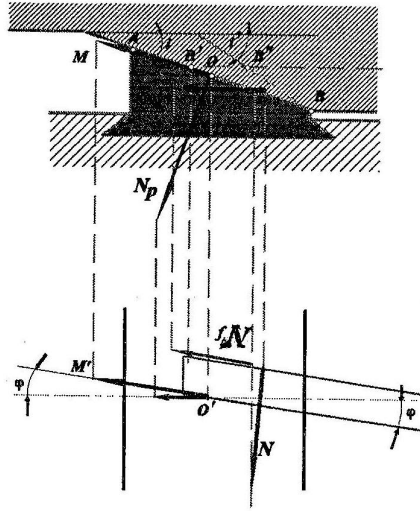
Za širinu vodećeg prstena H_p određenu na osnovu zahteva potrebne izdržljivosti i pravilne funkcije vodećeg prstena, putem izraza (8.6) izračunava se odgovarajuća vrednost pritiska urezivanja. Određena širina H_p zadovoljava i zahteve unutrašnje balistike, ukoliko je izračunata vrednost p_0 reda 100 do 500 bar zavisno od kalibra oruđa.

Do izraza za izračunavanje pritiska urezivanja i proveru širine vodećeg prstena može se doći i drugim, tačnijim postupkom.

Ako se brižljivije analizira mehanizam urezivanja vodećeg prstena, doći će se do zaključka da veličina zahvata vodećeg prstena sa prelaznim konusom raste srazmerno porastu pritiska barutnih gasova koji potiskuju projektil. Pošto prednji deo vodećeg prstena zahvata početak žlebova, delovi prstena koji popunjavaju žlebove ne trpe više nikakvu deformaciju. Zapremina delova prstena u žlebovima raste srazmerno napredovanju vodećeg prstena, odnosno projektila, a otpor urezivanja u ovoj fazi više ne raste, već opada. Pritisak barutnih gasova u trenutku koji odgovara najvećoj vrednosti otpora urezivanja smatra se pritiskom urezivanja p_0 .

Pretpostavlja se da pritisak barutnih gasova dostiže vrednost p_0 u trenutku kada vodeći prsten u odnosu na prelazni konus ima položaj prikazan na slici 8.6 - zadnja ivica vodećeg prstena upravo je došla u kontakt sa prelaznim konusom. U ovom položaju deluju sledeće sile:

- sila barutnih gasova $(d^2\pi/4) \cdot p_0$,
- otpor urezivanja i sila trenja između vodećeg prstena i prelaznog konusa (izvodnica AB) i osnove početka žlebova (izvodnica B'B"),
- normalna sila N i sila trenja fN .



Slika 8.6. Položaj vodećeg prstena koji odgovara pritisku p_0

Kako se pri urezivanju metal vodećeg prstena plastično deformiše, pretpostavlja se da je normalna komponenta otpora urezivanja N_p jednaka proizvodu granice elastičnosti σ_{pe} metala i kontaktne površine između vodećeg prstena i cevi oruđa:

$$N_p = \frac{\sigma_{pe}\pi}{2}(d_p + d)\sqrt{H_p^2 + \frac{1}{4}(d_p - d)^2} \quad (8.7)$$

odnosno:

$$N_p = \frac{\pi}{2}\sigma_{pe}H_p(d_p + d) \quad (8.8)$$

(zanemaruje se razlika između otpora koji odgovara površini B'B" i otpora koji odgovara površini BB').

Ako je f koeficijent trenja između vodećeg prstena i prelaznog konusa (teško se utvrđuje stvarna vrednost koeficijenta f , ali se smatra da iznosi 0.2), sila trenja fN_p zbog helikoidalnog kretanja vodećeg prstena leži u ravni koja sa uzdužnom osom simetrije projektila zaklapa ugao φ (ugao uvijanja žlebova). Kretanje projektila u fazi urezivanja vodećeg prstena i u trenutku kada pritiska barutnih gasova ima vrednost p_0 određena je sledećim diferencijalnim jednačinama:

$$m_p \frac{dV}{dt} = \frac{d^2\pi}{4}p_0 - N_p(\sin i + f \cos i \cos \varphi) - nN(\sin \varphi + f \cos \varphi) \quad (8.9)$$

$$I_x \frac{d\omega}{dt} = -\frac{fN_p d}{2} \sin \varphi + \frac{nNd}{2}(\cos \varphi - f \sin \varphi) \quad (8.10)$$

Kako pri p_0 translatorno ubrzanje dV/dt i ugaono ubrzanje $d\omega/dt$ imaju male vrednosti koje se mogu zanemariti (ovo uprošćenje svodi problem urezivanja vodećeg prstena na statičku pojavu) gornje jednačine se transformišu u sledeći oblik:

$$\frac{d^2\pi}{4}p_0 = N_p(\sin i + f \cos i \cos \varphi) + nN(\sin \varphi + f \cos \varphi) \quad (8.11)$$

$$fN_p \sin \varphi = nN(\cos \varphi - f \sin \varphi) \quad (8.12)$$

Eliminisanjem sile N konačno se dobija:

$$p_0 = \frac{4N_p}{d^2 \pi} \left(\sin i + f \cos i \cos \varphi - f \sin \varphi \frac{\sin \varphi + f \cos \varphi}{\cos \varphi - f \sin \varphi} \right) \quad (8.13)$$

Kada imamo slučaj promenljivog ugla uvijanja žlebova, $\varphi_0 \approx 0$ odnosno $\cos \varphi \approx 1$ i $\sin \varphi \approx 0$, možemo pisati:

$$p_0 = \frac{4N_p}{d^2 \pi} (\sin i + f \cos i) \quad (8.14)$$

Kod provere projektovane širine H_p vodećeg prstena pomoću izraza (8.8) i (8.13), odnosno (8.14) treba imati u vidu da σ_{pe} u izrazu (8.8) predstavlja srednju vrednost granice elastičnosti metala vodećeg prstena na površini AOB (slika 8.6) u momentu kada je pritisak barutnih gasova dostigao vrednost p_0 . σ_{pe} se menja u toku urezivanja vodećeg prstena usled trajnih deformacija metala. Treba takođe istaći i činjenicu da se granica elastičnosti metala postavljenog na košuljicu projektila razlikuje od granice elastičnosti koju je metal imao kao sirovina, pre obrade vodećeg prstena, jer se veza između košuljice projektila i vodećeg prstena ostvaruje operacijom u kojoj dolazi do trajne deformacije metala. Kod uobičajenog rešenja vodećeg prstena izrađenog od bakra, vrednost σ_{pe} iznosi oko 32 daN/mm².

8.2.5. Uticaj vodećeg prstena na translatorno i obrtno kretanje

Primarni faktori koji obezbeđuju korektno translatorno i obrtno kretanje projektila (oblik i dimenzije projektila) već su razmatrani. Ostaju da se razmotre još izvesni sekundarni faktori koji su takođe u vezi sa vodećim prstenom.

Da bi se uz korektno translatorno kretanje projektila obezbedilo i korektno obrtno kretanje, neophodno je da vodeći prsten i košuljica projektila predstavljaju nedeljiv spoj. Ovo se ostvaruje primenom prigodnog načina spajanja vodećeg prstena i košuljice projektila. Pre spajanja vodeći prsten ima oblik jednostavnog cilindričnog prstena, čiji je unutrašnji prečnik neznatno veći od kalibra projektila ($D_{u,min} = d_{max} + 0.5$ (mm); d_{max} - najveći prečnik cilindričnog dela projektila preko koga se navlači sirovi vodeći prsten), ili oblik šipke, najčešće profilisane.

U prvom slučaju spajanje prstena sa košuljicom vrši se na taj način što se prsten utiskuje u odgovarajući kanal na košuljici pomoću specijalnog alata koji obezbeđuje istovremeno i ravnomerno utiskivanje po celom obimu prstena. Pri tome je najmanji spoljni prečnik sirovog vodećeg prstena određen prema izrazu:

$$D_{s,min} = d_{p,max} + x(mm) \quad (8.15)$$

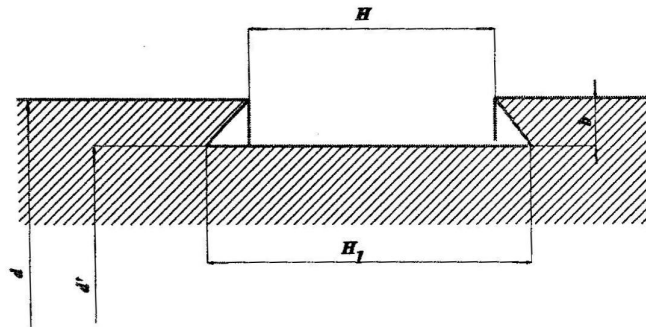
gde su:

- $d_{p,max}$ - najveći prečnik nabijenog i obrađenog vodećeg prstena
- x - dodatak za presovanje i obradu

U drugom slučaju, spajanje prstena sa košuljicom izvodi se postupnim utiskivanjem šipke u odgovarajući kanal naizmeničnim udarcima čekića. Ova operacija se izvodi ručno ili mehaničkim putem. Ovakav način utiskivanja vodećeg prstena primenjuje se skoro isključivo u slučajevima kada se radi o košuljici projektila male debljine zida, jer bi se utiskivanjem cilindričnog prstena dobile nedozvoljeno velike trajne deformacije košuljice.

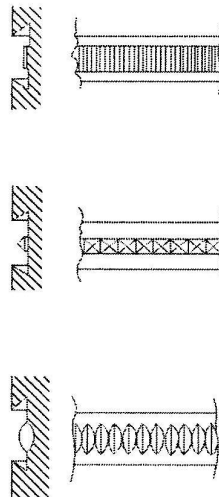
Nakon utiskivanja, mehaničkom obradom na strugu daje se vodećem prstenu definitivan oblik.

Dubina kanala na košuljici projektila (slika 8.7), koji je najčešće u obliku lastinog repa, izuzetno sa bočnim stranama normalnim na uzdužnu osu simetrije projektila, iznosi $h_k = (0.02 \div 0.03) \cdot d$.



Slika 8.7. Izgled kanala za vodeći prsten

Deo kanala za vodeći prsten nije ravna površina, već na njemu postoje žlebovi ili ispusti, da bi se obezbedila što bolja veza vodećeg prstena i košuljice projektila (slika 8.8).



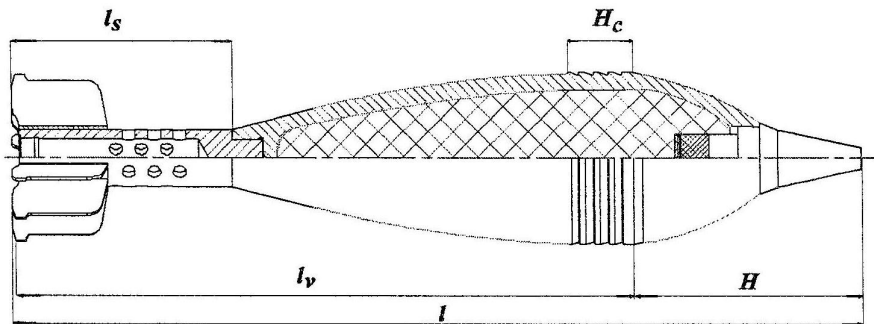
Slika 8.8. Izgled dna kanala za vodeći prsten

8.3. Vođenje u cevi nerotirajućih projektila

Vođenje u cevi nerotirajućih (operenih) projektila klasičnog i aktivno-reaktivnog tipa zavisi od:

- dužine vođenja u cevi,
- dijametralnog zazora između tela projektila i unutrašnjeg prečnika cevi.

Dužina vođenja nerotirajućih (operenih) projektila određena je rastojanjem između centrirajućeg prstena na telu košuljice projektila i centrirajućih ispusta ili centrirajućih površina na krilcima stabilizatora (slika 8.9). Ovo rastojanje kod minobacačkih projektila, klasičnih i aktivno-reaktivnog tipa iznosi 3 do 4 kalibra. Treba reći da ovako velika dužina vođenja nije posledica zahteva za pravilnim vođenjem projektila u cevi, već potiče iz ispunjenja određenih aerodinamičkih zahteva vezanih za stabilnost projektila na putanji i iz izvesnih konstruktivnih specifičnosti (kod projektila aktivno-reaktivnog tipa motor i bojeva glava predstavljaju jednu celinu).



Slika 8.9. Spoljna trasa nerotirajućeg projektila

Cilindrični deo na košuljici nerotirajućeg projektila predstavlja u najvećem broju slučajeva celom svojom dužinom centrirajući prsten. Najveći prečnik ovog cilindričnog dela određuje dijametralni zazor koji kod nerotirajućih projektila iznosi oko 0.5 mm. Načelno, vrednost ovog zazora mora da bude takva da je obezbeđen slobodan pad projektila u cevi oruđa pod dejstvom sile teže pri punjenju oruđa.

Imajući u vidu vrednost pritiska barutnih gasova u oruđu očigledno je da je navedena vrednost dijametralnog zazora dovoljna da u toku kretanja projektila u cevi oruđa dođe do značajnog prodora barutnih gasova u deo cevi ispred projektila. Zbog toga se, radi smanjenja ovog isticanja, na centrirajućem prstenu urezuju kanali širine 1 do 3 mm, dubine 1 do 2.5 mm trougaonog, polukružnog, pravougaonog ili trapezoidnog oblika. Smanjenje isticanja barutnih gasova u deo cevi ispred projektila proističe iz smanjenja brzine gasova zbog višestrukog širenja (radi ispunjavanja zapremine kanala na centrirajućem prstenu) i vrtloženja gasova.