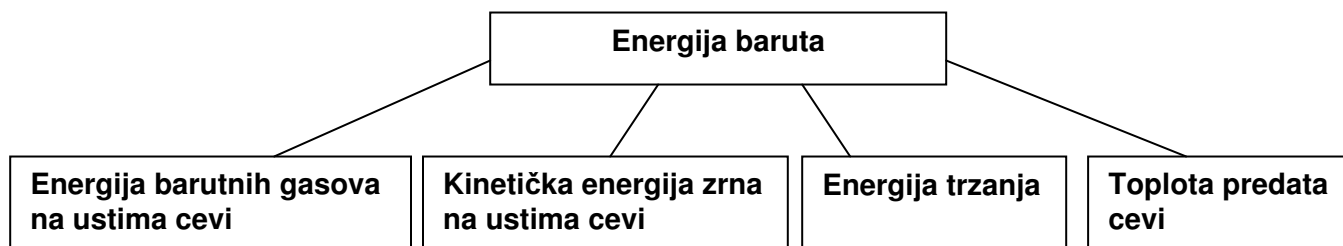


KONSTRUKCIJAKLASIČNOG NAORUŽANJA

STRELJAČKO ORUŽJE - Uvod u radne mehanizme oružja

Raspodela energije



Raspodela energije koja se kod streljačkog oružja oslobađa sagorevanjem baruta pri opaljenju ima približno sledeći karakter:

- | | |
|--|-------------------|
| • Kinetička energija zrna na ustima cevi | 30 % |
| • Toplota predata delovima oružja | 30 % |
| • Energija barutnih gasova na ustima cevi | skoro 40 % |
| • Energija trzanja | 0.1 % |

Treba naglasiti da veoma mali udeo ukupne energije baruta postaje vidljiv u obliku energije trzanja.

Efikasnost

Efikasnost streljačkog oružja izražava se u obliku

$$\frac{\text{Energija zrna na ustima cevi} \times 100}{\text{Energija baruta}} \%$$

Kod streljačkog oružja velike početne brzine efikasnost je obično približno 30 %, što je mala efikasnost u odnosu na benzinske motore (35 %), dizel motore (38 %) i električne stanice (preko 40 %).

Radni ciklus

Bez obzira na način funkcionisanja streljačkog oružja (neautomatsko, poluautomatsko ili automatsko) u opštem slučaju određeni broj funkcija mora da se izvrši pri svakom opaljenju. Ove funkcije čine **radni ciklus** oružja:

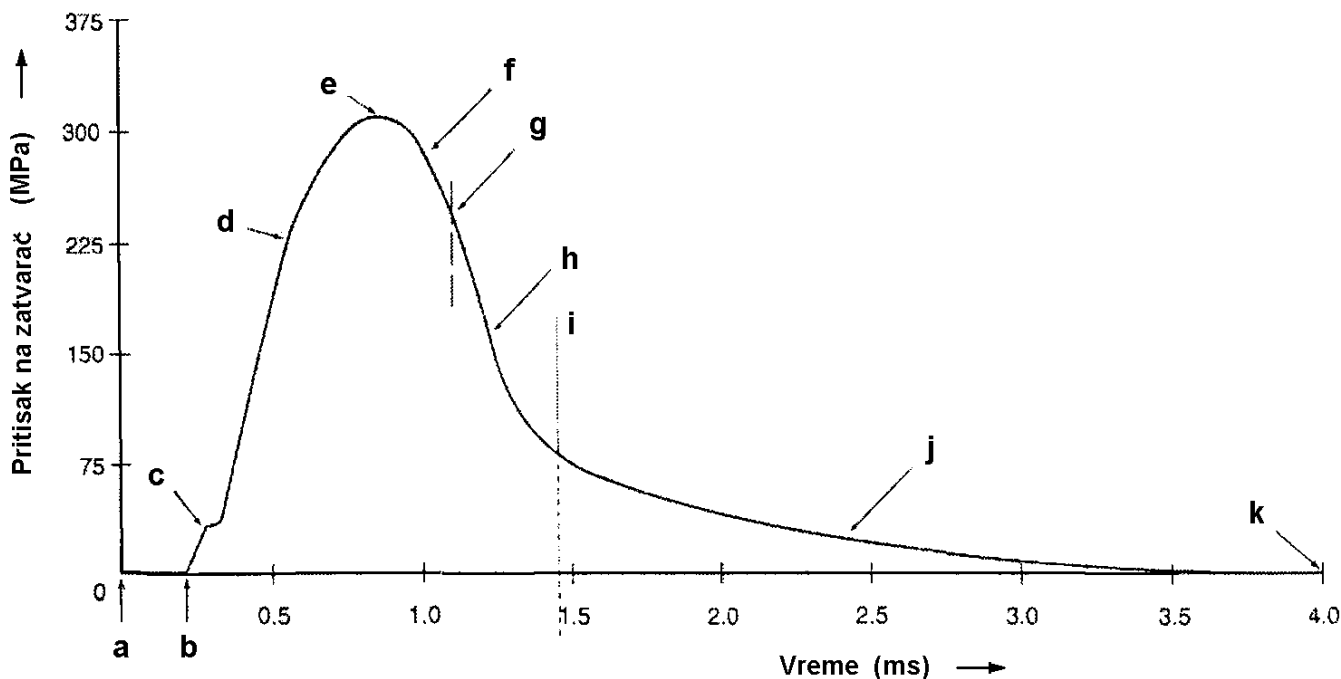
- Metak se uz pomoć mehanizma za hranjenje prihvata iz magacina ili redenika.
- Metak se uvodi u ležište metka.
- Mehanizam za okidanje i opaljivanje metka dovodi se u zapeti položaj.
- Zatvarač se zabavljuje.

- Mehanizam za okidanje izvršava opaljivanje metka.
- Zatvarač se odbravljuje.
- Zatvarač se trza, sabija se povratna opruga i izvlači se prazna čaura.
- Prazna čaura se izbacuje.

Osnovni ciklus može da se modifikuje u cilju zadovoljavanja određenih potreba. Naprimera, kod nekih sistema koji rade na principu slobodnog trzanja zatvarača nema zabavljanja, već se koristi ili inercija teškog zatvarača ili namerno izazvana mehanička smetnja, da bi se zadnji kraj cevi zadržao u zatvorenom položaju sve dok je pritisak barutnih gasova u cevi previše visok.

Sekvenca događaja

Kod oružja koje za svoju funkciju koristi snagu dobijenu na osnovu pritiska barutnih gasova, vremenski period u kome ova snaga može bezbedno da se iskoristi je veoma kratak. Kriva promene pritiska u kanalu cevi u funkciji vremena za tipično streljačko oružje data je na slici 1. Sekvenca događaja vezanih za dijagram sa slike 1 je sledeća:



Slika 1. Kriva pritisak/vreme tipičnog streljačkog oružja

- Udarač (udarna igla) udara u inicijalnu kapslu metka
- Postoji vreme kašnjenja paljenja barutnog punjenja. Mala količina inicijalnog eksploziva detonira i stvara plamen koji pripaljuje spoljnu površinu baruta.
- Pritisak raste u čauri metka dok ne poraste dovoljno da pokrene zrno i ureže košuljicu zrna u žljebove cevi. Ovo se odigrava približno 0.3 ms posle iniciranja kapsle metka.
- Pritisak u cevi brzo raste jer je brzina stvaranja gasova usled sagorevanja baruta veća od brzine povećanja zapremine iza projektila.

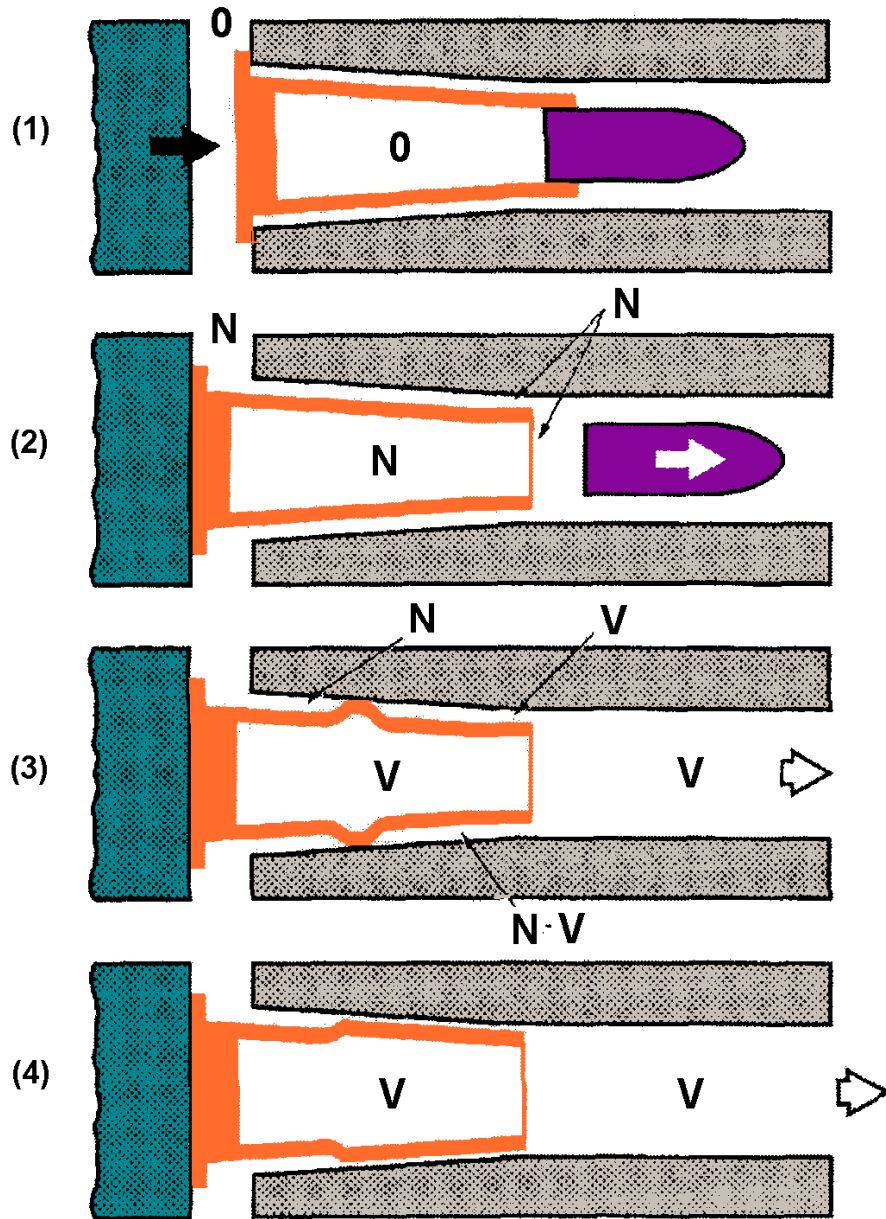
- e) Dostiže se najveća vrednost pritiska barutnih gasova.
- f) Brzina zrna je toliko velika da se zapremina iza projektila povećava brže od formiranja gasova, pa pritisak u cevi opada.
- g) Sagorevanje baruta je završeno.
- h) Kanal cevi iza zrna ostaje ispunjen vrelim barutnim gasovima koji se adijabatski šire.
- i) Zrno izleće iz cevi i jedan deo barutnih gasova ga opstrujava. Pritisak u cevi je i dalje relativno visok. Iako je vreme kretanja zrna kroz cev puške nešto malo veće od 1 ms, početna brzina zrna dostiže čak 1000 m/s. Maksimalno ubrzanje zrna je reda $1\ 500\ 000\ \text{m/s}^2$
- j) Pritisak u kanalu cevi kontinualno opada u narednih 2 do 3 ms. Tek u ovoj fazi je bezbedno da se izvrši odbravljivanje zatvarača oružja, da bi mogao da se iskoristi preostali pritisak na dno čaure.
- k) Pritisak u cevi opada do atmosferskog pritiska. Ukupno trajanje procesa od aktiviranja inicijalne kapsle je samo oko 4 ms. Do sledećeg opaljenja u cevi vlada atmosferski pritisak. U tom periodu radni delovi mehanizama obavljaju radni ciklus, koristeći energiju koja im je predata u periodu kada je još bilo pritiska u cevi. Ova energija je u obliku kinetičke energije koja se koristi za guranje radnih delova oružja unazad. Istovremeno se energija predaje povratnoj opruzi koja je spremna da trzajuće delove vrati u prednji položaj.

Zaptivanje cevi

Zaptivanje pomoću čaure

Svo današnje konvencionalno streljačko oružje koristi čauru metka za zaptivanje zadnjeg kraja cevi dok pritisak u cevi ne opadne do bezbednog niskog nivoa. Uloga koju obavlja čaura metka u obezbeđivanju pouzdane funkcije automatskog oružja prikazana je na slici 2 u obliku sekvence jako preuveličanih dijagrama. Iako je na slici predstavljena čaura sa obodom, rezonovanje koje sledi bi se na isti način moglo primeniti na slučaj čaure bez oboda.

- (1) Čaura je uvedena u ležište metka i zatvarač je zabravljen. Zbog tolerancija izrade i moguće temperaturske razlike između oružja i metka, mora da postoji izvestan zazor između metka i ležišta metka (komore), kao i između metka i čela zatvarača. Strelica označava udar udarača u inicijalnu kapslu, ali još uvek nema porasta pritiska u čauri (0).
- (2) Barutno punjenje se pripaljuje i pritisak raste do niskog nivoa (N). Sve dok zrno ne napusti usta čaure, čaura se ne pomera. Međutim, tokom kretanja zrna u ožlebljenom delu cevi, čaura je pod dejstvom pritiska potisnuta unazad i oslonjena na čelo zatvarača, čime se povećao zazor između čaure i ležišta metka. Unutar zazora vlada takođe pritisak niskog nivoa, tako da nema uslova za pomeranje zidova čaure. Trenutno može da dođe do vrlo malog porasta pritiska izvan zadnjaka, ali je on beznačajan zbog veoma kratkog trajanja.



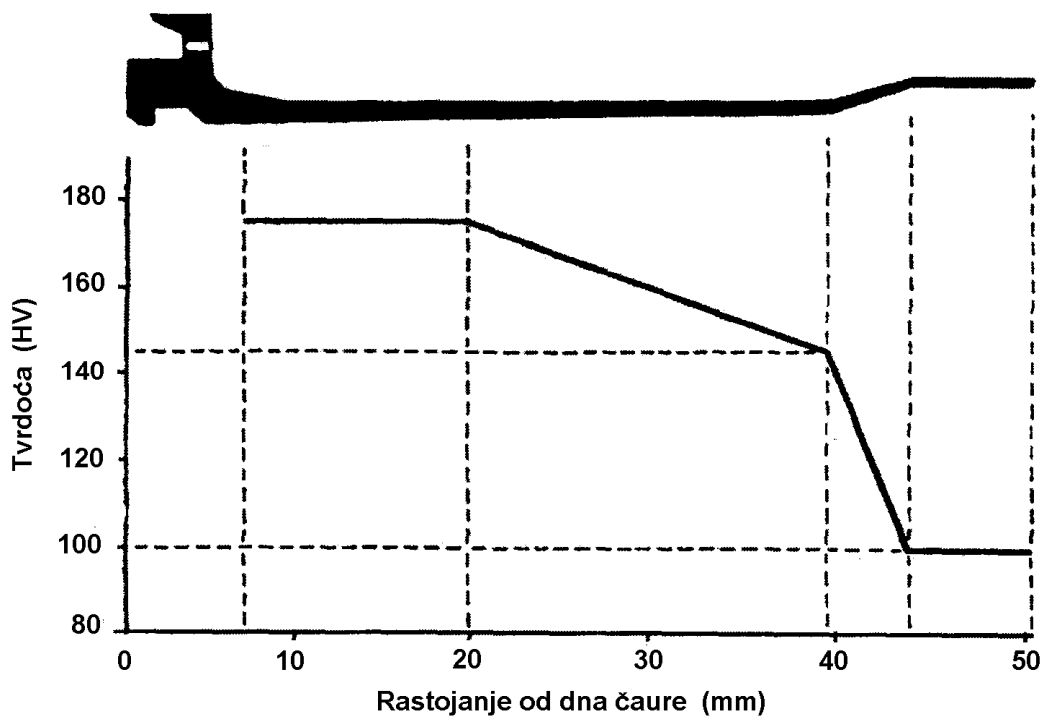
Slika 2. Sekvenca zaptivanja cevi pomoću čaure metka

- (3) Pritisak u čauri brzo raste do visokog nivoa (**V**) i zrno počinje da se ubrzava u cevi. Oko usta čaure sa spoljne strane takođe vlada pritisak visokog nivoa, tako da osim sabijanja usta čaure nema tendencije pomeranja njenih zidova. Međutim, u zazoru oko delova čaure bliže njenom dnu dolazi do pada pritiska usled suženja zazora uslovljenog razlikom pritiska sa spoljne i unutrašnje strane zida čaure. Kada pritisak van čaure opadne do dovoljno niskog nivoa, razlika između pritiska **V** i **N** je dovoljna za formiranje izbočine zida čaure koja se oslanja na zid ležišta metka.
- (4) Ispred izbočine na zidu čaure dolazi do potpunog pregrađivanja zazora i potpunog zaptivanja između zidova čaure i ležišta sve do usta čaure. Sa karakterističnom vrednošću pritiska **V** od preko 3000 bar sila trenja između zidova čaure i suvih zidova

ležišta je toliko velika da izgleda kao da je prednji kraj čaure "zavaren" za zidove ležišta metka. Ako bi se zatvarač pomerio unazad pre rastavljanja ovog "zavarenog" spoja, zadnji kraj čaure bi se pocepao pod dejstvom pritiska na dno čaure i ovako pocerana čaura bi izazvala zastoj oružja.

Opisana sekvenca može da varira u zavisnosti od veličine pritiska barutnih gasova pri opaljenju metka, kao i od veličine sile čupanja zrna iz čaure. Što je veći pritisak barutnih gasova zaptivanje na prednjem delu čaure biće bolje. Ovo objašnjava zašto su veoma kratke ravne čaure pogodne za tenkovske topove visokog pritiska, ali su nepovoljne kod smanjenih punjenja haubica.

Kod municije sa malom početnom brzinom zrna tvrdoća materijala čaure može da bude uniformna. Međutim kod municije visokog pritiska praktično mora da postoji opadajući gradijent tvrdoće od dna prema ustima čaure. Meka usta čure su neophodna da bi čaura počela da se širi čim pritisak u njoj počne da raste. Veća jačina zidova je neophodna prema dnu čaure, da bi ona izdržala veliki unutrašnji pritisak. Dno čaure mora da izdrži i naprezanja pri izvlačenju. Na slici 3 prikazan je gradijent tvrdoće po dužini mesingane čaure 7.62 mm NATO.

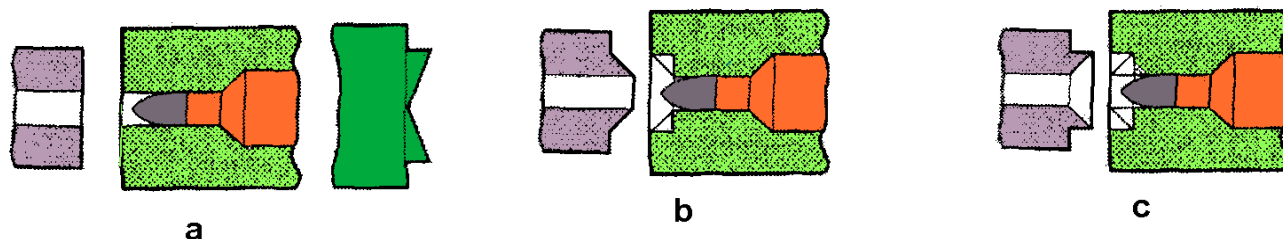


Slika 3. Gradijent tvrdoće čaure metka 7.62 mm NATO

Drugi sistemi zaptivanja

Jedan metod koji obezbeđuje dobro zaptivanje cevi zasnivao bi se na tome da se cev i zatvarač drže međusobno priljubljeni. Međutim, ovakav sistem bi bio podložan habanju i eroziji, tako da bi brzo postao neupotrebljiv. U slučaju rotirajućih komora, kao što je slučaj kod

revolvera ili avionskog topa Aden/Mauser, mora da bude primenjen drugačiji način zaptivanja međuprostora između zatvarača i cevi. Na slici 4 prikazane su dve uparene površine koje naležu jedna na drugu pod dejstvom pritiska koji se ostvaruje kosom površinom ili bregom na zadnjoj strani rotirajućih komora.

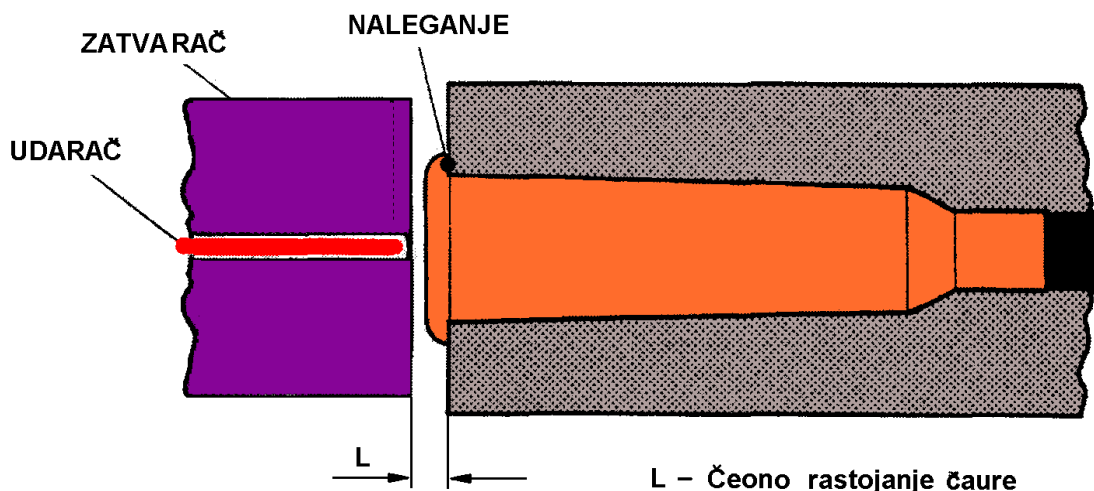


Slika 4. Zaptivanje obrtne komore

Čeono rastojanje čaure

Pojam "**čeono rastojanje čaure**" ima glavnu primenu u nekim aspektima oslanjanja dna čaure na komoru (ležište metka). U opštem slučaju važi sledeća definicija: **čeono rastojanje čaure** je rastojanje između čeone površine zatvarača i tačke naleganja čaure na ležište metka. Važno je naglasiti da se navedena definicija odnosi samo na oružje i da ne zavisi od municije koja se ispaljuje.

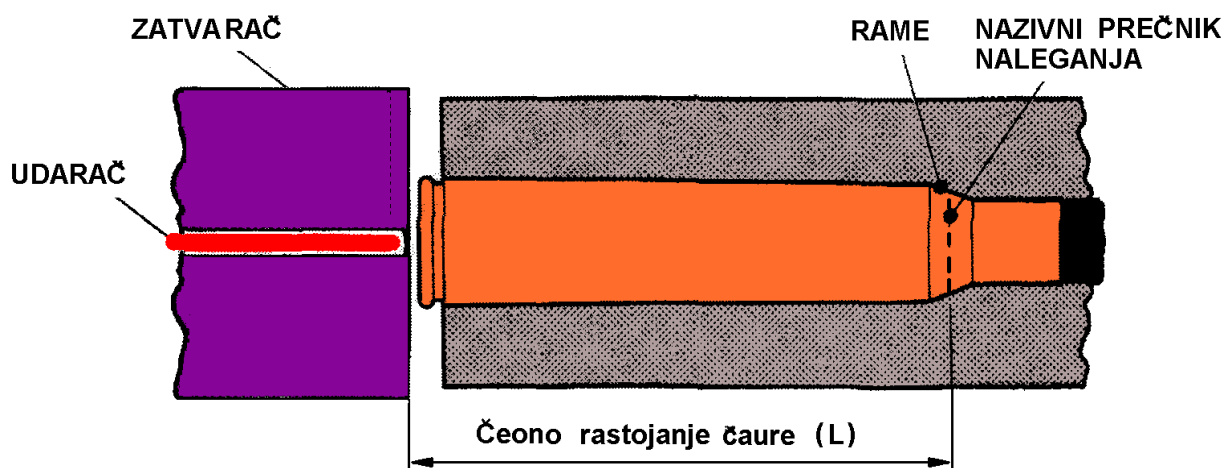
Čaura sa obodom. Kod puščanog metka sa čaurom sa obodom prednja površina oboda predstavlja nalegajuću površinu čaure, pa je čeono rastojanje čaure (L) neznatno veće od debljine oboda, tj. jednako je rastojanju između čela zatvarača i čela komore kada je zatvarač u zabavljenom položaju (slika 5). Naprimer, kod britanskog puščanog metka kalibra .303 R je $L = 1.62$ mm.



Slika 5. Čeono rastojanje čaure kod metka sa čaurom sa obodom

Čaura bez oboda. Kod čaure bez oboda, koja se danas skoro univerzalno koristi, nešto je teže da se precizno odredi vrednost čeonog rastojanja čaure (L), jer čaura sada naleže duž cele svoje male konusne površine (rame čaure). Tako veličina L postaje rastojanje između čela zatvarača u zabavljenom položaju i odabrane nazivne linije na konusnoj površini ramena čaure (slika 6).

Naprimera, kod puške L1A1 za nazivnu liniju je odabrana sredina konusne površine, pa je $L = 41.47$ mm. Kod nekih drugih oružja sa čaurom bez oboda za nazivnu tačku je odabran zadnji kraj konusne površine. Kod mitraljeza 7.92 mm BESA rastojanje L je bilo oko 47.22 mm, dok je kod mitraljeza .3 Browning ovo rastojanje $L = 49.28$ mm. Ovo je primer da mogu da postoje dva oružja istog kalibra, projektovana pod pokroviteljstvom različitih vlasti (različite nazivne tačke), koja ispaljuju istu municiju i imaju istu konfiguraciju ležišta metka, ali im se navedena čeona rastojanja čaure (L) razlikuju. U praksi ovo ne predstavlja problem pošto oružar ima kontrolnike "ide"- "ne ide" za svako oružje. Ako se zatvarač zabavljuje sa kontrolnikom "ide" znači da je rastojanje L korektno, ali zatvarač ne sme da se zabravi sa kontrolnikom "ne ide".



Slika 6. Čeono rastojanje čaure kod metka sa čaurom bez oboda

Problemi. Čeono rastojanje čaure je veoma značajno. Ako je rastojanje L previše veliko čaura može da bude oštećena. U najgorem slučaju dolazi do prskanja čaure kada ona ne može da izdrži pritisak barutnih gasova, jer nije potpuno oslonjena na ležište metka i čelo zatvarača. Preveliko L će prouzrokovati rastavljanje čaure, pošto će pri opaljenju mekano grlo čaure da se raširi i ostane prikovano uz zid komore obezbeđujući zaptivanje, dok će tvrdi i deblji zadnji deo čaure biti potisnut nazad do čela zatvarača. Tako će doći do istezanja čaure i ona može da prsne po najslabijem poprečnom preseku, koji se nalazi na početku konusa. Kada se zatvarač odbravi i povuče unazad, najveći deo čaure je izvučen, ali grlo čaure ostaje u komori. Ako je rastojanje L previše malo doći će do zastoja, zato što zatvarač neće moći pravilno da se zatvori i mehaničko osiguranje će onemogućiti aktiviranje inicijalne kapsle.

Podešavanje. Donedavno je kod lakih mitraljeza bilo pravilo, a kod puškomitraljeza je bilo često zastupljeno, da postoji metod za podešavanje čeonog rastojanja čaure. Upotrebljeni metod je zavisio od načina funkcionisanja i zabavljivanja oružja. Naprimera, kada se zatvarač zabavljuje u telu oružja uz pomoć bloka sa kosinom ili uređaja sa ispuštima, tada rame za zabavljanje može da se zameni u oružju, kako bi se korigovalo rastojanje L koje je promenjeno usled habanja komore. Kod nekih konstrukcija mogu da se ubacuju podmetači kojima se čelo zatvarača pomera napred i tako smanjuje preveliko rastojanje L . Kod drugih konstrukcija cev se zavrtnjem unutar rama pomera nazad prema zatvaraču. Pri finalnom sklapanju oružja zadovoljavanje tolerancija proizvođača postiže se korišćenjem opsega

veličina jedne komponente. Kada nema mogućnosti za podešavanje rastojanja L onda se najjeftiniji deo zamenjuje. Naprimer, kod prevelikog L čelo zatvarača se zamenjuje odgovarajućim elementom većih dimenzija. Kod savremenih konstrukcija habanje je daleko manje zbog korišćenja čelika i legura boljih mehaničkih karakteristika, tako da je veoma verovatno da će se oružje pohabati pre nego što bude potrebno podešavanje veličine L. Na ovaj način je pravilna vrednost čeonog rastojanja čaure (L) "ugrađena" u konstrukciju oružja i uopšte je nije moguće podešavati. Ako dođe do habanja oružja, a nije omogućeno podešavanje rastojanja L, oružje mora da se vrati u fabriku na remont.

Automatska funkcija oružja

Kod savremenog automatskog oružja, izuzev onog koje koristi spoljni pogon, za automatsku funkciju se koristi deo energije dobijene sagorevanjem baruta.

Razlikujemo tri osnovna sistema automatske funkcije oružja:

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • Trzanje zatvarača | - Blow back operation | - Odbacivanje utrošene čaure |
| • Trzanje cevi | - Recoil operation | |
| • Odvođenje barutnih gasova | - Gas operation | - Dejstvo barutnih gasova |

Treba biti obazriv pri razmatranju navedenih sistema rada automatike oružja, jer je granica između pojedinih sistema u izvesnoj meri nejasna. Sistemi trzanja zatvarača i trzanja cevi u potpunosti zavise od sile kojom barutni gasovi deluju preko dna čaure na čelo zatvarača. Međutim, čaura se može smatrati malim klipom koji se potiskuje nazad pod dejstvom barutnih gasova, tako da bi sva tri sistema mogla da se klasifikuju u "dejstvo barutnih gasova". Isto tako, sva tri sistema u većoj ili manjoj meri koriste "odbacivanje utrošene čaure", jer postoji zaostali pritisak gasova na dno čaure kad je cev odbravljena.

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| • Spoljni pogon | - External Power |
|------------------------|-------------------------|

Funkcija zatvarača

Zatvoreni zatvarač (Closed bolt)

Po obavljenom punjenju oružja metak je smešten u ležištu metka (komori). On ostaje tu sve dok strelac ne odluči da povuče obarač i ispali metak. Nakon opaljenja zatvarač se otvara i utrošena čaura se izvlači i izbacuje. Zatvarač odmah povlači novi metak i ubacuje ga u ležište metka. Ovaj novi metak se ispaljuje, ako je obarač još uvek povučen, ili ostaje u ležištu metka do daljnjeg. Tako je normalno stanje jednom napunjenog oružja sa zatvorenim zatvaračem da ima metak u komori. Ukoliko je prethodno bio ispaljen veliki broj metaka, komora oružja će biti veoma vrela i toplota će se preko metalne čaure prenositi na barut. Temperatura samozapaljenja jednobaznih baruta je oko 190 °C, a dvobaznih baruta oko 150 °C, tako da može doći do efekta "cook off" - neželjenog opaljenja metka usled samozapaljenja baruta. Zatvoreni zatvarač se koristi kod pušaka kod kojih se zahteva tačnost prvog opaljenog metka, pošto nema kretanja velikog, teškog zatvarača koje bi ometalo nišanje strelca.

9 mm HK UMP, HK MP5, PP2000
5.56 mm M16, HK G36, FN FNC, SA 80 L85A1/A2

7.62 mm HK G3, AK 47,
5.45 mm AK 74

Otvoreni zatvarač (Open bolt)

U ovom slučaju, u trenutku kada strelac povuče obarač zatvarač zahvata metak, smešta ga u ležište, ispaljuje ga, a po prestanku paljbe ostaje u zadnjem položaju. Tako je komora ostavljena prazna sve dok metak ne treba da bude opaljen. Ovakav koncept smanjuje mogućnost pojave "cook off" efekta. Međutim, ovakav sistem je nepovoljan za tačnost prvog metka, jer kretanje zatvarača ometa nišanje strelca.

9 mm Uzi , MAC -10, Sterling

7.62 mm M 60

Zagrevanje i hlađenje oružja

Zagrevanje

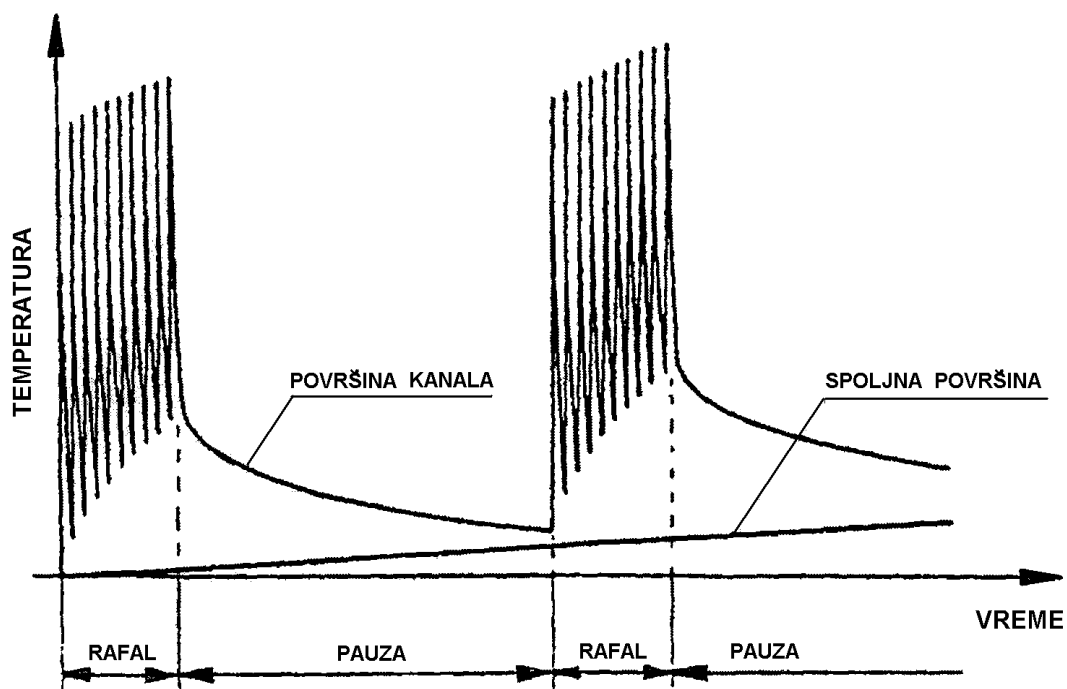
Postoje dva izvora zagrevanja oružja, vreli barutni gasovi i trenje između zrna i cevi. Zagrevanje usled trenja je veoma malo i teško ga je kvantitativno odrediti, tako da može da se zanemari. Temperatura sagorevanja baruta je u oblasti 2000 °C. Toplota se sa užarenih barutnih zrna i vrelih barutnih gasova prenosi na unutrašnju površinu (kanal) cevi. Temperatura kanala cevi može da dostigne vrednost do 1000 °C, ali ona brzo opada nakon izlaska barutnih gasova. Toplota zatim kondukcijom prolazi kroz zid cevi, pa se odaje okolnoj sredini sa spoljne površine cevi konvekcijom i zračenjem. Nažalost toplotni gubici su mnogo manji od priliva toplote, tako da se cev brzo zagreva, a sporo hladi.

Količina toplote koja se prenosi na cev zavisi od mase barutnog punjenja, brzine sagorevanja baruta i temperature sagorevanja baruta. Ona takođe zavisi od materijala cevi, površine kanala cevi i temperaturske razlike između barutnih gasova i unutrašnje površine cevi. Pri dužem gađanju, prelaz toplote na cev postaje manji, ali toplotni gubici postaju veći, tako da se postiže ravnotežno stanje.

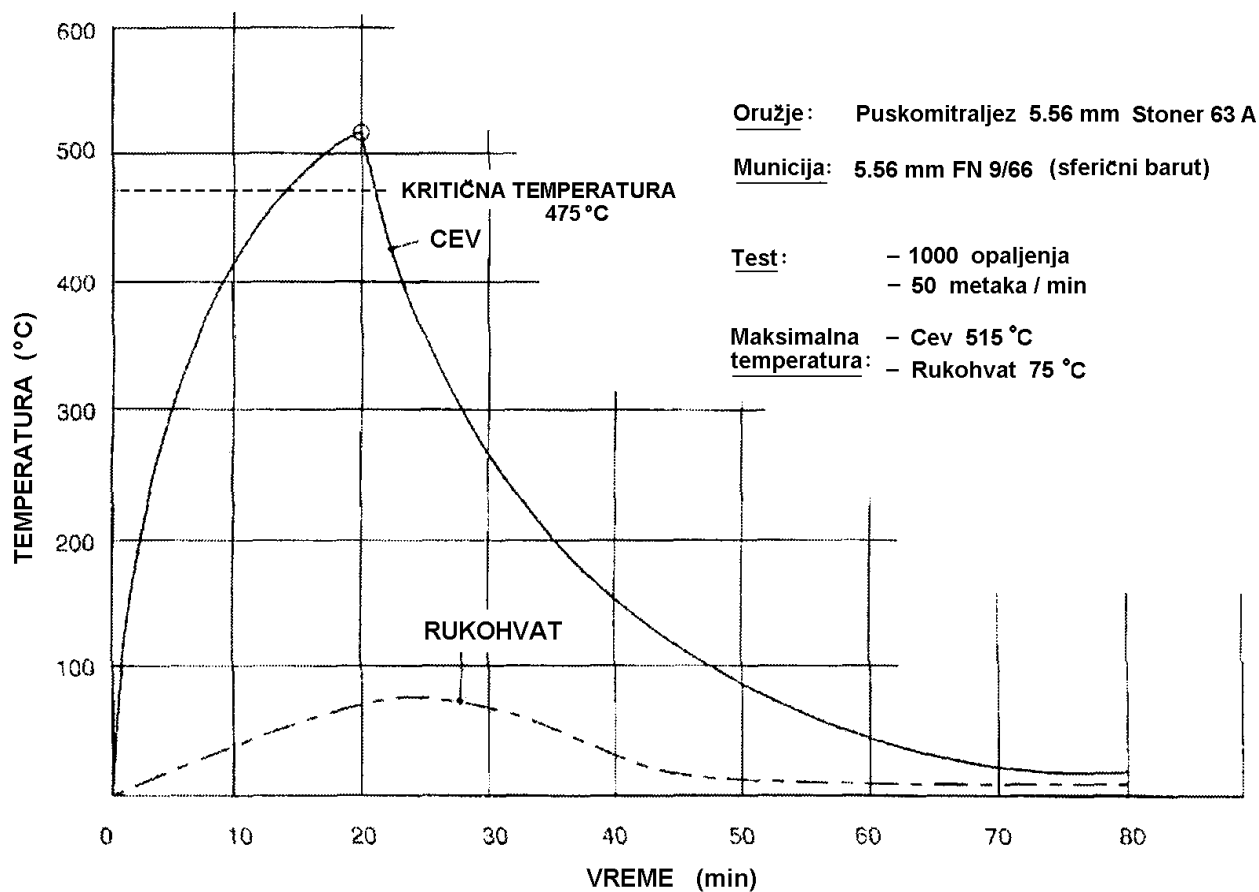
Priliv toplote je najveći neposredno ispred ležišta metka, gde je cev obično najdeblja. Temperatura duž cevi nije uniformna. Postoji značajna temperaturska razlika između unutrašnje i spoljašnje temperature cevi, koja kod usta komore dostiže čak 400 °C, a kod usta cevi je reda 100 °C. Dijagrami na slici 7 ukazuju da se kratkim prekidima paljbe smanjuje maksimalna temperatura unutrašnje površine cevi, ali je mali uticaj ovih prekida na porast spoljne temperature cevi.

Ako je temperatura unutrašnje površine cevi u dužem vremenskom periodu reda 500 °C doći će do oštećenja cevi kroz ubrzano habanje i eroziju.

Kada oružje treba da ispali veliki broj metaka, upotreba pojedinačne fiksne cevi nije opravdana, što je pokazano na slici 8. Posle režima paljbe od 50 metaka u minuti u trajanju od 20 minuta, temperatura kanala cevi puškomitraljeza **5.56 mm Stoner 63A** je prešla kritičnu tačku i svako dalje gađanje će dovesti do oštećenja cevi.



Slika 7. Zagrevanje kanala i spoljne površine cevi (rafali sa pauzama)



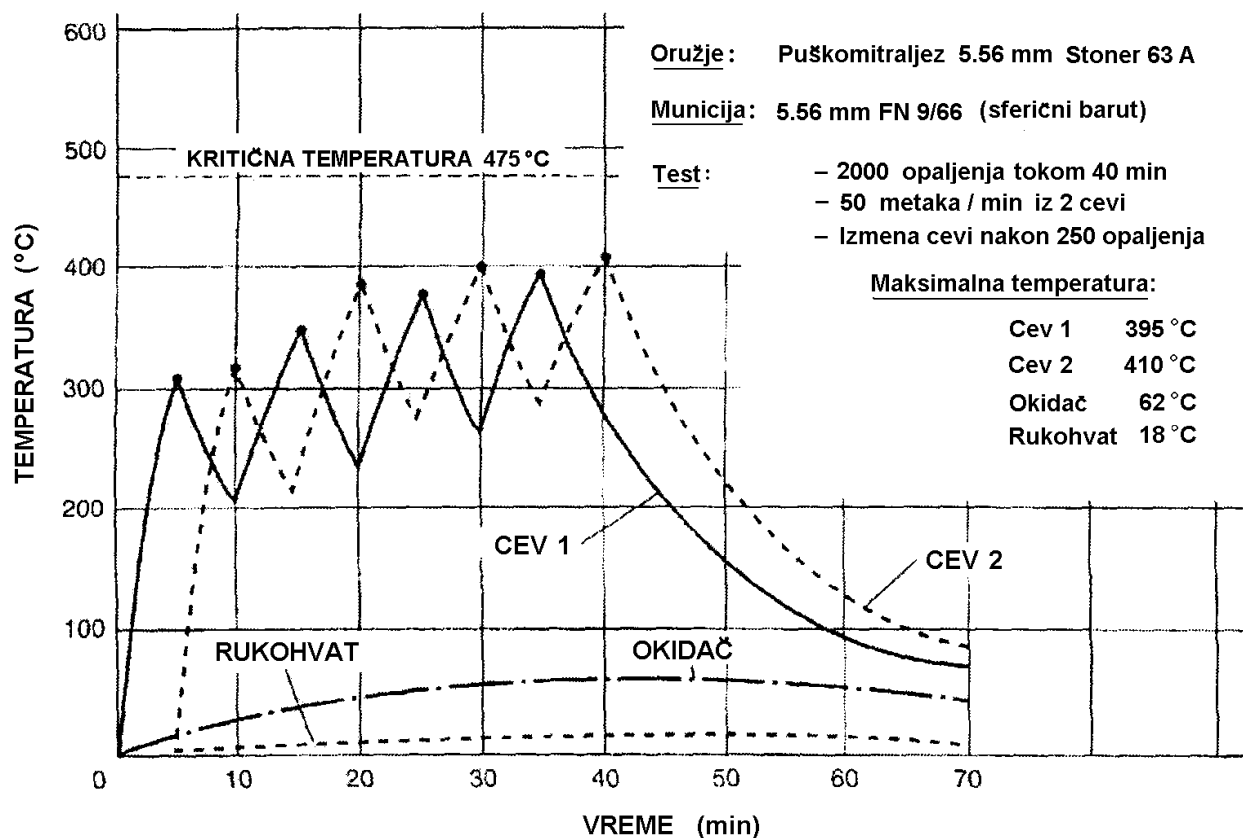
Slika 8. Zagrevanje pojedinačne fiksne cevi

Tokom ispitivanja jurišne puške **5.56 mm Enfield SA 80** primećeno je da je pri opaljivanju 300 do 360 metaka, bilo kojom brzinom većom od 60 metaka u minuti, dolazilo do takvog zagrevanja cevi da je po prestanku paljbe na metku smeštenom u komori pojava °cook-off° efekta bila skoro neizbežna nakon 30 sekundi ili čak i ranije.

Ako je korišćenjem cevi hladene vazduhom potrebno obezbediti dugotrajnu paljbu sa velikom brzinom gađanja, onda je neophodno upotrebiti dve ili više lako izmenljivih cevi. Idealno bi bilo kada bi se zamenjena cev prinudno hladila vlažnom travom ili tekućom, odnosno stajaćom vodom. Međutim, kao što se vidi na slici 9, čak i hlađenje na vazduhu je dovoljno da omogući dugotrajnu paljbu sa brzinom gađanja od 50 metaka u minuti.

Hlađenje

Predviđanje hlađenja oružja je komplikovan proces koji zahteva rešavanje diferencijalnih jednačina. Toplota koja se sa baruta prenosi na unutrašnju površinu cevi, provodi se kroz zidove do spoljne površine cevi. Teoretski, kod tanke cevi toplota bi trebalo brže da se prenosi do spoljne površine. Međutim, odavanje toplote u okolnu sredinu je toliko lagano da bi se tanka cev vrlo brzo pregrejala i postala nepraktična za upotrebu. Kod oružja sa vazдушnim hlađenjem cev mora da igra ulogu toplotnog ponora i zato mora da bude debela. Kod streljačkog oružja debljina cevi dobijena na osnovu zahteva otpornosti uglavnom predstavlja sasvim dobar toplotni ponor. Što je brzina gađanja veća, potrebno je da se cev veće debljine uklopi u zahteve za masu i veličinu oružja.



Slika 9. Zagrevanje dve izmenjive cevi

Konvekcija. Brzina odavanja toplote okolnoj sredini putem konvekcije zavisi od temperaturske razlike, površine zagrejanog predmeta i karakteristika okolne sredine. Uprošćena procena spoljne temperature cevi može se dobiti ako se pretpostavi konstantan priliv toplote, konstantna debljina cevi i konstantna temperatura po dubini zida cevi.

$$m c \frac{dT}{dt} = H A_u R - h A_s (T - T_a) \quad (1)$$

gde je $m = \rho \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) L$, $A_u = \pi \cdot d \cdot L$, $A_s = \pi \cdot D \cdot L$

m - masa cevi (kg)	A_u - unutrašnja površina cevi (m ²)
c - specifična toplota cevi (J/kg/K)	A_s - spoljna površina cevi (m ²)
T - temperatura cevi u trenutku t (K)	d - unutrašnji prečnik cevi (m)
T_a - temperatura okoline (K)	D - spoljni prečnik cevi (m)
H - količina toplote predata cevi po jedinici površine pri opaljenju metka (J/m ² /met)	h - koeficijent prelaza toplote sa cevi na okolnu sredinu (J/m ² /K)
R - brzina gađanja (met/min)	ρ - gustina materijala cevi (kg/m ³)
L - dužina cevi (m)	

Zračenje. Odavanje toplote okolnoj sredini putem zračenja postaje dominantno kada temperatura spoljne površine cevi dostigne 200 °C, jer je količina odate toplote zračenjem proporcionalna četvrtom stepenu temperature. Zato se u jednačinu (1) mora uvrstiti i sledeći član:

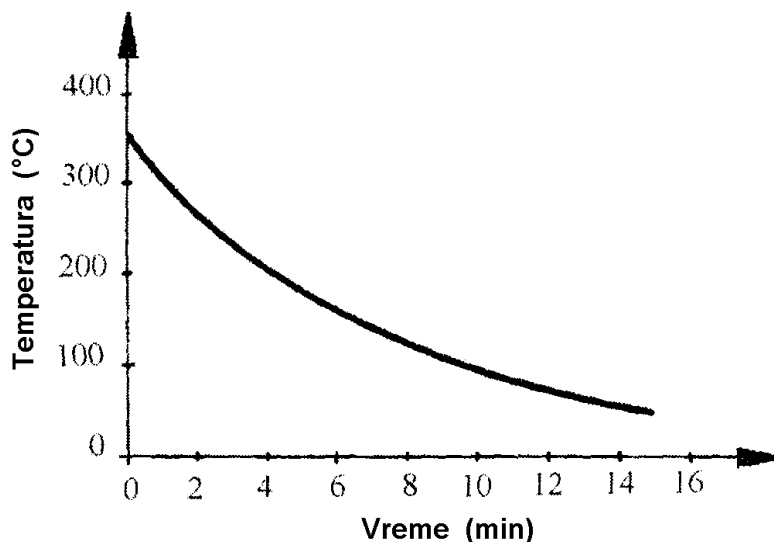
$$\varepsilon \sigma A_s (T^4 - T_a^4)$$

gde je ε - koeficijent emisivnosti
 σ - Stefan-Boltzman-ova konstanta

Ublažavanje problema zagrevanja oružja

Postoji više načina da se spreči preterano zagrevanje oružja:

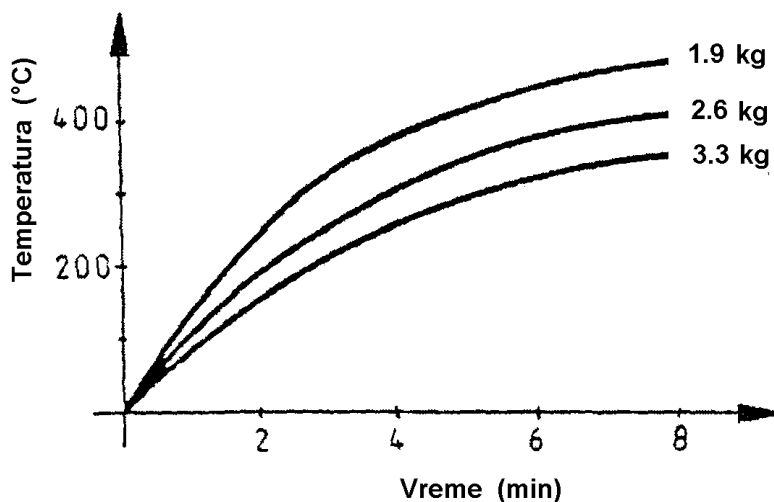
- Obezbeđivanje brzo izmenljivih cevi.
- Hlađenje cevi može se ostvariti prirodnim putem ili upotrebom veštačkog hlađenja. Prirodno hlađenje je široko rasprostranjen metod zbog svoje jednostavnosti. Međutim, efekat prirodnog hlađenja je mali, što pokazuje primer prikazan na slici 10. Teška cev se sporo zagreva, ali se sporo i hladi.
- Obezbeđivanje prinudnog hlađenja, bilo stvaranjem vazdušne struje preko cevi, bilo hlađenjem pomoću tečnosti. Moglo bi se očekivati da se ugradnjom rebara na cevi, usled povećanja površine može poboljšati hlađenje. Međutim, ukoliko nema opstrujavanja vazduha preko rebara, odavanje toplote okolini je minimalno. Rebra se često koriste za povećanje jačine cevi uz minimalno povećanje mase.



Slika 10. Brzina hlađenja cevi puškomitraljeza 5.56 mm

- Prevlačenje unutrašnje površine cevi tankim slojem tvrdog metala, kao što je hrom, omogućuje da se odloži početak trošenja i erozije cevi. Drugi metod koji je bio primenjen je da se početni deo cevi zameni lajnerom (košuljicom) od **stelit**-a. Stelit je veoma tvrda legura kobalta koja se niti lako haba niti lako erodira na visokim temperaturama. Međutim, ova legura niti je laka za obradu niti je laka za spajanje. Prostor između umetka od stelita i čelične cevi dovodio je do skidanja metala košuljice zrna i do prevremenog paljenja u cevi municije sa zapaljivim zrnom. Samo ugradnjom lajnera od stelita po celoj dužini cevi može se bezbedno primeniti ova ideja. Najviše koristi od stelitne cevi mogli bi da imaju avionski topovi.

- Povećanje mase cevi je jednostavan način za smanjenje temperature cevi. Na ovaj način povećava se toplotna masa, tako da će porast spoljne temperature cevi za svaki opaljeni metak biti manji, iako će toplota koja se predaje cevi pri svakom opaljenju biti ista. Uticaj povećavanja mase cevi puškomitraljeza 5.56 mm, na zagrevanje cevi pri konstantnoj brzini gađanja, prikazan je na slici 11



Slika 11. Uticaj povećavanja mase cevi na temperaturu (puškomitraljez 5.56 mm sa istom brzinom gađanja)