Analiza tragova trošenja cijevi lovačkog oružja

Ambrušec, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:671222

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-19**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marin Ambrušec

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv.prof. dr.sc Suzana Jakovljević

Student:

Marin Ambrušec

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marin Ambrušec** Mat. br.: 0035202473

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza tragova trošenja cijevi lovačkog oružja**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of wear tracks of hunting rifle barrel**

Opis zadatka:

Unutar cijevi oružja odvija se proces opaljenja kao temeljna funkcija oružja. Pri opaljenju i izgaranju barutnog punjenja razvijaju se barutni plinovi. Njihov kemijski sastav te kretanje projektila uzduž kanala cijevi uzrokuju jako toplinsko, mehaničko i kemijsko djelovanje na cijev oružja. Takva djelovanja rezultiraju razvojem mehanizama trošenja u kanalu cijevi. Proces trošenja cijevi dovodi do stanja istrošenosti cijevi.

U radu je potrebno:
1) definirati materijale od kojih se izrađuju cijevi lovačkog oružja,
2) analizirati i opisati mehanizme trošenja koji se javljaju u kontaktu cijevi i projektila,
3) na izabranom primjeru karakterizirati mikrostrukturu materijala izabrane cijevi,
4) analizirati rezultate i dati zaključak.

Zadatak zadan:
26. travnja 2018.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Suzana Jakovljević

Datum predaje rada:
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.
3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:
2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.
3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

Pod materijalnom i kaznenom odgvornošću izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno uz stručnu pomoć mentorice izv.prof.dr.sc. Suzane Jakovljević koristeći znanja stečena tijekom studija te navedenu literaturu i rezultate dobivene ispitivanjem u eksperimentalnom dijelu svog rada.

Želio bih se zahvaliti svima koji su mi pomagali tijekom izrade ovog rada, a iskrene zahvale upućujem tehničkom suradniku Ivanu Vovku i kolegama iz laboratorija za toplinsku obradu na pruženoj pomoći u eksperimentalnom dijelu rada.

Duboke zahvale upućujem svojoj mentorici izv.prof.dr.sc Suzani Jakovljević, na stručnim savjetima i pruženoj pomoći oko izrade rada kao i na strpljenju tijekom izrade rade.

Želio bih se zahvaliti i svojem kolegi i prijatelju Ivanu Rakiževac i njegovoj tvrtci Puškarnica Rakiževac d.o.o koji mi je omogućio potrebne uzorke za eksperimentalni dio rada.

Najviše zahvale idu mojoj obitelji, roditeljima i sestri koji su mi bili velika podrška tijekom studiranja i omogućili mi da ostvarim ovaj svoj veliki cilj.

Marin Ambrušec

SADRŽAJ:

POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA V
POPIS OZNAKA VI
SAŽETAK VII
SUMMARY VIII
1. UVOD 1
TEORIJSKI DIO 2
2. LOVAČKO ORUŽJE 3
2.1. LOV PUŠKA S GLATKIM CIJEVIMA (SAČMARICA) 3
2.2. LOV PUŠKA S UŽLJEBLJENIM CIJEVIMA 4
2.3. PRESJEK I KALIBAR CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 6
2.3.1. PRESJEK CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 6
2.3.2. KALIBAR CIJEVI 8
2.4. BITNI ZAHTJEVI KOJE MORA ZADOVOLJITI CIJEV LOVAČKOG ORUŽJA 10
3. PROCES OPALJENJA LOVAČKOG ORUŽJA 11
3.1. TRIBOLOŠKE ZNAČAJKE PROCESA OPALJENJA 12
3.2. TLAK BARUTNIH PLINOVA 13
3.3. ZAGRIJAVANJE CIJEVI PRI PROCESU OPALJENJA 14
4. MEHANIZMI TROŠENJA CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 15
4.1. ABRAZIJA 15
4.2. ADHEZIJA 17
4.3. UMOR POVRŠINE 18
4.4. TRIBOKOROZIJA 19
5. TROŠENJE I ISTROŠENOST CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 20
5.1. OBLICI ISTROŠENOSTI CIJEVI 21
5.1.1. DEFORMACIJA I ISTROŠENOST POLJA I ŽLIJEBOVA 21
5.1.2. KOROZIJSKA NAGRIZENOST POVRŠINE KANALA CIJEVI 23
6. MATERIJALI CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 24
6.1. MIKROSTRUKTURA ČELIKA 25
6.2. NITRIRANJE 26

6.3. BRUNIRANJE 27
7. ODRŽAVANJE LOVAČKOG ORUŽJA 29
EKSPERIMENTALNI DIO 31
8. ANALIZA UZORAKA MATERIJALA CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA 32
8.1. KEMIJSKA ANALIZA ELEMENATA 35
8.2. MJERENJE TVRDOĆE UZORKA U LABORATORIJU ZA TOPLINSKU OBRADU 37
8.3. ZRNO LOVAČKOG ORUŽJA KALIBRA 8X57 MM 38
9. ZAKLJUČAK 40
LITERATURA 42
PRILOZI 42

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Puška sačmarica s dvije cijevi 3
Slika 2.2. Puška sačmarica s jednom cijevi 4
Slika 2.3. Prelamanje puške sačmarice 4
Slika 2.4. Pogled u kanal užljebljene cijevi 5
Slika 2.5. Primjer mehanizma puške s užljebljenim cijevima 5
Slika 2.6. Uzdužni presjek cijevi lovačkog oružja 6
Slika 2.7. Primjer zrna kalibra 8x57 mm sa mjedenom čahurom proizvođača lapua 7
Slika 2.8. Poprečni presjek vodećeg dijela cijevi 8
Slika 2.9. Popis i izgled zrna različitih kalibara 9
Slika 2.10. Primjeri najsuvremenijih proizvedenih cijevi lovačkog oružja 10
Slika 3.1. Sustav opaljenja zrna cijev-zrno-barutno punjenje-zatvarač 11
Slika 3.2. Proces opaljenja 12
Slika 3.3. Ovisnost barutnih plinova p i brzine zrna o prijeđenom putu x 13
Slika 3.4. Balistika zrna kod procesa opaljenja [10] 14
Slika 3.5. Ovisnost brzine zrna o temperaturi zagrijavnja cijevi 15
Slika 4.1. Jedinični događaj abrazije 16
Slika 4.2. Jedinični događaj adhezije 17
Slika 4.3. Jedinični događaj umora površine 18
Slika 4.4. Jedinični događaj tribokorozije 19
Slika 5.1. Dijagram trošenja cijevi 20
Slika 5.2. Istrošenost cijevi lovačkog oružja kalibra 243 winchester 21
Slika 5.3. Okrznuti brid polja 22
Slika 5.4. Pucanje polja i žljebova u obliku uzdužnih rascjepa 22
Slika 5.5. Korozijska nagrizenost cijevi 23
Slika 5.6. Rupičasta korozija prisutna na lovačkoj puški sačmarici 23
Slika 6.1. Dijagram postupka poboljšavanja čelika 24
Slika 6.2. Opći cct dijagram čelika 26
Slika 6.3. Dijagram tenifer postupka 27
Slika 6.4. Postupak bruniranja cijevi lovačkog oružja 28
Slika 7.1. Obojena krpica pokazatelj prisustva nečistoća u cijevi 29
Slika 7.2. Prikaz osnovnog čišćenja lovačke puške 30
Slika 8.1. Kompletan uzorak cijevi za ispitivanje 32
Slika 8.2. Zadnji dio kompletnog uzorka cijevi 32
Slika 8.3. Prednji dio kompletnog uzorka cijevi 33
Slika 8.4. Uzimanje uzoraka cijevi lovačkog oružja 33
Slika 8.5. Snimka mikrostrukture uzorka povećanja 500 x 34
Slika 8.6. Snimka mikrostrukture uzorka povećanja 1000 x 34
Slika 8.7. Xrf analiza uzorka cijevi lovačkog oružja 35
Slika 8.8. Dijagram xrf analize 36
Slika 8.9. Mjerenje tvrdoće na uređaju wilson volpert tukon 2100 b 37

Slika 8.10. Primjer zrna za lovačku pušku kalibra 8x57 mm..... 38
Slika 8.11. Primjeri zrna nakon udarca u metu 38
Slika 8.12 Analiza trošenja cijevi.....39

POPIS TABLICA

Tablica 6.1. Značajke tenifer postupka .....**POGREŠKA! KNJIŽNA OZNAKA NIJE DEFINIRANA.**
Tablica 8.1. Udio legirnih elemenata u uzorku .....**POGREŠKA! KNJIŽNA OZNAKA NIJE DEFINIRANA.**
Tablica 8.2. Rezultati mjerenja tvrdoće na navedenom uređaju ..... **POGREŠKA! KNJIŽNA OZNAKA NIJE DEFINIRANA.**

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
d	mm	kalibar cijevi
h	mm	dubina žlijeba
a	mm	ukupna širina polja
b	mm	ukupna širina žlijeba
l	mm	apsolutna duljina koraka žlijeba
α	^{o}	kut uvijanja žlijeba
F_p	N	sila barutnih plinova prema ustima cijevi
F_z	N	sila barutnih plinova na čelo zatvarača
p	Pa	tlak barutnih plinova
v	m/s	brzina kretanja zrna
x	mm	prijeđeni put zrna
t	s	vrijeme kretanja zrna
p_{ut}	Pa	tlak utiskivanja
$\mathrm{p_m}$	Pa	najveći tlak barutnih plinova
F_N	N	normalna komponenta opterećenja
F_T	N	tangencijalna komponenta opterećenja

SAŽETAK

U radu je ispitan uzorak cijevi lovačkog oružja kalibra 8x57 mm koji se danas koristi kao najučestalije oružje za lov na raznoliku vrstu divljači. Provedeni su postupci mjerenja tvrdoće po Vickersu. Postupci su provedeni u laboratoriju za toplinsku obradu. Ispitani su mehanizmi trošenja u kanalu cijevi. Proces samog trošenja cijevi dovodi do istrošenosti cijevi. Defnirani su materijali od kojih se izrađuju cijevi lovačkog oružja. Rengenskom analizom utvrđeno je da se moraju korisiti materijali koji se ne mijenjaju s promjenom temperature. Mikrostruktra samih materijala utvrđena je pomoću SEM mikroskopije. Definirana su i svojstva koja su potrebna kako bi razvoj mehanizama trošenja u kanalu cijevi bio minimalan. Sa svim potrebnim mjerenjima i rezultatima došlo se do zaključka koji bi se materijali trebali korisiti u industriji lovačkog oružja te sa kojim svojstvima i mikrostruktorom bi se trošenje cijevi lovačkog oružja smanjilo da ne dođe do prevelikog stanja istrošenosti cijevi koje bi dovelo do posljedica kao što su neprecizno kretanje projektila unutar cijevi. To neprecizno kretanje projektila dovodi do nepreciznosti same puške kao i mogućnost puknuća cijevi.

Ključne riječi: cijev lovačkog oružja, mehanizmi trošenja, SEM

SUMMARY

In the thesis has been examined a sample of hunting weapon's barrel 8x57mm that is today most commonly used as the hunting weapon for various kinds of venison. Procedures measuring firmness have been carried out by Vickers. Procedures have been carried out in the laboratory for heat treatment. Mechanisms of consumption in the channel of the barrel had been examined. The process of firmness itself leads to detrition of the barrel. Materials for making the barrels of hunting weapons have been defined. By the x - ray analysis had been established that one has to use materials that aren't changing with the temperature change. Microstructure of the materials themselves have been established by the means of SEM microscopy.Features that are necessary for developing minimal firmness in the channel of the barrel are defined too. With all necessary measurements and results there was a conclusion which materials should have been used in hunting weapons' industry and with which features and microstructure would have firmness of hunting weapons' barrel been reduced to not get into great deal of firmness of the barrel that would lead to consequences like imprecise movement of the missile inside the barrel.That imprecise movement leads to imprecision of the shotgun itself and potential rupture of the barrel.

1. UVOD

Lovačko oružje je vatreno oružje kojim se smije loviti divljač. Postoje lovačka oružja različite vrste i različitih kalibara. Vrste lovačkih pušaka i detalje oko kalibara opisat će se u nastavku ovog rada. Unutar cijevi lovačkog oružja javlja se proces opaljenja kao temeljna funkcija oružja. Pri opaljenju samog lovačkog oružja i izgaranja barutnog punjenja zrna javljaju se barutni plinovi koji sadrže ogromnu količinu toplinske energije. Ako se uzme u obzir i kemijski sastav barutnih plinova te spiralno kretanje zrna unutar cijevi dolazi se do zaključka da proces opaljenja lovačkog oružja ima snažno toplinsko, mehaničko i kemijsko djelovanje na samu cijev lovačkog oružja. Nabrajajući gore navedene pojmove zaključuje se da takvo stanje rezultira razvojem mehanizama trošenja unutar cijevi.

Proces trošenja cijevi je neizbježan proces i dovodi do istrošenosti cijevi. Sami proces mora biti vrlo pomno praćen i moraju se provoditi potrebne mjere održavanja samog lovačkog oružja kako istrošenost cijevi nebi prešla propisane granice i kako se nebi javile ozbiljne posljedice koje mogu dovesti u opasnost živote korisnika tog lovačkog oružja.

Općenito, trošenje je najčešći i najpoznatiji uzrok dotrajavanja dijelova i sklopova u današnjem svijetu. Svime što je vezano za trošenje bavi se znansvena disciplina koja se naziva tribologija (grč. tribos= trenje, trošenje.).

Ovaj rad je namijenjen svim lovcima i zaljubljenicima u oružje kako bi prikazao mehanizme trošenja lovačkog oružja, procese koji se javljaju tijekom opaljenja lovačkog oružja, mikrostrukturu cijevi lovačkog oružja kao i pravilan izbor materijala koji su potrebni za izradu lovačkog oružja.

Važno je uputiti na pravilan izbor mjera kojima se proces trošenja cijevi lovačkog oružja može spriječiti ili barem usporiti. Rad opisuje balističke mjere kojima se povećava vijek trajanja cijevi i pravilan način održavanja cijevi lovačkog oružja. Opisuju se potrebna svojstva i način izrade cijevi lovačkog oružja kao i materijali koji se koriste za izradu samog lovačkog oružja. Najvažnije je da se koristi materijal čija se svojstva ne mijenjaju s promjenama vanjske i unutarnje temperature.

TEORIJSKI DIO

2. LOVAČKO ORUŽJE

Kao što je navedeno u uvodu lovačko oružje je vatreno oružje kojim se smije loviti divljač. Može se podijeliti prema vrstama i kalibrima. Vrste lovačkih pušaka su: 1. Lovačka puška s glatkim cijevima (sačmarica) 2. Lovačka puška s užljebljenim cijevima. Vrste lovačkih pušaka možemo smatrati kao glavnu podjelu lovačkih pušaka. Druga podjela je prema kalibru same cijevi (pojam „kalibar“ objasnit ćemo u toku 2. poglavlja). Kalibar može biti od najmanjeg promjera (2 mm) do najvećeg promjera (13 mm). [1]

2.1. LOV PUŠKA S GLATKIM CIJEVIMA (SAČMARICA)

Lovačke puške sačmarice su vrsta lovačkog oružja čije cijevi nisu užljebljene nego su glatke, a streljivo koje se koristi za puške sačmarice je drugačijeg sastava nego kod pušaka s užljebljenim cijevima. Streljivo kod ovih pušaka se ne naziva zrno nego patrona. Sastoji se od velikog broja kuglica olovne šačme različite veličine (-veličina ovisi o promjeru sačme.) Ispaljivanjem patrone iz puške sačmarice formira se sačmeni snop koji postiže određenu brzinu i ubojitost. Puške sačamrice mogu biti s dvije cijevi ili s jednom cijevi. Ove se puške još nazivaju i „prelamače“ zato što se prilikom svakog opaljenja puška mora prelomiti tj. otvoriti kako bi se stavila nova patrona. [2]



Slika 2.1. Puška sačmarica s dvije cijevi [2]



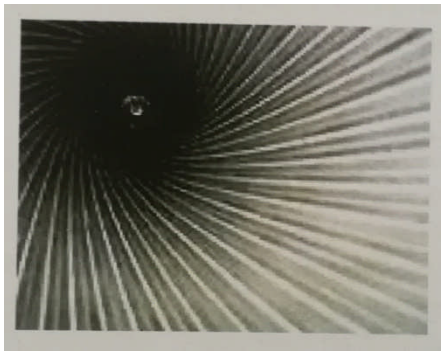
Slika 2.2. Puška sačmarica s jednom cijevi [2]



Slika 2.3. Prelamanje puške sačmarice [2]

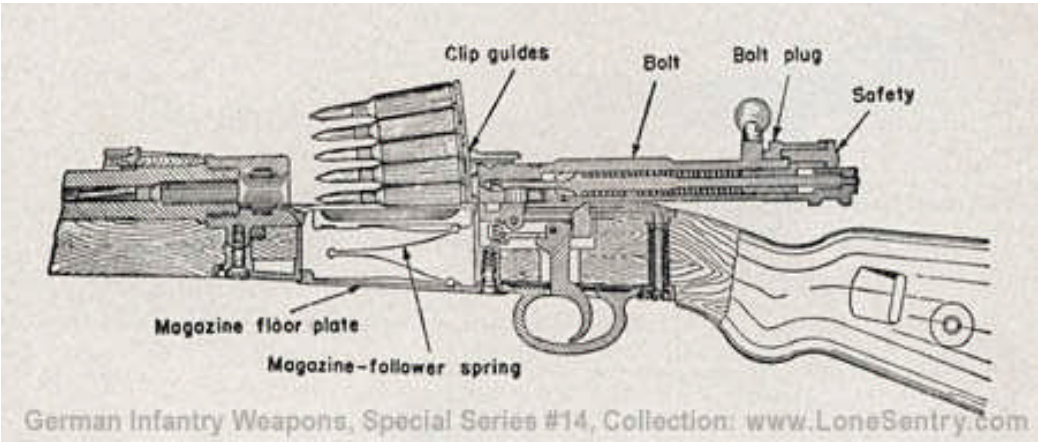
2.2. LOV PUŠKA S UŽLJEBLJENIM CIJEVIMA

Sam naslov nas navodi da se radi o lovačkim puškama koje imaju užljebljene cijevi. Najbitnija razlika u odnosu na puške sačamirce je ta da se ne koristi patrona nego se koristi zrno kojim se pune ovakve puške. Tijekom opaljenja zrno je prisiljeno da prilikom pravocrtnog kretanja duž cijevi postigne i rotaciju oko svoje uzdužne osi. Žlijebovi nisu usporedni s osi kanala cijevi, nego se uvijaju pod određenim kutem uvijanja. [2]



Slika 2.4. Pogled u kanal užljebljene cijevi [1]

Osnovna razlika u odnosu na puške sačmarice je u izradi cijevi. Cijevi ovih pušaka su spiralno uzdužno izbrazdane, najčešće s po 4 – 6 polja i žljebova, tako da zrno kroz nju napravi krug od 360 stupnjeva, što zrnu daje rotirajuće kretanje, da bi na svom putu kroz prostor do cilja lakše savladao sile koje na njega djeluju i održao željeni pravac. Kod lov. pušaka s užljebljenim cijevima postoji spremnik u kojem se nalazi ležište za municiju, ležište zatvarača, zatvarač i mehanizam za okidanje. Spremnik karabina čvrsto spaja cijev s kundakom. Kundak lovačkih karabina može biti rađen od drveta ili plastike. Ima istu svrhu i osobinu kao i kod pušaka sačmarica. [3].



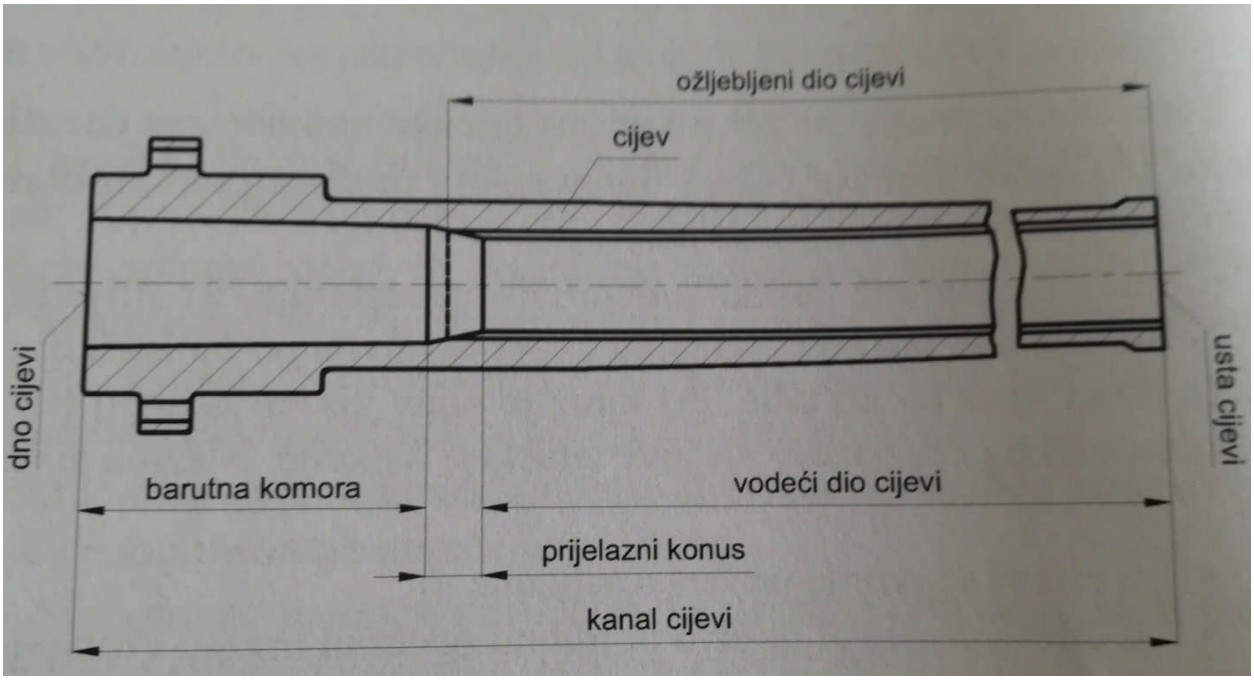
Slika 2.5. Primjer mehanizma puške s užljebljenim cijevima [4]

2.3. PRESJEK I KALIBAR CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA

Cijev samog lovačkog oružja je cijev relativno debelih stjenki. Unutarnji otvor cijevi se naziva kanal cijevi. Uzduž kanala cijevi razlikujemo:

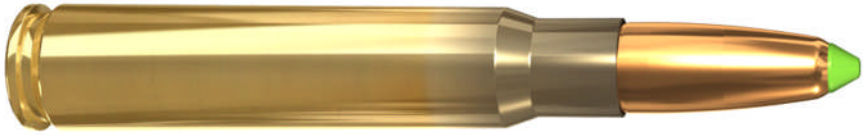
- barutnu komoru,
- prijelazni konus,
- vodeći dio cijevi.

2.3.1. PRESJEK CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA



Slika 2.6. Uzdužni presjek cijevi lovačkog oružja [1]

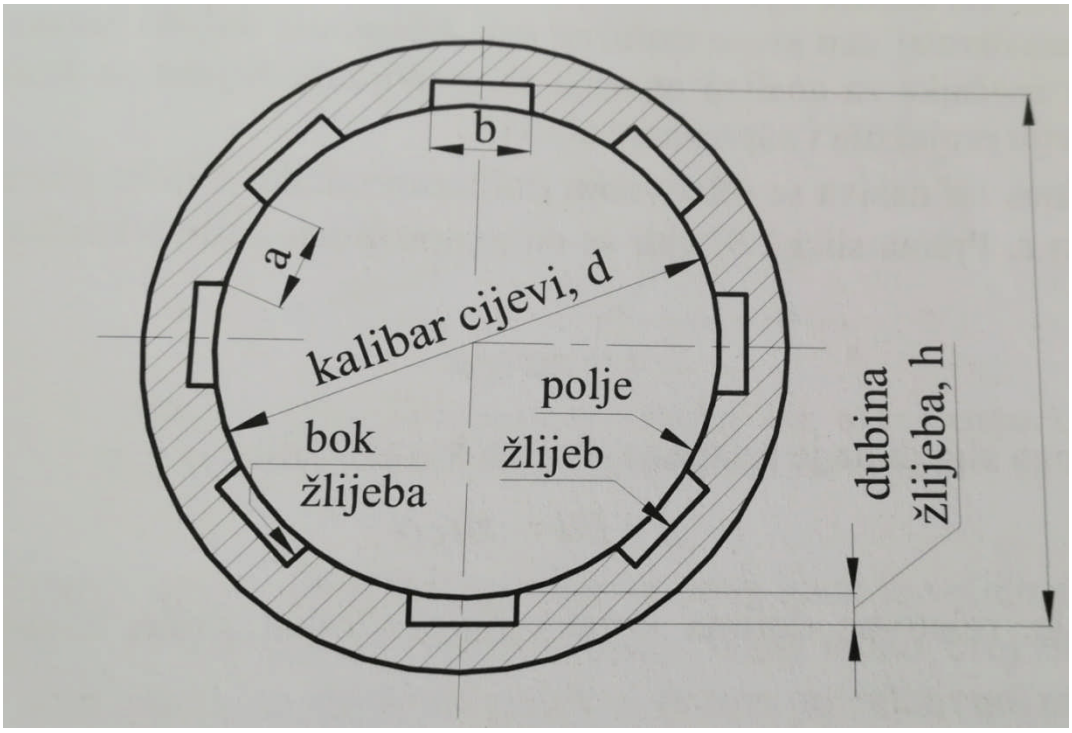
- Barutna komora- je glatki dio kanala cijevi. Namijenjena je za smještaj zrna i za početno izgaranje barutnog punjenja. Kod većine lovačkih pušaka barutno punjenje se nalazi u mjedenoj čahuri. Barutna komora za naboj s čahurom blago je konusnog oblika.



Slika 2.7. Primjer zrna kalibra 8x57 mm sa mjedenom čahurom proizvođača Lapua [5]

- Prijelazni konus- je dio cijevi između barutne komore i vodećeg dijela cijevi. Osnovna mu je namjena da osigura postupno uvođenje zrna u vodeći dio cijevi, ali samim time i uvijek jedan i točan položaj zrna prije opaljenja. Kod užljebljenih cijevi prijelazni konus je na prvoj trećini svoje duljine gladak, a zatim počinje urezivanje žlijebova. Dubina žlijebova postepeno raste pa oni na kraju same cijevi postižu punu konstrukcijsku dubinu. [1].
  Prema [1] treba postići niti prevelik niti premali tlak barutnih plinova da nebi došlo do smicanja vodećeg prstena s košuljice zrna. Zbog toga prijelazni konus ne smije biti prestrm. Računski i praktično je utvrđeno da bi trebao biti u omjeru 1:10 ili 1:20.

- Vodeći dio cijevi- prostire se od prijelaznog konusa do usta cijevi,- (sl.2.6.). Kod lovačkih pušaka s užljebljenim cijevima je užljebljen, a kod lovačkih pušaka s glatkim cijevima je gladak. Na poprečnom presjeku vodećeg dijela cijevi prikazana su polja i žlijebovi.



Slika 2.8. Poprečni presjek vodećeg dijela cijevi [1]

2.3.2. KALIBAR CIJEVI

Promjer mjeren između dva nasuprotna polja naziva se kalibar cijevi (sl. 2.8.). Mjerna jedinica za kalibar je milimetar [mm].

Najpoznatiji lovački kalibar u našim krajevima je 8x57 mm.

označava da je promjer cijevi 8 mm

označava da je dužina čahure zrna 57 mm



Slika 2.9. Popis i izgled zrna različitih kalibara [6]

Konstrukcijske značajke kalibara:- [1]:

- ukupna širina polja i žlijeba najčešće iznosi: $a + b = (8 \div 11)\ mm$
- $1{,}5a < b < 3a$ – za lovačka oružja sa brzinom projektila do 800 *m/s*
- dubina žlijeba h izražena pomoću kalibra iznosi: h=(0,01 do 0,015)d
- veličina l predstavlja apsolutnu duljinu koraka žlijeba kada bi se cijev razrezala u ravninu *x-y* i važna je značajka za analizu utjecaja kuta uvijanja žlijeba na žiroskopsku stabilizaciju cijevi i naprezanje cijevi
- odnos l/d naziva se relativnom duljinom koraka žlijeba i označava se sa ε
- $l=\pi d/\ tg\ \alpha$
- $\varepsilon=l/d = \pi/\ tg\ \alpha$
- relativna duljina koraka žlijeba ovisi samo o kutu uvijanja žlijeba α

2.4. BITNI ZAHTJEVI KOJE MORA ZADOVOLJITI CIJEV LOVAČKOG ORUŽJA

Cijev lovačkog oružja mora svojom ukupnom kvalitetom zadovoljiti stroge zahtjeve:- [1]:

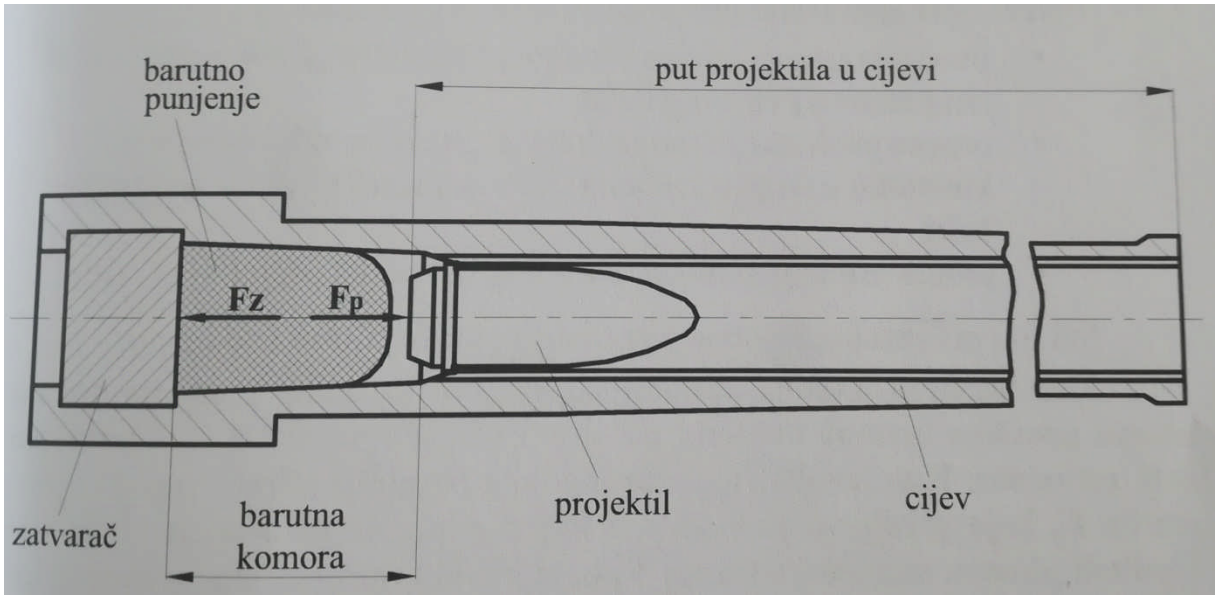
- nakon opaljenja, uz ostavarivanje maksimalnog tlaka barutnih plinova i velikog udarnog opterećenja, ne smije doći do trajnih deformacija u cijevi,
- progib cijevi uslijed vlastite težine mora biti u dopuštenim granicama,
- proces opaljenja u cijevi mora se odvijati prema predviđenim parametrima unutarnje balistike,
- cijev mora imati visoku otpornost na korozijsko i mehaničko trošenje,
- proizvodnja cijevi mora biti tehnologična,
- održavanje cijevi mora biti jednostavno.



Slika 2.10. Primjeri najsuvremenijih proizvedenih cijevi lovčkog oružja [7]

3. PROCES OPALJENJA LOVAČKOG ORUŽJA

Proces opaljenja lovačkog oružja je složeni proces kod kojega se kemijska energija baruta pretvara, u vrlo kratkom vremenu, najprije u toplinsku energiju barutnih plinova, a zatim u kinetičku energiju zrna i pokretnih dijelova oružja. Proces opaljenja se odvija u sustavu koji se sastoji od: cijevi, zrna, barutnog punjenja i zatvarača. (sl 3.1.). [1]



Slika 3.1. Sustav opaljenja zrna cijev-zrno-barutno punjenje-zatvarač [1]

Proces opaljenja lovačkog oružja sastoji se od tri osnovna procesa:

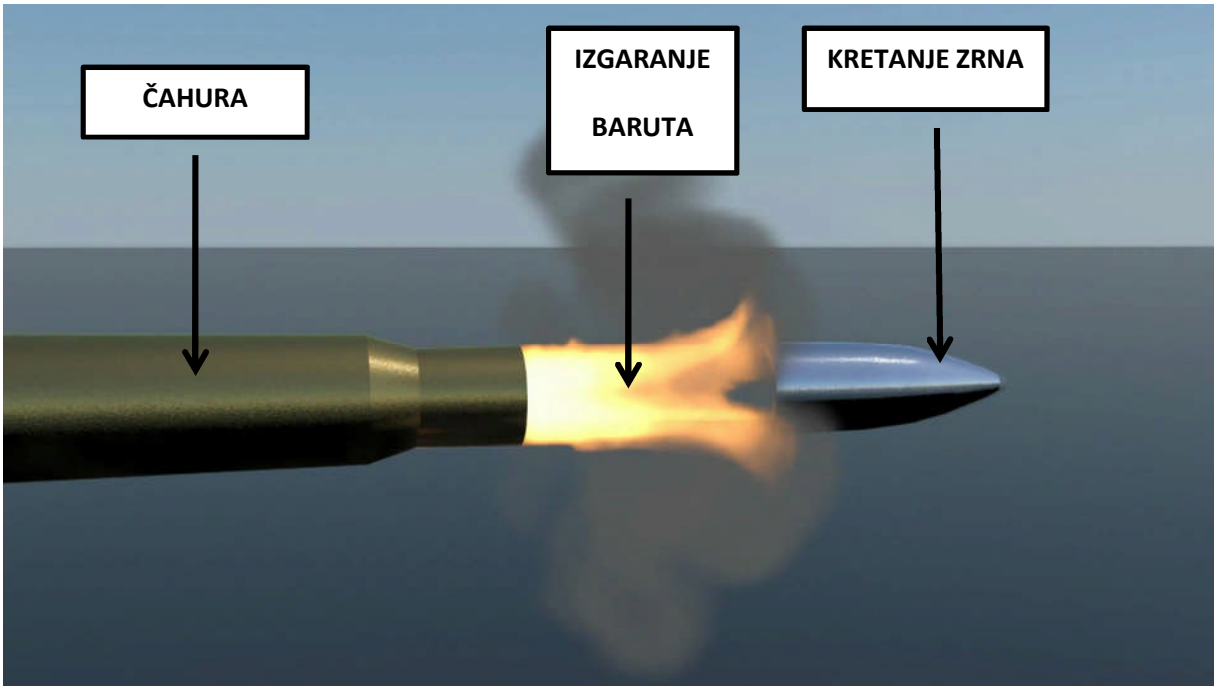
- proces izgaranja baruta i stvaranja barutnih plinova vrlo visoke temperature i visokog tlaka,
- proces pretvaranja toplinske energije barutnih plinova u kinetičku energiju kretanja sustava zrno-punjenje-cijev,
- proces kretanja plinova, barutnog punjenja, zrna i cijevi.

Svi gore navedeni procesi su povezani i odvijaju se istodobno. -[1].

Tlak barutnih plinova nastalih izgaranjem barutnog punjenja djeluje na sve površine barutne komore. Kao rezultat toga nastaju dvije glavne sile $\boldsymbol{F_z}$ **i** $\boldsymbol{F_p}$ (sl 3.1.).

$\boldsymbol{F_p}$**-** sila barutnih plinova koja prisiljava zrno na kretanje prema ustima cijevi

$\boldsymbol{F_z}$**-** sila barutnih plinova na čelo zatvarača koja svojim djelovanjem preko zatvarača izaziva kretanje ostalih dijelova oružja i same cijevi. To kretanje same cijevi se odvija u suprotnom smjeru u odnosu na smjer kretanja zrna i naziva se trzanjem cijevi.- [1].



Slika 3.2. Proces opaljenja [8]

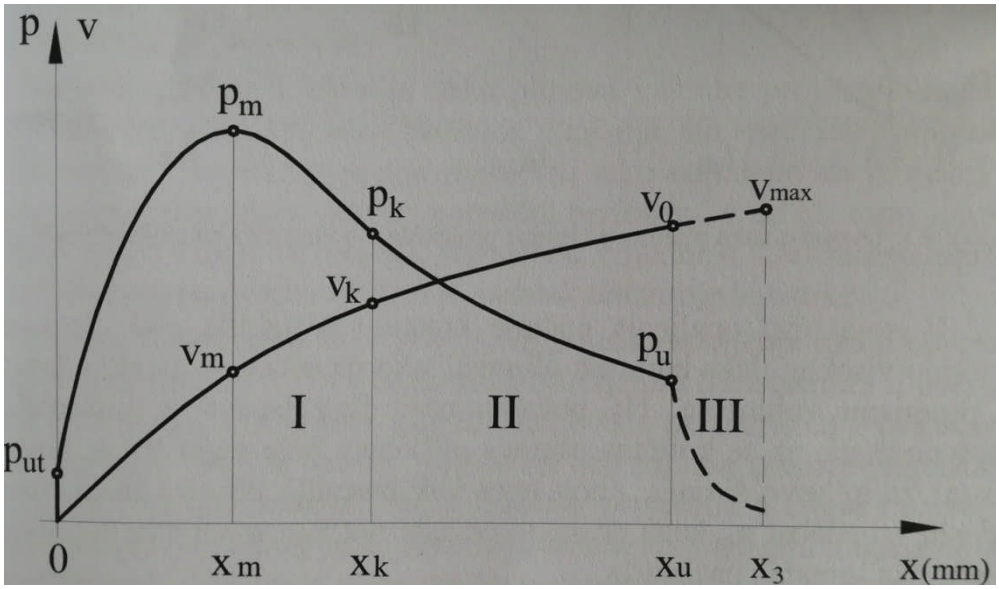
3.1. TRIBOLOŠKE ZNAČAJKE PROCESA OPALJENJA

Na trošenje cijevi veliki utjecaj imaju izgorene barutne čestice, okolna atmosfera te sami utjecaj zrna. Prilikom kretanja zrna kroz cijev lovačkog oružja, na dodirnim površinama kanala cijevi i prstenova projektila se stvara pritisak i sila trenja klizanja. To je posebno izraženo kod oružja s užljebljenom cijevi, gdje se košulja zrna utiskuje u profil žlijebova i polja kanala cijevi. Košulja zrna izrađena je od čistog elektrolitičkog bakra ili od mjedi. Prilikom kretanja projektila kroz cijev, čestice bakra ili mjedi se odvajaju od projektila i mikrozavaruju na čeličnu površinu kanala cijevi. Taj proces se naziva pobakrivanjem.

Zbog topline koja se oslobađa prilikom izgaranja barutnog punenja dolazi do zagrijavanja cijevi. To uzrokuje promjene strukture materijala i njegovih mehaničkih svojstava. Naglo zagrijavanje pri opaljenju može dovesti do spontanog pougljičenja i zakaljenja površinskih slojeva kanala cijevi zbog prostrujavanja hladnog okolnog zraka kroz cijev. Zbog nejednolikog zagrijavanja po presjeku dolazi do stvaranja toplinskih naprezanja na površini kanala. Nakon većeg broja opaljenja ta naprezanja dovode do pojave površinskih mirkopukotina, a međusobne kemijske reakcije stvaraju vrlo agresivnu atmosferu za materijal cijevi.- [8].

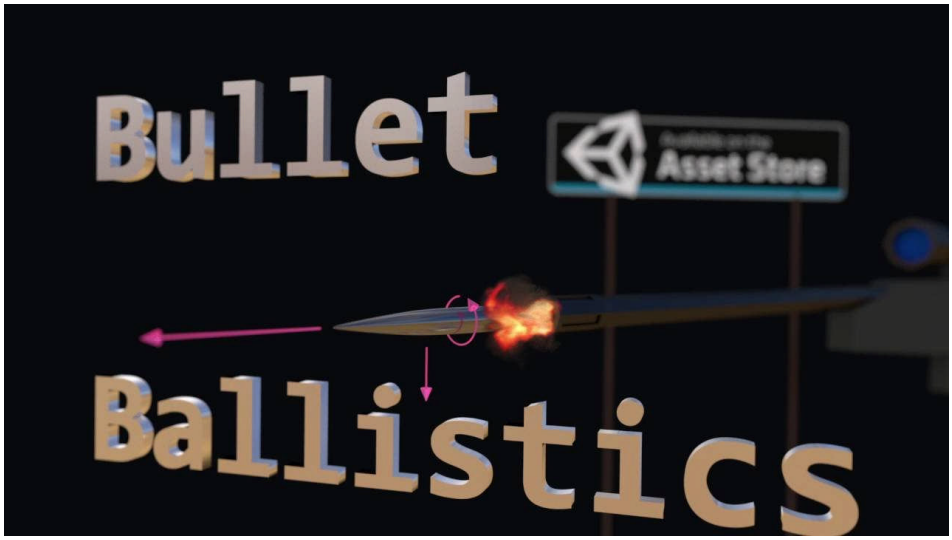
3.2. TLAK BARUTNIH PLINOVA

Jedan od bitnijih čimbenika kod procesa opaljenja je i tlak barutnih plinova. Tijekom izgaranja barutnog punjenja, tlak ***p*** barutnih plinova i brzina kretanja zrna ***v*** se mijenjaju u ovisnosti o prijeđenom putu ***x*** i vremena kretanja ***t*** zrna. Zakon promjene ovih gore navedenih veličina može se predočiti funkcijama *p= p(x)* i *v= v(x),* odnosno *p=p(t)* i *v=v(t).* (sl.3.3.).



Slika 3.3. Ovisnost barutnih plinova p i brzine zrna o prijeđenom putu x [1]

U barutnoj komori oružja se stvara tlak 20 do 50 bara i zagrijava barut na temperaturu zapaljenja. Tlak p_{ut} se naziva tlak utiskivanja, a iznosi 250 do 500 bara ovisno o kalibru cijevi lovačkog oružja. Najveći tlak barutnih plinova p_m postiže se u trenutku kada se izjednači brzina razvijanja plinova s brzinom povećanja njihovog volumena. Volumen plinova se povećava uslijed kretanja zrna prema ustima cijevi.Prethodno spomenuti tlak predstavlja jednu od temeljnih balističkih značajki oružja jer on mora biti dovoljno visok da se ostvari potrebna početna brzina zrna, a da pri tome naprezanja u materijalu cijevi ne prijeđu dopuštenu granicu naprezanja. [1]



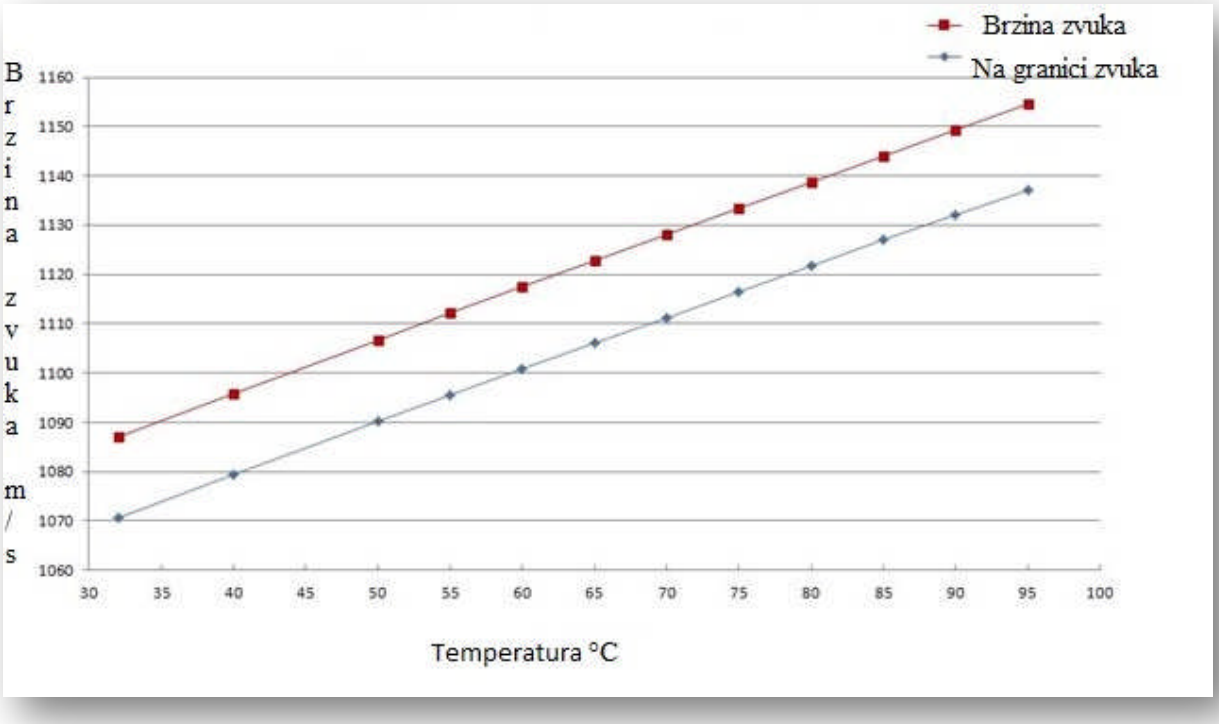
Slika 3.4. Balistika zrna kod procesa opaljenja [9]

3.3. ZAGRIJAVANJE CIJEVI PRI PROCESU OPALJENJA

Zagrijavanje cijevi pri samom procesu gađanja nije ravnomjerno kako po dužini cijevi tako i po debljni stjenke cijevi. Kanal cijevi je temperaturno najopterećeniji, pa zbog takvog neravnotežnog opterećenja dolazi do pojave unutrašnjih naprezanja cijevi.

Nepoželjne posljedice pri zagrijavanju cijevi: -[8]:

- smanjenje trajnosti cijevi,
- pogoršanje mehaničkih svojstva materijala i smanjenje otpornosti stjenke prema visokim pritiscima u cijevi,
- povećava se čeoni zazor, zbog povećane temperature stijenki, što nepovoljno utječe na funkciju oružja,
- otežano je ciljanje zbog povećanog titranja zagrijanog zraka u cijevi,
- savijanje cijevi zbog neravnomjernog zagrijavanja,
- mogućnost samoopaljenja metka ako se duže drži u ležištu.



Slika 3.5. Ovisnost brzine zrna o temperaturi zagrijavnja cijevi [10]

4. MEHANIZMI TROŠENJA CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA

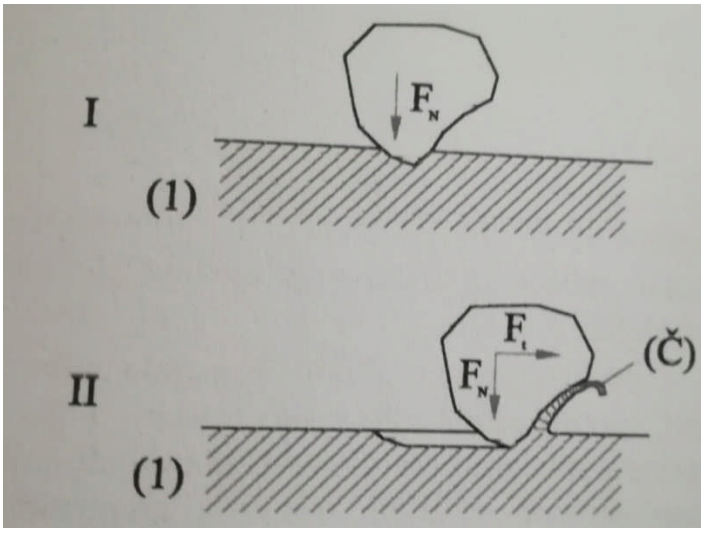
Iz procesa trošenja cijevi može se zaključiti da je to složen proces sastavljen od više mehanizama trošenja. S obzirom na razvijenu toplinu, čestice gareži i baruta, djelovanje barutnih plinova i atmosfere razlikujemo sljedeće mehanizme trošenja:

- abrazija
- adhezija
- umor površine
- tribokorozija

4.1. ABRAZIJA

Abrazija predstavlja trošenje materijala mikrorezanjem koje je izazvano tvrdim česticama ili tvrdim izbočinama. Pri tome dolazi do mikrorezanja abrazivom geometrijski nedefinirane čestice.

Jedinični događaj abrazije se sastoji od dvije faze. Prva faza je prodiranje abraziva u površinu materijala pod djelovanjem normalne komponente opterećenja $\boldsymbol{F_n}$, a u drugoj fazi slijedi istiskivanje materijala u obliku čestice trošenja čelika pod utjecajem tangencijalne komponente opterećenja $\boldsymbol{F_t}$. [11].



Slika 4.1. Jedinični događaj abrazije [11]

Ovisno o međusobnom odnosu tvrdoće abraziva i tvrdoće materijala postoje tri slučaja abrazije:

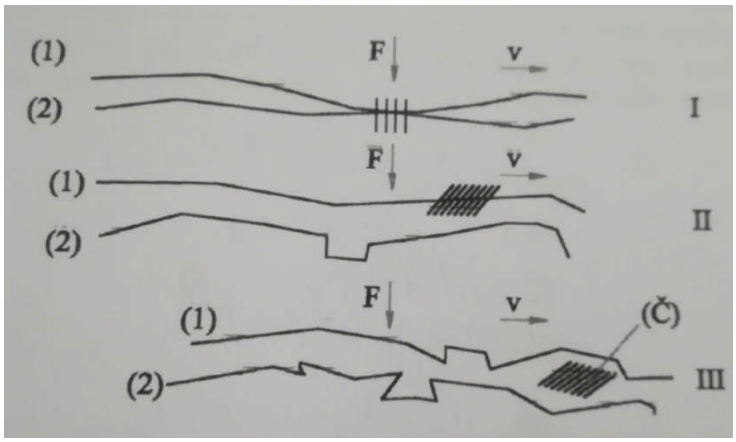
- čista abrazija- kada je tvrdoća abraziva veća od tvrdoće trošenog materijala
- selektivna abrazija- kada u abradiranom materijalu postoje i tvrđe i mekše faze u odnosu na abraziv, pa abraziv odvaja čestice samo s mekše faze. Površina je izbrazdana, s prekidima na mjestima tvrđe faze.
- nulta abrazija- kada je cijela abradirana površina tvrđa od abraziva. Površina ima polirani izgled s česticama trošenja samo od vanjskog graničnog sloja. Nulta se abrazija najčešće javlja na površinama koje su oplemenjene raznim postupcima.

U praksi se najčešće želi postići selektivna ili čak nulta abrazija.

Abrazija cijevi lovačkog oružja izazvana je trenjem klizanja vodećeg i centrirajućeg prstena zrna po površini kanala cijevi. Materijal prstenova je mekši od abradirane površine, pa se i tu radi o nultoj abraziji. Abraziju cijevi još izaziva i abrazivna erozija česticama gareži i zrncima baruta kada se ove čestice velikom brzinom, a pod malim kutom udaraju o površinu kanala cijevi. [11].

4.2. ADHEZIJA

Adhezija nastaje pri trenju klizanja kada materijal prelazi s jedne tarne plohe na drugu tijekom njihovog relativnog gibanja. Jedinični događaj adhezije čine tri faze.Budući da se u prvoj fazi jediničnog događaja adhezije stvaraju mikrozavareni spojevi, otpornost na adhezijsko trošenje određena je sklonošću tarnoga para prema stvaranju tih spojeva. Materijali koji nisu skloni mikrozavarivanju u međusobnom su dodiru tribološki kompatibilni i pogodni su za rad u paru. Pri vrednovanju tribološke kompatibilnosti čistih metala, tribološka kompatibilnost željeza i bakra je loša, a željeza i cinka je vrlo loša. To pokazuje da materijal cijevi nije kompatibilan s bakrom i mjedi kao materijalima vodećeg prstena zrna. [11].



Slika 4.2. Jedinični događaj adhezije [11]

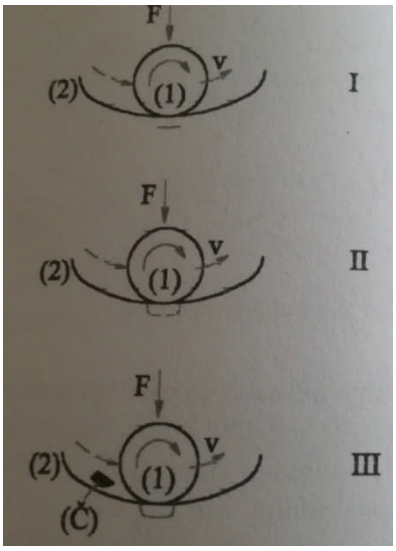
- Faza I – stvaranje adhezijskog spoja na mjestu dodira izbočina.
- Faza II – raskidanje adhezijskog spoja, pri čemu čestica trošenja ostaje spontano „nalijepljena“ odnosno navarena na jednom članku kliznog para.
- Faza III- eventualno otkidanje čestice trošenja koja je uglavnom listićastog oblika.

Adhezija u cijevi lovačkog oružja nastaje zbog klizanja vodećeg prstena po površini kanala cijevi, pri čemu nastaje adhezijski spoj čestica mjedi ili bakra s česticama čelika. Čestice materijala vodećeg prstena otkidaju se i navaruju na tarnu površinu cijevi, te dolazi do njezinog pobakrivanja. Tu se zapravo adhezijski primarno troši vodeći prsten. Međutim, zbog pobakrivanja površine kanala cijevi i naknadne elektrokemijske korozije ciejvi izazvane razlikom statičkog potencijala željeza i bakra, to izaziva razgradnju materijala same cijevi. [11].

4.3. UMOR POVRŠINE

Umor površine predstavlja odvajanje čestica s površine uslijed cikličkih promjena naprezanja. Jedinični događaj umora površine ima tri faze. Oštećenje koje se uočava na površini ima oblik rupice, pa se ovaj oblik trošenja često naziva pitting (rupičenje). Otpornost na umor površine naziva se dinamička izdržljivost površine, a može se utvrditi pokusima.

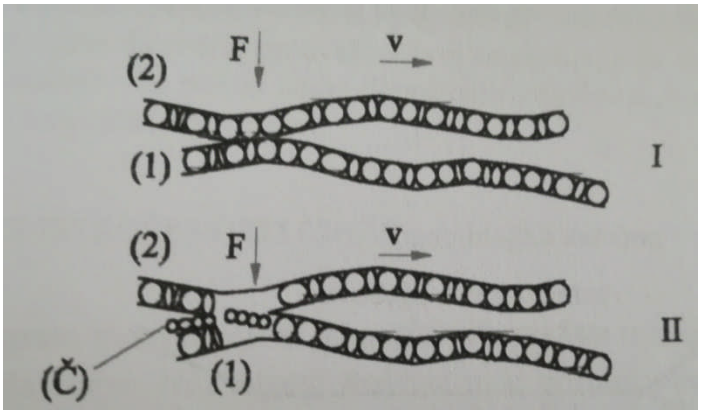
Umor površine u cijevi lovačkog oružja nastaje kao posljedica višestrukih naprezanja: dodirnog pritiska na dodirnim površinama zrna i cijevi, pritiska barutnih plinova i koncentracije naprezanja u korijenu polja. Također, kod veće istrošenosti cijevi javlja se zračnost između centrirajućeg prstena zrna i kanala cijevi, pa dolazi do klaćenja zrna i udaranja nejgovog centrirajućeg prstena po poljima, što izaziva udarna opterećenja i trajne deformacije polja. Umor površine nastaje i zbog udarne erozije kada čestice gareži i neizgorjelih zrnaca baruta velikom brzinom i pod velikim kutom udaraju o površinu kanala cijevi. [11].



Slika 4.3. Jedinični događaj umora površine [11]

- Faza I- stavaranje mikropukotine, redovito ispod površine.
- Faza II- razvoj mikropukotine.
- Faza III - odvajanje čestice trošenja, obično oblika pločice ili iverka.

4.4. TRIBOKOROZIJA



Slika 4.4. Jedinični događaj tribokorozije [11]

- I- stvaranje ili obnavljanje sloja produkata korozije.
- II- mjestimično razaranje sloja produkta korozije.

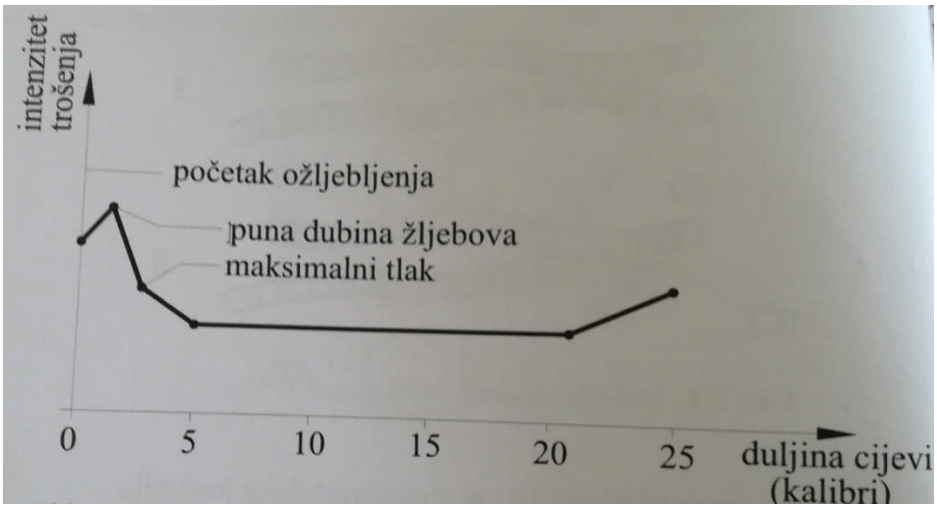
Tribokorozija ili tribokemijsko trošenje mehanizam je trošenja koji nastaje kao posljedica kemijske ili elektrokemijske reakcije materijala s okolišem. Jedinični događaj se sastoji od dvije faze (sl.4.4.).

Čestice trošenja koje nastaju tribokorozijom praškastog su oblika, uglavnom oksidne. Osnovni je kriterij za otpornost materijala na tribokoroziju kemijska pasivnost materijala u određenom mediju.

Tribokoroziju cijevi lovačkog oružja uzrokuju kemijske i elektrokemijske reakcije materijala cijevi s barutnim plinovima, čađi i s nataloženim česticama bakra ili mjedi, te kemijska reakcija materijala s okolnom atmosferom. [11].

5. TROŠENJE I ISTROŠENOST CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA

Proces trošenja cijevi kontinuiran je, predvidiv i neizbježan proces. Osim tog procesa trošenja u cijevi lovačkog oružja mogu nastupiti i neki nepredvidivi događaji koji uzrokuju izvanredno trošenje cijevi.



Slika 5.1. Dijagram trošenja cijevi [1]

Trošenje cijevi je najintenzivnije na prijelaznom konusu, odnosno na dijelu od početka ožljebljenja do presjeka na kojemu je postignuta puna dubina žlijebova, te nekoliko milimetara dalje prema ustima cijevi. Na tom dijelu se zapažaju i prvi tragovi trošenja: sjajna površina cijevi postaje matirana, što predstavlja finu mrežu kratkih i plitkih pukotina. Povećanjem broja opaljenja pukotine se povećavaju i sve se više orijentiraju u smjeru kretanja zrna. Intenzitet trošenja naglo pada uzduž cijevi do mjesta gdje se postiže najveći tlak barutnih plinova. Nakon toga taj intenzitet opada sporije, do duljine od oko pet kalibara od početka užljebljivanja, kada postaje konstantan.- [1].

Posljedica istrošenosti cijevi je pad kvalitete funkcije lovačkog oružja, odnosno pogoršanje balističkog djelovanja oružja. Sposobnost cijevi da izdrži predviđeni broj opaljenja, a da pri tome njezine balističke značajke ne padnu ispod dopuštenih vrijednosti, naziva se balistički vijek ili balistički život cijevi.



Slika 5.2. Istrošenost cijevi lovačkog oružja kalibra 243 Winchester [12]

5.1. OBLICI ISTROŠENOSTI CIJEVI

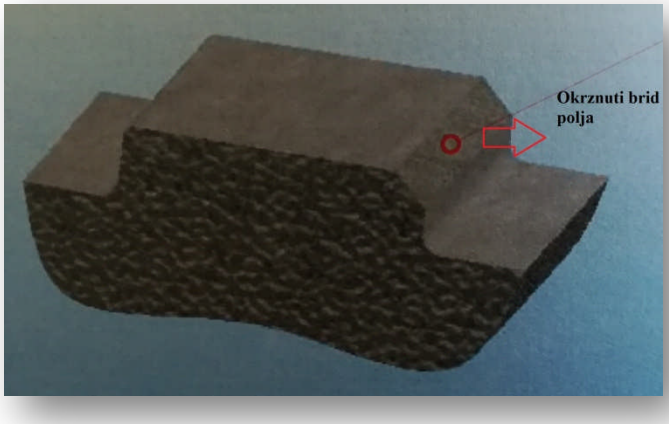
Dijagram istrošenosti cijevi (sl. 5.1) pokazuje da intenzitet trošenja nije jednolik uzduž kanala cijevi. Tragovi trošenja se uočavaju duž cijele površine kanala cijevi. Ti tragovi predstavljaju različite oblike istrošenosti cijevi. Najvažnije značajke koje pokazuju stupanj istrošenosti cijevi su:- [1]:

- povećanje kalibra cijevi,
- produženje barutne komore,
- deformacija i istrošenost polja i žljebova,
- korozijska nagrizenost površine kanala cijevi,
- pobakrenost površine kanala cijevi.

5.1.1. DEFORMACIJA I ISTROŠENOST POLJA I ŽLIJEBOVA

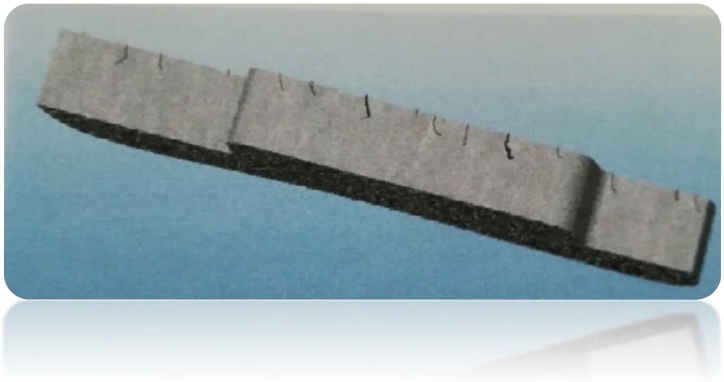
Javljaju se u sljedećim oblicima:

- Okrznuti bridovi polja, (sl.5.3)- posljedica su neposrednog djelovanja suhog trenja između materijala cijevi i vodećeg prstena zrna uz dodatno djelovanje plinske erozije. Na samim bridovima polja dolazi do pada čvrstoće materijala cijevi i do otkidanja njegovih čestica. Polja se postupno zaobljuju na bridovima s većim zaobljenjem na vodećem bridu. Taj se oblik trošenja dopušta sve dok kalibar cijevi ostaje u propisanim granicama.- [1].



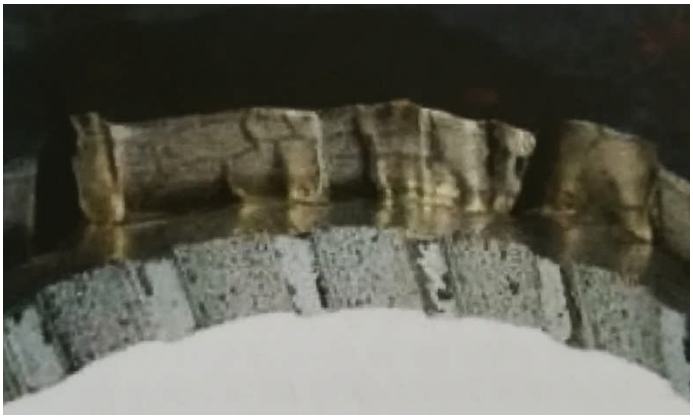
Slika 5.3. Okrznuti brid polja [1]

- Pucanje polja i žljebova- nastaje kao posljedica umora materijala cijevi toplinskim naprezanjima i spontanim zakaljivanjem površinskih slojeva kanala cijevi. Dugotrajno naprezanje dovodi do pojave otkidanja vodećeg brida spljoštenog polja, a prskotine koje se nalaze ispod brida dalje se šire u rasjepe, što dovodi do otkidanja polja u cijelosti. [1].



Slika 5.4. Pucanje polja i žljebova u obliku uzdužnih rascjepa [1]

5.1.2. KOROZIJSKA NAGRIZENOST POVRŠINE KANALA CIJEVI

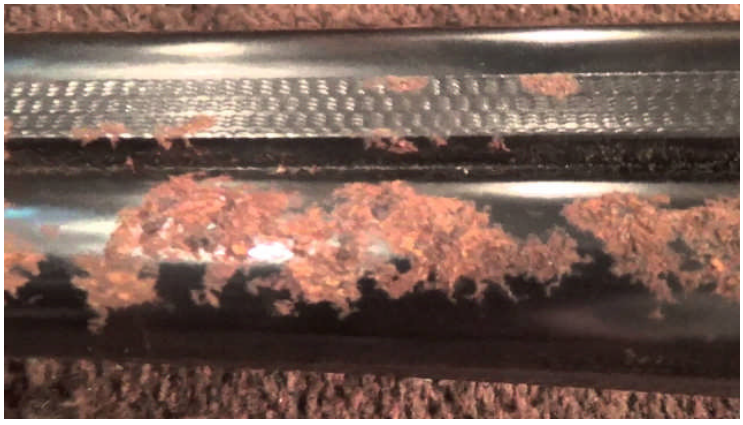


Slika 5.5. Korozijska nagrizenost cijevi [1]

Na slici 5.5. prikazana je korozijska nagrizenost početnog dijela užljebljenja cijevi do koje je došlo djelovanjem barutnih plinova visoke temperature. Na tom je mjestu uz zagrijavanje materijala djelovanje korozije najjače.

Kao osnova za ocjenu kvalitativnog stanja površine cijevi koristi se stupanj korozije cijevi. Taj stupanj označava udio površine koja je zahvaćena korozijom prema ukupnoj površini kanala cijevi. Prema normi HRN EN.ISO 12944-6, nagriženost korozijom razvrstana je u šest supnjeva: od R_0 kao početnog stanja, do R_5 kao stanja najvećeg stupnja nagrizenosti. [1]

Potpuna i objektivna ocjena stupnja nagrizenosti cijevi korozijom nije nimalo jednostavna, pa se ona u pravilu izvodi komisijski.



Slika 5.6. Rupičasta korozija prisutna na lovačkoj puški sačmarici [12]

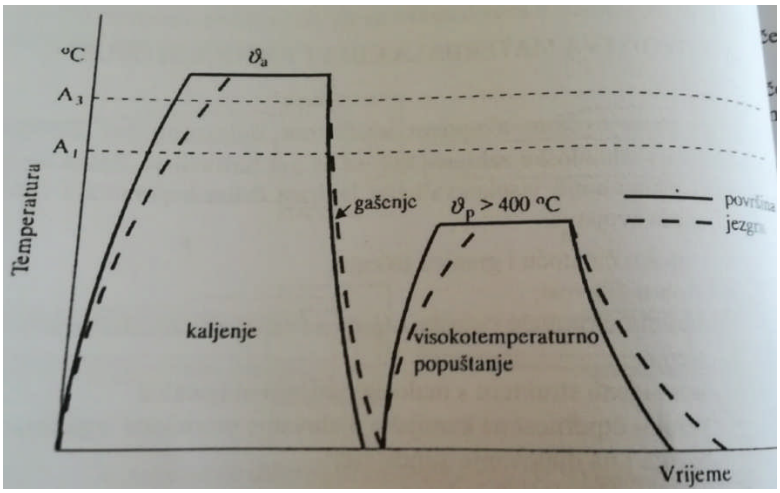
6. MATERIJALI CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA

Cijev mora svojom ukupnom kvalitetom zadovoljiti sve složene eksploatacijske i i tehnološke zahtjeve koje se na nju postavljaju. Stoga se za izradu cijevi primjenjuju visokokvalitetni legirani čelici koji moraju imati sljedeća svojstva:-[1]:

- visoku čvrstoću i granicu tečenja,
- dobru žilavost,
- dovoljnu tvrdoću i visoku otpornost na udarna opterećenja i trenje,
- homogenu strukturu s malo nemetalnih uključaka,
- visoku otpornost na kemijsko djelovanje produkata izgaranja baruta i na djelovanje atmosfere,
- visoku udarni rad loma,
- materijal čija se svojstva ne mijenjaju s promjenom vanjske temperature.

Navedene značajke čelici za poboljšavanje moraju zadržavati u vrlo širokom temperaturnom području. Zbog toga se za izradu cijevi primjenjuju čelici za poboljšavanje koji kaljenjem i visokotemperaturnim popuštanjem postižu navedena svojstva. Takvi su, na primjer čelici: 30CrMoV9, 30CrNiMo8, 30NiCrMo16, tj. legirani niklom, molibdenom i kromom.- [1].

Čelici za poboljšavanje sadrže općenito 0,25 do 0,6 % ugljika, a zakaljivost im ovisi o tom sadržaju. Prokaljenost, pak, ovih čelika ovisi o vrsti i udjelu legirnih elemenata, ali i o dimenzijama proizvoda, te o intenzitetu gašenja.



Slika 6.1. Dijagram postupka poboljšavanja čelika [1]

Pravilnim izborom i provedbom postupka poboljšavanja postiže se visoka konstrukcijska čvrstoća proizvoda, a to uključuje visoku granicu razvlačenja, visoku vlačnu čvrstoću i udarni rad loma, kao i visoku dinamičku izdržljivost. Sva navedena svojstva moraju kod cijevi lovačkog oružja biti jednolika po cijelom presjeku, a to se postiže samo onda ako je materijal

potpuno prokaljen, tj. ako je u cijelom presjeku gašen natrkitičnim intenzitetom. U tom bi slučaju po cijelom presjeku trebalo biti 100 % martenzita.

Visokim popuštanjem čelika za poboljšavanje se postiže dovoljna žilavost i visokougljičnost martenzita. Zbog neposrednog pozitivnog utjecaja prokaljenosti na žilavost čelika, čelik treba biti tim više legiran, što su dimenzije poprečnog presjeka proizvoda veće i što su naprezanja veća.- [1].

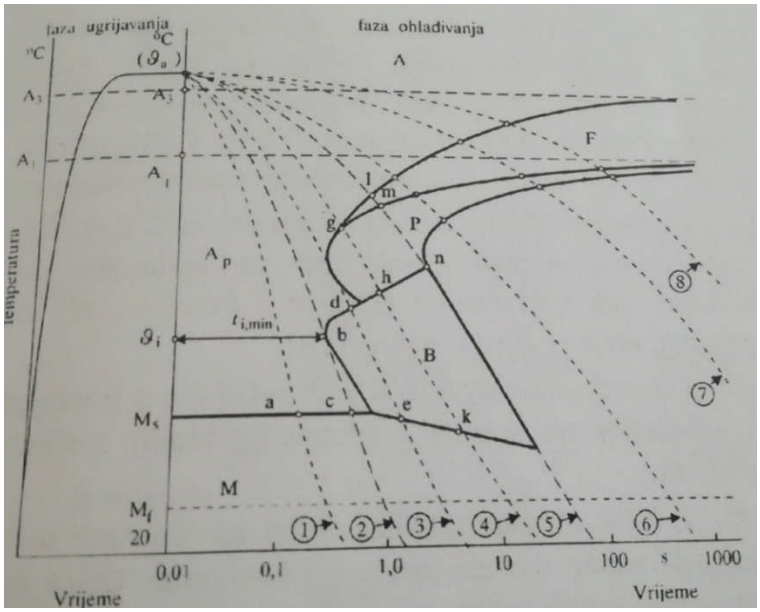
6.1. MIKROSTRUKTURA ČELIKA

Martenzit i donji bainit povećavaju žilavost čelika. Čelici za poboljšavanje redovito se isporučuju i obrađuju odvajanjem čestica u mekožarenom stanju.

Elementi koji se dodaju čeliku:-[1]:

- Nikal-daje visoku čvrstoću i udarni rad loma, te dobru prokaljivost čelika. Naročito je izražen njegov utjecaj na postizanje visoke radnje loma na sniženim temperaturama.
- Molibden-također povećava čvrstoću, posebno na povišenim temperaturama, kao i udarni rad loma. Također poboljšava prokaljivost čelika, a utječe i na poboljšanje strojne obradivosti.
- Krom- kao legirni element utječe na povećanje čvrstoće i na prokaljivost čelika. Njime se takokođer postiže otpornost čelika prema atmosferskoj koroziji, vrućim plinovima i kiselinama.
- Vanadij- doprinosi postizanju sitnozrnatosti, a time i boljoj žilavosti pri sobnoj, ali i pri nižim temperaturama.

Martenzit predstavlja mikrostrukturu kaljenog čelika, a nastaje transformacijom austenita pri brzom hlađenju čelika zagrijanog u austenitno područje prema CCT dijagramu za pojedini čelik.



Slika 6.2. Opći CCT dijagram čelika [1]

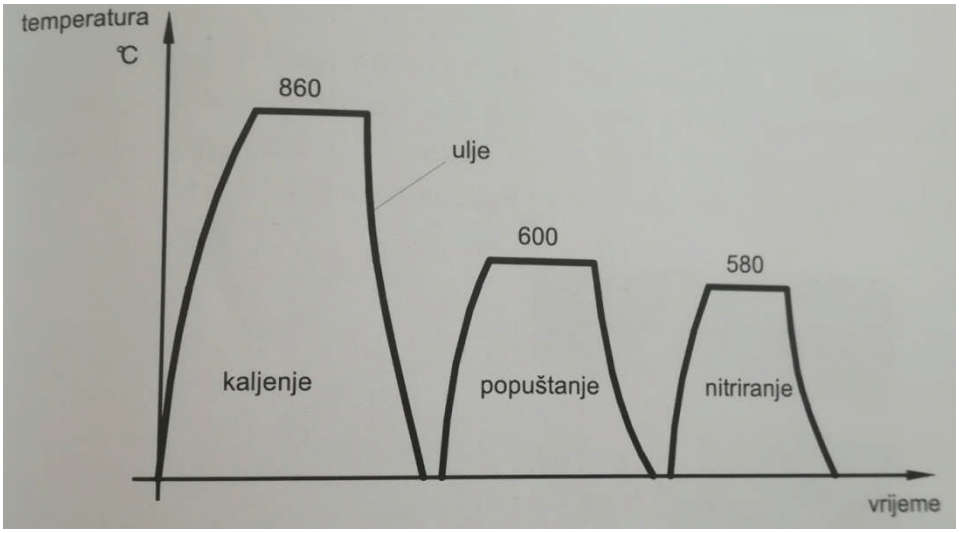
6.2. NITRIRANJE

To je termodifuzijski postupak kod kojeg u površinu čelika difundira dušik i dolazi do stvaranja nitrida. Na taj se način čeliku poboljšavaju svojstva, a prvenstveno mu se povećava otpornost prema trošenju što je glavno svojstvo kod cijevi lovačkog oružja.

Najpoznatiji i najkvalitetniji postupak kod lovačkog oružja koji se danas upotrebljava je TENIFER postupak.

Tablica 6.1. Značajke TENIFER postupka [1]

Uzorci	Temepratura kupke (°C)	Vrijeme držanja u kupci (h)	Način ohlađivanja
Za adheziju	580	2	U ulju
Za abraziju	580	4	U ulju
Za eroziju	580	4	U ulju



Slika 6.3. Dijagram TENIFER postupka [1]

6.3. BRUNIRANJE

Bruniranje je psotupak zaštite od korozije kod čeličnih dijelova. Osim toga, bruniranje doprinosi lakšem održavanju tih dijelova i njihovom ljepšem estetskom izgledu. Ne bruniraju se dijelovi od obojenih metala. Tehnološki proces bruniranja sastoji se od:- [13]:

- priprema površine
- priprema rastvora
- bruniranje dijelova
- neutraliziranje dijelova
- kontrola kvalitete oksidnog sloja

Priprema površine za bruniranje obuhvaća čišćenje i odmašćivanje dijelova radi otklanjanja nečistoće, maziva i produkata korozije. Dijelovi se odmašćuju u kadi s rastvorom koja sadrži 100 gr natrijevog hidroksida ili kaustične sode na jednu litru vode, pri jakom vrenju u veremenu 20 do 30 minuta. Nakon toga se dijelovi ispiru i ne smiju stajati na zraku ni desetak sekundi da nebi došlo do njihove oksidacije.

Priprema rastvora se izvodi zagrijavanjem u posebnoj posudi. Voda se zagrije na 50 do 60 ºC, a onda se u nju stavi zdrobljen natrijev hidroksid. Kada se natrijev hidroksid potpuno rastopi u vreloj vodi, dodati natrijev nitrat i nitrit uz mješanje rastvora. Nakon što se komponente za bruniranje potpuno rastope sve mora mirovati 2 do 4 sata.

Bruniranje dijelova postiže se njihovim potapanjem u uzavreli rastvor. Početna temperatura rastvora pri potapanju dijelova je 135 do 136 ºC, a na završetku bruniranja je 148 do 150 ºC Dijelovi se drže u rastvoru jedan i pol sat.

Neutraliziranje bruniranih dijelova sadrži sljedeće operacije:

- ispiranje u vodi
- obradu u rastvoru sapuna
- sušenje
- podmazivanje

Brunirane površine, u odnosu na fosfatirane imaju slabija svojstva, posebno na trošenje. Zbog toga se bruniranje može kombinirati sa fosfatiranjem. U tom slučaju se u rastvor dodaje natrijev fosfat, pa se dobiva oksidno-fosfatna prevlaka. Takva prevlaka je dva i više puta otpornija prema koroziji i trošenju od brunirane prevlake. [15]



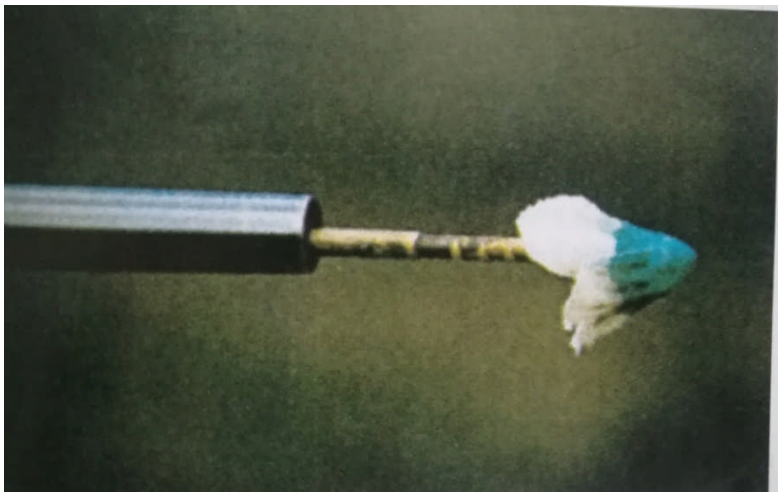
Slika 6.4. Postupak bruniranja cijevi lovačkog oružja [13]

7. ODRŽAVANJE LOVAČKOG ORUŽJA

Održavanje oružja je uvjet ispravnog funkcioniranja. Kvalitetna puška sačmarica izdrži do 10000 ispaljenih, a puška s užljebljenim cijevima do 3000 pod uvjetima da su dobro održavane i servisirane. Na oružje štetno djeluju vlaga, temperatura i barutni plinovi. Sve to utječe na propadanje cijevi, zatvarača i mehanizma za opaljivanje. Najviše se troši cijev zbog visoke temperature barutnih plinova i ostataka barutnih čađi i dijelova košuljice zrna. [14]

Za čišćenje lovačke puške s užljebljenom cijevi koristi se odgovarajuća šipka s četkicama i pamučne krpice. Pored toga potrebno je imati kemijsko sredstvo za otapanje metalnih i kemijskih ostataka u cijevi kao i posebna ulja za podmazivanje. Ulje u spreju pogodno je za podmazivanje nepristupačnih mjesta na oružju. [14]

Poslije lova oružje se obavezno čisti i podmazuje. Sve vanjske površine oružja čiste se mehanički, a potom se podmazuju uljem. Cijev se čisti pamučnom krpicom koja je natopljena sredstvom za čišćenje. -[14].



Slika 7.1. Obojena krpica pokazatelj prisustva nečistoća u cijevi [14]

Čistom krpicom odstranjuju se nečistoće i otapalo, povlačeći krpicu od nabojišta prema ustima cijevi. Za skidanje naslaga u cijevi koriste se razna kemijska sredstva, npr. 15 do 20 % amonijak. Amonijak treba djelovati nekoliko minuta, a zatim se čisti krpicom koju mijenjamo sve dok krpica nije posve čista. Nakon čišćenja cijev se naulji. Kod puške s užljebljenim cijevima četkica se povlači od nabojišta prema ustima cijevi. Pri čišćenju se ne smije oštetiti izlaz (usta) cijevi. Proširenjem usta cijevi smanjit će se preciznost lovačke puške. Naslage nečistoće ili hrđe na unutarnjim stijenkama cijevi mogu povećati otpor kretanju zrna, što rezultira prevelkim tlakom barutnih plinova. Čišćenjem se produžuje životni vijek cijevi i povećava sigurnost i preciznost lovačkih pušaka.

Poslije čišćenja oružje se podmazuje. Nakon nekoliko sezona oružje treba odnijeti puškaru na detaljan pregled, čišćenje, podmazivanje i provjeru mehanizma za opaljivanje.- [14].



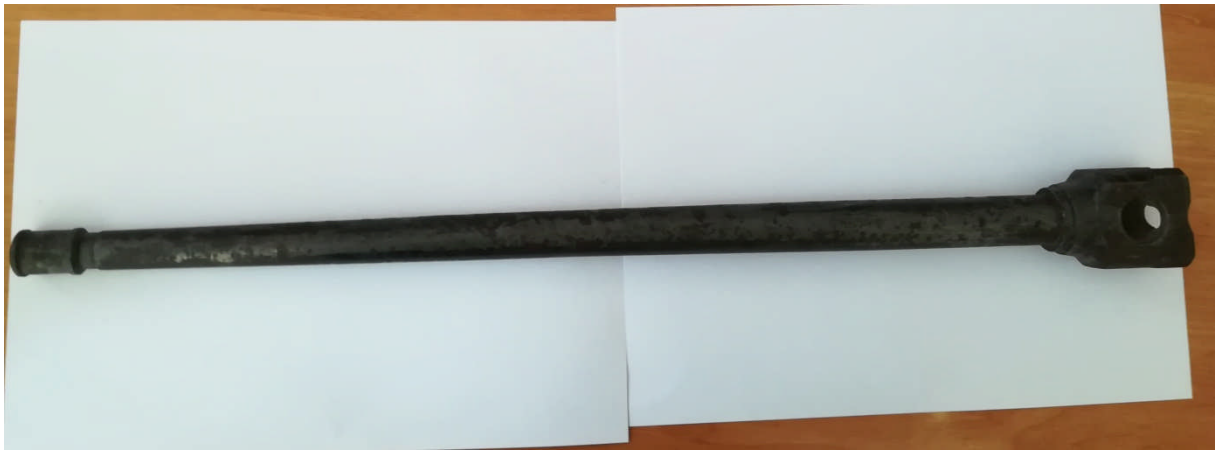
Slika 7.2. Prikaz osnovnog čišćenja lovačke puške [14]

EKSPERIMENTALNI DIO

8. ANALIZA UZORAKA MATERIJALA CIJEVI LOVAČKOG ORUŽJA

U ovom radu analiziran je uzorak cijevi lovačkog oružja kalibra 8x57 mm koji se koristi kao najčešći za lov na našim prostorima.

Dužina cijevi iznosi 55 mm, a unutarnji promjer cijevi (kalibar) iznosi 8 mm.



Slika 8.1. Uzorak cijevi za ispitivanje



Slika 8.2. Zadnji dio uzorka cijevi

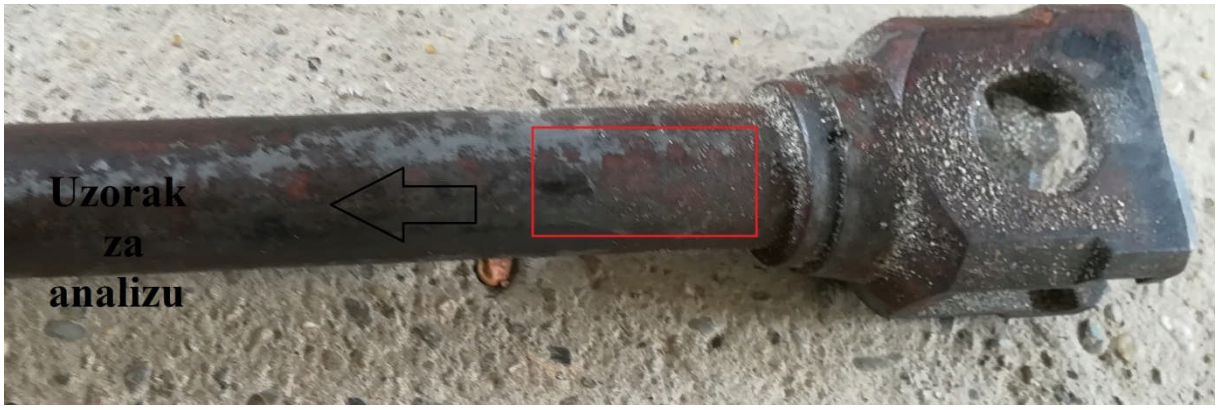


Slika 8.3. Prednji dio uzorka cijevi

Vizualnim pregledom uočeno je loše stanje cijevi koja više nije za upotrebu. Vidljivi su tragovi korozije po cijeloj površini cijevi. Cijev nije čuvana u primjerenim uvjetima i nije prikladno održavana i vidljive su promjene prikazane slikama 8.2 i 8.3.

Ispitivanja koja su provedena u ovom završnom radu:

- mjerenje tvrdoće cijevi
- mikroskopska analiza tragova trošenja cijevi i strukture materijala cijevi



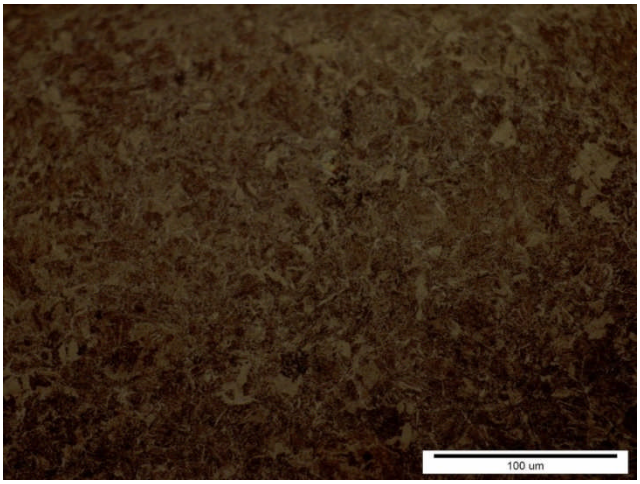
Slika 8.4. Uzimanje uzoraka cijevi lovačkog oružja

Cijev je fotografirana i izrzan je reprezentativni uzorak koji se koristi u daljnim ispitivanjima.

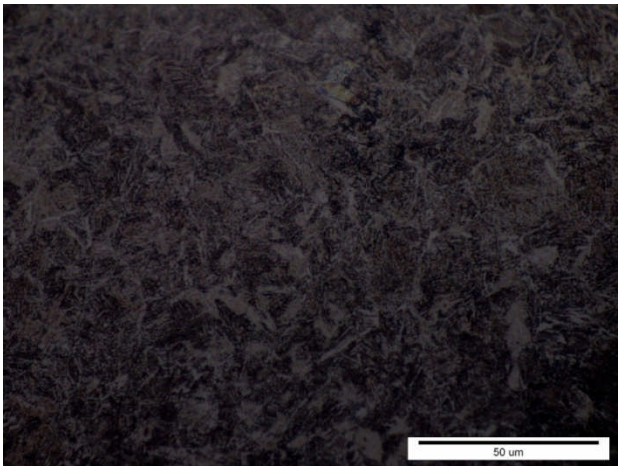
Uzorak je izrezan iz početnog dijela cijevi. U tom dijelu se javljaju najveći tlakovi i naprezanja(sl.8.4.). Na početku opaljenja je najveće trošenje i prisutnost barutnih ostataka.

Uzorak cijevi je zaliven u polimernu masu te brušen sa brusnim papirima SiC (sa 5 različitih finoća papira od P320 do P40000). Za poliranje je korištena dijamantna pasta sa zrnicima promjera 0,2 μm. Uzorak je nagrižen sa 3% NITAL-om u trajanju od 5 sekundi.

Mikrostruktura je analizirana u Laboratoriju za materijalografiju na Fakultetu strojarstva i brodogradnje – Zagreb na svjetlosnom mikroskopu Olympus GX51, (sl 8.5) i (sl 8.6).



Slika 8.5. Snimka mikrostrukture uzorka povećanja 500 x



Slika 8.6. Snimka mikrostrukture uzorka povećanja 1000 x

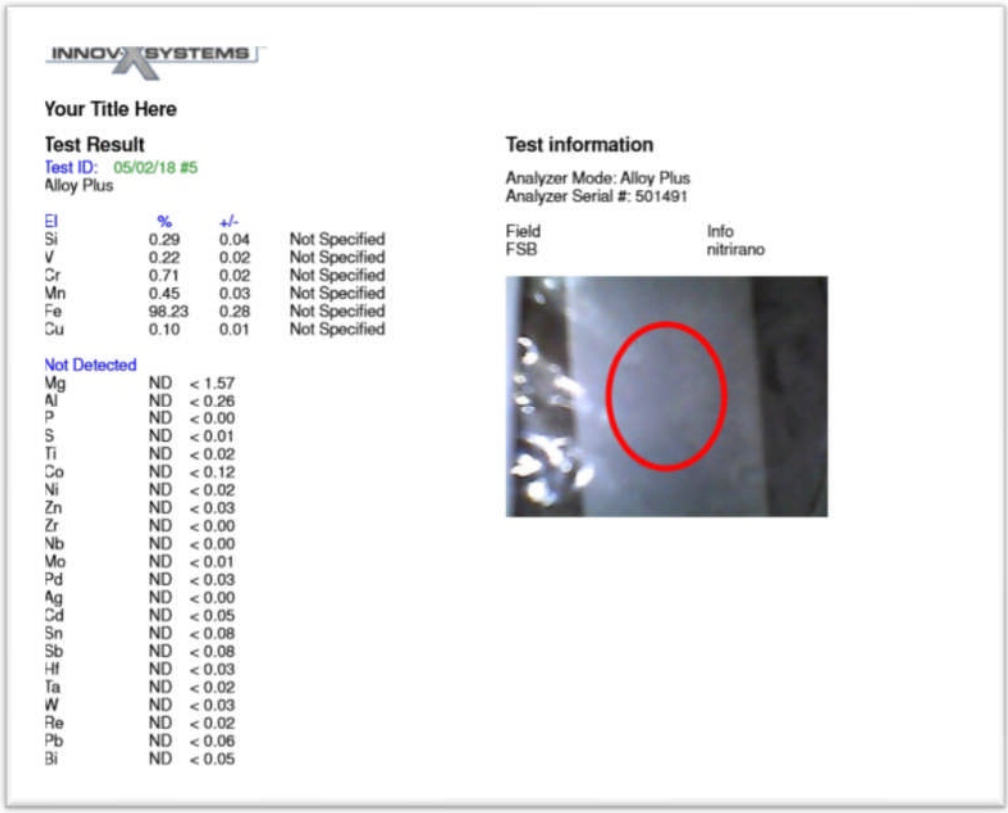
Na slikama 8.5 i 8.6 je prikazana mikrostruktura martenzitnog čelika što odgovara podacima iz prethodno navedene literature [1]. Cijev za lovačko oružje izrađuje se od martenzitnog čelika koji se podvragava postupku poboljšanja.

8.1. KEMIJSKA ANALIZA ELEMENATA

Kemijska analiza uzorka cijevi je provedena XRF (X-Ray flourescence) metodom u Laboratoriju za zaštitu materijala na Fakultetu strojarstva i brodogradnje – Zagreb na uređaju XRF Analyzers DELTA, Innov-X Olympus. To je nerazorna metoda ispitivanja koja pokazuje udio pojedinog kemijskog elementa u uzorku,a radi na principu izbijanja elektrona (ionizacija).

Može nastati kada je atom izložen zračenju energije veće od njegovog ionizacijskog potencijala. Primijenjene X-zrake su dovoljnih energija za izbijanje „čvrsto držećih" elektrona u unutrašnjim orbitama atoma. Vanjski elektroni preskaču i popunjavaju praznine uz emisiju sekundarnih X-zraka (fotona) nižih energija (fluorescencija).-[13].

Na slikama 8.7 i 8.8 prikazani su rezulatati XRF metode ispitivanja uzorka. Slika 8.7 prikazuje udio pojednih legirnih elemenata prisutnih u uzorku,a slika 8.8 prikazuje dijagram spektra analize uzorka.



INNOV-X SYSTEMS

Your Title Here

Test Result

Test ID: 05/02/18 #5
Alloy Plus

El	%	+/-	
Si	0.29	0.04	Not Specified
V	0.22	0.02	Not Specified
Cr	0.71	0.02	Not Specified
Mn	0.45	0.03	Not Specified
Fe	98.23	0.28	Not Specified
Cu	0.10	0.01	Not Specified

Not Detected

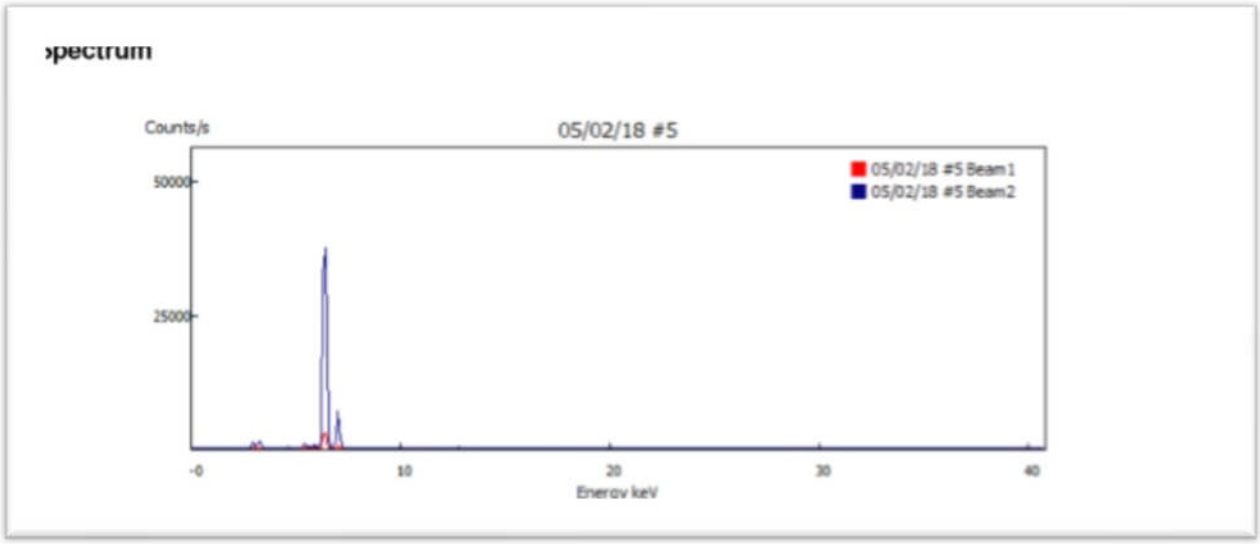
Mg	ND	< 1.57
Al	ND	< 0.26
P	ND	< 0.00
S	ND	< 0.01
Ti	ND	< 0.02
Co	ND	< 0.12
Ni	ND	< 0.02
Zn	ND	< 0.03
Zr	ND	< 0.00
Nb	ND	< 0.00
Mo	ND	< 0.01
Pd	ND	< 0.03
Ag	ND	< 0.00
Cd	ND	< 0.05
Sn	ND	< 0.08
Sb	ND	< 0.08
Hf	ND	< 0.03
Ta	ND	< 0.02
W	ND	< 0.03
Re	ND	< 0.02
Pb	ND	< 0.06
Bi	ND	< 0.05

Test information

Analyzer Mode: Alloy Plus
Analyzer Serial #: 501491

Field	Info
FSB	nitrirano

Slika 8.7. XRF analiza uzorka cijevi lovačkog oružja



Slika 8.8. Dijagram XRF analize

XRF analizom dobiveni su sljedeći rezultati koji su prikazani u Tablici 8.1:

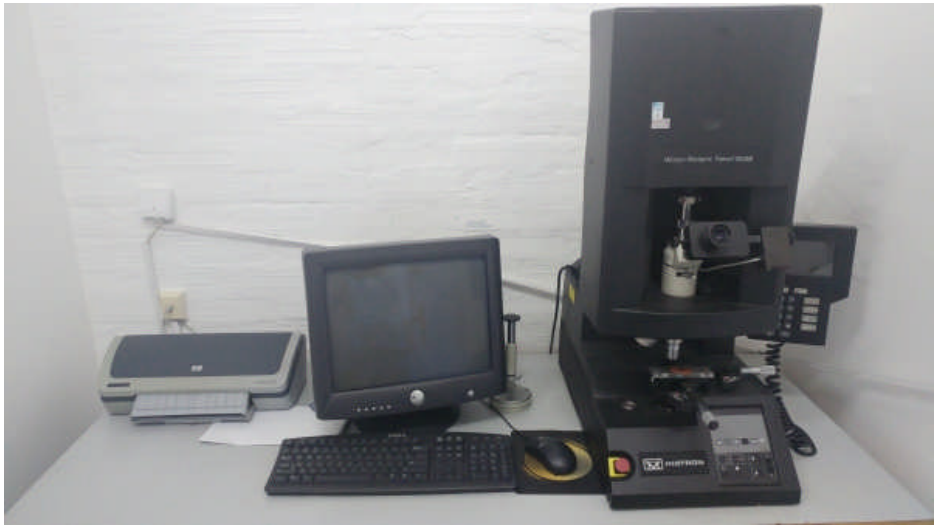
Tablica 8.1. Udio legirnih elemenata u uzorku

	Silicij	Vanadij	Krom	Mangan	Bakar	Željezo
Udio materijala [%]	**0,29**	**0,22**	**0,71**	**0,45**	**0,10**	**98,23**

Čelik za izradu cijevi lovačkog oružja u sebi sadrži željezo i legirne elemente koji služe da poboljšaju svojstva čelika. Lovačko oružje koristi se u svim uvjetima koje lov zahtjeva (kiša, hladnoća, velike temperature i vrućina). U uzorku su pristuni legirni elementi: silicij, vanadij, krom, mangan , a njihovi postoci vidljivi su u Tablici 8.1. Provedenim ispitivanjem i dobivenim rezulatima o udjelima legirnih elemenata radi se o čeliku za poboljšavanje.

8.2. MJERENJE TVRDOĆE UZORKA U LABORATORIJU ZA TOPLINSKU OBRADU

Tvrdoća je mjerena Vickersovom metodom u Laboratoriju za toplinsku obradu na uređaju **Wilson Volpert Tukon 2100 b.** Opterećenje je 9,81 N.



Slika 8.9. Mjerenje tvrdoće na uređaju Wilson Volpert Tukon 2100 b

Tablica 8.2. Rezultati mjerenja tvrdoće na navedenom uređaju

Niz 1	Niz 2
HV 1	**HV 1**
292	**302**
308	**302**
299	**304**
304	**299**
301	**306**

Dobiveni rezultati na ovom uređaju slažu se s teorijskim tvrdnjama navedenim u 6. poglavlju. Materijal za izradu cijevi lovačkog oružja je martenzitni poboljšani čelik. Proračunom srednje vrijednosti dobiva se da je tvrdoća 300 HV1 što odgovara tvrdoći martenzitnog poboljšanog čelika.

8.3. ZRNO LOVAČKOG ORUŽJA KALIBRA 8X57 MM

Na slici 8.10 prikazano je zrno lovačke puške kalibra 8x57 mm. Prilikom opaljenja zrna izlete van iz cijevi, a čahura ostane u cijevi i izbacuje se van pomoću zatvarača. Detaljniji opis dan je u poglavlju 3.



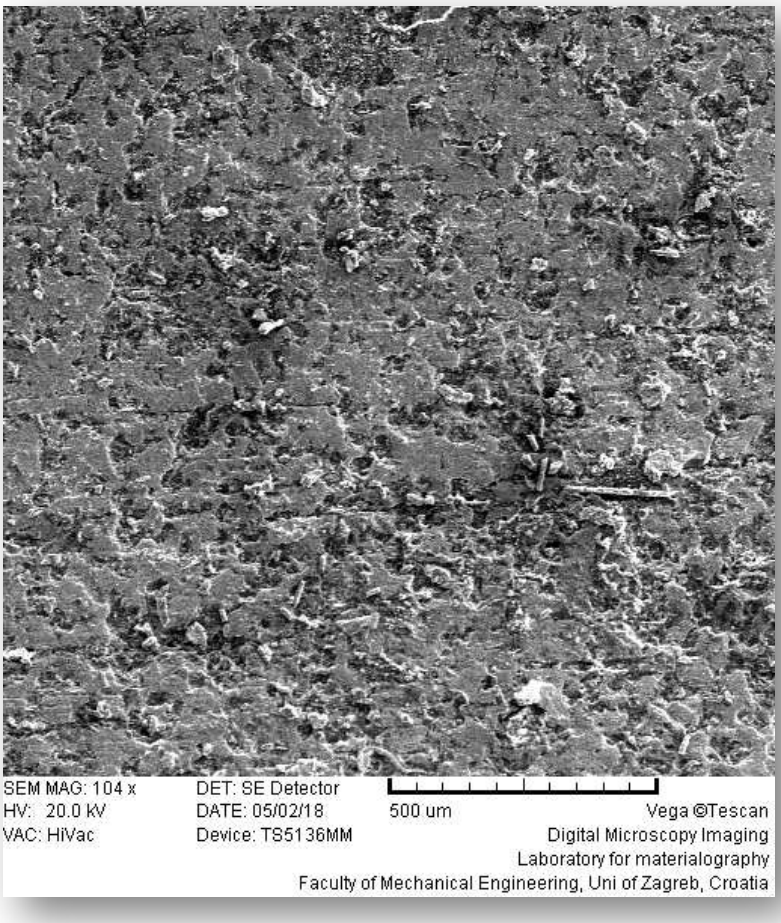
Slika 8.10. Primjer zrna za lovačku pušku kalibra 8x57 mm

Slika (sl 8.11) prikazuje primjere zrna nakon udarca u metu. Zrno se potpuno spljošti i trajno se deformira.



Slika 8.11. Primjeri zrna nakon udarca u metu

Tragovi trošenja na unutrršnjoj strani cijevi analizirani su skenirajućim elektronskim mikroskopom Tescan Vega 5136 mm u Laboratoriju za materijalografiju, FSB, Zagreb. Na slici 8.12 prikazana je analiza trošenja cijevi lovačkog oružja.



Slika 8.12 Analiza trošenja cijevi

U uzorku cijevi najviše se javlja umor površine. Na slici 8.12 prikazna je SEM analiza trošenja i utvrđeno je da ispitani uzorak više nije za upotrebu zbog prevelikog umora površine. Do tog trošenja došlo je zbog nepoštivanja uputa o održavanju i čišćenju cijevi lovačkog oružja što je navedeno u teorijskom dijelu rada (poglavlje 7.). Na slici 8.12 vidljive su rupice koje nastaju zbog umora površine.

9. ZAKLJUČAK

Najvažniji dio same lovačke puške je cijev. Zbog vrlo složenih mehaničkih, toplinskih i kemijskih procesa koji su vrlo intenzivni njezino stanje se mora vrlo pomno pratiti. Cijevi za lovačko oružje proizvode se od martenzitnih čelika za poboljšavanje.

Najvažnije svojstvo za izradu cijevi lovačkog oružja je to da se mora koristiti materijal čija svojstva se ne mijenjaju s promjenom temperature. To je zapravo i sama prva pomisao zato što su uvjeti lova diljem svijeta različiti, od ekstremnih hladnoća u sjevernim zemljama svijeta do ekstremnih vrućina u južnim zemljama svijeta.

Održavanje lovačkog oružja također je bitna stavka u produženju njegovog životnog vijeka. Svaki lovac može sam produžiti vijek svojeg lovačkog oružja. Pravilnim čišćenjem i podmazivanjem cijevi lovačkog oružja, kao i ostalih dijelova puške, može se produžiti životni vijek puške i smanjenje trošenja same cijevi.

Suveremeni inženjeri i puškari razvili su metode zaštite površinskog sloja cijevi kako nebi dolazilo do korozije. U ovom radu navedena je TENIFER zaštita i ona je trenutno jedna od najmodernijih zaštita površinskog sloja cijevi lovačkog oružja. Spomenutno je bruniranje koje se upotrebljava kao najčešći postupak zaštite lovačkih pušaka u puškarskim radionicama.

Provedenim ispitivanjima na odabranom uzorku prikazano je da je materijal cijevi lovačke puške čelik tvrdoće 300 HV1.

LITERATURA

[1] Jakopčić Mirko, Trošenje cijevi topničkog oružja, Zagreb, 2009.

[2] http://forenzika.unist.hr/portals/6/propertyagent/1510/files/3909/forenzicna_balistika_2.pdf. dostupno (31.07.2018.)

[3] http://www.lu-orlovkuk.com/puske-risanice-117 dostupno (31.07.2018.)

[4] http://www.lonesentry.com/manuals/german-infantry-weapons/kar98-german-rifle.html dostupno (31.07.2018.)

[5] http://www.lapua.com/en/ammunition/calibers/8x57-i 01.08.2018.dostupno(01.08.2018.)

[6] https://www.pewpewtactical.com/bullet-sizes-calibers-and-types/ dostupno (01.08.2018.)

[7] http://twistedbarrel.com/barrels/ dostupno (01.08.2018.)

[8] Kerekeš Nikola, Tribološka analiza materijala cijevi jurišne puške, FSB, Zagreb, 2015.

[9] https://www.youtube.com/watch?v=F9VINJOlnpM dostupno (03.08.2018.)

[10] https://www.youtube.com/watch?v=n63_5x8W2K4 dostupno (02.08.2018.)

[11] Grilec Krešimir, Jakovljević Suzana, TRIBOLOGIJA, Autorizirana predavanja,FSB, Zagreb, 2015.

[12] http://bulletin.accurateshooter.com/2016/08/sierra-test-reveals-how-velocity-varies-with -ammo- temperature/. dostupno (03.08.2018.).

[13] Ministarstvo obrane RH, Održavanje naoružanja, Zagreb, 2006

[14] Jakelić Ivica Zvonko, Osnove lovstva, Zagreb, 1996.

[15] http://bulletin.accurateshooter.com/2014/10/how-to-wear-out-a-barrel-in-one-afternoon/ dostupno (07.08.2018.)

PRILOZI