

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**

**Војна академија
Универзитета одбране у Београду**



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 531/2013

Драгана Н. Тодоровић

**Анализа технологија израде склопа цеви
артиљеријских оруђа**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић, дипл. инж. – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

1. Опише преглед развоја артиљеријских средстава,
2. Опише елементе склопа цеви артиљеријског оруђа,
3. Анализира и опише технологије израде делова склопа цеви,
4. Опише монтажу склопа цеви,
5. Прикаже алате, машине и начин контроле израде делова склопа цеви и
6. Опише површинску заштиту делова склопа цеви.

Препоручена литература:

- [1] Књига „ Технологија производње наоружања “, мр Винко Павелић, дипл. инж. Загреб, 1988.
- [2] Књига „ Технологија одржавања наоружања “, пк мр Звонко Маричић, Београд, 2001.
- [3] Књига „ Наука о материјалима “, Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Душан Арсић, Крагујевац, 2017.
- [4] Књига „ Корозија и технологија заштите материјала “, Владимир Вујичић, Београд, 2002.
- [5] Скрипта „ Обрада метала резањем “, Производне технологије, Богдан Недић, Миодраг Лазић, Крагујевац, 2007.
- [6] Скрипте из предмета „ Конструкција артиљеријских оруђа “, пк др Александар Кари, дипл. инж.
- [7] Књига „ Основи наоружања – Артиљеријска оруђа “, Ристић – Јаковљевић, Београд, 2001.

Крагујевац, датум

ментор:

Проф. др Боган Недић, дипл. инж.

Резиме

У овом раду извршена је анализа технологија производње склопа артиљеријских цеви. На почетку је приказан преглед развоја артиљеријских средстава у свету и на нашим просторима, а након тога извршена је класификација артиљеријских средстава и представљене карактеристике истих. После тога приказани су главни делови и склопови артиљеријских средстава. Детаљно су анализирани делови склопа цеви, где су поред разних подела приказане и силе које делују на њих у току процеса опаљења. Суштину рада чини анализа технологија производње делова, који чине склоп цеви и материјали од којих се они производе. Након тога приказан је поступак склапања свих елемената у главни склоп цеви. После процеса монтаже, може се видети приказ поступака контроле цеви и затварача, као и врсте површинске заштите. На крају је дат закључак.

Кључне речи: артиљерија, склоп цеви, технологије машинске обраде, површинска заштита.

Abstract

In this paper, the analysis of technologies for the production of artillery barrel assemblies is performed. At the beginning, an overview of the development of artillery in the world and in our region is presented, and after that, the classification of artillery and the characteristics of the same are presented. After that, the main parts and assemblies of artillery were shown. The parts of the barrel assembly are analyzed in detail, where, in addition to various divisions, the forces acting on them during the firing process are also shown. The essence of the work is the analysis of the technology of production of parts, which make up the assembly of barrel and the materials from which they are made. After that, the procedure of assembling all the elements into the main assembly of the barrel is shown. After the installation process, you can see a display of barrel and shutter control procedures, as well as the types of surface protection. In the end, a conclusion was given.

Key words: artillery, barrel assembly, machining technologies, surface protection.

САДРЖАЈ

1. Уводна разматрања	1
1.1. Кратак преглед развоја артиљеријског наоружања	1
1.1.1. Развој артиљеријског наоружања код нас	4
1.2. Класификација артиљеријских оруђа	7
1.2.1. Тактичко – технички захтеви	9
1.2.2. Борбени захтеви	9
1.2.3. Захтеви послуживања	10
1.2.4. Производно – економски захтеви	11
1.3. Основне карактеристике артиљеријског оруђа	11
1.3.1. Балистичке карактеристике	11
1.3.2. Конструктивне карактеристике	12
1.3.3. Експлоатационе карактеристике	13
1.3.4. Релативне карактеристике	14
2. Склопови и главни делови артиљеријског оруђа	15
2.1. Принцип рада артиљеријског оруђа	15
2.2. Основни склопови артиљеријског оруђа	15
2.2.1. Склоп цеви са задњаком, затварачем и гасним уређајем	16
2.2.2. Склоп горњег лафета	17
2.2.3. Склоп доњег лафета	18
2.2.4. Противтрзајући уређај (ПТУ)	19
2.2.5. Нишанске справе и уређаји	20
2.2.6. Остали делови	20
3. Цев	21
3.1. Унутрашња траса цеви	22

3.1.1.	Барутна комора	23
3.1.2.	Прелазни конус	24
3.1.3.	Водиште пројектила.....	24
3.2.	Силе које делују на цев, отпорност и димензионисање цеви.....	27
4.	Задњак и затварач.....	32
4.1.	Задњак	32
4.1.1.	Прорачун задњака	33
4.2.	Затварач	36
4.2.1.	Механизми и делови затварача	38
4.2.1.1.	Механизми за покретање затварача	38
4.2.1.2.	Механизам за опаљење метка.....	40
4.2.1.3.	Делови за избацивање чауре.....	41
4.2.1.4.	Делови за осигурање и помоћни делови	42
5.	Гасна кочница	44
5.1.	Врсте гасних кочница	44
5.2.	Карактеристике гасних кочница.....	45
6.	Технологије израде делова склопа цеви.....	47
6.1.	Обрада крупних полуфабриката стругањем	53
6.2.	Глодање	56
6.3.	Бушење	58
6.3.1.	Дубоко бушење	60
6.3.2.	Проширивање дубоких отвора	62
6.4.	Брушење	62
6.5.	Рендисање.....	63
6.6.	Провлачење	64

6.7.	Ожлебљење	64
6.8.	Пресовање	65
6.9.	Хоновање и полирање.....	65
7.	Материјали који се користе за израду	66
8.	Монтажа склопа цеви.....	67
9.	Контрола и заштита склопа цеви	68
9.1.	Утврђивање техничког стања цеви артиљеријских оруђа.....	68
9.1.1.	Параметри стања.....	68
9.1.2.	Методика провере и опрема за утврђивање техничког стања цеви артиљеријских оруђа.....	71
9.1.3.	Основне неисправности.....	74
9.2.	Утврђивање техничког стања затварача	74
9.2.1.	Параметри стања.....	74
9.2.2.	Методика провере и опрема за утврђивање техничког стања затварача	76
9.2.3.	Основне неисправности затварача артиљеријских оруђа	79
10.	Површинска заштита склопа артиљеријских цеви	80
10.1.	Бојење	80
10.2.	Брунирање.....	81
10.3.	Фосфатирање	82
10.4.	Јонско нитрирање	83
11.	Закључак.....	84
12.	Литература.....	85

1. Уводна разматрања

Историјски развој артиљерије уопште и артиљеријског наоружања је изузетно дуг и практично је започео пре две хиљаде година израдом бацачких направа као што су балисте (слика 1.1), катапулти, фрондиболе и др. Представљају прва озбиљна остварења човекове жеље да противника туче са што веће удаљености.

1.1. Кратак преглед развоја артиљеријског наоружања

Прва ватрена балистичка оруђа у европским земљама јављају се у 14. веку увођењем барута као погонског средства за покретање и лансирање пројектила из цеви оруђа. Овај почетак тзв. пиротехничке артиљерије условио је у наредних неколико векова изузетан развој бројних решења и више врста оруђа различитих калибара и перформанси. Он у складу са достигнутим степеном развоја науке и технологије и наравно у измењеним условима траје до данас.

Током 15. века чињени су покушаји систематизације и на неки начин стандардизације у производњи оруђа. Прописују се прва правила (канони) о начину употребе оруђа. Касније је реч „канон“ поистовећена са називом самог оруђа, тако да и данас у низу земаља западне Европе ова реч (cannon) значи топ. У овом раздобљу оруђе се поставља на специјална постоља, односно лафете чиме је знатно побољшана стабилност оруђа при гађању. Појам лафет долази од енглеске речи *feet* (нога) и француске интерпретације овог назива и данас је актуелан у конструкцијама оруђа.

Одувек је један од основних параметара моћности оруђа била величина и маса пројектила – кугле, а то значи и унутрашњи пречник цеви из које се избацује кугла. Пошто се у Италији, тада водећој сили на пољу артиљерије, маса изражавала у либрама, онда се, зависно од тога колика је маса кугле (*qua libra* = колико је тешка) ценила и моћност оруђа. Сматра се да од ових речи долази појам „калибар“ оруђа, који се и данас узима као један од најважнијих параметара моћности оруђа.

Први научни темељи за израду и употребу оруђа постављени су у 16. и 17. веку, раздобљу које карактерише снажан успон науке и уметности. У том раздобљу долази до примене нишанских справа и механизма за навођење цеви оруђа на циљ. Тиме се значајно повећава тачност и ефикасност гађања артиљеријским оруђима.

Средином 19. века, проналаском моћнијег малодимног барута, долази до новог импулса у развоју оруђа. Пројектили се пуне експлозивним пуњењима чиме се повећава дејство на циљу. Настојање да се маса експлозивног пуњења што више повећа, а тиме и маса пројектила, условило је увођење издужених (цилиндричних) пројектила са одговарајућом аеродинамичном конфигурацијом која је пројектилу обезбеђивала мање силе отпора током лета до циља.

Све до половине 19. века цев је била чврсто везана са лафетом, који су због великог оптерећења при опаљењу морали да буду врло масивни и великих димензија. Ова оруђа са тзв. „крутим лафетом“ су била велике масе, слабо покретна и врло спорометна. Увођењем еластичне везе између цеви и лафета помоћу противтрзајућег уређаја, а посебно хидрауличне кочнице трзања (1846. године Кане) знатно је повећана прецизност гађања и брзометност оруђа, а посебно стабилност оруђа при опаљењу.

Оваква веза је омогућила рационалну конструкцију лафета оруђа у погледу габарита и масе, који постају лакши и мобилнији. Брзина гађања оруђа се још повећала изградом затварача цеви који за свој аутоматски рад користи енергију трзања цеви.

У току Првог светског рата производе се оруђа специјалне намене као што су: противтенковска, тенковска и противавионска оруђа. У истом периоду долази до појаве оруђа са реактивним погоном пројектила (реактивна артиљеријска оруђа или ракетни лансери) која се посебно масовно примењују у Другом светском рату. У оквиру модернизације постојећих система оруђа у послератном периоду цеви се ојачавају и пројектују за веће притиске опаљења, веће почетне брзине пројектила и веће домете. Увођењем гасних уређаја у конструкцију оруђа све више се побољшавају функције оруђа и њихова намена, посебно код великих калибара оруђа.

У оквиру НАТО извршена је потпуна унификација калибара 105 mm, 155 mm и 203 mm. Почетком седамдесетих година 20. века калибар 155 mm је усвојен као основни калибар ватрене подршке, па је спроведена стандардизација балистичких параметара за разорни пројектил 155 mm. Остајући доследни својој традицији, Руси су задржали калибре 122 mm, 152 mm и 203 mm са међукалибрима 130 mm и 180 mm. Улогу главног оруђа ватрене подршке код Руса добила је топ – хаубица 152 mm. Повећање домета и ватрене моћи основног артиљеријског оруђа ватрене подршке (155 mm и 152 mm) одвијало се у три фазе надградње балистичког система:

- прва послератна генерација оруђа имала је дужине цеви 23 до 30 калибара,
- другу генерацију, чије увођење у наоружање почиње седамдесетих година 20. века, чине оруђа са цевима дужине 39 и 40 калибара и
- трећу генерацију, која се јавља средином осамдесетих година прошлог века, чине оруђа са цевима дужине 45, а изузетно 52 калибара.

У првој половини деведесетих година 20. века започиње развој оруђа четврте генерације са цевима дужине преко 52 калибара (вероватно до 60 калибара).

Све до половине педесетих година прошлог века и Запад и СССР (Русија) имају у наоружању углавном вучна артиљеријска оруђа, да би од 1960. године Запад све више давао предност самоходној артиљерији као носиоцу веће тактичке покретљивости. Током седамдесетих година и Руси уводе у наоружање самоходне варијанте оруђа. У истом раздобљу Запад уводи нову фамилију вучних оруђа прилагођену новом концепту покретљивости – ваздушно преношење артиљеријских оруђа на главним правцима наступања или ојачавања здружених јединица у одбрани.

Током осамдесетих година прошлог века, поред вучних и самоходних оруђа у наоружање се уводе и вучна оруђа са самосталним погоном тзв. самопокретна оруђа. Погонска група уграђује се на лафет вучног оруђа и обезбеђује енергију за самостално кретање оруђа на кратким растојањима – на ватреном положају, затим аутоматизацију одређених функција рада и опслуживања оруђа.

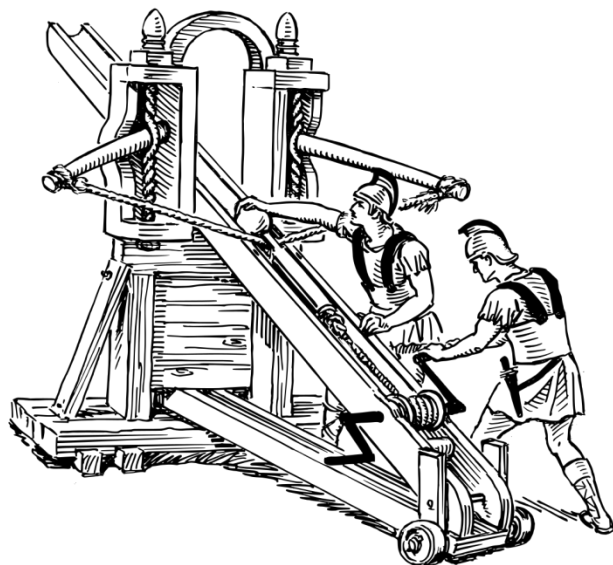
Пошто је дomet функција брзине лета пројектила и силе отпора ваздуха, сва решења имају за циљ да се пројектилу саопшти већа почетна брзина или да се створе услови да пројектил, у току лета кроз ваздух, спорије губи брзину лета [7].

У суштини за повећање домета постојећих оруђа могуће су две опције решења:

- За стандардни пројектил непромењене масе, повећање почетне брзине остварује се употребом специјалних барутних пуњења, без повећања максималног притиска гасова у цеви, али уз повећање рада барутних гасова. Негативна последица овог решења је повећање притиска гасова на устима цеви, а тиме и надпритиска ударног таласа око оруђа. Повећање домета на овај начин може се остварити и до 10%. Мера повећања почетне брзине је ограничена, такође, могућностима противтрзајућег уређаја да апсорбује повећану количину кретања пројектила на устима цеви. Уградњом гасних кочница на устима цеви, међутим, може се у потпуности или делимично апсорбовати овакав вишак енергије.
- Ако услови конструкције оруђа не допуштају да се повећају максимални притисак барутних гасова и количина кретања пројектила на устима цеви, једина могућност је да се пројектује нови пројектил смањене масе и повећане почетне брзине. Код новоконструисаних оруђа повећање почетне брзине у односу на постојеће оруђе истог калибра и намене може се остварити повећањем средњег радног притиска барутних гасова у цеви, повећањем дужине цеви или оптимизацијом облика пројектила. Могуће су три опције решења:
- Код савремених оруђа знатно су повећани максимални радни притисци барутних гасова при опаљењу, захваљујући примени бољих материјала и нових технологија за израду цеви. На пример, код нове хаубице 155 mm M198 (САД) максимални притисак барутних гасова је 3000 bara, а код хаубице старијег типа 155 mm M114 тај притисак био је 2250 bara.
- На примеру хаубица 155 mm у периоду развоја у протеклих педесет година уочава се да дужина цеви стално расте (табела 1.1). Тиме је омогућено да се при сличним условима експанзије гасова у цеви при опаљењу и приближно истом максималном притиску барутних гасова реализује већа барутна комора (а тиме и већа маса барутног пуњења) и продужено дејство гасова на дно пројектила.

Модел оруђа	155 mm M114 САД 1940.	155 mm M50 Франц. 1950.	155 mm F3 Франц. 1960.	155 mm GCT Франц. 1976.	155 mm FH-70 НАТО 1976.	155 mm GHN-45 Аустрија 1982.
Максимални притисак (bar)	2250	2500	2700	3000	3000	3350
Дужина цеви (калибара)	23	23	33	39	40	45
Почетна брзина (m/s)	564	647	725	810	827	897
Максимални домет (km)	14,6	17,25	20	23,5	24	30

Табела 1.1. Повећање домета у функцији повећања дужине цеви



Слика 1.1. Балиста [8]

1.1.1. Развој артиљеријског наоружања код нас

Развој артиљеријских оруђа ватрене подршке у бившој Југославији био је успешан и динамичан. Прву генерацију послератних оруђа чине средства која су развијена и уведена у наоружање до краја шездесетих година. То су пре свега брдски топ 76 mm M48B1, хаубица 105 mm M56, хаубица 155 mm M65 и вишецевни лансер ракета 128 mm Пламен. Сва оруђа реализована су у вучној варијанти и имала су домете највише до 15 km. Војно – политички разлози, оруђа заостала из рата, америчка војна помоћ и политички сукоб са Русима од 1948. године до 1957. године били су пресудни да се у наоружање уведу калибри које су имале војске на Западу.

Другу генерацију, на чијем развоју почиње да се ради од 1974. године, карактерише, пре свега, јаче ослањање на руску артиљерију. У измењеним политичким условима, нарочито у политици према Русији, створени су услови за куповину лиценци за хаубицу 122 mm D-30 и топ 152 mm D-20. На основу ње и на бази домаћег развоја и производње у наоружање се уводе хаубица 122 mm D-30J (модернизацијом оруђа и муниције, дomet руске хаубице са 15 km повећан је на 17,5 km). Поред ове хаубице, уводи се и нова топ – хаубица 152 mm M84 (Нора-А) и СВЛР 128 mm Огањ, а увозом из Русије уводи се у наоружање и топ 130 mm M46. Сва ова оруђа су вучна осим СВЛР 128 mm Огањ, који је био изведен као самоходна варијанта на платформи точкашког возила.

Увођењем ове генерације оруђа у оперативну употребу знатно су повећани домети, па су створени услови за формирање јачих артиљеријских састава и гађање циљева у распону од 17 km до 27 km. У војном и техничко – технолошком погледу, наша земља је увођењем артиљеријских система Нора и Огањ у првој половини осамдесетих година достигла ниво неколико најразвијенијих земаља Запада и Русије.

Трећу генерацију, чији развој почиње у првој половини осамдесетих година, чине самопокретна топ – хаубица 152 Нора-Ц и самоходна топ – хаубица Нора-Б, затим, конвертовани топови 152 mm M46/86, 155 mm M46/86 и вишецевни ракетни лансер 262 mm Оркан [7].

Концепцијски и по својим покретима (у случајевима где је развој завршен до краја) и изведеним решењима оруђа треће генерације, наша артиљерија практично је достигла сам врх светских решења.

Тако је, на пример, Самоходни вишецевни лансер ракета 262 mm Оркан у својој класи напредније решење од америчког MLRS (Multiple Launcher Rocket System) и по оствареном домету од 50 km и компактношћу појединих решења као што су аутоматски пуњач, корекција путање ракета и др. Сва наведена наша решења оруђа 152 mm и 155 mm заснована су на примени цеви дужине 46 односно 45 калибара, а по оствареном домету од 39 km са пројектиlima типа ERFB-BB на нивоу најуспешнијих на свету.

Концепцијом решења оруђа 152 mm Нора-Б, постављеном 1988. године као отворена уградња наоружања на платформу точкашког возила ФАП 2026 формуле 6х6, наши војни стручњаци су вероватно први лансирали идеју, која је касније примењена на француском решењу топ – хаубице 155 mm Caesar [9].

Последњих година, уз изузетне напоре и тешкоће расположивих материјалних и кадровских ресурса, а затим и преостале наменске индустрије, наша земља успева да доврши неке раније започете пројекте развоја наоружања и започне развој нових средстава самоходних оруђа калибра 122 mm, 128 mm и 155 mm (Нора Б52 К).

Концепција решења самоходног оруђа НОРА-Б52 (слика 1.1.1.1) (уградња наоружања на шасију теренског возила конфигурације 8х8) и габаритне димензије оруђа обезбеђују:

- Добру проходност оруђа ван путева и на путевима,
- Превожење послуге оруђа,
- Превожење борбеног комплета муниције за основно наоружање,
- Безбедан рад послуге при опслуживању оруђа на ватреном положају,
- Балистичку заштиту послуге, делова склопа наоружања и возила (кабине возача, помоћне кабине, кабина командира одељења и нишанције, муницијског контејнера и дела куполе где су смештене касете аутоматског пуњача) од метка 7,62х39 mm ФМЈ и парчади артиљеријских пројектила 155 mm,
- Безбедно напуштање бојишта у случају кvara основног хидро – електричног система уз помоћ резервних подсистема уграђених на возило и
- Три мода рада (аутоматски, полуаутоматски и ручни).



Слика 1.1.1.1. Нора – Б52 [9]

При изради оруђа Нора треће генерације (слика 1.1.1.2), примењене су најновије технологије дизајнирања и израде, што је резултирало вишеструким скраћењем времена, као и повећањем тачности израде.

Оруђе је модуларног типа, што омогућава испоруке у више различитих опција, зависно од одабира корисника.

У концепт је уведено низ техничких решења, од којих је споља најочљивије увођење комплетне оклопне заштите са свих страна, чиме је генерални спољашњи изглед средства значајно измењен у смислу његове «милитаризације». Увођењем балистичке заштите повећана је вероватноћа преживљавања средства у условима његовог излагања парчадном дејству артиљеријских и ракетних пројектила.

Осим заштите од парчадног дејства пројектила, примењено решење балистичке заштите омогућава и отпорност на заседна или препадна дејства која могу извести специјалне јединице противника стрељачким наоружањем, као и извесну отпорност виталних компонената оруђа на дејство нагазних или противподних мина и импровизованих експлозивних направа.

Увођењем помоћног извора снаге (АПУ) намењеног за напајање уређаја за покретање оруђа на ватреном положају омогућено је повећање аутономије дејства возила.



Слика 1.1.1.2. Нора К-И, трећа генерација [9]

Такође су реализовани још неки пројекти попут вишенаменског оклопног борбеног возила 4x4, БОВ М16 Милош; Лазар 2 8x8; Лазар 3 (слика 1.1.1.3); као и вишецевни ракетни бацачи Кошава (Whirlwind).



Слика 1.1.1.3. Лазар 3 [9]

1.2. Класификација артиљеријских оруђа

Многобројни задаци које решава артиљерија у борби захтевали су развој више врста оруђа, различитих по калибру, начину кретања, типу и борбеној намени. Класификација артиљеријских оруђа може се извршити на основу више критеријума, и то [6]:

а) по начину на који пројектил добија почетну брзину на:

- класична и
- реактивна;

б) по конструкцији цеви на:

- оруђа са глатком цеви и
- оруђа са ожлебљеном цеви;

в) по месту дејства и врсти циља на:

- земаљска (противтенковска и брдска),
- противавионска,
- тенковска,
- ваздухопловна,
- обалска и
- бродска;

г) по начину превозења на:

- преносна (лака),
- вучна,
- самоходна и
- самопокретна;

д) према калибру на:

- оруђа малог калибра (до 100 mm),
- оруђа средњег калибра (105 до 155 mm) и
- оруђа великог калибра (преко 155 mm);

ђ) према основној намени у борби на:

- оруђа за подршку и
- противоклопна оруђа;

е) према конструктивно – балистичким особинама на:

- топове,
- хаубице,
- минобацаче,
- топ – хаубице (хаубица – минобацач) и
- ракетне бацаче (лансере).

Топови су намењени за гађање откривених циљева, за рушење вертикалних зидова разних објеката и за гађање на великим одстојањима. Топови саопштавају пројектилу велику почетну брзину (800 – 1500 m/s и више), па је путања пројектила положена при гађању под малим угловима. Повећање почетне брзине пројектила постиже се повећањем барутног пуњења и дужине цеви. Маса барутног пуњења код топова износи 20 – 30% од масе пројектила и више, а дужина цеви (40 – 60) калибара. Маса цеви и велика енергија пројектила захтевају и повећање отпорности и масе лафета, па је маса топова, у поређењу са другим оруђима истог калибра, већа.

Хаубице су намењене за гађање заклоњених циљева. Да би пројектил уништио заклоњени циљ, он мора имати убацну путању. Убацна путања пројектила може се добити ако се смањи почетна брзина пројектила и повећа елевациони угао. Смањење почетне брзине пројектила постиже се на рачун смањења масе барутног пуњења и дужине цеви. Маса барутног пуњења код хаубице износи 9 – 15% од масе пројектила, дужина цеви (22 – 30) калибара, а почетна брзина пројектила 500 – 800 m/s. Највећи угао елевације код хаубице износи 69 – 80°, а домет (12 – 18 km). Хаубице имају променљиво барутно пуњење, што омогућава 8 до 12 различитих маса барутног пуњења, чиме се постиже промена путање и домета, а да се не мења угао елевације. Маса хаубице је два до три пута мања од масе топа истог калибра.

Минобацачи су врста артиљеријских оруђа, која су оспособљена за гађање само са полазним угловима преко 45°. Минобацач је намењен за дејство по живој сили и ватреним средствима која се налазе на отвореном простору, задњем нагибу и у природним или вештачким заклонима. Цев минобацача је најчешће глатка, дужине (10 – 12) калибара, са задње стране затворена. Минобацачи се у највећем броју случајева пуне спуштањем мине у цев кроз уста цеви, а ређе са задње стране. Лафет је једноставне конструкције, без колевке и противтрзајућег уређаја. При опаљењу мине, сила барутних гасова се преноси на тло преко ослоне плоче – подлоге. Захваљујући овој концепцији решења маса минобацача је знатно мања у поређењу са масом топа или хаубице. Минобацачка мина се стабилише на путањи помоћу крилаца, чији је пречник приближно једнак калибру минобацача.

Топ-хаубица је тип артиљеријског оруђа које у себи сједињује карактеристике топа и хаубице. То су најчешће оруђа калибра 105 mm и већег. Намењена су за гађање циљева на већим удаљеностима него што је то случај са хаубицама.

Хаубица – минобацач је оруђе које у себи обједињује карактеристике хаубице и минобацача.

Бацач (лансер) ракета је артиљеријско оруђе са ракетним пројектилима. Може да буде једноцевно и вишецевно оруђе. Једноцевни бацачи ракета претежно спадају у групу ручног оружја, јер се ракета испаљује са рамена. Вишецевни бацачи ракета су вучна или самоходна оруђа.

Ручни бацачи ракета су претежно противоклопна оружја и служе за гађање циљева на мањим даљинама, док су вишецевни бацачи ракета намењени за ватрену подршку и уништавање циљева по дубини непријатеља. Основна карактеристика бацача ракета је што су једноставне конструкције. Цев је глатка, са оба краја отворена и служи само за давање почетног правца пројектила, јер ракетни пројектил добија брзину од потиска мотора, који је саставни део пројектила.

1.2.1. Тактичко – технички захтеви

Развоју новог артиљеријског оруђа претходи разрада тактичко – техничких захтева које при пројектовању конструктори треба да остваре. Од могућности реализовања ових захтева зависи да ли ће основне карактеристике пројектованог артиљеријског оруђа одговарати условима савремене борбе. Тактичко – технички захтеви служе и за упоредну оцену постојећих артиљеријских оруђа у наоружању. Ови захтеви се обично сврставају у три велике групе, као: борбени захтеви, захтеви послуживања и производно – економски захтеви [6].

1.2.2. Борбени захтеви

Борбени захтеви се односе на моћ, маневар и издржљивост оруђа. Моћ оруђа обухвата: дејство пројектила на циљу, максимални домет, прецизност и тачност гађања и брзину гађања. Под појмом маневар подразумевају се: покретљивост оруђа, маневар ватром и маневар путањом. Издржљивост оруђа је могућност очувања борбене особине оруђа у различитим условима експлоатације.

а) Дејство пројектила на циљу

За гађање различитих циљева користе се различите врсте пројектила. Дејство свих врста пројектила на циљу одређује се величинама које карактеришу његов стварни учинак на циљу. На пример, дејство пројектила на оклоп одређује се дебљином пробијања оклопа. Разорно дејство пројектила мери се пречником левка, који се образује у земљи у тренутку експлозије, а ударно дејство пројектила – дебљином пробијања препреке. Величина парчадног дејства пројектила зависи од броја убојних парчади на одређеној удаљености од места распрскавања пројектила. Према захтеваном дејству пројектила на циљу одређују се калибар и врста оруђа, врста и почетна брзина пројектила.

б) Максимални домет

За меру максималног домета узима се максимална хоризонтална даљина гађања одређеног оруђа. Максималним дометом се обезбеђује гађање циљева на великим даљинама. Осим тога, максимални домет обезбеђује маневар путањама без промене ватреног положаја, што је веома важно за маскирање оруђа и изненадно отварање ватре у условима растреситог борбеног распореда артиљеријских јединица. Максимални домет се може повећати повећањем почетне брзине пројектила или посебном конструкцијом пројектила.

в) Прецизност и тачност гађања

Прецизност гађања је особина оруђа да обезбеди груписање погодака на што мањој површини. Уколико је слика погодака мања, прецизност оруђа је већа и обратно. Уколико је већа прецизност брже се и са мањим утрошком муниције извршава ватрени задатак. Под тачношћу гађања се подразумева удаљеност средњег поготка слике растурања од нишанске тачке, односно од центра циља.

г) Брзина гађања

Брзина гађања има нарочиту важност при гађању покретних циљева. Уколико је већа брзина гађања, утолико је, при осталим истим условима, већа вероватноћа погађања циљева који се крећу.

д) Маневар

Покретљивост оруђа се одређује брзином кретања оруђа по различитим путевима и ван путева, као и временом потребним да се оруђе спреми из маршевског у борбени положај и обратно. У покретљивост спада и могућност транспорта оруђа на велике удаљености (железницом, водним и ваздушним средствима). Маневар ватром је способност оруђа да се брзо преноси ватра са једног циља на други. Маневар ватром зависи од хоризонталног поља дејства, максималне елевације цеви, максималног домета, величине барутног пуњења и др.

ђ) Издржљивост оруђа

Издржљивост оруђа представља могућност оруђа да очува своје борбене особине у различитим условима експлоатације. Висока издржљивост се обезбеђује чврстоћом и квалитетом израде његових делова и механизма, прилагођавањем условима борбене ситуације и рационалном конструкцијом.

1.2.3. Захтеви послуживања

Захтеви послуживања се огледају у следећем:

- безотказном раду свих механизма оруђа,
- безопасном руковању оруђем и
- једноставном и лако послуживању.

Испуњење ових захтева омогућава послужити оруђа да без већих физичких напора изврши борбене задатке. Осим тога, када су испуњени захтеви послуживања, учвршћује се и сигурност (вера) послуге у борбену моћ свог оруђа.

1.2.4. Производно – економски захтеви

Производно – економски захтеви имају за циљ да обезбеде масовну и брзу производњу, као и брз ремонт артиљеријских оруђа. Најважнији производно – економски захтеви су:

- једноставна конструкција и високо продуктивна технологија производње;
- међузаменљивост и стандардизација што већег броја делова, што омогућава да се у ново оруђе уграђују већ усвојени делови, механизми и агрегати;
- типизација лафета и нишанских справа;
- коришћење за производњу домаћих материјала.

Да би се смањили трошкови око одржавања и ремонта, веома је важно како људство рукује артиљеријским оруђем. Пажљивим руковањем и строгим придржавањем прописа о одржавању знатно се продужава век употребе и смањују трошкови ремонта и техничког одржавања артиљеријских оруђа.

1.3. Основне карактеристике артиљеријског оруђа

При оцени моћи и борбених особина артиљеријског оруђа користе се његове основне карактеристике. Најважније од њих узимају се као полазне величине при пројектовању новог артиљеријског оруђа [6].

1.3.1. Балистичке карактеристике

Балистичке карактеристике артиљеријског оруђа су:

- почетна брзина пројектила,
- максимални притисак барутних гасова,
- маса пројектила,
- маса пуњења,
- максимални домет и
- кинетичка енергија на устима цеви, тзв. моћ оруђа.

Почетна брзина пројектила је прорачунска величина брзине пројектила у моменту када се дно пројектила поклопи са устима цеви. Њена бројна вредност се широко користи не само при пројектовању, већ и у припреми почетних елемената за гађање. Са усавршавањем артиљеријских оруђа повећавана је и почетна брзина пројектила, тако да данас код неких савремених оруђа износи 1000 – 1500 m/s, па и више.

Максимални притисак барутних гасова карактерише максимално напрезање коме је изложена цев артиљеријског оруђа за време опаљења. Осим тога, максимални притисак барутних гасова одређује највећу силу која делује на пројектил за време његовог кретања по каналу цеви. Бројна вредност максималног притиска барутних гасова се користи при пројектовању оруђа и муниције.

Код неких артиљеријских оруђа притисак барутних гасова достиже вредност реда 2500 или 3500 бага, па и већу, зависно од концепције пуњења и врсте пројектила.

Маса пројектила у општем случају карактерише убојно дејство пројектила на циљ. Зависно од калибра оруђа, маса пројектила може да се мења од неколико десетих делова килограма до неколико десетина килограма.

Маса пуњења карактерише величину енергије која се јавља при сагоревању барутног пуњења у барутној комори цеви оруђа. Да би се добила жељена почетна брзина пројектила, маса барутног пуњења мора бити у строго одређеном односу према маси пројектила. Зависно од врсте оруђа и броја барутних пуњења, маса барутног пуњења износи 30 до 150% масе пројектила.

Максимални домет се одређује максималном даљином до које може бити избачен пројектил највећим пуњењем при нормалним (табличним) метеоролошким, балистичким и геофизичким условима гађања. Максимални домет карактерише могућност оруђа да гађа удаљене циљеве. При гађању из неких артиљеријских оруђа максимални домет достиже до 50 km.

Кинетичка енергија на устима цеви, тзв. моћ оруђа, посматра се као карактеристика убојне моћи оруђа. Она је једнака кинетичкој енергији пројектила (E_0), који се креће почетном брзином (V_0).

$$E_0 = \frac{m \times V_0^2}{2} \quad (1.1)$$

При оцени артиљеријског оруђа често се његова моћ посматра као карактеристика његове снаге (P).

$$P = \frac{m \times V_0^2}{2t} \quad (1.2)$$

где је:

t – време дејства силе барутних гасова на пројектил,

m – маса пројектила и

V_0 – почетна брзина пројектила.

1.3.2. Конструктивне карактеристике

У конструктивне карактеристике спадају следећи параметри:

- калибар цеви,
- дужина цеви,
- геометрија жлебова,
- вертикално и хоризонтално поље дејства,
- дужина трзања цеви при опаљењу,
- количина течности у кочници трзања и повратнику,
- габаритне димензије оруђа: висина, дужина и ширина,
- маса оруђа у борбеном положају,
- маса оруђа у маршевском положају,
- маса цеви и
- маса трзајућих делова оруђа.

Међутим, од посебне је важности калибар цеви. Како од калибра зависи величина оруђа, те се у пракси калибар цеви поистовећује са калибром оруђа.

Геометријски параметри и величине које карактеришу масу оруђа и његове делове широко се користе при пројектовању и оцени ваљаности конструкције оруђа, а и при његовој експлоатацији и ремонту.

Вертикално и хоризонтално поље дејства су карактеристике маневра ватром оруђа. Вертикално поље дејства обухвата угао елевације и угао депресије. Код неких савремених оруђа угао елевације достиже величину од 70° , а угао депресије до -7° . Хоризонтално поље дејства код оруђа са двокраким лафетом најчешће није веће од 60° , а код оруђа са трокраким лафетом је кружно (360°).

Дужина трзања цеви при опаљењу јавља се као критеријум правилног рада противтрзајућег система. Зависно од конструкције оруђа, калибра и „моћи оруђа“, дозвољена дужина трзања износи од 650 до 1400 mm. На металном лењиру причвршћеном за колевку, дозвољена дужина трзања означена је специјалном цртицом и најчешће, натписом „стоп“. Прописана количина течности у кочници трзања и повратнику, а и прописани притисак азота (ваздуха) у повратнику, обезбеђују нормалан рад кочнице трзања и повратника за време опаљења. Зависно од калибра оруђа, количина течности у кочници трзања и повратнику може да се мења од неколико литара до неколико десетина литара.

1.3.3. Експлоатационе карактеристике

У експлоатационе карактеристике спадају:

- брзина гађања,
- време спремања оруђа из маршевског у борбени положај и обратно и
- брзина превозења оруђа по различитим путевима и ван путева.

Брзина гађања се одређује бројем метака испаљених у једном минути. Разликују се брзина гађања при којој се нишани за сваки метак или се за сваки следећи метак врши само контрола елемената и брзина гађања код које се нишани само за први метак и која је ограничена тзв. режимом ватре. Обе назначене брзине гађања зависе од конструкције оруђа, увежбаности и физичког напрезања послуге. Код савремених артиљеријских оруђа брзина гађања са нишањењем за сваки метак, зависно од калибра, креће се од једног до 12 – 15 метака у минути. Брзина гађања коју дозвољава „режим ватре“ прописана је Артиљеријским правилом гађања. Време спремања оруђа из маршевског у борбени положај и обратно карактерише готовост оруђа за извршење ватрених задатака. И време спремања оруђа, као и брзина гађања, зависе од конструкције оруђа, увежбаности и физичког напрезања послуге. Зависно од калибра оруђа, ово време спремања оруђа износи од неколико десетина секунди до неколико минута. Брзина превозења оруђа је карактеристика његових маршевских могућности. Она зависи од конструкције и квалитета гибњева, точкова и осталих механизма и уређаја оруђа. Савремена артиљеријска оруђа могу да се крећу по асфалтним путевима брзином од 60 km/h, а ван путева до 15 km/h.

1.3.4. Релативне карактеристике

Релативне карактеристике се изражавају преко коефицијента моћности оруђа C_E и коефицијента искоришћења материјала η_c . Користе се као упоредне величине при оцени постојећих или пројектовању нових артиљеријских оруђа. Коефицијент моћности оруђа представља бројни однос кинетичке енергије пројектила на устима цеви (E_0) према калибру цеви (d) на трећи степен.

$$C_E = \frac{E_0}{d^3} = \frac{m \times V_0^2}{2d^3} \quad (1.3)$$

Овај коефицијент се најчешће узима као полазна основа при пројектовању новог артиљеријског оруђа. Коефицијент искоришћења материјала је бројни однос кинетичке енергије пројектила на устима цеви и масе оруђа у борбеном положају M_b .

$$\eta_c = \frac{E_0}{M_b} = \frac{m \times V_0^2}{2M_b} \quad (1.4)$$

Коефицијенти су одређени следећим изразима:

$$C_E = \frac{E_0}{d^3} \quad (1.5)$$

$$C_m = \frac{m}{d^3} \quad (1.6)$$

$$\eta_p = \frac{(m + \frac{1300}{V_0} \mu) V_0}{Q_b \times g} \quad (1.7)$$

$$\eta_\mu = \frac{E_0}{\mu} \quad (1.8)$$

$$\eta_c = \frac{E_0}{M_b} \quad (1.9)$$

2. Склопови и главни делови артиљеријског оруђа

2.1. Принцип рада артиљеријског оруђа

Муниција:

- Пуњење, пројектил.

Трзајућа маса m_t :

- Склоп цеви и
- Покретни делови противтрзајућег уређаја.

Нагибни (осцилујући склоп):

- Склоп цеви,
- Противтрзајући уређај и
- Делови склопа горњег лафета покретни по елевацији (колевка, изравњачи, механизам елевације).

Обртни склоп:

- Склоп цеви,
- Склоп горњег лафета и
- Противтрзајући уређај.

2.2. Основни склопови артиљеријског оруђа

1. Склоп цеви,
2. Склоп горњег лафета,
3. Склоп доњег лафета и
4. Склоп противтрзајућег уређаја.

Основни склопови артиљеријског оруђа се могу видети на слици 2.2.



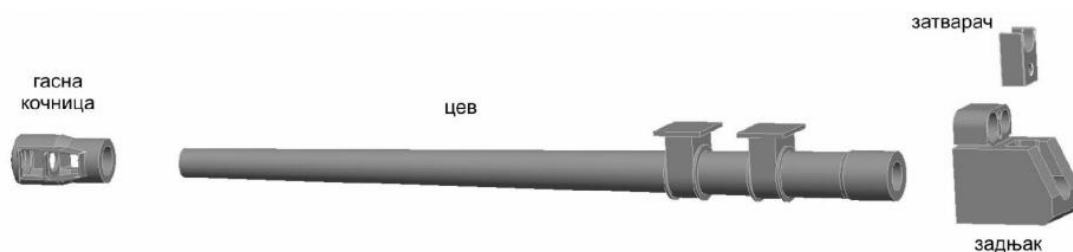
Слика 2.2. Основни склопови артиљеријског оруђа [6]

2.2.1. Склоп цеви са задњаком, затварачем и гасним уређајем

Овај склоп представља покретни део оруђа за време опаљења и обично се назива трзајућим склопом или трзајућом масом. Саставни делови овог склопа су чврстим везама спојени са цеви оруђа на различите начине. Цев је најбитнији део оруђа уопште, и служи да пројектилу саопшти почетну брзину и правац полета, као и ротацију око уздужне осе ради стабилизације лета до циља. Шупљина цеви се назива „канал цеви“. Предњи отвор називамо „уста цеви“. Дно цеви представља затварач, који се смешта у задњаку цеви. На уста цеви се обично уграђује гасна кочница, а ближе устима цеви може се, такође, поставити ејектор или издувник барутних гасова, као гасни уређаји.

Задњак служи да се у њега смести затварач са разним механизмима, да повеже цев са елементима ПТУ, а врло често, и да омогући клизање трзајућег склопа по колевци, као и спречавање ротације цеви, која би иначе настала услед силе урезивања и вођења пројектила по завојним жлебовима. Затварач представља отвориво (покретно) дно цеви. При пуњењу цеви пројектилом, он се отвара, а при опаљењу мора да буде сигурно и поуздано затворен са задњим пресеком цеви. Због бројних функција које извршава и међусобне условљености у раду, садржи већи број различитих механизма и уређаја, па у кинематском смислу представља најкомпликованији део оруђа.

Гасна кочница служи да одвођењем у страну што веће количине истичуће струје барутних гасова након излетања зрна, што више ослаби реактивно дејство гасова на дно цеви и тако умањи кинетичку енергију трзања. Омогућује мање оптерећење лафета и олакшава обезбеђење стабилности и непомичности оруђа при опаљењу [6]. Склоп цеви приказан је на слици 2.2.1.

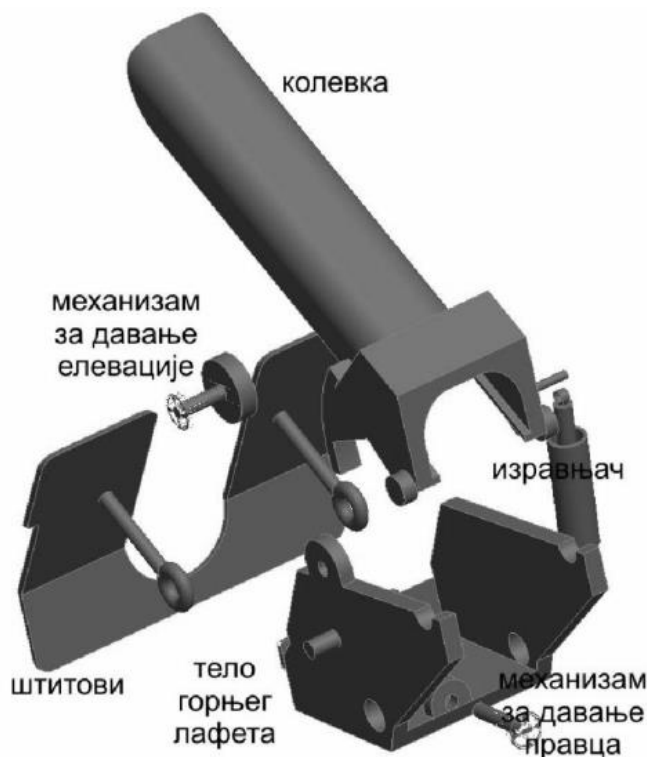


Слика 2.2.1. *Склоп цеви* [6]

2.2.2. Склоп горњег лафета

Склоп горњег лафета (слика 2.2.2) представља носач или постоље склопа цеви којим се обезбеђује вођење цеви и усмерено кретање при опаљењу, као и усмеравање цеви по правцу и висини ради извршења гађања. Овај склоп чине: колевка, тело горњег лафета, механизми (справе) за навођење цеви у простору и механизми за уравнотежење нагибног склопа (изравњачи).

Нагибни или осцилујући склоп оруђа је комплетан склоп цеви са колевком који ротацијом у односу на тело горњег лафета омогућује закретање цеви у читавом дијапазону елевационих углова. Веза склопа горњег лафета са телом доњег лафета остварена је окретним ослоном помоћу лежајева. Због тога се горњи лафет често назива окретним или вртљивим склопом оруђа [6].



Слика 2.2.2. *Склоп горњег лафета* [6]

2.2.3. Склоп доњег лафета

Склоп доњег лафета (слика 2.2.3) представља тзв. доњи построј оруђа или постоље на које се ослања комплетна надградња горе наведених делова оруђа и повезује у јединствену конструкциону целину тј. лафетно оруђе.

Састоји се од бројних делова од којих сваки за себе има посебно важну улогу. Ти делови су: тело доњег лафета, лафетска осовина, баланси, подлога, кракови лафета. Овај склоп је најгабаритнији део оруђа. У зависности од начина ослањања и повезивања са тлом ради стабилности при гађању, односно начина транспорта оруђа, он се повезује на различите начине, зависно од коцепције и типа оруђа.

Ако је ослањање изведено помоћу ходних елемената на точковима, говоримо о лафетним оруђима на точковима или вучним артиљеријским оруђима. У случају ослањања на мобилне платформе (шасије возила, бродова и сл.), говоримо о самоходним или бродским оруђима. Ако се лафетација нагибног склопа оруђа изведе посебним носачима – рамовима који се везују за надградњу мобилних платформи возила као што су куполе (затворене, полуотворене и отворене), онда говоримо о оруђима куполне уградње (тенкови, ловци тенкова, самоходна оруђа и др.)

Тело горњег лафета је одливак у облику крутог постоља или сандука, обично сложеније конфигурације, који повезује остале делове доњег лафета у једну целину и на кога се ослања цео обртни склоп оруђа. Код лакших оруђа тело доњег лафета, као посебан део не постоји, а његову улогу преузима лафетска осовина која је тада нешто сложенијег облика него иначе. Поред цеви тело доњег лафета је најоптерећенији део оруђа и у статичком и у динамичком смислу.

Баланси имају задатак да обезбеде потпуно ослањање оруђа у четири тачке: на два точка и на два крака. Без баланса, такво ослањање на и релативно малом неравном терену, не би било могуће. У случају оруђа са подлогом, подлога поред кракова лафета представља трећу тачку ослањања и тиме нема потребе за балансима.

Кракови лафета са ашовима служе да при гађању обезбеде стабилност и непомицност оруђа, а при транспорта оруђа за вучу са вучним возилом. Код оруђа са више кракова лафета, они се могу искористити као подупирачи цеви при транспорта, чиме се смањује утицај осциловања цеви при транспорту. Ради обезбеђења потребног положаја при транспорта или гађању, предњи део кракова лафета са телом доњег лафета обично се везује тзв. шарнирном везом. Задњи крајеви кракова лафета завршавају се ашовима којима се непосредно успоставља ослонац на тлу за време опаљења и потребна сила ослањања оруђа [6].



Слика 2.2.3. Доњи лафет [6]

2.2.4. Противтрзајући уређај (ПТУ)

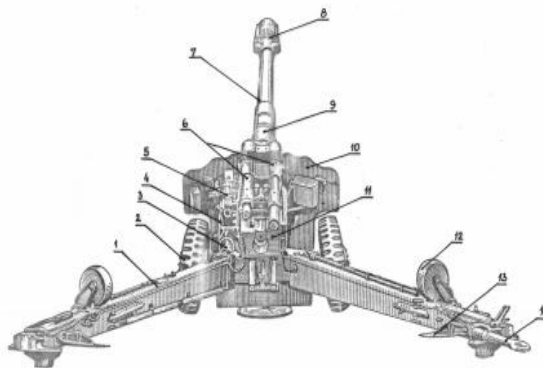
Противтрзајући уређај (слика 2.2.4) представља „еластичну везу“ између цеви и лафета оруђа. Служи да импулс огромне реактивне силе гасова на трзајућу масу неутралише, односно трансформише у импулс много мање силе тј. силе отпора трзању $R(x)$. У неким изворима литературе овај уређај се среће под називом противтрзајући систем (ПТС) или хидроеластични систем (ХЕС). Противтрзајући уређај се са цеви оруђа повезује преко задњака, а са лафетом преко колевке горњег лафета оруђа. Овај уређај се састоји од хидрауличне кочнице трзања и враћања (ХК) и повратника.

Хидраулична кочница трзања је најважнији део ПТУ оруђа помоћу које се може регулисати укупна величина силе отпора трзања цеви до њеног заустављања на одређеној дужини трзања. Радом силе ХК трзања на одређеном путу трзања утроси се до 80% кинетичке енергије трзајућих делова оруђа. Преостала енергија трзања утроси се радом сила повратника до 15% и компонената сила механичког и хидрауличног трења до 5%.

Повратник служи да врати трзајуће делове у предњи почетни положај ради извршења следећег опаљења пројектила и да цев држи у предњем положају при свим угловима елевације кад оруђе не гађа. Потребна енергија за извршење враћања акумулира се у повратнику сабијањем еластичног средства (опруга или гас) приликом трзања, чиме повратник помаже у хидрауличној кочници у успостављању отпора трзању.

Да би се обезбедила погодна динамика враћања и да приликом доседања при крају враћања не би дошло до судара између покретних и непокретних делова, у хидрауличну кочницу се уграђују елементи за кочење враћања, које често називамо хидраулична кочница враћања. У конструктивном погледу хидраулична кочница враћања представља јединствен тј. један агрегат, чија је концепција базирана на хидрауличном цилиндру са клипњачом и клипом и специфичној грађи тзв. „унутрашње арматуре“ хидрауличне кочнице.

Цео преостали, тј. нетрзајући део оруђа носи назив „лафет“. Он се састоји од колевке, горњег лафета, доњег лафета, као и справа и механизма који се на њима налазе ради обављања одређених функција [7].



Слика 2.2.4. Вучно артиљеријско оруђе [7]

- 1 – кракови лафета; 2 – доњи лафет; 3 – механизам за давање правца;
4 – механизам за давање елевације; 5 – нишанске справе; 6 – противтрзајући уређај;
7 – склоп цеви са затварачем; 8 – гасна кочница; 9 – колевка; 10 – ититови; 11 – горњи лафет; 12 – помоћни точкови; 13 – кочна инсталација; 14 – ашови

2.2.5. Нишанске справе и уређаји

Нишанске справе представљају посебне делове и уређаје којима се обезбеђује тачно и прецизно усмеравање и навођење цеви у простору на основу дефинисаних елемената за гађање циљева. Овај склоп оруђа данас представља сложен и интегрисан систем високософистициране технологије разних компонената и елемената, који омогућују високу прецизност и тачност гађања са вероватноћом уништења циља првим метком и преко 90%. Са додатним елементима и уређајима који омогућавају практично потпуну аутоматизацију свих функција и радњи у процесу гађања, овако интегрисан склоп се често назива системом за управљање ватром на оруђима (СУВ) [6].

2.2.6. Остали делови

Поред наведених главних делова, конструктивна решења оруђа, зависно од врсте и типова, могу да имају и друге делове, уређаје и механизме. Они се обично називају помоћним деловима и механизмима оруђа и у њих спадају: механизми и уређаји за пуњење оруђа, механизми за подизање и спуштање точкова, механизми за утврђивање оруђа при транспортовању, дизалице кракова лафета, лафетски штитови, резервни алат, прибор (РАП) и др [6].

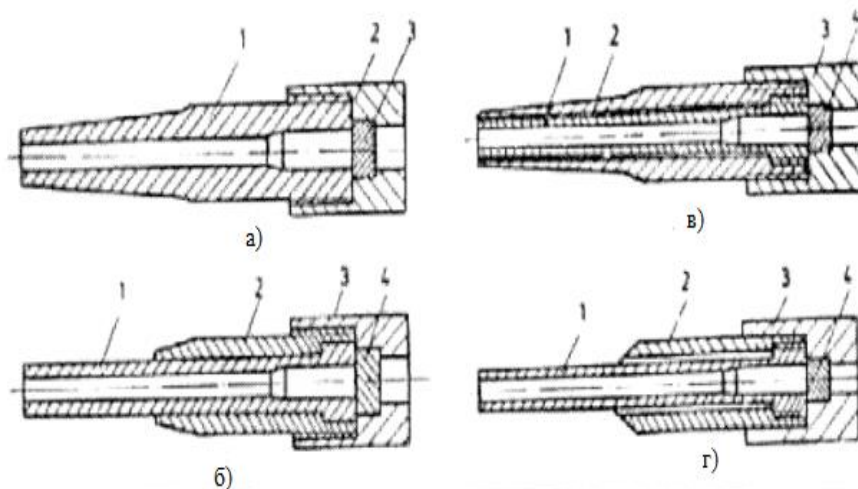
3. Цев

Цев је основни елемент оруђа и у њој се врши процес опаљења метка, при чему пројектил добија почетну и обртну брзину и почетни правац лета. Обзиром на то да процес опаљења карактеришу кратко време, велики притисак и висока температура, најмање грешке при прорачуну, конструисању, изради, касније и у експлоатацији, могу довести до распрскавања или надувавања цеви у тренутку опаљења метка.

Зависно од начина израде водишта пројектила у каналу цеви, разликују се две врсте цеви: са ожлебљеним и глатким каналом. Ожлебљена цев служи да се пројектилу да правац лета, да му се саопште почетна брзина и обртно кретање, које му обезбеђује стабилност за време лета. Ожлебљене цеви се углавном примењују код топова, хаубица и топ – хаубица. Глатка цев служи да се аеродинамички стабиланом пројектилу да правац лета и да му се саопшти почетна брзина. Глатке цеви се примењују код минобацача и савремених тенковских и противоклопних оруђа. Да би цеви оруђа могле да издрже што веће притиске барутних гасова, ојачавају се различитим поступцима.

Зависно од начина ојачања, разликују се следеће врсте цеви: неојачана – моноблок, ојачана, самојачана (аутофретована), слободна цев са кошуљицом и слободна цев са омотачем. Неојачана – моноблок цев (слика 3а) израђена је из једног комада. Израђује се са ожлебљеним и глатким каналом. Једноставна је по конструкцији и економична за производњу. Недостатак јој је у томе што се у случају истрошености мора цела мењати. Међутим, постојећим методама повећања отпорности цеви и коришћењем за њену израду висококвалитетног легираног челика, век употребе јој је знатно продужен, тако да се из ње може испалити више хиљада метака, а да се не промене њене балистичке карактеристике. Моноблок цеви налазе широку примену код оруђа малог и средњег калибра. Ојачана цев (слика 3б) састављена је од две или више цеви навучених једна на другу са преклопом у загрејаном стању. При хлађењу спољна цев стеже унутрашњу, стварајући у њеним зидовима тангенцијални напон стезања. При опаљењу, због дејства притиска барутних гасова, цев се шири и у њеним унутрашњим слојевима се ствара тангенцијални напон истезања. Као резултат алгебарског збрајања напона, различитих по знаку, апсолутна величина резултујућег напрезања ојачане цеви биће мања од аналогног напрезања које се јавља у моноблок цеви, под условом да су обе цеви изложене дејству притиска исте величине. Према томе, ојачана цев може да издржи знатно већи притисак од моноблок цеви. Недостатак ове цеви је у томе што је њена производња знатно сложенија од производње моноблок цеви. Углавном се примењује код оруђа већих калибра. Самоојачана (аутофретована) цев је израђена од једног комада. У фази израде ове цеви њен канал се подвргава таквом унутрашњем хидрауличном притиску при коме унутрашњи слој цеви добија трајне деформације, а спољашњи слој еластичне деформације. После престанка дејства хидрауличног притиска, остаје спољни слој напрегнут на истезање. При опаљењу, напрезања проузрокована притиском барутних гасова се сумирају са напрезањима створеним самоојачањем. На тај начин се резултујуће напрезање у самоојачаној цеви смањује, па је самоојачана цев знатно отпорнија од неојачане моноблок цеви. Слободна цев са кошуљицом (слика 3в) састоји се од унутрашње цеви и кошуљице која је на њу навучена са зазором у границама (0,05 – 0,2 mm) за оруђа средњег калибра и (0,15 – 0,25 mm) за оруђа већег калибра. При опаљењу, унутрашња цев се у почетку шири до контакта са кошуљицом, а затим се при даљем нарастању притиска барутних гасова шири заједно са кошуљицом [7].

После опаљења зазор између цеви и кошуљице се поново успоставља. Добра особина ове цеви је у томе што се истрошена цев замењује новом, док се кошуљица и даље користи. Слободна цев са омотачем (слика 3д) састоји се од цеви на чији је задебљани задњи део навучен омотач. Омотач је навучен са извесним зазором, који при опаљењу нестаје, па се цев заједно са омотачем шири као моноблок. Како омотач не покрива целу дужину цеви, њени зидови су дебљи од зидова слободне цеви са кошуљицом. Израда слободних цеви са омотачем је једноставнија од израде цеви са кошуљицом.

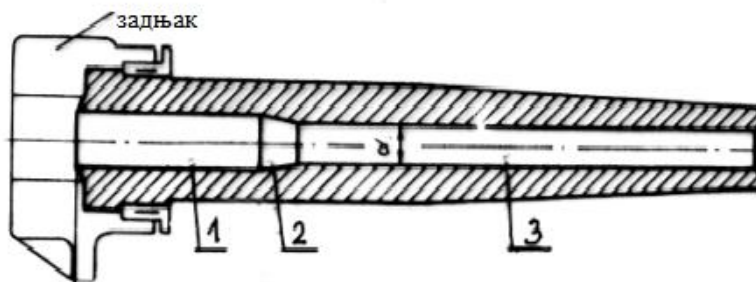


Слика 3. Врсте цеви артиљеријских оруђа [7]

- а) Неојачана – моноблок цев: 1 – цев, 2 – задњак, 3 – затварач
- б) Ојачана цев: 1 – унутрашња цев, 2 – спољашња цев (навлака), 3 – задњак, 4 – затварач
- в) Слободна цев са кошуљицом: 1 – цев, 2 – кошуљица, 3 – задњак, 4 – затварач
- г) Слободна цев са омотачем: 1 – цев, 2 – омотач, 3 – задњак, 4 – затварач

3.1. Унутрашња траса цеви

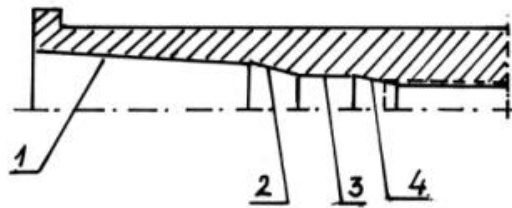
Унутрашњост цеви се састоји од барутне коморе (1), прелазног конуса (2) и водишта пројектила (3) (слика 3.1).



Слика 3.1. Уздужни пресек цеви [7]

3.1.1. Барутна комора

Задњи глатки део цеви представља лежиште метка или барутну комору. Барутна комора служи за смештај и сагоревање барутног пуњења. Њен облик зависи од начина пуњења. Зависно од тога, разликују се три облика барутних комора: – барутна комора за једноделни метак, – барутна комора за дводелни метак, – барутна комора за метак без чауре. Барутна комора за једноделни (сједињени) метак (слика 3.1.1.1) има олук који одговара облику чауре једноделног метка. Састоји се од основног конуса, спојног конуса, цилиндричног дела и прелазни конус [7].



Слика 3.1.1.1. Барутна комора за једноделни метак [7]

1 – основни конус; 2 – спојни конус, 3 – цилиндрични део; 4 – прелазни конус

Коничност барутне коморе олакшава пуњење и избацивање празне чауре после опаљења. Да би се водећи прстен пројектила могао сместити између почетка жлебова и уста чауре, цилиндрични део барутне коморе је израђен тако да је дужи од грлића чауре за ширину водећег прстена. Укупна дужина барутне коморе (L_k) одређује се као збир:

$$L_k = l_{\check{c}} + h + \Delta h \quad (3.1)$$

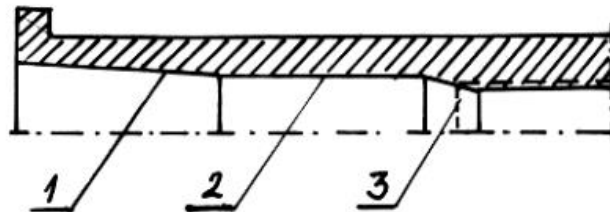
где су:

$l_{\check{c}}$ – дужина чауре,

h – ширина водећег прстена пројектила,

Δh – толеранција израде.

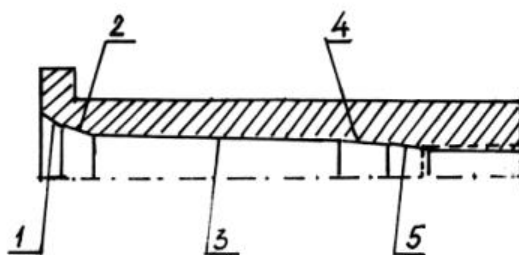
Барутна комора за дводелни (полусједињени) метак (слика 3.1.1.2) има конусни и цилиндрични део. Дужина коничног дела је већа од дужине чауре, чиме се обезбеђује сигурно налагање венца чауре на дно цеви при пуњењу.



Слика 3.1.1.2. Барутна комора за дводелни метак [7]

1 – конусни део; 2 – цилиндрични део, 3 – прелазни конус

Барутну комору за метак без чауре (сл. 3.1.1.3) чине заптивни конус, грлић, цилиндрични део, предњи и задњи конус. Барутне коморе за метак без чауре могу бити и другачије обликоване – да на заптивни конус належе пластични заптивач, а да грлић служи да смањи силу која делује на чело затварача при опаљењу; у основни цилиндрични део се ставља барутно пуњење. Недостатак барутне коморе са суженим грлићем је у томе што грлић отежава пуњење оруђа [7].



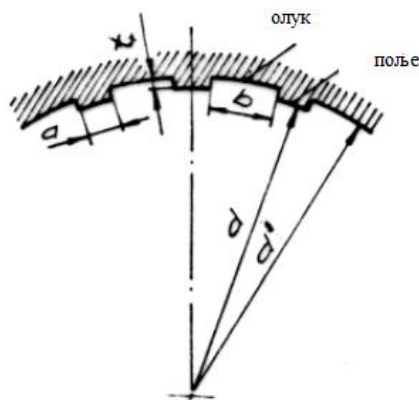
Слика 3.1.1.3. Барутна комора за метак без чауре [7]
 1 – заптивни конус; 2 – задњи конус, 3 – цилиндрични део; 4 – предњи конус;
 5 – прелазни конус

3.1.2. Прелазни конус

Прелазни конус је део унутрашњости цеви на који се наслања водећи прстен пројектила. Он спаја ожлебљени део цеви (водиште пројектила) и барутну комору. На прелазном конусу започињу жлебови цеви.

3.1.3. Водиште пројектила

Водиште пројектила (слика 3.1.3.1) је предњи, обично ожлебљени део цеви по којем се креће пројектил. Трасе жлебова имају облик завојне линије која се увија слева удесно. Профил жлеба код савремених оруђа је правоугаони, а крајеви жлебова су паралелни радијусу повученом ка средини жлеба.



Слика 3.1.3.1. Водиште пројектила – жлеб (олук) и поље [7]

Профил жлеба има оптерећену (радну) и неоптерећену страну и дно. Између два суседна жлеба налази се поље. Пречник канала цеви, смештен између два супротна поља, назива се калибар цеви или калибар оруђа.

При избору елемената профила и броја жлебова треба обезбедити, пре свега, лако урезивање, што захтева мали број жлебова и малу дубину и, друго, поуздано вођење зрна у цеви, за шта су потребни већи број и већа дубина жлебова. Параметри жлебова зависе, дакле, од моћи оруђа (почетна брзина пројектила), материјала и облика водећег прстена.

Ширина жлебова се одређује из услова једнаке отпорности зуба водећег прстена и поља ожлебљеног дела цеви. Ако је водећи прстен израђен од месинга, чија је отпорност 1,5 – 2,5 пута мања од отпорности материјала цеви, онда ће и ширина жлебова бити 1,5 – 2,5 пута већа од ширине поља, то јест:

$$\frac{a}{b} = 1,5 \div 2,5 \quad (3.2)$$

Где су:

a – ширина жлебова,
b – ширина поља.

При оријентационом избору, ширина поља се обично узима за оруђа са

$$V_0 \leq 800 \frac{m}{s}, 3b > a > 1,5b, \text{ а за оруђа са } V_0 > 800 \frac{m}{s} \quad 2b > a > b \quad (3.3)$$

Најчешће је

$$a + b \geq (10 - 15)mm \quad (3.4)$$

После избора ширине поља и жлебова, број жлебова n се одређује по формули:

$$n = \frac{\pi \times d}{a+b} \quad (3.5)$$

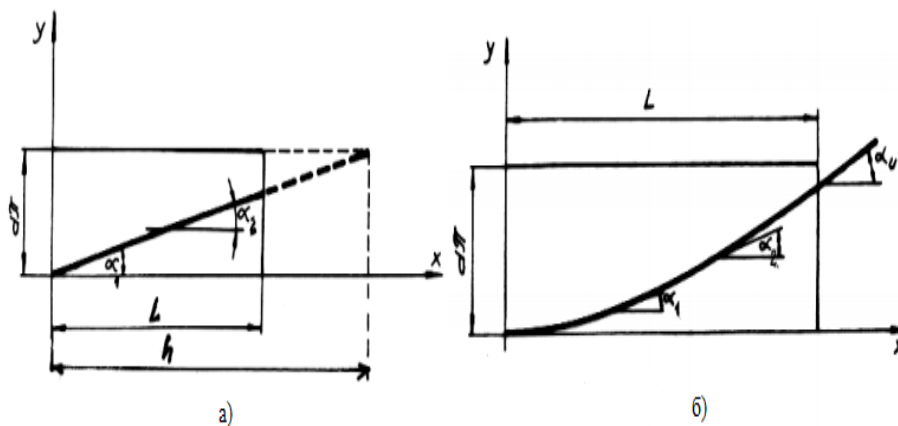
Добијена величина (n) заокружује се до броја дељивог са четири, а затим се обрнутим поступком израчунавају тачне вредности за a и b.

Дубина жлеба (t) бира се, такође, у зависности од моћи артиљеријског оруђа и износи:

- за оруђа са $V_0 \leq 800 \frac{m}{s}, t = (0,01 - 0,015)d,$
- за оруђа са $V_0 > 800 \frac{m}{s}, t = (0,015 - 0,04)d.$

Угао увијања (слика 3.1.3.2) је дефинисан величином угла нагиба жлебова према оси цеви и изражен је у степенима или радијанима. Жлебови са константним углом увијања имају константан угао нагиба по целој дужини цеви. Код жлебова са прогресивним углом увијања, угао нагиба расте према устима цеви. Примењују се и жлебови са комбинованим углом увијања који имају делове са прогресивним и делове са константним углом увијања.

За анализу утицаја угла увијања жлеба на жироскопску стабилност пројектила и издржљивост цеви, чешће се, уместо угла увијања, узима корак жлеба.



Слика 3.1.3.2. Изглед жлебова цеви развијених у равни [7]

а) са константним углом увијања $\alpha_1 = \alpha_2$ б) са прогресивним углом увијања $\alpha_1 < \alpha_2$

Корак жлеба се назива растојање дуж осе цеви на коме зрно начини један пуни обрт. Корак жлеба се изражава у калибрима. За константно увијање жлебова корак се одређује по формули:

$$h = \frac{\pi \times d}{\text{tg} \alpha} = \text{const} \quad (3.6)$$

или у калибрима:

$$\eta_k = \frac{h}{d} = \frac{\pi}{\text{tg} \alpha} = \text{const} \quad (3.7)$$

Величина (h) назива се апсолутна дужина корака, а величина η_k релативна дужина корака. Површина попречног пресека цеви је:

$$S = \frac{\pi}{4} \left[d^2 + \frac{a}{a+b} (d'^2 - d^2) \right] = \frac{\pi}{4} \frac{bd^2 + ad'^2}{a+b} \quad (3.8)$$

уз ознаку:

$$\eta_s = \frac{\pi}{4} \frac{b + a \left(\frac{d'}{d} \right)^2}{a+b} \quad (3.9)$$

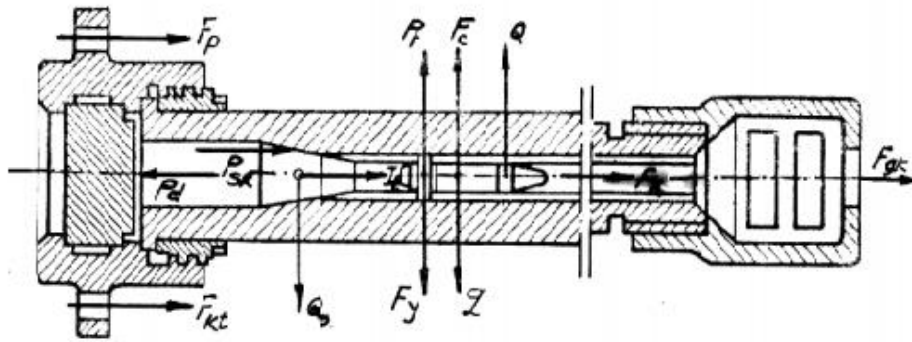
где је η_s - карактеристика дубине жлеба, а добија се:

$$S = \eta_s \times d \quad (3.10)$$

3.2. Силе које делују на цев, отпорност и димензионисање цеви

При процесу опаљења на дно коморе, њене конусне површине и зидове цеви делују следеће силе (слика 3.2):

- силе притиска барутних гасова,
- силе међусобног дејства пројектила и цеви,
- силе реакције колевке, противтрзајућег уређаја и гасне кочнице и
- сила инерције при трзању – враћању [7].



Слика 3.2. Силе које делују на цев при опаљењу [7]

У силе притиска, које настају услед притиска барутних гасова у цеви, спадају резултанта силе притиска на дно коморе, тј. чело затварача (P_d), сила притиска барутних гасова на конусне површине коморе (P_{sk}) и силе притиска на зидове цеви (P_{st}) нормалне у односу на осу канала цеви. Силе које делују на дно и конусне површине коморе делују у равни осе цеви и одређују се из израза:

$$P_d = p d \frac{D_k^2 \pi}{4} \quad (3.11)$$

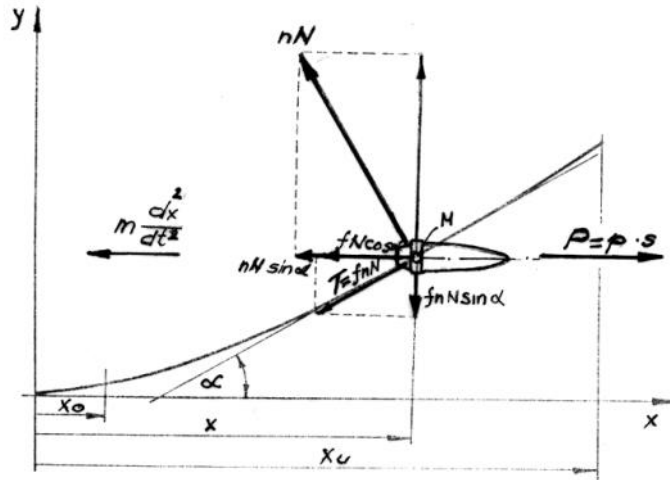
$$P_{sk} = p d \left(\frac{D_k^2 \pi}{4} - n_s d^2 \right) \quad (3.12)$$

D_k – пречник дна коморе

У силе међусобног дејства пројектила и цеви спадају:

- притисак водећег прстена на зидове цеви,
- притисак водећег прстена на бојеву страну поља,
- сила дејства пројектила због статичке и динамичке неуравнотежености пројектила,
- сила тежине пројектила и
- центрифугална сила због кривине цеви.

Силе које делују на пројектил у ожељбљеној цеви приказане су на слици 3.2.1.



Слика 3.2.1. Силе које делују на пројектил у ожељбљеној цеви [7]

За константан угао увијања сила притиска водећег прстена је:

$$N = \frac{\lambda}{n} \times p \times S \times \operatorname{tg} \alpha \quad (3.13)$$

За прогресиван угао увијања сила притиска водећег прстена је:

$$N = \frac{\lambda}{n} (p \times S \times \operatorname{tg} \alpha + K_{\alpha} \times m \times V^2) \quad (3.14)$$

где су:

p – притисак барутних гасова у каналу цеви, α – тренутни угао увијања жлеба, λ – коефицијент који зависи од типа пројектила, m – маса пројектила, $K_{\alpha} = \frac{d(\operatorname{tg} \alpha)}{d}$ – карактеристика промене угла увијања, V – брзина пројектила.

Укупна сила која делује на цев и која се преноси преко центрирајућег прстена биће $Q = Q_s + Q_d + Q_{\Delta}$. При кретању статички неуравнотеженог пројектила, на цев делује сила:

$$Q_s = \frac{P_p \times e_s}{b} \quad (3.15)$$

Ако је пројектил динамички неуравнотежен, онда свака неуравнотежена маса изазива појаву спрега центрифугалних сила које образују момент спрега Q_{cd} . На цев делује сила:

$$Q_d = \frac{Q_{cd} \times l}{b} = \frac{m_1 \times \omega^2 \times e^d \times l}{b} \quad (3.16)$$

где је ω – угаона брзина пројектила.

Пошто сила (P_p) делује у оси цеви, на пројектил ће деловати момент који изазива појаву силе која делује на цев:

$$Q_d = \frac{M_\Delta}{b} = \frac{P_p \times \Delta \times l}{b^2} \quad (3.17)$$

Центрифугална сила (F_c) јавља се у случају постојања кривине цеви (угиб услед сопствене тежине) и делује у правцу радијуса кривине (ρ_c), а рачуна се по формули:

$$F_c = \frac{m \times v^2}{\rho_c} \quad (3.18)$$

Максимална вредност центрифугалне силе је на устима цеви.

Ако артиљеријско оруђе има гасну кочницу, онда она ствара силу F_{gk} . Њена величина је одређена изразом:

$$F_{gk} = (1 - \lambda) \times p_u \times S \quad (3.19)$$

где су:

p_u – притисак барутних гасова на устима цеви,
 λ – импулсна карактеристика гасне кочнице.

Величина R је отпор трзања и представља резултујућу вредност свих сила на правац осе цеви при трзају:

$$R = F_{kt} + F_p + F_{kz} + F_{pz} + f(N_1 + N_2) - Q_o \sin \varphi = F_{kt} + F_p + T_k - Q_o \sin \varphi \quad (3.20)$$

где су:

φ – угао елевације цеви,
 $T_k = F_{kz} + F_{pz} + f(N_1 + N_2)$ – укупна сила трења.

Отпорност цеви је дефинисана максималним напрезањима и деформацијама у зидовима цеви под дејством сила на цев. Основна сила од које зависи отпорност цеви је притисак барутних гасова на зидове цеви. Прорачун цеви на отпорност састоји се у одређивању напрезања и деформација у зидовима цеви при опаљењу. Цев је при опаљењу подвргнута сложенем оптерећењу и трпи сложену деформацију у радијалном, тангенцијалном и аксијалном правцу.

На основу Хуковог закона, који даје везу између релативних деформација и нормалних напрезања у три међусобно нормална правца, могу се написати изрази за релативне деформације:

- у тангенцијалном правцу

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_t - \mu(\sigma_r + \sigma_x)] \quad (3.21)$$

- у радијалном правцу

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E} [\sigma_r - \mu(\sigma_x + \sigma_t)] \quad (3.22)$$

- у аксијалном правцу

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_t + \sigma_r)] \quad (3.23)$$

где су:

E – модул еластичности (за челик $E = 2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$),

μ – Поасонов коефицијент (за челик $\mu = 1/3$),

$\sigma_t, \sigma_r, \sigma_x$ – нормална напрезања, N/m^2 .

Напрезање цеви зависи од величине и карактера силе притиска барутних гасова у цеви артиљеријског оруђа при процесу опаљења. У општем случају, цев може бити изложена дејству унутрашњег (p_1) и спољашњег притиска (p_2).

Отпорност цеви је одређена максималним напрезањем и деформацијама у зидовима под дејством сила при опаљењу. Основна сила, од које зависи отпорност цеви, јесте сила која настаје од притиска барутних гасова на њене зидове. У општем случају, честице материјала се при опаљењу налазе у стању сложеног запреминског напрезања и трпе сложене деформације, које се условно разлажу на радијалне, тангенцијалне и аксијалне.

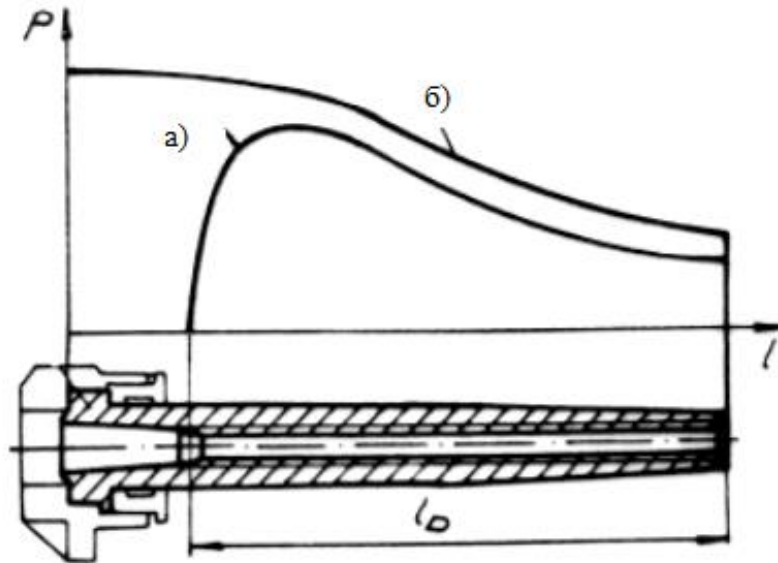
У изразима за одређивање напрезања и деформација пошло се од одређених претпоставки које су упростиле изразе:

- притисак барутних гасова је равномерно распоређен по површини канала цеви и симетричан је у односу на осу канала цеви,
- цев има цилиндричан облик пре опаљења и задржава га у току и после опаљења,
- материјал, од којег је израђена цев, идеално је хомоген и изотропан и
- честице материјала су под дејством оптерећења у равнотежи.

Јасно је да ове претпоставке у пракси нису испуњене. Нарастање и опадање притиска барутних гасова је мање – више скоковито (осцилирајуће), па су и деформације и напрезања зидова цеви осцилирајућа. Реални материјал (легирани челик) од којег се израђује цев одступа од хомогеног и изотропног.

Многобројни фактори, као на пример, маса пројектила, маса барутног пуњења, величина барутног пуњења, температура барута, калибар цеви, запремина барутне коморе итд. у пракси одступају од стандардних (нормалних) величина, што доводи до варијација максималног притиска. На крају, различите методе одређивања и прорачунавања притиска барутних гасова, са мањом или већом тачношћу, приказују стварне процесе.

Због свега тога нормално је да се са извесним коефицијентом сигурности коригује дијаграм промене притиска барутних гасова и добија дијаграм фиктивних притисака или дијаграм конструкционог притиска, који служи као основа за одређивање оптерећења на појединим местима зидова цеви (слика 3.2.2).



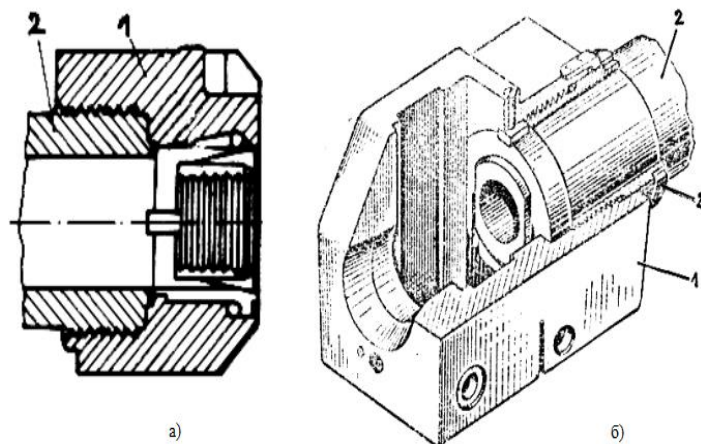
Слика 3.2.2. Дијаграми притиска барутних гасова у цеви оруђа [7]

- а) Дијаграм промене притиска добијен унутрашње – балистичким прорачуном
б) Дијаграм конструкционог притиска

4. Задњак и затварач

4.1. Задњак

Задњаком (слика 4.1) се назива задњи део цеви артиљеријског оруђа у који се смешта затварач преко кога прима притисак барутних гасова у цеви. Код цеви савремених артиљеријских оруђа задњак је посебан део који се навије непосредно на цев или се помоћу спојне навртке везује за цев [7].



Слика 4.1. Веза задњака за цев [7]
а) веза преко навоја б) веза помоћу спојне навртке
1 – задњак, 2 – цев, 3 – спојна навртка

У задњаку су смештени сви механизми затварача и аутоматике и механизми који везују трзајуће делове хидрауличне кочнице и повратника. Задњак понекад служи и за вођење цеви при трзању. Погодним избором и распоредом масе задњака врши се уравнотежење осцилујућих делова оруђа. Према конструкцији и намени, задњаци се деле у две групе:

- задњаци са клинастим затварачима и
- задњаци са завојним затварачима.

Задњаци са клинастим затварачима се примењују код оруђа малог и средњег калибра, а са завојним затварачима код оруђа великог калибра са метком без чауре. Задњаци се могу израђивати из једног комада са цеви и тада су компактни и просте конструкције. Недостатак им је што се у случају оштећења мора замењивати цела цев.

Недостатак задњака који се наврћу на цев или омотач је у томе што су израда и навртање сложени, па се због тога користе само код оруђа великог калибра са клинастим затварачем [7].

Данас су најраспрострањенији задњаци са завојницом и спојницом. Недостатак ове конструкције задњака је извесно повећање попречних димензија задњака. Зависно од намене, задњаци се деле на:

- задњаке који, заједно са затварачем, обезбеђују поуздано затварање и заптивање цеви при опаљењу (мали и средњи калибри земаљске артиљерије) и
- задњаке намењене углавном за уравнотежење осцилујућих делова оруђа и везивање цеви са противтрзајућим уређајима (оружа крупног калибра земаљске, бродске и обалске артиљерије).

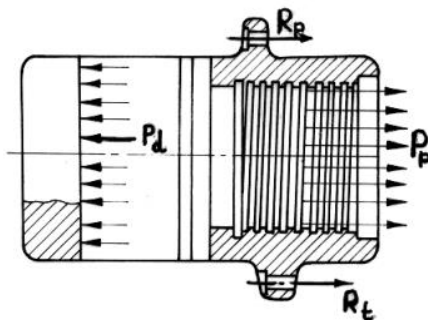
Основни захтеви које треба да испуни сваки задњак према намени су:

- да поуздано ради у свим условима експлоатације,
- да, заједно са затварачем, добро затвара цев при опаљењу,
- да буде довољно крут и отпоран како се не би појавиле трајне деформације,
- да веза задњака са цеви обезбеђује сигурност од самоодвртања, услед појаве ударних оптерећења, и да спречи обртање и аксијално померање цеви при опаљењу,
- да маса задњака буде тако распоређена како би тежиште трзајућих делова било на оси цеви,
- да конструкција буде једноставна, без наглих прелаза и дубоких изреза,
- да буде једноставан за израду и
- да буде израђен од висококвалитетног материјала, отпорног на ударна оптерећења на нормалним и ниским температурама (обично од истог материјала као и цев) [7].

4.1.1. Прорачун задњака

Карактер и величина сила које делују на задњак су одређени наменом, устројством и конструктивним особинама задњака и других делова оруђа везаних за њега. Основне силе које делују на задњак у периоду трзања су (слика 4.1.1):

- сила која делује преко клина (тела затварача) на основне површине задњака P_d ,
- сила која делује на предњи део задњака преко завојнице на цеви или омотачу P_p ,
- сила хидрауличног отпора трзању и инерције трзајућих делова кочнице у моменту максималног отпора трзању R_t и
- сила отпора повратника и инерције његових трзајућих делова R_p .



Слика 4.1.1. Силе које делују на задњак [7]

а) Прорачун везе задњака и цеви

Због сложене конфигурације спољашњих површина дела задњака са навојима тешко је добити аналитички израз за прорачун напрезања. Да би се упростио прорачун усвајају се следеће претпоставке:

- попречни пресек предњег дела задњака (веза за цев) цилиндричан је са спољним R_2 и унутрашњим R_1 полупречником,
- сви навоји на прорачунској дужини L_p су равномерно оптерећени силом P_p и
- силе од навоја на цеви или омотачу преносе се на задњак у виду радијалне силе Q која делује у правцу радијуса R_1 и аксијалне силе P_p која делује паралелно са осом цеви x .

Навој и зид задњака, због дејства сила P_p и Q , трпе сложено напрезање, и то:

(1) навој задњака

- напрезање на површински притисак σ_p ,
- напрезање на смицање τ_s и
- напрезање на савијање σ_s .

(2) зид задњака

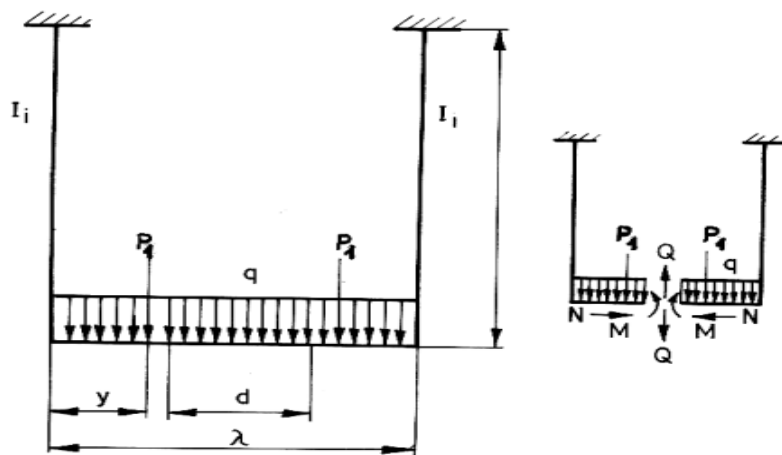
- радијално напрезање σ_r ,
- тангенцијално напрезање σ_t и
- аксијално напрезање σ_x .

За одређивање ових напрезања користе се познати изрази из теорија отпорности, уз познавање димензија задњака и аксијалне силе P_p .

б) Прорачун задњег дела задњака

Задњи део задњака представља статички неодређени систем (слика 4.1.2). Код савремених артиљеријских оруђа задњаци са клинастим затварачима имају преграду и ослонце на које се ослања затварач преко кога се сила притиска барутних гасова преноси на задњак. За решење статички неодређеног задатка усвајају се следеће претпоставке:

- задњак је симетричан у односу на уздужну осу, тј. моменти инерције пресека левог и десног образа, као и пресеци по ослоним површинама, међусобно су једнаки,
- сила притиска барутних гасова P_d распоређена је на силе P_1 , P_2 и P_3 чији се правац дејства поклапа са неутралним осама образа задњака,
- занемарују се силе трења на ослоним површинама задњака и
- задњак се сматра као статички неодређени рам оптерећен континуираним оптерећењем $q = \frac{P_1}{\lambda}$ по прегради на дужини.



Слика 4.1.2. Статички неодређени рам [7]

Преграда (пресек I-I) изложена је:

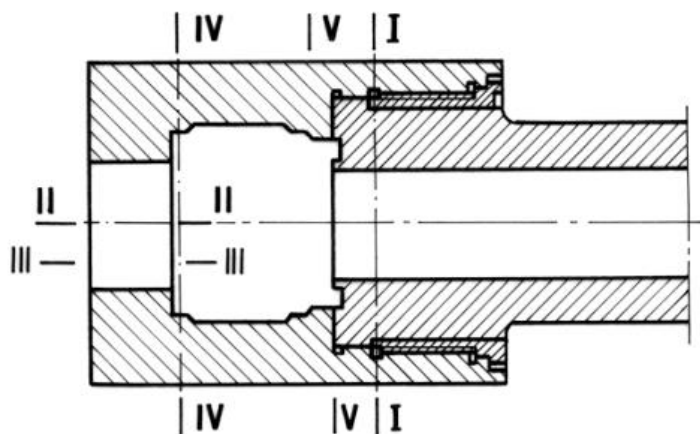
- напрезању на савијање σ_s
- напрезању на истезање σ_e

Образ (пресек II-II) изложен је:

- напрезању на савијање σ_s
- напрезању на истезање σ_e
- напрезању на увијање τ_s

Ослона површина (пресек III-III) изложена је:

- напрезању на савијање σ_s
- напрезању на смицање τ_s .



Слика 4.1.3. Шема задњака са критичним пресецима [7]

4.2. Затварач

Затварач је скуп делова, уређаја и механизма намењених за затварање и отварање цеви, заптивање барутне коморе оруђа, опаљење и избацивање празне чауре. У зависности од конструкције може да буде:

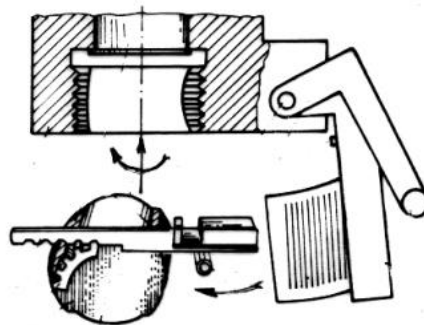
- крути затварач – задњак,
- клинасти затварач,
- завојни затварач,
- задњак - затварач и
- уздужно - попречни затварач типа "crossley".

Крути затварач – задњак је прво конструкционо решење за затварање задњег дела цеви. Данас се користи за затварање задњег дела цеви код минобацача код којих је пуњење цеви са предње стране, тј. са уста цеви. Обезбеђује једноставно и поуздано затварање и заптивање задњег дела цеви. Недостаци оваквог затварача су што се пуњење врши са предње стране и што је отежано одржавање и чишћење цеви. Цеви са оваквим затварачем су најчешће глатке. Код ижлебљених цеви пројектил мора да има брадавицу за вођење по жлебу.

Данас су најчешће у употреби клинасти и завојни затварач, који омогућавају пуњење цеви оруђа са задње стране.

Клинасти затварач се уграђује попречно у односу на уздужну осу цеви; у зависности од правца кретања при отварању и затварању, може да буде хоризонталан или вертикалан. Код хоризонтално клинастог затварача отварање је увек у десну страну, а код вертикалног затварача наниже.

Завојни затварачи се, у зависности од конструкције клипа, деле на цилиндричне са непрекидним и секторским навојем и конусне. У зависности од кретања клипа при отварању и затварању, затварачи се деле на једнотактне, двотактне и тротактне (слика 4.2.1). Једнотактни завојни затварачи су само затварачи са цилиндричним клипом са непрекидним навојем. Код двотактних завојних затварача клип обавља два проста кретања: кретање по луку до потпуног увођења клипа у лежиште у задњаку, а затим окрет око осе, уз истовремено несметано померање напред и увртање у лежиште. Код тротактних затварача клип обавља три проста кретања: први такт је као код двотактних затварача, у другом такту се клип помера транслаторно дуж своје уздужне осе и у трећем такту се помера окретом око осовине вратанаца [7].



Слика 4.2.1. Тротактни завојни затварач [7]

У складу са наменом, затварач има следеће основне механизме:

- механизам за отварање и затварање,
- механизам за заптивање коморе,
- механизам за окидање и опаљивање,
- механизам за избацивање чауре,
- механизам за осигурање и др.

Затварач мора да испуни следеће захтеве:

- сигурно заптивање барутне коморе,
- сигурност (искључивање опасности) при дејству оруђа,
- функционисање без отказа,
- погодно за руковање и експлоатацију и
- једноставну конструкцију и производњу.

Добре стране клинастих затварача су једноставна конструкција и поузданије заптивање цеви, јер је кретање клина при отварању и затварању скоро управно на осу цеви и што су отварање и затварање обезбеђени простим кинематским шемама, па су лакша аутоматизација затварача и већа брзина гађања. Недостатак клинастих затварача је већа маса у односу на завојне затвараче.

Добре стране завојних затварача су релативно мала маса и могућност примене простог и поузданог заптивања код оруђа без чауре, а недостаци су: сложеност израде, осетљивост на трење, зависност силе за отварање и затварање од елевације цеви, могућност повреде пуниоца, поклапање правца деловања барутних гасова са правцем отварања затварача, компликован механизам за отварање и затварање затварача, веома компликована и скупа аутоматизација, дужина цеви са завојним затварачем за 0,2–0,3% дужа од цеви са клинастим затварачем, што је у конструктивном смислу погодно, пошто се тежиште цеви преноси ближе задњем крају цеви и олакшава уравнотежење осцилујућих делова.

Задњак - затварач је новије конструкционо решење затварача и у комбинацији са пуњачем обезбеђује велику брзину гађања из оруђа. Затварач има облик потковице која се вертикално води по плочи која је уграђена на задњи део цеви. Пуњење цеви је као и са класичним клинастим затварачем. Делови затварача који обезбеђују његову функцију уграђени су у самом телу затварача. Иако ова врста задњака - затварача обезбеђује велику брзину гађања, због велике масе и захтева за специјалним решењима држача за кочницу трзања и повратник, мало се примењује у пракси. Уздужно - попречни затварач типа „crossley“ је затварач чије конструкционо решење обједињује добре особине клинастог и завојног затварача. Ово конструкционо решење је реализовано седамдесетих година овог века у Великој Британији. Тело затварача је слично телу клинастог затварача и смештено је у лежишту задњака. Са телом затварача зглобно је повезана глава затварача која има облик као и предњи део завојног затварача и служи за заптивање барутне коморе. Приликом затварања затварача, тело затварача се креће попреко у односу на осу канала цеви, а глава затварача се поред попречног кретања, креће и уздужно, у правцу осе канала цеви [7].

4.2.1. Механизми и делови затварача

Зависно од намене, затварачи савремених артиљеријских оруђа могу имати следеће механизме и делове:

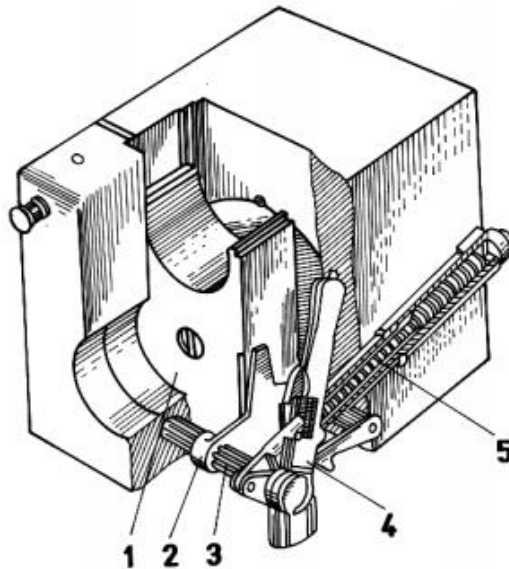
- механизам за покретање затварача,
- механизам за опаљење метка,
- делове за избацивање чауре и
- делове за осигурање и помоћне делове.

4.2.1.1. Механизми за покретање затварача

Покретање затварача (слика 4.2.1.1), тј. његово отварање и затварање могу да буду само ручно или ручно и аутоматски. Завојни затварачи, чије кретање није у правцу осе цеви, покрећу се само ручно, док се већина клинастих затварача може покретати и аутоматски.

Главни делови за ручно отварање затварача су: тело затварача, ручица за отварање затварача, лактасте полуге са котрљачама и осовина лактастих полуга.

Тело затварача се покреће преко лактастих полуга. Код отварања, односно затварања, ручицом за отварање затварача закреће се осовина лактастих полуга, а тиме се закрећу и лактасте полуге. Котрљаче лактастих полуга крећу се по профилном жлебу тела затварача и покрећу затварач у жељену страну [7].



Слика 4.2.1.1. Делови затварача за покретање [7]

1 – тело затварача; 2 – лактаста полуга са котрљачама; 3 – осовина лактастих полуга; 4 – ручица за отварање затварача; 5 – полуаутомат за затварање затварача

Код оруђа малих и средњих калибра покретање затварача, осим ручног, може да буде и аутоматско. Механизам за аутоматско отварање и затварање затварача, запињање ударача и активирање дејства делова за избацивање чаура зове се полуаутомат.

Полуаутомат се састоји од делова за затварање и делова за отварање затварача. За рад делова полуаутомата се користи енергија трзања цеви.

Ако се отварање обавља у току трзања, онда се то мора реализовати тек при крају трзања када је у цеви притисак барутних гасова пао на атмосферски. Негативна страна такве полуаутоматике је у томе што се затварач некад може отворити исувише рано. Осим тога, отварање је праћено појавом великих инерцијалних сила покретања затварача, избацавања чаура итд., што има за последицу интензивна хабања, кидање венца чауре итд. Предност такве полуаутоматике се састоји у сигурном отварању цеви и мирном враћању трзајуће масе у основни положај.

Код већине оруђа са аутоматским покретањем затварача отварање се обавља приликом враћања трзајуће масе, и то углавном у последњој трећини пута враћања. У зависности од тога да ли се кинетичка енергија враћања трзајуће масе користи (за отварање затварача) непосредно, или посредно преко опруге за отварање, разликују се две основне врсте полуаутомата механичког типа:

- а) полуаутомат ударног дејства и
- б) полуаутомат с опругом за отварање.

а) Полуаутомат ударног дејства је једноставне конструкције и поуздан у раду. Међутим, због ударног преношења сила на тело затварача, долази до великог инерцијалног отпора и напрезања, као и јаког хабања на ударним површинама механизма. С тога се полуаутомат оваквог типа не примењује код оруђа чији затварачи имају масу већу од 40 kg до 50 kg.

Рад полуаутомата одвија се на следећи начин: при враћању цеви брзином U , песница главе лактасте полуге удара у копир, закреће лактасту полугу која својом котрљачом потискује тело затварача брзином V_2 наниже и при томе долази до закретања крака, потискивања потисне чауре и сабијања опруге за затварање.

При пуњењу, венац чауре удара по зубима избадача и на тај начин ослобађа тело затварача. Опруга за затварање, преко потисне чауре, закреће песницу главе лактасте полуге у смеру супротном смеру кретања сатне казаљке. У том смеру се закреће и лактаста полуга која својом котрљачом потискује затварач навише.

Динамичко оптерећење код аутоматског отварања затварача се уз исту конструкцију механизма може умањити применом кривуљног копира.

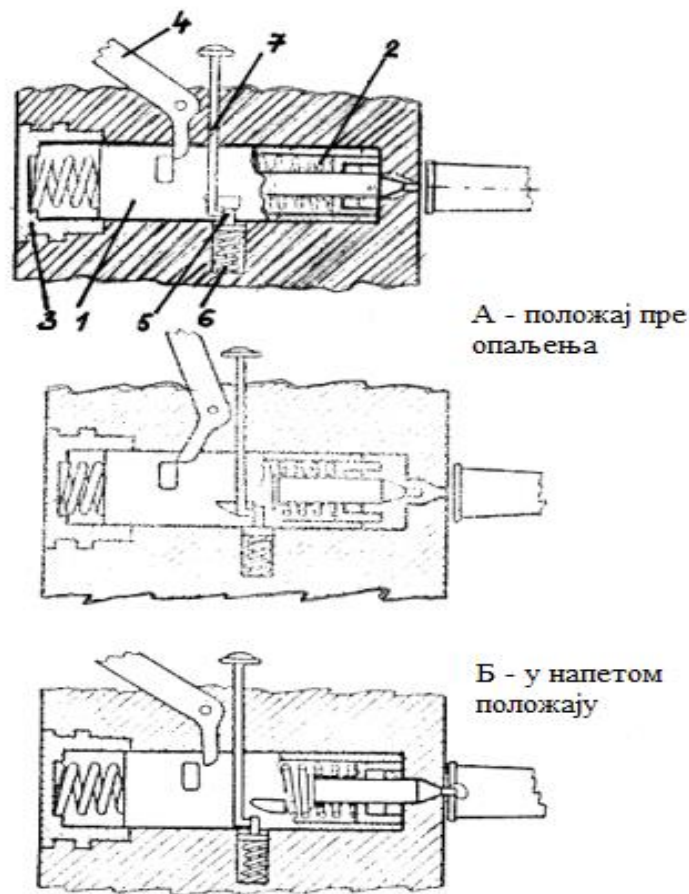
б) Полуаутомат с опругом за отварање представља посебан тип полуаутомата механичког деловања код кога се опруга за отварање напиње пре или у току самог отварања затварача. У току враћања, котрљача клацкалице наилази на копир, који је учвршћен на лафету, закреће се око осе O , повлачи притисно вретено удесно и сабија опругу за отварање. У току тог времена потисно вретено пролази поред песнице главе лактасте полуге и заузима положај испред ње. Даљим кретањем, котрљача клацкалице наилази на косину копира и при томе се клацкалица ослобађа, а потисно вретено, под дејством опруге за отварање, делује на песницу лактасте полуге и отвара затварач. Део полуаутомата који служи за затварање затварача исти је као код полуаутомата ударног дејства и није приказан на слици.

4.2.1.2. Механизам за опаљење метка

Механизам за опаљење метка (слика 4.2.1.2) састоји се од три групе делова, и то:

- делова за запињање,
- делова за опаљење и
- делова за окидање.

Делови за запињање служе да изврше запињање делова за опаљење. Смештени су у телу затварача, а састоје се од: запињаче и осовине запињаче са полугом. Делови за опаљење се најчешће називају ударним механизмом и састоје се од ударача, ударне игле и ударне опруге. Осим ударног механизма помоћу ударача, постоје и ударни механизми помоћу чекића, који се најчешће примењују код завојних затварача.



Слика 4.2.1.2. Механизам за опаљење [7]

1 – ударац; 2 – ударна опруга; 3 – поклопац удараца; 4 – запињача удараца; 5 – осовина запињаче; 6 – окидач; 7 – опруга потискивача окидача; 8 – потискивач окидача; 9 – полука обараче; 10 – обараче

Делови за опаљење морају да задовоље следеће услове:

- да поуздано активирају каписле без пробијања,
- да ударна игла има довољно дуг век и
- да су погодни за употребу (лако расклапање и склапање).

Делови за окидање служе за активирање делова ударног механизма и састоје се од: окидача, опруге потискивача окидача, потискивача окидача, полуге обараче и обараче. До окидања долази притиском на обарачу, која преко потискивача помера окидач који ослобађа запињачу и ударач. Ослобођени ударач се силом сабијене ударне опруге потискује напред и врхом ударне игле активира капислу, када долази до опаљења.

Делови за окидање могу да буду чисто механички или комбиновани са електромагнетом који активира ударач када се кроз његов намотај пропусти струја. Делови за окидање са електромагнетом називају се електромеханички окидач.

Делови за окидање и опаљење могу бити замењени јединственим електрорешењем. У том случају се такав механизам назива електроокидачем. Електроокидач се састоји од извора струје, електроприпале, контактнoг склопа и прекидача. Као електроприпала користи се хром – никлована или платинска нит уграђена у капислу метка. Затварањем струјног кола ова нит се тренутно усија и пали иницијалну смешу каписле. Електромеханички окидачи и електроокидачи се најчешће примењују код самоходних оруђа и тенковских топова. При гађању брзих покретних циљева, као и при гађању из тенкова у покрету, на ефикасно гађање утичу бројни фактори. Један од значајних фактора је време закашњења опаљења, чији је саставни део и време активирања делова за опаљење. То је време које протекне од момента завршетка нишањења до момента када пројектил напусти цев. Уколико је то време дуже утолико је механизам лошији [7].

Време закашњења паљења (t_{zap}) чине следеће четири компоненте:

- t_1 – време реаговања нишанције,
- t_2 – време рада делова механизма за окидање,
- t_3 – време рада ударног механизма и
- t_4 – време од иницирања каписле до момента када пројектил напусти цев.

$$t_{zap} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (4.1)$$

4.2.1.3. Делови за избацивање чауре

Код оруђа чији метак има чауру, избацивање чауре после опаљења (или избацивање метка у случају лагања) врше избацачи при крају отварања затварача. Зависно од оруђа и типа затварача, по конструкцији избацачи могу бити полужни или брегасти, а по карактеру деловања на чауру могу да буду ударног или равномерног дејства. Сви делови ове групе смештени су у задњаку.

Делови за избацивање чауре клинастог затварача раде на следећи начин. При отварању затварача његово тело се спушта наниже, удара својим ударачима по доњим испустима избацача, због чега се избацачи нагло заокрећу и својим зубима избацују чауру из барутне коморе.

Када се тело затварача спусти наниже, до краја, избацачи својим горњим испустима захватају косине на горњим крајевима ударача тела затварача и на тај начин задржавају затварач у доњем положају. При пуњењу оруђа, венац чауре удара по зубима избацача, врши смицање њихових испуста са ударача, ослобађа на тај начин тело, које опруга полуаутомата потискује навише и на тај начин затварач поново затвара цев.

Добра страна оваквог начина избацавања чауре јесте једноставна израда делова за избацавање, а слаба страна је у томе што је потребна довољно велика кинетичка енергија тела затварача у моменту удара по доњим испустима избацача.

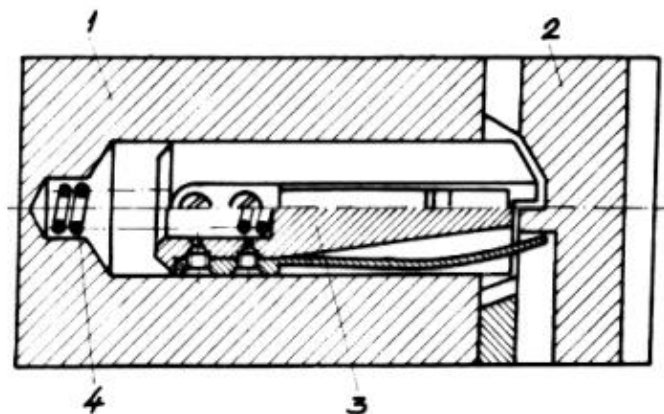
Код оруђа са завојним затварачем механизам је сличан, с тим што, обично уместо два избацача, постоји један избацач. Како у току дужег гађања не би био ометан рад послуге, то се код вучних оруђа чаура мора одбацити иза оруђа на растојање 1,5 – 2 m. Брзина избацавања чауре износи 4 – 6 m/s, зависно од тога да ли се затварач отвара ручно или аутоматски. Код оруђа на борбеним возилима ова брзина износи само 1,5 m/s да се чаура не би одбијала ка цеви назад.

4.2.1.4. Делови за осигурање и помоћни делови

Делови за осигурање служе да спрече превремено опаљење и случајно окидање. Наиме, делови за осигурање онемогућавају опаљење пре него што затварач буде потпуно затворен. Ови делови (осигурачи) израђују се у виду веза, утврђивача или специјалних испуста на деловима затварача којима се спречава окидање ударача у положају непотпуног затварања цеви. Код затварача који немају полуаутомат примењују се инерциони осигурачи (слика 4.2.1.4.1) који спречавају отварање затварача при лагању метка. Овако осигурани затварачи се могу отворити само после трзаја цеви при опаљењу или ручним искључењем инерционог осигурача.

У помоћне делове затварача спадају:

- делови за задржавање пројектила,
- делови за поновно запињање и
- делови за лакше пуњење.

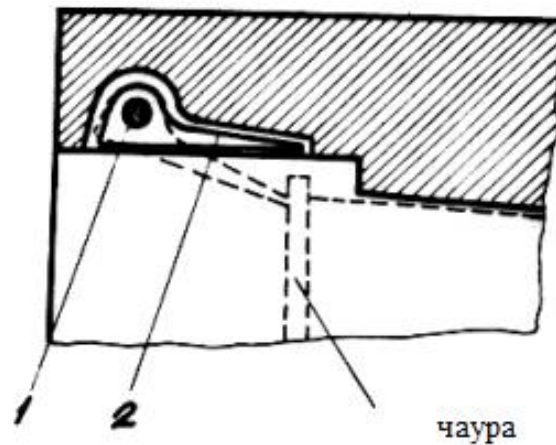


Слика 4.2.1.4.1. Инерциони осигурач од превременог отварања затварача [7]

1 – задњак; 2 – затварач; 3 – инерцијални осигурач; 4 – опруга

Делови за задржавање пројектила (слика 4.2.1.4.2) задржавају пројектил у каналу цеви када се оруђе пуни при великим елевацијама цеви. Ови делови се примењују само код оруђа која имају дводелни метак. Делови за поновно запињање служе за запињање делова за опаљење (ударног механизма) при лагању, да се не би отварао затварач.

Делови за лакше пуњење примењују се код оруђа великих калибра и служе да пуниоцу олакшају убацивање метка у цев.



Слика 4.2.1.4.2. Делови за задржавање пројектила [7]

5. Гасна кочница

У току процеса опаљења, када пројектил напусти уста цеви, барутни гасови истичу великом брзином за пројектилом и реактивно делују на цев, што има великог утицаја на брзину трзања. Да би се смањило то реактивно дејство барутних гасова при истицању, на уста цеви се уграђује гасна кочница. Укупна сила трзаја смањује се одвођењем дела истичућих барутних гасова кроз бочне отворе на гасној кочници, управно или под неким углом у односу на осу канала цеви. Будући да су бочни отвори гасне кочнице симетрични у односу на осу канала цеви, те се хоризонталне компоненте реактивне силе, која се јавља услед скретања струје барутних гасова, уравнотежавају, а компоненте у правцу осе делују у смеру супротном од смера трзања. Осим тога, брзина пројектила у току истицања барутних гасова се повећава више него у случају када не постоји гасна кочница.

Основни недостатак гасних кочница је појава ударних таласа на правцу истицања барутних гасова из бочних отвора, односно натпритиска на местима послуге оруђа, и изражена бука. Стога је при употреби гасних кочница високе ефикасности потребно да послуга буде опремљена одговарајућим заштитним средствима [7].

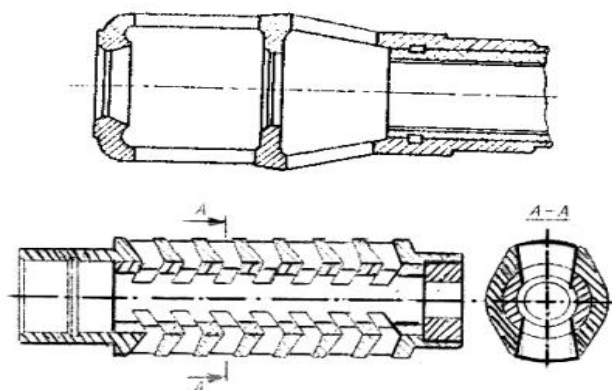
5.1. Врсте гасних кочница

У зависности од принципа дејства, односно од концепције конструкционог решења, разликују се три типа гасних кочница: активне, реактивне и активно – реактивне.

а) Гасна кочница активног типа (слика 5.1.1) користи кинетичку енергију гасне струје за стварање контра силе. Она има у својој шупљини прстенасте преграде, нормалне на осу канала цеви, и бочне отворе, чија је оса, по правилу, нормална на осу цеви.

При истицању из цеви барутни гасови ударају у прстенасте преграде, а затим се кроз бочне отворе избацују у атмосферу.

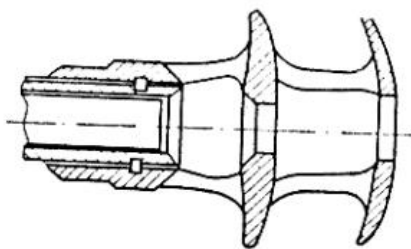
Приликом ударања о преграду, барутни гасови стварају силу која има смер супротан смеру трзања. Будући да део барутних гасова истиче кроз бочне отворе, смањује се количина гасова који истичу за пројектилом, што додатно смањује реактивну силу која повећава трзање [7].



Слика 5.1.1. Гасна кочница активног и реактивног типа [7]

б) Гасна кочница реактивног типа (слика 5.1.1), ради на принципу промене смера гасне струје. Она нема унутрашње преграде, а бочни отвори за истицање барутних гасова су постављени под неким углом. Истицањем барутних гасова кроз ове бочне отворе окренуте уназад ствара се реактивна сила која има смер супротан смеру трзања. Ефикасност гасне кочнице реактивног типа утолико је већа, уколико је угао бочних отвора за истицање мањи. Међутим, овај угао се не сме много смањити, зато што би у том случају истичући барутни гасови били усмерени према послужиоцима оруђа [7].

в) Гасне кочнице активно – реактивног типа (слика 5.1.2) обједињују добре особине прва два типа. Обзиром на број преграда и комора, активне и активно - реактивне гасне кочнице могу да буду једнокоморне, двокоморне и вишекоморне. Најширу примену имају једнокоморне и двокоморне гасне кочнице, због своје конструкционе једноставности и задовољавајуће ефикасности. Вишекоморне гасне кочнице се ретко примењују, због тога што се у прве две коморе апсорбује око 90% укупне енергије коју апсорбује гасна кочница, па је даље повећање броја комора нецелисходно. Гасне кочнице могу бити ливене или заварене конструкције [7].



Слика 5.1.2. Гасна кочница активно – реактивног типа [7]

5.2. Карактеристике гасних кочница

Основне карактеристике гасних кочница су: а) конструкциона карактеристика α ; б) импулсна карактеристика χ ; в) коефицијент ефикасности ζ .

а) Конструкциона карактеристика гасне кочнице зависи од геометријских параметара кочнице.

б) Импулсна карактеристика гасне кочнице представља однос импулса силе барутних гасова са гасном кочницом и импулса силе барутних гасова без гасне кочнице. Од тога да ли је импулсна карактеристика већа од нуле, мања од нуле или једнака нули, зависи да ли ће се брзина трзајућих делова у периоду истицања барутних гасова смањивати, повећавати или остати непромењена.

в) Коефицијент ефикасности представља релативну количину енергије трзајућих делова коју апсорбује гасна кочница.

$$\zeta = \frac{m_t \times W_{max}^2 - m_t \times W_{gk}^2}{m_t \times W_{max}^2} = 1 - \left(\frac{W_{gk}}{W_{max}} \right)^2 \quad (5.1)$$

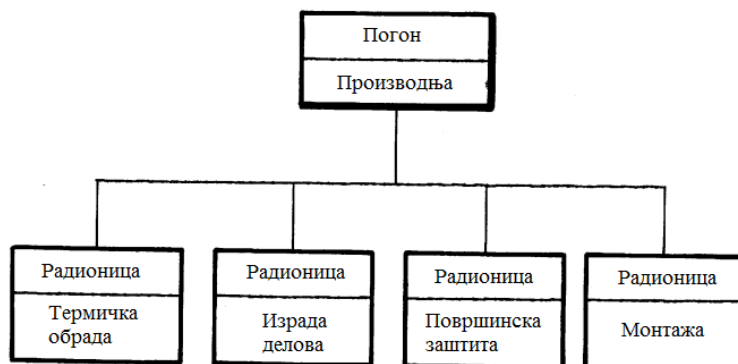
где су:

m_t – маса трзајућих делова; W_{max} – максимална брзина трзања цеви без гасне кочнице при такозваном слободном трзању, тј. када на трзајућу масу делује само сила притиска барутних гасова уз занемаривање отпора при трзању; W_{gk} – брзина слободног трзања на крају накнадног дејства барутних гасова када цев има гасну кочницу.

Уколико је већи коефицијент ефикасности гасне кочнице, утолико је веће смањење брзине трзања цеви. Гасна кочница има утолико већи коефицијент ефикасности, уколико се већој количини барутних гасова, који истичу из цеви, промени правац и смер истицања. У пракси се величина коефицијента ефикасности гасне кочнице креће у границама од 25 до 50% [7].

6. Технологије израде делова склопа цеви

Погон за производњу артиљеријског наоружања најчешће чине целине, што се може видети на слици 6.1.

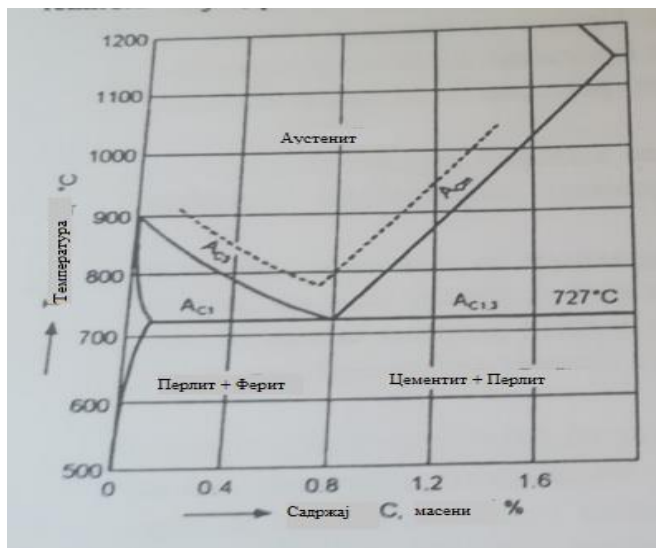


Слика 6.1. Организациона макрошема погона производње [1]

Процеси *термичке обраде* морају обезбедити тражене особине материјала, прописане техничком документацијом. Због тога се неке врсте термичког третмана полуфабриката или готових делова изводе у фабрикама које располажу одговарајућим капацитетима. Тако се у тим фабрикама углавном обављају следећи поступци термичке обраде: жарење и нормализација, каљење, отпуштање, индукционо каљење, цементација и др [1, 3].

Жарење и нормализација – познато је да се ова топлотна обрада изводи с циљем да се предмет доведе у напонски уравнотежено стање. Све врсте жарења код челика се изводе у подручјима испод линије A_1 и изнад линије A_3 дијаграма F_eC , а нормализација изнад линије A_3 . Овом термичком третману се, по правилу, подвргавају предмети који су претходно били ковани, каљени или грубо механички обрађивани. Број делова који се подвргавају овом третману је веома велик. Вид термичке обраде која почиње загревањем радних предмета до одређене повишене температуре, затим следи држање при тој температури, а завршава се спорим хлађењем (најчешће у пећи). После жарења добиће се перлитно – феритна, перлитна или перлитно – цементитна структура (зависно од састава челика). Уједно се смањује тврдоћа, а повећавају истегљивост и жилавост. Железаре углавном испоручују челик у жареном стању, међутим, у току даље прераде железарских полупроизвода често је потребно и додатно жарење. Циљеви жарења могу бити различити, да се поправи обрадивост челика резањем или деформисањем, да се хомогенизује неуједначена структура, уклоне унутрашњи напони, смањи тврдоћа и др. Поједине врсте жарења разликују се према температури загревања и прогревања, режиму хлађења и циља који треба остварити. Понекад се методи жарења деле на поступке са фазним променама (дифузионо, нормализационо, меко и потпуно жарење) и поступке без фазних промена (рекристализационо жарење, жарење ради попуштања напона). Нормализација се састоји из загревања челика (слика 6.2) до око 55°C изнад горње критичне A_{c3} за подеутектоидне челике, односно изнад A_{cm} за надеутектоидне, затим прогревања и најзад хлађења на мирном ваздуху.

Циљ нормализације је да се добију равномерна и ситнозрнаста зрна. Углавном се нормализују ваљаонички производи, челични одливци, отковци и заварени спојеви од дебелих челичних делова лоше (рђаве) заварљивости. Масивни челични одливци, као што су железарски ваљци, после нормализације се високо отпуштају.



Слика 6.2. Температура загревања за нормализацију челика [3]

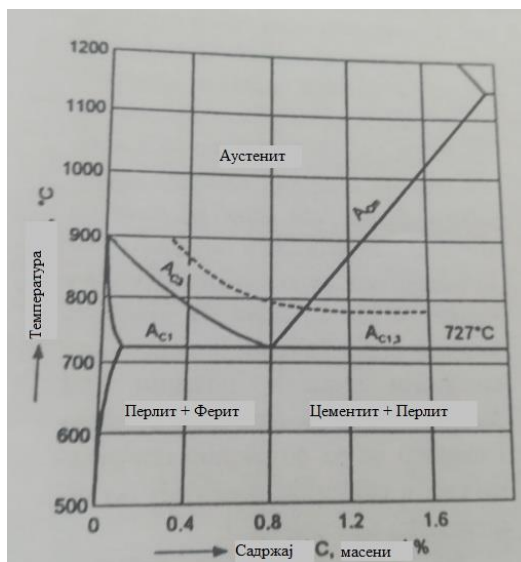
Каљење – овом термичком третману подвргавају се скоро сви елементи, односно недељиви спојеви наоружања. Циљ овог термичког третмана је добијање повишених механичких особина, нарочито тврдоће. У зависности од степена обрађености радних предмета који се кале, овај процес термичког третмана може се обављати у дубинским, коморним или вакумским пећима, односно у соним купкама. Тако широк спектар постројења за овај термички третман, уз одговарајући избор средстава за хлађење, решава проблеме појаве деформација, промена димензија, промена хемијског састава.

Каљење (слика 6.3) је термичка обрада која се изводи загревањем радних предмета изнад тачке $A_{с3}$ за подеутектоидне и изнад $A_{с1,3}$ за надеутектоидне челике, прогревањем на тој температури и хлађењем брзином већом од критичне да би се аустенит трансформисао у мартензит. Код закаљивих угњеничних челика ($C > 0,25\%$), горња критична брзина хлађења је око $140 - 250^\circ \text{C/s}$, а доња око 40°C/s при 550°C . Што се тиче температуре завршетка мартензитне трансформације она износи -50°C за еутектоидни челик, а даље опада са порастом угљеника.

Код већине челика, потребна брзина хлађења се добија потапањем предмета у воду или уље. Брже хлађење него у води се добија у воденим растворима соли или база, а нешто мање у кречном млеку или загрејаном моторном уљу. Изузетно брзо хлађење се добија прскањем делова воденим млазевима, а веома споро хлађење у ваздушној струји или на мирном ваздуху.

Особина разних челика да се плиће или дубље закаљују назива се прокаљавост. У неким случајевима захтева се прокаљивање по целом пресеку комада (*запреминско каљење*), а понекад је пожељнија велика тврдоћа површинских слојева, а жилавије језгро, тј. *површинско каљење*.

Индукционо каљење се примењује у производњи наоружања, па и шире у машинству. То је површинска термичка обрада са брзим индукционим загревањем помоћу струје високе учесталости. Ово каљење је најчешће местимично и изводи се на деловима и површинама које су изложене трошењу и могућим деформацијама. При овој површинској обради постиже се повећање тврдоће од 6 на 8 HRC [3].



Слика 6.3. Температура загревања за каљење челика [3]

Отпуштање – топлотни третман који се изводи након каљења. Термички третман каљења, заједно с отпуштањем, познат је као побољшање материјала. При отпуштању се смањује тврдоћа окаљених предмета, а повећава се жилавост и чврстоћа у односу на радни предмет који није побољшан.

При накнадном загревању окаљених делова, активираће се дифузија атома угљеника, тим јача уколико је температура загревања виша и време држања дужи. Процес термичке обраде који се састоји из накнадног загревања до испод критичне температуре A_{C1} , прогревања на тој температури и затим спорог хлађења (на пример, на мирном ваздуху), назива се отпуштање. Брзина хлађења после загревања и прогревања доста утиче на заостале напоне, брзо хлађење у води са 600°C ствара нове заостале термичке напоне, а супротно томе, пад унутрашњих напрезања при загревању често се зове попуштање напона. У зависности од захтева за побољшање (величина тврдоће, односно затезне чврстоће), отпуштање може бити:

- Ниско отпуштање, ако се изводи на температури од 150°C до 300°C ,
- Средње отпуштање, ако се изводи на температури од 300°C до 400°C и
- Високо отпуштање, ако се изводи на температури од 450°C до 700°C [3].

Цементација – спада у хемијске термичке процесе. Овој термичкој обради се подвргавају делови код којих је потребно обезбедити високу површинску тврдоћу и отпорност на хабање, а да при томе унутрашњост предмета остане с ниским механичким својствима и тврдоћом.

Цементација је најраспотрањенији и најстарији начин хемијско – термичке обраде којом се угљенични, нисколегирани и високолегирани челици ниског садржаја угљеника (око 0,25%) површински засићују угљеником. Температура за апсорпцију угљеника је изнад A_{C3} (900-950°C), што одговара аустенитној структури челика. Потребно је да се у површинским слојевима радног предмета добије 0,80-1,0%. Одмах после површинског обогаћивања угљеником на дубини на дубини 0,10-3,0 mm брзином око 0,1 mm/h, радни предмет се кали и ниско отпушта. Цементација се може извести у чврстим, течним и гасовитим срединама богатим угљеником. Гасна цементација је економичнија од цементације са чврстим средствима [3].

Поред овог поступка, за решавање проблема површинских тврдоћа и повећања отпорности на хабање данас се користе и следећи хемијско – термички процеси:

- Цијанизација, при којој се истовремено у површину радног предмета дифундује угљеник и азот и
- Нитрирање код којег се у површину дифундује азот.

Нитрирањем се, поред повећања тврдоће и отпорности на хабање, врши и антикорозиона заштита. Овој обради се подвргавају углавном делови који су раније термички третиран (побољшавани). Као пример се може навести затварач цеви топова и хаубица.

Поред постројења и уређаја у којима се обавља термичка обрада, радионица термичке обраде је снабдевена пресамa за исправљање деформисаних предмета, као и апаратима за мерење тврдоће термички обрађених предмета. Поред делова наоружања, термичкој обради се подвргавају и делови за одржавање опреме и уређаја.

Производна делатност фабрике је скуп великог броја разних процеса који материјале и полуфабрикату обликују у готов производ. У ове процесе спадају:

- Припрема производње,
- Снабдевање материјалима,
- Израда полуфабриката и њихова механичка обрада,
- Контрола технолошких процеса,
- Унутрашњи напон и складиштење материјала, полуфабриката и готових производа и
- Енергетско и радно обезбеђење производне опреме и радних места.

Наведени комплекс активности се назива производним процесом. Под технолошким процесима подразумевају се делови производног процеса. Сваки технолошки процес садржи низ активности човека и опреме. А то су:

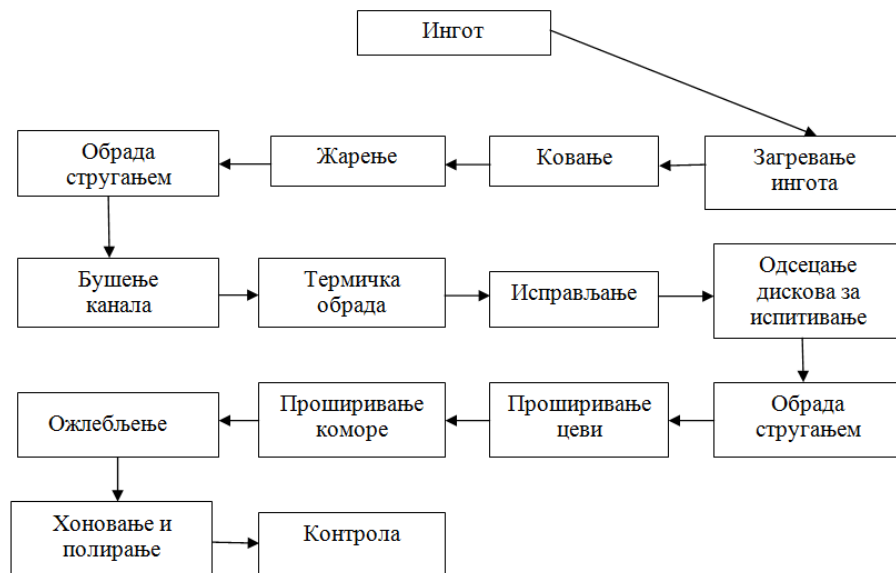
- Металуршки технолошки процеси, помоћу којих се мењају физичка својства метала и добијају полуфабрикати,
- Технолошки процеси површинске заштите,
- Технолошки процеси механичке обраде, при којима се појединачни делови монтирају у склопове, агрегате и готове производе и
- Технолошки процеси монтаже, при којима се појединачни делови монтирају у склопове, агрегате и готове производе.

Код крупних делова (цеви, задњаци, затварачи, навртке, цилиндри и сл.) потребно је пре термичке обраде изводити грубу механичку обраду. На овај начин се димензије полуфабриката свде на дебљине које при термичкој обради обезбеђују потпуну прокаљавост. При грубој обради се скида велика количина струготине.

При завршној обради најважније је постићи захтевану тачност и квалитет обрађене површине, при чему режими обраде морају бити максимално економични. Машине и уређаји за завршну обраду имају већу тачност од одговарајуће опреме за грубу обраду. Према томе, механичку обраду делова је потребно изводити на различитим машинама, уз поштовање прописаног редоследа операција.

Маса и димензије полуфабриката за цеви артиљеријских оруђа, те прописана тачност израде, основни су фактори који утичу на план операција механичке обраде. У материјалу полуфабриката остају након термичке обраде унутрашњи напони који, после скидања струготине механичком обрадом, изазивају деформације.

Услед деформација код цеви се јавља искривљеност, а њена последица је различита дебљина зида. Да би се одстранила искривљеност и различите дебљине зида, неопходно је при механичкој обради наизменично изводити операције спољне обраде стругањем, а затим операције проширивања канала цеви. На слици 6.4. дата је шема основних операција при изради цеви и кретање полуфабриката кроз поједине погоне.



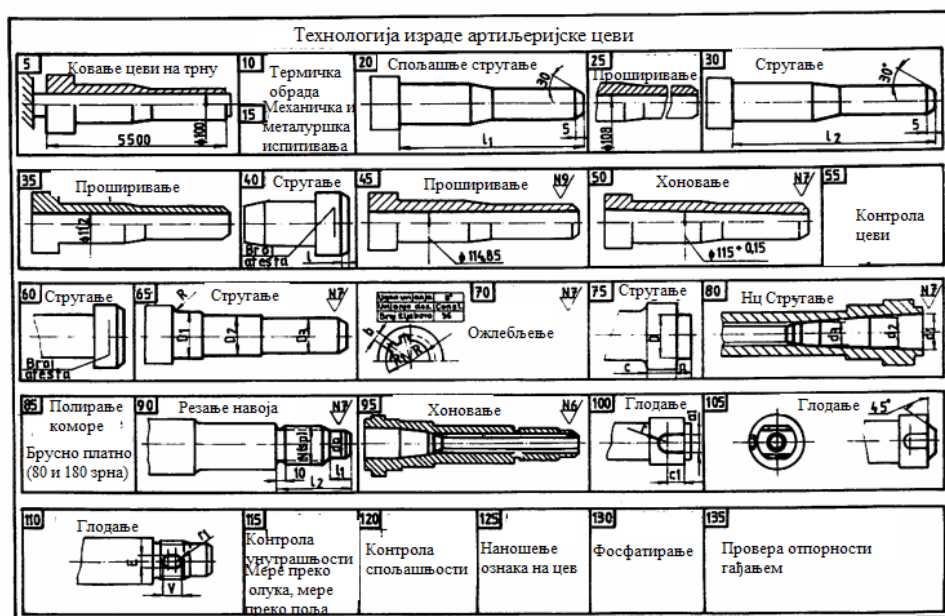
Слика 6.4. Шема основних технолошких операција при обради цеви артиљеријских оруђа [1]

Због великог броја технолошких операција израде, испитивања и контроле цеви, веома је важно пројектовати оптималан технолошки поступак. Лоше пројектован технолошки поступак оптерећује производњу непотребним трошковима због вишка непотребно уложеног рада или могућег шкарта.

Из приказаних технолошких поступака израде минобацачке цеви и једне цеви артиљеријског оруђа средњег калибра (слике 6.5. и 6.6) може се сагледати њихова обимност и сложеност.



Слика 6.5. Пример технолошких поступака израде минобацачке цеви [1]



Слика 6.6. Пример технолошких поступака израде артиљеријске цеви [1]

Код технолошких процеса механичке обраде делова и недељевих спојева, заступљени су следећи поступци обраде: стругање, глодање, бушење, брушење, рендисање, провлачење, жлебљење и пресовање.

6.1. Обрада крупних полуфабриката стругањем

Обрада стругањем је поступак обраде првенствено ротационих делова (вијака, навртки, осовина, вратила, чаура, ременица,...). Остварује се тако што предмет обраде изводи главно обртно кретање, а алат помоћно праволинијско кретање. Релативна кретања алата и предмета обраде условљавају и врсту производне операције у обради стругањем (уздужна и попречна обрада, израда конуса и сл.).

Производне операције обраде стругањем се, према квалитету обрађене површине, разврставају на операције: грубе и fine обраде, односно производне операције:

- претходне и
- завршне обраде.

при чему су производне операције претходне обраде операције грубе обраде, а производне операције завршне обраде операције грубе или fine обраде.

Цеви артиљеријских оруђа се обрађују на струговима који се од обичних универзалних стругова разликују по габаритима и снази.

Такви стругови, за обраду цеви и других полуфабриката, дужине од 3000 до 14000 mm и пречника од 500 до 2000 mm, имају дужину од 5 до 25 m при нормалним односима дужине струга и радног предмета од 1,4 до 1,8. Обрада спољних површина цеви и вратила великих дужина с једним ножем крајње је непроизводна. Због тога стругови имају два, а у одређеним случајевима и три додатка.

То омогућује обраду спољне површине истог или различитих пречника са два односно три ножа, чиме се у знатној мери повећава производност.

На машинама се полуфабрикат стеже једним својим крајем у стезну главу, док се други крај поставља на обртни коњић.

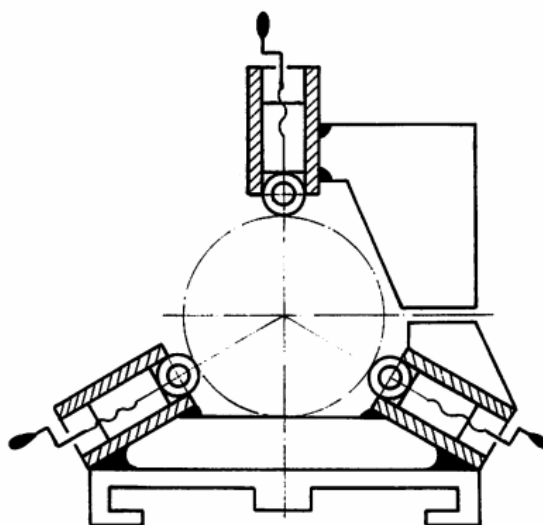
Поред тога, код дужих полуфабриката се у средњем делу постављају линете као ослонци. Место за линете се посебно обрађује. При финој обради крупних полуфабриката може се остварити квалитет храпавости N7.

Линете су центрирајући ослонци који се постављају на крају или између крајева радног предмета, што зависи од дужине предмета. Према контакту радних елемената линете с радним предметом, линете се деле на оне које остварују:

- клизне контакте,
- котрљајући контакт,
- комбиновани контакт и
- непокретни контакт.

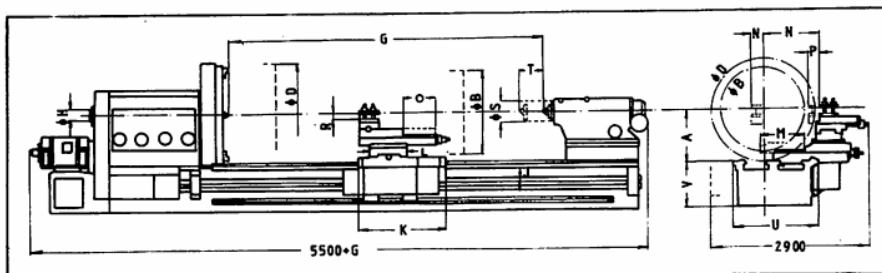
Линете такође могу да буду: затворене, полузатворене и отворене. Према начину центрирања, линете могу бити: самоцентрирајуће, делимично самоцентрирајуће и линете које нису самоцентрирајуће [1].

Површина на радном предмету, која долази у контакт са линетом, посебно се припрема. Квалитет обрађене површине је N7, а овалност обрађеног места не сме да буде већа од 0,02 до 0,04. На слици 6.1.1. шематски је приказана линета са котрљајућим контактом.



Слика 6.1.1. Линета са котрљајућим контактом [1]

Најтежи стругови имају масу изнад 100 t и омогућују обраду делова чији је спољни пречник 4000 mm. Шема струга се може видети на слици 6.1.2.



Слика 6.1.2. Шема струга за обраду артиљеријских цеви [1]

Операција финог спољњег стругања обезбеђује тражену коцентричност спољних површина са дефинитивно обрађеним каналом цеви. Поред тога, овом операцијом се обезбеђују мере прописане цртежом те тражени квалитет обрађених површина.

У појединим случајевима, при дужинама полуфабриката које су мање од 4000 mm, операција получистог стругања се не изводи. Овде се након грубог стругања врши провера коцентричности технолошких површина полуфабриката, а затим се обавља получиста и фина обрада канала цеви. Последња операција је фина обрада стругањем спољних површина, при чему се обезбеђује тражена коцентричност површина у односу на канал цеви.

Данас се све чешће сусрећу материјали за израду цеви оруђа чије се затезне чврстоће крећу од 1100 до 1900 МПа. Пошто су у овим случајевима тврдоће веће од 45 HRC, није могуће вршити обраду скидањем струготине. Због тога се ове цеви обрађују у жареном стању.

Унутар цилиндричног дела гасне кочнице врши се машинска обрада стругањем како би се израдила налегајућа површина, којом се остварује контакт са устима цеви. Такође, отвор за пролазак пројектила мора се обрадити на стругу. На слици 6.1.3. се може видети универзални тешки струг.



Слика 6.1.3. *Универзални тешки струг [10]*

Машине у обради стругањем (стругови) се, у зависности од обима производње, разврставају на стругове за:

- појединачну производњу
- серијску производњу и
- масовну производњу.

Стругови за појединачну производњу су стругови који се лако могу прилагодити прелазу са једне конфигурације предмета обраде на другу, са једних димензија на друге. То су: универзални стругови, стругови са вучним вретеном, стругови са водећим вретеном, стругови за леђно стругање, стругови за попречну обраду и сл.

Стругови за серијску производњу се користе за израду већег броја истих делова или извођење већег броја операција на истом предмету обраде. То су: вишесечни стругови, копирни стругови, револвер стругови са хоризонталном и вертикалном револвер главом и сл.

Стругови за масовну производњу су стругови који обезбеђују смањење комадног времена и смањење помоћног времена. То су стругови наменски пројектовани и изграђени за конкретне производе или групу сличних производа: аутоматски стругови, аутомати за дугачке делове, револвер – аутоматски стругови.

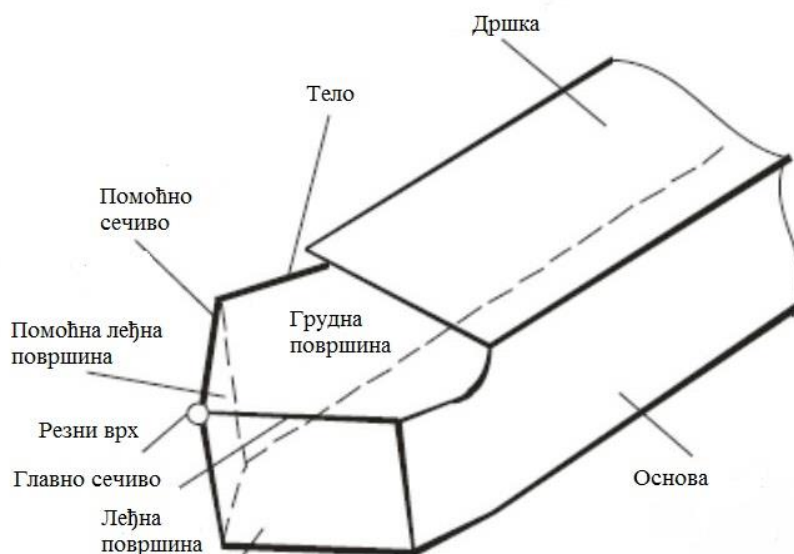
Као алат у обради стругањем, користи се стругарски нож. Стругарски ножеви су разноврсни по облику, димензијама и врсти алатног материјала. Према врсти обраде разликују се стругарски ножеви за спољашњу обраду (уздужну и попречну), унутрашњу обраду, усецање и одсецање, израду навоја и сл. Према квалитету површине стругарски ножеви се разврставају на стругарске ножеве за грубу (претходну) и завршну (фину) обраду.

Према облику стругарски ножеви могу бити прави, савијени и крстасте, а према облику попречног пресека дршке правоугаони, квадратни и кружни [5].

Према врсти алатног материјала разликују се стругарски ножеви од брзорезног челика са лемљеним плочицама од тврдог метала и механички причвршћеним плочицама савремених алатних материјала. За израду стругарских ножева се углавном користе тврди метали (са или без превлаке), резна керамика и супер тврди материјали у виду окретних (измењивих) плочица. Плочице се механички везују за носаче алата, тако да се формирају различити типови стругарских ножева.

Стругарски нож (слика 6.1.4) се састоји од:

- тела алата на коме се налазе резни елементи (резни клин) и
- дршке преко које се изводи постављање и причвршћивање на носач алата.



Слика 6.1.4. Основни делови стругарског ножа [5]

6.2. Глодање

У производњи наоружања сусрећу се веома сложени правилни и неправилни геометријски облици који се обрађују глодањем [1].

Обрада глодањем је поступак обраде равних површина, жлебова, профилисаних контура, површина специјалног и сложеног облика. Главно кретање је обртно кретање алата дефинисано брзином резања V , m/min. Помоћно кретање је праволинијско кретање предмета обраде и/или алата и одређено је брзином помоћног кретања ($V_p = n \cdot S$, mm/min – аксијалним померањем у јединици времена), а може бити дефинисано кораком по зубу (S_1 , mm/z – аксијалним померањем за један зуб алата) и кораком (S , mm/o – аксијалним померањем за један обрт алата).

Према распореду резних елемената алата разликују се два поступка обраде глодањем:

- Обимно глодање и
- Чеоно глодање [5].

Према смеру међусобних кретања алата и предмета обраде разликују се два поступка обраде глодањем и то обрада:

- Истосмерним глодањем и
- Супротносмерним глодањем.

Основне операције у обради глодањем су обрада:

- Равних површина,
- Криволинијских контура,
- Површина специјалног облика и
- Површина сложеног облика.

Алати у обради глодањем – глодала, који се могу видети на слици 6.2.1; припадају групи вишесечних алата цилиндричног облика са резним елементима распоређеним по обиму и/или чеоној површини. Глодала се разврставају применом различитих критеријума. Према конструкцији глодала могу бити:

- Једноделна (интегрална) глодала – глодала из пуног материјала и
- Вишеделна глодала (са уметнутим зубима, лемљеним плочицама од тврдог метала и механички причвршћеним плочицама алатних материјала);

Према начину постављања на машину глодала су:

- Са коничном или цилиндричном дршком и
- Отвором – насадна глодала.

Према врсти и облику: ваљкаста, чеона, котураста, вретенаста, тестераста, профилна, вретенаста за Т – жлебове, конична и сл. гарнитуре глодала различитог облика и намене.



Слика 6.2.1. Глодала [11]

Да би се постигла максимална заменљивост делова и утицај радника на квалитет израде свео на најмању меру, све више се у производњу уводе NC и CNC глодалице.

Радионице за производњу наоружања поседују све врсте глодалица чије су димензије и тачност прилагођени захтевима радних предмета.

Величина глодалица се одређује према габаритима радних комада који се на њима обрађују. Велике глодалице имају столове до 10 m да би могле примити цеви топова и хаубица, како би се вршила обрада задњег дела цеви код барутне коморе или прорези за клинове на устима цеви. На слици 6.2.2. је приказана глодалица.

Машине у обради глодањем или глодалице се, према конструктивном решењу, деле на:

- Конзолне (хоризонталне, вертикалне и универзалне),
- Безконзолне (постељне) – хоризонталне, вертикалне и универзалне и
- Глодалице специјалне намене (алатне, копирне, агрегатне, програмске, одвалне, глодалице за навој и сл.).



Слика 6.2.2. Глодалица [12]

6.3. Бушење

На деловима наоружања, различитих облика и димензија, потребно је бушити, проширивати, развртати разне плитке и дубље отворе. У отворима се врше упуштања и резања навоја [1].

Бушење је поступак израде отвора и рупа. Главно обртно и помоћно праволинијско кретање изводи алат. Главно кретање је дефинисано брзином резања (V , m/min) или бројем обрта (n , o/min), а помоћно кораком (S , mm/o – аксијалним померањем алата за један обрт алата) или брзином помоћног кретања ($V_p = n \cdot S$, mm/min) [5].

Поред основних операција (бушења, проширивања, упуштања и развртања) бушењем се могу реализовати и друге операције израде и обраде отвора и рупа, као што су *забушивање*, *бушење дубоких отвора (дубоко бушење)* и *израда навоја*.

За бушење отвора и рупа користе се бургије, може се видети на слици 6.3.1; забушивачи и бургије за дубоко бушење.

Према облику деле се на равне и спиралне (са цилиндричном и коничном дршком), специјалне и сл. Према врсти алатног материјала, бургије се деле на бургије од брзорезног челика и са плочицама од тврдог метала, према поступку израде на бургије израђене глодањем, ваљањем и брушењем.

У савременим производним условима, све чешће се користе бургије са измењивим плочицама од тврдог метала, резне керамике и супер тврдых материјала или бургије побољшаних карактеристика, са превлакама.



Слика 6.3.1. – Бургија [13]

Машине у обради бушењем – бушилице се могу разврстати на различите начине. Бушилица се може видети на слици 6.3.2. Према положају главног вретена на хоризонталне и вертикалне бушилице, а према броју главних вретена на: једновретене и вишевретене бушилице. За бушење и проширивање дубоких отвора служе дубинске бушилице.



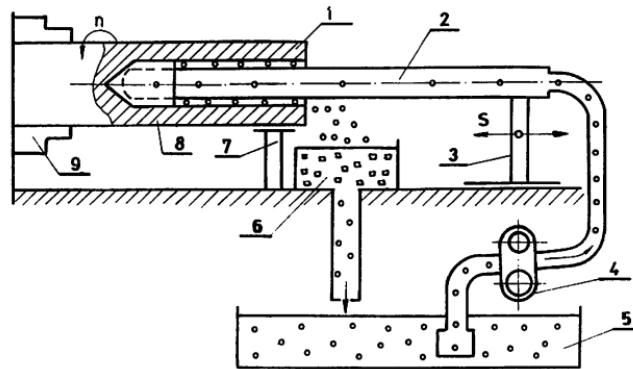
Слика 6.3.2. – Бушилица [14]

6.3.1. Дубоко бушење

Масовне потребе за делове са дубоким отворима, јављају се у општем и војном машинству, нафтној и хемијској индустрији и др.

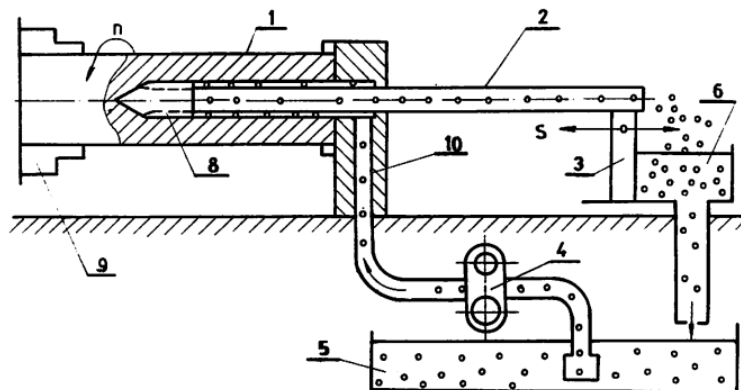
Дубоки отвори се добијају неприкидним бушењем уз принудно спољно или унутрашње одвођење струготине, и то помоћу течности која се у зону резања доводи под притиском. Понекад се за овођење струготине уместо течности користи компримовани ваздух. На слици 6.3.1.1. шематски је приказана метода дубоког бушења са спољним, а на слици 6.3.1.2. с унутрашњим одвођењем струготине [1].

При спољном одвођењу струготине, пумпа (4) из резервоара (5) кроз цевовод и носач алата (2) потискује течност у зону резања алата (8). Струготина се из зоне резања, кроз слободни део дубоког отвора у радном предмету (1), потискује у spremник струготине (6) где се задржава, а течност одлази у резервоар.



Слика 6.3.1.1. Шема одвођења струготине, при спољном одвођењу [1]

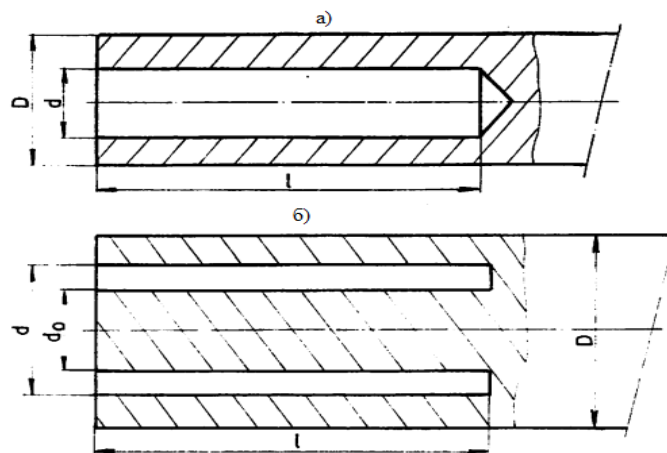
При унутрашњем одвођењу струготине, течност се доводи у апарат за заптивање (10), а онда, између зида отвора и носача алата (2), у зону резања. Из зоне резања струготина се, под притиском, транспортује кроз отворе у алату и отвор у носачу алата до spremника струготине (6). Радни предмет се стеже у стезној глави (9) бушилице, а ослања се предњим крајем на линету (7) или апарат за заптивање (10). Носач алата се премешта помоћу додатка (3).



Слика 6.3.1.2. Шема одвођења струготине, при унутрашњем одвођењу [1]

Специфичност операције дубоког бушења састоји се у томе што алат себи мора стварати пут у пуном материјалу, без претходно обезбеђених ослонаца и чврстог вођења.

Код дубоког бушења се разликује пуно и прстенасто бушење, или бушењем са вађењем језгра, слика 6.3.1.3. При пуном бушењу, сав материјал из дубоког отвора се претвара у струготину, а при прстенастом бушењу, у струготину се претвара прстенаста запремина материјала.



Слика 6.3.1.3. Врсте дубоког бушења [1]:

*а) пуно бушење
б) прстенасто бушење*

У систему – машина, прибор, алат и полуфабрикат – при дубоком бушењу алат је изложен најтежим условима рада. Затвореност у току технолошког процеса, форсирање режима обраде, те многобројне функције, чије извршење мора обезбедити конструкција алата, доводе до знатног оптерећења тела алата, ножева и вођица.

Алати за дубоко бушење се могу поделити у три групе:

- Алати за пуно бушење,
- Алати за прстенасто бушење (алат с једним ножем, алат са два ножа) и
- Алати за проширивање дубоких отвора.

Прстенасто бушење се користи при бушењу отвора чији је пречник већи од 80 mm и сматра се прогресивнијим од пуног бушења.

Машине за дубоко бушење у погонима заузимају велике површине. Најчешће су хоризонталне, а дужина им је најмање једнака двострукој дужини обрађиваног предмета. Могу се поделити у три основне групе и то: машине за дубоко бушење типа струга, машине за дубоко бушење са варијатором и машине за дубоко бушење без обртања полуфабриката.

6.3.2. Проширивање дубоких отвора

Проширивање дубоких отвора је операција механичке обраде помоћу које се скидањем додатка материјала добијају цилиндрични отвори са фином површином.

При проширивању цеви, одстрањују се дефекти који су настали у претходним операцијама центрифугалног ливења, ваљања, термичке обраде, исправљања или бушења.

Разликује се проширивање цилиндричних, конусних и геометријски сложених отвора (барутне коморе и цилиндрично – конусне цеви). Према квалитету обрађених површина, проширивање може да буде грубо, получисто и фино.

Грубо проширивање се изводи с максималним брзинама и помацама како би се за што краће време извршило проширивање отвора. При овој операцији се скида 50-65% укупног додатка материјала код полуфабриката.

Получистим проширивањем се одстрањују дефекти који остају после грубог проширивања канала и получистог стругања спољних површина цеви. При том проширивању се потпуно елиминише разлика у дебљини зидова и искривљеност. Дебљина слоја материјала која се скида при овој операцији износи од 2 до 4 mm.

Финим проширивањем канала цеви обезбеђују се захтеви који су прописани техничким условима и цртежима. Обрађена површина има класу храпавости N8.

Површине канала артиљеријских, минобацачких и цеви ракетних лансера, те цилиндри противтрзајућих уређаја, подвргавају се, након финог проширивања, операцијама хоновања и полирања [1].

Главе за проширивање дубоких отвора у основи се разликују по следећем:

- По броју и положају ножева (с једним, два и више ножева, који имају једностран или двостран излаз),
- По начину спајања главе са носачем алата и причвршћивању ножева у телу главе и
- По дељењу додатног материјала за проширивање и начину дробљења струготине.

Све операције проширивања цеви обављају се на специјалним машинама за дубоко бушење и проширивање.

6.4. Брушење

Да би се постигле тражене толеранције и храпавост површина, код елемената наоружања се изводе операције брушења. Брушење је једна од најзначајнијих производних операција завршне обраде, јер обезбеђује: високу тачност мера и висок квалитет обрађене површине.

Главна кретање је обртно кретање алата (брусне плоче) дефинисано брзином резања, а помоћно кретање је обртно и праволинијско (код кружног) или праволинијско кретање предмета обраде (код равног брушења) [1].

Основне производне операције брушења су операције [5]:

- Кружног брушења,
- Равног брушења,
- Брушења без шиљака и
- Брушења сложених површина.

Алати у обради брушењем – брусне плоче или тоцила се могу разврстати према намени и облику.

Према облику тоцила се деле на: котураста, лончаста, конична, тањираста, тоцила са дршком или навртком, сегментна – вишеделна.

Према намени тоцила се деле на тоцила за: спољашње кружно брушење, унутрашње брушење, равно брушење, сечење, оштрење алата, брушење глодала, брушење навоја, брушење зупчаника итд.

Машине у обради брушењем (брусилице) се најчешће деле према намени на брусилице за:

- Спољашње и унутрашње кружно брушење,
- Равно брушење,
- Брушење без шиљака и
- Специјална брушења (оштрење алата и сл.).

6.5. Рендисање

У процесу обраде разлику се: радни и повратни ход алата или предмета обраде. Радни ход је ход алата или предмета обраде у току кога се изводи процес обраде, док се у току повратног хода, процес резања не одвија. У зависности од тога да ли алат или предмет обраде изводи главно кретање, два основна поступка обраде су обрада на:

- краткоходој и
- дугоходој рендисаљци.

У зависности од типа машине и правца кретања разликују се поступци обраде и производне операције и производне операције обраде рендисањем на:

- хоризонталној и
- вертикалној рендисаљци.

Да би се добили правоугли отвори у задњаку за пролаз затварача, канали и отвори за клинове у рупама, користе се *вертикалне рендисаљке*.

Алати за рендисање или ножеви за рендисање су слични стругарским ножевима, по облику, геометрији и другим карактеристикама.

Ножеви за рендисање су при уласку у захват изложени јаким, ударним оптерећењима, да би при изласку из захвата наступило њихово растерећење. Тако скоковито оптерећење могу издржати само жилави материјали [5].

Зато се за израду ножева за рендисање користе брзорезни челици и неке жилаве врсте тврдог метала. Код ножева већих димензија, дршка алата се израђује од конструктивног челика.

6.6. Провлачење

Обрада провлачењем представља савремени поступак обраде метала резањем високе производности, тачности и квалитета обраде. Користи се само у серијској и масовној производњи, јер су алати веома скупи и строго наменски пројектовани и израђени.

Разни кружни, правоугаони, квадратни, ожлебљени и други отвори код елемената наоружања израђују се провлачењем.

Производне операције обраде провлачењем се разврставају на две групе и то производне операције: унутрашњег провлачења и спољашњег провлачења.

Алати за провлачење (провлакачи) спадају у групу специјалних алата због своје сложености и деле се на провлакаче за: унутрашње и спољашње провлачење.

Машине у обради провлачењем – провлакачице се разврставају, према намени на провлакачице за: унутрашње и спољашње провлачење. А према правцу кретања алата и намени на: хоризонталне и вертикалне провлакачице [1].

6.7. Жлебљење

Ожлебљени део цеви обезбеђује пројектилу потребно праволинијско и ротационо кретање. На тај начин пројектил добија стабилност при кретању и прецизност на циљу. Олуци се састоје од жлебова, који чине удубљења и узвишења на унутрашњој површини цеви и поља између жлебова. Након опаљења почиње кретање пројектила у ожлебљеној цеви, при чему се водећи прстен утискује у жлебове и попуњава их [1].

За ожлебљење цеви оруђа користе се специјалне главе у које се постављају специјални ножеви за ожлебљење. При конструкцији главе за ожлебљење, потребно је обезбедити:

- Број ножева мора да буде што већи, а њихова геометрија што рационалнија,
- Правилно и сигурно постављање главе у односу на канал цеви,
- Погодно и сигурно везивање главе на носач алата машине,
- Погодно довођење расхладне течности у зону резања и одвођење струготине и
- Једноставну конструкцију, уз што мањи број делова.

Ожлебљење је могуће извршити:

- На машинама за ожлебљење вучењем или гурањем главе за олучење кроз канал цеви,
- На специјалним машинама за провлачење и обичним машинама за ожлебљење, истовременим провлачењем свих жлебова помоћу специјалних провлакача и
- Глодањем.

Машине за ожлебљење је могуће поделити у три групе:

- Машине малих дужина (до 10 m),
- Машине средњих дужина (од 12 до 21 m) и
- Машине великих дужина (од 25 до 50 m).

Габарити и димензије машина одређују се на основу дужина и тежине цеви за коју је предвиђено ожлебљење. Дужина машине мора да буде већа за 2,4 пута од ожлебљене цеви. Најчешће се код цеви великих димензија, цев не обрће.

6.8. Пресовање

За обављање технолошких операција пресецања, савијања и извлачења лимова, инсталирају се пресе са радним силама до 1000 МПа [1].

Поред разних ситнијих елемената од лимова, на пресама се деформацијом обрађују и веома крупни делови, као што су делови:

- Подлога за минобацаче,
- Кракови лафета топова и хаубица и
- Елементи горњих и доњих лафета топова и хаубица и др.

Због тога се у радионицама за механичку обраду делова инсталирају следеће врсте преса:

- Ексцентар пресе,
- Хидрауличне пресе,
- Специјалне пресе за савијање разних профила,
- Фрикционе пресе и
- Коленасте пресе.

6.9. Хоновање и полирање

Хоновање је завршна механичка обрада површина помоћу абразивних брусевача који су причвршћени на специјалним главама. Најчешће се примењује за обраду глатких цилиндричних отвора. У производњи наоружања, хоновањем се обрађују канали цеви пре и после ожлебљења, канали глатких цеви, цилиндри противтрзајућег уређаја, цилиндри изравњача, цилиндри дизалица итд.

Број брусевача може да буде од 4 до 12, у зависности од пречника који се хонује и снаге машине за хоновање. Брусевачи су постављени под углом од 20 до 30° један у односу према другоме по обиму главе за хоновање.

Полирање је процес механичке обраде површина помоћу абразивних прашкова ситнозрнасте структуре или специјалних пасти. Абразивни материјали се равномерно наносе на специјалну главу или уређај за полирање.

Полирањем се добија висок квалитет обрађене површине, а у одређеним случајевима се обезбеђује димензиона тачност [1].

У производњи артиљеријског наоружања полирају се барутне коморе, канали неожлебљених цеви, канали ожлебљених цеви пре и после ожлебљења, цилиндри ПТУ и др.

При полирању се радни предмет обрће у једном, а глава за полирање у супротном смеру. У одређеним случајевима главе за полирање се не обрћу.

7. Материјали који се користе за израду

Највећи број делова се израђује од челика. Због различите оптерећености делова у експлоатацији, за израду се користе челици разних квалитета и механичких особина.

Све челике за израду делова, могуће је сврстати у три групе:

- Челици за цеви,
- Челици за затвараче, задњаке, коморе и друге високооптерећене делове и
- Конструкциони челици за остале делове.

Челици морају имати следеће физичко – механичке особине: високу чврстоћу, добру еластичност и жилавост, довољну тврдоћу и отпорност на ударна оптерећења, високу отпорност на хемијска дејства продуката сагоревања и утицај атмосфере, низак интезитет ширења прлина.

Молибден побољшава механичке особине и прокаљавост челика. Данас су челици најчешће легирани никлом и молибденом, па тиме нису склони појави отпусне кртости.

Уколико су никл и молибден дефицитарни, могу се челици легирати хромом. У ратним условима се могу користити и угљенични челици [1].

8. Монтажа склопа цеви

Након завршетка свих димензионих провера припадајућих елемената склопа цеви, као и наношења одређене површинске заштите, приступа се њиховом спајању у једну целину, према конструкционој документацији и прописаним правилима.

Прва фаза монтаже склопа цеви је уградња предње и задње огрлице са бронзаним клизачима, који омогућавају клизање по клизним стазама на колевци, при трзању насталом услед процеса опаљења. Огрлице такође служе као носачи повратника. Уграђују се на следећи начин: краном се подигне предњи део цеви, како би се огрлице "навукле". Потом се цев спусти на своје носаче, а огрлице краном доведу на своја места. Одговарајућим наврткама врши се позиционирање и учвршћивање огрлица на својим положајима. Како би се спречило одвијање навртке, врши се осигуравање додирних површина навртке и огрлице завареним спојем.

Спајање задњака са цеви врши се помоћу међунавртке, која обезбеђује чврсту везу. Веза је додатно осигурана граничником, како би се спречило одвијање задњака. Осигурач и навртка имају на себи назубљени сектор, са истим кораком, што им омогућава правилну међусобну везу. Осигурач се једним вијком спаја са задњаком. Након завршетка овог спајања, врши се уградња елемената механизма за окидање, механизма за отварање и затварање затварача, држача чауре и осталих елемената. Такође, на задњаку се уграђују бронзани клизачи којима се омогућава клизање по клизним стазама на колевци. Након завршетка спајања задњака и цеви, врши се провера зазора између њих, који не сме да буде већи од 0,05 mm. Зазор се проверава у више тачака, како би се утврдило да ли је равномеран по целој контактної површини.

Следећи на реду за монтажу је затварач, у који су претходно уграђени сви делови механизма за његово функционисање. Пре уградње затварача, потребно је детаљно очистити његово лежиште у задњаку. Чишћење се врши синолом, који омогућава скидање разних нечистоћа, али и добро подмазивање налегајућих површина, како би се смањило трење при отварању и затварању затварача. Код ове фазе уградње, од великог је значаја подешавање зазора између чела затварача и задњег пресека цеви. Зазор не сме да буде већи од 0,05 mm, а његово мерење врши се мерним листићима.

Последњи елемент за уградњу је гасна кочница. Гасна кочница се уграђује помоћу специјално направљене навртке и дводелне чауре. Завијањем навртке српастим кључем, гасна кочница прилази на своје место. Цилиндрични део гасне кочнице унутар себе садржи налегајућу површину, која треба да оствари контакт са устима цеви. Зазор између њих не сме да буде већи од 0,05 mm. Наллегајућа површина не сме на себи имати никаква оштећења, прелазе и слично, јер се због тога не може постићи прописани зазор, па самим тим ни потпуна заптивеност контакта са устима цеви. Гасна кочница се такође осигурава осигурачем, како не би дошло до њеног одвијања.

9. Контрола и заштита склопа цеви

9.1. Утврђивање техничког стања цеви артиљеријских оруђа

9.1.1. Параметри стања

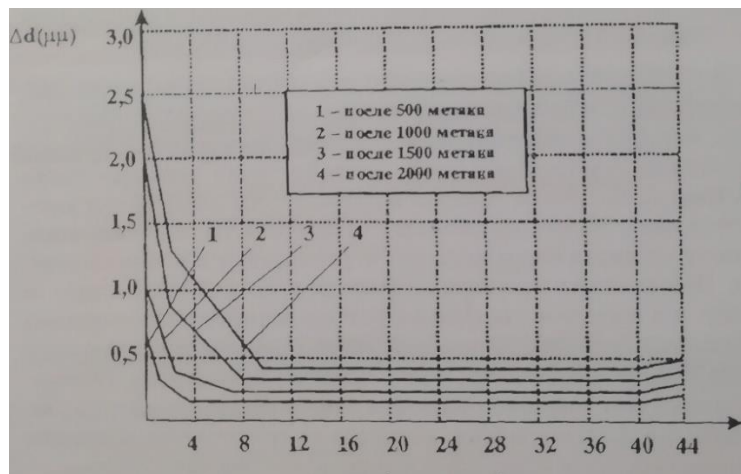
Цеви артиљеријских оруђа намењене су за усмеравање лета пројектила, саопштавајући им почетну брзину и обртно кретање које обезбеђује стабилност пројектила на путањи. Карактеристичне неисправности и откази цеви су првенствено последица трошења, а ређе оштећења цеви. Трошење унутрашњости цеви је критеријум њеног животног века, а гранична истрошеност одређује ресурс (трајност цеви), који се мери бројем испаљених пројектила. Отказе настале трошењем цеви, могуће је унапред прогнозировать.

Постоје и тзв. борбена оштећења цеви, које је немогуће прогнозировать. Ова оштећења спадају у случајне отказе и у тим ситуацијама, користе се искуствене норме. Због тога се одређивање облика и начина ремонта цеви, ради успостављања радне способности оруђа, врши према карактеру могућих отказа [2].

Трошење цеви оруђа огледа се у нарушавању унутрашњег облика, калибра и квалитативног стања њених елемената (лежишта метка, поља и жлебова). Трошење се одвија неравномерно по дужини цеви.

Према величини трошења (слика 9.1.1.1), цев се дели у три зоне:

- зона максималног трошења,
- зона средњег трошења и
- зона минималног трошења.



Слика 9.1.1.1. Дијаграм трошења цеви [2]

Зона максималног трошења карактерише се највећим порастом калибра цеви. Простире се од места спајања прелазног конуса и водишта пројектила, до удаљености 2 – 3 калибра, према устима цеви (приближно до места максималног притиска). У том делу цеви долази до релативно брзог трошења поља, да би након одређеног броја испаљених пројектила, поља на почетку водишта потпуно нестала.

На тај начин, прелазни конус се помера унапред, а барутна комора продужава, што условљава промену балистичких својстава цеви.

Зона средњег трошења карактерише се постепеним смањењем трошења према устима цеви. Ова зона распростире се на 4 – 5 калибра од почетка водишта, а дешава се да буде и дужа.

Зона најмањег трошења карактерише се најмањим повећањем калибра цеви услед трошења. Ова зона заузима највећу дужину цеви и карактерише се релативно равномерним трошењем по целој дужини цеви, укључујући уста цеви на делу дужине 1 – 2 калибра, где је уочљиво повећано трошење [2].

На трошење цеви утичу следећи фактори:

- топлотно дејство барутних гасова у цеви са врло високом температуром, која износи ($2227 - 2727^{\circ} \text{ K}$), а која превазилази температуру топљења челика, што узрокује топљење танког слоја површине водишта пројектила и образовање термичких напрезања и прскотина;
- хемијско дејство барутних гасова на површину унутрашњости цеви у условима високог притиска и температуре, што доводи до цементације и нитрирања површинског слоја водишта и до образовања кртог површинског слоја цеви;
- динамичко дејство барутних гасова на површинском слоју унутрашњости цеви при високим притисцима и температурама, што доводи до ерозије метала и до скидања неравнина, које се сусрећу на путу кретања гасова;
- механичко дејство водећих делова пројектила на ожлебљење, које изазива трошење површине водишта цеви.

Процес урезивања водећег прстена пројектила и његово кретање по водишту цеви изазива појаву трења. Услед трења долази до загревања 0,1 – 0,2 mm унутрашњег слоја цеви до температуре од $227 - 727^{\circ} \text{ K}$, а дешава се и више. Дешава се да температура достигне тачку топљења бакра (813° K), мада је количина топлоте настала у цеви услед трења водећег прстена мала. Након проласка пројектила, на површину водишта почињу деловати барутни гасови, који изазивају основно загревање цеви. При кретању пројектила, густина и брзина гасне струје се повећавају, а услед тога расте и температура на зидовима цеви. Температура цеви достиже максимум у моменту највећег притиска барутних гасова.

Захваљујући топлотној проводљивости метала, температура на површини водишта цеви се брзо снижава. Сваким следећим процесом опаљења метка, повећава се температура површине водишта цеви, услед акумулација топлоте од претходних опаљења. Дејство гасова на зидове цеви је краткотрајно (око 0,1 s), а загревање захвата врло танки слој унутрашње површине цеви. Међутим, услед брзог хлађења тог слоја, он постаје све тврђи, што умањује његову жилавост.

Загревајући се при опаљењу и брзо хлађење након опаљења, унутрашњи површински слој тежи попречном ширењу и сабијању, чему се супротставља спољашњи слој цеви, чија се температура мења знатно спорије, што може довести до разарања површинског слоја и образовања мреже прскотина. Осим што загревају цев, барутни гасови, крећући се турбулентно великом брзином и имајући велику густину, изазивају механичко одвајање честица метала са унутрашње површине цеви [2].

Барутни гасови доводе и до цементације и нитрирања танког слоја површине водишта цеви, изазивајући структурну промену метала, повећањем његове крутости и снижавањем температуре топлеења.

Услед трошења водишта цеви, погоршавају се балистичка својства оруђа, тако да:

- пада почетна брзина пројектила,
- пада максимални притисак барутних гасова и
- погоршава се прецизност гађања.

Трошење површинског слоја цеви изражава се, пре свега кроз повећање калибра, услед чега опада отпор урезивању водећег прстена пројектила у поља водишта, што изазива промену тока процеса опаљења и доводи до пада почетне брзине. При већој истрошености цеви, долази до пробијања барутних гасова између површине цеви и водећег прстена, што такође доводи до пада почетне брзине.

Пад почетне брзине као последица оштећења водишта цеви, узрокује смањење дмета оружја, прецизности гађања и погоршање пробојног дејства пројектила. При смањењу максималног притиска барутних гасова, могући су откази упаљача у току гађања са смањеним барутним пуњењем. Повећано растурање узрокује повећање утрешка муниције и смањује учинак ватреног дејства, а могуће је и неиспуњење борбеног задатка.

Способност цеви да се одупре трошењу и да што дуже сачува своје балистичке особине, назива се ресурсом (балистичким животом) цеви, који се изражава бројем метака са највећим пуњењем, испалених из цеви до њеног избацивања због истрошености. Сматра се да је ресурс цеви истрошен, тј. да је цев достигла границу балистичког живота, ако је:

- пад почетне брзине преко 10%,
- уочено систематско срезивање водећих прстенова пројектила,
- пад максималног притиска такав да не обезбеђује активирање више од 30% основних упаљача, при гађању најмањим барутним пуњењем и
- добијена величина вероватног скретања по даљини и правцу осам пута већа од табличне.

Квалитативне промене, које карактеришу радну способност цеви не наступају истовремено и зависе од услова експлоатације. Цев се, по правилу, одбацује већ при постојању једног од претходно наведених критеријума. Ако су три последња критеријума очигледна и могу бити одређена при гађању из оруђа, неопходно је установити пад почетне брзине. Пад почетне брзине пројектила може се одредити на више начина. Најтачнији подаци се добијају мерењем почетне брзине при гађању из оруђа под одређеним условима. Остали начини дају мање тачне резултате и примеренији су за коришћење у трупним условима. При томе, најчешће се пад почетне брзине одређује мерењем похабаности цеви и установљавањем пада почетне брзине, уз помоћ табела [2].

Параметри радне способности цеви могу се поделити на основне и помоћне.

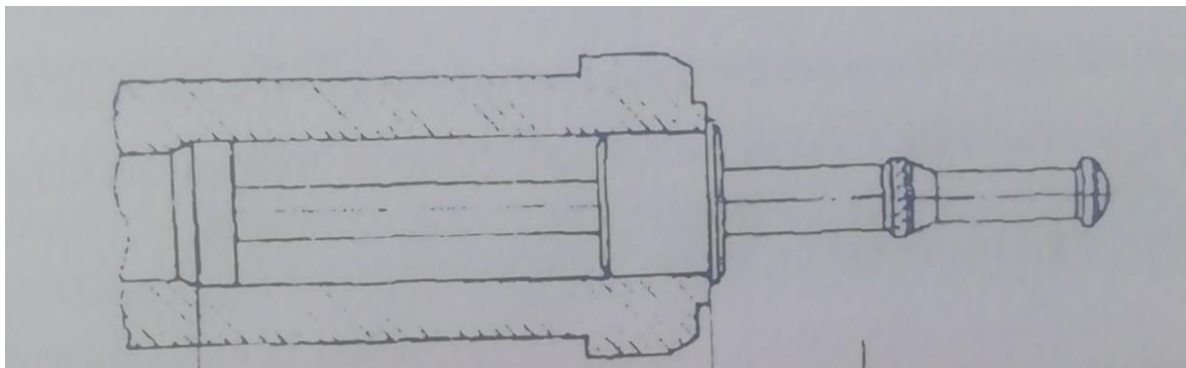
- Основни: продужење барутне коморе, истрошеност водишта и искривљеност цеви,
- Помоћни: исправност гасне кочнице, надувеност цеви и оштећења на спољашњој површини.

9.1.2. Методика провере и опрема за утврђивање техничког стања цеви артиљеријских оруђа

Параметри радне способности цеви морају се проверавати, како би се установио степен истрошености, обим и сврсисходност радова одржавања и ремонта, као и обезбеђење ресурса за одржавање и ремонт. За проверу параметара цеви артиљеријских оруђа, користе се следећи прибори и опрема:

- прибор за мерење продужења барутне коморе,
- микрометарска звезда,
- контролник са клизачем,
- бороскоп,
- ендоскоп,
- контролник за контролу савијености цеви и
- остала мерна средства и прибори за мерење и контролу машинских елемената.

Прибор за мерење продужења барутне коморе може се видети на слици 9.1.2.1. Користи се за утврђивање једног од показатеља истрошености цеви, односно продужења барутне коморе.

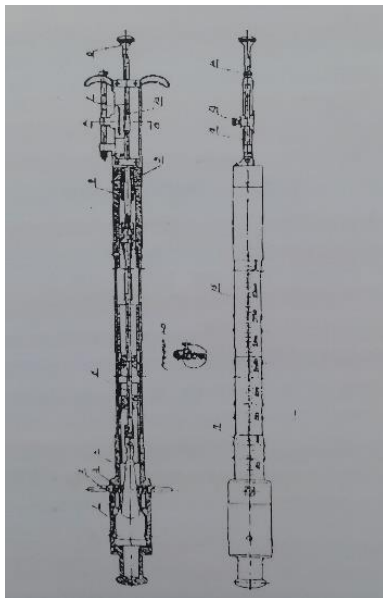


Слика 9.1.2.1. Прибор за мерење продужења барутне коморе [2]

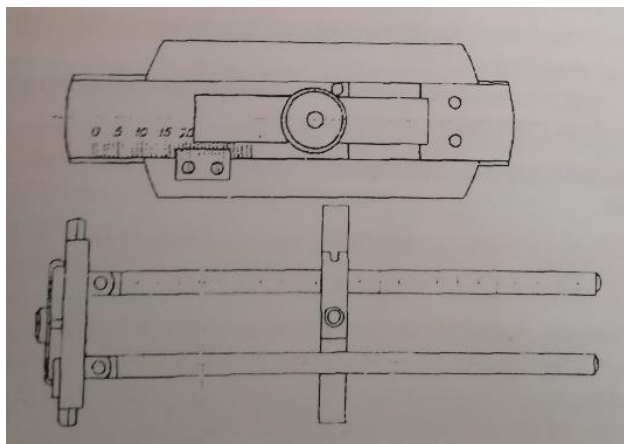
Пад почетне брзине пројектила у односу на повећања дужине барутне коморе, одређује се из установљене зависности, која је за оруђа обично наведена у таблицама гађања. Мерење калибра цеви помоћу микрометарске звезде (слика 9.1.2.2) изводи се посредно (не мери се апсолутна вредност пречника) преко величине истрошења. При томе се установљава разлика од еталона на који се подеси микрометарска звезда и величине пречника, те како на посредан начин добије величина калибра.

Према повећању калибра, одређује се пад почетне брзине пројектила, коришћењем установљене зависности, која може бити приказана табеларно или графички [2].

Уместо микрометарске звезде, често се користи контролник са клизачем (слика 9.1.2.3), који је једноставнији и прикалднији за употребу у основним јединицама, али је и непрецизнији. Због лакоће којом се може мерити и читавати том врстом контролника, могућа су чешћа мерења и на тај начин непрекидно праћење стања (калибра) цеви. Резултати мерења се користе на исти начин, као код микрометарске звезде.



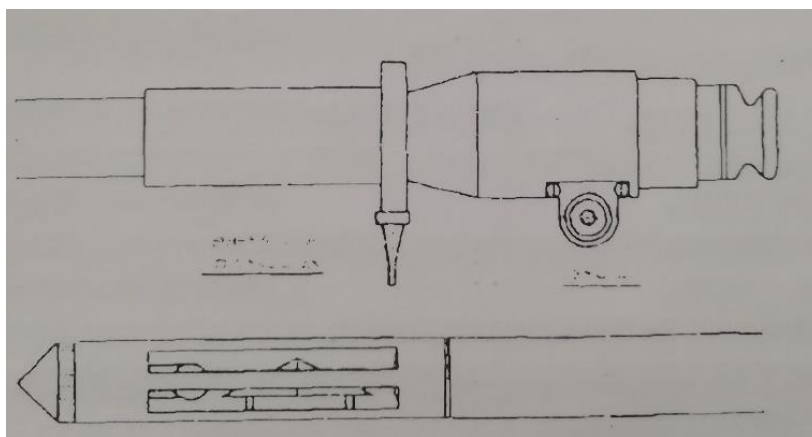
Слика 9.1.2.2. Микрометарска звезда [2]



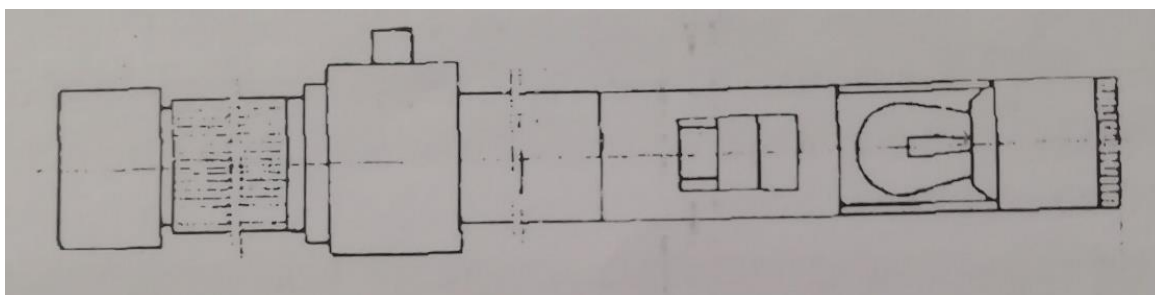
Слика 9.1.2.3. Контролник са клизачем [2]

Бороскоп (слика 9.1.2.4) представља оптички уређај који служи за преглед унутрашњости цеви. Унутрашњост цеви, која се види кроз бороскоп, обично није природне величине. Зависно од калибра цеви која се прегледа и конструкције бороскопа, слика се увећава или смањује. Ендоскоп (слика 9.1.2.5) представља оптички уређај, који омогућава потпунији визуелни преглед унутрашњости цеви, јер омогућава веће знатније зумирање слике, тако да се могу видети и веома ситни рисеви, трагови алата и слично [2].

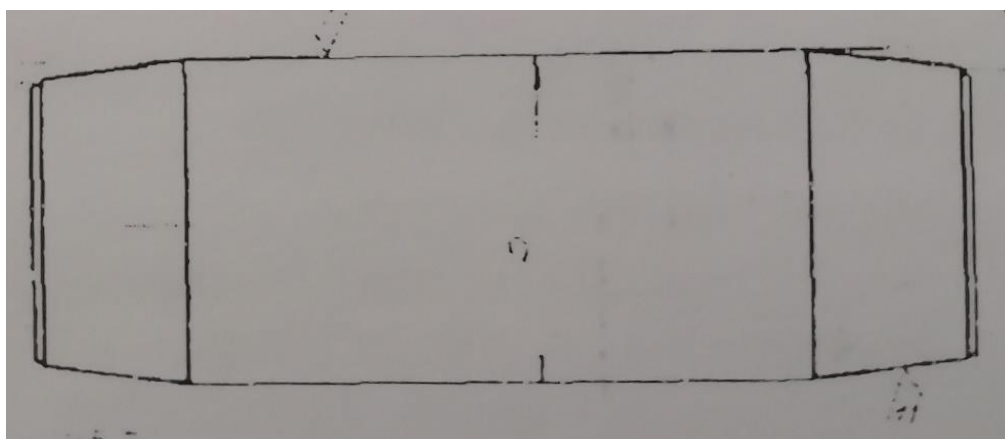
Појава искривљености цеви се проверава контролником (слика 9.1.2.6), чији се пречник и дужина прописују. Да би био лакши, дозвољава се израда од шупљег материјала. Ради лакшег провлачења контролника, дозвољава се употреба дршке од чистилице.



Слика 9.1.2.4. Бороскоп [2]



Слика 9.1.2.5. Ендоскоп [2]



Слика 9.1.2.6. Контролник за контролу закривљености цеви [2]

9.1.3. Основне неисправности

Оштећења и неисправности цеви артиљеријских оруђа током употребе су различита, а најчешћа су:

- истрошеност,
- пробоји,
- прскотине,
- савијеност,
- надувеност,
- оштећења на спољној површини,
- оштећења, пробоји и прскотине на гасној кочници,
- бакарисање цеви,
- огреботине и убоји на квадрантској равни, барутној комори и лежишту затварача,
- климање гасне кочнице итд.

На делу водишта, дужине око 5 калибара од прелазног конуса, надувеност може бити и већа, али не сме прећи у надувеност која се одражава на спољашњу површину. При дозвољеној наудевности на предњем делу цеви (дужине до 5 калибара), цев се може и даље употребљавати само након провере контролним гађањем. Надувеност цеви се евидентира у техничкој књижици оруђа. При надувености већој од дозвољене или при надувености која се одражава на спољашњи део цеви, цев се обавезно замењује. Оштећења, прскотине и пробоји на гасној кочници не допуштају се и у таквим случајевима, она се замењује.

Бакарисање цеви настаје као последица употребе муниције са бакарним водећим прстеном. Бакарисање у виду појединих мањих наслага у угловима жлебова се одстрањује помоћу гребача. При појави бакарисања на већем делу цеви, у виду компактне насlage, мора се извршити дебакарисање, тј. отклањање наслага посебним поступком. Рисеви и убоји на квадрантској равни, барутној комори и лежишту затварача отклањају се само у случајевима када ометају нормалан рад. Положај гасне кочнице у односу на цев је обично означен (цртом). У случају њеног климања, треба је довести у прописани положај уз помоћ подметача [2].

9.2. Утврђивање техничког стања затварача

9.2.1. Параметри стања

Затварач, као део система оруђа, намењен је за:

- поуздано затварање цеви,
- извршење опаљења и
- избацивање празне чауре.

Поред тога, у зависности од конструкције, затварачи су намењени и за:

- извођење поновног запињања ударача (без отварања затварача) у случају да је метак „слагао“,
- осигурање од превременог опаљења (када затварач није затворен) и
- задржавање пројектила у комори за време пуњења при већим угловима елевације итд.

Уопштено, затварач и његови механизми могу бити избачени из радно способног стања у два случаја. У првом случају, узрок губитка радне способности може бити лом делова, заклињавање механизма итд; односно случај када склоп изненада стаје и не може да продужи рад. У другом случају, до губитка радне способности може доћи због изласка параметара стања из допуштених граница.

Полазећи од основне намене затварача – поузданог затварања цеви, опаљења метка и избацивања празне чауре, могуће је дефинисати основне параметре стања затварача. У параметре који одређују радну способност затварача убрајају се:

- чеони зазор (зазор између задњег пресека цеви и чела затварача),
- ексцентрицитет положаја тела затварача и
- величина изласка врха ударне игле.

Општи захтеви за исправност затварача су [2]:

- не допушта се нарушавање налегања ударача избацивача на телу затварача или ослонца избацивача,
- на челу и телу затварача могу остати после чишћења трагови корозије и одвојене „повреде“ до дубине од 0,3 mm, ако по опаљивању и при отварању не остављају трагове на дну чауре,
- не допушта се попуштање вијака чеоне плоче,
- не допушта се незадржавање затварача у отвореном положају,
- при померању зуба избадача који задржавају затварач у отвореном положају, избадачи морају да се енергично врате у своје лежиште, а затварач затвори,
- механизам за опаљење мора да ради код сваког запињања,
- не допушта се самоопаљење при затварању затварача (при непотпуно затвореном затварачу),
- не допушта се шуман рад (јачи удари) затварача при његовом отварању и затварању,
- ексцентричност удара ударне игле не сме прелазити одређену границу (норму) и
- делови затварача који се налазе у резервном алату и прибору (РАП) морају да буду у потпуности узајамно заменљиви, уз могућност прилагођавања приликом замене.

9.2.2. Методика провере и опрема за утврђивање техничког стања затварача

При утврђивању стања затварача, користе се следећа средства:

- контролник за испитивање затварача,
- контролник за контролу изласка врха ударне игле,
- контролна чаура,
- контролници за контролу чеоног зазора затварача,
- мерила за дужине,
- мерни листићи и др.

Провера параметара стања затварача проводи се у склопљеном стању, у склопу техничких прегледа и ремонта. При томе је начин провере клинастих и завојних затварача различит, што је условљено њиховом конструкцијом.

При провери рада механизма клинастих затварача и њихове полуаутоматике, неопходно је неколико пута отворити и затворити затварач и извршити окидање, посматрајући при томе рад механизма. Затим се у оруђе ставља празна чаура и проверава њено избацивање при отварању затварача.

За проверу рада полуаутоматике, пожељно је извести вештачко трзање и проверу рада механизма затварача и полуаутомата при враћању. У процесу отварања затварача проверавају се могућност и лакоћа отварања. Код полуаутоматских затварача проверавају се поузданост задржавања тела затварача у отвореном положају, поузданост задржавања ручице затварача и запињања удараца. Све те провере изводе се у отвореном положају затварача. При затварању затварача проверава се могућност и лакоћа његовог затварања, те изостанак самоокидања или окидања при непотпуно затвореном затварачу.

У току провере рада механизма затварача, утврђује се поузданост рада механизма за избацивање и механизма за затварање при пуњењу. Након провере механизма, потребно је одредити величину спуштености тела затварача, а при извађеном телу затварача, величину изласка врха ударне игле. У процесу провере рада механизма завојних затварача неопходно је неколико пута отворити и затворити затварач, контролишући при томе рад механизма затварача [2].

У процесу отварања проверавају се:

- могућност и лакоћа отварања,
- појава шумова и
- рад задржача механизма за задржавање пуњења (где постоји), механизма за избацивање и инерционог осигурача.

У отвореном положају затварача проверавају се:

- поузданост задржавања затварача у отвореном положају и
- величина изласка врха ударне игле.

У процесу затварања затварача проверавају се:

- могућност и лакоћа затварања,
- запињање и окидање,
- немогућност окидања при непотпуно затвореном затварачу и
- рад инерционог осигурача.

Поред наведеног, неопходно је проверити зазор између обода чауре и тела затварача. Најчешћи узрок неопалења метка је кратак или поломљен врх ударне игле. Да би се извршила провера излажења врха ударне игле изнад чела затварача, потребно је:

- расклопити затварач,
- очистити ударач и лежиште ударача,
- ставити ударач у његово лежиште и прстом га потиснути, тако да врх ударне игле изађе кроз отвор на телу затварача и
- измерити висину изласка врха ударне игле помоћу контролника или дубиномера.

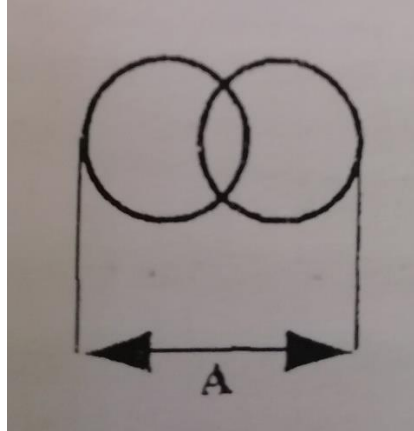
Уколико је излажење врха ударне игле мање од дозвољеног, иглу треба заменити. За различита оруђа, различита је и величина изласка врха ударне игле.

Контрола самоопалења изводи се код полуаутоматских клинастих затварача, код којих се запињање врши при отварању затварача. Изводи се при затвореном затварачу следећим редоследом:

- прегледати затварач и подесити рад тако да се затвара потпуно и енергично,
- отворити затварач и поново га затворити и
- извршити опаливање.

Ако опаливање изостане, значи да је у моменту затварања затварача извршено самоопаливање (што није дозвољено). Контролу је потребно извести најмање пет пута. Спуштеност тела затварача или ексцентричност удара ударне игле, проверава се на следећи начин:

- из чауре се извади каписла и у лежиште каписле налије олово или восак, тако да се поравна са дном чауре,
- чаура се стави у лежиште метка, затвори затварач и изврши опаливање,
- отвори се затварач, окрене чаура за 180° , поново затвори затварач и изврши опаливање и
- поново се отвори затварач, извади чаура и на њој измери растојање А (слика 9.2.2.1) између крајњих тачака отиска ударне игле. Величина овог растојања не сме прелазити дозвољене границе, које су прописане техничким упутством за свако оруђе [2].

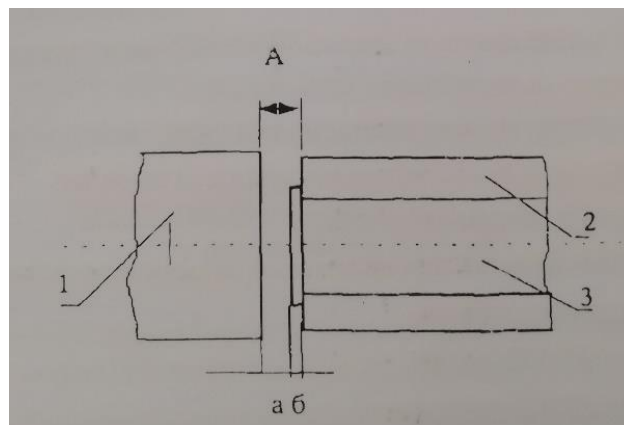


Слика 9.2.2.1. *Контуре отиска ударне игле [2]*

Повећани чеони зазор између задњег пресека цеви и чела затварача изазива надувеност чауре и њено заглављивање у лежишту метка, што резултира неотварањем затварача. Чеони зазор затварача проверава се помоћу исправне чауре. Може се одредити на два начина:

Први начин (само за клинасте затвараче):

- ставити чауру у лежиште метка тако да се предњи део обода чауре ослони о задњи пресек цеви (слика 9.2.2.2),
- затворити затварач лиснатим мерилом (контролником) измерити зазор „а“ између дна чауре и чела затварача. Затим одредити зазор $A=a+b$ између задњег пресека цеви и чела затварача (b представља дебелину обода чауре),
- по ободу чауре са стране која належе на задњи пресек цеви на три места се налепе комади воска, на тај начин, да се равномерно распореде по ободу и
- чаура се затим ставља у лежиште метка и то тако да је приликом затварања затварача само чело затварача потисне до краја.



Слика 9.2.2.2. *Чеони зазор (између чела затварача и дна чауре) [2]*

1 – тело затварача, 2 – цев, 3 – чаура

Други начин се користи и за клинасте и за завојне затвараचे. Измери се дебљина А обода чауре заједно са воском, која представља величину зазора између задњег пресека цеви и чела затварача. Зазор „а“ између дна чауре и чела затварача једнак је разлици дебљине обода чауре са воском А и саме дебљине обода чауре б, тј. $a=A-b$. Максимално дозвољене величине „А“ или „а“ прописане су техничким упутствима за сваку врсту оруђа.

9.2.3. Основне неисправности затварача артиљеријских оруђа

Карактеристичне неисправности клинастих затварача су:

- тело затварача се не задржава у отвореном положају,
- затварач се не затвара при пуњењу,
- затварач се не отвара након опаљења,
- ударац се не повлачи при отварању затварача,
- спонтано окидање удараца,
- окидање удараца при непотпуно затвореном затварачу,
- неокидање удараца,
- неизбацивање чауре,
- лагање при опаљењу,
- ручица за отварање затварача не задржава се кочионим механизмом у положају за гађање,
- затварач се тешко отвара и
- неисправности на ослонцима клина.

Карактеристичне неисправности завојних затварача су:

- лагање при опаљењу,
- неизбацивање чауре,
- окидач након окидања не удара у ударац,
- ударац окида при непотпуно затвореном затварачу,
- ударац се не повлачи и не окида,
- затварач се не осигурава у затвореном положају,
- затварач се не отвара,
- затварач се не затвара,
- затварач се тешко отвара и затвара,
- спуштен носач затварача,
- затварач се не задржава у отвореном положају,
- задржач чауре не долази у радни положај и
- осигурач не задржава затварач у затвореном положају [2].

10. Површинска заштита склопа артиљеријских цеви

Након завршене контроле делова склопа цеви, затим пробног склапања свих елемената у главни склоп, врши се раздвајање и наношење површинске заштите на спољним, а негде и унутрашњим површинама свих делова, који чине склоп цеви. Цев се након одмашћивања и заштите површина које се не фарбају, фарба прво основном бојом, а затим и завршном. Задњак и затварач се са свим својим елементима механизма заштићују комбинацијом фосфатно – брунираног слоја, како би им се обезбедила постојаност услед трења и хабања, као и услед утицаја атмосферских услова. Задњак се додатно фарба основном и завршном бојом, али се боја наноси само на спољним површинама. Боја се не наноси на површинама које образују лежиште затварача, као ни на навоју за спајање са цеви. Затварач поседује само фосфатно – брунирану површинску заштиту, јер уколико би се офарбао, дошло би до скидања боје са његових површина услед трљања о зидове задњака, али би такође и заглављивао при отварању и затварању. Гасна кочница се, као и цев подвргава фарбању.

Пре наношења ових површинских заштита, задњак, затварач и делови њихових механизма се нитрирају до одређене дубине, чиме им се повећава тврдоћа површинског слоја.

10.1. Бојење

Бојење представља вид дуготрајне заштите површина ремонтваних средстава од корозије (укључујући и разлоге естетске природе). Технолошки процес бојења обухвата следеће операције:

- припрему површина за бојење,
- припрему боје,
- основно бојење,
- китовање (по потреби) и
- завршно бојење и сушење.

За бојење средстава, склопова и делова треба примењивати само боје, које су у оригиналној амбалажи, херметички затвореној и са декларацијом о квалитету. Бојење се изводи у светлом, чистом и посебно издвојеном простору, при температури ваздуха од 288°K и вишој и при релативној влажности до 75%. Површине које се боје и боја која се користи морају имати температуру вишу од 288° K. Припрема површине за бојење састоји се у одстрањивању корозије, масних и уљних нечистоћа, влаге итд. са површина које ће се бојити. Површина се може очистити механичким и хемијским начином.

Основно бојење (груднирање) чини поступак наношења танког слоја (15 – 20 μm) основне боје на очишћену и одмашћену површину метала, помоћу четки или распршивача (пиштоља за бојење). Пре наношења основне боје, део или склоп мора бити загрејан на температуру околине. Рок употребе припремљене боје је осам часова. Време сушења зависи од врсте боје и температуре околине [2].

Основно бојење се изводи такође помоћу четки или распршивања. По правилу, боја се наноси у два слоја. Први слој се наноси када је склоп цеви растављен, а други након склапања. При томе, вискозитет боје мора бити прилагођен како би се избегло цурење и капање нанесеног слоја.

Сушење боје је процес промене танког и течног слоја боје у тврду покривку. Тај процес је релативно дугачак (24 – 48 сати), због чега се примењује сушење при повишеној температури (вештачко сушење). Тиме се скраћује време сушења и повећава квалитет покривке. Посебно је важно вештачко сушење основне боје. Температура сушења зависи од врсте и састава боје.

Обојене површине се контролишу 100% - тним прегледом склопа цеви. Боја мора бити равномерно нанесена у слоју довољне дебљине, без подливања, мехурића, грудвца, длака итд. Мерење дебљине нанесене боје врши се мерачем, који се зове елкометар. Нијанса боје мора бити иста на целој обојеној површини. При контроли квалитета боје проверава се степен приањања (адхезије), осушеност боје и еластичност покривке.

Одређивање степена приањања боје изводи се помоћу унакрсног реза. Ако је боју могуће лагано одвојити од површине метала на крају реза, сматра се да је приањање лоше и технолошки поступак бојења је потребно поновити. Осушеност боје, односно могућност наношења следећег слоја боје одређује се притиском палца на површину боје. Ако на обојеној површини не остаје отисак палца, сматра се да је боја практично осушена [2].

10.2. Брунирање

Брунирање је вид површинске заштите од корозије, побољшања услова одржавања и украшавања. Да би се добио квалитетан оксидни слој, у технолошком процесу брунирања садржане су следеће операције:

- припрема површине за брунирање,
- припрема раствора,
- брунирање делова,
- накнадна обрада и
- контрола квалитета оксидног слоја.

Припрема за брунирање обухвата чишћење и одмашћивање делова, чиме се уклањају нечистоћа и продукти корозије, да би се затим делови полирали. Пре почетка одмашћивања потребно је мазиво грубо одстранити помоћу сувих крпа. Делови се одмашћују у кади са раствором, који се састоји од 100 g каустичне соде на 1 литар воде, при неком кључању, у времену 20 – 30 минута. Након одмашћивања, делови се испирају у чистој кључалој води.

Делови се брунирају потапањем у кључали раствор, Почетна температура раствора (при потапању) је од 137 до 135° К, а на завршетку брунирања од 128 до 127° К. Делови се држе у раствору један и по час. За време брунирања делови се сваких 25 – 30 минута ваде из раствора и испирају водом собне температуре (2 – 3 потапања).

Појава слоја зелене или мрке боје на површини делова указује на повишену температуру раствора или повећану концентрацију каустичне соде. Да би се температура снизила, у каду треба додати воду [2].

Накнадна обрада подразумева да се делови након брунирања држе 3 – 5 минута у кључалом раствору од 30 g тврдог сапуна на сваку литру воде. Након вађења из раствора сапуна делове треба оставити да се природно осуше (под десјтвом сопствене топлоте). Након сушења делови се потапају 2 – 3 минута у каду, која садржи вретенско уље, загрејано на температури од 168 до 158° К, а затим се цеде и са њих обрише вишак уља.

Брунирана површина мора имати мат боју. Дозвољава се разлика у нијанси боје на вару, грубој површини и слично. На брунираној површини не сме да се појави црвенкаста покожица или небрунирано место. Делови са црвеном покожицом се враћају на чишћење, а небрунирана места се подвргавају поновном брунирању. Оксидне превлаке добијене брунирањем имају мат површину и дебљине су 1 – 2 μm [2].

У односу на фосфатиране, бруниране површине имају слабија заштитна својства, посебно на хабање. Због тога се брунирање комбинује са фосфатирањем, односно у раствор за брунирање се додаје натријум – фосфат, при чему се добија оксидно – фосфатна превлака, која је два и више пута отпорнија према корозији и према хабању од брунираних превлака.

10.3. Фосфатирање

Под фосфатирањем се подразумевају разне врсте обраде у раствору који садржи фосфате и евентуално слободну фосфорну киселину. У односу на бруниране превлаке, фосфатне превлаке су отпорније на утицај атмосфере и знатно смањују корозију челика, цинка, алуминијума и магнезијума, а исто тако служе као добра подлога за наношење органских премаза.

Фосфатирање се примењује у разним гранама индустрије. Фосфатирају се ситни машински делови и алати, као што су завртњи, матице, клинови, затим готово сви делови који се лакирају у индустрији возила и другим металопрерађивачким индустријама. Осим тога, фосфатирају се разни лежајеви, клипни прстенови итд. ради смањења трења.

Фосфатирање се првенствено примењује за обраду предмета од гвожђа и челика, мање за предмете од обојених метала. Од лаких и обојених метала фосфатирање се највише примењује за обраду предмета од цинка и његових легура. Главни састојци раствора за фосфатирање су фосфорна киселина и фосфат неког метала. Употребљавају се фосфати гвожђа, никла, цинка и мангана. Раствори који садрже цинк дају превлаке са најситнијим зрном. Релативни однос фосфата и фосфорне киселине је битан за ефикасност и економичност процеса [4].

Дебљина фосфатне превлаке може се по жељи варирати. Фино кристалиничне превлаке имају дебљину од 1 – 5 μm , а крупно кристалиничне до 20 μm . За специјалне сврхе могу се добити и дебље превлаке. Дебљина превлаке регулише се избором типа купатила, разним додацима и временом фосфатирања. Механичке особине фосфатне превлаке су врло слабе. Због кристалне структуре, превлаке су крте, меке и неотпорне према хабању. Након науљивања, фосфатна превлака олакшава обраду метала извлачењем, пресовањем итд. Термичка постојаност фосфатних превлака је мања него оксидних, али оне ипак могу да издрже температуре и до 500° С.

Фосфатирање може бити хемијско и електрохемијско. Електрохемијски поступци фосфатирања нису нашли већу примену, јер не представљају никакво побољшање у погледу квалитета превлаке, скупљи су од хемијских поступака и захтевају већа инвестициона улагања [4].

Хемијско фосфатирање се врши у кадама од челичног лима, које су са унутрашње стране обложене пластиком или тврдом гумом. Посуде имају косо дно, чиме је постигнуто сакупљање муља. Фосфатирање може бити хладно или топло, а може се изводити потапањем предмета у раствор или прскањем раствора.

Хладно фосфатирање се изводи на собној температури и у технолошком погледу има много предности над топлим поступцима: опада потрошња енергије за загревање и одржавање радне температуре, атмосфера у погону је пријатнија, јер нема испаравања, а век трајања опреме и прибора је знатно дужи.

Топло фосфатирање се врши са температуром раствора од 60 до 90° С у времену од 10 до 15 минута. Недостатак топлог фосфатирања је велика потрошња топлотне енергије и компликовано одржавање раствора, јер стално треба надокнађивати испарену воду, док се топла вода не сме доливати за време фосфатирања, јер се при томе узбуркава муљ са дна каде. На тај начин, муљ доспева у превлаку, што утиче на њен квалитет [4].

10.4. Јонско нитрирање

Овај поступак нитрирања има најширу примену и даје најбоља својства површинског слоја. Поступак се остварује у комори са разређеним гасом, који садржи азот (NH₃, N₂) када је део, који се нитрира, прикључен на негативну електроду – катоду, а анода је зид коморе уређаја за јонско нитрирање. Између катоде и аноде успоставља се тињајуће пражњење. Позитивни јони гаса бомбардују површину катоде и загревају је до потребних температура. Процес јонског нитрирања обавља се у три фазе:

- у првој фази у трајању 50 – 60 минута, при ниском притиску 0,1 – 0,5 mbar и напону од 1100 – 1400 V у атмосфери водоника обавља се процес чишћења површине дела од оксидног слоја распршивањем;
- у другој фази главни део поступка почиње повећавањем притиска у комори на 1 – 13 mbar и загревањем дела до потребне температуре нитрирања 470 – 580° С у одговарајућој смеси гасова. У току ове фазе, у површински слој дифундују атоми азота. Дифузиони слој представља чврсти раствор азота у α – Fe и нитрида, које азот гради са присутним елементима (Al, Cr, Mo, V);
- у трећој фази поступка јонског нитрирања врши се хлађење делова које се обавља у вакууму. Целокупан процес јонског нитрирања траје 1 – 24 часа. После јонског нитрирања површине делова су чисте и није потребна никаква накнадна обрада.

Јонским нитрирањем могу се обрађивати челици и ливена гвожђа. Нелегирани челици и ливена гвожђа имају релативно малу тврдоћу дифузионог слоја 350 – 550 HV_{0,3}, док високо легирани челици за нитрирање, алатни и нерђајући челици постижу тврдоћу од 1000 HV_{0,3} [15].

11. Закључак

У овом раду извршена је анализа технологија производње делова, који чине склоп артиљеријских цеви. Описан је преглед развоја артиљеријских средстава, извршена класификација истих и представљене њихове главне карактеристике. Такође, приказани су главни делови и склопови артиљеријских средстава. Поред анализе технологија производње, детаљно су анализирани и главни делови склопа цеви и приказане силе које делују на њих приликом процеса опаљења. Анализа сила које делују на делове при опаљењу, пружа могућност за модификацију документације по којој се праве, чиме се повећава квалитет њихове израде, а самим тим и животни век. Детаљно је приказана технологија производње главних компоненти склопа цеви (цев, задњак, затварач, гасна кочница и делови механизма).

Такође, објашњен је поступак монтаже, где су документацијом дефинисани зазори, који се морају обавезно испоштовати, како би се одржала функција склопа и спречиле неправилности током гађања. Неправилност се односи на недовољно заптивање дна цеви затварачем, што ствара немогућност постизања потребног максималног притиска, како би се обезбедила одређена почетна брзина пројектила и што већи домет. Неправилност такође може представљати и климање гасне кочнице, до чега долази услед непрописно одрађеног артиљеријског навоја, који спаја цев и гасну кочницу.

Правилно прописаном технологијом производње, постиже се висок квалитет израђених делова, чиме се обезбеђује потребна функционалност. Уколико прописи нису испоштовани, последице могу бити фаталне, како по питању уништења скупих елемената склопа, тако и по безбедност послужилаца средства.

После процеса монтаже, приказани су поступци контроле цеви и затварача, као и врсте површинске заштите. За сваки део склопа прописана је одговарајућа хемијско – термичка обрада, како би се повећала њихова издржљивост услед дејства високих притисака и унутрашњих напрезања и спречила појава корозије. Спољне површине делова су обојене основном и завршном бојом, чиме се такође повећава отпраност на корозију, али и естетски изглед.

Унапређењем свих процеса производње склопа артиљеријских цеви, почев од пројектовања, па до површинске заштите и склапања, постиже се још квалитетнија израда његових главних елемената, скраћење времена трајања производње чиме се повећава продуктивност производног погона, смањење масе делова уз повећање издржљивости, повећање безбедности послужилаца итд.

12. Литература

- [1] Књига „Технологија производње наоружања“, мр Винко Павелић, дипл. инж. Загреб, 1988.
- [2] Књига „Технологија одржавања наоружања“, пк мр Звонко Маричић, Београд, 2001.
- [3] Књига „Наука о материјалима“, Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Душан Арсић, Крагујевац, 2017.
- [4] Књига „Корозија и технологија заштите материјала“, Владимир Вујичић, Београд, 2002.
- [5] Скрипта „Обрада метала резањем“, Производне технологије, Богдан Недић, Миодраг Лазић, Крагујевац, 2007.
- [6] Скрипте из предмета „Конструкција артиљеријских оруђа“, пк др Александар Кари, дипл. инж.
- [7] Књига „Основи наоружања – Артиљеријска оруђа“, Ристић – Јаковљевић, Београд, 2001.
- [8] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/Ballista>, 12.02.2019.
- [9] <https://www.yugoimport.com/>, 06.07.2020.
- [10] <https://default/public/images/Univerzalni%20teski%20strugovi.jpg>, 24.08.2020.
- [11] <https://www.kupujemprodajem.com/alati-i-orudja/glodala-za-metal.jpg>, 02.09.2020.
- [12] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%.cnc-glodalica>, 02.09.2020.
- [13] <https://www.wobyhaus.co.rs/burgije-za-metal>, 03.09.2020.
- [14] <http://www.apokalipsa.rs/index.php?lang=sr&page=category&sec=4&cat=30>, 03. 09.2020.
- [15] Скрипта „Хемијско – термичка обрада“, 08.09.2020.