

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Пројектили и упаљачи

Предмет: Технологија производње убојних средстава

Број индекса: 527/2011

Стефан Ж. Стефановић

Процес производње кошуљица
тренутно-фугасних артиљеријских
пројектила великог калибра

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Југослав Радуловић, дипл. инж. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да представи процес производње кошуљица за изабрани модел артиљеријских пројектила великог калибра. Кандидат треба прво увести у област муниције, затим да представи моделе пројектила односно кошуљица, да наведе материјале за производњу, затим процес производње и испитивања кошуљица. Наравно кандидат мора да одабере модел кошуљица, кроз које ће морати да прође кроз процес производње.

Препоручена литература:

- [1] Милован Ристић, Муниција, први део књиге, Опис и руковање, 1974.
- [2] Милован ристић, Муниција, други део књиге, Опис и руковање, 1974.
- [3] Владимир Ж. Јовановић, Технологија производње муниције, Загреб, 1977

Крагујевац, датум

Ментор:

проф. др Југослав Радуловић, дипл. инж.

Садржај

1. Увод	2
2. Општи појмови и подела муниције.....	4
3. Подела артиљеријске муниције по врстама зрна (кошуљице)	8
3.1. Зрна основне намене	8
3.1.1. Тренутне гранате.....	8
3.1.2. Фугасна граната	9
3.1.3. Тренутно-фугасна граната	10
3.1.4. Темпирна граната.....	11
3.1.5. Панцирно зрно.....	12
3.1.6. Поткалибарно зрно	13
3.1.7. Кумулативно зрно	13
3.1.8. Пробојно зрно.....	14
4. Одређивање спољне трасе тренутно-фугасних пројектила.....	15
4.1. Облик врха предњег оживала пројектила	15
4.1.1. Конусни врх.....	17
4.1.2. Тангентни оживал	18
4.2. Цилиндрични део пројектила.....	18
4.3. Задњи део пројектила.....	20
4.3.1. Подзвучне брзине пројектила	20
4.3.2. Надзвучне брзине пројектила	20
5. Одређивање унутрашње трасе кошуљице тренутно-фугасних пројектила	22
5.1. Унутрашња траса предњег дела пројектила	22
5.2. Унутрашња траса цилиндричног дела пројектила	23
5.3. Дебљина дна зида кошуљице	24
6. Толеранције у конструкцији пројектила	25
7. Материјали за производњу кошуљица	29
7.1. Металуршки квалитет челика	31
7.2. Шаржа челика	31
8. Технологија израде пројектила	32
8.1. Ковање на хидрауличним ковачким пресама	33

8.2.	Процеси производње.....	35
8.2.1.	Скраћивање гредице	35
8.2.2.	Загревање трупца	35
8.2.3.	Предубадање, убадање и извлачење кошуљице	36
8.2.4.	Алат за предубадање, убадање и извлачење	37
8.2.5.	Груба обрада кошуљице скидањем струготине	41
8.2.6.	Сужавање кошуљице	43
8.2.7.	Термичка обрада кошуљице	45
8.2.8.	Фина обрада кошуљице.....	46
8.2.9.	Водећи прстен.....	47
8.2.10.	Заштита кошуљице од корозије.....	49
8.2.11.	Контрола квалитета кошуљице	50
9.	Експериментално одређивање парчадног дејства тренутно-фугасних граната	52
9.1.	Одређивање броја парчади.....	52
9.2.	Утврђивање вероватноће погађања	54
9.3.	Оцена рушећег дејства тренутно-фугасних граната	55
10.	Закључак	56
11.	Литература.....	57

Summary

Given the very large number of types , models and calibers of ammunition and the great differences between them, not only in construction but also in terms of the applicable technologies for their production, in this paper will be described one model of projectile and production technology.

The paper is assembled so that it first introduces to the area of ammunition, then the different types of artillery grains (liners) , the construction of the selected model projectile or liner, the choice of material and the process of production technology.

The production technology of projectiles is based on the selection of the production process currently-concussion shells, where the process is going through all the parts, from the choice of materials for the production of projectiles to the final laboration, or charging of projectiles with explosive charge, completion and packagings of ammunition.

As for the construction, in the paper will be described the determination of internal and external rout of projectiles, the strains on the walls of the projectiles, as well as the tolerances that are used in the design of projectiles.

Резиме

С обзиром на веома велики број врста, модела и калибра муниције и на велике разлике међу њима не само у погледу конструкције него и у погледу применљивих технологија за њихову производњу, у раду ће бити описан један модел пројектила и технологија производње.

Рад је сачињен тако да прво уводи у област муниције, затим приказ различитих врста артиљеријских зрна (кошуљица), конструкцију одабраног модела пројектила односно кошуљице, избор материјала и сам процес технологије производње.

Технологија производње пројектила се заснива на избору процеса производње тренутно-фугасна граната, где пролази кроз све делове процес од избора материјала за израду пројектила до коначне лабораторије односно пуњење пројектила експлозивним пуњењем, комплетирања и паковања муниције.

Што се тиче конструкције у раду ће бити описано одређивање унутрашње и спољашње трасе пројектила, напрезања на зидовима пројектила као и толеранције које се користе при пројектовању пројектила.

1. Увод

Производња представља усмерену активност која има за циљ добијање производа корисних за друштво чија структура варира у широким границама како по врсти тако и по квалитету и количини. [1]

У производњи скоро свих врста пројектила постоје ове фазе:

- израда кошуљице,
- лабораторија (пуњење) кошуљице и
- монтажа (комплетирање) граната.

Кошуљица се најчешће израђује од тзв гранатног челика, са повећаним садржајем угљеника (0,40%-0,70%). После загревања (1100°C - 1200°C) материјал се обликује, а затим механички, по потреби и термички обрађује (ковањем, пресовањем, ваљањем...). На крају се обрађују уста и дно гранате, навлачи водећи прстен, боји, лакује и др.

Лаборација (пуњење) кошуљице и монтажа (комплетирање) гранате врши се у пиротехници (лаборачници). Кошуљице се пуне експлозивом наливањем или шнековањем, ређе пресовањем. После пуњења, које обухвата више радњи, граната се комплетира - поставља упаљач, и други елементи као нпр. трасер, гасогенератор.

Кошуљица је најчешће од једног, ретко од два или више делова који се спајају навојима или на неки други начин. На њој се разликује предњи оживал (заобљени део), цилиндрични део (са центрирајућим ојачањима и једним или више водећих прстенова), задњи оживал и дно. Код савремених пројектила предњи оживал има тангентну или секантну спољну трасу, врло ретко конусну. За пројектиле почетне брзине веће од брзине звука ($V_0 > 340 \text{ m/s}$) најповољнија је секантна траса. Пречник заобљености предњег оживала креће се од 3-11 калибара. Цилиндрични део граната износи 1-3 калибра, зависно од почетне брзине (већа брзина - краћи цилиндрични део). [1]

Улога кошуљице. Кошуљица пројектила служи за смештај експлозивног или неког другог пуњења и упаљача, за заштиту пуњења од спољашњих атмосферских утицаја и механичких повреда, као и да пренесе одређени ефекат на циљ, на пример працадно дејство. Кошуљица мора да издржи напрезања приликом кретања пројектила кроз цев оруђа и приликом удара у циљ.

Облик пројектила. На слици 1.1. приказана је тренутно-фугасна граната.



Слика 1.1. Тренутно-фугасна граната [1]

На кошуљци пројектила са спољне стране разликујемо:

- Оживални део,
- Цилиндрични део,
- Водећи прстен
- Део иза водећег прстена.

Услови које кошуљца мора да испуни. Основни услови које пројектил мора да задовољи јесу: да је сигуран у цеви оруђа, да има одређене балистичке особине и да буде ефикасан на циљу. У остваривању тих услова конструкција и квалитет кошуљце имају код разорних пројектила пресудан значај.

Материјал за израду кошуљце, као и облик и димензије кошуљце одређују се тако да кошуљца сигурно може да издржи притисак барутних гасова и сва напрезања којим је изложена у моменту опаљења и за време пролаза кроз прелазни конус олучени део цеви.

Недовољна отпорност кошуљце, било због лошег материјала или неодржавања прописаних мера може изазвати прскање кошуљце, паљење или превремено дејство експлозива.

Неквалитетна израда кошуљце, одвајање водећег прстена, или пропуштање барутних гасова на дно кошуљце, такође могу бити превремени узроци експлозије у цеви оруђа или на путањи. [1]

2. Општи појмови и подела муниције

Сва тела напуњена експлозивном или неком другом материјом, која су способна да на циљу изазову одређен ефекат, називамо заједничким именом – муниција.

Данас је у употреби знатан број врста муниције, које су међусобно разликују по намени, облику, конструктивним параметрима, начину лансирања, дејству на циљу. [1]

По најопштијој подели, сву муницију можемо поделити на следеће основне групе, и то:

- Пешадијска муниција;
- Артиљеријска муниција;
- Мине за минобацаче;
- Муниција за бестрзајна оруђа;
- Мине за ручне бацаче;
- Троблонске мине;
- Артифиције;
- Ручне бомбе и
- Ракете.

Пешадијска муниција је првенствено намењена за гађање живих циљева. Ако је комплетирана специјалним врстама зрна (панцирно, обележавајуће и др.), може се употребити и за изазивање посебних ефеката. Пешадијска муниција се испаљује из оружја за неосредно гађање, која дају велику почетну брзину и положену путању. [1]

Према врсти оружја за које је намењена, пешадијска муниција дели се на:

- Пиштољску,
- Пушчану и
- Митраљеску.

Пиштољска муниција намењена је за гађање из пиштоља и аутомата, а обухвата калибре 7,62 – 11,43 *mm*. Пушчана муниција обухвата калибре 7,62 – 8 *mm* и употребљава се из пушака, пушкомитраљеза и митраљеза. Митраљеска муниција је намењена за гађање из митраљеза калибра до 14,5 *mm*.

Пешадијска муниција, у односу на врсту зрна, којом је комплетирана, дели се на две основне групе, и то:

- Муницију са зрном за уништавање живих циљева.
- Муницију са зрном за уништавање техничких средстава. (панцирно, панцирно-запаљиво, панцирно-запаљиво обележавајуће).

Поред ових група, постоји и муниција са зрнима чиј се лет може пратити на путањи (обележавајућа).

Пешадијски метак се састоји из ових основних елемената: зрна, чауре, барутног пуњења и иницијалне каписле. У помоћне елементе пешадијске муниције спадају оквири, реденици, мунициске кутије и др.

Артиљеријска муниција је намењена за уништавање живе силе и техничких средстава, као и задимљивање и осветљивање одређеног земљишног простора. За извршавање овако разноврсних задатака, артиљеријска муниција се комплетира одговарајућим врстама граната-зрна. [1]

За уништавање живих циљева, где пре свега треба да дође до изражаја парчадно дејство, употребљавају се муниција са тренутном гранатом. За гађање где је неопходно извршити извесно рушење (ударним таласом) на пример лаких пољских заклона користе се муниција са фугасном гранатом. Ако је карактер циља да је потребно комбиновати једно и друго дејство (парчадно и рушеће), употребљавају се муниција са тренутно-фугасно или темпираном гранатом.

Уништавање циљева који се налазе иза оклопа врши се муницијом са панцирним, подкалибарним и кумулативним зрном. Панцирна и подкалибарна зрна дејствују на циљ искључиво својом кинетичком енергијом, док кумулативна зрна врше пробијање препреке кумулативним млазом. Постоје и панцирна зрна која разарање циља врше ударним таласом. Код нас се ова зрна називају: противоклопна-обележавајућа. Дејство ових зрна заснива се на принципу Хопкинсоновог ефекта.

Стварање неутралних маскирних завеса ради прикривања властитих трупа и објеката и заслепљивање противника, омогућено је употребом димних зрна. Димна зрна могу бити лаборисана белим фосфором.

Осветљавање бојишта при ноћним дејствима врши се помоћу осветљавајућих зрна. Главни експлатациони параметри осветљавајућих зрна су интезитет емитоване светлости и време трајања емисије. Савремена осветљавајућа зрна средњег калибра дају светлост јачине око 50.000 кандела, а време горења бакље је око једне минуте. Светлосну енергију код ових зрна даје бакља која је начињена од посебних пиротехничких смеша. Спуштање бакље ка земљи врши се падобраном. Активирање зрна обезбеђује се преко темпирног упаљача, те су и ова осветљавајућа зрна темпирног типа.

У односу на околности како је комплетирање појединим елементима, артиљериска муниција може бити са сједињеним, полу-сједињеним и дводелним метком. Дводелни метци су са или без чауре.

Према калибру, артиљериска муниција се дели на муницију малог (20-57 *mm*), средњег (75-127 *mm*) и великог калибра (преко 150 *mm*).

Мине за минобацаче су намењене за уништавање циљева на задњим нагибима земљишта, с обзиром да минобацач то омогућава својом убацном путањом. По свом облику, мина је капљастог облика. Испаљује се из оруђа (минобацача) са глатком цеви, те је снабдевена стабилизатором. Вођење мине у цеви остварује се преко центрирајућих прстенова на крилцима стабилизатора. Избацивање мине у простор, врши се помоћу барутног пуњења. [1]

Муниција за бестрзајна оруђа је намењена за уништавање живих циљева и оклопних техничких средстава, те према томе у борбеном комплексу ових оруђа постоје и одговарајуће врсте метака. [1]

У односу на другу артиљериску муницију, муниција за бестрзајне топове се донкле разликују. Наиме, код већине ових метака чаура је перфорирана по плашту, а водећи прстен заобљен. Оваква конструктивна одлика условљена је функцијом метка, јер при опаљењу, барутни гасови слободно отичу кроз затварач натраг, те не долази до трзања цеви топа.

Мине за ручне бацаче. За ручне бацаче постоји само једна врста бојевних мина и то кумулативна. Ово је схватљиво с обзиром на тактичку намену ручног бацача као оруђа за масовну непосредну борбу са непријатељским оклопним средствима. Гађање тенкова врши се на даљини до 200 *m* пробојност мине је скоро 300 *mm*, што значи да не постоји савремени тенк чиј оклоп мина не може да пробије. [1]

Кумулативна мина за ручни бацач нема властити погон већ кинетичку енергију добија у цеви бацача услед притиска створеног сагоревања погонског пуњења мине.

Мина не ротира на путањи, већ се стабилизација врши помоћу крилаца која су уграђена на репу стабилизатора.

Тромблонске мине. Увођењем тромблонских мина у наоружању пешадиских јединица, знатно је увећано њихово ватрено дејство. Тако на пример, помоћу тренутне мине, гађање живе силе непријатеља може се вршити на даљинама до 400 *m*, а уништавање оклопљених средстава (кумулативном мином) на даљини до 150 *m*. [1]

Поред ове две врсте мина постоје димна и осветљавајућа мина, тако да је асортиман готово као код артиљеријске муниције. [1]

Као што је познато, испаљивање мина врши се помоћу нарочитог уређаја названог тромблон, а који се намешта на цев пушке. Лансирање мина је са бојевом чауром пешадијског метка.

У ову групу спадају и подцевни пацачи граната. Намењена је против живе силе како на отвореном простору тако и у заклону. Пројектил се избацује из подцевног бацача гранта који је смештен испод цеви аутоматске пушке. Овим метком могуће је гађати директно са рамена на даљинам до 400 m, и посредно на даљинама од 200 до 350 m.

Артифиције. За вештачко изазивање појединих ефеката (светлосни, запаљиви, димни, звучни и др.), користе се артифиције. У нашем случају од интереса су осветљавајућа средства (сигнална муниција) и средства за производњу пуцња (топовски удар). Прва су намењена за осветљавање терена и сигнализацију, а друга за имитацију топовског пуцња и детонацију гранате при извођењу тактичких вежби. Сигналне звезде, као основни носиоци светлосне енергије, производе се од пиротехничких смеша по посебној рецептури. [1]

Ручне бомбе. Ручне бомбе немају властити погон, те се на циљ бацају искључиво руком. Намењене су за борбу са живом силом непријатеља у блиској борби (нападне и одбрамбене) и уништавање оклопљених средстава (против тенковске). Ручне одбрамбене бомбе имају упаљач, кошуљицу и експлозивно пуњење. Упаљач је са успорачем, који обезбеђује дејство бомбе након 4-5 секунди од тренутног бацања. Ручне против тенковске бомбе имају још и стабилизатор и конусно удубљење у експлозивном пуњењу, које при дејству обезбеђује формирање кумулативног млаза који врши пробијање препреке. [1]

Ракете. Иако се ракетни пројектили сматрају савременим и модерним средствима наоружања, насталу су пре класичних пројектила. Напрезање пројектила на активном делу путање (за време рада ракетног мотора) су неупоредиво мање од напрезања класичних пројектила или пројектила активног типа, што је последица разлике у интензитету убрзања. При овоме се, разуме се, има у виду само бојева глава ракетног пројектила, јер пројектовање ракетног мотора излази из оквира овог разматрања. Због тога се код пројектовања бојевих глава ракетних пројектила полази од тактичке намене пројектила, односно од ефекта који се жели постићи на циљу, најпре се утврђује унутрашња траса кошуљице бојеве главе, а затим се проверава издржљивост кошуљице. [1]

3. Подела артиљеријске муниције по врстама зрна (кошуљице)

Зрно је главни елемент артиљеријског метка. Помоћу зрна се дејствује на циљ. Зрно служи за [2]:

- Уништавање живе силе и техничких средстава, као и за рушење слабијих фортификацијских објеката (тренутна, фугасна, тренутно-фугасна и темпирне гранате);
- Уништавање техничких средстава са јаким челичним оклопом (панцирно, поткалибрно и кумулативно зрно);
- Пробијање армираног бетона (пробојно зрно);
- Задимљавање (димно зрно);
- Осветљавајуће (осветљавајуће зрно).

По најопштијој подели, зрна артиљеријске муниције се могу сврстати у:

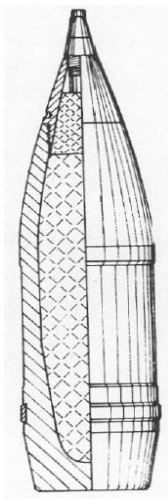
- Зрна основне намене;
- Зрна специјалне намене;
- Зрна помоћне намене.

3.1. Зрна основне намене

Зрна основне намене служе за уништавање живе силе и техничких средстава непријатеља. Овде спадају: тренутна, фугасна, тренутно-фугасна и темпирна граната; панцирно, поткалибарно, кумулативно и пробојно зрно.

3.1.1. Тренутне гранате

Тренутне гранате (слика 3.1.1.) се користе за уништавање незаклоњене живе силе, живе силе у откривеним заклонима и техничким средствима без оклопне заштите. Тренутне гранате срећемо код артиљеријских система до калибра 57 *mm*. Граната се састоји од: упаљача, кошуљице, експлозивног пуњења и трасера. Упаљач је горњи, ударни, тренутни и (евентуално) успореног дејства. Кошуљица тренутне гранате је релативно дебелих зидова, па је с тим у вези и количина експлозива у нјој мала. Кофицијент експлозивног пуњења креће се од 7-14%. [2]



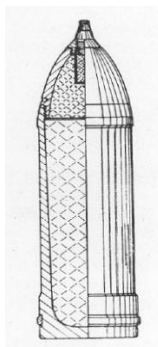
Слика 3.1.1. Трентна граната [2]

Примарно дејство трентне гранате изражава се са бројем парчади добијених распрскавањем кошуљице, као и њиховим ефикасним дејством, док је њено секундарно дејство изражено у ударном таласу у непосредној близини њене детонације.

3.1.2. Фугасна граната

Фугасна граната (слика 3.1.2.) је намењена првенствено за рушење дрвено-земљаних објеката. У комбинацији са пробојним зрнима, може се користити и за скидање заштитног и маскирног слоја земље са армирано-бетонских утврђења.

Веома важна особина фугасних граната је да се може употребити за уништавање циљева под земљом и водом. Рушеће дејство под земљом огледа се у тзв. фугасном ефекту – растресању и избацивању земље и стварању кратера. Под водом фугасне гранате дејствују ударним таласима и стварају гасни мехур чије осцилације покрећу велике водене масе. [2]



Слика 3.1.2 Фугасна граната [2]

Фугасне гранате се састоје од: упаљача, кошуљице и експлозивног пуњења.

Упаљач је ударни и најчешће инерцијалног и успореног дејства. Примена упаљача са успореним и инерционим дејством има за циљ да се гранати омогући неопходан продор у препреку до момента експлозије, како би се обезбедило што веће рушеће дејство. Већина фугасних граната има горњи упаљач.

Кошуљица фугасних граната је од челика или челичног лива. Најчешће се израђује од једног дела, а може бити са посебном главицом или дном. У односу на остале гранате, фугасне гранате имају најтању кошуљицу. Наиме, дебљина њене кошуљице је димензионисана само у односу на напрезања којима је граната изложена при гађању и у току нормалне манипулације.

Експлозивно пуњење је од тротила или амонијум-нитратних експлозива. Тежина експлозивних пуњења у односу на укупну тежину гранате креће се од 10-25%.

Фугасне гранате конструисане су тако да се највећи део хемијске енергије експлозива трансформише се у ударни талас рушећег дејства, а само делимично кинетичка енергија удара у препреку и дејством парчади распршене кошуљице.

3.1.3. Тренутно-фугасна граната

Тежњу за постизањем што веће универзалности муниције како би се ова могла употребити против различитих циљева, потпомажу још два врло значајна фактора и то:

- Смањење производне цене, и
- Поједностављене службе снабдевања јако покретних јединица у ратним условима.

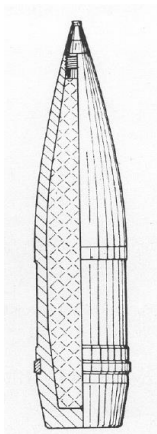
Гранате код којих је обједињено тренутно и фугасно дејство, су типичан пример какве могу бити предности овакве унификације. Иако је код тренутно-фугасне гранате, тренутно дејство смањено у односу на чисто тренутне гранате истог калибра, а фугасно у односу на фугасне гранате, уштеде остварене унификацијом су такве, да је на циљу за исту цену могуће избацити више граната са повећаним укупним ефектом. Због тога, тренутно-фугасне гранате представљају главнину муниције већине артиљериских система.

Тренутно-фугасна граната (Слика 3.1.3.) састоји се од: упаљача, кошуљице и експлозивног пуњења. Упаљач тренутно-фугасне гранате је горњи, ударни, са два до три подешавања-тренутно, инерционо или успорено. Упаљач се подешава на тренутно дејство када се жели постићи првенствено тренутни ефекат. При подешавању упаљача на успорено дејство граната може (у зависности од падног угла и врсте препреке) дејствовати парчадно (на рикошет) или фугасно – ако продире у препреку. Карактеристике инерционог дејства упаљача су на средини између тренутног и фугасног.

Кошуљица тренутно-фугасне гранате димензионисана је тако да даје довољно убитачних парчади, а да истовремено у њој остане одговарајући простор за смештај експлозивног пуњења.

Експлозивно пуњење за тренутно-фугасну гранату је најчешће од тротила. Кофицијент пуњења износи од 10-12%. [2]

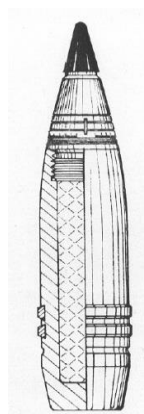
Ова врста гранате ће се обрадити у даљем раду и сам њен процес производње.



Слика 3.1.3. Тренутно-фугасна граната [2]

3.1.4. Темпирна граната

Темпирна граната (Слика 3.1.4.) је намењена за гађање циљева у ваздуху, као и за уништавање живе силе и лаких техничких средстава на земљи. По својој конструкцији и дејству, темпирана граната је истовремена са тренутно-фугасном гранатом, само што је за противавионска оруђа снабдевена првенствено темпираним, а за оруђа земаљске артиљерије – дупло-дејствујућим упаљачем. [2]



Слика 3.1.4. Темпирна граната [2]

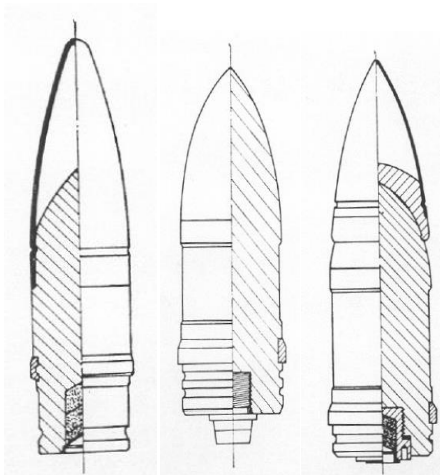
3.1.5. Панцирно зрно

Панцирно зрно (Слика 3.1.5.) је намењено за уништавање оклопних циљева, тенкова, оклопних возила, челично-бетонских утврђења, ратних и трговачких бродова, авиона чији су витални делови заштићени оклопом.

Панцирно зрно се среће код топова од калибра 20 *mm* па до оних најтежих, свуда где је зрну могуће дати такву почетну брзину да путања буде положена, а ударна брзина толика да је кинетичка енергија зрна довољна да савлада отпор тврде препреке – панцира. Панцирно зрно делује на циљ на тај начин што се кинетичка енергија кретања зрна претвара у механички рад разарања циља.

Панцирно зрно се састоји од: кошуљице, експлозивног пуњења, упаљача, и трасера. Извесна панцирна зрна имају још панцирну и балистичку капу. Нека панцирна зрна немају експлозивно пуњење и упаљач.

Кошуљица панцирног зрна је масивна тело од висококвалитетног челика, које је носилац кинетичке енергије и пројектовано тако да издржи велика напрезања при продирању кроз препреку. Вођење се остварује на класичан начин, помоћу предњег центрајућег и задњег водећег прстена. Врх кошуљице може бити оштар или туп. Задњи део је цилиндричан. Са задње стране неких кошуљица, постоји отвор мале запремине за смештај експлозива, упаљача или трасера. Уколико је кошуљица без експлозива, са задње стране постоји само отвор за увијање трасера или за утискивање трасерне смеше. Дно кошуљице може бити посебно израђен и истовремено представља тело упаљача. [2]



Слика 3.1.5. Панцирна зрна артиљеријске муниције [2]

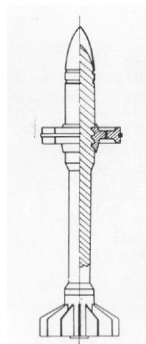
3.1.6. Поткалибарно зрно

Поткалибарно зрно (Слика 3.1.6.) је намењено за гађање циљева са дебелим и вертикалним оклопом. Против јако нагнутих циљева, поткалибарно зрно није ефикасно због врло изражених рикошетних својства.

У односу на панцирно зрно истог калибра, поткалибарно зрно има предност уколико што има мању тежину а самим тим и већу почетну брзину, што омогућава постизање веће положености путање и тиме боље услове директног погађања.

Поткалибарно зрно се састоји од кошуљице, у коју је смештено језгро, балистичке капе и дна са трасером. Језгро је с предње стране затворено држачем.

Кошуљица код поткалибарног зрна служи као носач језгра до његовог судара с препреком. Може бити израђена од меког челика и алуминијумске легуре. Балистичка капа је такође израђена од меког материјала и навијена на предњи део кошуљице. Она у многоме доприноси побољшању аеродинамичке линије зрна. Са задње стране зрно је затворено дном у које је навијен трасер. Језгро има цилиндрични облик са оживалним делом на предњем крају. Израђено је поступком синтеровања од волфрамовог или тунгстеновог карбида, са малим процентом никла, кобалта и гвожђа. [2]



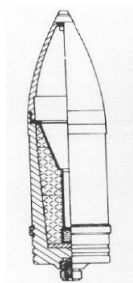
Слика 3.1.6. Поткалибарно зрно новије конструкције за топ са глатком цеви [2]

3.1.7. Кумулативно зрно

Кумулативно зрно (Слика 3.1.7.) је намењено за уништавање тенкова и других циљева са дебелим оклопом. За разлику од класичног панцирног зрна, које пробијање препреке врши кинетичком енергијом зрна при удару у оклоп, код кумулативног зрна пробојање препреке врши кумулативни млаз. Захваљујући томе што се дејство кумулативног зрна заснива искључиво на хемијској енергији експлозивног пуњења, кумулативна зрна представљају инзваредно против оклопно средство чије дејство не зависи од брзине лета зрна. [2]

Кумулативно зрно се састоји од: упаљача, кошуљице са балистичком капом, експлозивног пуњења с левком, детонатора и трасера.

Кошуљица има задатак да експлозивно пуњење сачува под превременог дејства у фази кретања зрна у цеви оруђа, односно на активном делу путање. Стога су њени зидови релативно танки. На предњем крају, на кошуљицу се навлачи баклистичка капа, а позади увија трасер.

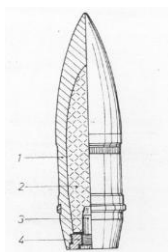


Слика 3.1.7. Кумулативно зрно [2]

3.1.8. Пробојно зрно

Пробојно зрно (Слика 3.1.8.) је намењено за пробијање и рушење армиранобетонских утврђења. Изузетно се може употребити и за гађање оклопних возила и то само у недостатку панцирних зрна.

Кошуљица је од челика, израђена ковањем из једног комада са посебним дном. Дебљина зидова је од 1/8 до 1/5 калибра. Кофицијент пуњења кошуљице износи 7-18%, што зависи од квалитета кошуљице и калибра. По облику, она може бити са шиљатим врхом или затупљаста. Предњи део кошуљице је масиван и врло отпоран. Предњи део кошуљице се не сме деформисати пре него што зрно пробије препреку или дејствује у њој. Отпорност кошуљице се постиже употребом високолегираних челика и посебном механичком и термичком обрадом. [2]



Слика 3.1.8. Пробојно зрно [2]

Пробојно зрно на слици 3.1.8. састоји се од кошуљице (1), експлозивног пуњења (2), упаљача (3) и дна (4).

4. Одређивање спољне трасе тренутно-фугасних пројектила

Одређивање спољне трасе у фази конструисања новог пројектила представља у ствари најчешће само прво приближавање коначном решењу. Коначна спољна траса мора да произиђе из резултата систематских испитивања модела у аеротунелу и резултата полигонских, спољнобалистичких гађања.

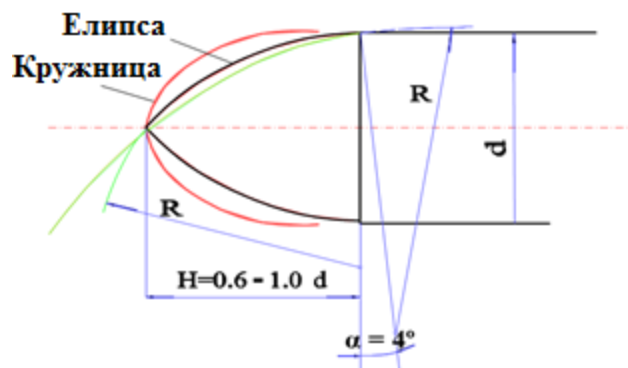
Да би се већ у првом приближавању, дакле, у фази конструисања имала целовита слика о свим перформансама будућег пројектила, треба имати могућност израчунавања домета новог пројектила, пре него што се располаже резултатима испитивања у аеротунелу или резултатима гађања. Даља разматрања ће, управо због овога, обухватити најосновније и најопштије закључке аеродинамике које треба поштовати при конструкцији спољне трасе новог пројектила, а затим и поступак одређивања параметара на основу кога је могућ прорачун путање пројектила. [3]

4.1. Облик врха предњег оживала пројектила

Вредност такозваног отпора облика једног пројектила у највећој мери зависи од облика врха пројектила, наручито код ротирајућих пројектила и надзвучних брзина пројектила, када се имају у виду промене термодинамичких карактеристика (притисак, температура и густина) при различитим брзинама струјања ваздуха као реалног флуида.

Многобројни експериментални резултати показују да за област подзвучних брзина (Слика 4.1.1.) ($V < a$, односно за $M < 1$), облик врха пројектила нема значајног утицаја на укупну вредност отпора и да је за ову област погоднији затупљен облик чеоне површине пројектила. Како су брзине савремених артиљериских ротирајућих пројектила класичног и активнореактивног типа по правилу знатно веће од брзине звука, те област подзвучних брзина остаје област примене неротирајућих пројектила бацачких оруђа.

Предњи оживал савремених пројектила за област подзвучних брзина представља у мериодалном пресеку део елипсе или круга, при чему се дужина предњег оживала креће од 0,6 до 1 калибара. Изводница цилиндричног дела пројектила представља тангенту елипсе и најчешће тангенту круга. Уколико се усвоји решење да изводница цилиндричног дела пресеца круг који представља мериодионални пресек предњег оживала, најбољи резултати се постижу ако тангента на круг у пресеченој тачки и уздужна оса пројектила заклапају угао 4° (у случају већег угла може доћи до одлепљивања ваздушне струје чиме се отпор знатно повећа). [3]



Слика 4.1.1. Облик врха пројектила за подзвучне брзине [3]

У области надзвучних брзина облик предњег оживала има значајнијег утицаја на карактеристике струјања ваздуха кроз који пројектил полази. Од интереса је размотрити три карактеристична облика који се најчешће користи:

- Конусни,
- Тангентни и
- Секантни облик чеоне површине.

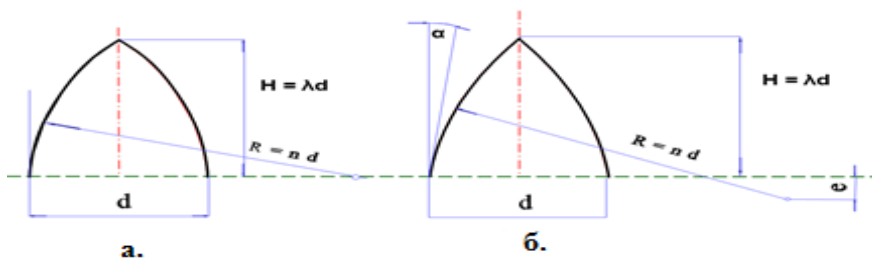
На слици 4.1.2. представљен је начин конструисања тангентног и секантног предњег оживала. Ако се са λ означи однос дужине предњег оживала H и калибра пројектила d , онда између величина датих на слици 4.1.2. постоје следеће везе:

За тангентни оживал:

$$\lambda = \sqrt{n - 0,25} \quad (1)$$

За секантни оживал:

$$\lambda = \sqrt{\sqrt{n^2 - e^2} + e^2 - 0,25 - e} \quad (2)$$

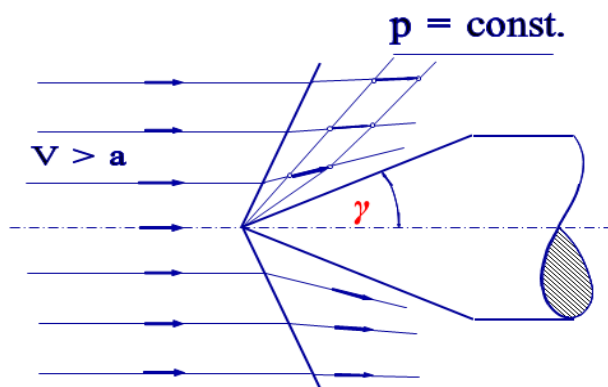


Слика 4.1.2. Конструкција предњег оживала [3]

а – тангентни; б – секантни.

4.1.1. Конусни врх

Када се цилиндрично тело са конусним врхом нађе у пољу ваздушне струје чија је брзина струјања већа од брзине звука, долази до поремећаја у ваздушној струји. Граница између не поремећене и поремећене струје представља такозвани ударни талас који пролази од врха конуса. Струјнице иза ударног таласа не остају паралелне са издницама конуса, већ им се асимптотски приближавају. У ударном таласу наступа нагла промена стања струје (притисак, густине, температуре). После наглог повећања у ударном таласу, густина и притисак и даље расту дуж струјнице, док се брзина струјања смањује. Међутим, притисак остаје константан дуж ма ког зрака и у ма ком правцу од врха конуса. Ово је основна карактеристика тродимензионалног струјања из које следи да је притисак на површини конуса константан. [3]



Слика 4.1.3. Ударни талас код надзвучног струјања [3]

Промена притиска између неузнемирене струје и површине конусног тела у зависности од угла скретања (полуугла конуса γ) и Маховог броја слободне струје дата је емпиричким изразом:

$$\frac{\Delta p}{q} = \left(0,083 + \frac{0,096}{M^2}\right) \left(\frac{\gamma}{10}\right)^{1,69} \quad (3)$$

У изразу q је динамички притисак:

$$q = \frac{\rho v^2}{2} \quad (4)$$

Пошто је сила отпора ваздуха на тело конусног облика, не рачунајући притисак на основу конуса:

$$F_{wk} = \frac{\Delta p}{q} q * s = C_k q s \quad (5)$$

4.1.2. Тангентни оживал

Кофицијент отпора облика тангентног оживала израчунава се следећим емпириским изразом:

$$C_t = \left(0,083 + \frac{0,096}{Ma^2}\right) \left(\frac{\gamma}{10}\right)^{1,69} * \left[1 - \frac{2(196x^2 - 16)}{28(Ma + 18)x^2}\right] \quad (6)$$

Види се да кофицијент C_t представља производ кофицијента C_k и неке вредности мање од један. Дакле, кофицијент отпора облика тангентног оживала има увек мању вредност од одговарајућег кофицијента конусне површине. При овоме треба имати у виду да је γ у изазу представља угао између тангенте на врх оживала и уздужне осе оживала и да овај израз важи за вредности γ од 10° до 28° и за Ma од 1,5 до 4.

Разлика у отпору облика конусног и тангентног оживала је последица различитог распореда притиска на овим површинама. Речено је већ да је по површини конуса притисак константан, док је код тангентног оживала променљив. [3]

4.2. Цилиндрични део пројектила

Цилиндрични део пројектила практично нема утицаја на вредности укупног отпора ваздуха. У укупном отпору цилиндрични део учествује само преко незнатног дела отпора који је последица трења. Међутим дужина цилиндричног дела зависи од фактора који нису у вези са отпором ваздуха, као што су:

- Унутрашња запремина цилиндричног дела,
- Дужина вођења,
- Стабилност на почетном делу и темену путање.

Положај и облик водећег прстена имају утицај на аеродинамичке карактеристике пројектила у целини, али је неопходно, при разматрању овог утицаја, поћи и од других услова које положај водећег прстена мора да испуни:

- Са становништва вођења јасно је да водећи прстен треба да буде постављен на самом крају цилиндричног дела,
- Са становништва издржљивости пројектила, водећи прстен се мора налазити на оном делу кошуљице пројектила у коме уградња прстена неће довести у питање сигурност пројектила. Како се дебљина зида кошуљице повећава од врха према дну, очигледан је интерес да се водећи прстен постави што је могуће ближе дну.
- Положај водећег прстена одређује и величину задњег дела пројектила који улази у барутну комору оруђа. Померањем прстена у напред смањује се запремина барутне коморе, при чему треба имати у виду да и ово смањење запремине подлеже извесним ограничењима.

У случају надзвучних брзина, у области испред водећег прстена ствара се надпритисак, а иза прстена подпритисак. Оријентациону вредност утицаја водећег прстена на сумарни коефицијент отпора даје формулу:

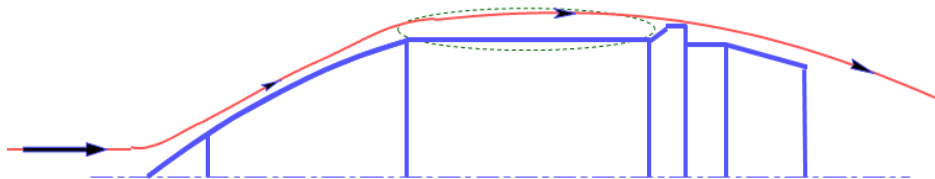
$$\Delta C_x = 0,4 \frac{\Delta S}{S} C_x \quad (7)$$

ΔS – повећање попречне површине пројектила изазвано водећим прстеном,

S – попречна површина цилиндричног дела пројектила,

C_x – сумарни коефицијент отпора.

У случаји пројектила са секантним предњим оживалом, гранични слој ваздушне струје се одлепљује од површине пројектила на месту прелаза оживала у цилиндрични део (Слика 4.2.1.). Зона између граничне струје и цилиндричне површине пројектила представља област под притиска. [3]



Слика 4.2.1. Одлепљивање ваздушне струје код пројектила секантног оживала [3]

Извесно смањење утицаја водећег прстена постиже се ако се он налази управо при крају ове зоне подпритиска, пре него што гранична струја не дође у поновни контакт са површином пројектила.

Коначно, при одређивању положаја водећег прстена треба се руководити следећим практичним правилима:

- Пројектил са тангентним оживалом. Задња ивица водећег прстена удаљена за 0,2 до 0,25 калибра од основе пројектила, односно од велике основе задњег конусног дела.
- Пројектил са секантним оживалом. Задњу ивицу водећег прстена додирује гранична струја.

4.3. Задњи део пројектила

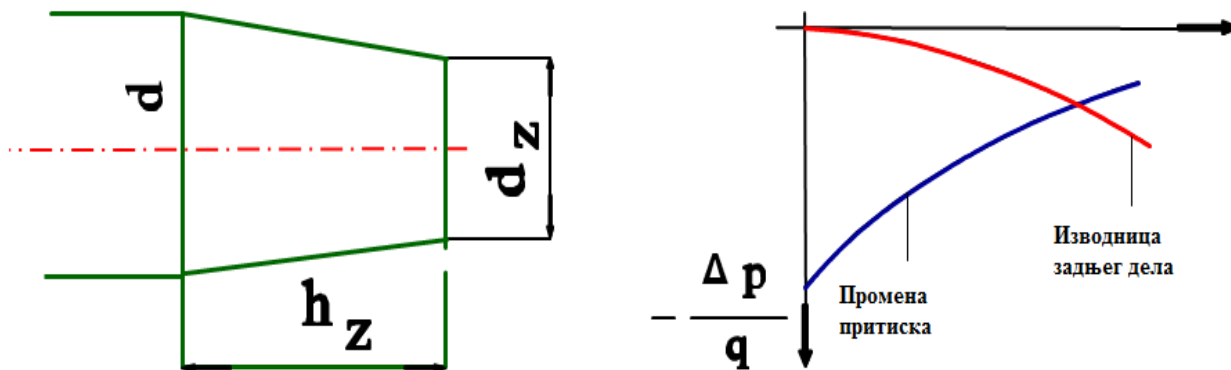
Задњи део пројектила (део иза водећег прстена до основе, односно код неротирајућих пројектила од цилиндричног дела до тела стабилизатора) може бити цилиндричан, конусан и у врло ретким случајевима заобљен. Утицај задњег дела пројектила на укупни отпор ваздуха долази до изражаја нарочито код надзвучних брзина и не зависи само од подпритиска иза основе, већ и од распореда притиска на целој површини задњег дела. [3]

4.3.1. Подзвучне брзине пројектила

Облик задњег дела пројектила у овом случају нема значајног утицаја на укупни отпор ваздуха, па се код артиљеријских ротирајућих пројектила најчешће среће цилиндрични задњи део (пречник основе једнак калибру пројектила). Међутим, код неротирајућих пројектила малих брзина, задњи део је конусан или у меридионалном пресеку представља кружни лук.

4.3.2. Надзвучне брзине пројектила

Распоред притиска на површини задњег дела пројектила зависи од облика ове површине. Ако задњи део има облик зарубљеног конуса (Слика 4.3.1.), на прелазу из цилиндричног дела пројектила у конусни долази до наглог пада притиска. У случају када је изводница задњег дела кружни лук или друга слична крива линија коју изводница цилиндричног дела тангира у почетку задњег дела, пад притиска је постепен.



Слика 4.3.1. Пад притиска на задњем делу пројектила ($M > 1$) [3]

Утицај задњег дела карактерише однос:

$$\frac{\bar{p}_z - \bar{p}_b}{q} \quad (8)$$

Где је $\overline{p_z}$ средња вредност подпритиска иза основе, а $\overline{p_b}$ средња вредност подпритиска на бочној површини задњег дела. Међутим, до сада није успело да се на основу експерименталних резултата установи тачан аналитички израз који би представљао зависност наведеног односа од брзине пројектила, односно Махов број и геометриских карактеристика задњег дела. Експериментални резултати ипак показују да се утицај обликованог задњег дела пројектила смањује са повећањем брзине пројектила.

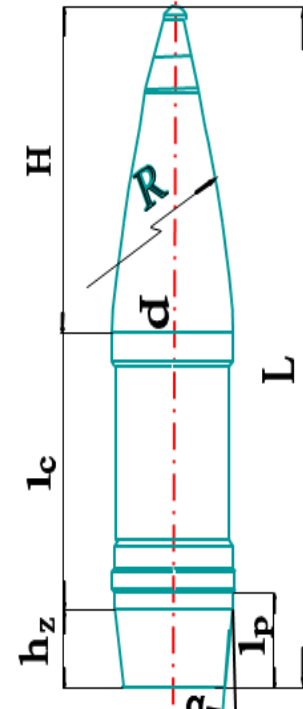
Идеју о раду величине кофицијента отпора облика задњег дела пројектила и о карактеру промене овог кофицијента у функцији маховог броја даје следећи емпирички образац:

$$C_z = \frac{p_o}{q} \left(1 - \frac{1}{Ma} + \frac{0,087}{Ma^2} \right) \frac{d_z^2}{d^2} \quad (9)$$

Образац важи за случај обликованог задњег дела пројектила (конусни или други сличан облик). Ако се из овог обрасца изостави множитељ $\frac{d_z^2}{d^2}$, онда он даје C_z за случај цилиндричног задњег дела пројектила. [3]

У табели 1 дате су карактеристике спољне трасе савремених артиљеријских разорних пројектила.

Табела 1. Карактеристике спољне трасе савремених артиљеријских пројектила

	$\frac{V_0}{a}$	$\frac{L}{d}$	$\frac{H}{d}$	$\frac{R}{d}$	$\frac{L_c}{d}$	$\frac{h_z}{d}$	α	$\frac{I_p}{d}$
	до 1	до 4	1 до 2	до 3	2 до 2,5	0 или 0,7 до 1	0 или 9 до 10	0,8 до 1,2
	1 до 2	4 до 4,5	2 до 2,4	3 до 6	до 2	0,5 до 0,7	9 до 10	0,6 до 0,8
	2 до 3	4,5 до 5	2,2 до 2,6	8 до 10	1,8 до 2	до 0,5	7 до 9	0,5 до 0,7

5. Одређивање унутрашње трасе кошуљице тренутно-фугасних пројектила

5.1. Унутрашња траса предњег дела пројектила

Одређивање унутрашње трасе предњег дела кошуљице претпоставља познату спољну трасу. Поступак одређивања спољне трасе предњег дела кошуљице пројектила заснован је на законима спољне балистике.

Када је спољна траса предњег дела кошуљице позната, најмању дозвољену вредност унутрашњег полупречника предњег дела даје једначина (10), настала одговарајућом трансформацијом израза:

$$r_o = \left\{ R_o^2 - \frac{\eta}{\pi R_{eH}} \frac{m_A}{m} P_{pr} \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{2} (d_o - d) \right] \right\}^{1/2} \quad (10)$$

где је:

R_o – спољни полупречник предњег оживала у пресеку $i-i$

r_o – унутрашњи полупречник предњег оживала у пресеку $i-i$

За одређивање полупречника r_o , како се види из једначине (10) потребно је познавати масу пројектила m .

При пројектовању пројектила за један одређени артиљеријски систем, маса пројектила се унапред претпоставља, на основу тактичко – техничких захтева за систем у целини и на основу сличности са пројектилима већ остварених система.

Треба имати у виду да ће дебљина зида предњег оживала, одређена изразом (10) бити веома мала, с обзиром на релативно малу масу упаљача и вредности горњег напона течења метала од кога се кошуљица израђује. Због тога се у пракси при пројектовању новог пројектила, геометријски параметри предњег оживала одређују на основу искуственог сазнања, а у вези са врстом и наменом пројектила и технологијом израде. [3]

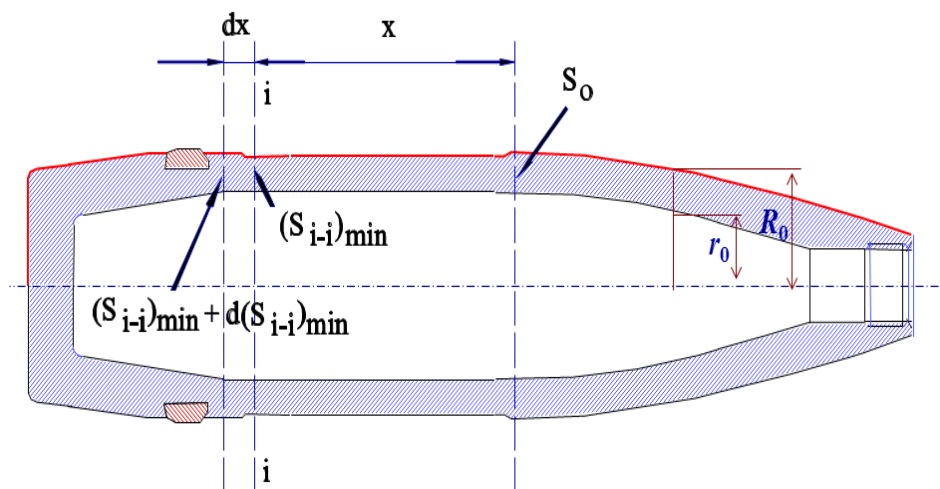
5.2. Унутрашња траса цилиндричног дела пројектила

За одређивање унутрашње трасе цилиндричног дела кошуљице пројектила користи се следећа једначина (11):

$$(S_{i-i})_{\min} = \frac{\eta_k}{ReH} \frac{m_A}{m} P_{pr} \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{3} (d_o - d) \right] \quad (11)$$

Чију основу представља захтев за минималну потребну издржљивост кошуљице.

$(S_{i-i})_{\min}$ – минимално дозвољена површина кошуљице у пресеку цилиндричног дела, управном на уздужну осу симетрије пројектила, како показује слика 5.2.1.



Слика 5.2.1. Одређивање унутрашње трасе кошуљице пројектила [3]

Површина $(S_{i-i})_{\min}$ је у општем случају, како се види из претходног израза функција q_A као независно променљива. Почетна вредност тежине q_A утврђивањем унутрашње трасе предњег оживала (тежина упаљача је параметар чија је вредност при пројектовању новог пројектила унапред позната).

Ако се спољни пречник цилиндричног дела пројектила сматра конусним и једнаким калибру пројектила, увођењем дебљине зида $\delta_{\min}$ у пресеку $i-i$ цилиндричног дела кошуљице, површина $(S_{i-i})_{\min}$ се може представити изразом:

$$\frac{\pi}{4} [d^2 - (d - 2 * \delta_{\min})^2] \quad (12)$$

5.3. Дебљина дна зида кошуљице

Утврђивањем дужине цилиндричног дела кошуљице чију унутрашњу трасу дефинише једначина (3), захтева да се предходно одреди дебљина дна кошуљице.

$$(S_{i-i})_{\min} = S_o e^{Kx} \quad (13)$$

Ова дебљина се одређује путем једначине (4), при чему се T_{pr} у овој једначини замењује са горњим напоном течења (R_{eH}) метала кошуљице. Са познатом дебљином, позната је и маса дна кошуљице m_d . [3]

$$\tau = \frac{1}{2r\pi l_d} (\pi r^2 P - m_e^1 \frac{d^2 x}{dt^2}) \quad (14)$$

Дужина цилиндричног дела кошуљице одређује се методом поступног приближавања, поређењем тежине пројектила добијене пројектовањем:

$$\Sigma(m_0 + m_c + m_d + m_e + m_u) \quad (15)$$

Са унапред задатом масом пројектила m индекс се односи на:

- 0 – на оживални део,
- C – на цилиндрични део,
- d – на дно,
- e – на експлозивно пуњење,
- u – на упаљач.

6. Толеранције у конструкцији пројектила

Проблем толеранције у конструкцији пројектила излази у извесној мери из оквира који важе за пројектовање уобичајних машинских конструкција. Унутрашња балистика система и балистика пројектила постављају приоритетне захтеве када су у питању толеранције, а затим долазе захтеви који проистичу из могућности машинске обраде и потребе спајања појединих делова пројектила. Отуда у пракси није увек могуће придржавати се стандардизованог толеранцијског система.

Немачки систем за стандардизацију је у оквиру својих познатих *DIN*-норми стандардизовао основне мере различитих врста пројектила. У табели 2 дат је извод из стандарда *DINE92226 B1.2* који се односи на артиљеријске разорне пројектиле калибра 75 mm до 128 mm (основне стандардне мере разорних пројектила калибра 13 mm до 40 mm дате су у *DINE92226 B1.1*). [3]

Табела 2. *DINE92226 B1.2* (извод)

Димензија (mm)	75 mm	76,2 mm	88 mm	105 mm	128 mm
d_1	74,7-0,2	76,0-0,2	87,7-0,2	104,6-0,2	127,8-0,25
d_2	74,85	76,1	87,85	104,8	128,0
d_3	60,2-0,5	43,2-0,5	60,2-0,5	60,2-1,5	60,2-0,5
d_5	74,4-0,4	75,0-0,4	87,4-0,4	104,2-0,4	127,0-0,4
n	74,4-0,2	74,4-0,2	87,7-0,2	103,5-0,2	126,6-0,25
d_7	63,0	58,4	78,0	84,5	/
I_1	35,8 ^{+0,4}	/	40,0	79,2 ^{+1,0}	/
r_2	40	/	45,0	45,0	/
r_3	12	/	15,0	18,0	/
S_1	14,5-1,5	/	21,0-1,5	22,5-2,0	/
S_2	29,5 ^{+1,0}	12,0-1,5	21,0-1,5	21,0+0,5	27,0-1,0
α	7°	10°	7°	7°	/

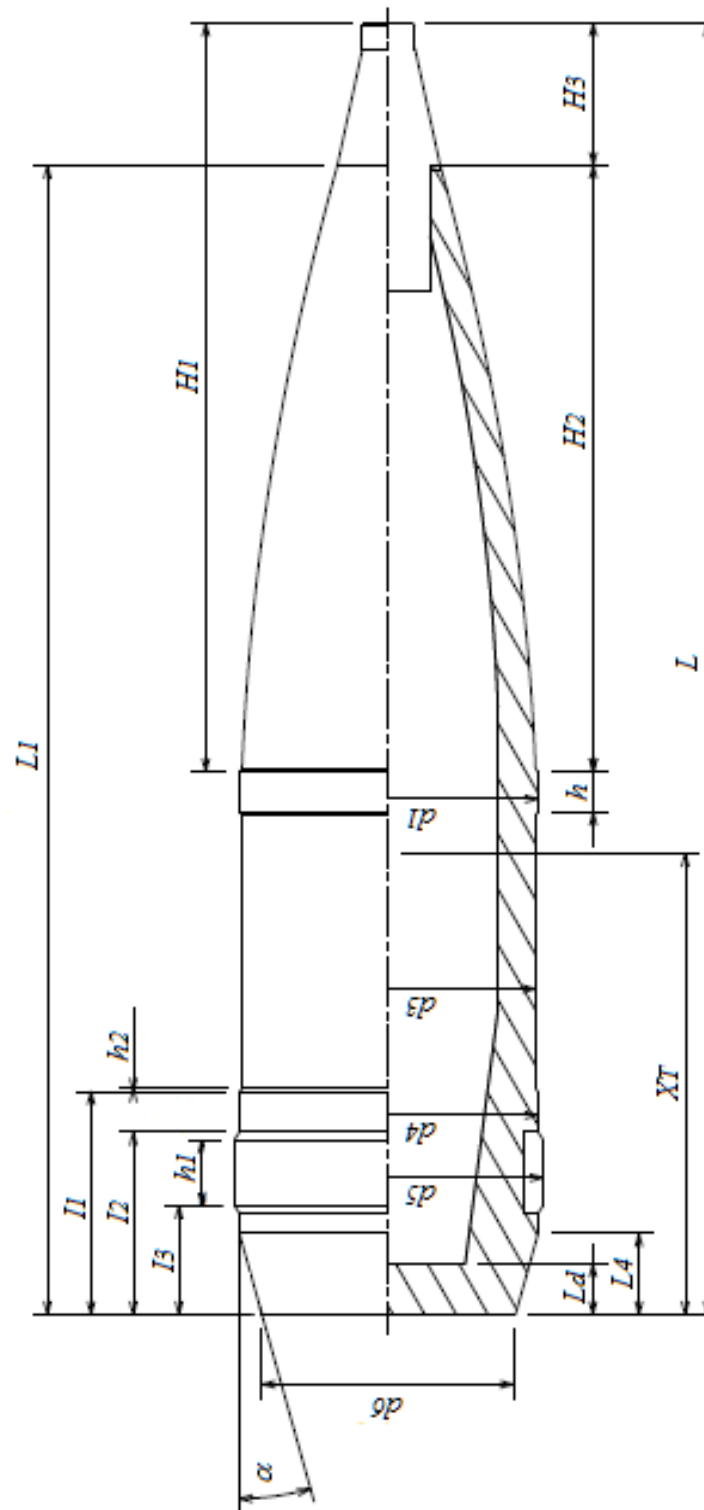
Толеранције мера које дефинишу основну унутрашњу организацију разорног пројектила проузрукују растурање укупне тежине и динамичких карактеристика пројектила (положај тежишта и главних момената инерције).

Како су почетна брзина и балистички кофицијент функције тежине и динамичких карактеристика, јасно је да толеранције наведених мера посредно утичу на прецизност пројектила.

Толеранције мера које дефинишу спољну трасу пројектила проузрукују такође растурање тежине и динамичких карактеристика, али сем овог посредног, имају и непосредан утицај на растурање почетне брзине и балистичког кофицијента пројектила. [3]

Табела 3. Толеранције основних мера разорног пројектила (слика 6.1.)(ознаке и квалитет по *ISA : JUS M.A1.110*). [3]

Димензије (D)	Контрола: +након обrade +пред лаборацију	Одступање толеранцијског поља	Квалитет														
			3 <D≤ 6	6 <D≤ 10	10 <D≤ 18	18 <D≤ 30	30 <D≤ 50	50 <D≤ 80	80 <D≤ 120	120 <D≤ 180	180 <D≤ 250	250 <D≤ 315	315 <D≤ 400	400 <D≤ 500	500 <D≤ 630	630 <D≤ 800	800 <D≤ 1000
d ₁ (T=0,0025D)	+ +	(1)	/			9	10	11		12		13			14		
d ₄ , d ₅ d ₆ (T=0,0035D)	+	j	/			10	11		12	13			14				
d ₂ (T=0,005D)	+	j	/			11		12	13		14			15			
L; d ₀ (T=0,001D)		j	/		12	13	14		15		16			17			
H ₁ (T=0,0085D)		j	/		12	13		14		15		16			17		
I ₁ (T=0,05D)	+ (h ₁)	j	/			16		17	18		19		20				
h ₁ , h ₂ δ ₁ (T=0,0135D)	+	J.j	11	12	13	14	/										
d ₃	+	j		12					13		14		15				
d _p	+	k		10										11			
S	+	J14															
ΔD			Прорачун толеранције										Напомена				
Δd ₇	+	k	Δd ₁ + 0,006 H ₂														
$\frac{\Delta \delta_2}{\delta_2} = \frac{\Delta I_4}{I_4}$		j	$0,05 \sqrt{\left(\frac{\delta_2}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_4}{L_1}\right)^2}$														
$\frac{\Delta t_g \alpha}{t_g \alpha}$	+	$\pm \frac{\Delta}{2}$	$0,0025 \sqrt{\left(\frac{2d}{d_5-d_6}\right)^2 + \frac{400}{\left(\frac{\delta_2}{L_1}\right)^2 + \left(\frac{L_4}{L_1}\right)^2}}$														
ΔH ₂		j	$\sqrt{(\Delta H_1)^2 - (\Delta H_3)^2} \Delta H_3$: толеранција упалача														
ΔL ₁	+	j	$\sqrt{(\Delta L)^2 - (\Delta H_3)^2}$														
ΔI ₃	+ +	j	$\sqrt{(\Delta I_4)^2 - (\Delta \delta_2)^2}$														
ΔI ₂	+ +	j	$\sqrt{(\Delta I_3)^2 - (\Delta h_1)^2 + (\Delta \delta_1)^2}$														
ΔI _d	+	k	0,1 I _d														
Δh		j	0,01 h														
Δf	+	$\pm \frac{\Delta}{2}$	оживал: 0,016 H ₂ ; задњи конус: 0,016 I ₄														
Δq	+	$\pm \frac{\Delta}{2}$	Кошуљица кована: 0,02235q; Ливена: 0,03q														
ΔX _T	+	j	0,05 X _T														
Δδ	+	j	0,1δ														
Мах. ексцентричност тежишта	+		Толеранција калибра d у квалитету 13														
			d: нормална вредност пречника цеви од поља до поља														



Слика 6.1. Цртеж са датим димензијама у табели 3. [3]

У случају центрирајућег прстена из водећег прстена је: $d_4=d_5=d_1$ са једним истим толеранцијама.

- Дужина предњег оживала H_1 ;
- Укупна дужина пројектила L ;
- Пречник цилиндричног дела кошуљице пројектила d_3 ;
- Пречник центрирајућег прстена d_1 ;
- Ширина водећег прстена h_1 ;
- Растојање основе водећег прстена до краја цилиндричног дела кошуљице δ_2 ;
- Средњег пречника задњег (конусног) дела кошуљице пројектила ($d_z = r_5 + r_6$);
- Највећег пречника задњег (конусног) дела кошуљице пројектила d_5 .

Ту аналитичку везу дају следећи изазови:

$$\left(\frac{r_{vo}}{v_0}\right)^2 = 25,10^{-4} \left(\frac{r_{h_1}}{h_1}\right)^2 + 16,10^{-4} \left[4 \left(\frac{r_{d_z}}{d_z}\right)^2 + \left(\frac{r_{\delta_2}}{\delta_2}\right)^2 \right] \quad (16)$$

$$\left(\frac{r_c}{c}\right)^2 = 0,0729 \left[9 \left(\frac{r_{d_1}}{d_1}\right)^2 + \left(\frac{r_{H_1}}{H_1}\right)^2 \right] + 1,4641 \left(\frac{r_{d_5}}{d_5}\right)^2 \quad (17)$$

$$\left(\frac{r_q}{q}\right)^2 = \left(\frac{r_L}{L}\right)^2 + 16 \left(\frac{r_{d_2}}{d_2}\right)^2 \quad (18)$$

Напомена: неке димензије нису приказане на цртежу али су дате накнадно у тексту.

Полазећи од ових изразачунавају се толеранције основних мера и на основу резултата овог прорачуна саставља за разорне пројектиле табеларни преглед толеранција према ISA систему (табела 3). Како се друге врсте пројектила по спољњем облику не разликују од разорног пројектила или је та разлика минимална, табела 3 се може користити за избор толеранција основних мера панцирног, кумулативног и других врста пројектила.

Разматрајући утицај толеранција основних мера на балистичке карактеристике пројектила, долази се до закључка да у укупном растурању дмета толеранције учествују само са 20%.

Када су у питању толеранције основних мера стрелачких пројектила, и овде постоји зависност између толеранција и прецизности. Међутим, коришћење стандардизованог толеранцијског система практично није могуће због специфичности производње стрелачке муниције. [3]

7. Материјали за производњу кошуљица

Кошуљице разорних пројектила се најчешће израђују од стандардних гранитних челика, из Сименс-Мартинове пећи, са садржајем угљеника 0,40-0,70%.

Сименс-Мартенов челик добија се тако што се за оксидацију угљеника и других примеса у сировом гвожђу поред ваздуха користе и оксиди гвожђа. Сирово гвожђе се топи помешано са хематитом (Fe_2O_3), старим гвожђем и отпацама оксидисаног гвожђа створеним при ковању и ваљању.

Процес у Сименс-Мартеновим пећима дуго траје. Зато је могућа прецизна контрола хемијског састава.

Топлота за обављање процеса добија се:

- делом од горивог гаса,
- делом сагоревањем састојака из сировог гвожђа (C , Mn , Si , P , S).

Гориво је најчешће: природни гас, коксни гас или течно гориво. Зато се Сименс-Мартенове пећи често називају пламеним пећима, пећима са отвореним ложиштем. Основна предност у односу на конвертор, јесте контрола хемијског састава (C , S). Пошто се процес заврши и течан челик преточи у лонац, додаје се Al и елементи за легирање (Mn , Si и др.). Најновији процес је помоћу кисеоника (тзв. кисеоничко копље – цеви за довод кисеоника). То убрзава процес сагоревања C , брзе топљење шарже (4-12)h. У мартинкама се производи “армско гвожђе” - низак %C (~0.02%), примесе (укупно мац 0.15%).

За израду кошуљица савремених разорних пројектила најчешће се користе ваљани, угљенични или мангански челици који показују добре особине при обради ковањем, а при експлозији пројектила дају задовољавајући број ефикасних парчади.

У табели 4 је дат хемијски састав челика који се најчешће користе за израду кошуљица пројектила. [4]

Табела 4. Хемијски састав најчешће коришћених челика за израду кошуљица.

C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (max)	S (max)	Cr (%)
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,17 - 0,40	0,05	0,05	0,20
0,50 - 0,60	0,70 - 1,00	0,15 - 0,30	0,04	0,04	-
0,58 - 0,68	0,60 - 0,90	0,17 - 0,40	0,04	0,04	0,20

Зависно од термичког третмана после ковања, горњи напон течења метала кошуљице израђен од угљеничног или манганског челика износи $300 - 400 \text{ N/mm}^2$ код некаљених и до 500 N/mm^2 код каљених кошуљица.

При избору челика за производњу одређене врсте кошуљице треба имати у виду пре свег, способност тог челика да се од њега применом метода вруће обраде, могу изградити кошуљице захтеваних механичких карактеристика, а ткође се мора водити рачуна о цени челика и економичности неговне обраде.

Гредице се испоручују по металуршким шаржама, у димензијама и толеранцијама зависно од производа за који су намењени. За кошуљице разорних пројектила челик се испоручује у облику гредица квадратног пресека са заобљеним ивицама, а за тела панцирних зрна у облику шипки кружног пресека. Дужина гредица треба да је вишеструки умножак дужине трупца за ковање. [4]

Захтева се да гредице буду равне, али се дозвољавају појаве увијености гредица око осе до 10^0 и највећа искривљеност од 5-6 mm по дужном метру.

Табела 5. Механичке особине [4]

N^0	Стање употребе	σ_v kp/mm^2 <i>min</i>	ε 5% <i>min</i>	$\varepsilon\%$ <i>min</i>
I	Дириговано хлађено	33	15	-
II	Дириговано хлађено Нормализовано	39 38	12 15	15 15
III	Побољшано меко Побољшано тврдо	50 65	15 12	30 20
IV	За овај челик тврдоћа шипки у ваљаном стању треба да износи највише 285 kp/mm^2 по Бринелу. Механичке особине у каљаном и опуштеном стању треба да буду: - Затезна чврстоћа $\sigma = \text{min } 160 \text{ kp/mm}^2$ - Контракција $m_{\psi} = \text{min } 35\%$ - Тврдоћа по Бринелу $445 - 550 \text{ kp/mm}^2$			

7.1. Металуршки квалитет челика

Челици намењени за израду кошуљице граната треба да буду уједначеног квалитет, с нормалним интензитетом сегрегација, лункера, пахуљица, гасних мехурова, прскотина, преваљености и сличних мана.

Није дозвољено присуство рубних прскотина које се простиру од површине према средини гредице у већој од дозвољене дубине.

При визуелном прегледу прелома гредице није дозвољена појава чупања, дрвенастог лома или сличних грешака.

Гредице у стању исправке треба да имају особине лако ломљивости и да при томе закоченост преломних површина не буде велика. За гредице до $\phi 120\text{ mm}$ дозвољава се закоченост до 8 mm , преко $\phi 120\text{ mm}$ 10 mm .

Површина гредица мора бити без грубих мана, као што су пукотине, присуство шљаке и слично. Дозвољава се локално чишћење, односно уклањање површинских грешака, под условом да буде изведена благим прелазима. Ширина очишћеног места треба да буде 5 – 6 пута већа од дубине, а чишћење се не сме одразити на смањење прописане тежине трупца. [6]

7.2. Шаржа челика

Једно топљење и ливење челика даје једну шаржу челика. Поједине шарже једног истог челика у пракси се међусобно више или мање разликују. Основне разлике између појединих шаржи исте врсте челика у оквиру толерисаних граница су следеће:

- У хемијском саставу,
- У механичким особинама,
- У металуршкој чистоћи,
- У величини аустенитног зрна,
- У прокаљивости,
- У осетљивости на прскање при каљењу,
- У степену деформације при термичкој обради.

Због тога што се шарже међусобно разликују, то се оне у преради, а нарочито при термичкој обради могу врло различито понашати и давати различите резултате. Због тога свака шаржа има свој број, и за сваку шаржу одређује се одговарајући режим обраде. Број шарже челика утискује се и на готовим комадима ради праћења њеног понашања. [6]

8. Технологија израде пројектила

Технологија пластичног обликовања метала (ТПО) обухвата технолошке процесе код којих се под дејством довољно великог спољашњег оптерећења остварује пластична деформација, односно трајно мења облик полазног материјала. У току процеса пластичног обликовања у материјалу долази до значајних квалитетних промена, тако да се његова механичка, технолошка и друга својства најчешће разликују од својства које је он имао пре процеса. Овом технологијом добијају се готови делови различитих облика и димензија, од различитих металних материјала у великом распону тачности и квалитета обраде. Полазни материјал је најчешће полуфабрикат у облику: лимова, плоча, цеви, пуних профила итд., који се такође добијају применом процеса пластичног деформисања.

Основне особине ТПО су:

- Очување непрекидности структуре,
- Непроменљивост запремине и
- Побољшање карактеристика чврстоће обликованог материјала.

Технологија пластичног обликовања се изводи у хладном или топлом стању. При обради у хладном стању материјал ојачава, постиже повољне механичке особине, као и већа прецизност и квалитетније површине. При обликовању у топлом стању повећана је деформабилност материјала, потребна је мања сила и утрошак енергије за процес деформисања. [5]

Главне предности ТПО су:

- Веома добре механичке карактеристике добијених делова које је могуће користити код најтежих оптерећења и на најодговорнијим местима,
- Релативно једноставна, брза и ефикасна израда делова чак и сложенијих геометрија и великих димензија,
- Висок степен искоришћења материјала,
- Релативно низак утрошак енергије по јединици масе комада,
- Нижа цена израде по јединици производа,
- Велики број делова могуће је произвести искључиво поступцима ТПО.

У недостатке ТПО могу се убројати:

- Најчешће се пуна економска оправданост и изразити резултати постижу у условима серијске, великосеријске и масовне производње,
- Тешкоће при обради материјала који имају врло ниску почетну пластичност,
- Појава великих деформационих сила и напона током појединих процеса обликовања што поскупљује израду алата и захтева машине велике снаге. [5]

8.1. Ковање на хидрауличним ковачким пресама

Хидраулична ковачка преса ради по неударном принципу дејства. Притискивач пресе у радном ходу се креће са релативно малом брзином (обично се брзина налази у границама 0,15-0,2 m/s). Ако се компарира хидраулична ковачка преса са ковачким чекићем еквивалентне тежине падајућих делова, може се констатовати да је преса скупља, спороходнија и да има мању производност од ковачког чекића. Ради тога се уместо ковачких чекића примењују хидрауличне пресе по правилу само онда, када се не може користити ковачки чекић, као у следећим случајевима:

- Код ковања откивака великих димензија, за које би била недовољна тежина падајућих делова нормално грађених чекића.
- За ковање материјала са ниским пластичним својствима који не дозвољавају веће брзине деформације.
- Уколико откивци по свом облику захтевају примену ковања по методама истискивања, тада је далеко повољнија хидраулична ковачка преса.
- Хидрауличне пресе се употребљавају претежно за ковање откивака код којих је потребан велики ход притискивача, као што је случај код убадања и извлачења у врућем стању.

Алати за хидрауличне пресе, код ковања сложених откивака, се раде са дводелним калупима. Гравуре алата су претежно затвореног типа, без канала за венац. Попуњавање гравуре је подједнако у свим смеровима (навише, наниже, и у страну). Стога се на хидрауличним ковачким пресама могу ковати откивци веома компликовани облика. Готов откивак се вади из алата релативно лако јер се калупи раде из два дела.

Хидрауличне пресе се данас најчешће граде са силама од 50-60 MN, а у изузетним случајевима за ковање великих откивака и до 800 MN. Нископластични материјали се кују на пресама са силом 4-5 MN, а убадање и извлачење се врши на пресама са силом 1,5-30 MN. За извлачење се користе и хоризонталне хидрауличне пресе. С обзиром на неударни карактер дејства хидрауличних преса течење материјала и попуњавање гравуре је истог интензитета у горњем и доњем делу алата.

Хидрауличне ковачке пресе се претежно користе за ковање откивака типа цилиндра, чаура, цеви, прирубница и разних других облика, које се кују по методама убадања и извлачења.

Почетни облик материјала је најчешће врући ваљани профил округлог, или квадратног пресека. Из шипки дужине 1-2m се режу гредице потребне дужине. Резање се може вршити на циркуларним пресама, ломљењем на хидрауличним пресама. [5]

За брзи калкулативни прорачун силе убадања може се користити образац *L.Schndera*.

$$F = \frac{\pi d_u^2}{4} C \sigma_m \quad (19)$$

Где је:

- $F (N)$ – сила хидрауличне ковачке пресе потребна за убадање,
- $d_u (mm)$ – пречник тискача за убадање,
- $S_u (mm)$ – дебљина зида откивака након убадања,
- $\sigma_m (\frac{N}{mm^2})$ – чистоћа материјала при здатој температури ковања,
- C – кофицијент који зависи од односа d_u/d_s .

Извлачење може да буде комбиновано тако да се врши редукција пречника (са пречника убодеог D_u на пречник извученог комада D_i) са редукцијом дебљине зида (са дебљине зида убодеог s_u на дебљину зида извученог комада s_i) или се врши само редукција дебљине зида. [5]

Сила ковања:

$$F = p * A * \gamma \quad (20)$$

Где је:

- p – радни притисак на завршетку ковања,
- A – површина пројекције откивка на равни управну на правац кретања калупа,
- γ - кофицијент који узима у обзир утицај ковања венца.

Сила ковања за откивке са кружном пројекцијом у подеоној равни:

$$F = 8(1 - 0,001D) \left(1,1 + \frac{20}{D}\right)^2 * A * R_{M(t)} \quad (21)$$

Сила ковања за неокругле откивке:

$$F = 8(1 - 0,001D_n) \left(1,1 + \frac{20}{D_n}\right)^2 \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L}{B_{sr}}}\right) * A * R_{M(t)} \quad (22)$$

Номинални пречник фиктивног округлог откивка са истом површином као посматрани откивак:

$$D \approx 1,13\sqrt{A} \quad (23)$$

8.2. Процеси производње

8.2.1. Скраћивање гредице

Железаре испоручују челик у облику гредица или шипки дужине 3 – 5 m. За даљу обраду гредице се скраћују у трупце одређене дужине. Скраћивање се врши на један од следећих начина:

- Ломљењем на хидруличној преси,
- Резањем на пресама - маказама,
- Резањем на циркуларним пресама.

Циркуларне тестере због малог учинка обично се употребљавају као допунске машине поред ломилице, за сечење крајева гредица, или за сечење скупих легираних челика. За ломљење, гредице се претходно засецају на одређену дужину трупца. Засецање се врши аутогеним апаратом или тоцилом до дубине 5 – 8 mm.

Засецање гредица аутогеним апаратом треба код легираних челика избегавати. Боље је засецање гредица код свих челика, а наручито код легираних, вршити тестером или тоцилом.

Засецање аутогеним апаратом изазива нагло термичко напрезање површинског слоја, те се због тога на извученим кошуљицама при врху, а још чешће при дну јављају фине интеркристалне пукотине које често продире врло дубоко и представљају озбиљну опасност ако остану незапажене.

После ломљења гредица из једне шарже, сви трупци се визуелно прегледају и вагом се контролише тежина. Сви трупци морају бити одређене тежине, а на преломним површинама не сме бити линкера, пукотина и неметалних укључака. [6]

8.2.2. Загревање трупца

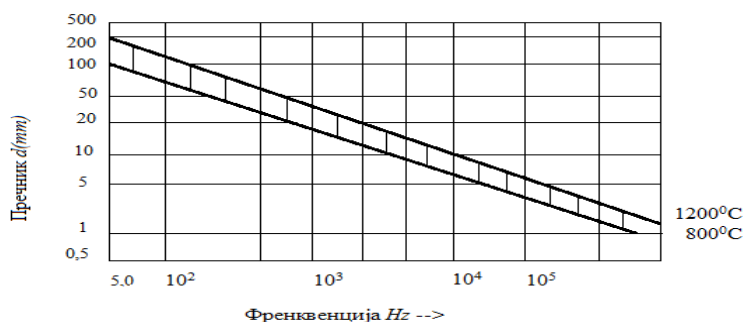
За вруће ковање челик се загрева да би се повећала његова пластичност и смањила отпорност деформације. Температура на коју се челик загрева износи 1150 – 1250 °C. Температура жарења функција је састава челика. Најнижа температура на којој треба завршити прераду износи 850 – 900 °C.

Брзина загревања уложеног материјала у пећи зависи од топлотне проводљивости челика. На нижим температурама челик има нижу топлоту проводљивости него на вишим, због тога челик у почетку треба загревати спорије, а касније брже. На вишим температурама се готово изједначује топлотна проводљивост свих челика. Због тога се у пракси челици са средњим и вишим садржајем угљеника и легирани челици до температуре око 700 °C загревају лагано, а изнад те температуре сви челици се загревају једнако и повећаном брзином. [6]

За загревање челичних трупца користе се пећи разних типова и разних конструкција.

Каруселене пећи представљају савршенији облик проходних пећи. Ова пећ је подеснија за загревање трупца, јер за исти капацитет захтева мањи простор, мању количину горива и мању послугу, због тога што се трупци крећу кроз пећ аутоматски, заједно са подом пећи. Брзина окретања пода може се регулисати по потреби. Ове пећи загревају се мазутом или плином.

Индуковано високофреквентне пећи представљају најсавременије уређаје за загревање трупца. Поред чистоће рада, имају ту предност да се брзо укључују у рад, постиже се равномерно прогревање трупца и ствара се мање оксида. На слици 8.2.1. дат је орјентациони дијаграм за одређивање висине фреквенције у зависности од пречника трупца.



Слика 8.2.1. Дијаграм за одређивање фреквенције индукационог грејања челичних трупца [6]

8.2.3. Предубадање, убадање и извлачење кошуљице

Операције предубадање, убадање и извлачење, у принципу, могу се вршити свака посебно, једна за другом, на посебним пресaмa. Негде се још увек тако ради. Међутим, данас се скоро свуда у свету све три операције изводе на једној преси. То се чини из разлога да се скрати транспорт и да се читав процес обави што краћем времену.

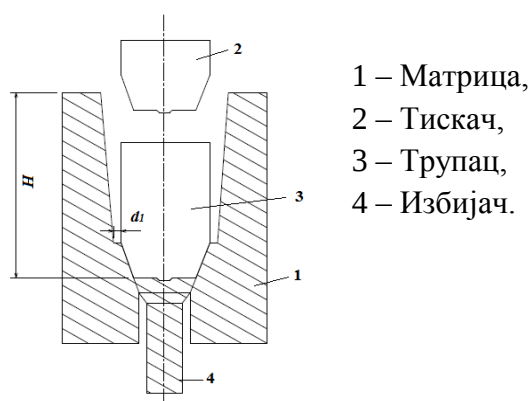
У столу пресе учвршћена су три алата, и то:

- Матрице за предубадање,
- Матрица за убадање и
- Прстен за извлачење.

У глави пресе учвршћени су одговарајући тискачи за предубадање и извлакач за извлачење. Процес се обавља на тај начин што се трупац после обављене прве операције премешта на следеће алате. [6]

8.2.4. Алат за предубадање, убадање и извлачење

Матрице за предубадање и убадање кошуљица су једнаке. Унутрашњи облик матрице представљају два конуса који се настављају један на други, и који су својим ширим основама окренути на горе, слика 8.2.2.



Слика 8.2.2. Матрица за предубадање [6]

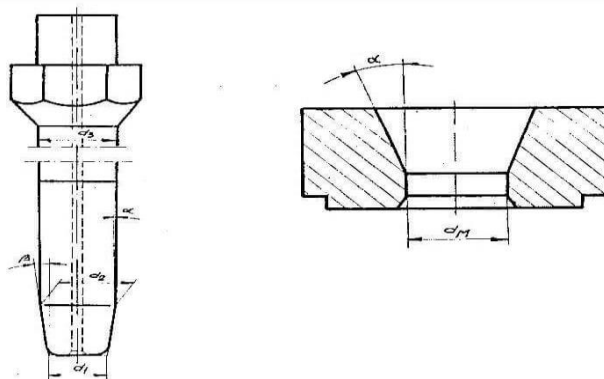
Дубина матрице (H) израчунава се из волумена убудне кошуљице, који је увећан за волумен оног дела тискача за убадање који улази у кошуљицу у моменту најдубљег продирања у њу.

Угао закошења доњег конуса обично је једнак закошењу готове кошуљице (око 9°). Угао косине горњег конуса узима се у границама $30^{\circ} - 1^{\circ} 25'$.

Тискач за предубадање је цилиндричног облика, с равним челом које има у средини испупчења једнако по облику и димензијама телу тискача за убадање.

Тискач за убадање сличан је по облику извлакачу, с тим што му се пречник и висина одређују зависно од деформације која треба да се постигне убадањем. [6]

Алат за извлачење кошуљица је прстен с конусом и извлакач слика 8.2.3.



Слика 8.2.3 Извлакач и матрица за топло извлачење кошуљице. [6]

(лево – извлакач; десно – прстен)

При конструкцији извлакача за извлачење кошуљица са тзв. црном шупљином, тј. шупљином која се више не обрађује, узимају се у обзир следеће чињенице:

- Задате димензије готове кошуљице,
- Промена димензија при хлађењу кошуљица;
- Могућа тачност израде извлакача која у прекси обично износи $0,1 - 0,255 \text{ mm}$.

Пречници извлакача израчунавају се по следећем обрасцу;

$$d_i = \frac{d(1 + \alpha t_1)}{1 + \alpha t_2} + k_1 + k_2 \quad (24)$$

Где је:

$d_i \text{ (mm)}$ – пречник извлакача,

$d \text{ (mm)}$ – одговарајући пречник шупљине готове кошуљице,

α - кофицијент линеарног ширења челика промени температуре за 1°C који има вредност $\alpha = 1,16 \cdot 10^{-5}$

t_1 – температура завршетка извлачења, за коју се узима као најнижа вредност 850°C ,

t_2 – температура извлакача која се усваја 200°C

k_1 – поправка због овалности шупљине после термичке обраде. Ова величина одређује се опитним путем и износи око $0,2 \text{ mm}$.

k_2 – поправка због скупљања шупљине после термичке обраде. Одређује се опитним путем и износи око $0,2 \text{ mm}$.

Висина главе извлакача узима се једнака висини шупљине готове кошуљице увећана за величину топлотног издужења.

$$h_i = h (1 + \alpha t_1) \quad (25)$$

Где је:

h – висина шупљине кошуљице,

α - кофицијент линеарног ширења,

t_1 - температура завршетка извлачења.

При прорачуну димензија тискача за убадање треба имати у виду да извлакач на следећој операцији мора да слободно улази у убудени трупца. Оптимални зазор између пречника извлакача и пречника шупљине убуденог трупца износи 0,5 до 2,0 mm. Ако је зазор мањи од 0,5 mm ствара се сувишан отпор, ако је зазор већи од 5 mm, не постиже се потпуно налегање извакача. [6]

При пројектовању прстена за извлачење треба водити рачуна о следећим чињеницама:

- Ако је површина пресека убуденог трупца врло велика у односу на површину пресека извлакача, онда се при извлачењу дешава пробијање дна кошуљице извлакачем док извлачење није завршено;
- Ако је површина пресека извучене кошуљице сувише мала у односу на површину пресека пре извлачења долази до кидања кошуљице у току извлачења;

Да би се избегле ове појаве, за пројектовање алата препоручује се следећи у пракси проверен однос:

$$F - F_1 = (0,3 - 0,7) f \quad (26)$$

Где је:

F – површина пресека кошуљице пре извлачења,

F_1 – површина пресека после извлачења,

f – површина пресека извлакача на средњем пречнику.

Број прстенова зависи од укупног степена деформације пресека, дебљине дна кошуљице и квалитета материјала кошуљице. У пракси се не користи мање од две нити више од четри прстена. [6]

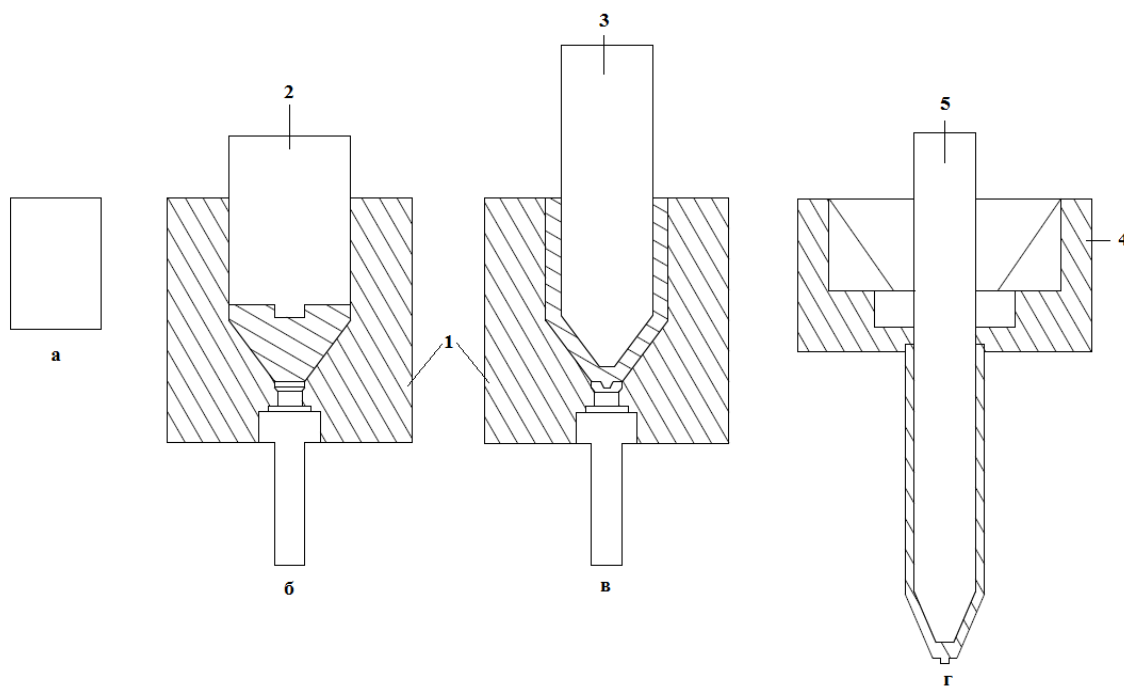
Поступак код предубадања и убадања је следећи:

- Пре почетка рада треба преконтролисати исправно функционисање пресе. Проверити исправност алата и њихово исправно постављање. Са неколико трупца угрејати алате на $200 - 250^{\circ}\text{C}$.
- Трупац извађен из пећи, предходно се стругањем очисти од оксида, а затим поставља у матрицу за предубадање тако да је равнија страна окренута према тискачу. Чело трупца посути графитом наместити вођицу над матрицом и у алата један и преноси у алат за убадање.

Убадањ се изводи на исти начин као и предубадање слика 8.2.4. После сваких 10 – 15 убадања тискач треба контролисати, ако се на глави тискача појаве неравнине, набори или прскотине, или ако је тискач искривљен треба га заменити новим. После стављања новог тискача прва два до три убадања извршити без подмазивања.

По завршеном убадању, пре намештања у алат за извлачење, убодени трупац треба окренути отвором на доле и ударцом одстранити оксид.

Матрицу за убадање и тискач треба пре новог убадања треба очистити од оксида, охладити млазом воде и подмазати. [6]



Слика 8.2.4. Предубадање (б); Убадање (в); Извлачење кошуљица (г). [6]

(а – трупац, 1 – матрице предубадање и убадање, 2 – тискач за предубадање, 3 – тискач за убадање, 4 – прстен за извлачење, 5 – извлакач)

Поступак код извлачења је следећи:

- Пре извлачења извлакач равномерно подмазати;
- При употреби новог извлакача прва два – три извлачење извршити без подмазивања извлакача;
- После сваких 10 – 15 извучених кошуљица прегледати извлакач и преконтролисати га шаблоном. Извлакач треба заменити новим ако су се појавиле прскотине или набори, или ако се са извлакача не може очистити оксид;
- Прстен за извлачење контролисати и остругати од оксида после сваког извлачења. Прстен треба заменити ако је исхабан или ако оставља дубоке рисове на кошуљци. У свом лежишту, нормално у односу на осу трн, прстен може бити помичан и само подесив према тискачу. Прстен не сме бити искошен у односу на осу тискача;
- Скидач извучених кошуљица мора се лако померати;
- Температура извучених кошуљица несме бити нижа од 850 °C.

После контроле у врућем стању кошуљице треба слагати у ограђеном простору чији је под покривен песком. Кошуљице се стављају у песак са устима окренутим доле и покривају се поклопцима од челичног лима. Када кошуљице потамне око (550 °C), ваде се и хладе на подлози од песка или пепела. Хлађење кошуљица на размакнутим клиновим у ограђеном простору боље је од хлађења у јами због тога што је равномерније.

8.2.5. Груба обрада кошуљице скидањем струготине

Циљ грубе обраде је да се са спољашње површине кошуљице скине разугљенисани слој челика који је настао у току грејања трупца и касније обраде на преси, и да се кошуљица припреми за сужавање и фину обраду.

Кад се кошуљице по извлачењу охладе обавезно се морају прегледати очним прегледом и контролницима пре слања у грубу обраду. При визуелној контроли посебну пажњу треба обратити на испуст за гнездо шилка и дно, пошто се на овим местима испољавају недостаци у материјалу као лункери и дубинске прскотине у виду већих централних и периферних прскотина, као и последице прегревања.

При прегледу коморе помоћу контролне сијалице издвајају се кошуљице са дубоким браздама, попречним и мрежастим прскотинама и јачим удубљењима од одпалог оксида.

Шаблонима се контролише исправност облика и дубина кошуљице. Комбинованим се дубина кошуљице и дебљина дна, а на специјалном уређају и ексцентричност дебљине зидова кошуљице. [6]

Исправне кошуљице шаљу се по шаржама материјала на грубу обраду, где се врше следеће операције:

- Забушивање испуста за гнездо шиљка; ова операција изводи се на специјалној машини за забушивање или на стругу за забушивање;
- Обрада спољашње површине плашта састоји се од операција; скраћивања кошуљице на дужину, обраде цилиндра, задњег конуса, дна, и испуста. Ове се операције изводе на струговима за одсецање, грубу обраду и копир-струговима за израду конуса. Уколико је потребно у комори кошуљице се обрађује дно фазонским ножем са истовременим поравњањем уста.

Зависно од расположивих машина и њихове јачине, обрада се може извршити појединачним простим операцијама или захватима који обједињују две или више операције (специјални полуаутоматски стругови).

Полуаутоматски стругови није само у могућности сједињавања више операција, које се врше једна иза друге, или истовремено, већ у томе што се обрада врши уз најмањи број стезања, те је концентричност и тачност израде много боља, него код стругова код којих се кошуљице после сваке појединачне операције преносе на други струг и поново стежу. На полуаутоматским струговима стезање комада за обраду врши се обично пнеуматским уређајем. За регулисање алата обично се користе шаблони помоћу којих се олакшава подешава. [6]

Недостаци који се могу јавити на грубој обради су следећи:

- Ексцентричност због неправилног забушивања испуста најчешће се испољава на задњем конусу кошуљице, а ређе на цилиндричном делу. После грубе обраде и ако се уочава, пошто на једној страни кошуљице остају мање или веће површине необрађене;
- Дубље бразде на унутрашњим бочним странама, као трагови неисправног извлакача (налепљен оксид на извлакачу, напрсао или набијен тискач за убадање);
- Рошава површина дна и прелаза у бочну страну у комори кошуљице последица је неочишћеног оксида;
- Евентуалне прскотине које се откривају у материјалу после грубе обраде плитке или кратке прскотине од развучених микро-укључака у материјалу, затим прскотине изазване неправилном металуршком обрадом, настале у ливници и вањацима челика, или на операцијама грејања, убадања и извлачења.

8.2.6. Сужавање кошуљице

После грубе стругарске обраде врши се сужавање кошуљица. Сужавање има задатак да цилиндричан облик кошуљице формира у оживални облик. Сужавање се постиже загревањем горњег дела кошуљице и пресовањем у матрици или ковањем.

Пре загревања за сужавање, да би се избегло стварање оксида кошуљице треба на делу који се загрева, тј. на нешто већој дужини, премазати течним кречним раствором. Тај део кошуљице загрева се на температури $900 - 1000^{\circ}\text{C}$.

Загревање се може вршити на коморним или каруселним плинским пећим са отворима у које се стављају кошуљице до висине загревања. За кошуљице средњих калибра време загревања износи $10 - 20 \text{ min}$.

У новије време за загревање кошуљица пре сужавања користи се индукционо загревање којима се време загревања скраћује на $50 - 60 \text{ s}$.

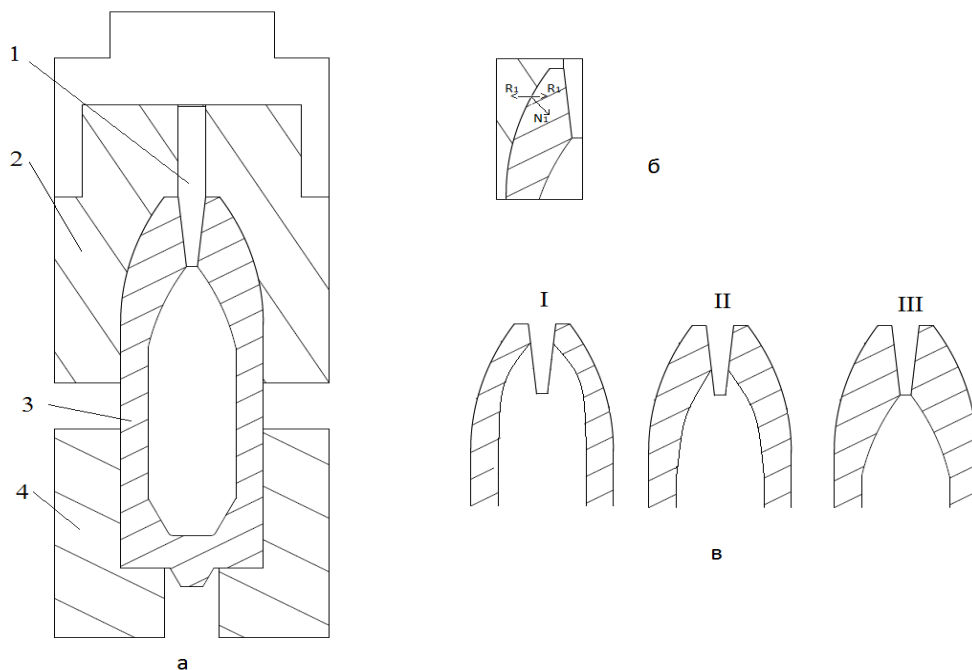
Да се врши загревање за сужавање на било каквом уређају мора бити равномерно у свим деловима те због тога кошуљицу за време загревања треба окренути неколико пута о се.

Због неравномерног загревања кошуљице по читавом појасу, могу се добити разне мане на оживалном делу после сужавања.

На слици 8.2.5. шематски је приказан процес сужавања кошуљица. Кошуљица је постављена у носачу на столу пресе. Матрица (2) с трном, (1) учвршћена је у глави пресе. Иста матрица при покрету наниже својим оживалним делом належа прво на уста кошуљице, а затим захвата све дубље сужавајући постепено предвиђени део кошуљице.

При кретању наниже, матрица делује на зидове кошуљице. Силом P која има правац паралелан са осом матрице. Сила P се разлаже на компоненте R и N . Сила R делује у радијалном правцу, притискујућу зидове кошуљице уз матрицу, а сила N која има нормалан правац на профил матрице сабија материјал кошуљице ка оси.

Сила N се мења дуж матрице по величини и правцу у зависности од профила матрице. [6]



Слика 8.2.5. Сужавање кошуљице артиљериског зрна [6]

(*a* – шема процеса сужавања; *b* – силе у току сужавања; *c* – фазе сужавања; 1 – трн; 2 – матрица; 3 – кошуљица; 4 – алат за држање кошуљице.)

Цео процес сужавања може се поделити у три периода:

- За време првог периода превладавају радијална сила R услед које се скупљају уста кошуљице а зидови постају дебљи;
- Други период почиње у моменту када материјал уста кошуљице дође у додир са трном. Део кошуљице који се додирује с трном не може се кретати кружно по оси, али у пресецима кошуљице који леже ниже, и који још нису дошли у додир с трном, такво кретање метала је могуће. Једновременно с почетком другог периода врши се у горњем суженом делу кошуљице ширење метала према унутра под дејством матрице и трна;
- За време трећег периода врши се допунско задебљање зидова и коначно формирање отвора уста. Под дејством притиска матрице и трна премешта се пораст задебљање зидова на доле.

Смањивање дужине кошуљице није једнако по свим пресецима. Оно је највеће при устима, где се добија највеће задебљање зидова, и све је мање идући од уста кошуљице. На месту прелаза од оживалног дела ка цилиндричном делу јавља се мало задебљање кошуљице споља. [6]

Дужину дела кошуљице који се загрева за сужавање, треба одредити практичним испитивањем, пошто од исте зависи дали је дебљина зидова и запремина шупљине кошуљице бити у одређеним границама.

Операција сужавања се изводи на следећи начин. После вађења кошуљице из пећи, с кошуљице треба скинути оксид подешеним стругачем или челичном четком, а затим је са дном окренутим доле поставити у лежиште на столу пресе. Пуштањем пресе у рад спушта се матрица и затвара уста кошуљице у једном или два хода пресе.

Пре почетка сужавања потребно је матрицу загрејати за $100 - 200^{\circ}\text{C}$. То се обично чини помоћу једне сужене шкарт кошуљице чије загревање траје $5 - 10\text{ min}$.

Пре сваког сужавања матрица се мора равномерно подмазати, а по сужавању охладити водом и очистити од заосталог оксида.

После сужавања кошуљице се слажу на устима на доле у песак, ради хлађења, док не потамне, (или док се потпуно не охладе, ако их поново не загревамо), а затим се могу слагати положене ради хлађења на слободном ваздуху.

На суженим кошуљицама обавезно се контролише:

- Спољни профил оживалног дела;
- Дужина сужене кошуљице;
- Дебљина зидова суженог дела.

Вруће сужавање се обично врши на вертикалним хидруличним, механичким или фриксионим пресима. Обично се код сужавања јављају следеће мане: тањи, дебљи и ексцентрични зидови због недовољног, сувишног или неравномерног загревања. [6]

8.2.7. Термичка обрада кошуљице

Циљ термичке обраде кошуљице израђених врућом обрадом из ваљаних челичних гредица је побољшање структуре материјала, уклањање унутрашњих напрезања и довођење на прописане механичке особине.

Термичка обрада биће успешна само онда, ако су металуршки процеси при изради челика били правилни и ако је кошуљица дошла у термичку обраду са одговарајућом микроструктуром.

Иначе, зависно од врсте пројектила, врсте употребљеног челика и захтеваних механичких особина готове кошуљице користе се следећи основни видови термичке обраде кошуљице:

Одгревање (нормализационо жарење) има за циљ да се у материјалу кошуљице одстрани унутрашња напрезања која су у материјалу створена на претходним операцијама, да се материјалу врати ситно зрнаст структура и да му се побољшају механичке особине.

Одгревањем кошуљице врши се обично на температури за $10 - 30^{\circ}\text{C}$ вишој од тачке A_{c3} , при чему је врло важно време задржавања на тој температури и брзина хлађења. Код угљеничних челика средње тврдоће, са око 0,45 % C, брзина хлађења при одгревању у пећима може бити $75 - 100^{\circ}\text{C}$ на час, док код легираних челика који садрже 0,35 – 0,50 % C хлађење не треба бити брже од $20 - 25^{\circ}\text{C}$ на час.

Сувише лагано хлађење изазива јаку диференцијацију прелита и нагомилавање ферлита у виду крупних зрнаца, што проузрокује снижавање отпорности на кидање и границе еластичности. Сувише брзо хлађење даје обрнути ефекат.

Ако се врши одгревање откивака који су се после ковања охладиле онда се откивци остављају у пећи загрејаној на $400 - 450^{\circ}\text{C}$, изравњају се на овој температури с температуром пећи, а затим се загреју до 750°C . Даљи поступак је исти као код одгревања врућих откивака.

После термичке обраде контролише се тврдоћа на свим кошуљицама и у случају да она није прописаним границама, читава шаржа, или само њен део враћа се на термичку дораду. Термички обрађене кошуљице подвргавају се пескарењу споља и изнутра ради скидања оксида, а затим се чисте крпама и ваздухом под притиском и замашћују. [6]

8.2.8. Фина обрада кошуљице

У финој обради која се састоји од обраде са скидањем струготине, кошуљица добија коначан облик и димензије предвиђене конструкционим цртежом.

Број операција и поступак рада за фину обраду зависи углавном, од тога са каквим се машинама располаже. У већини случајева фина обрада изводи се на полуаутоматским и копирним струговима и обухвата следеће операције:

- Обрада уста кошуљице, проширење отвора на устима за навој;
- Нарезивање навоја;
- Обрад целе спољне трасе кошуљице, укопавање канала за водећи прстен с назубљивањем;
- Скидање испуста и поравњање дна.

Пре уклапања канала за водећи прстен, све се кошуљице контролишу на постојање прскотина помоћу магнетног дефектоскопа. Исправност дефектоскопа контролише се почетком сваке смене. Количина, дубина и правац рисева који се могу толерисати прописују се техничким условима.

После испитивања на дефектоскопу мора се извршити демагнетисање кошуљице. Контрола тежине кошуљица врши се после операције назубљивања канала за водећи прстен. Лакше кошуљице се одбацују, а теже се поправљају скидањем материјала из нутра.

После глодања и контроле навоја, а пре набијања бакарног прстена све кошуљице се испитују на хидраулични притисак у трајању од 10 секунди. Величина притиска зависна је од намене кошуљице и одређена је техничким условима. Као течност за испитивање користи се хидрол. У кошуљици и течности не сме бити ваздуха, јер би код евентуалног прскања кошуљице парчад добила велику брзину и разорну моћ.

Код овог испитивања не сме се појавити орошавање спољашње површине нити промена димензија кошуљице. После извршених контрола, на кошуљици се утискују одговарајуће ознаке. [6]

Мане које се јављају на финој обради су следеће:

- Неједнака дебљина зидова на оживалу и задњем конусу. То су углавном оне кошуљице код којих је ексцентричност примећена још у грубој обради, али су оне послате у фину обраду јер постоји могућност да се новим скидањем материјала у финој обради доведу у исправно стање. Кошуљице код којих то није постигнуто у финој обради издвајају се као шкарт. Ти су случајеви ексцентричности ретки;
- Рисеви и прскотине паралелне са осом кошуљице које се откривају на дефектоскопу, а које су настале развлачењем мехурића и микроучључака приликом ваљања челика или извлачењем кошуљице.

8.2.9. Водећи прстен

Водећи прстенови израђују се из цеви или трака од чистог бакра или бакра легираног са никлом. Бакар за бакарне цеви садржи 99,9 % бакра, тако да се у садржају бакра урачунавају A_g и N_i у укупној количини до 0,1 % остало су примесе.

Цеви од легуре бакар-никл садрже 4,4 – 5,4 % никла, а остало су бакар и примесе. У садржај бакра урачунава се и садржај кобалта који не сме да прелази 0,5 %.

За обе врсте бакарних цеви дозвољени садржај примеса је :

Табела 6. Дозвољен садржај примеса [6]

Fe	0,1 %	S	0,01 %
Pb	0,01 %	P	0,01 %
Bi	0,002 %	C	0,03 %
Sn	0,01 %	O	0,01 %

Дозвољена количина свих примеса укупно не сме прелазити 0,1%.

Отпорност на кидање материјала у жареном стању обично се прописује у границама $\sigma_m = 21 - 28 \text{ kp/mm}^2$, а истезање $\delta = \min 3,3 \%$. Материјал у жареном стању не треб да садржи више од 800 -820 зрна по mm^2 .

Материјал цеви мора бити хомоген, без укључака и оксида, без пора, пукотина, дволатности и других мана које могу штетно утицати на даљу прераду.

Сечење прстенова из цеви врши се на стругу са отвором у глави пречника цеви. Сечење се може вршити ножем за одсецање, али је економичније сечење диском ради мањег отпатка.

После одсецања бакарни прстенови се жаре, обично у коморним електричним пећима ради добијања потребних механичких својстава, затим се калибрирају и равњају због витоперења приликом жарења.

После калибрирања и равњања прстенови се нагрizaју, перу и суше. Овај процес састоји се од следећих операција:

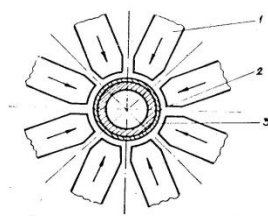
- Потапањем у 6 -10 % водени раствор сумпорне киселине на температури 50°C ;
- Прање у купки са хладном текућом водом;
- Прање у топлој води изнад 40°C (садржај киселине дозвољава се до 0,2%);
- Потапањем у 9 – 10 % водени раствор *Na Oh*, при температури купке $90 - 110^{\circ} \text{C}$;
- Прање у купки са топлим водом изнад 40°C ;
- Прање у хладној текућој води.

У даљем раду са прстеновима, све до набијања на кошуљици исти се не смеју хватати голим рукама, него са чистим рукавицама.

Пре уградње прстенови се контролишу визуелно и димензионално. Визуелним прегледом се утврђује да су све површине чисте и глетке и наручито да у материјалу нема раслојавања, дволатности, пукотина и дубљих попречних рисева. Димензије морају одговарати димензијама на цртежу.

После fine обраде и контроле, кошуљице морају бити очишћене и одмашћене. Непосредно испред пресе за стезање бакарног прстена, канал за водећи прстен пере се прво чистим бензином, а затим алкохолом. Он мора бити потпуно чист и без трагова масноће. Рад се обавља са рукама у чистим и сувим рукавицама.

За стезање водећег прстена у каналу кошуљице користе се специјалне хидруличне пресе, код којих као алат служе покретне радијално распоређене чељустути које утискују прстен у канал. Такав алат шематски је приказан на слици 8.2.6. [6]



Слика 8.2.6. Алат за стезање водећег прстена [6]

(1 – чељустути, 2 – водећи прстен, 3 – кошуљица)

8.2.10. Заштита кошуљице од корозије

Поступак заштите кошуљице од корозије састоји се од следећих операција:

- Чишћење и одмашћивање;
- Фосфатирање (бондеровање);
- Спољашње лаковање кошуљице;
- Унутрашње лаковање.

Чишћење и одмашћивање. Одмашћивање кошуљице може се вршити на више начина највише је у употреби одмашћивање у пари трихлора, у специјалним уређајима у којима је кретање кошуљице у току процеса одмашћивања аутоматизовано. За одмашћивање кошуљице, наручито средњих и већих калибара, још увек се у неким фабрикама користи прање у врућој води са калцинираном и каустичном содом, или специјалним детерџентима. [6]

Фосфатирање. Фосфатирање кошуљица врши се у овом случају не само зато што и сама фосфатна превлака штити челик од корозије, него више зато што је фосфатна превлака добра подлога за бојење и лаковање.

Спољашње лаковање кошуљица. За спољашње лаковање кошуљице се припремају на тај начин што се преко водећег прстена навлачи заштитини појас, а у уста кошуљице навија се чеп с куком о коју се кошуљица веша за бојење и сушење после бојења.

Унутрашње лаковање кошуљице. Унутрашња површина артиљерских кошуљица лакује се обично асфалт лаком који мора одговарати прописаним условима. Лак се припрема на тај начин што се измеша и додавањем разређивача доведе на одређени вискозитет. Навој на устима кошуљице заштићује се навијањем заштитног прстена. За лаковање, кошуљица се поставља на специјалну окретницу, а лак се наноси распршивањем које мора бити врло фино, у облику магле, како не би долазило до сливања. По завршетку лаковања кошуљица се скидају са окретнице уклања се заштитни прстен, а кошуљице се постављају на сто за сушење. После сушења, навој у устима кошуљице заштрићује се премазивањем с литијумском машћу. [6]

Унутрашње лаковање контролише се 100% визуелно помоћу сијалице. Лак мора равномерно покривати целу површину без сливања. Преливање лака контролише се нарезивње решетке.

8.2.11. Контрола квалитета кошуљице

Контрола квалитета кошуљица чине следећи видови контроле:

- Контрола механичких особина,
- Визуелна контрола и контрола на магнетоскопу,
- Димензионална контрола,
- Контрола на хидрулични притисак,
- Контрола заштитне плочице,
- Контрола водећег прстена,
- Контрола отпорности кошуљице гађањем са повећаним притиском (толеранција)
- Контрола антикорозионе заштите.

Контрола тврдоће по Бринелу. После термичке обраде кошуљице, контрола произвођача врши 100%-тну контролу тврдоће кошуљица бринеловањем. Контролни орган врши ову на узорку одређене величине. Тврдоћа се мери на средњем цилиндричном делу кошуљица, на два места под углом од 180 °, помоћу Бринел-апарата. Максималну и минималну вредност пречника отиска при бринеловању утврђује произвођач у технолошком поступку, а у складу са механичким особинама датим на цртежу кошуљице.

Разлика тврдоће на једној кошуљици не сме бити већа од прописане у оквиру дозвољених граница пречника отиска. [6]

Контрола затезне тврдоће. После извршене контроле тврдоће, а пре фина обраде, врши се контрола затезне тврдоће. За ту контролу контролни орган одваја по две кошуљице из сваке шарже и то једну из групе с највећом и једну из групе с најмањом тврдоћом. Из сваке кошуљице израђују се по две епрувете. Место на кошуљици одакле се узимају епрувете, и облик епрувете одређени су у конструктивној документацији. Резултати испитивања морају одговарати захтевима документације.

Визуелна контрола и контрола на магнетоскопу. Визуелну контролу и контролу на магнетоскопу контрола произвођача врши 100 %, а контролни орган контролише узорак прописане величине. При визуелној контроли дозвољавају се недостаци који не утичу штетно на балистичке особине, отпорност и фунлцију, као што су:

- Местимична удубљења од резног алата без оштрих ивица, ако не прелазе дубину од 0,5 mm.
- Незнатни засеци, чак и по целом обиму ако су без оштрих ивица и ако не прелазе дубину од 0,2 mm.
- Трагови убоја и удараца који су настали у производном процесу при руковању с кошуљицама.
- Незнатни убоји на центрирајућем прстену ако су изравнати с површином.
- Улажење максималног навојног контролника дозвољава се два обрта.
- При контроли оживала профилним контролником дозвољава се местимични зазор до 0,5 толеранције за цилиндрични део.
- Удубљења с метално чистом основицом без оштрих ивица, ако су настала од отпалог оксида, а нису дубља од 1 mm.
- Трагови алата за извлачење ако нису шири и дубљи од мере прописане условима.

Димензионална контрола. Димензионалну контролу врши произвођач 100%, а контролни орган контролише узорак прописане величине. Пријем кошуљица врши се по шаржама челика или по партијама израде. Уколико контролни орган надје одступање од димензија на цртежу. Шаржа или партија, враћа се на ревизију. [6]

Контрола на хидрулични притисак. После испитивања на магнетоскопу кошуљице се подвргавају испитивању на хидрулички притисак прописане величине у току 10 секунди. Кошуљице које пропусте течност у виду млаза, капи или росе или се при испитивању деформишу, одбацују се. Пре испитивања, контролни органн проверава исправност инсталације помоћу контролног манометра. Као течност за испитивање користе се течности које не изазивају корозију. Приликом испитивања треба обратити пажњу да у кошуљици нема ваздуха. [6]

Контрола водећег прстена. Водећи прстенови се пре набијања контролишу визуелно и димензионално, ради откривања мана као што су: двопластичности, лункери и разни укључци. Прстенови с горњим манама, или димензионалним отстапањима одбацују се. Пре пуштања бакарних прстенова у прераду, из сваке шарже или партије бакарних цеви набијају се по три прстена на кошуљицу који се затим скидају и подвргавају опиту затезања. Тај опит изводи произвођач уз увид контролног органа.

Контрола отпорности кошуљице гађањем са повећаним притиском (толеранција). За овај опит контролни орган одваја по две кошуљице из сваке шарже. Гађање се врши с пуњењем која дају за око 10% већи притисак од максималног. Гађање се врши у тунелу са песком. За овај опит кошуљице се лаборишу интерном масом и лажним упаљачем. Кошуљице морају да испуне следеће услове: [6]

- Не смеју се разбијати и ломити при кретању кроз цев оруђа, нити сме доћи до спадања водећег прстена;
- Водећи прстенови морају да имају на себи правилно упресована поља као доказ да су правилно извршили своју функцију;
- Не смеју имати веће од прописаних деформација;
- Не смеју се ломити при продору кроз песак или при удару у терен, сем у случају при удару у какав предмет;

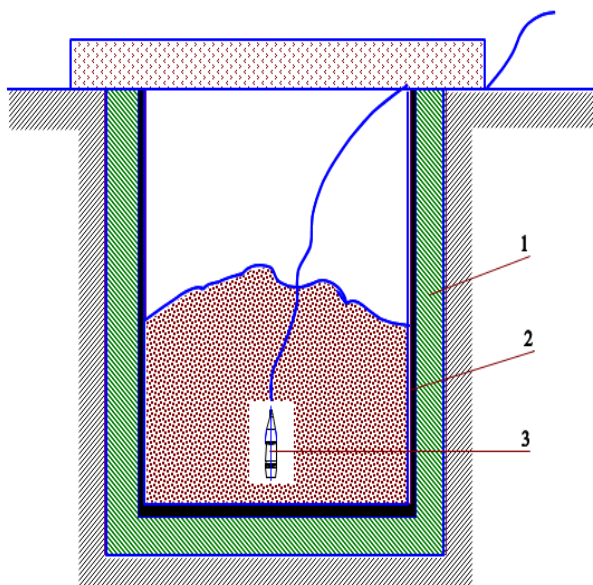
9. Експериментално одређивање парчадног дејства тренутно-фугасних граната

Експериментално одређивање парчадног дејства у реалним условима примене разорног пројектила скопчано је са дуготрајним и врло скупим радовима. Због тога се при развоју новог пројектила или истраживањима параметара који ће се обезбедити оптимално парчадно дејство (избор врсте експлозива, одређивање оптималне инерције, избор врсте и механичких карактеристика материјала кошуљице) експериментално одређивање парчадног дејства своди се на одређивање броја и облика парчади у које се кошуљица распрскава при нормалним условима иницирања и на утврђивање зависности вероватноће погађања парчади од растојања циља до места експлозије. Да би се на основу ових експерименталних резултата могао доносити суд о парчадном дејству у реалним условима примене, неопходно је познавати и факторе од којих зависи стварна ефикасност, а који су вам оних фактора који се нормално експерименталним путем одређују. [3]

9.1. Одређивање броја парчади

Одређивање броја и облика парчади врши се распрскавањем пројектила у песку. На слици 10.1. шематски је приказан основни део инсталације помоћу које се врши распрскавање пројектила ради одређивања броја и облика парчади.

Након електричним путем изазване експлозије пројектила, издваја се из песка парчад метала, класифицирају по тежини и пребројавају. [3]



Слика 10.1. Распрскавање пројектила у јами [3]

(1 - цилиндрична бетонска јама; 2 - метална облога; 3 - заштитна облога.)

Овакав опит, уколико је правилно изведен, даје потпуно реалну слику у погледу изгледа и броја парчади. Резултати неће бити реални у случајевима:

- Ако се распрскавање врши без заштитне облоге око пројектила (облога је од чамове даске) или је облога непосредно уз тело пројектила (оптимално растојање облоге од тела пројектила износи око једног калибра; у случају мањег растојања или непосредног наслањања облоге на тело пројектила део енергије експлозивног пуњења се троши на савладавање отпора околног песка у току распрскавања кошуљице);
- Ако се распрскавање врши у недовољној количини песка или је положај пројектила неправилан у односу на целокупну масу песка (долази до разбијања парчади о зидове јаме што даје погрешну слику о броју и изгледу парчади).

Парчад метала издвојена из песка, класифицира се по тежини у неколико група. Начин класификације није сасвим установљен и зависи од калибра и врсте разорног пројектила. Најчешћа класификација која задовољава у највећем броју случајева представљена је табелерно. Код правилно извршеног испитивања укупна тежина пронађених парчади никад аније мања од тежине метала пројектила за више од 5%. Већи губитак парчади указује на неку неправилност у издвајању опита. [3]

Табела 7. Тежина и број парчади при распрскавању пројектила у јами

Од 1,5 до 5g		Од 5 до 10 g		Од 10 до 20 g		Од 20 до 30 g		Од 30 до 50 g		Од 50 до 100 g		Преко 100 g	
N_i	M_i	N_i	M_i	N_i	M_i	N_i	M_i	N_i	M_i	N_i	M_i	N_i	M_i

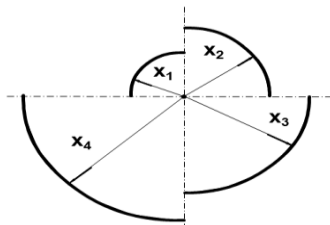
N_i, M_i - Број и маса пронађене парчади у i -тој масеној групи i .

Не треба посебно истицати да се експериментални резултати распрскавања у песку могу користити за утврђивање криве $\frac{n}{N} = f\left(\frac{q_p}{q_{sr}}\right)$ у сваком конкретном случају.

9.2. Утврђивање вероватноће погађања

Елементи од здраве и суве тополове даске, ширине 0,5 m, висине 2 m и дебљине 41 mm постављају се вертикално, један до другог, по обиму круга око тачке распрскавања на растојању 10 m, 20 m, 30 m и 40 m. Из практичних разлога уштед, елементи се постављају само по четвртини обима за свако од изабрана четири растојања.

Испитивани пројектил се поставља вертикално (са врхом навише) у центру кругова, на висини 1 m, а затим се електричним путем доводи до распрскавања (слика 10.2. и слика 10.3.). Уобичајно је, ради веће поузданости резултата, да се изврши распрскавање четири пројектила један за другим, а да се затим изврши пребројавање поједињених елемената у сваком сектору посебно. [3]



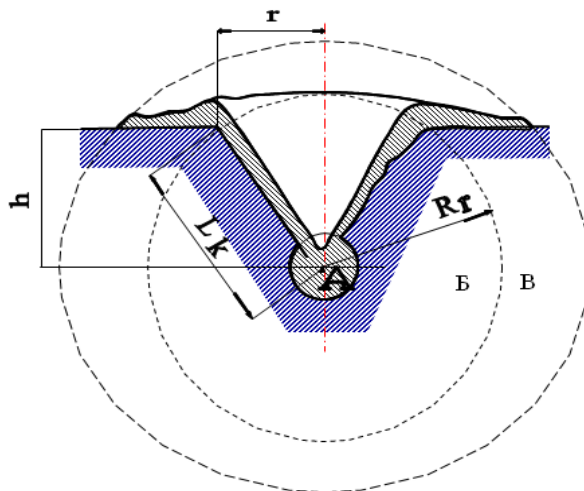
Слика 10.2. Шема распоред елемената при распрскавању ради одређивања вероватноће погађања [3]



Слика 10.3. Распоред елемената при распрскавању ради одређивања вероватноће погађања [3]

9.3. Оцена рушећег дејства тренутно-фугасних граната

При експлозији у тлу, након извесног продирања, рушеће дејство се манифестује избацивањем материјала тла у правцу најмањег отпора, при чему на месту експлозије остаје кратер (левак) шематски представљен на слици 10.4.



Слика 10.4. Кратер на тлу као последица рушећег дејства пројектила [3]

(А- зона сабијања, Б- зона рушења, В- зона растресања)

Како су пројектили рушећег дејства намењени за дејство против утврђених циљева врло различите природе и отпорности, то се на основу димензија и изгледа кратера на хоризонталном тлу доноси суд о ефикасности рушећег дејства пројектила, независно од природе издржљивости стварног могућег циља. На овај начин се знатно упрошћава анализа рушећег дејства и систематизација експерименталних резултата.

У средини у којој дејствује разорни пројектил гасовитим продукtima експлозије, разликујемо три зоне: зона сабијања, зона рушења и зона растресања

У зони сабијања гасовити продукти експлозије имају највећу еластичност, па средина у овој зони бива разбијена и њене честице истиснуте ван зоне. Зона рушења карактерише кидање везе између честица средине. У зони растресања ударни талас изазива само таласно кретање средине, без нарушавања везе између честица. [3]

10. Закључак

Квалитет производа, тј. квалитет кошуљице пројектила, зависи поред осталог и од нивоа пројектоване технологије. Виши ниво пројектоване технологије даје виши квалитет делова производа у истом технолошком систему, иако то не значи да ће он бити и најекономичнији. Стога је потребно обезбедити уравнотежење између нивоа пројектоване технологије и трошкова које изискује та технологија.

При пројектовању технологије која обезбеђује квалитет карактеристика производа потребно је одредити оптималан број операција обраде, јер се обично у једној операцији не може постићи тражени квалитет. Број операција зависи од захтеваног квалитета производа, односно од способности технолошких система на којима се те операције изводе. У случају код производње кошуљица тренутно-фугасних пројектила видимо да се поједине операције изводе једна за другом али постоји могућност да се изврше у једној операцији, то се захтева када је потребна сериска производња.

Квалитет предмета обраде дефинисан је у конструктивној документацији, а пројектовано технолошко решење треба да дефинише квалитет свих елемената технолошког система: алата, средстава рада и предмета рада. Ово је веома важно јер се ради о конструктивној документацији целог технолошког процеса, а који захтева специјане деформационе обраде откивака. Узајамно деловање свих ових елемената обезбеђује захтевани квалитет производа. Ниво пројектоване технологије према елементима који он носи, провереним и овладаним у пракси, даје могућност (применом математичке статистике и теорије вероватноће) изналажења законитости расипања димензија предмета обраде у процесу експлоатације.

Приликом лаборисања пројектила експлозивном материјом могу се користити различите методе лабораторије. Могу се издвојити три основне: ливење експлозивне материје, шнековање експлозивне материје и пресовање. Свака од наведених метода има своје предности и недостатке у односу на остале две методе, а избор методе за лабораторију метка зависиће од бројних фактора од којих би се могли издвојити калибар пројектила, конструкција кошуљице пројектила, избор експлозивне материје, обучененост људства.

11. Литература

- [1] Милован Ристић, Муниција, први део књиге, Опис и руковање, 1974.
- [2] Милован ристић, Муниција, други део књиге, Опис и руковање, 1974.
- [3] Александар Стаматовић, Основи конструисања пројектила, Београд, 1966.
- [4] Јовановић М., Адамовић Д., Лазић В., Ратковић Н.: Машински материјали, Крагујевац 2003.
- [5] Србислав Александровић, Милентије Стефановић, Технологија пластичног обликовања метала, Крагујевац, 2010.
- [6] Владимир Ж. Јовановић, Технологија производње муниције, Загреб, 1977.