

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: Конструкција пројектила и упаљача

Број индекса: 522/2013

Марко Д. Радисављевић

**Могућности примене водећег прстена од
полимерних материјала на пројектилима
артиљеријске муниције малог калибра**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. доц. др Јовица Богданов - ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: Војноиндустријско инжењерство

Студијско подручје (усмерење):

Име и презиме: Марко Радисављевић

Број индекса: 522/2013

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: Могућности примене водећег прстена од полимерних материјала на пројектилима артиљеријске муниције малог калибра

Задатак: Први задатак завршног рада је објашњење намене, конструкције, материјала израде и најзначајнијих особина водећег прстена на пројектилима артиљеријске муниције. Други задатак је објашњење конструкције и опис карактеристичних представника савремене артиљеријске муниције малог калибра. Податке о муницији преузети из одговарајуће домаће и стране литературе. Трећи задатак је објашњење методе прорачуна и анализа резултата прорачуна параметара напрезања предложене конструкције водећег прстена од полимерних материјала током кретања пројектила кроз цев оруђа. Студенту ће бити доступна потребна литература и подаци о савременој артиљеријској муницији малог калибра.

Ментор:

потпуковник др Јовица Богданов, доцент

Крагујевац, 04.07.2019. године



САДРЖАЈ

САДРЖАЈ.....	1
УВОД.....	4
1. КОНСТРУКЦИЈА ВОДЕЋЕГ ПРСТЕНА.....	5
1.1. Појам и опис конструкције водећег прстена савремене артиљеријске муниције ..	5
1.2. Напрезање водећег прстена.....	7
1.2.1. Нормална сила	8
1.2.2. Константан угао увијања жлебова	10
1.2.3. Променљиви угао увијања жлебова	11
1.3. Напрезање водећег прстена током урезивања у жлебове цеви.....	12
1.4. Напрезање током кретања кроз ожлебљену цев	16
1.4.1. Трошење водећег прстена.....	17
1.4.2. Оптерећење водећег прстена и услови безбедности	19
1.4.3. Напон на притисак.....	20
1.4.4. Напон смицања	21
1.4.5. Напон услед дејства центрифугалне силе.....	22
1.5. Материјали израде водећег прстена	23
1.5.1. Бакар и легуре бакра	23
1.5.2. Челик и синтеровано гвожђе	24
1.5.3. Полимерни материјали	25
1.6. Производња водећег прстена	30
2. Савремена артиљеријска муниција малог калибра	34
2.1. Конструкција и основне особине артиљеријске муниције малог калибра.....	35
2.1.1. Упаљач	35
2.1.2. Пројектили артиљеријске муниције малог калибра	39
2.1.3. Чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом	45
3. Опис конструкције савремене муниције за аутоматске топове.....	49
3.1. Муниција 20×102 mm.....	49
3.1.1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом M56	50
3.1.2. Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом M53	52
3.1.3. Метак 20 mm са панцирно-тренутно-запаљивим пројектилом PGU-28A/B	52
3.1.4. Метак 20 mm са панцирним пројектилом MK149.....	53
3.1.5. Метак 20 mm са вишенаменским пројектилом M940	54
3.1.6. Метак 20 mm са пројектилом повећаног дејства MK244	54
3.1.7. Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP-T.....	55
3.2. Муниција 20×110 mm „Хиспано“	56
3.2.1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом M57	57
3.2.2. Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M57	62
3.2.3. Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом M60	63
3.2.4. Вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом M79	65
3.3. Муниција kalibra 20×139 mm.....	66
3.3.1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом	67

3.2.2. Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M599	69
3.3.3. Метак 20 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом са језгром DM43..	70
3.3.4. Вежбовна муниција 20 mm са инертним и обележавајућим пројектиlima ...	70
3.4. Муниција калибра 23×115 mm.....	71
3.5. Муниција калибра 23×152В mm.....	73
3.6. Муниција калибра 25×137 mm	75
3.6.1. Метак 25 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M792	77
3.6.2. Метак 25 mm са пробојно-запаљиво-обележавајућим пројектилом PGU-32/U	79
3.6.3. Метак 25 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом са језгром M791....	80
3.6.4. Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом M919	81
3.6.5. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом M793	82
3.6.6. Вежбовни метак 25 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом M910	83
3.6.7. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом PGU-33/U.....	84
3.7. Муниција 30×165 mm за аутоматске топове 2А42 и 2А72	85
3.7.1. Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом	87
3.7.2. Метак 30 mm са тренутно-обележавајућим пројектилом	88
3.7.3. Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом	88
3.7.4. Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом	89
3.7.5. Вежбовна муниција 30 mm са инертним и обележавајућим пројектилом.....	90
3.8. Муниција 30×173 mm „Бушмастер 2“	90
3.8.1. Метак 30 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом, Mk264;	91
3.8.2. Метак 30 mm поткалибарно-обележавајућим пројектилом Mk258;.....	92
3.8.3. Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266; .	93
3.9. Муниција калибра 30×210 mm.....	93
3.9.1. Метак 30 mm са тренутно- обележавајућим пројектилом JFSv	95
3.9.2. Метак 30 mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом JPZSv ..	97
3.9.3. Метак 30 mm са вежбовним пројектилом JnhSv	98
3.9.4. 30 mm маневарски пројектил JAu.....	98
3.9.5. Школски метак M69.....	99
3.10. Муниција 30×210 Вmm за аутоматске топове НН-30	99
3.10.1. Метак 30 mm са тренутно-фугасно-запаљивим пројектилом M68.....	100
3.10.2. Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-фугасним пројектилом ОФ-83.....	103
3.10.3. Метак 30 mm са пробојним (фугасним) пројектилом Ф-83.....	104
3.10.4. Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом БР-83.....	104
4. Анализа могућности примене водећег прстена од полимерних материјала на тренутно-запаљиво-обележавајућем пројектилу 20 mm M57	106
4.1. Услови коришћења полимерних материјала за израду водећег прстена	106
4.2. Карактеристике изабраног полимерног материјала.....	106
4.3. Прорачун параметра напрезања водећег прстена од изабраног полимерног материјала.....	108
4.4. Одређивање напрезања зида и дна кошуљице пројектила	110
Закључак.....	115
Прилог	117

Списак скраћеница	119
Списак слика	121
Списак табела	126
Списак литературе	127

УВОД

Водећи прстен је елемент пројектила који је задужен за његово вођење током кретања пројектила кроз цев оруђа. Водећи прстен се користи дуги низ година, тј. од тренутка почетка коришћења ожлебљених цеви. Током година коришћења није било неких већих промена у конструкцији водећег прстена. Током последњих неколико деценија све више се примењују полимерниматеријали за израду водећег прстена.

Примена полимерних материјала у изради водећег прстена има неколико предности у односу на тренутне материјале израде, бакар, легуре бакра и челик. Полимерни материјали имају нижу цену и више су доступни. Доводе до мањег хабања и трошења цеви оруђа, на тај начин им продужују животни век. Са аспекта екологије су прихватљивији за коришћење у односу на обојене метале, као што су бакар и цинк. У случају сукоба бакар се може сматрати материјалом стратешке важности и његова доступност може бити смањена, што код полимера није случај.

У раду је извршена опис муниције малог калибра за аутоматске топове и прорачун напрезања водећег прстена од једног полимерног материјала за предложену конструкцију разорног пројектила калибра 20 *mm*.

Прво поглавље садржи опис намене водећег прстена као и приказ напрезања и сила које делују на водећи прстен. У првом поглављу су приказани и материјали израде водећег прстена, као и начин производње. Коришћена је домаћа литература [1-4].

Друго поглавље садржи опис и врсте савремене муниције малог калибра за аутоматске топове. Приказани су основни делови и њихова намена, где је коришћена литература [2,6,7].

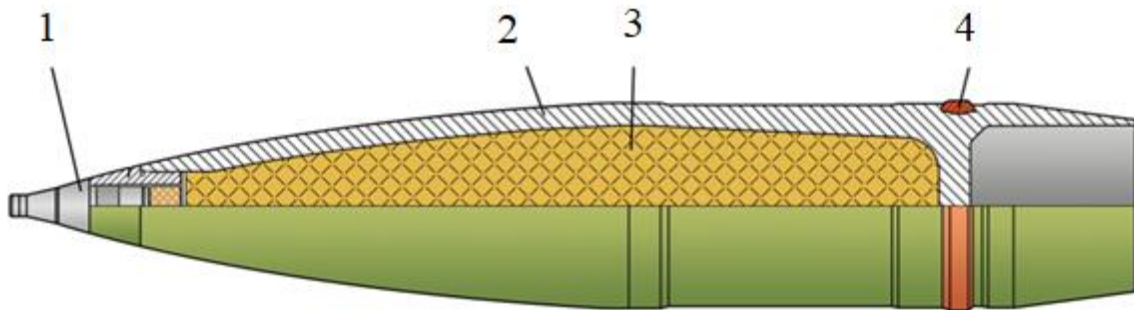
Треће поглавље детаљно обрађује савремену муницију малог калибра, која се користи за аутоматске топове. Коришћена је доступна литература, углавном страних аутора на енглеском језику [8-39].

Четврто поглавље садржи опис предложене конструкције пројектила 20 *mm* и прорачун сила које делују на водећи прстен од изабраног полимерног материјала. Такође садржи и прорачун напрезања зида кошуљице пројектила. Коришћена је углавном домаћа литература [1-4].

1. КОНСТРУКЦИЈА ВОДЕЋЕГ ПРСТЕНА

1.1. Појам и опис конструкције водећег прстена савремене артиљеријске муниције

Водећи прстен (ВП) је саставни део свих пројектила који се испаљују из класичних артиљеријских система са ожлебљеном цеви. Водећи прстен се такође може применити и код неких оруђа са глатком цеви, где се другачије често назива и „заптивни прстен“. По правилу, водећи прстен се налази чврсто спојен у удубљењу на доњем делу цилиндричног дела кошуљице пројектила (слика 1.1).



Слика 1.1. Изглед пресека артиљеријског пројектила ^[2]:

1 – водећи прстен; 2 - експлозивно пуњење; 3 – кошуљица; 4 – упаљач.

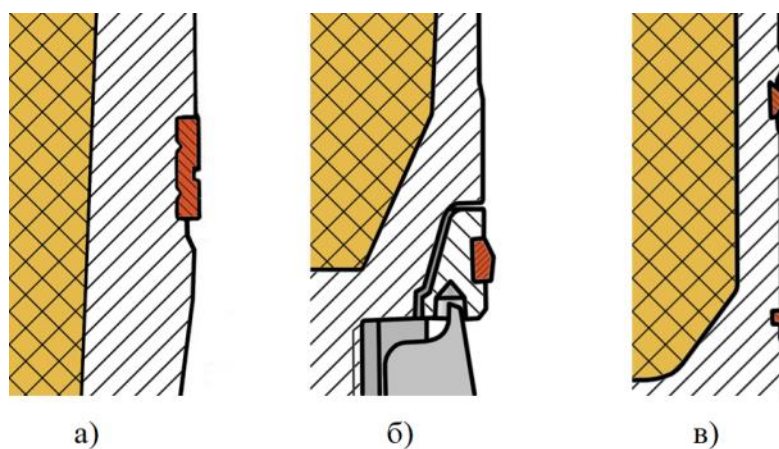
Улога водећег прстена је [2]:

1. Преноси на пројектил обртно кретање око уздужне осе симетрије пројектила, које је неопходно за стабилизацију пројектила приликом лета до циља.
2. Врши заптивање цеви током кретања пројектила и онемогући продирање барутних гасова у простор цеви испред пројектила. Уколико је заптивање лоше, може доћи до пада почетне брзине пројектила, што ће се негативно одразити на лет самог пројектила. Такође истицање барутних гасова може допринети до ерозије саме цеви.
3. Обезбеђује коаксијалност уздужне осе симетрије водећег прстена и уздужне осе симетрије цеви оруђа током кретања пројектила.
4. Обезбеђује идентичан полазни положај свих пројектила када пројектил није чврсто везан за чауру (полусједињени и дводелни метак).

5. Обезбеђује почетни притисак барутних гасова (притисак форсирања) који је неопходан за покретање пројектила и правилно урезивање водећег прстена у жлебове оруђа.

Приликом конструисања пројектила, посебна пажња се придаје конструисању водећег прстена. Из улоге коју има и задатака које треба да испуни, може се увидети важност правилног конструисања водећег прстена.

У зависности од цеви оруђа и од конструкције пројектила постоје неколико типова водећег прстена. Најчешће коришћени јесте водећи прстен за класичне артиљеријске пројектиле (слика 1.2.а).



Слика 1.2. Различите конструкције водећег прстена^[2]:

- а) класичан водећи прстен за ожлебљене цеви;**
б) водећи прстен за ожлебљене цеви и смањену ротацију пројектила;
в) водећи прстенови за глатке цеви.

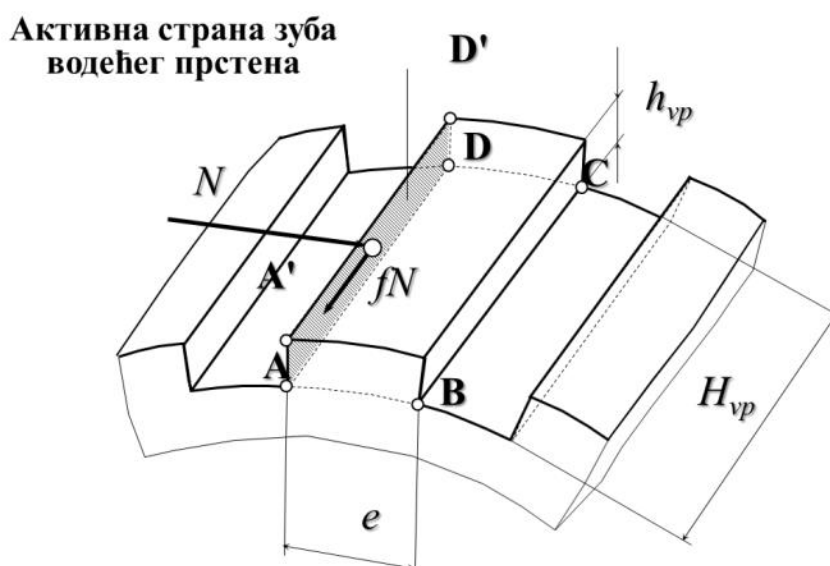
Уколико је потребно да пројектил има смањену ротацију око уздужне осе и ако је цев жлебљена, онда се користи посебна врста водећег прстена који није чврсто везан за пројектил (слика 1.2б). Водећи прстен се налази на носачу који може независно да се окреће од тела пројектила. На овај начин пројектил има смањену ротацију у односу на водећи прстен па се још називају и „малоротирајући пројектили“. Пошто пројектил и водећи прстен немају исту брзину ротације, овакво решење је погодно за примену код кумулативних пројектила, где се захтева смањена ротација пројектила због пробојности истог. Код кумулативног пројектила пробојност опада са повећањем ротације пројектила.

Муниција која се користи код глаткоцевних артиљеријских оруђа има водећи прстен, који са центрајућим површинама треба да обезбеди заптивање и центрирање

проектила у цеви (слика 1.2.в). Потребно је да онемогући истицање барутних гасова испред проектила. Пошто глаткоцевна оруђа немају жлебове у цеви, тако је и улога водећег прстена једноставнија и треба само да обезбеди заптивање простора између проектила и цеви. Често се назива и „заптивни прстен“.

1.2. Напрезање водећег прстена

Приликом покретања проектила долази до урезивања водећег прстена у жлебове цеви, због чега је у току даљег кретања проектила, захваљујући чврстој вези водећег прстена и кошуљице, транслаторно кретање проектила праћено и обртним кретањем. У фази кретања проектила у цеви оруђа, на пројектил делује, преко водећег прстена, нека сила N променљивог интензитета. Она пројектилу даје обртно кретање. Водећи прстен мора бити тако конструисан да издржи напрезања настала силом N , као и силу трења f_N до које неминовно долази приликом кретања проектила кроз цев оруђа (слика 1.3) ^[1].



Слика 1.3. Сегмент водећег прстена након урезивања у жлебове цеви^[1]

На слици 1.4 је приказан сегмент водећег прстена где су:

N – сила нормална на бок зуба

f_N – сила трења

H_{vp} – ширина водећег прстена

h_{vp} – висина зуба водећег прстена

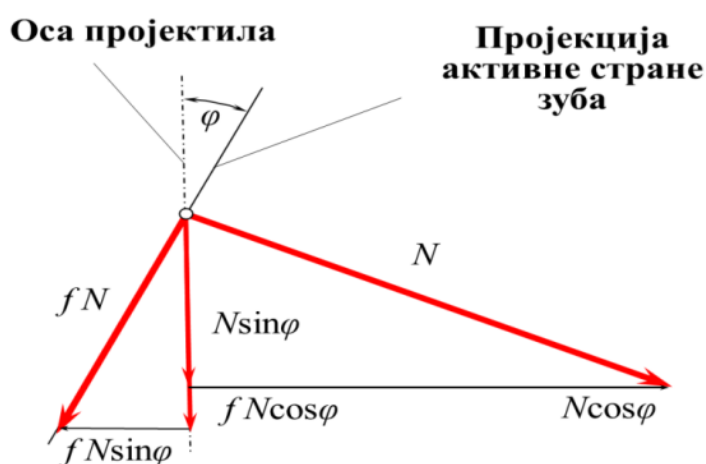
Водећи прстен мора бити конструисан тако да може да издржи наведене силе и оптерећења и то тако да задовољи следеће услове:

1. да се под дејством силе N не компромитује чврста веза између водећег прстена и кошуљице пројектила;
2. да под дејством силе N не дође до смицања у подножју зуба водећег прстена који испуњава жлеб цеви;
3. да се под дејством силе N на бочну страну зуба водећег прстена зуб не истроши до те мере да долази до компромитовања функције водећег прстена;
4. да не долази до откидања водећег прстена на почетном делу путање услед дејства центрифугалне силе

1.2.1. Нормална сила

Сила N може се одредити полазећи од диференцијалне једначине обртног кретања пројектила (слика 1.4) [1].

$$J_x = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{2} n N \cos \varphi \quad (1.1)$$



Слика 1.4. Оптерећење активне стране водећег прстена^[1]

Једначина 1.1 не узима у обзир момент силе трења, што се делимично може компензовати увођењем калибра d , уместо стварног крака силе $N \cos \varphi$, односно силе $f_N \sin \varphi$.

На основу израза 1.1, сила N која напада бочну, активну страну зуба водећег прстена, биће:

$$N = \frac{2}{d} \frac{J_x}{n \cos \varphi} \frac{d\omega}{dt} \quad (1.2)$$

Увођењем пута пројектила у цеви уместо времена као независно променљиве, израз за силу N може се написати и у другом облику:

$$N = \frac{2}{d} \frac{J_x V}{n \cos \varphi} \frac{d\omega}{dx} \quad (1.2a)$$

Зато што је:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{dx} \frac{dx}{dt} = V \frac{d\omega}{dx} \quad (1.3)$$

Како се обртна брзина пројектила може представити изразом:

$$\omega = \frac{2V \operatorname{tng} \varphi}{d} \quad (1.4)$$

Односно:

$$\frac{d\omega}{dx} = \frac{2}{d} \frac{d(V \operatorname{tng} \varphi)}{dx} = \frac{2}{d} \left[\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} \operatorname{tng} \varphi + V \frac{d(\operatorname{tng} \varphi)}{dx} \right] \quad (1.5)$$

Израз за силу N добија коначан облик:

$$N = \frac{J_x}{n} \frac{4}{d^2 \cos \varphi} \frac{1}{d} \left[\frac{dV}{dt} \operatorname{tng} \varphi + V^2 \frac{d(\operatorname{tng} \varphi)}{dx} \right] \quad (1.6)$$

Где су:

J_x – аксијални момент инерције пројектила

n – број жлебова

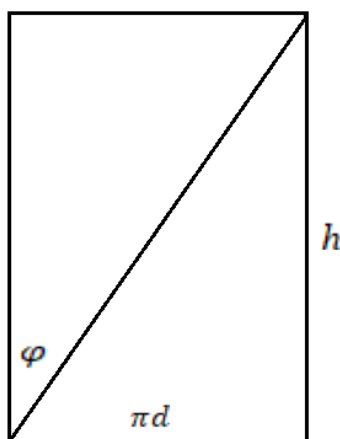
d – калибар пројектила

φ – угао увијања жлебова

Сила N је функција неколико променљивих величина, па су са становишта издржљивости водећег прстена од интереса услови под којим сила N достиже максималну вредност. Морају се разматрати два случаја, са константним и променљивим углом увијања жлебова.

1.2.2. Константан угао увијања жлебова

Ожлебљене цеви имају одређен број жлебова који су урезани у цев под углом φ и простиру се од прелазног конуса до уста цеви. На слици 1.5 је приказан развијени део цеви дужине једног корака и један жлеб са константним углом увијања. Корак жлеба h је дужина цеви на којој се жлеб увије за пун круг ^[3].



Слика 1.5. Константан корак увијања жлеба

Пошто је корак увијања константан онда из једначине 1.6, други члан на десној страни је $\varphi = const$, једнак нули. Тако да израз добијаоблик:

$$N = \frac{J_x}{n} \frac{4}{d^2} \frac{tng\varphi}{\cos \varphi} \frac{dV}{dt} \quad (1.7)$$

Највећу вредност сила N достиже у моменту када транслаторно убрзање пројектила има највећу вредност, односно у моменту када притисак барутних гасова у цеви оруђа достигне максималну вредност. Према томе једначина за вредност максималне нормалне силе биће:

$$N_M = \frac{J_x}{n} \frac{4}{d^2} \frac{tng\varphi}{\cos \varphi} \frac{P_M}{m} \left[\frac{d^2}{4} + \frac{en}{2} (d_0 - d) \right] \quad (1.8a)$$

Односно:

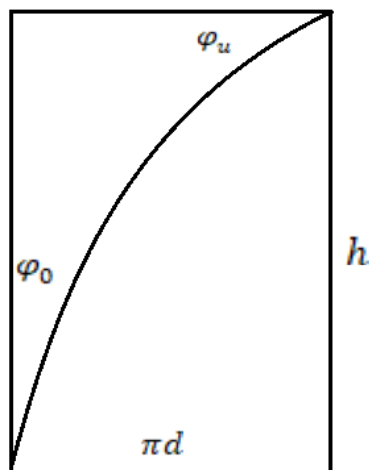
$$N_M = \frac{J_x}{n} \frac{\pi}{m} \frac{tng\varphi}{\cos \varphi} P_M \quad (1.86)$$

Табела 1.1. Вредност константног угла увијања жлебова за неколико различитих оружја и оруђа

Оружје - оруђе	Угао увијања жлебова	Почетна брзина пројектила, m/s	Обртна брзина пројектила на устима цеви, rad/s
Пушка 7,62 mm M70	8°7'	730	20584
ПА топ 20 mm M55	7°	880	10436
Брдски топ 76 mm M48Б1	7° 10'	400	1320
Хаубица 105 mm M56	8	472	1263
Топ-хаубица 155 mm Б52	8° 56'	810	1642

1.2.3. Променљиви угао увијања жлебова

Код цеви са променљивим углом увијања, угао је прогресиван и креће се са почетном вредношћу φ_0 од почетка жлебљења цеви и завршава се неком вредношћу φ_u на устима цеви. На слици 1.6 је приказан развијени део цеви дужине једног корака и један жлеб са променљивим углом увијања [3].



Слика 1.6. Шематски приказ прогресивног корака увијања жлеба

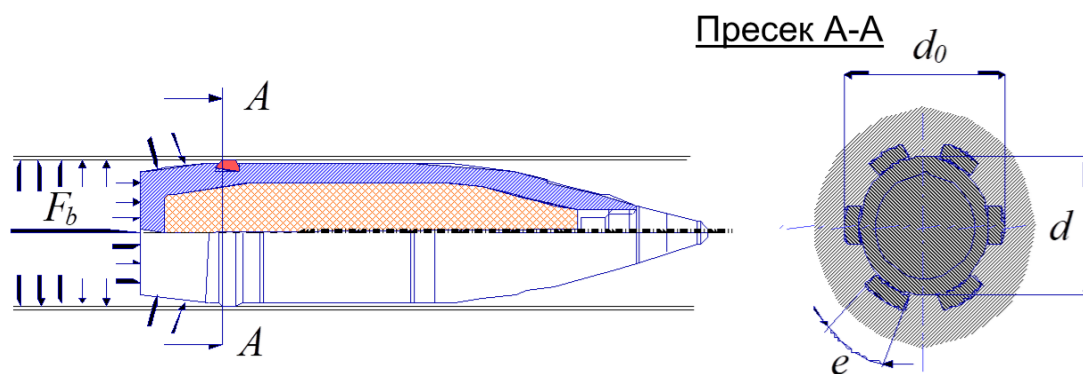
Променљиви корак увијања је повољнији зато што омогућује лакши процес урезавања водећег прстена уз мања оптерећења водећег прстена. Недостатак је то што максималну вредност сила N достиже на устима цеви када је водећи прстен смањене отпорности. Промена угла увијања дата је зависношћу $\varphi = \varphi_0 + kx$ или $tg\varphi tg\varphi_0 = kx$ (параболично жлебљење). Одређивање нормалне силе N је компликованије када је променљив угао увијања него када је константан. Да би се одредила највећа вредност

силе N потребно је познавање кривих $P=P(x)$, $\varphi = \varphi(x)$, $V = V(x)$, на основу којих се графичким путем долази до криве $N=N(x)$. Уз помоћ добијене криве која даје промену силе N у функцији пута пројектила у цеви оруђа, може се одредити највећа вредност силе N . Највећа сила N на устима цеви се може избећи коришћењем комбинованог угла увијања, тако да се променљиви угао увијања завршава неколико калибра пре уста цеви и даље наставља са константним углом увијања.

1.3. Напрезање водећег прстена током урезивања у жлебове цеви

Приликом опаљења долази до урезивања водећег прстена у жлебове цеви оруђа. Током урезивања долази до напрезања водећег прстена. Урезивање водећег прстена није тренутно, већ је за то потребно одређено време. У току урезивања долази до смицања материјала водећег прстена, али уједно и до гњечења материјала. Због тога је притисак у фази урезивања променљив.

Да би дошло до урезивања водећег прстена потребно је да се оствари притисак који ће да омогући довољну силу да би дошло до урезивања. Тај притисак настаје дејством барутних гасова и често се назива и притисак форсирања. Сматраће се да је притисак форсирања максимални притисак у фази урезивања и да се он постиже у моменту када се јавља највећа контактна површина између водећег прстена и прелазног конуса цеви. Притисак барутних гасова који настаје сагоревањем погонског барутног пуњења делује равномерно на целој површини цеви оруђа и дела дна пројектила (слика 1.7) [3].



Слика 1.7. Дејство барутних гасова на цев и пројектил ^[4]

Услед дејства притиска барутних гасова настаје сила означена са F_b , која је колинеарна са уздужном осом симетрије пројектила и са смером у правцу кретања пројектила.

Сила барутних гасова рачуна се као [4]:

$$F_b = P \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{2} (d_0 - d) \right] \quad (1.9)$$

Где су:

P – притисак барутних гасова

d – минимални унутрашњи пречник цеви (од поља до поља)

e – ширина жлеба цеви

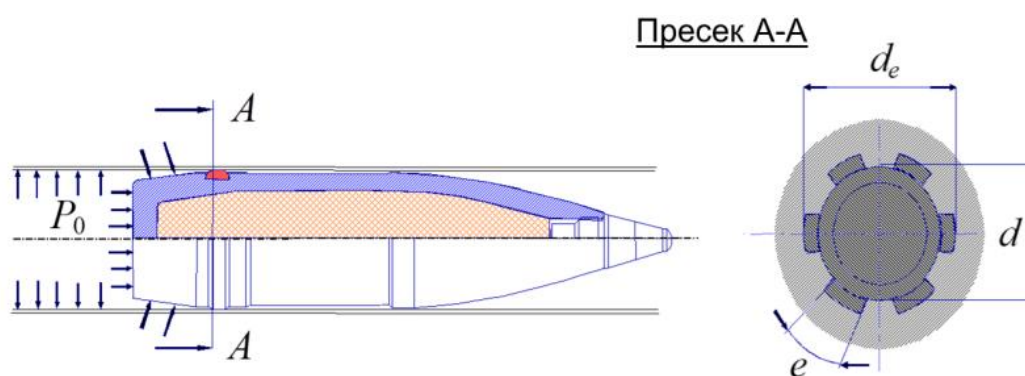
n – број жлебова

d_0 – максимални пречник цеви (од жлеба до жлеба)

Преко водећег прстена на пројектил делује сила урезивања, односно отпор урезивању, чија се аксијална компонента (колинеарна са уздужном осом симетрије пројектила) може израчунати помоћу израза:

$$F_u = P_0 \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{en}{2} (d_0 - d) \right] \quad (1.10)$$

На слици 1.8 приказан је притисак урезивања P_0 .



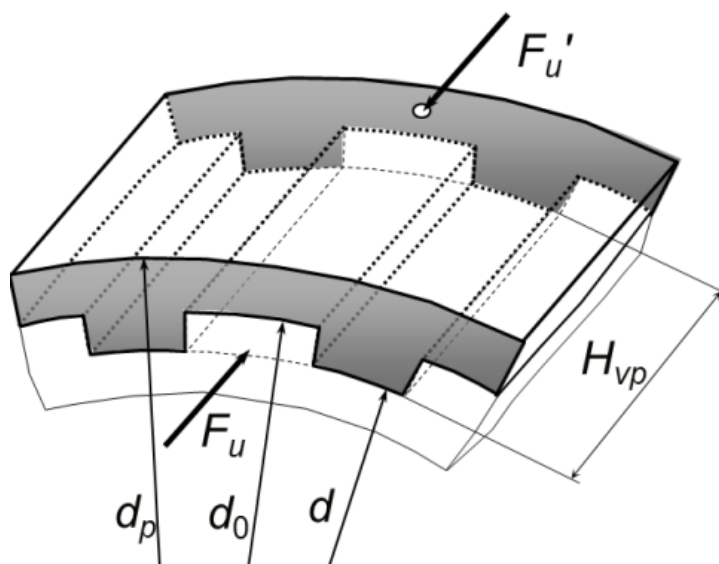
Слика 1.8. Притисак урезивања водећег прстена^[4]

Почетни притисак барутних гасова мора да осигура уједначено сагоревање барутног пуњења. Почетак кретања пројектила је тренутак у коме се притисак барутних гасова изједначава са силом урезивања водећег прстена. Барутна комора је заптивена помоћу пројектила у цеви и то омогућује раст притиска барутних гасова у барутној комори, а са порастом притиска расте и вредност силе која делује на дно пројектила. Када притисак барутних гасова достигне вредност P_0 , резултујућа сила барутних гасова, колинеарна са уздужном осом симетрије пројектила савлађује отпор

урезивања и покреће пројектил. Водећи прстен се деформише и урезаје у жлебове цеви, а вишак материјала се истискује иза водећег прстена и образује зупчasti венац.

Да би се обезбедило заптивање барутне коморе при покретању пројектила, потребно је да највећи пречник водећег прстена d_p буде једнак пречнику цеви d_0 (од жлеба до жлеба). У пракси водећи прстен мора бити нешто већег пречника како би се задовољиле толеранције израде водећег прстена и истрошености цеви и на тај начин осигурало поуздано и правилно заптивање цеви [1].

Потребно је одредити ширину водећег прстена која може да издржи силу урезивања (слика 1.9).



Слика 1.9. Почетно урезивање водећег прстена^[1]

Димензија H_{vp} мора да буде:

$$H_{vp} = \frac{p_0 d^2 \pi}{4F_s \left[\frac{\pi}{4} (d_p^2 - d_0^2) + ne' h_{vp} \right]} \quad (1.11)$$

Где су:

F_s – коефицијент пропорционалности ($F_s = 5 \text{ daN/mm}^3$)

d_p – пречник водећег прстена пре урезивања

Пречник d_p се рачуна као $d_p = d + 2h_{vp} + 2\xi$

$2\xi = d_p - d_0$ и дато је емпиријским изразом $\xi/d = 0,0009 \div 0,012$

Искуство је показало да се задовољавајући резултати добијају са вредностима ξ од неколико десетих делова милиметра. Треба имати у виду да се повећавањем вредности за ξ повећавају радијална напрезања у зиду кошуљице испод водећег прстена и убрзава трошење цеви.

Услов за покретање пројектила, за урезивање водећег прстена, јесте да сила барутних гасова у овој почетној фази изврши рад који се састоји из:

1. рада смицања потребног да се водећи прстен пречника d_p доведе на пречник d_0 по целом обиму и
2. рада потребног за урезивање поља цеви целом ширином водећег прстена.

Укупан рад, односно интензитет силе барутних гасова, а то значи и интензитет притиска урезивања P_0 , зависи од ширине H_{vp} водећег прстена, јер су остали услови унапред одређени и непромењиви. Притисак P_0 је унутрашње-балистички параметар и мора се налазити у неким границама. Према томе са становишта конструкције пројектила проблем се своди на утврђивање односа P_0 и H_{vp} који би се при пројектовању водећег прстена могао користити као критеријум за проверу већ одређене ширине водећег прстена са захтевима унутрашње балистике (УБ).

Однос између P_0 и H_{vp} може се добити из претпоставке да је сила барутних гасова, која покреће пројектил пропорционална запремини материјала водећег прстена истиснутог при урезивању. Експериментална испитивања показала су да сила од 50 N одговара 1 mm^3 истиснутог бакра. Веза између P_0 и H_{vp} се рачуна помоћу израза 1.12 као:

$$P_0 = \frac{2,10^4 H_{vp}}{\pi d^2} \left(\pi \frac{d_p^2 - d_0^2}{4} + ne'h \right) \quad (1.12)$$

За ширину водећег прстена H_{vp} , одређену на основу захтева потребне издржљивости и правилне функције водећег прстена, путем израза 1.7 израчунава се одговарајућа вредност притиска урезивања P_0 .

Карактеристичне вредности P_0 су:

- од $100 \cdot 10^5$ до $150 \cdot 10^5$ Pa за пројектиле малог калибра и
- од $350 \cdot 10^5$ до $400 \cdot 10^5$ Pa за пројектиле средњег и великог калибра.

Пошто предњи део водећег прстена захвата почетак жлебова, делови ВП који попуњавају жлебове, не трпе више никакву деформацију. Запремина делова ВП у жлебовима расте сразмерно напредовању ВП, а отпор урезивања у овој фази више не расте већ опада.

Претпоставља се да притисак барутних гасова достиже вредност P_0 у тренутку када задња ивица ВП долази у контакт са прелазним конусом и тада делују следеће силе:

1. сила барутних гасова,
2. отпор урезивања и сила трења између ВП и прелазног конуса и
3. нормална сила N и сила трења f_N .

Пошто се при урезивању пластично деформише метал ВП, претпоставља се да је нормална компонента отпора урезивања N_p једнака производу горње границе течења R_{eh} метала и контактне површине између ВП и цеви оруђа. Отпор урезивања N_p се рачуна као:

$$N_p = \frac{10^6 \pi}{2} (d_p + d) \sqrt{H_p^2 + \frac{1}{4} (d_p - d)^2} \quad (1.13)$$

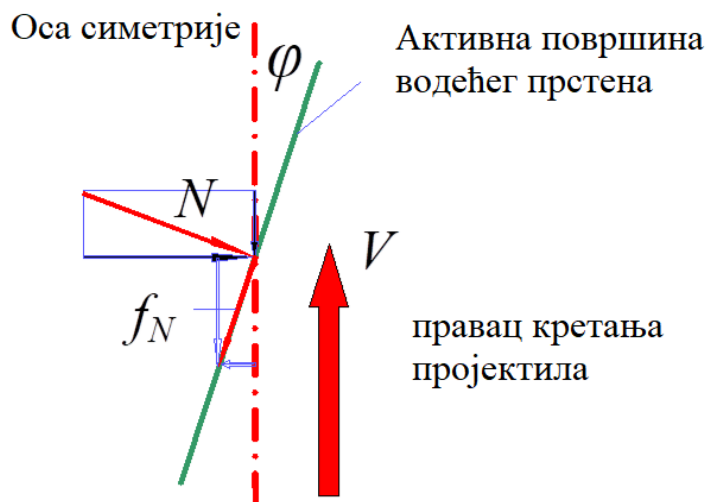
односно:

$$N_p = 2,5 \cdot 10^5 \pi R_{eh} H_{vp} (d_p + d) \quad (1.14)$$

Ако је f коефицијент трења између ВП и прелазног конуса (сматра се да износи око 0,2 у фази урезивања), сила трења f_N због хеликоидалног кретања ВП лежи у равни која са уздужном осом симетрије пројектила заклапа угао φ (угао увијања жлебова). Одређивање горње границе течења R_{eh} која одговара притиску форсирања P_0 , довољно је рећи да код уобичајених решења ВП од бакра она износи око 350 N/mm^2 .

1.4. Напрезање током кретања кроз ожлебљену цев

Након урезивања ВП у цеви оруђа, фаза урезивања се завршава и креће фаза кретања пројектила кроз цев оруђа. У овој фази делују нормална сила N , као и сила трења f_N . Силу N можемо разложити на радијалну и аксијалну компоненту (слика 1.10) [1].



Слика 1.10. Дејство нормалне силе N на ВП^[1]

Уколико се сила N разложи на радијалну компоненту F_{nr} и на аксијалну компоненту F_{ar} и у обзир се узме сила трења, њене компоненте се могу рачунати као:

$$F_{nr} = N(\cos \varphi - f \sin \varphi) \quad (1.15)$$

$$F_{ar} = N(\sin \varphi - f \cos \varphi) \quad (1.16)$$

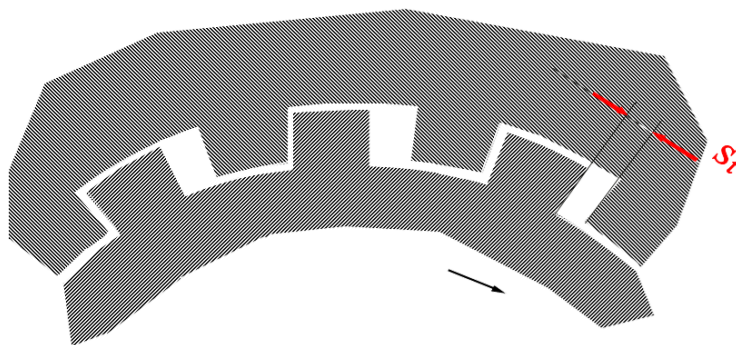
Где су:

φ – угао увијања жлебова у цеви

f – коефицијент трења (за бакар $f = 0,2$)

1.4.1. Трошење водећег прстена

Приликом кретања пројектила кроз цев оруђа долази до трошења активне стране зуба водећег прстена (слика 1.11). До трошења активне стране зуба долази због нормалне силе N , као и због силе трења f_N . Приликом трошења зуба смањиће се издржљивост водећег прстена. Трошењем активне стране зуба долази до повећања зазора између пасивне стране водећег прстена и жлеба оруђа. Зазор је означен са St . Појава зазора може довести до тога да дође до цурења барутних гасова и пад почетне брзине пројектила [1].



Слика 1.11. Трошење зуба водећег прстена^[1]

У случају константног угла увијања жлебова израчунавање трошења зуба водећег прстена омогућује претпоставка да је елементарна запремина истрошеног метала на једном зубу водећег прстена пропорционална раду трења.

Ако је елементарна запремина истрошеног метала:

$$dW = hH_{vp}ds_t \quad (1.17)$$

А елементарни рад трења:

$$dA = f_d N \frac{dx}{\cos\varphi} \quad (1.18)$$

На основу усвојене претпоставке биће:

$$hH_{vp}ds_t = k f_d N \frac{dx}{\cos\varphi} \quad (1.19)$$

где су:

h – висина зуба водећег прстена;

H_{vp} – ширина водећег прстена;

s_t – дужинска вредност укупног трошења зуба;

k – коефицијент пропорционалности;

f_d – динамички коефицијент трења;

x – пут тежишта пројектила.

Брзина трења од које зависи динамички коефицијент трења у конкретном случају износи $v/\cos\varphi$, где је v транслаторна брзина пројектила у цеви оруђа, па је динамички коефицијент трења:

$$f_d = \frac{f}{1 + b \frac{v^2}{\cos^2 \varphi}} \quad (1.20)$$

Где су:

f – статички коефицијент трења;

b – константа.

Вредност коефицијента k зависи од природе материјала од кога је израђен водећи прстен и одређује се експерименталним путем. Бакар је најчешће коришћени материјал за израду водећег прстена и за њега коефицијент k има вредност $2,38 \cdot 10^{-18} m^3/kg$, а константа $b = 9,10^{-6}$.

Дужинска вредност укупног трошења зуба има највећу вредност када се пројектил налази на устима цеви и она износи:

$$(S_t)_{max} = \frac{k}{0,43hH_{vp}} \frac{J_x}{n} \frac{4}{d^2} \frac{\tan \varphi}{2b} \log \left[1 + \frac{b}{\cos^2 \varphi} v_0^2 \right] \quad (1.21)$$

где је v_0 почетна брзина пројектила

На интензитет трошења највећи утицај имају угао увијања жлебова и почетна брзина пројектила. Анализом израза за највеће трошење зуба долази се до закључка да је трошење мање уколико је:

1. ширина H_{vp} водећег прстена већа;
2. висина зуба водећег прстена већа;
3. број жлебова већи;
4. аксијални момент инерције пројектила J_x мањи (мања маса пројектила);
5. угао увијања жлебова φ мањи и почетна брзина пројектила мања за случај константног увијања жлебова.

1.4.2. Оптерећење водећег прстена и услови безбедности

Изддржљивост водећег прстена израчунава се у односу на вредности напона који су настали под дејством нормалне силе N . Напони имају карактер притиска и смицања. Критеријум безбедности дат је за сваку врсту напона посебно и сви услови морају да буду испуњени [1].

1.4.3. Напон на притисак

Ако претпоставимо да нормална сила N равномерно оптерећује целу бочну активну страну зуба водећег прстена, напон на притисак је:

$$\sigma_P = \frac{N}{hH_{vP}} \quad (1.22)$$

До разарања метала на активној страни зуба водећег прстена неће доћи ако је испуњен следећи услов:

$$\frac{N_M}{hH_{vP}} \leq \sigma_{Pd} \quad (1.23)$$

где је σ_{Pd} – дозвољени напон на притисак материјала водећег прстена

Најчешће коришћени материјал за израду водећег прстена је бакар или легуре бакра (цинк или никл). Такође често се израђују и од синтерованог гвожђа. Уколико пројектил има почетну брзину већу од 1000 m/s, тежи се коришћењу полимерног или композитних материјала.

Избор вредности дозвољеног напона на притисак је веома сложен због посебних услова рада водећег прстена (загревање услед сагоревања барутног пуњења, трење и загревање услед трења у условима импулсног оптерећења).

Критеријум безбедности за водећи прстен од бакра има препоручене вредности:

- $\sigma_{Pd} = 3000 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – у случају пројектила са почетним брзинама већим од 700 m/s или
- $\sigma_{Pd} = 3500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ - у случају пројектила са почетним брзинама мањим од 700 m/s.

Наведене вредности дозвољеног напона могу бити повећане за $500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, ако се водећи прстен израђује од легуре бакра и никла.

За водећи прстен од синтерованог гвожђа дозвољени напон на притисак износи:

- $\sigma_{Pd} = 2000 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – у случају пројектила са почетним брзинама већим од 700 m/s или
- $\sigma_{Pd} = 2500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ - у случају пројектила са почетним брзинама мањим од 700 m/s.

Приликом пројектовања пројектила довођење напона σ_P на дозвољени напон σ_{Pd} постиже се променом вредности за h и H_{vp} . При томе је потребно обратити пажњу на ограничења тих промена.

1.4.4. Напон смицања

У основи зуба водећег прстена ($ABCD$ на слици 1.4) јавља се напон смицања као последица нормалне силе N . Површина $ABCD$ се мења услед трошења водећег прстена па је напон смицања дат изразом:

$$\tau = \frac{N}{(e - s_t)H_{vp}} \quad (1.24)$$

Код константног увијања жлебова, сила N има највећу вредност у тренутку максималног притиска барутних гасова, а највеће трошење је у тренутку када пројектил напушта уста цеви. Према томе највећу вредност напона смицања треба очекивати за вредност силе N_M , јер је вредност силе N на устима цеви мања него у тренутку максималног притиска барутних гасова. Положај пројектила у коме сила N има максималну вредност, трошење водећег прстена тек почиње, тако да се напон смицања рачуна:

$$\tau_{max} = \frac{N_M}{eH_{vp}} \quad (1.25a)$$

За променљиви угао увијања сила N има максималну вредност када се пројектил налази на устима цеви, тако да је напон смицања:

$$\tau_{max} = \frac{N_M}{(e - s_{tmax})H_{vp}} \quad (1.25b)$$

У оба случаја мора бити испуњен услов $\tau_{max} \leq \tau_d$

Може се сматрати да се задовољавајућа издржљивост бакарног водећег прстена постиже ако је:

- $\tau_d = 500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ код пројектила за оруђа са брзим трошењем цеви или
- $\tau_d = 1000 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ код пројектила за оруђа са нормалним трошењем цеви.

1.4.5. Напон услед дејства центрифугалне силе

Током кретања пројектила кроз цев, услед ротације око уздужне осе пројектила јавиће се центрифугална сила. Водећи прстен је изложен овом дејству и највећа вредност центрифугалне силе се израчунава:

$$(F_c)_{max} = \frac{2}{d} m_p v_0^2 \operatorname{tg} \varphi_u \quad (1.26)$$

Када је угао увијања константан онда је $\varphi_u = \varphi = \operatorname{const.}$

Маса водећег прстена се израчунава као:

$$m_p = \pi \frac{\rho}{4} (d^2 - d_1^2) H_p + \rho e h H_p n \quad (1.27)$$

d_1 – минимални пречник водећег прстена

Напон центрифугалне силе је:

$$(\sigma_i)_{max} = \frac{2(F_c)_{max}}{H_p(d - d_1)} \quad (1.28)$$

Сређивањем израза добијамо коначан облик максималног напона услед центрифугалне силе:

$$(\sigma_i)_{max} = \frac{4}{d} H_p (d - d_1) \left[\frac{\pi \rho}{4} (d^2 - d_1^2) h_p + \rho e h H_p n \right] v_0^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_u \quad (1.29)$$

Током кретања пројектила кроз цев оруђа долази до интензивног трења водећег прстена, нарочито на устима цеви. Трење загрева водећи прстен до те мере да долази до жарења материјала у површинском слоју. Тако ослабљени водећи прстен трпи центрифугалну силу и јавља се напон на истезање. Водећи прстен има довољну издржљивост ако је напон на истезање у следећим границама:

- $(\sigma_i)_{max} \leq (\sigma_i)_d = 2400 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – за бакарни водећи прстен или
- $(\sigma_i)_{max} \leq (\sigma_i)_d = 1200 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – за водећи прстен од синтерованог гвожђа.

1.5. Материјали израде водећег прстена

Избор материјала за израду водећег прстена је битан зато што није сваки материјал погодан за његову производњу. У претходном делу су приказане силе и оптерећења која ВП мора да издржи, сходно томе материјал мора да задовољи одређене критеријуме. Најчешће коришћени материјал за израду ВП је бакар (и легуре бакра), као и синтеровано гвожђе и челик. У свету се све више пажње посвећује полимерним материјалима у изради ВП.

1.5.1. Бакар и легуре бакра

Бакар је релативно мек метал, може се добро обликовати и доста је чврст. Као слабо реактиван тешки метал, бакар спада у полуплемените метале. Чисти бакар је црвенкасто-браон боје, мек метал, врло велике велике топлотне и електричне проводљивости. На ваздуху не подлеже корозији, али дугим стајањем на њему бакар се превлачи зеленом патином базних соли бакра (хидрокси карбоната, хидроксисулфата или хидроксихлорида). Са густоћом од 8920 kg/m^3 , бакар спада у тешке метале, његова тачка топљења износи $1084,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Кристализује се у кубно-плочастом центрираном кристалном систему. По Мосовој скали тврдоће има вредност између 2,5 и 3 [44].

Табела 1.2. Физичка својства бакра [44]

Боја	црвенкаста
Агрегатно стање на 25°C	чврсто
Температура топљења	$1357,6 \text{ K}$ ($1084,4 \text{ }^\circ\text{C}$)
Температура кључања	2840 K ($2567 \text{ }^\circ\text{C}$)
Густина	$8,920 \text{ kg/m}^3$
Моларна запремина	$7,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Топлота фузије	$13,05 \text{ kJ/mol}$
Топлота испаравања	$300,3 \text{ kJ/mol}$
Притисак паре	$0,0505 \text{ Pa}$ (1358 K)
Специфични топлотни капацитет	380 J/(kgK)

Бакар се као легирајући елемент за побољшање механичких својстава додаје легурама племенитих метала и легурама са алуминијумом. Бакар се најчешће легира с

цинком, калајем, алуминијумом, никлом, манганом и силицијумом. Легуре бакра су важни технички материјали одличних механичких својстава. Чвршће су од чистог бакра, лакше се лију, обрађују и заварују, али слабије проводе електрицитет и топлоту од бакра, а изузетно су отпорне према корозији и хабању. Могу се обрађивати методама топле и хладне деформације, те термичким методама. Највише коришћене легуре бакра су месинг и бронза.

Месинг је легура бакра и цинка, мада може садржати и мање количине других метала (*Sn, Fe, Mn, Ni, Al* и *Si*). Месинзи су отпорни на корозију, те су тврђи од бакра и цинка; мекши су од бронзе, због чега се од ње лакше обрађују — боље извлаче, ваљају и савијају, тј. могу се добро прерађивати, лити и полирати. Та повољна својства месинга су последица његове кристалне структуре, која је фина и компактна микроструктура. Различите врсте месинга чине значајну групу легура због својих добрих механичких својстава, лаке обрадивости и лепе боје. Томбак је легура бакра и цинка, која садржи већи проценат бакра него у месингу.

Бронзе су све бакарне легуре које садрже више од 60% бакра уз додатак једног (најчешће калаја) или више легираних елемената (фосфор, силицијум, алуминијум или цинк), међу којима цинк није главни састојак (главни легирајући додатак). Својства многобројних врста бронзе, њихова примена и име зависе од врсте и удела доданих састојака. Својствена им је велика чврстоћа и тврдоћа (тврђе су од бакра), као и отпорност на корозију. Лакше се топе и добро се лију, па се користе за израду различитих вентила, зупчаника, новца, украсних предмета, скулптура, делова бродске палубне опреме и пропелера, итд [44].

1.5.2. Челик и синтеровано гвожђе

Челик је легура гвожђа (*Fe*) и угљеника (*C*) која садржи мање од 2,11% угљеника. Са становишта хемије и термодинамике челик је у ствари метастабилна легура железа (*Fe*) и цементита — карбида железа Fe_3C .

Невероватан распон и флексибилност особина (уз помоћ легирања, термичке обраде и пластичне прераде) као и релативно ниска цена производње чине га и даље најраспрострањеније коришћеним металним материјалом. Пред савремене челике постављају се врло високи захтеви, који најчешће укључују оптималну комбинацију особина, као што су затезна чврстоћа са једне и дуктилност, односно деформабилност са друге стране. Најважнији легирајући елемент у челику је угљеник. Он се у челику

налази у облику једињења под именом цементит, Fe_3C . Повишени масени удео угљеника чини челик чвршћим, али у исто време кртијим материјалиом. Специфична маса челика је скоро иста као специфична маса чистог гвожђа и износи око 7.850 kg/m^3 .

Синтеровање је значајна технолошка операција поступка металургије праха. Може се дефинисати као поступак консолидације праха у жејени облик. Главни фактори јесу температура и време.

Синтеровано гвожђе је најважнији производ металургије праха. Назив синтерно гвожђе се користи за производе који у себи не садрже угљеник и легирајуће елементе. Синтеровано гвожђе достиже чврстоћу од 400 до 600 $Мпа$ [44].

1.5.3. Полимерни материјали

Пластичне масе су материјали који као основу садрже неки природни или синтетички полимер велике молекуларне масе. Природни или минерални полимери су: нафта, угаљ, земни гас, целулоза, од којих се праве основна једињења за даљу прераду. Приликом те прераде додају се додаци који у једном тренутку те прераде се налазе у пластичном стању. Они повећавају пластичност и самим тим олакшавају прераду, поред овога они побољшавају механичка својства и изглед готових производа, као и спречавање разлагања под дејством атмосферских утицаја. Додаци који се примењују за прераду су [40]:

1. пуниоци,
2. катализатори,
3. пластификатори,
4. мазива и боје,
5. стабилизатори.

Најчешће коришћени пуниоци су дрво, брашно, азбест, глина, гипс, памук итд. Они побољшавају: отпорност на кидање, електроизолацију, отпорност према хемикалијама као и отпорност на повишене температуре. Такође они служе да умање цену самог производа. Пластичне масе као што су органско стакло и целулоид не захтевају коришћење пунила.

Други назив за пластификаторе је омекшивач. Њихова улога је да побољшају пластичност полимера при обради и живавост готових производа. По хемијском

саставу они представљају сложена органска једињења као што су: камфор, трикрезол сулфат итд., а према агрегатном стању се најчешће налазе као уљасте течности високе температуре кључања, мада налазе се и у чврстом стању као што је восак или каучук. Најчешће се користи камфор као омекшивач.

Катализатори служе за убрзавање и завршетак процеса полимеризације.

Мазива и боје спречавају лепљење за калупове и естетски побољшавају изглед производа. Најчешће се примењују ланено уље, парафини, стеаринска и олеинска киселина. Боје такође утичу и на термичку и на хемијску стабилност.

Стабилизатори служе за очување отпорности на топлоту као и заштиту од зрачења, на тај начин спречавају старење и пропадање материјала. Овако добијена једињења, уз примену одговарајућих поступака, се преводе у облику гранула, смола, таблета и тд.

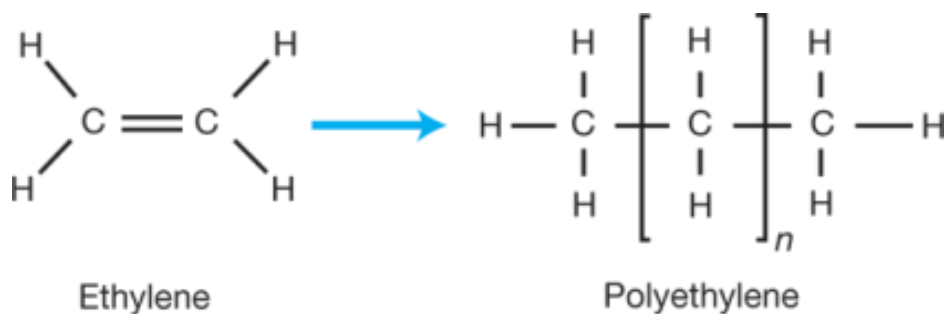
Синтетички полимери се добијају синтезом мономера и то следећим реакцијама:

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и прегруписавања атома у молекуле (слика 1.12). Процес полимеризације се не сме прекидати јер се не може наставити на исти начин.

$n \text{ CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$ –једначина полимеризације где је :

$n \text{ CH}_2$ - мономер етилена

$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2-$ - полимер (полиетилен)

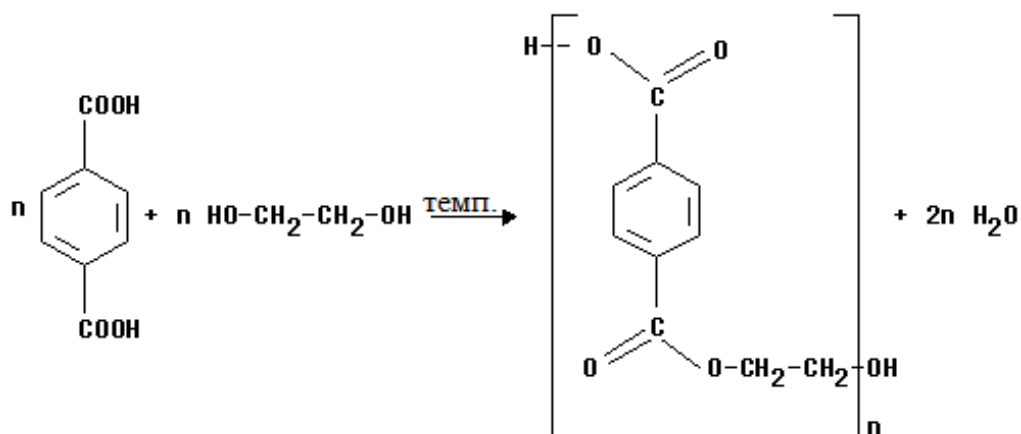


Слика 1.12. Полимеризација полиетилена^[43]

Посебан вид полимеризације представља кополимеризација, то заправо представља спајање полимеризацијом различите мономере. Својства добијеног полимера се разликују од првобитних мономера или својства њихове смеше.

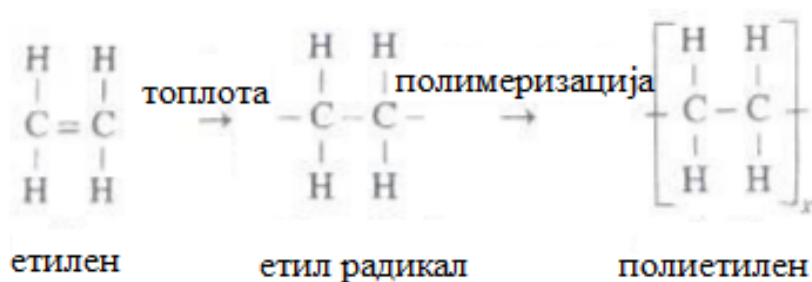
Поликондезација представља сједињење већег броја мономера у макромолекуле уз издвајање споредних продуката као што су вода, амонијак, и др. (Слика 1.13).

За разлику од полимеризације која не може да се настави, поликондезација се може наставити у одређеним условима.



Слика 1.13. Поликондезација полиетилен терефталата^[41]

Полиадиција представља комбинацију прва два горе наведена случаја синтезе мономера тј. представља методу синтезе између поликондезације и полимеризације (слика 1.14). Ова метода се одвија без одвајања споредних продуката као и могућност извођења у корацима.



Слика 1.14. Полиадиција полипропилена^[42]

Главно својство пластичности јесте њихова неповратна деформација без пуцања. Једна од највећих мана пластичних маса је пропустљивост светлости, гасова и паре.

Предности пластичних маса:

1. ниска цена,
2. мала густина у односу на метале,

3. лака израда делова нарочито производа сложене конфигурације, као и висока продуктивност при њиховој изради,
4. добра диелектрична својства, што им омогућава добру електро изолацију,
5. висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
6. добра прозрачност и способност бојења,
7. добра пригушујућа својства,
8. добра апсорција звука,
9. добре антифрикционе особине.

Недостаци пластичних маса:

1. ниска чврстоћа при повишеним температурама,
2. смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
3. кратак век трајања који је повезан и са процесом старења под дејством светлости, влаге и кисеоника.

Пластичне масе се могу поделити у две групе на основу њиховог понашања при повишеним температурама:

- термопластични материјали и
- терморективни материјали или дурупласти, еластомери и еластопластомери.

Термопластични материјали грејањем омекшају а хлађењем се враћају у првобитни положај. Они углавном не садрже пунила осим средстава за бојење и пластификатора којима се постижу промене по питању чврстоће материјала. Главне одлике термопластичних материјала су [40]:

1. осетан утицај повишене температуре на својства чврстоће,
2. оптичка провидност код већина пластичних маса је висока,
3. у већини случаја могућност бојења је неограничена,
4. неограниченост у погледу обликовања,
5. ниска цена обликовања приликом производње великих серија, отпаци се могу модификовати и

6. могу се спајати на топло уз помоћ лепљивих раствора.

Дуропласти или термореактивни материјали грејањем отврдну и више се не враћају у првобитни облик. Они углавном садрже пуниоце, очвршћаваче и стабилизаторе како би се побољшала својства садржане смоле путем хемијских реакција. Главне одлике дуропласта су [40]:

1. повећана температура нема утицаја на механичка својства,
2. ниска оптичка проводљивост,
3. ограничење бојења,
4. висока цена обликовања, отпаци се не могу поново користити и
5. не могу се спојити на топлоти.

Еластомери представљају све оне полимере који се лако деформишу уз примену малих сила, а након престанка деловања те силе они се враћају у првобитан облик. Да би материјал био високо еластичан, међумолекуларне везе не смеју бити прејаке и не смеју се формирати кристална зрна. Типичан представник еластомера је каучук од кога се добија гума.

Еластопластомери су слични еластомерима, међутим разликују се при промени температуре. Приликом пораста температуре они омекшавају, док приликом пада температуре они се стврдњавају.

Поливинилхлорид (енг. *PVC*) је бели до жућкасти материјал без мириса и укуса. Тешко је запаљив и гаси се при уклањању пламена, не упија воду и има добре електроизолационе карактеристике. Производ полимеризације је прах од кога се даљом прерадом добија тврди и меки поливинилхлорид,

Тврди поливинилхлорид се добија прерадом полимерног праха са малом количином додатака, али без пластификатора. То је тврд и жилав материјал који се тешко прерађује али је врло стабилан на атмосферске утицаје, влагу и хемикалије.

Меки поливинилхлорид има слабије механичке карактеристике од тврдог поливинилхлорида, мање је отпоран на деловање атмосферских утицаја, воде, влаге и хемикалија, али се лакше прерађује, савитљив је и може се истезати.

1.6. Технологије производње водећих прстенова

Водећи прстенови израђују се из цеви или трака од чистог бакра, или бакра легираног са никлом. Од другог светског рата, као последица дефицита бакра, за израду водећег прстена успешно се примењује синтеровано гвожђе. Материјал цеви мора бити хомоген, без укључака и оксида, без пора, пукотина и других мана које могу штетно утицати на даљу прераду. Сечење прстенова из цеви врши се на стругу. После одсецања бакарни прстенови се жаре, обично у коморним електричним пећима ради добијања потребних механичких својстава, затим се равнају због кривљења приликом жарења.

После равнања прстенови се нагрizaју, перу и суше. Овај процес састоји се од следећих операција [5]:

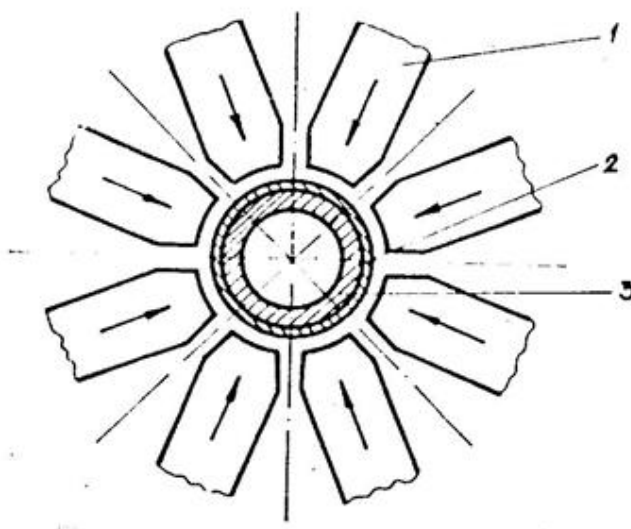
- потапање у 6-10% водени раствор сумпорне киселине на температури 50°C;
- прање у купки са хладном текућом водом;
- прање у топлој води изнад 40°C (садржај киселине дозвољава се до 0,2%);
- потапање у 9-10% водени раствор $NaOH$, при температури купке 90-110°C;
- прање у купки са топлим водом изнад 40°C;
- прање у хладној текућој води.

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

Пре уградње прстенови се контролишу визуелно и димензионо. Визуелним прегледом се утврђује да су све површине чисте и глатке и нарочито да у материјалу нема раслојавања, пукотина и дубљих попречних пукотина. Димензије морају одговарати димензијама на цртежу.

После фине 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 чисти без трагова масноће. Рад се обавља са рукама у чистим и сувим рукавицама.

За стезање водећег прстена у каналу кошуљице користе се специјалне хидрауличне пресе, код којих као алат служе покретне радијално распоређене чељустути које утискују прстен у канал. Такав алат шематски је приказан на слици 1.15 [5].



Слика 1.15. Алат за стезање водећег прстена^[5]

1-чељустути; 2-водећи прстен; 3-кошуљица.

При стезању прстена кошуљицу треба 1-2 пута заокренути за $15-20^\circ$ ради равномерног налегања прстена на стране канала.

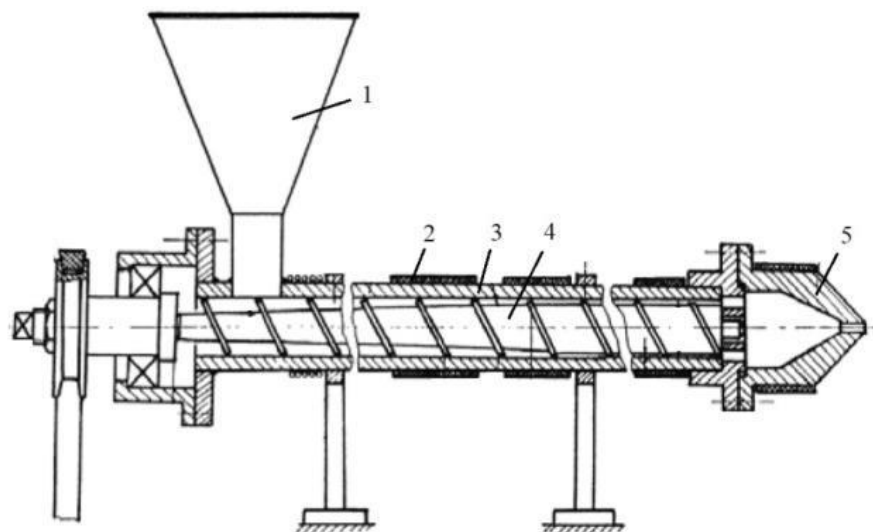
Притисак мора бити толико велик да не изазива трајне деформације кошуљице изнад прописане вредности. Деформације које остају не смеју прелазити $0,1-0,2\text{ mm}$.

Недовољан притисак и нерегулисан рад чељустути узрок су непотпуног попуњавања канала и непотпуног налегања материјала прстена на све површине канала. Повремена контрола правилног пресовања прстена врши се на тај начин што се скида прстен са кошуљице и визуелним прегледом утврђује да је прстен правилно попунио канал и чврсто налегао на све површине, о чему сведоче отисци назубљене површине и оштрих ивица жлеба.

Квалитет стезања водећег прстена контролише се код сваке кошуљице визуелно и преко звука. Лоше стегнут прстен, на удар даје звук који се разликује од нормалног.

Обрадом на стругу прстен добија облик и димензије према цртежу слици 1.15 [5].

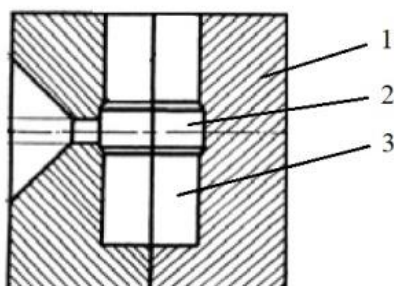
Производња ВП од полимерних материјала је једноставнија и захтева мање операција. Полимерни ВП се директно на пројектил уграђује методом инјекционог ливења (слика 1.16) [5].



Слика 1.16. Шематски приказ алата за инјекционо бризгање^[39]

1 – левак; 2 – грејач; 3 – тело алата; 4 – потисни пуж; 5 - млазница

За производњу полимерних водећих прстенова развијени су специјални алати (слика 1.17). Алат се поставља на пројектил око жлеба у који треба да се постави ВП и врши се убризгавање растопљеног полимера. Растопљени полимер ће у потпуности попунити жлеб и добиће се ВП коначних димензија.



Слика 1.17. Изглед калупа за бризгање^[39]

1 – тало калупа; 2 – калуп водећег прстена; 3 – лежиште пројектила

Једне од најважнијих особина бризгања су тачност димензија и облика предмета као и велика могућност модификовања предмета, производност са чистом и глатком

површином, широка могућност дораде и обраде, брза производња великих серија, све димензије се могу одредити прецизно на алату и могућност аутоматизације целог процеса.

2. Савремена артиљеријска муниција малог калибра

Артиљеријска муниција (енг. *artillery ammunition*; рус. артиллерийские боеприпасы) су УБС која се испаљују из средстава класичних артиљеријских оруђа. Мисли се на оруђа код којих се пројектил лансира услед ширења продуката сагоревања погонске ЕМ (барута) унутар цеви оруђа.

Артиљеријски метак је склоп елемената и механизма, чија правовремена и сигурна међусобна функција омогућава да се из цеви артиљеријског оруђа испали пројектил и постигне одређени ефекат на циљ. Ефекти на циљу могу бити различити: дејство кинетичком енергијом пројектила, дејство ударног таласа експлозије пројектила, парчадно дејство, осветљавајуће, димно дејство итд. Под артиљеријском муницијом сматра се свако убојно средство које се лансира из цеви класичних артиљеријских оруђа [6].

Артиљеријска муниција малог калибра служи за уништавање и онеспособљавање незаклоњене и слабо заклоњене живе силе и материјалних средстава, лако оклопљена и неоклопљена моторна возила и друга материјална средства. Гађање из артиљеријског оруђа малог калибра је углавном непосредно и захтева што је могуће већи брисани домет.

Артиљеријску муницију можемо поделити на неколико критеријума [6]:

- према калибру:
 1. артиљеријска муниција малог калибра (20-57 *mm*),
 2. артиљеријска муниција средњег калибра (76-127 *mm*) и
 3. артиљеријска муниција великог калибрапреко (преко 127 *mm*).
- према намени:
 1. бојна,
 2. вежбовна,
 3. маневарска,
 4. школска и
 5. опитна.

- према врсти пројектила:
 1. муниција са пројектилом основне намене,
 2. муниција са пројектилом специјалне намене и
 3. муниција са пројектилом помоћне намене.

2.1. Конструкција и особине артиљеријске муниције малог калибра

Артиљеријска муниција малог калибра је по правилу сједињена у једну целину, тј. пројектил и чаура су спојени чврстом везом и остају као такви све до опаљења. На слици 2.1 је приказан пресек и основни делови једног савременог артиљеријског метка са разорним пројектилом.

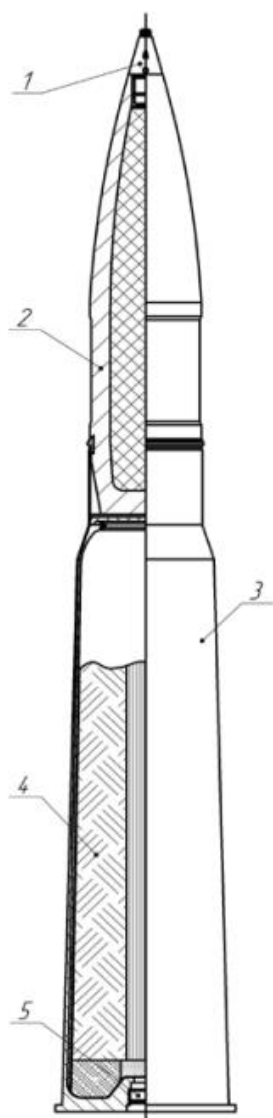
2.1.1 Упаљач

Упаљач (енг. *fuze*; рус. Взрыватель) је део убојног средства, намењен за активирање пуњења пројектила у тачно одређеном тренутку и положају пројектила. Упаљач је сложени склоп који треба да омогући поуздано активирање експлозивне материје у пројектилу. Да би се остварило највеће могуће дејство, при конструисању упаљача тежи се да се активирање изврши у оптималном положају УБС у односу на циљ. Због тог услова постоје различити упаљачи у виду конструкције и начина иницирања.

Према начину иницирања упаљача, постоје контактни, неконтактни и неконтактно-контактни упаљачи [6].

Контактни упаљачи (енг. *contact fuze*; рус. контактные взрыватель), дејствују услед отпора препреке, или под дејством ове силе или силе инерције. Инерционо активирање обезбеђује и дејство упаљача уколико не дође до удара врхом у препреку, када настало успорење покреће носач иницијалне каписле с капислом на ударну иглу. Ударни упаљачи могу бити: тренутног, тренутног и инерционог, тренутног и успореног или тренутног, успореног и инерционог активирања.

Неконтактни упаљачи (енг. *airburst fuze*; рус. неконтактные взрыватель) се деле на две групе, близинске и временске (темфирне).



Слика 2.1. Главни делови артиљеријског метка са разорним пројектилом^[7]:

**1 - упаљач; 2 – кошуљица са експлозивним пуњењем; 3– чаура;
4 – барутно пуњење; 5 – топовска каписла.**

Близински упаљачи (енг. *proximity fuze*; рус. радиовзрыватель), иницира их присуство циља унутар одређеног физичког поља упаљача (радио, оптички, магнетни, акустични и сл.). Спадају у групу аутоматских упаљача, који активирају гранату на удаљености од 15 до 20 *m* од циља, односно на растојању ефикасног дејства пројектила. Овај ефекат се постиже на тај начин што се у самом упаљачу налазе радиопријемник и радиопредајник. радиопредајник емитује радио таласе у свим правцима током лета пројектила. Када пројектил дође у близини препреке, радио таласи се одбијају од препреке, при чему долази до промене фреквенције одбијених таласа, који долазе до радиопријемника. Када интерференција одбијених таласа

достигне одређени интензитет, активира се електронски прекидач, који спаја електрични кондензатор са електричном детонаторском капислом. Тада долази до пражњења кондензатора и до активирања каписле која изазива експлозију пројектила.

Временски (темперни) упаљач (енг. *time fuze*; рус. времени взрыватель), активирају се након истека неког временског периода, који је претходно задат. Примењују се углавном код против авионских оруђа. Предност ових упаљача је у томе што ако не дође до удара у препреку, упаљач ће се, после одређеног времена, активирати и изазвати експлозију гранате и на тај начин спречити да пројектил падне на земљу и тиме нанесе нежељену штету. Према конструкцији могу бити механички, пиротехнички или електронски.

Неконтактно-контактни („дуplodeјствујући“) упаљачи (енг. *Multi-function fuze*; рус. многофункциональный взрыватель), могу дејствовати на путањи зрна или приликом удара у препреку. У њима су обједињене функције ударних и темперних упаљача. Конструкција обезбеђује контактно иницирање упаљача у случају да изостане неконтактно иницирање.

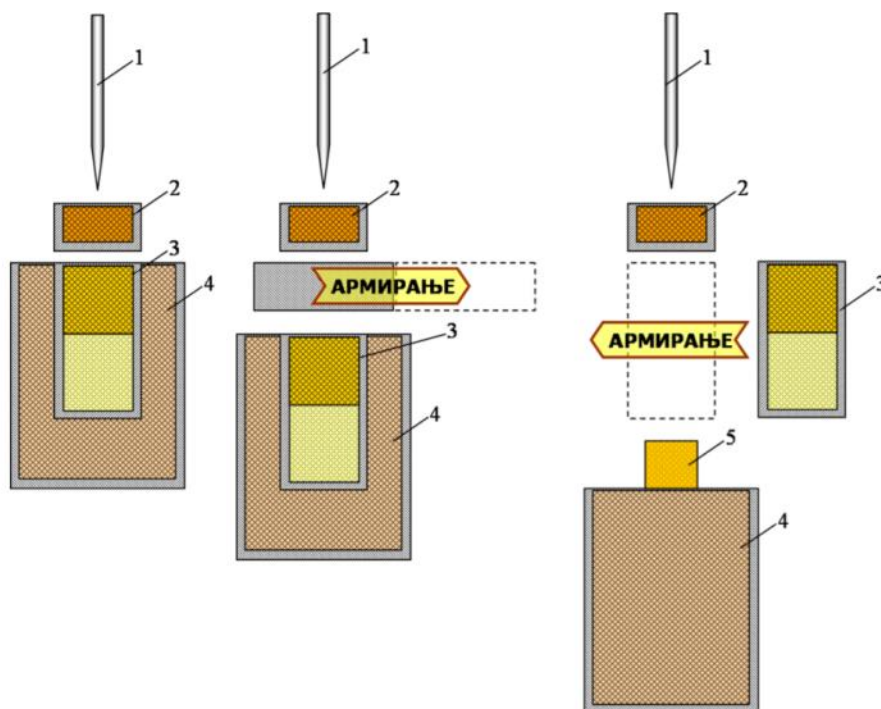
Класификација упаљача према времену реаговања [2]:

1. ултрабрзи упаљачи ($10\text{-}200\ \mu\text{s}$),
2. тренутни („супербрзи“) упаљачи ($0,2\text{-}20\ \text{ms}$),
3. упаљачи са кратким успорењем ($20\text{-}200\ \text{ms}$),
4. упаљачи са дугим успорењем ($200\text{-}600\ \text{ms}$) и
5. временски упаљачи (функција се одвија са значајним успорењем, од неколико секунди до неколико минута).

Класификација према степену осигурања [2]:

1. осигурани упаљачи, код којег је осигурање извршено прекидањем иницијалног ланца између детонаторске каписле и детонатора, чиме је онемогућено активирање детонатора у случају нежејеног дејства било код елемента у упаљачу.
2. полуосигурани упаљачи, код ког је физички онемогућен пренос иницијалног импулса са иницијалне каписле ка детонаторској каписли, која је у контакту са детонатором.

3. неосигурани упаљачи, код ког је иницијални ланац потпуно формиран, али је упаљач осигуран забрављавањем елемената изван иницијалног ланца.



Слика 2.2. Шематски приказ иницијалног ланца неосигураног (лево), полуосигураног (у средини) и осигураног упаљача (десно)^[2]:

1 – ударна игла; 2 – иницијална каписла (КИ); 3 – детонаторска каписла (КД); 4 – детонатор; 5 – преносно експлозивно пуњење (ЕП)^[2].

Извршни подсистем је намењен да, под тачно дефинисаним условима, изврши активирање експлозивне материје у пројектилу. Постоје различити начини конструкције ових механизма али је за све заједничко постојање иницијалног ланца који почиње од иницијалне каписле упаљача а завршава са експлозивним пуњењем у пројектилу.

Подсистем за осигурање и армирање служи да обезбеди сигурност упаљача приликом руковања муницијом као и при проласку пројектила кроз цев и у лету кроз ваздух. Након лансирања пројектила, осигурачи се склањају и упаљач може да се активира.

Подсистем за самоликвидацију је намењен да изврши активирање упаљача у случају да не дође до удара пројектила у препреку, најчешће приликом промашаја или приликом отказа упаљача. Постоје механички, пиротехнички и електронски самоликвидатори.

За упаљач се каже да је армиран ако су сви његови елементи спремни да изврше своју основну функцију односно активирају експлозивно пуњење. Армирање се врши током проласка пројектила кроз цев и током лета кроз ваздух. Главне силе које се користе за армирање упаљача су сила инерције и центрифугална сила. Инерциона сила настаје при наглом покретању пројектила или при наглом заустављању, а центрифугална сила настаје услед ротационог кретања пројектила.

2.1.2. Пројектили артиљеријске муниције малог калибра

Пројектил је елемент метка чија је основна намена да испољи одређено дејство на циљ. Дејство УБС на циљу се може дефинисати као његова способност да својим правилним функционисањем оствари одређени степен оштећења или неутралисања циља. Савремена муниција може имати различита дејства на циљ, у зависности од жељеног ефекта користе се [6]:

1. кинетичка енергија самог пројектила, његовок језгра или парчади;
2. разорно дејство пуњења УБС;
3. дејство других врста пуњења (запаљиво, димно, хемијско)

Циљеви могу да буду различити тако да, за ефикасно дејство на циљ, није довољно развити само једну врсту пројектила. Из чињенице да постоје различите врсте циљева, развијене су и различите врсте пројектила. Артиљеријска муниција малог калибра, која се користи за аутоматске топове, може се сврстати у следеће врсте [6]:

1. бојна муниција са панцирним пројектиlima (панцирни, панцирно-запаљиви, поткалибарни и поткалибарно-обележавајући);
2. бојна муниција са пробојним пројектиlima (пробојни, пробојно-запаљиви, пробојно-парчадни без експлозивног пуњења итд.);
3. бојна муниција са разорним пројектиlima (тренутни, тренутно-фугасни, тренутно-запаљиви и тренутно-фугасно-запаљиви);
4. бојна муниција са обележавајућим пројектиlima (тренутно-обележавајући, тренутно-запаљиво-обележавајући, панцирно-обележавајући, панцирно-запаљиво-обележавајући итд.)
5. вежбовна муниција (са инертним, поткалибарним или обележавајућим пројектилом),

6. опитна муниција,
7. школска муниција и
8. маневарска муниција.

Бојна убојна средства (енг. *live, service, tactical explosive ordnance*; рус. боевое боеприпасы) одређеним дејством на циљу извршавају основну функцију средстава наоружања током употребе у борбеним дејствима. У зависности од конструкције, бојна убојно средство на циљу остварује смртоносно, онеспособљавајуће или дејство потпуно другачијег карактера (задимљавање или осветљавање бојишта, комуникација између јединица помоћу сигнала, ометање електронских уређаја итд.).

Панцирни пројектили (енг. *armor piercing projectile*; рус. бронебойный снаряд) дејствују на циљ искључиво помоћу кинетичке енергије пројектила. Према томе, намењени су за борбу против лакооклопљених возила, циљева у ваздушном простору и других техничких средстава. Савремени панцирни пројектили углавном имају трасер, пошто су намењени за гађање тачкастих покретних и не покретних циљева. Панцирни пројектили могу поседовати запаљиве и обележавајуће смеше и поред пробојног дејства, исполити и запаљиво и обележавајуће дејство. Главни елементи панцирних пројектила су панцирно тело са запаљивом или обележавајућом смешом. Постоје и панцирни пројектили који у себи садрже и експлозивно пуњење које се активира након пробијања препреке.

Панцирни пројектили деле се према односу калибра оруђа и пројектила на:

- калибарне и
- поткалибарне.

На слици 2.3 је приказан пример панцирног пројектила калибарног типа.



Слика 2.3. Метак са панцирним пројектилом калибарног типа ^[8]

Посебну групу панцирних пројектила чине поткалибарни пројектили (енг. *armor-piercing, fin-stabilized, discarding sabot*; рус. бронебойный оперённый подкалиберный снаряд) који, такође, делују на циљ кинетичком енергијом, али се по конструкцији

разликују од класичних панцирних пројектила. Ови пројектили препреку не пробијају ојачаном кошуљицом већ у себи садрже поткалибарно језгро од тешких метала најчешће од легуре волфрама или осиромашеног уранијума (слика 2.4).



Слика 2.4. Изглед поткалибарног пројектила 30 mm MK258 APFSDS-T^[9]

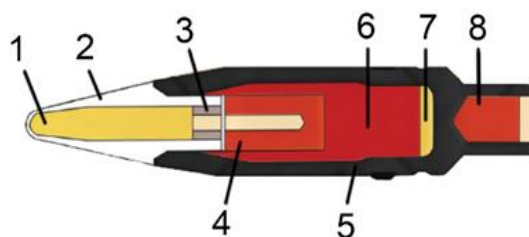
Поткалибарни пројектили имају већу пробојност у односу на калибарне панцирне пројектиле. Разлог томе јесте већа почетна брзина и при удару остварују већу специфичну енергију (површина пресека је мања). Поткалибарно тело или језгро пројектила, као што сам назив каже, има мањи калибар од номиналног. Због тога је неопходно уграђивање посебних центрирајућих елемената који служе за вођење поткалибарног језгра кроз цев оруђа. Након напуштања цеви, ови елементи се одбацују под дејством центрифугалне силе и силе отпора ваздуха.

Пробојни пројектили, намењени су за борбу против лакооклопљених техничких средстава али се, за разлику од панцирних, могу ефикасно користити и за борбу против живе силе. Управо се због тога, у земљама чланицама НАТО, ови пројектили називају вишенаменским. Конструкцијски се доста разликују од панцирних пројектила, а главна разлика је у томе што пробојни пројектили пробијају циљ комбинацијом експлозивног и запаљивог пуњења(слика 2.5) [8].

Пројектили без експлозивног пуњења су развијени са циљем да обједине позитивне особине панцирних и разорних пројектила, при чему муниција има значајно мању цену производње, већу поузданост и представља значајно мању потенцијалну опасност током свог животног века. Конструкцијски су изведени тако да не садрже експлозивно пуњење и упалач али ипак остварују парчадно дејство након пробоја препреке. Тренутно постоје две врсте оваквих пројектила без експлозивног пуњења [8]:

- панцирно-парчадни пројектили , било да су калибарни (енг. *Fragible Armour Piercing, FAP*) или поткалибарни (енг. *Frangible Armour Piercing Discarding Sabot, FAPDS*) и

- пробојно-парчадни пројектили, са побољшаним бочним парчадним дејством (енг. *Penetrator with Enhanced Lateral Effect, PELE*).

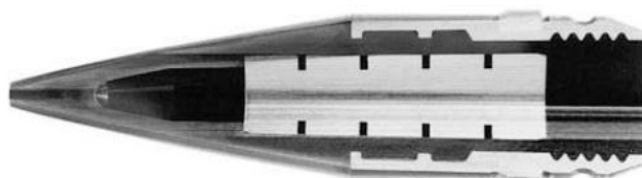


Слика 2.5. Изглед пресека пробојно-обележавајућег пројектила 25 mm PGU-32/U^[10].

1 – горње запаљиво пуњење; 2 – капа; 3 – диск; 4 – централно запаљиво пуњење; 5 – кошуљица; 6 – експлозивно пуњење; 7 – доње запаљиво пуњење; 8 – трасер.

Намена обе врсте пројектила суштински је иста. Успешно могу да замене разорне, пробојне, панцирне и запаљиве пројектиле. Разлика у односу на наведене пројектиле са експлозивним пуњењем је у начину остваривања парчадног дејства, где је уместо енергије експлозије искоришћена кинетичка енергија пројектила. Одсуство експлозивног пуњења и упаљача чини ове пројектиле значајно безбеднијим за руковање.

Панцирно-парчадни пројектили имају сличну конструкцију као панцирни пројектили. Уместо од стандардних материјала за израду панцирних тела или језгра пројектила, израђени су од метала мање жилавости. Због тога долази до распадања пројектила услед продирања кроз циљ велике отпорности. Такав пројектил се након удара у прву препреку распада на велики број парчади, који даље врше парчадно дејство у конусном снопу испред места удара. нарочито су ефикасни код пробијања и уништавања вишеслојних препрека, као што је случај код ваздухоплова и вођених ракета (слика 2.6).



Слика 2.6. Пресек панцирно-парчадног пројектила^[8]

Пробојно-парчадни пројектил са бочним парчадним дејством се састоји од балистичке капе од лаког материјала, кошуљице од метала велике густине и језгра од

нестисљивог материјала мале густине. Приликом удара пројектила у препреку, кошуљица пробија препреку, али језгро због мале тврдоће и жилавости не врши пробијање. Због тога се јавља велики притисак у језгру који изазива фрагментацију кошуљице и остваривање парчадног дејства (слика 2.7).



Слика 2.7. Пресек пробојно-парчадног пројектила ^[11]

Разорни пројектили (енг. *explosive projectile*; рус. осколочно-фугасный снаряд), користе се за борбу против живе силе, неоклопљених и лакооклопљених борбених возила, чамаца, бродова, техничких средстава и нисколетећих циљева. Највећи број УБС остварује дејство на циљу услед активирања експлозивног пуњења (ЕП), које се израђује од бризантних ЕМ. Најчешће коришћене бризантне ЕМ су: тротил (Т), хексоген (Х), октоген (О), пентрит (П) и тетрил (Те). Приликом активирања ЕМ долази по правилу до детонације. Дејство експлозије се остварује услед наглог ширења продуката детонације, што за последицу има разарање кошуљице пројектила и даје дејство на околину. Са обзиром на конструкцију убојног средства, врсту иницирања и других чинилаца, активирањем ЕП могу се остварити следећа два облика дејства:

- разорно (бризантно) и
- рушеће (фугасно) дејство.

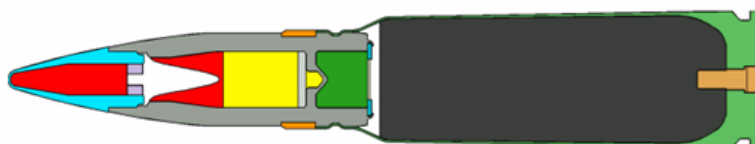
Остварују првенствено парчадно дејство на циљу. Разорно дејство испољавају дејством парчади пројектила након експлозије. При томе се код појединих пројектила може остварити рушеће дејство, услед појаве ударног таласа. Поред ова два основна дејства могу, са одређеним пиротехничким смешама, испољити и запаљиво и обележавајуће дејство.

Главни елементи разорних пројектила су: упаљач, кошуљица, водећи прстен и експлозивно пуњење (слика 2.8). Разорно-запаљиви пројектили имају поред експлозивног и запаљиво пуњење. Користе различите врсте упаљача (поглавље 2.1.1).



Слика 2.8. Пресек разорног пројектила 30 mm PGU-13/B HEI ^[12]

Обележавајући пројектили (енг. *tracer projectile*; рус. трассирующий снаряд) (слика 2.9) је намењена за вршење коректуре као и лакше уочавање погодака и показивање циљева. Конструкцијски, она је комбинација осталих типова пројектила са елементом за обележавање путање пројектила. Овакви пројектили поседују трасер који врши обележавање путање.



Слика 2.9. Пресек метка 30 mm са пробојно-разорно-обележавајућим пројектилом MK264 MP-T/SD ^[9]

Вежбовна муниција (енг. *target practice ammunition*; рус. практические боеприпасы; слика 2.10) је намењена за почетну обуку нишанџија и чланова посаде у гађању. Начелно, не садрже експлозивно пуњење већ само трасер, а у неким случајевима и маркирајућу пиротехничку смешу која служи за лакше уочавање погодака. Знатно су безбеднији за руковање од осталих пројектила који садрже експлозивно пуњење. Својом конструкцијом омогућавају оцену оспособљености појединаца и јединица у правилном руковању и припреми УБС, све до гађања из средстава наоружања или употребе УБС. Замењују одговарајућа УБС у оквиру одређених ограничења (имају слабије дејство на циљ, мањи крајњи домет пројектила, краћи век употребе итд.).



Слика 2.10. Изглед вежбовног метка 25 mm PGU-33/U TPF-T ^[13]

Опитна муниција (енг. *test ordnance*; рус. испытательные боеприпасы) омогућавају проверу исправности рада средстава наоружања за које су намењена. Користе их специјализоване јединице и установе техничке службе које одржавају средства.

Школска муниција (енг. *dummy, drill, inert-loaded ammunition*; рус. учебные боеприпасы; слика 2.11) омогућавају обучавање и увежбавање људства у правилном руковању, пуњењу и пражњењу средстава наоружања. Својим димензијама и масом у потпуности одговарају одговарајућем бојном УБС, али по правилу не садрже експлозивне или било које друге опасне материје. Најчешће имају врло робусну конструкцију с циљем дугог века трајања. Школска УБС су обавезно видљиво и једнозначно обележена да би се онемогућила погрешна идентификација. Према домаћим прописима обојена су светло плавом бојом по спојашњој површини и имају беле индексе.



Слика 2.11. Изглед школске муниције ^[9]

Маневарска муниција (енг. *blank ammunition*; рус. холостые боеприпасы; слика 2.12) намењена су за увежбавање појединаца и јединица у вршењу тактичких радњи уз симулацију употребе средстава наоружања. Маневарска УБС морају да омогуће правилан рад средстава наоружања уз што мању могућност од настанка повреда људства или оштећења материјалних средстава.



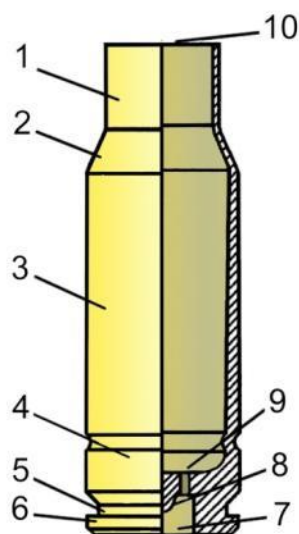
Слика 2.12. Изглед маневарског метка 23x152 mm ^[14]

2.1.3. Чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом

Чаура (енг. *case*; рус. гильза; слика 2.13) је намењена за смештај барутног пуњења и иницијалне каписле. Облик чауре је такав да прати облик лежишта метка ради бољег заптивања и утврђивања метка.

Чаура има следеће функције [2]:

1. обједињује све делове метка или погонског пуњења у једну целину,
2. служи за смештај и заштиту барутног пуњења од штетних утицаја средине, као и приликом боравка у загрејаном лежишту метка,
3. обезбеђује правилно постављање метка у лежиште метка,
4. обезбеђује заптивање лежишта метка током опаљења,
5. делимично хлади лежиште метка итд.



Слика 2.13. Приказ делова чауре^[2]

1-грло чауре; 2-раме чауре; 3-плашт чауре; 4-појас; 5-жлеб за извлачење; 6-обод/венац; 7-лежиште иницијалне каписле; 8-наковањ; 9-отвор за пролаз пламена; 10-уста чауре

Према степену формирања метка, разликују се три врсте [6]:

1. сједињени,
2. полусједињени и
3. дводелни метак (може бити са чауром или без чауре).

Једноделни метак се најчешће користи код малих калибара где је изражена велика брзина гађања и где се гађање врши непосредно. Предност једноделног метка је то што је компактан и чињеница да омогућава брзо пуњење и пражњење оруђа. Мана је та што је онемогућено да се промени количина барутног пуњења. Полусједињени и дводелни метак се најчешће примењује код већих калибара, хаубица и тенковских топова.

Погодни су за оруђа која гађају убацном путањом јер омогућавају да се регулише количина барутног пуњења зависно од жељене путање пројектила. Такође, користе се код тенковских топова због лакшег паковања у скученом простору тенка.

Правило је да се у ознаци муниције поред калибра наведе и дужина чауре као и облик дна чауре. Савремена муниција има различите облике чауре. Плашт чауре има благо конусан облик, чија се дебљина зида смањује од дна ка устима чауре. Конусан облик онемогућује заглављивање чауре у лежиште метка након опаљења, када долази до ширења чауре.

Барути су материје које служе као погонско средство за испаливање пројектила из цеви оруђа. Други назив за баруте јесте погонске експлозивне материје (ПгЕМ). Према свом физичко-хемијском саставу, ПгЕМ се деле на хомогене и хетерогене [2].

Као ПгЕМ се најчешће користе хомогени (колоидни) барути. При сагоревању стварају барутне гасове који су слабо видљиви, па се зато називају бездимним барутима. Поред тога, сагоревањем готово у потпуности прелазе у барутне гасове. У хемијском смислу то су једињења која се састоје од следећих компонената: нитроцелулозе, растварача, стабилизатора, пластификатора, флегматизатора, средства за смањење температуре сагоревања, средства против пламена и блеска на устима цеви и графита. Нитроцелулоза је обавезна компонента, а такође и растварач (само је питање који растварач ће да се користи), док остале компоненте могу, а и не морају да буду у саставу барута, што зависи од врсте барута.

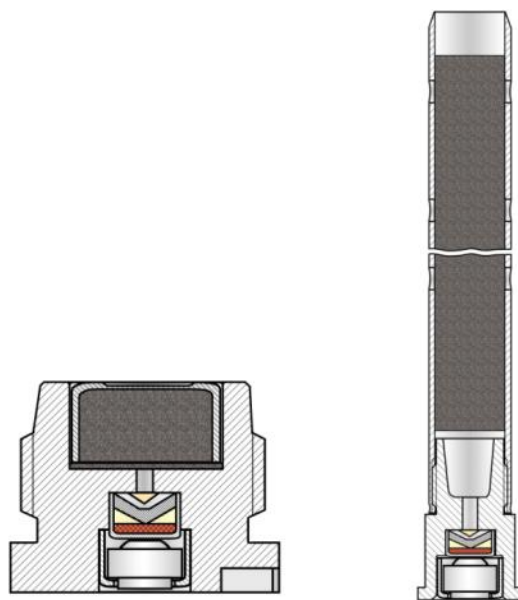
За лабораторију барутних пуњења користе се различити облици барутних зрна, зависно од врсте пројектила. Сваки облик барутног зрна остварује различите балистичке карактеристике што је веома важно код израде барутних пуњења. Барутна пуњења се најчешће раде у облику квадратне плочице, цилиндра, цилиндра са уздужним каналом (цевичица), куглице и цилиндра са седам уздужних равномерно распоређених канала.

Пошто је артиљеријска муниција већих димензија, неће доћи до истовременог потпаливања свих барутних зрна. Како би се барутна зрна једноремено припала, у чауру се лаборише и припала. Припала се најчешће израђује од црног или ситног нитроцелулозног барута који је постављен у перфорирану цев. Служи као посредник између иницијалне каписле и барутног пуњења и намењена је да се, помоћу ње, у што краћем року припале сва барутна зрна.

За иницирање погонских пуњења користе се [2]:

1. иницијалне каписле (КИ),
2. топовске каписле (КТ),
3. припале и
4. пиропатроне.

Могу бити са ударним, електричним или уллектрично ударним иницирањем. Лаборишу се са иницијалним ЕМ које су осетљиве на механички удар, трење или топлотни импулс. Њиховим иницирањем настаје пламени импулс који иницира процес сагоревања у ПгЕМ. Иницијалне каписле се користе код стрејачке муниције и код артиљеријске муниције малог калибра (до 30mm). Код муниције већег калибра од 30mm, уграђују се топовске каписле (слика 2.14). Оне су сложеније конструкције од иницијалних каписли. Разлика је у томе што поседују елементе за спречавање истицања продуката сагоревања барута ка затварачу. Најчешће се користе чепови у облику купе, који услед повећања притиска затварају отвор за пролаз пламена ка затварачу оруђа.



Слика 2.14. Изглед пресека различитих топовских каписли^[2]:

- а) ударна топовска каписла без пламеника**
- б) ударна топовска каписла са пламеником**

3. Опис конструкције савремене муниције за аутоматске топове

3.1. Муниција 20×102 mm

Муниција калибра 20×102 mm је развијена 1959 године за вишецевни авионски топ 20 mm М61 „Vulcan”. Топ се првенствено користи на авионима али је током година интегрисан и на нека возила и на бродовима.



Слика 3.1. Изглед вишецевног авионског топа 20 mm М61 „Vulcan” ^[15]

Током дугог периода експлоатације овог система развијен је и широк спектар разне муниције.

Постоје следеће врсте муниције 20×102 mm [46]:

1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом М56;
2. Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом М53;
3. Метак 20 mm са панцирно-тренутно-запаљивим пројектилом PGU-28A/B;
4. Метак 20 mm са пробојним пројектилом МК149;
5. Метак 20 mm са вишенаменским пројектилом М940;
6. Метак 20 mm са пројектилом повећаног дејства МК244;
7. Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP и
8. Вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом PGU-30 A/B TP-T.

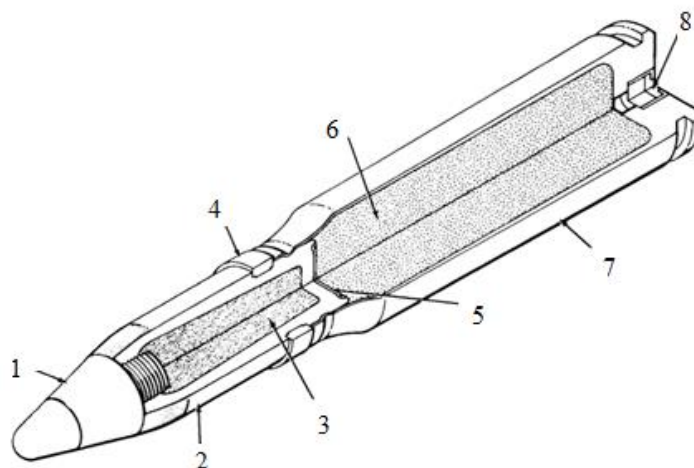
Табела 3.1. Основни подаци о муницији 20×102 mm [46]

Врста и модел метка	ТЗ <i>M56</i>	ПЗ <i>M53</i>	ПТЗ <i>PGU-28A</i>	Панцирни <i>МК149</i>	Више-наменски <i>М940</i>	<i>МК244</i>
Маса метка, <i>g</i>	217	228	225	223	223	225
Маса пројектила, <i>g</i>	97	98	94	93	93	95
Врста барута	нитроцелулозни					
Иницијална каписла	ударна - фулминатска					
Дејство на циљу	парчадно и запаљиво	пробојно и запаљиво		20 mm ХЧП до 200 m даљине	парчадно и запаљиво	25 mm ХЧП до 200 m даљине
Почетна брзина, <i>m/s</i>	1051	1030	1039	1152	1012	1142
Време самоликвидације, <i>s</i>	/	/	/	/	/	/
Максимални ефикасни домет, <i>m</i>	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Време сагоревања трасера, <i>s</i>	/	/	/	/	/	/

3.1.1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом *M56*

Метак 20×102 mm са тренутно-запаљивим пројектилом (слика 3.2) је намењен за уништавање живе силе и техничких средстава на земљи, води и ваздушном простору. Састоји се од пројектила и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом.

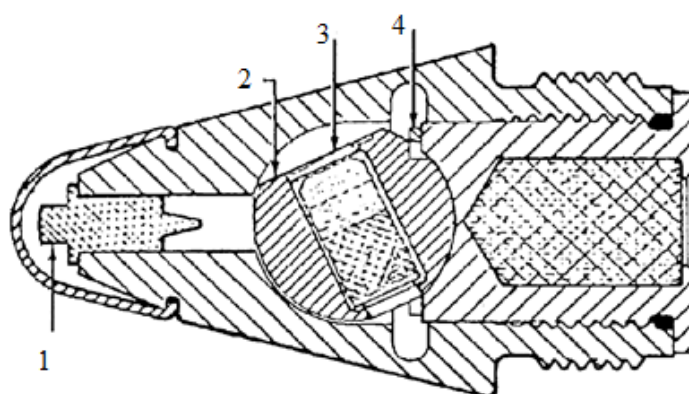
Пројектил се састоји од упаљача, кошуљице, експлозивног пуњења од хексогена и запаљиве смеше. Армирање упаљача се врши инерционо и активира се ударом у препреку. Користи упаљач *M505A3* (слика 3.3).



Слика 3.2. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са ТЗ пројектилом, M56 (доле). ^[16,17]

1-упаљач; 2-кошуљица; 3-експлозивно пуњење; 4-водећи прстен; 5-дно пројектила; 6-барутно пуњење; 7-чаура; 8-иницијална каписла

Пројектил је офарбан у жуту боју и има црвени прстен испод упаљача. Експлозивно пуњење и запаљива смеша су спојени заједно у једну целину. Прво се поставља запаљива смеша а потом и ЕП, на тај начин се обезбеђује боје запаљиво дејство.



Слика 3.3. Изглед пресека упаљача M505A3. ^[18]

1-ударна игла; 2-ротор; 3-детонатор; 4-осигурач

3.1.2. Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом M53

Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом M53 (слика 3.4) намењен је за уништавање лако оклопљених техничких средстава на земљи и ваздуху. Састоји се од зрна и чауре. Пројектил је без пуњења од бризантне експлозивне материје и састоји се од кошуљице и запаљиве смеше.



Слика 3.4. Изглед метка 20 mm са ПЗ пројектилом M53.^[19]

Дејство пројектила 20 mm ПЗ M53 на циљу остварује се кинетичком енергијом кошуљице пројектила, којом се врши пробој материјала циља. Услед напрезања током удара у циљ, долази до samozапалења запаљиве смеше и запаљивог дејства из пробијене препреке. На тај начин пројектил може изазивати пожар на циљу, првенствено услед паљења убојних или погонских средстава и других лако запаљивих материја.

Обојени су црном бојом са црвеним прстеном.

3.1.3. Метак 20 mm са панцирно-трениутно-запаљивим пројектилом PGU-28A/B

Метак 20 mm са пробојно-трениутно-запаљивим пројектилом PGU-28A/B (слика 3.5) је намењен за уништавање и онеспособљавање неоклопљених и слабо оклопљених средстава на површини и ваздуху. нарочиту ефикасност има против већине савремених слабо заштићених борбених возила, ваздухоплова и пловила.

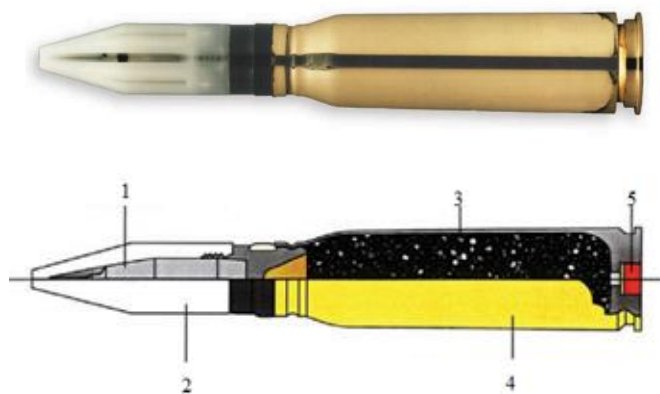


Слика 3.5. Спољни изглед метка (лево) и изглед пресека пробојно-трнутно-запаљивог пројектила 20 mm PGU-28A/B (desno).^[20]

1-запајива смеша у врху пројектила; 2-алуминијумска балистичка капа; 3-челична кошуљица; 4-запајива смеша у телу пројектила; 5-експлозивно пуњење; 6-водећи прстен; 7-пиротехничка смеша

3.1.4. Метак 20 mm са панцирним пројектилом MK149

Метак 20 mm са пробојним пројектилом MK149 (слика 3.6) намењен је за уништавање оклопљених возила, оклопљених циљева и технике.



Слика 3.6. Спољни изглед (горе) и пресек метка 20 mm са панцирним пројектилом MK149 (доле) .^[21]

1-језгро од волфрама; 2-одвојиви сабот; 3-барутно пуњење; 4-чаура; 5-иницијална каписла

Пројектил се састоји од тврдог језгра од волфрама које је обложено одвојивим центрајућом облогом од пластичне масе.

3.1.5. Метак 20 mm са вишенаменским пројектилом M940

Метак 20 mm са вишенаменским пројектилом M940 (слика 3.7) комбинује запаљиво и експлозивно дејство у један пројектил ради повећања броја циљева које може поуздано да гађа.

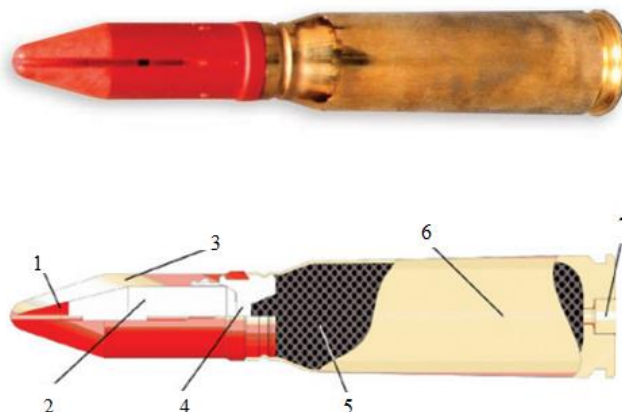


Слика 3.7. Спољни изглед метка (лево) и изглед пресека вишенаменског пројектила 20 mm M940 (десно).^[22]

1-пиротехничка смеша у врху пројектила; 2-пиротехничка смеша у телу пројектила; 3-тело од челика; 4-експлозивно пуњење; 5-самоликвидатор; 6-трасер

3.1.6. Метак 20 mm са пројектилом повећаног дејства MK244

Метак 20 mm са пројектилом повећаног дејства MK244 (слика 3.8) је намењен за уништавање и онеспособљавање оклопљених средстава на површини и ваздуху. Користи се на системима интегрисаним на бродовима. Састоји се од језгра од легуре волфрама и одвојивог центрирајућег носача („сабота“) од пластичне масе.



Слика 3.8. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са пројектилом повећаног дејства MK244 (доле).^[23]

1-алуминијумска балистичка капа; 2-језгро од легуре волфрама; 3-сабот од PEI ојачан стакленим влакнима; 4-алуминијумско дно; 5-барутно пуњење; 6-чаура; 7-иницијална каписла

3.1.7. Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP-T

Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP-T је намењен за обуку нишанција и по изгледу и маси је сличан пројектилу M56. Разликује се само у томе што не поседује упаљач. Постоје две врсте вежбовне муниције, са разликом у томе да ли поседује обележавајућу смешу или не.



Слика 3.9. Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP-T^[24]

Табела 3.2. Основне тактичко-техничке особине вежбовног метка 20 mm PGU-27 A/B TP-T.

Маса пројектила	97 g
Почетна брзина пројектила	1039 m/s
Максимални притисак	4110 bar
Температурни интервал употребе	од -40 до 50 °C

3.2. Муниција 20×110 mm „Хиспано“

Аутоматски топови 20 mm M55, HS404 и HS804 „Хиспано“ користе следеће врсте муниције 20 mm [2]:

- Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом M57,
- Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M57,
- Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом M60,
- Вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом M79,
- Маневарски метак 20 mm M71 и
- Школски метак 20 mm M68.



Слика 3.10. Спољни изглед метака калибра 20×110 mm за аутоматске топове „Хиспано“^[2]

1) метак 20 mm са ТЗ пројектилом M57; 2) метак 20 mm са ТЗО пројектилом M57;
3) метак 20 mm са ПЗ пројектилом M60; 4) вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом M79; 5) маневарски метак 20 mm M71 и 6) школски метак 20 mm M68.

Табела 3.3. Основни подаци о муницији 20×110 mm [2]

Врста и модел метка	ТЗ М57	ТЗО М57	ПЗ М60	ВО М79
Маса метка, <i>g</i>	257	261	274	261
Маса пројектила, <i>g</i>	132	137	142	137
Врста барута	нитроцелулозни			
Иницијална каписла	ударна - фулминатска			
Дејство на циљу	парчадно и запаљиво	парчадно и запаљиво	25 mm ХЧП до 200 m даљине	маркирајуће
Почетна брзина, <i>m/s</i>	850	850	840	850
Време самоликвидације, <i>s</i>	4,5 - 8	4,5 - 8	/	3
Максимални ефикасни домет, <i>m</i>	2000	2000	1500	2000
Време сагоревања трасера, <i>s</i>	/	3	/	3

3.2.1. Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом М57

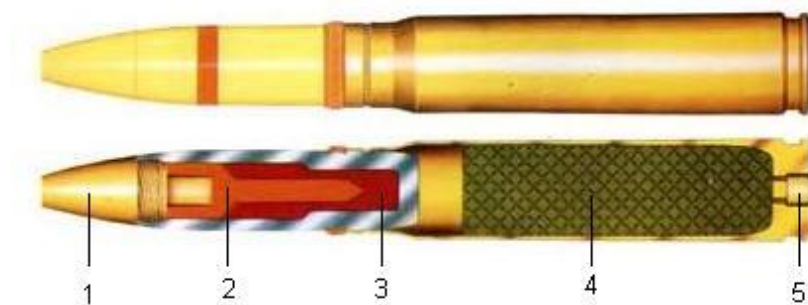
Метак 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом М57 намењен је за уништавање живе силе и техничких средстава непријатеља на земљи и у ваздуху. Конструкцијом овог метка, изостављена је обележавајућа функција пројектила.

У ТЗ пројектилу не налази се трасер, тако да је читава унутрашња запремина кошуљице искоришћена за смештај експлозивног пуњења са запаљивом смешом. Лаборација је изведена тако да је у кошуљицу најпре упресована запаљива смеша (магнезијум, алуминијум, баријум нитрат и калофонијум, укупне масе 7,5 g), а потом тротил на начин приказан на слици 3.11.

Због већег експлозивног и запаљивог пуњења, а самим тим и веће ефикасности на циљу, метак са овом гранатом се још назива и „јаког дејства“.

Сви пројектили 20 mm ТЗ М57, произведени након 1989. године, лаборисани су смешом флегматизованог хексогена са 30 % алуминијума у праху (ХАл 30).

Кошуљица је обојен жутом бојом са допунски обојеним горњим појасом црвене боје. Индексација је извршена црном бојом.



Слика 3.11. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са тренутно-запаљивим зрном M57 (доле)^[2]

**1 – упаљач УТ M57 CM; 2 – експлозивно пуњење; 3 – запаљива смеша;
4 – обележавајућа пиротехничка смеша; 4 – барутно пуњење;
5 – иницијална каписла**

Ударни упаљач са тренутним активирањем и механичком самоликвидацијом (УТ M57 CM; слика 3.12) намењен је за наоружавање разорних (тренутно-запаљивих и тренутно-запаљиво-обележавајућих) артиљеријских пројектила калибра 20 mm.

Помоћу спољних навоја, упаљач је причвршћен за кошуљицу гранате, а на унутрашње навоје је навијен носач иницијално-детонаторске каписле (10) са иницијално-детонаторском капислом (КИД; 11).

Спада у групу неосигураних упаљача, пошто је након производње иницијални ланац упаљача потпуно формиран.

У транспортном (осигураном) стању упаљач је потпуно безбедан приликом правилне употребе.

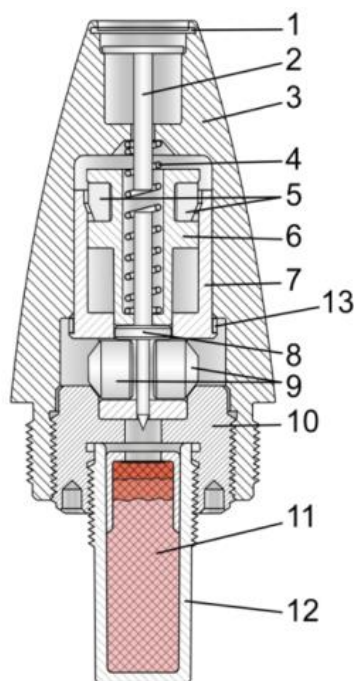
Тело упаљача (3), које је израђено од месинга, на задњем делу има навоје са спољне и унутрашње стране. Спољни навој служи за спајање са кошуљицом пројектила, док се унутрашњи навој користи за спајање носача иницијално-детонаторске каписле (10).

Са предње стране, тело упаљача (3) затворено је мембраном (1). Испод мембране налази се ударац (2) који се својим проширеним делом ослања на испусте у телу упаљача. У наставку удараца налази се ударна игла (8) са ударном опругом (4). У транспортном стању упаљача, ударна опруга (4) је у сабијеном стању. Ударна игла има у свом средњем делу израђена рамена, помоћу којих се ослања на два центрифугална осигурача (9). На тај начин је онемогућено покретање ударне игле ка КИД (11).

Било какво померање вођице (7) у транспортном стању упаљача онемогућено је транспортним осигурачем (13). Овај осигурач израђен је у облику прстена (од челичне

траке) који је на једном делу расечен и постављен између тела упаљача (3) и испуста на вођици (7). Својим положајем транспортни осигурач онемогућава кретање вођице (7), што директно спречава и размицање центрифугалних осигурача (9).

У вођици (7) налази се носач сегмената (6). Носач сегмената на свом горњем крају има израђено лежиште, у којем се налазе сегменти (5). Укупно има два сегмента (5), који су израђени у облику напола пресеченог прстена. Спољне површине (једна вертикална и једна коса површина) сегмената су фино обрађене и постављене су наспрам одговарајућих површина на унутрашњој страни вођице (7). У транспортном стању упаљача, сегменти (5) су скупљени уз носач сегмената (6). Ударна опруга (4) све време потискује носач сегмената (6) наниже, истовремено потискујући и ударну иглу (8) преко њених рамена.



Слика 3.12. Изглед пресека упаљача УТ М57 СМ у осигураном стању делова^[2]

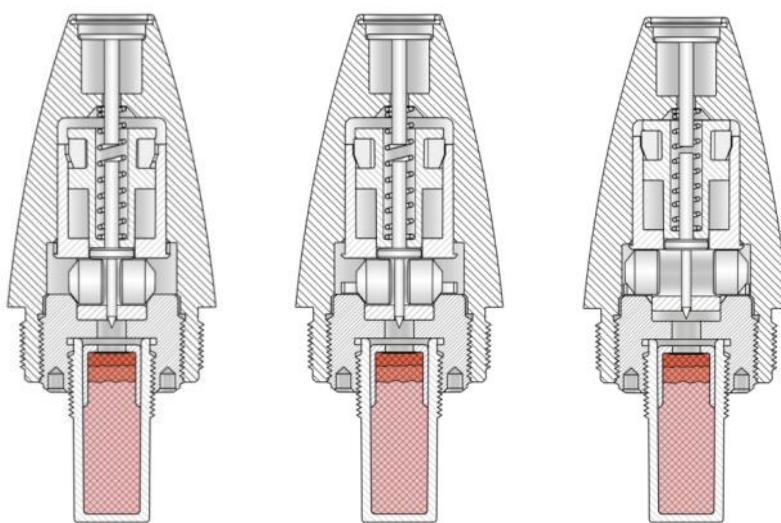
1 – мембрана; 2 – ударач; 3 – тело упаљача; 4 – ударна опруга; 5 – сегменти; 6 – носач сегмената; 7 – вођица; 8 – ударна игла; 9 – центрифугални осигурачи; 10 – носач иницијално-детонаторске каписле; 11 – иницијално-детонаторска каписла (КИД); 12 – кошуљица КИД; 13 – транспортни осигурач.

Армирање упаљача (слика 3.13) врши се под утицајем инерционих и центрифугалних сила, насталих услед лансирања пројектила.

Током кретања пројектила кроз цев, највећи део делова упаљача због утицаја силе трења, остају у првобитном положају и врше притисак на своје ослоне површине.

Услед деловања центрифугалне силе, транспортни осигурач (13) се шири и испада у слободан простор између тела упаљача (3) и вођице (7). Центрифугални сегменти (5) се померају у страну и ослањају о лежиште на унутрашњој страни вођице (7).

Када пројектил напусти цев, сила инерције престаје да делује. Истовремено се наставља деловање центрифугалне силе, која је последица интензивне сопствене ротације пројектила. Пошто је претходно дошло до испадања транспортног осигурача (13), центрифугални осигурачи (9) се размичу и преко својих конусних површина потискују вођицу (7) навише. Уједно долази до додатног сабијања ударне опруге (4). Овим је армирање упаљача завршено.



Слика 3.13. Изглед пресека упаљача УТ М57 СМ током армирања^[2]

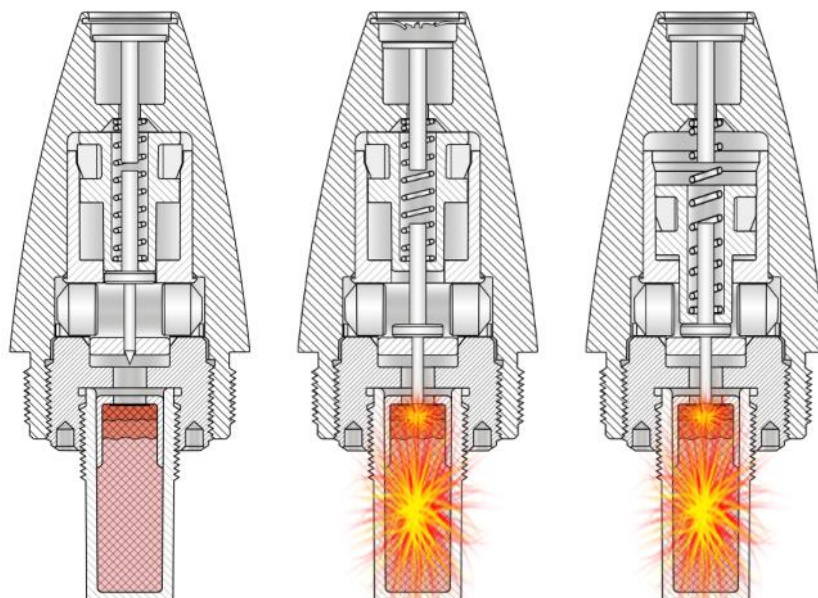
а) осигурано стање; б) померање транспортног осигурача и центрифугалних сегмената; в) армирано стање.

Ударна игла (8) не удара у КИД (11), јер силу ударне опруге (4) задржавају сегменти (5), који забрављују носач сегмената (6) за вођицу (7). Наиме, услед центрифугалне силе, сегменти (5) својим косим површинама ослоњени су на одговарајуће косе површине на вођици (7). Настала сила трења између наведених косих површина спречава покретање ударне игле (8) наниже.

Активирање упаљача (слика 3.14) изазива тренутно активирање експлозивног пуњења пројектила. Остварује се након завршеног процеса армирања, и то на два начина:

- услед удара врха упаљача у циљ или
- услед самоликвидације упаљача.

Када пројектил удари у препреку, материјал препреке деформише мембрану (1), након чега се потискује ударач (2) наниже. Услед тога, ударач потисне ударну иглу (8), која удара у КИД (11) и врши активирање експлозивног пуњења пројектила. Међутим, ако пројектил не удари у чврсту препреку (циљ), долази до самоликвидације упалача, одн. читавог пројектила.



Слика 3.14. Изглед пресека упалача УТ М57 СМ током активирања^[2]

а) армирано стање; б) активирање услед удара у циљ; в) активирање услед самоликвидације

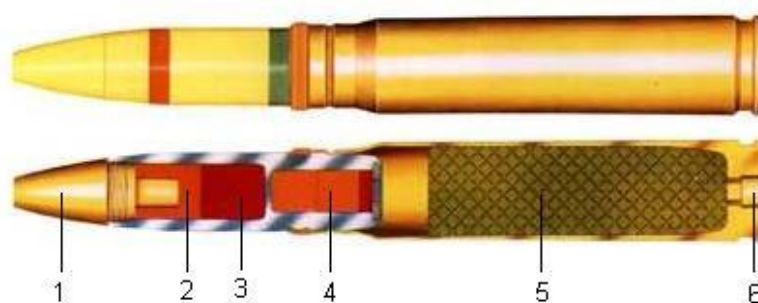
Самоликвидација упалача врши се механички, посредством елемената који су у вођици (7), након истека времена 4,5-9,5 s од тренутка опаљења метка, у зависности од тога под којим углом се врши гађање. Како је већ раније речено, после изласка пројектила из цеви, сегменти (5) се размичу под дејством центрифугалне силе и налажу својим косим површинама на косе површине вођице (7). На тај начин, створен је јединствен склоп (ударна игла, опруга, носач сегмената, сегменти и вођица), повезан центрифугалном силом преко сегмената (5).

У временском периоду до око 4,5 s од тренутка опаљења, сила ударне опруге(4) мања је од силе трења између косих површина, тако да не долази до померања ударне игле (8) ка КИД (11). Међутим, када временом ослаби центрифугална сила (после 4,5-9,5 s од тренутка опаљења, одн. на више од 3500 m од оруђа), а граната не погоди циљ, сегменти (5) нису више у стању да држе овај склоп јединственим. Тада сабијена ударна

опруга (4) преко носача сегмената (6) нагло потискује ударну иглу (8), која удара и тиме активира КИД (11).

3.2.2. Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом М57

Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом М57 (20 mm ТЗО М57; слика 3.15), намењен је за уништавање живе силе и техничких средстава непријатеља на земљи и у ваздуху, као и за коректуру ватре. Састоји се од: упаљача, кошуљице са трасером, експлозивно-запаљивог пуњења, барутног пуњења и чауре са иницијалном капислом.



Слика 3.15. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим зрном М57 (доле) ^[2]:

**1 – упаљач УТ М57 СМ; 2 – експлозивно пуњење; 3 – запаљива смеша;
4 – обележавајућа пиротехничка смеша; 5 – барутно пуњење;
6 – иницијална каписла**

Кошуљица је челична, са преградом на средини, чиме је њена унутрашњост подељена на предњу и задњу комору. У предњој смештени су експлозивно и запаљиво пуњење, а у задњој трасер. На предњем крају кошуљице, нарезани су навоји за навијање упаљача. На спољној површини постоји један центрирајући и један водећи прстен. Водећи прстен је израђен од бакра. Испод њега је канал за пертловање чауре. Обележавајућа смеша је непосредно упресована у удубљење на дну кошуљице. Састоји се од основне и припалне смеше. Ради заштите од оштећења, трасер је покривен целолуидном покривком.

Пуњење пројектила израђено је од пресованог тротила масе око 2,5 g, са удубљењем на предњем крају за смештај иницијално-детонаторске каписле упаљача. Испод тротила упресована је запаљива смеша масе 3,5 g, од магнезијума (Mg) и алуминијума (Al) у праху, уз додатак баријум нитрата са калофонијумом као везивом.

Ознака пуњења је Т/ЗС (тротил и запаљива смеша) и нанета је црним индексима на оживални део кошуљице.

Пројектили 20 mm ТЗО М57, произведени након 1989. године, лаборисани су искључиво смешом флегматизованог хексогена са 30% алуминијума у праху (ХАл 30). Наведени бризантни експлозив има већу бризантност од тротила, при чему остварује и запаљиво дејство на циљу. Тиме ефикасно замењује раније коришћено пуњење (Т/ЗС).

Чаура је благо конусна, са грлићем, а израђена је од месинга. На спољној страни дна чауре постоји венац за извлачење чауре из лежишта метка, а на средини је лежиште каписле са наковњем и два отвора за пролаз пламена ка барутном пуњењу. Ради заштите од корозије чаура је заштићена поступком патинирања.

Барутно пуњење састоји се од нитроцелулозног (НЦ) барута, масе око 30 g, који је слободно насут у чауру. Припаљивање барута врши иницијална каписла. Ова каписла слична је иницијалним капислама за стрељачку муницију, али је нешто већих димензија. Састоји се од месинганог чанчета, иницијалног пуњења и станиолске покривке.

Метак 20 mm ТЗО М57 наоружан је ударним упаљачем са тренутним активирањем и механичком самоликвидацијом М57 (УТ М57 СМ).

У циљу правилне идентификације, кошуљица је обојен жутом бојом са црним индексима и допунски обојеним горњим појасом црвене боје и доњим појасом зелене боје.

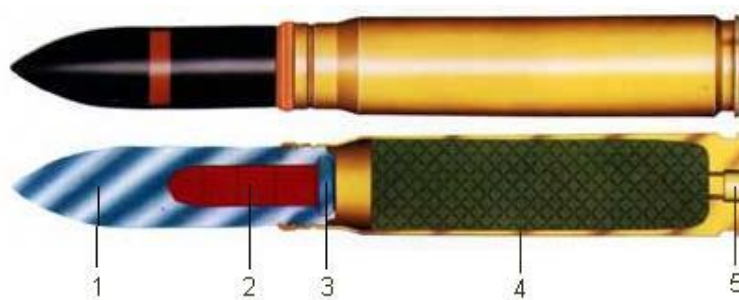
3.2.3. Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом М60

Метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом М60 (20 mm ПЗ М60; слика 3.16) намењен је за уништавање лако оклопљених техничких средстава на земљи и ваздуху. Састоји се од зрна и чауре. Пројектил је без пуњења од бризантне експлозивне материје и састоји се од кошуљице и запаљиве смеше.

Кошуљица је израђена од висококвалитетног челика, израђена обрадом на стругу. Термички је посебно обрађена, како би јој се повећала отпорност неопходна за пробијање челичног оклопа. На кошуљци је један центрирајући и један водећи прстен. Део иза водећег прстена је цилиндричан са кружним каналом за пертловање чауре.

Са задње стране, у унутрашњости кошуљице израђено је удубљење скоро до половине њене дужине, ради смештаја запаљиве смеше. Лаборација кошуљице извршена је тако што је пресовање смеше изведено у четири слоја, ради хомогенизације масе. Запаљива смеша је затворена дебелом покривком од дурала, ради спречавања евентуалног паљења смеше од стране барутног пуњења приликом лансирања пројектила.

Чаура је иста као код метака са ТЗО и ТЗ пројектилом М57.



Слика 3.16. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метак 20 mm са панцирно-запаљивим пројектилом М60 (доле) ^[2]

1 – кошуљица; 2 – запаљиво пуњење; 3 – покривка; 4 – барутно пуњење; 5 – иницијална каписла

Дејство пројектила 20 mm ПЗ М60 на циљу остварује се кинетичком енергијом кошуљице пројектила, којом се врши пробој материјала циља. Услед напрезања током удара у циљ, долази до samozапалења запаљиве смеше и запаљивог дејства из пробијене препреке. На тај начин пројектил може изазивати пожар на циљу, првенствено услед паљења убојних или погонских средстава и других лако запаљивих материја.

Због непостојања самоликвидације пројектила код овог метка, при гађању мора се обратити посебна пажња, нарочито у случају гађања циљева у ваздушном простору. Наиме, сви пројектили који промаше циљ могу дејствовати по сопственим снагама, цивилном становништву или објектима.

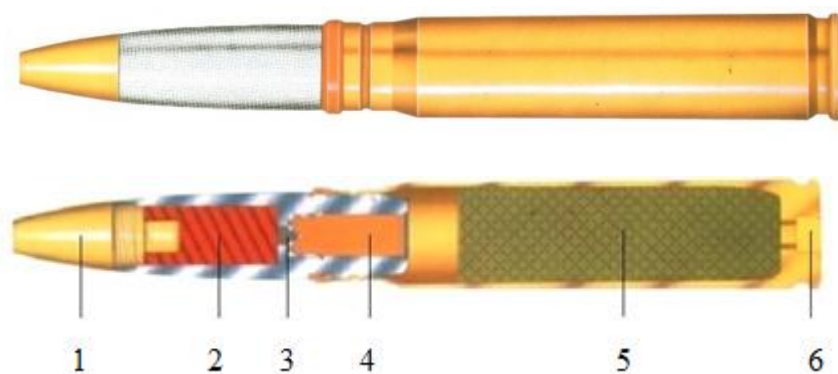
Меци 20 mm ПЗ М60 једноставно се могу разликовати од метака са ТЗО и ТЗ пројектилом. Пројектили се разликују по облику, где нема упаљача. Бојење пројектила извршено је црном бојом са индексима беле боје и допунски обојеним горњим појасом црвене боје (запаљиво дејство на циљу). Такође, на пројектилима су нанете и одговарајуће ознаке поступком жигосања.

3.2.4. Вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом М79

Вежбовни метак 20 mm са обележавајућим пројектилом М79 (слика 3.17) намењен је за вршење гађања из уметнутих цеви 20 mm М78 (УЦ 20 mm М78), које се постављају унутар цеви артиљеријских оруђа средњег и великог калибра (нпр. топови 100 mm Д-10Т на тенковима Т-55). Помоћу УЦ 20 mm М78 може се успешно вршити обучавање послуге топова, уз знатну уштеду ресурса (нижа цена муниције, нема хабања цеви оруђа, значајно блаже мере безбедности при гађању итд.).

Поред тога, наведена муниција може се успешно користити и у циљу обучавања нишанција, одн. послуге аутоматских топова 20 mm. При томе, мере безбедности при гађању су нешто блаже у односу на гађања са бојном муницијом. За разлику од бојне муниције 20 mm ТЗ и ТЗО М57, показало се да вежбовна муниција 20 mm има већу вероватноћу изазивања пожара током гађања на полигонима са сувом вегетацијом и сл.

Метак се састоји се од обележавајућег пројектила и барутног пуњења у чаури са иницијалном капислом.



Слика 3.17. Спољни изглед (горе) и изглед пресека вежбовног метка 20 mm са обележавајућим пројектилом М79 (доле) ^[2]

1 – упалаљач; 2 – маркирајућа смеша; 3 – канал; 4 – обележавајућа смеша; 5 – барутно пуњење; 6 – иницијална каписла.

Пројектил је израђен од челика и има две коморе, међусобно спојене каналом. У обе коморе налазе се одговарајуће пиротехничке смеше. Пиротехничка смеша у доњој комори служи да својим сагоревањем ослобађа светлост и тиме врши обележавање лета пројектила. Паљење пиротехничке смеше врше продукти сагоревања барута у тренутку опаљења метка. У горњој комори кошуљице налази се пиротехничка смеша, која врши маркирање места поготка пројектила. У случају промашаја или рикошета пројектила, догоревање пиротехничке смеше у доњој комори доводи до проласка

пламена ка горњој комори и врши се паљење смеше у горњој комори. На тај начин врши се самоликвидација пројектила.

Чаура је иста као код метака са ТЗО и ТЗ пројектилом *M57*. Меци *20 mm ВО M79* обележени су према домаћим прописима: пројектили су обојени белом бојом са индексима црне боје и нанете су одговарајуће ознаке поступком жигосања.

3.3. муниција калибра $20\times 139\text{ mm}$

Муниција $20\times 139\text{ mm}$ оригинално је развијена 1950. године за аутоматски топ *20 mm HS820 „Хиспано“*. Данас се ова муниција користи на неколико различитих топова: *HS820*, *M693 F2*, *OMI-F2*, *GI2*, *KAD-B*, *KAD-A*, *Rheinmetall Mk20* и на аутоматском топу *Rh202* којим је наоружано немачко борбено возило „Мардер“. Такође, муниција овог калибра се производи у више земаља: Немачкој, Швајцарској, Холандији, Италији, Јужној Африци, Норвешкој и Француској, где је првобитно и развијена.



Слика 3.18. Спољни изглед метака калибра $20\times 139\text{ mm}$ за аутоматске топове „Хиспано“ [26]

- 1) Метак *20 mm* са тренутно-запаљивим пројектилом;
- 2) Метак *20 mm* са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом;
- 3) Метак *20 mm* са панцирно-обележавајућим пројектилом;
- 4) Вежбовни метак *20 mm* са инертним пројектилом;
- 5) Вежбовни метак *20 mm* са обележавајућим пројектилом

У наведеном калибру користи се следећа муниција [26]:

1. Метак 20 *mm* са тренутно-запаљивим пројектилом;
2. Метак 20 *mm* са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом *M599*;
3. Метак 20 *mm* са панцирно-обележавајућим пројектилом *DM43*;
4. Вежбовни метак 20 *mm* са инертним пројектилом и
5. Вежбовни метак 20 *mm* са обележавајућим пројектилом.

Табела 3.4. Основни подаци о муницији 20×139 *mm* [26]

Врста и модел метка	ТЗ	ТЗО <i>M599</i>	ПО <i>DM43</i>	ВО
Маса метка, g	314	314	310	314
Маса пројектила, g	120	120	111	120
Врста барута	нитроцелулозни			
Иницијална каписла	ударна - фулминатска			
Дејство на циљу	парчадно и запаљиво	парчадно и запаљиво	50 mm ХЧП до 100 m даљине	маркирајуће
Почетна брзина, m/s	1050	1050	1100	1050
Време самоликвидације, s	4- 12	4- 12	/	4
Максимални ефикасни домет, m	2000	2000	1500	2000
Време сагоревања трасера, s	/	2	2,5	2

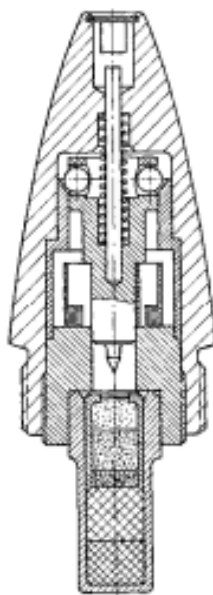
3.3.1. Метак 20 *mm* са тренутно-запаљивим пројектилом

Метак 20×139 *mm* са тренутно-запаљивим пројектилом (слика 3.19) је намењен за уништавање живе силе и техничких средстава на земљи, води и ваздушном простору. Састоји се од пројектила и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Пројектил се састоји од упаљача са механичким самоликвидатором, челичне кошуљице, експлозивног пуњења од хексала и запаљиве смеше.



Слика 3.19. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са тренутно-запаљивим пројектилом (доле).^[27]

Унутар кућишта упаљача смештен је самоликвидатор са алуминијумским клипом, у коме се налазе четири челичне куглице и опруга која жели да помери клип надоле. Клип се ослањана две месингане центрифугалне сигурносне иглице, постављене у радијални положај у поређењу са телом осигурача који спречавају клип да се креће на доле као и ударне игле да дође до детонатора. Доњи део ударне игле има део у облику диска који је постављен испод клипа. Током удара ударна игла може да се креће надоле. Ако није погођен ниједан циљ, наступиће тренутак када је сила опруге унутар клипа већа од силе закључавања четири куглице у отворе месинганог цилиндра. Куглице ће сада бити померене назад у клип, омогућавајући кретање клипа надоле и удар ударне игле у детонатор, активирајући тако систем самоликвидације.



Слика 3.20. Изглед пресека упаљача УТ у осигураном стању^[27]

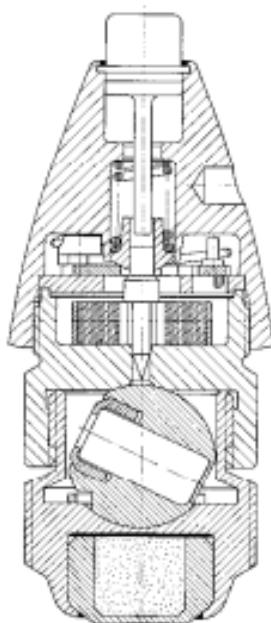
3.2.2. Метак 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M599

Метак 20×139 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом (слика 3.21) је сличне конструкције и намене као и пројектил са ТЗ пројектилом с тим да поседује трасер који обележава путању пројектила 2 секунде.



Слика 3.21. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M599 (доле).^[27]

Упаљач који се користи је AZZ M594A1, Ударно тренутни са самоликвидатором. Поседује три степена осигурања.



Слика 3.22. Изглед пресека упаљача УТ AZZ M594A1 у осигураном стању^[27]

3.3.3. Метак 20 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом са језгром DM43

Метак 20 x 139 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом (слика 3.23) је намењен за уништавање лакооклопљених техничких средстава. Састоји се од пројектила са језгром и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Пројектил се састоји од балистичке капе од алуминијума, језгра од легуре волфрама и кошуљице.

Почетна брзина пројектила је 1100 m/s. Пробојност ХЧП овог пројектила је 32 mm на 1000 m под углом од 90°, под углом од 60° је 24 mm и под углом од 30° је 8 mm.



Слика 3.23. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом DM43 (доле) ^[27]

3.3.4. Вежбовна муниција 20 mm са инертним и обележавајућим пројектилима

Вежбовна муниција (слика 3.24) је намењена за увежбавање нишанција и осталих чланова посаде у гађању. У калибру 20×139 mm постоји две врсте вежбовних метака. Разлика је само у томе што метак са инертним пројектилом не поседује трасер. Метак са обележавајућим пројектилом поседује трасер, који врши обележавање путање пројектила. Оба метка имају исту намену с тим да метак са обележавајућим пројектилом служи и за коректуру ватре.



Слика 3.24. Изглед вежбовног метка 20 mm са лажним упаљачем ^[27]

3.4. Муниција калибра $23 \times 115 \text{ mm}$

Муниција калибра $23 \times 115 \text{ mm}$ развијена је 1954 године у бившем СССР. Настала је на основу муниције $14,5 \times 114 \text{ mm}$. Првенствено се користи у авијацији за авионске аутоматске топове НС-23, НР-23, АМ-23, ГШ-6-23 и ГШ-23. Авионски топ 23 mm ГШ-23Л (слика 3.25) користи се на авионима Ј-22 „Орао“ и Г-4 „Супергалеб“ у наоружању Војске Србије.



Слика 3.25. Изглед аутоматског топа ГШ-23 ^[28]



Слика 3.26. Спољни изглед метака калибра $23 \times 115 \text{ mm}$ за аутоматске топове 23 mm ГШ-23 ^[29]

- 1) метак 23 mm са панцирним пројектилом; 2) метак 23 mm са ПЗ пројектилом;
3) метак 23 mm са ПЗО пројектилом; 4) метак 23 mm са ТЗ пројектилом;
5) метак 23 mm са ТЗО пројектилом; 6) метак 23 mm са ТЗ вежбовним пројектилом; 7) вежбовни метак 23 mm

У наведеном калибру користи се следећа муниција:

- Метак 23 mm са панцирним пројектилом;

- Метак 23mm са панцирно-запаљивим пројектилом;
- Метак 23mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом;
- Метак 23mm са тренутно-запаљивим пројектилом;
- Метак 23mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом;
- Метак 23mm са тренутно-запаљиво-вежбовним пројектилом и
- Вежбовни метак 23 mm.

Табела 3.5 Основни подаци о муницији 23×115 mm

Врста и модел метка	Панцирни	ПЗ	ПЗО	ТЗ	ТЗО	Вежбовни
Маса метка, g	331	331	347	329	343	326
Маса пројектила, g	174	174	190	174	188	169
Врста барута	нитроцелулозни					
Иницијална каписла	ударна - фулминатска					
Дејство на циљу	10 mm ХЧП на 200 m даљине под углом од 60°			парчадно и запаљиво	парчадно и запаљиво	маркирајуће
Почетна брзина, m/s	715	715	690	715	700	715
Време самоликвидације, s	/	/	/	4,5-6	4,5-6	/
Максимални ефикасни дomet, m	2000					
Време сагоревања трасера, s	/	/	5	/	5	/

Панцирни пројектили су намењени за уништавање оклопљене технике и средства. Састоји се од челичног тела и не поседују упаљач. Панцирно-запаљиви и панцирно-запаљиво-обележавајући пројектили су слични са разликом присуства запаљиве тј. Трасирне смеше.

Тренутни пројектили служе за уништавање непријатељске живе силе и нематеријалних средстава. Лаборисан је експлозивом А-IX-2 масе 17,8 g за ТЗ пројектил и 15,2 g за ТЗО пројектил.

Вежбовна муниција са инертним пројектиlima намењена је за увежбавање нишанџија и осталих чланова посаде у гађању. Не поседује експлозивно пуњење што је чини безбедном за руковање.

3.5. Муниција калибра $23 \times 152B$ mm

Аутоматски топови 23 mm 2A14 настали су у СССР и налазе се у наоружању више земаља, било као противавионска оруђа ЗУ-23-2 или самоходна противавионска оруђа ЗСУ-23-4 „Шиљка“. Топом 23 mm 2A14 је наоружано и бугарско борбено возило пешадије БМП-23.



Слика 3.27. Аутоматски топ 23 mm 2A14 на БМП-23 (лево) и двоцевни противавионски топ 23 mm ЗУ-23-2 „Сергеј“ (десно)

За овај аутоматски топ развијене су следеће врсте муниције [26]:

- Метак 23 mm са тренутним пројектилом;
- Метак 23 mm са тренутно-обележавајућим пројектилом;
- Метак 23 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом;
- Метак 23 mm са панцирно-запаљивим пројектилом;
- Метак 23 mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом;
- Метак 23 mm са са вежбовним пројектилом и
- Метак 23 mm са са вежбовно-обележавајућим пројектилом.

Почетна брзина пројектила муниције $23 \times 152B$ mm износи око 970 m/s. Укупна маса метка је 455 g а маса пројектила 185 g.



Слика 3.28. Спољни изглед метака калибра $23 \times 152B$ mm за аутоматски топ ЗСУ-23-4 ^[29]

- 1) метак 23 mm са тренутним пројектилом; 2) метак 23 mm са ТО пројектилом; 3) метак 23 mm са ТЗО пројектилом; 4) метак $23mm$ са ПЗ пројектилом; 5) метак $23mm$ са ПЗО пројектилом; 6) вежбовни метак $23mm$ са обележавајућим пројектилом

Табела 3.6 Основни подаци о муницији $23 \times 152B$ mm [26]

Врста и модел метка	Т	ТО	ТЗО	ПЗ	ПЗО	ВО
Маса метка, g	450	450	450	329	343	326
Маса пројектила, g	185	186	188	174	188	169
Врста барута	нитроцелулозни					
Иницијална каписла	ударна - фулминатска					
Дејство на циљу	парчадно	парчадно	парчадно и запаљиво	15 mm ХЧП на 700 m, 10 mm ХЧП на 1000 m		маркирајуће
Почетна брзина, m/s	970	970	970	970	970	910
Време самоликвидације, s	5-12	5-12	5-12	/	/	/
Максимални ефикасни домет, m	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Време сагоревања трасера, s	/	5	5	/	5	5

Тренутни пројектили су намењени за уништавање циљева на земљи, води и у ваздушном простору. У калибру 23×152 В *mm* постоји муниција са тренутним пројектиlima, муниција са тренутно-обележавајућим пројектиlima и муниција са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектиlima.

Муниција са тренутним пројектиlima је најједноставније конструкције. Метак се састоји од пројектила са упаљачем и експлозивним пуњењем и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом.

Муниција са тренутно-обележавајућим пројектиlima је сличне намене као претходно описана муниција с тим да поред основне намене служи и за коректуру ватре јер садржи трасер.

Муниција са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектиlima, поред ударно-разорног дејства испољава и запаљиво дејство. Пројектили су лаборисани експлозивно-запаљивом смешом од флегматизованог хексогена иалуминијума у праху масе 16,3 *g* и користе упаљаче МГ-25.

Панцирни пројектили су намењени за уништавање лако оклопљених техничких средстава. У калибру 23×152 В *mm* постоји муниција са панцирно-запаљивим и панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектиlima. Обе врсте муниције испољавају пробојно и запаљиво дејство на циљу. Лаборисани су запаљивом смешом тротила и алуминијума која се активира приликом удара у препреку. Не поседују упаљач већ на циљ делују кинетичком енергијом. Панцирно-запаљиво-обележавајући пројектили служе још и за коректуру гађања.

Вежбовна муниција са инертним и обележавајућим пројектиlima намењена је за увежбавање нишанција и осталих чланова посаде у гађању. Не поседује експлозивно пуњење што је чини безбедном за руковање.

3.6. Муниција калибра 25×137 mm

Муниција калибра 25×137 mm развијена је у САД 1973. године за употребу из аутоматских топова у свим видовима ОС САД. Муниција је данас позната и под називом „Бушмастер“ (енг. *Bushmaster*).

До почетка осамдесетих година прошлог века у наоружање ОС САД усвојена су следећа средства наоружања овог калибра [30]:

- једноцевни аутоматски топ 25 mm M242, за наоружавање борбених возила КоВ и КМП САД,
- једноцевни бродски топ 25 mm Mk38, за борбена пловила РМ САД и
- петоцевни авионски топ авионски топ 25 mm GAU-12U на борбеним авионима AV-8B „Харијер“ у Корпусу морнаричкодесантне пешадије САД.

Може се користити и муниција за аутоматски топ 25 mm KBA, швајцарског и немачког порекла, који се користи у многим ОС држава НАТО.



Слика 3.29. Муниција калибра 25×137 mm ^[31]

- 1) ТЗО M792; 2) ПРЗО PGU-32/U; 3) ПЗ-J PGU-20; 4) ПКО M791;
5) ПКО M919; 6) ВО M793; 7) ВПКО M910; 8) ВО PGU-33/U.

У наведеном калибру користе се следећа муниција (слика 3.31) [30]:

1. Метак 25 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом M792 (25 mm ТЗО M792),
2. Метак 25 mm са пробојно-запаљиво-обележавајућим пројектилом PGU-32/U (25 mm ПРЗО PGU-32/U),
3. Метак 25 mm са панцирно-запаљивим пројектилом са језгром PGU-20 (25 mm ПЗ-J PGU-20),

4. Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом *M791* (25 mm ПКО *M791*),
5. Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом *M919* (25 mm ПКО *M919*)
6. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом *M793* (25 mm ВО *M793*),
7. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом *PGU-33/U* (25 mm ВО *PGU-33/U*),
8. Вежбовни метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом *M910* (25 mm ВПКО *M910*).

Табела 3.7. Основни подаци о муницији 25×137 mm [30]

Врста и модел метка	ПКО <i>M791</i>	ТЗО <i>M792</i>	ВО <i>M793</i>	ВПКО <i>M910</i>	ПКО <i>M919</i>
Маса метка, <i>g</i>	458	501	501	420	454
Маса пројектила, <i>g</i>	134	185	182	95	96
Врста барута	<i>Radford AP225</i>	<i>WC 890</i>	<i>WC 890</i>	<i>Expro XPR51C4</i>	<i>Hercules HES9053</i>
Иницијална каписла	ударна, <i>M115</i>				
Дејство на циљу	пробојно	парчадно до 5 m	/	/	/
Почетна брзина, <i>m/s</i>	1345	1100	1100	1525	1385
Време лета пројектила 2000 m, <i>s</i>	1,7	3,6	3,5	1,8	1,6
Максимални ефикасни домет, <i>m</i>	2000	3000	1600	2000	2500
Време сагоревања трасера	1,7 s	3,5 s	3,5 s	1,8 s	1,8 s
Даљина обележавања, <i>m</i>	2000				2500

3.6.1. Метак 25 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом *M792*

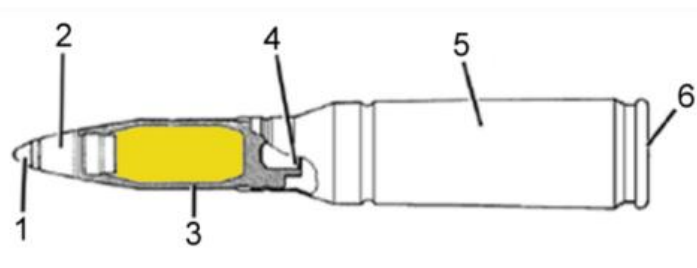
Метак 25 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом *M792* (25 mm ТЗО *M792*; слика 3.30) намењен је за уништавање и онеспособљавање незаклоњене живе силе, неоклопљених возила и хеликоптера, за неутрализацију положаја противничких

пешадијских и противоклопних ракетних јединица на даљинама од 900 до 3000 *m*. За исте задатке на мањим даљинама користи се спрегнути митраљез 7,62 *mm* *M240C*. У употреби је и метак 25 *mm* ТЗО *Mk210*, који је по намени и конструкцији сличан овом метку.



Слика 3.30. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 25 *mm* са ТЗО пројектилом *M792* (доле) ^[31,33]

Главни делови метка приказани су на слици 3.31.



Слика 3.31. Главни делови метка 25 *mm* ТЗО *M792* ^[33]

1 – балистичка капа; 2 – упаљач (УТ *M758 CM*); 3 – кошуљица са експлозивним пуњењем; 4 – трасер; 5 – чаура са барутним пуњењем; 6 – иницијална каписла.

Метак је сједињен и користи ударну иницијалну капислу. Укупна масе метка је 501 *g*, при чему маса пројектила износи 185 *g*. Пројектил је обојен жутом бојом и допунски обојен горњим појасом црвене боје.

Балистичка капа (1) је израђена од алуминијума и омогућава повољан облик предњем делу пројектила.

Кошуљица (2) израђена је од челика и у њој је смештено експлозивно пуњење масе 32 *g*. Услед активирања експлозивног пуњења врши се фрагментација кошуљице и остварује се парчадно дејство. Експлозивно пуњење израђено је од експлозивне смеше *PBXN-5* и комада цирконијума, због чега се услед експлозије остварује и запаљиво дејство. У дну кошуљице смештен је трасер (4). Након опаљења пали се пиротехничка

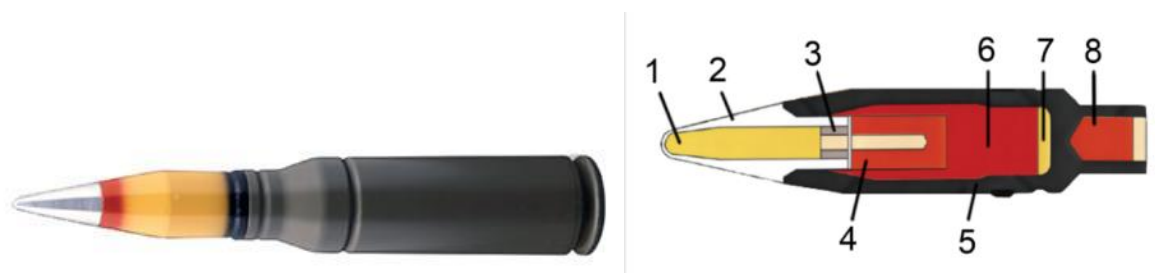
смеша која сагорева најмање 3,5 s, чиме се до најмање 2000 m од оруђа обележава путања лета пројектила.

Чаура (5) израђена је од угљеничног челика и лаборисана је барутним пуњењем од сферичног барута WC890. Сагоревањем барутног пуњења врши се погон пројектила, који има почетну брзину 1100 ± 20 m/s. У дну чауре налази се иницијална каписла M115, лаборисана смешама магнезијума, стронцијум нитрата, тefлона и стронцијум пероксида. Чауре су површински заштићене лакирањем и могу бити сиве, смеђе или маслинастозелене боје.

Упаљач УТ M758 CM намењен је да изврши тренутно активирање експлозивног пуњења пројектила услед удара у циљ (реакционо или инерционо) или да изврши самоликвидацију након промашаја циља.

3.6.2. Метак 25 mm са пробојно-запаљиво-обележавајућим пројектилом PGU-32/U

Метак 25 mm са пробојно-запаљиво-обележавајућим пројектилом PGU-32/U (25 mm ПРЗО PGU-32/U; слика 3.32) намењен је за уништавање и онеспособљавање неоклопљених и слабо оклопљених средстава на површини и ваздуху. Нарочиту ефикасност има против већине савремених слабо заштићених борбених возила, ваздухоплова и пловила. Конструкција пројектила обезбеђује успорено активирање пуњења, чиме се повећава ефикасност дејства на циљу.



Слика 3.32. Спољни изглед (лево) и изглед пресека пројектила 20 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом PGU-32/U (десно) ^[10] :

1 – горње запаљиво пуњење; 2 – капа; 3 – диск; 4 – централно запаљиво пуњење;
5 – кошуљица; 6 – експлозивно пуњење; 7 – доње запаљиво пуњење; 8 – трасер.

Постоји и метак 25 mm ПРЗО Mk2, који је сличне намене и конструкције. Најзначајнија разлика је у могућности самоликвидације, која се остварује након завршетка сагоревања трасера. Тада пламен пролази кроз отвор у дну кошуљице и иницира запаљиво и експлозивно пуњење пројектила.

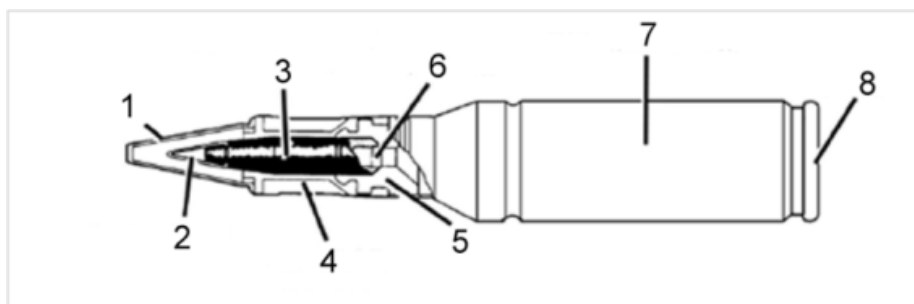
3.6.3. Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом са језгром M791

Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом са језгром M791 (25 mm ПКО M791; слике 3.33 и 3.34) намењен је за уништавање лако оклопљених возила, самоходне артиљерије и циљева у ваздушном простору као што су хеликоптери и нисколетећи авиони. Поред тога, користи се и за коректуру ватре и показивање циљева јер поседује трасер.



Слика 3.33. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 25 mm са ПКО пројектилом M791 (доле)^[33]

Састоји се од пројектила са поткалибарним панцирним језгром, чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом.



Слика 3.34. Главни делови метка 25 mm са ПКО пројектилом M791^[33]

1 – заштитна капа; 2 – балистичка капа; 3 – тело пројектила;
4 – центрајући сегменти; 5 – носач пројектила; 6 – трасер; 7 – чаура;
8 – иницијална каписла.

Пројектил се састоји од поткалибарног језгра, израђеног од волфрамове легуре велике чврстине. Поткалибарно језгро је упресовано у алуминијумску балистичку капу која даје пројектилу аеродинамички облик. Поред ове намене, балистичка капа је намењена да смањи могућност настајања рикошета јер се приликом удара пројектила у

препреку деформише. Центрирајући сегменти и заштитна капа служе за вођење пројектила кроз цев оруђа.

Барутни гасови, након опаљења, преко носача пројектила, саопштавају пројектилу почетну брзину од око 1345 m/s. Након напуштања цеви, услед центрифугалних и аеродинамичких сила долази до одбацивања центрирајућих елемената и заштитне капе тако да поткалибарно тело лет наставља самостално.

Ефикасан домет пројектила је до 2000 m. Након опаљења пали се пиротехничка чиме се до најмање 2000 m од оруђа обележава путања лета пројектила.

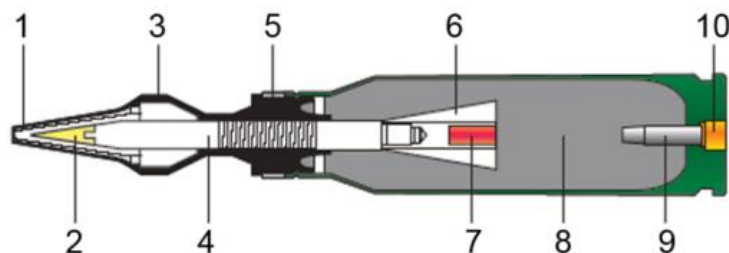
3.6.4. Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом M919

Метак 25 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом M919 (25 mm РКО M919; слике. 3.35 и. 3.36) је сличне конструкције и намене као и метак ПКО M791. Намењен је за уништавање лако оклопљених возила, самоходне артиљерије и циљева у ваздушном простору као што су хеликоптери и нисколетећи авиони.



Слика 3.35. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 25 mm са ПКО пројектилом M919 (доле) ^[33]

Метак се састоји од пројектила са поткалибарним телом и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом са пламеником. Поткалибарно тело пројектила је намењено за пробијање лако оклопљених циљева и израђено је од осиромашеног уранијума изузетно велике чврстине. Ради правилног вођења пројектила кроз цеви оруђа, након опаљења, пројектил поседује заштитну капу од пластичне масе, центрирајуће елементе од алуминијума и бакарни водећи прстен.



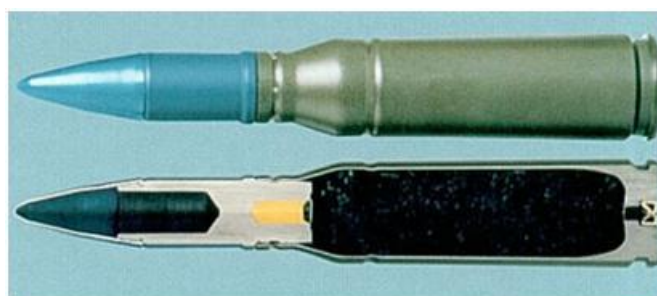
Слика 3.36. Главни делови метка 25 mm са ПКО пројектилом *M919* ^[33]

1 – заштитна капа; 2 – балистичка капа; 3 –центрирајући сегменти;
4 – тело пројектила; 5 – водећи прстен; 6 – крилца; 7 – трасер;
8 – барутно пуњење; 9 – плменик; 10 – иницијална каписла.

Ови елементи се одбацују након изласка пројектила из цеви оруђа. Поткалибарни пројектил је стабилисан помоћу крилаца. Почетна брзина пројектила износи око 1385 m/s. Пројектил такође поседује трасер.

3.6.5. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом *M793*

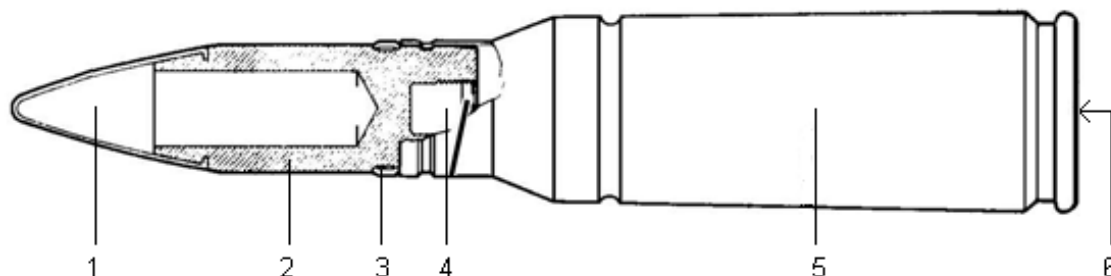
Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом *M793* (слика 3.37) намењен је за вежбовна гађања и припрему за гађање метком 25 mm са ТЗО пројектилом *M792*. Има исте балистичке карактеристике као и метак 25 mm са ТЗО пројектилом *M792* са тим да пројектил нема експлозивног пуњења. Одсуство експлозивног пуњења чини овај метак јефтинијим за израду и безбеднијим за руковање и обуку нишанџија и осталих чланова посаде у гађању.



Слика 3.37. Спољни изглед (горе) и изглед пресека вежбовног метка 25 mm са обележавајућим пројектилом *M793* (доле) ^[33]

Метак се састоји од пројектила са трасером и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом.

Пројектил се састоји од челичног тела са балистичком капом у горњем делу, трасером у доњем делу и водећег прстена. Трасер омогућава обележавање путање пројектила до 2000 *m*.



Слика 3.38. Главни делови вежбовног метка 25 *mm* са обележавајућим пројектилом M793 ^[33]

**1 – балистичка капа; 2 – тело пројектила; 3 – водећи прстен; 4 – трасер;
5 – чаура са барутним пуњењем; 6 – иницијална каписла**

Максимални ефикасни домет пројектила је 1600 *m*. Пројектил је обојен плавом бојом.

3.6.6. Вежбовни метак 25 *mm* са пробојно-обележавајућим пројектилом M910

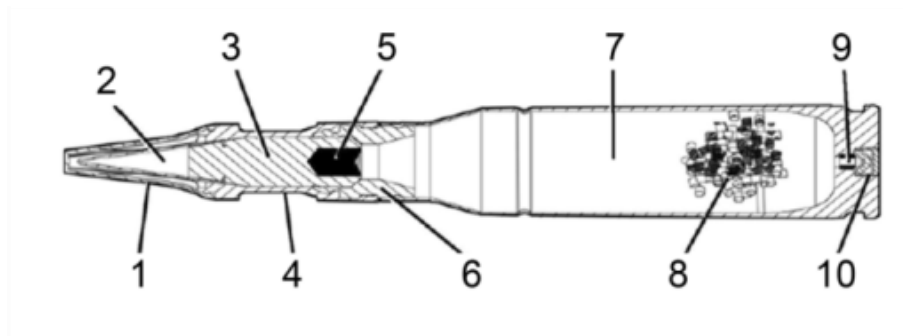
Вежбовни метак 25 *mm* са пробојно-обележавајућим пројектилом M910 (слика 3.39) намењен је за вежбовна гађања и припрему за гађање метком 25 *mm* са ПКО пројектилом M791. Има исте балистичке карактеристике као и метак 25 *mm* са ПКО пројектилом M791 на даљинама до 2000 *m*.



Слика 3.39. Спољни изглед (горе) и пресек вежбовног метка 25 *mm* са ПКО пројектилом M910 (доле) ^[32]

Метак се састоји од пројектила са поткалибарним телом и трасером и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Поткалибарно тело је израђено од

челика. На поткалибарном телу пројектила налази се балистичка капа од алуминијума. Заштитна капа, центрирајући елементи и носач пројектила су намењени за вођење пројектила кроз цеви оруђа и одбацују се након изласка пројектила из цеви.



Слика 3.40. Главни делови вежбовног метка 25 mm са ПКО пројектилом M910 ^[33] :

- 1 – заштитна капа; 2 – балистичка капа; 3 – тело пројектила;
4 – центрирајући сегменти; 5 – трасер; 6 – носач пројектила; 7 – чаура;
8 – барутно пуњење; 9 – припала; 10 – иницијална каписла.

3.6.7. Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом PGU-33/U

Вежбовни метак 25 mm са обележавајућим пројектилом PGU-33/U (слика 3.41) намењен је за почетну обуку нишанција и осталих чланова посаде, као и пилота авиона, у гађању. Пројектил је конструисан од таквог материјала који има довољну чврстину да издржи напрезања приликом опаљења и проласка кроз цев оруђа, али се при удару у препреку распада на ситне комадиће тако да је онемогућен рикошет.



Слика 3.41. Изглед вежбовног метака 25 mm PGU-33/U ^[31]

3.7. Муниција 30×165 *mm* за аутоматске топове 2А42 и 2А72

Муниција 30×165 *mm* развијена у СССР за употребу на аутоматским топовима на борбеним возилима, хеликоптерима и авионима. Наведена муниција се користи на следећим аутоматским топовима [34]:

1. аутоматски топ 30 *mm* 2А42 на борбеним возилима БМП-2, БТР-80А, БТР-82А, БТР-90, као и на борбеним хеликоптерима: Ми-28, Ка-50, Ка-52;
2. аутоматски топ 30 *mm* 2А72 на борбеним возилима БМП-3 и
3. аутоматске топове 30 *mm* 2А38М на самоходном артиљеријско-ракетном систему ПВО „Тунгуска“.



Слика 3.42. Топови калибра 30×165 *mm* на различитим борбеним возилима: 2А42 на БТР-80А (горе) и 2А72 на БМП-3 (доле)

Међутим, муниција за топове 2А42 има исти називни калибар, али није у потпуности измењива са муницијом за следећа средства наоружања, која има електричну топовску капислу и не може се користити за топове 2А42. [34]:

- аутоматске топове 30 *mm* ГШ-30, ГШ-30К, ГШ-6-30, ГШ-301 на борбеним авионима: МиГ-29, Су-27, Су-30, Су-33, Су-34 и Су-37 и

- аутоматске топове АО-18 у склопу бродских артиљеријских система АК-630 и АК-306 на борбеним пловилима.



а) б) в) г) д) ђ)

Слика 3.43. Спољни изглед метака $30 \times 165 \text{ mm}$ за аутоматске топове 30 mm 2А42 и 2А72 [34]

а) Метак 30 mm са тренутним пројектилом; б) Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом; в) Метак 30 mm тренутно-обележавајућим пројектилом; г) Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом; д) Вежбовни метак 30 mm са инертним пројектилом ђ) Вежбовни метак 30 mm са обележавајућим пројектилом.

У наведеном калибру користи се следећа муниција [34]:

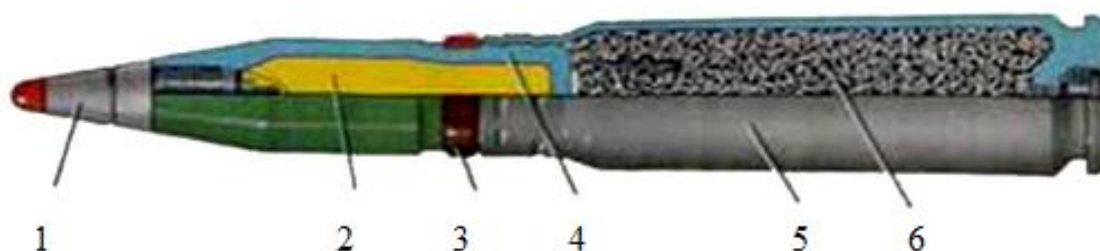
1. Метак 30 mm са тренутним пројектилом;
2. Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом;
3. Метак 30 mm тренутно-обележавајућим пројектилом;
4. Метак 30 mm тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом
5. Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом;
6. Вежбовни метак 30 mm са инертним пројектилом и
7. Вежбовни метак 30 mm са обележавајућим пројектилом.

Табела 3.8. Основни подаци о муницији 30×165 mm [34]

Врста и модел метка	ТЗ	ТО	ТЗО	ПО	ВО
Маса метка, <i>g</i>	842	835	842	842	858
Маса пројектила, <i>g</i>	389	385	387	387	400
Иницијална каписла	ударна, KB-3-1				
Упаљач	А-670 М			/	
Врста барута	6/7 П-5 БПфл				
Врста експлозивног пуњења	А-IX-2			/	
Почетна брзина, <i>m/s</i>	960			970	
Време самоликвидације, <i>s</i>	7,5-15,5				
Век употребе, година	15				
Даљина армирања упаљача, <i>m</i>	20-100			/	

3.7.1. Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом

Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом намењен је за уништавање живе силе и техничких средстава на земљи, води и у ваздушном простору.



Слика 3.44. Пресек метка 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом ^[34]:

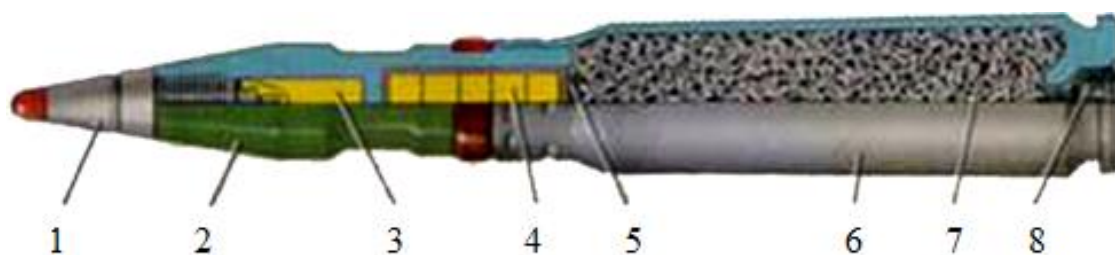
- 1) Упаљач; 2) експлозивно пуњење; 3) водећи прстен; 4) кошуљица; 5) Чаура са иницијалном капислом; 6) барутно пуњење

Састоји се од пројектила са упаљачем А-670М и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Остварује разорно и запаљиво дејство на циљу и због тога је

ефикасан за борбу против незаклоњене пешадије, неоклопљених возила, нисколетећих циљева и техничких средстава.

3.7.2. Метак 30 *mm* са тренутно-обележавајућим пројектилом

Метак 30 *mm* са тренутно-обележавајућим пројектилом првенствено је намењен за уништавање циљева у ваздушном простору, али се може ефикасно користити и за уништавање других техничких средстава као и живе силе. поред ове намене служи и за вршење коректуре јер поседује трасер који обележава путању пројектила.



Слика 3.45. Пресек метка 30 *mm* са тренутно-обележавајућим пројектилом ^[34].

- 1) Упаљач; 2) кошуљица; 3) експлозивно пуњење; 4) обележавајућа смеша; 5) покривка; 6) чаура; 7) барутно пуњење; 8) иницијална каписла.

Метак се састоји од пројектила са упаљачем А-670 М и трасером, и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Максимални домет пројектила је 4 *km*.

3.7.3. Метак 30 *mm* са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом

Метак 30 *mm* са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом обједињује намену метака са ТЗ и ТО пројектилом. Намењен је за уништавање живе силе, техничких средстава и циљева на земљив, води и у ваздушном простору.



Слика 3.46. Спољни изглед метка 30 *mm* са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом ^[34]

Сва три описана метка користе упаљач А-670М. Упаљач А-670 М је ударни, успореног дејства са самоликвидатором и армирањем након опаљења на удаљености од 20 до 100 *m* од оруђа. Активирање упаљача се врши од 0,002 до 0,004 *s* након удара у препреку.

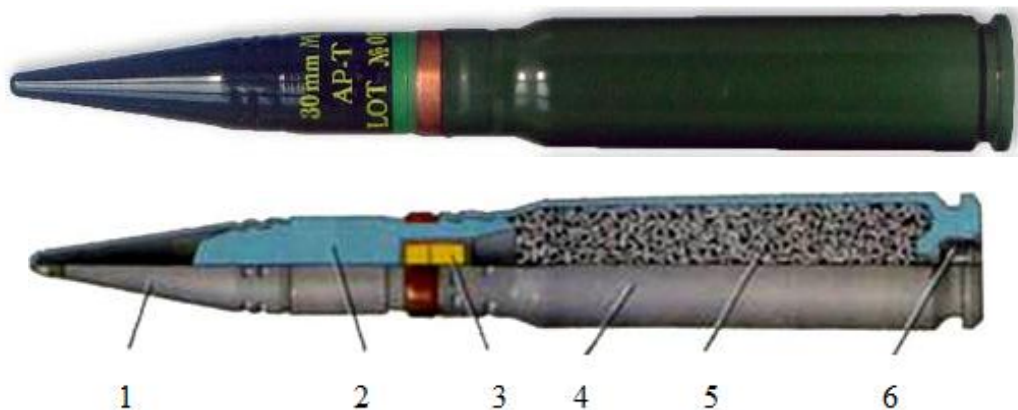


Слика 3.47. Изглед паљача (лево) и изглед пресека упаљача А-670М (десно) ^[34]

Време самоликвидације је од 7,5 до најкасније 15,5 s. Упаљач је безбедан за руковање и транспорт.

3.7.4. Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом

Метак 30 mm са панцирно-запаљивим пројектилом је намењен за уништавање лако оклопљених борбених возила и других техничких средстава



Слика 3.48. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом (доле) ^[34] :

- 1) балистичка капа; 2) кошуљица; 3) трасер; 4) чаура; 5) барутно пуњење; 6) иницијална каписла

Метак се састоји од пројектила са трасером и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом. Пројектил се састоји од балистичке капе, кошуљице, водећег прстена и трасера.

3.7.5. Вежбовна муниција 30 mm са инертним и обележавајућим пројектилом

Вежбовни метак 30 mm са инертним пројектилом је намењен за почетну обуку нишанција и осталих чланова посаде борбених возила и пилота авиона и хеликоптера.



Слика 3.49. Спољни изглед вежбовне муниције 30 mm са инертним (горе) и обележавајућим пројектилом (доле) ^[34]

Пројектил нема упаљач, нити експлозивно или запаљиво пуњење, па је због тога безбеднији за руковање и гађање. Поседује трасер ради обележавања путање и осматрања погодака.

Вежбовни метак 30 mm са обележавајућим пројектилом се по конструкцији и намени не разликује много до метка са вежбовним пројектилом. Разлика је само у томе што поседује трасер. Обележен је доњим појасом зелене боје и благим сужењем кошуљице.

3.8. Муниција 30×173 mm „Бушмастер 2“

Аутоматски топ 30 mm Mk44 Бушмастер 2 (енг. *Bushmaster II*) је развијен у САД. Настао је унапређењем топа 25 mm M242 „Бушмастер“ и користи 70% истих делова као M242. Поред тога, исту муницију користе и аутоматски топови КВА и МК30, којима су наоружана савремена борбена возила.

Наведени топови користе следеће врсте муниције калибра 30×173 mm [34]:

- Метак 30 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом Mk264;
- Вежбовни метак 30 mm саобележавајућим пројектилом Mk239;
- Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266;
- Метак 30 mm поткалибарно-обележавајућим пројектилом Mk258;
- Метак 30 mm пробојно-обележавајућим пројектилом Mk310;



а) б) в) г) д) е) ж)

Слика 3.50. Спољни изглед муниције калибра 30×173 mm ^[35]

- а) Метак 30 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом *Mk264*;
- б) Вежбовни метак 30 mm са обележавајућим пројектилом *Mk239*;
- в) Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом *Mk266*;
- г) Метак 30 mm са поткалибарно-обележавајућим пројектилом *Mk258*;
- д) Метак 30 mm пробојно-обележавајућим пројектилом *Mk310*;
- е) Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом *PGU-13/B*;
- е) Метак 30 mm са панцирно-запаљивим пројектилом *PGU-14/B*;
- ж) Вежбовни метак 30 mm са инертним пројектилом *PGU-15/B*.

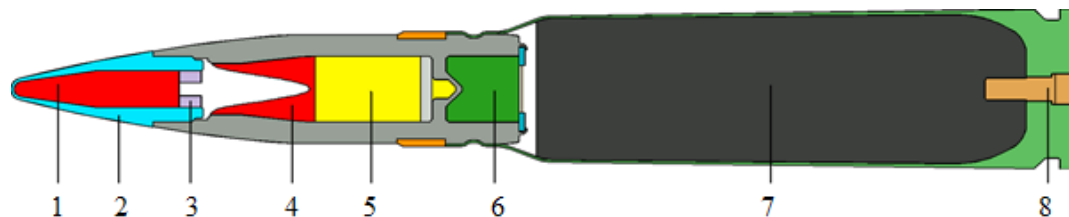
Такође, развијена је муниција калибра 30 x 173 mm, која се првенствено користи из седмоцевних авионских аутоматских топова 30 mm GAU-8/A на борбеном авиону A-10 „Thunderbolt II“:

1. Метак 30 mm са тренутно-запаљивим пројектилом *PGU-13/B*;
2. Метак 30 mm са панцирно-запаљивим пројектилом *PGU-14/B* и
3. Вежбовни метак 30 mm са инертним пројектилом *PGU-15/B*.

3.8.1. Метак 30 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом, *Mk264*;

Метак 30 mm са пробојно-обележавајућим пројектилом *Mk264* (30 mm ПРО *Mk264*), као што сам назив каже, има вишеструку намену. Може се користити за уништавање живе силе, техничких средстава, нисколетећих циљева и лако оклопљених средстава.

Метак се састоји од пројектила и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом са припалом.



Слика 3.51. Изглед пресека метка 30 mm са пробојно-разорно-обележавајућим пројектилом Mk264:

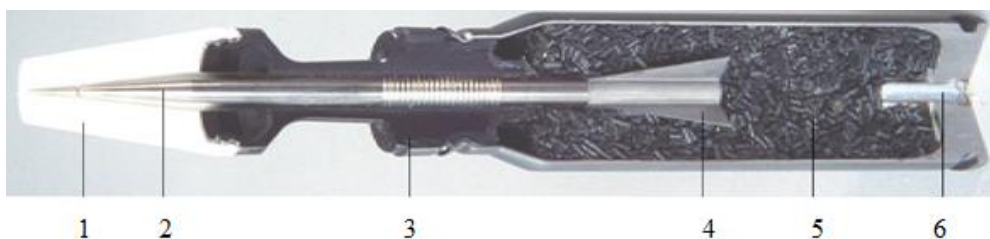
- 1) Горња запаљива смеша; 2) балистичка капа; 3) диск; 4) централна запаљива смеша; 5) експлозивно пуњење; 6) трасер; 7) барутно пуњење; 8) иницијална каписла са припалом. ^[34]

Пројектил се састоји од балистичке капе, кошуљице, горње и централне запаљиве смеше, експлозивног пуњења и трасера. Самоликвидацију изазива догоревање трасера, који на крају свог сагоревања активира експлозивно пуњење. Време лета пројектила до самоликвидације је 4,7 s на око 3500 m од уста цеви оруђа.

3.8.2. Метак 30 mm поткалибарно-обележавајућим пројектилом Mk258;

Метак 30 mm поткалибарно-обележавајућим пројектилом Mk258 је намењен за уништавање лако оклопљених техничких средстава.

Метак се састоји од пројектила од поткалибарног тела и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом са припалом. Пројектил се састоји од балистичке капе и центрајућих елемената, који се при изласку пројектила из цеви одбацују, поткалибарног тела од осиромашеног уранијума са крилцима и трасером.



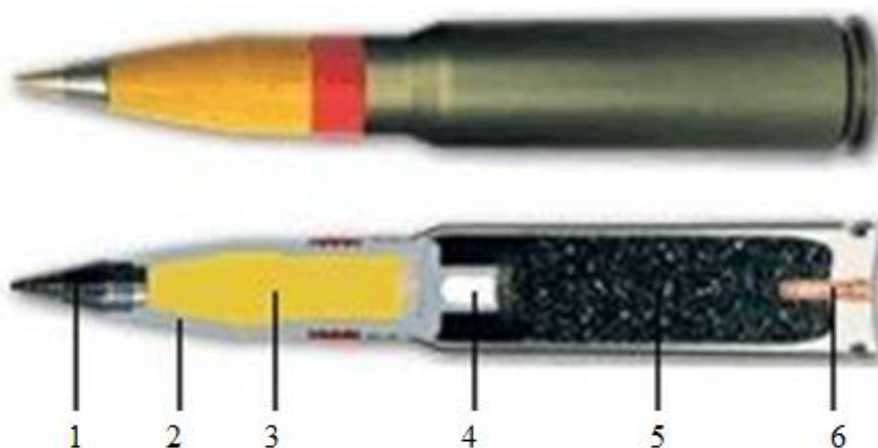
Слика 3.52. Пресек метка 30 mm са ПКО пројектилом Mk258 ^[34]:

- 1) Балистичка капа; 2) поткалибарно тело; 3) центрајући елементи; 4) крилца; 5) барутно пуњење; 6) иницијална каписла са припалом.

3.8.3. Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266;

Метак 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266 је намењен за уништавање живе силе и техничких средстава на земљи, води и у ваздушном простору.

Метак се састоји од пројектила и чауре са барутним пуњењем и иницијалном капислом са припалом. Пројектил се састоји од упалача, кошуљице са водећим прстеном, експлозивно-запаљивог пуњења и трасера.



Слика 3.53. Спољни изглед (горе) и пресек метка 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266 (доле)^[36]

3.9. Муниција калибра 30×210 mm

Муниција калибра 30×210 mm је развијена од стране Чехословачке за самоходне противавионске топове 30/2 mm M53/59 „Прага“..



Слика 3.54. Самоходни противавионски топ 30/2 mm M53/59 „Прага“

За 30 mm противавионски топ постоје следеће врсте пројектила [6]:

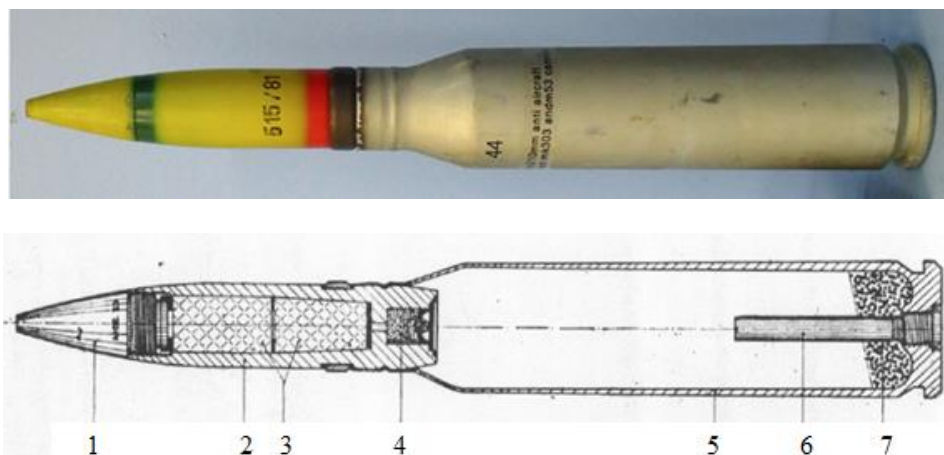
- Метак 30 mm са тренутно-обележавајућим пројектилом *JFSv*;
- Метак 30 mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом *JPZSv*;
- Метак 30 mm са вежбовним зрном *JNhSv*;
- 30 mm маневарски метак *JAu*;
- 30 mm школски метак *M69*;
- 30 mm опитни метак.

Табела 3.9. Основни подаци о муницији 30×210 mm [6]

Врста и модел метка	ТО	ПЗО	В	М
Маса метка, <i>g</i>	1140	1140	1140	790
Маса пројектила, <i>g</i>	428	434	428	/
Врста барута	нитроцелулозни			
Иницијална каписла	ударна - фулминатска			
Дејство на циљу	парчадно	55 mm ХЧП 60° до 200 m даљине	Пробојно	/
Почетна брзина, <i>m/s</i>	1000	1000	1000	/
Време самоликвидације, <i>s</i>	4	/	/	/
Максимални ефикасни домет, <i>m</i>	2000	1000	1000	/
Време сагоревања трасера, <i>s</i>	4	4	/	/

3.9.1. Метак 30 mm са тренутно- обележавајућим пројектилом JFSv

Метак 30 mm са тренутно- обележавајућим пројектилом JFSv намењен је за уништавање циљева у ваздуху и на земљи. На основу конструкције овог метка је у Србији развијен метак 30 mm са тренутно-обележавајућим прјектилом М69.



Слика 3.55. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 30 mm са тренутно-обележавајућим пројектилом JFSv (доле)^[6,37]

1) упаљач; 2) кошуљица; 3) експлозивно пуњење; 4) трасер; 5) чаура; 6) топовска каписла; 7) барутно пуњење.

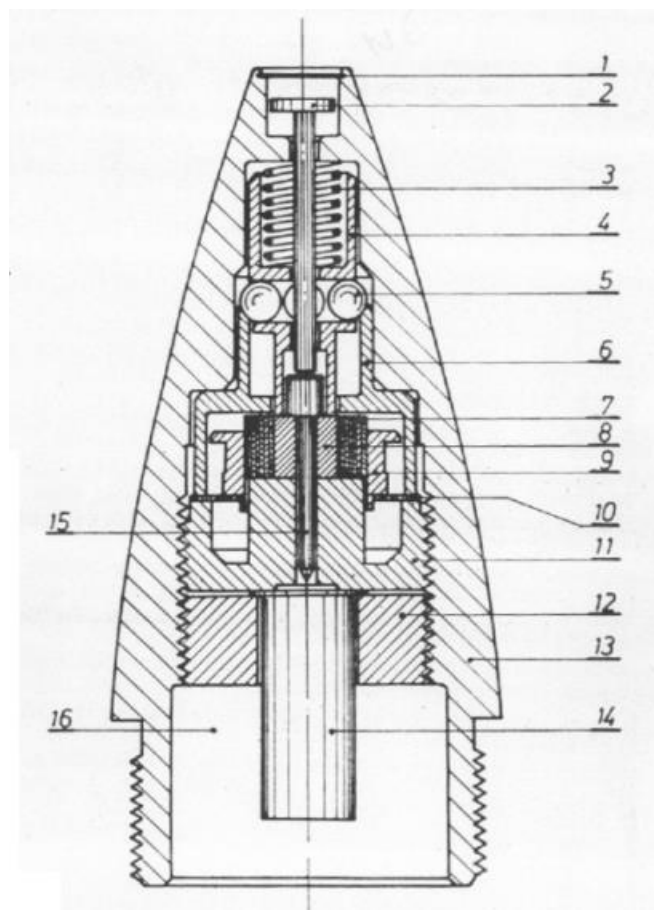
Упаљач ЧЗ-301А је ударни упаљач тренутног дејства. Спада у групу полуосигураних упаљача. Упаљач располаже са механичким уређајем за самоликвидацију пројектила. Састоји се из следећих делова:

- тела;
- ударног механизма;
- механизма за осигуравање и армирање;
- механизма за самоликвидацију и
- иницијално-детонаторске каписле.

У нашој земљи је на основу овог упаљача развијен упаљач УТ М69 СМ.

Кошуљица је израђена од гранатног челика. На предњем делу има навој за увијање упаљача. При дну се налази водећи прстен израђен од синтерованог материјала.

У данце кошуљице постоји удубљење у које је упресована обележавајућа смеша. Заштита трасера од спољних утицаја извршена је помоћу месингане покривке. Трасер се пали сагоревањем барутног пуњења и гори око 4 секунде. Светли црвеном бојом.



Слика 3.56. Упаљач ЧЗ-301А. ^[6]

1) мембрана; 2) потискивач; 3) опруга механизма за самоликвидацију пројектила; 4) носач механизма за самоликвидацију пројектила; 5) куглице; 6) вођица; 7) сатна опруга; 8) сегмент; 9) армирајући прстен; 10) звездаста плочица; 11) утврђивач механизма упаљача; 12) утврђивач иницијално-детонаторске каписле; 13) тело упаљача; 14) иницијално-детонаторска каписла; 15) ударна игла; 16) лежиште појачника детонатора.

Експлозивно пуњење је направљено од смеше хексогена и алуминијума у праху 80:20. Израђено је у виду ваљчића, пресовањем. Тежина је око 36,5 g.

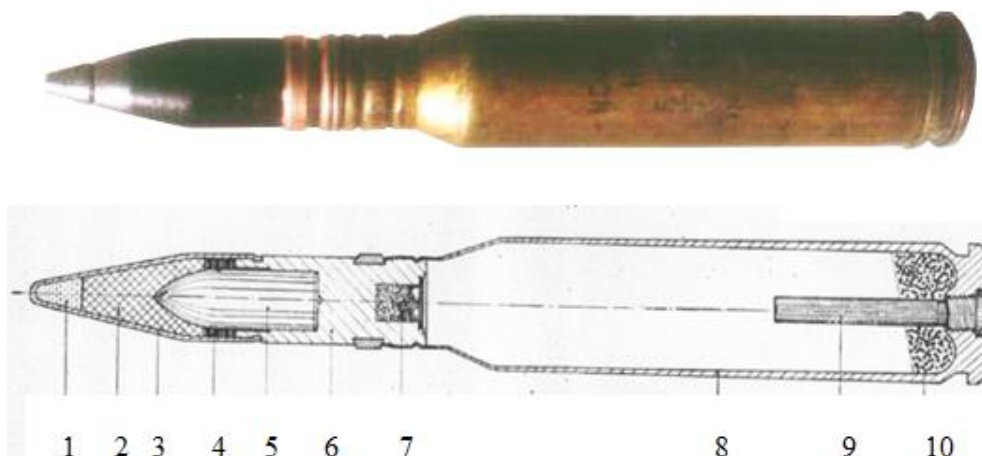
Чаура је благо конусна са грлићем. Израђена је од челика. На дну је жлеб за извлакач чаура, а у средини дна лежиште са навојем за увијање топовске каписле.

Барутно пуњење је од нитроцелулозног барута у плочицама, који је у чауру слободно насут. Припаљивање се врши од топовске каписле. Тежина пуњења је 185 g.

Топовска каписла З-1 је израђена од челика. Састоји се од носача и тела каписле. Тело је израђено у виду цевчице која је испуњена црним барутом масе око 2 g.

3.9.2. Метак 30 mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом JPZSv

Метак са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом је намењен за уништавање циљева са лаким оклопом у ваздуху и на земљи. Састоји се од пројектила и чауре. Пројектил чине: кошуљица, балистичка капа, запаљиво пуњење, парафин, језгро и трасер.



Слика 3.57. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метака 30 mm са панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом (доле)^[6,37].

- 1) парафин; 2) запаљива смеша; 3) балистичка капа; 4) картонски улошци; 5) језгро; 6) кошуљица; 7) трасер; 8) чаура; 9) топовска каписла; 10) барутно пуњење.

Кошуљица овог пројектила се знатно разликује од сличних кошуљица зато што она не врши пробој, већ служи само као носач језгра, које врши пробој препреке. Приликом удара у циљ кошуљица своју кинетичку енергију предаје језгру и тиме доприноси повећању пробојности језгра. Због тога је челик од ког је израђена нешто мањих механичких особина. На предњем делу се налази отвор у који улази језгро. На дну је лежиште за трасер. Канал на врху кошуљице служи за пертловање балистичке капе. На спојном делу постоји водећи прстен од синтерованог гвожђа.

Балистичка капа даје пројектилу погодан аеродинамички облик. Са кошуљицом је спојена пертловањем. Израђена је од челичног лима. За разлику од обичне балистичке капе, она је носилац и запаљивог пуњења и мале количине парафина у врху.

Запаљиво пуњење је израђено од смеше на бази алуминијума у праху и хексогена. У врху балистичке капе се налази парафин који има улогу флегматизора, тј. да при удару са препреком не дође одмах до паљења запаљиве смеше. Парафин треба да успори паљење и омогући да прво дође до пробоја а затим до паљења смеше.

Језгро је намењено да изврши пробој препреке па је због тога израђено од специјалног челика. Између језгра и кошуљице постоји мали зазор у који је испуњен материјалом који има мали коефицијент трења, ради смањења преноса ротације кошуљице на језгро, чиме се непосредно утиче на пробојност језгра.

Трасер је упресован у данце кошуљице. Ради заштите од оштећења, изнад трасера је постављена покривка од месинга дебљине 0,5 mm. Сагоревање барутног пуњења врши потпаљивање трасера и гори око 4 секунде. Оставља светлећи траг црвене боје.

Чаура је иста као код метка са ТО пројектилом *JFSv*.

3.9.3. Метак 30 mm са вежбовним пројектилом *JNhSv*

Метак са вежбовно-обележавајућим пројектилом намењен је за обуку гађања циљева у ваздуху и на земљи, као замена за бојну муницију.

Метак се састоји од пројектила и чауре. Пројектил по облику, димензијама и тежини одговара пројектилу *JFSv*. Упаљач је инертан. У кошуљицу пројектила наливена је инертна материја. Трасер је бојни. Чаура је иста као и код *JFSv*.

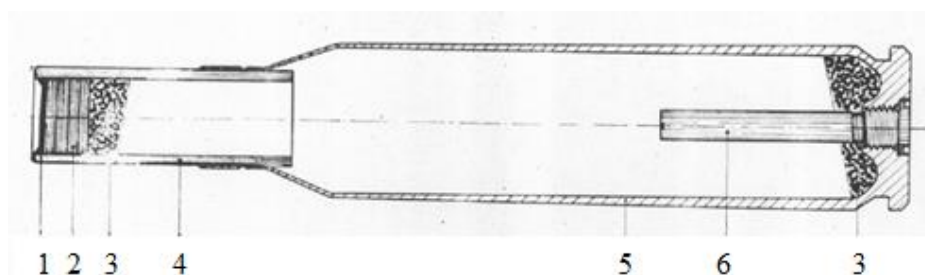
Дејство. При сусрету пројектила са препреком долази до његовог ломљења и стварања малог облака дима, што олакшава праћење поготка. У случају да промаши циљ, пашће на земљу.

3.9.4. Маневарски пројектил 30 mm *JAu*

Маневарски метак је намењен за имитацију ватреног дејства и проверу рада аутоматског топа.

Гађање маневарским метком се може вршити једино помоћу посебног уређаја (појачника трзаја) који се на уста цеви топа намешта пре гађања уместо касне кочнице.

Метак се састоји од чауре, барутног пуњења, топовске каписле и картонских елемената. Сви елементи осим картонских уложака су исти као и код бојне муниције. Разлика је једино у количини барутног пуњења. Барутно пуњење за маневарски метак је веће него код бојног метка и износи 236г. Уста чауре затворена су картонском цеви и картонским поклопцем. Изнад њих стављена је маса за херметизацију.

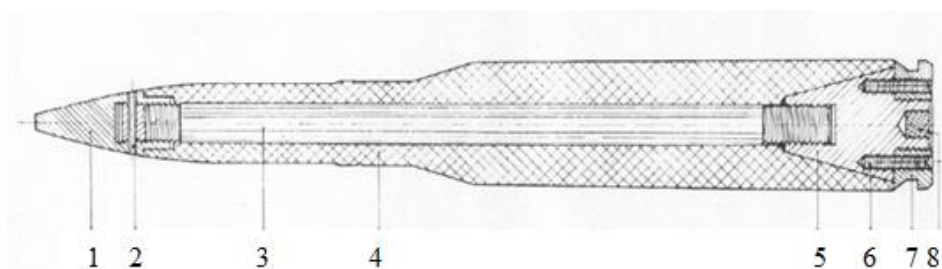


Слика 3.58. Изглед маневарског метака 30 *mm JAU* ^[6]

- 1) маса за херметизацију 2) покривка од картона 3) барутно пуњење 4) картонска цев 5) чаура 6) топовска каписла

3.9.5. Школски метак 30 *mm M69*

Школски метак 30 *mm M69* је намењен за обуку војника у пуњењу и пражњењу топа. По облику и тежини одговара бојном метку. Израђен је од елемената бојне муниције без ЕМ.



Слика 3.59. Изглед школског метка 30 *mm M69* ^[6]

- 1) упаљач; 2) осовиница; 3) носач; 4) тело метка; 5) тело данцета; 6) завртањ; 7) данце метка; 8) каписла.

Школски метак је тежак 1140 *g*.

3.10. Муниција 30×210*B mm* за аутоматске топове НН-30

Муниција калибра 30 x 210*B mm* развијена је у Совјетском Савезу за употребу из аутоматских топова НН-30, који се користе у склопу бродских артиљеријских система АК-230 на борбеним пловилима широм света.

Код нас су раније овим системом били наоружани ракетни чамци, топовњаче и фрегате. Осим употребе у ратним морнарицама света, муницију овог калибра користи и двоцевни противавионски аутоматски топ А436 у наоружању ОС Румуније и Либије.

У Војсци Србије користе се следеће врсте метака калибра 30 *mm* за аутоматске топове М86, који су основно артиљеријско наоружање модернизованих БВП М98А „Видра“ (слика 3.60) [45]:

1. Метак 30 *mm* са тренутно-фугасно-запаљивим пројектилом М68 (30 *mm* ТФЗ М68) и упаљачем УТ М68 СП и
2. Школски метак 30 *mm*.



Слика 3.60. Аутоматски топ 30 *mm* М86 (лево), монтиран у куполи борбеног возила пешадије М98А „Видра“ (десно)



а) б) в)

Слика 3.61. Спољни изглед совјетске муниције калибра 30×210 *B mm*.^[38]

- а) метак 30 *mm* ТФЗ „ОФ-83“; б) метак 30 *mm* ПР Ф-83;
в) метак 30 *mm* ПО БР-83.

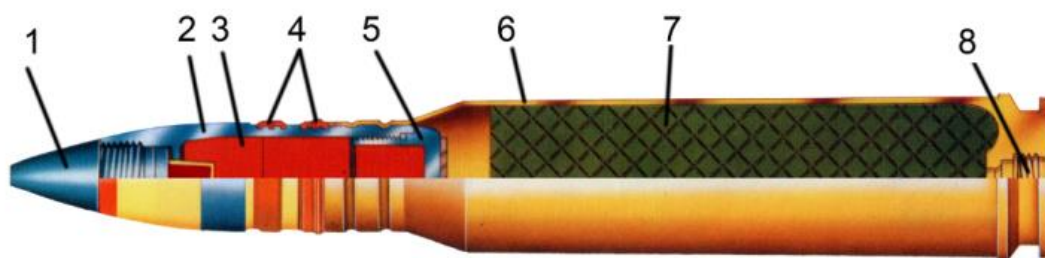
Поред наведених, постоје и друге врсте метака истог калибра, који су раније коришћени и код нас. Коришћена муниција је совјетског порекла (слика 3.61) [45]:

1. Метак 30 *mm* са тренутно-запаљиво-фугасним пројектилом „ОФ-83“ (30 *mm* ТФ „ОФ-83“) и упаљачем УТ „МГ-30“ СП,
2. Метак 30 *mm* са пробојним (фугасним) пројектилом „Ф-83“ (30 *mm* ПР „Ф83“) и упаљачем ДИ „МД-30“ СП и
3. Метак 30 *mm* са панцирно-обележавајућим пројектилом „БР-83“ (30 *mm* ПО „БР-83“).

3.10.1. Метак 30 *mm* са тренутно-фугасно-запаљивим пројектилом М68

Метак 30 *mm* са тренутно-фугасно-запаљивим пројектилом М68 (30 *mm* ТФЗ М68; слика.) намењен је за уништавање живе силе и техничких средстава непријатеља на земљи, води и у ваздуху.

Метак је сједињен и састоји се од ТФЗ пројектила и чауре са барутним пуњењем и електричном топовском капислом. Метак је домаће произведен совјетски метак 30 *mm* ТФЗ ОФ-83, због чега се могу заједнички изучавати.



Слика 3.62. Главни делови метка 30 *mm* ТФЗ М68: ^[38]

1 – упаљач (УТ М68 СП); 2 – кошуљица; 3 – експлозивно пуњење; 4 – горњи и доњи водећи прстен; 5 – дно пројектила; 6 – чаура; 7 – барутно пуњење; 8 – електрична топовска каписла (КТЕ М68).

Упаљач УТ М68 СП (1) намењен је да изврши активирање експлозивног пуњења услед удара врха пројектила у циљ или да изврши самоликвидацију пројектила у случају промашаја. Упаљач обезбеђује мало успорење, како би се пројектил активирао након одређеног продирања у циљ. Упаљач је навојном везом причвршћен за горњи део кошуљице (десни смер увијања).

Кошуљица (2) је израђена од челика и чине је две коморе, одвојене прстенастом преградом. У горњој комори је лежиште упаљача, док је у доњој смештено

експлозивно пуњење (3). Преграда има кружни отвор, кроз који пролази детонатор упаљача. Услед активирања експлозивног пуњења (3) долази и до фрагментације кошуљице и парчадног дејства. На спољној страни кошуљице израђени су канали за смештај бакарних водећих прстенова (4).

Табела 3.10. Основне тактичко-техничке особинеметка 30 mm са ТФЗ М68 [45]:

Маса метка	1066 g
Маса пројектила	356 g
Маса експлозивног пуњења	39 g (ХАл20)
Максимални притисак	3100 bar
Почетна брзина пројектила	1060 m/s
Упаљач	УТ М68 СП
Даљина армирања	4-20 m
Време самоликвидације	12-17 s
Температурни интервал употребе	од -40 до 50 °C

Експлозивно пуњење (3) израђено је од смеше флегматизованог хексогена са 20% алуминијума у праху (ХАл20). Активирањем експлозивног пуњења долази до разорног и запаљивог дејства на циљу.

Са доње стране кошуљице налази се навој са левим смером увијања, који служи за причвршћивање дна (5). Заптивање између дна и кошуљице обезбеђено је оловним прстеном.

Пошто топ има десни смер увијања жлебова цеви, наведени смерови увијања навоја упаљача (1) и дна (5) спречавају њихово одвијање током лансирања пројектила.

Чаура (6) је израђена од месинга и има сужени грлић. Укупна дужина чауре износи 210 mm, док се појас налази на 192 mm од уста чауре. Појас служи за поуздано налегање чауре у лежишту метка. Дно има венац за извлачење чауре након опаљења. Током припреме за гађање потребно је детаљно прегледати чауре. Меци са пукотином на чаури могу током опаљења да оштете лежиште метка, због чега се строго забрањује употреба такве муниције.

Барутно пуњење (7) намењено је да својим сагоревањем оствари погон пројектила. Израђено је од око 190 g нитроцелулозног барута.

Електрична топовска каписла КТЕ М68 (8) намењена је да изврши припаљивање барутног пуњења услед протицања електричне струје од контактне игле система за окидање топа. При томе електрична струја (јачина струје 25-65 *mA*) загреје танку жицу и тиме припали иницијалну смешу са олово-стифнатом. Тренутно се пали припална смеша, која врши припаљивање барутног пуњења (7).

Меци су обележени у складу са домаћим прописима:

- пројектил је обојен жутом бојом (центрирајући појас није обојен, већ само лакиран), има допунски обојен горњи прстен црвене боје (запаљиво дејство) и индексација је извршена црном бојом;
- одговарајући жигови се на упаљачу, кошуљици и дну чауре.

Паковање муниције је према следећем:

- 12 метака упаковано је у херметичну лимену кутију и
- 2 херметичне лимене кутије, одн. 24 метка, смештено је у дрвени сандук, димензија 620×360×160 *mm*, укупне масе око 37 *kg*.

3.10.2. Метак 30 *mm* са тренутно-запаљиво-фугасним пројектилом ОФ-83

Метак 30 *mm* са тренутно-фугасним пројектилом ОФ-83 (30 *mm* ТФ ОФ-83; слика а) по својој намени и конструкцији у потпуности одговара домаћем метку 30 *mm* ТФЗ М68.

Најзначајније разлике у односу на метак 30 *mm* ТФЗ М68 су према следећем

- експлозивно пуњење израђено је од експлозивне смеше А-IX-1, која по саставу и особинама одговара домаћој ХАл20;
- почетна брзина пројектила износи 1050 *m/s*;
- совјетски упаљач „МГ-30“ је по намени и конструкцији исти као домаћи УТ М68 СП, али се разликује у даљинама армирања (4-25 *m*) и времену самоликвидације (11-20 *s*);
- барутно пуњење је од совјетског барута (пироксилински) и електрична топовска каписла је ЕКВ-2;

- меци су обележени према совјетским прописима, где пројектили нису обојени, већ су лакирани смешом шелака и калофонијума, након чега су танко премазани топовском машћу, а упаљачи имају црвено обојени врх.

3.10.3. Метак 30 mm са пробојним (фугасним) пројектилом Ф-83

Метак 30 mm са пробојним (фугасним) пројектилом Ф-83 (30 mm ПР Ф-83; слика и.) намењени су за уништавање и онеспособљавање неоклопљених средстава и живе силе. Нарочито је ефикасан против свих врста циљева у ваздуху (борбени авиони и хеликоптери, противбродске ракете, осветљавајућа УБС и сл.) и мањих борбених пловила (ракетни, торпедни, десантни и патролни чамци, миноловци итд.).



Слика 3.63. Спољни изглед метка 30 mm ПР Ф-83 ^[38]

Пројектил је наоружан доњим ударно-инерционим упаљачем са пиротехничким самоликвидатором (ДИ МД-30 СП), који активира експлозивно пуњење пројектила након продирања у материјал циља. Кошуљица има чврсту конструкцију горњег дела и може да издржи напрезања услед продирања у циљ, који нема значајнију балистичку заштиту. Услед активирања упаљача, долази до активирања експлозивног пуњења од два комада пресоване експлозивне смеше А-IX-1, укупне масе око 31 g. Конструкција пројектила омогућава врло ефикасно дејство у унутрашњости циља.

3.10.4. Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом БР-83

Метак 30 mm са панцирно-обележавајућим пројектилом БР-83 (30 mm ПО БР-83; слика. и.) намењен је за уништавање и онеспособљавање лакооклопљених средстава на земљи, води и у ваздуху. Метак уједно служи и коректуру ватре.



Слика 3.64. Спољни изглед метка 30 mm ПО БР-83 ^[38]

Пројектил врши пробијање циља својом кинетичком енергијом. На дну пројектила налази се трасер, који је по спољном изгледу сличан доњем упалачу „МД-30“.

4. Анализа могућности примене водећег прстена од полимерних материјала на тренутно-запаљиво-обележавајућем пројектилу 20 mm M57

4.1. Услови коришћења полимерних материјала за израду водећег прстена

Водећи прстен се најчешће израђује од бакра, међутим бакар као материјал има неке негативне особине када је у питању цев оруђа. Првенствено се мисли на трошење и смањење животног века цеви. Пошто параметре цеви није могуће променити, једина промена може бити остварена променом материјала ВП. Као замена бакра се појављују полимерни материјали.

Да би полимерни материјал био погодан за коришћење у изради водећег прстена, мора да испуни следеће услове:

1. да издржи силе које настају током урезивања и кретања пројектила кроз цев оруђа;
2. да издржи хабање које настаје током кретања кроз цев оруђа;
3. да издржи пластичне деформације без разарања;
4. да обезбеди добру заптивеност цеви;
5. да не оставља честице у цеви оруђа;
6. да минимално троши цев оруђа;
7. да издржи повишене температуре.

Само полимери који испуњавају дате услове могу се разматрати као потенцијална замена бакра у изради ВП [39].

4.2. Карактеристике изабраног полимерног материјала

Полимер који задовољава услове у поглављу 4.1. је полиамид. Полиамидне пластичне масе представљају хетерогене смеше полимера линијске грађе које у себи садрже у основи ланац амидне групе. У пракси ови термопласти се називају најлони.

Зависно од полазне грађе, од односа етилена и амидних група у полимеру, полиамиди се разликују по температури топљења, тако што је веће учешће полиетилена у полиамидима треба очекивати нижу температуру топљења полимера, нижу тврдоћу и мањи модул еластичности. Предност полиамида су њихова висока својства чврстоће, повећана отпорност према хабању и добра обрадивост резањем. Оптерећења која могу да издрже су блиска оптерећењима обојених метала и њиховим легурама [40].

Основно својство полиамида је отпорност према хабању које је 6-10 пута веће од метала, а најбоља комбинација примене полиамида је у комбинацији са окаљеним челиком. Преглед неких полиамида је приказан у табели 4.1.

Табела 4.1. Преглед својстава полиамида [40]

Својство	Полиамид 6.6	Полиамид 6	Полиамид 11	Полиамид 6.10	<i>ULTRAMIT</i> <i>A3EG6</i>
Густина, g/cm^3	1,1-1,15	1,18-1,26	1,03-1,05	1,07-1,10	1,30-1,35
Температура омекшавања, °C	225-266	218-221	185-188	210-216	240
Постојаност према топлоти, °C	80-120	80-120	80-120	80-120	120
Темп. Стабилн. Облика, N/mm^2 , °C	80-100	70-90	50-60	70-80	80-100
Затезна чврстоћа, daN/cm^2	500-900	500-850	400-550	700-950	1200-1250
Издужење, %	20-250	30-300	150-300	100-300	100
Модул еластичности, daN/cm^2	1200-3200	1000-3000	500-1500	1200-2600	1720
Савојна чврстоћа, daN/cm^2	650-1300	450-1200	450-750	600-900	890
Тврдоћа по Роквелу	R 112-121	R 110-120	R 105-108	R 105-118	R 102-118

4.3. Прорачун параметра напрезања водећег прстена од избраног полимерног материјала

Изабран је полиамид *ULTRAMIT A3EG6* као полимер са најбољим особинама. У табели 4.2 су дати полазни подаци прорачуна напрезања водећег прстена.

Табела 4.2. Подаци водећег прстена

d, mm	d_1, mm	H_{vp}, mm	$\rho, kg/m^3$	e, mm	h, mm	$v_0, m/s$	φ	n	P_m, bar
20	18,0	5,5	1350	3,5	0,9	850	7°	12	3040

Коришћењем израза 1.27 рачуна се маса водећег прстена и она износи:

$$m_p = \pi \frac{\rho}{4} (d^2 - d_1^2) H_p + \rho e h H_p n$$

$$m_p = \pi \cdot \frac{1350}{4} \cdot (20^2 - 18_1^2) \cdot 5,5 + 1350 \cdot 3,5 \cdot 5,5 \cdot 12$$

$$m_p = 0,938 g$$

Након израчунате масе ВП рачуна се максимална центрифугална сила по изразу 1.26 и она износи:

$$(F_c)_{max} = \frac{2}{d} m_p V_0^2 \operatorname{tg} \varphi_u$$

$$(F_c)_{max} = \frac{2}{20} \cdot 0,938 \cdot 850^2 \operatorname{tg} 0,122$$

$$(F_c)_{max} = 978,262 N$$

Након израчунате центрифугалне силе, разуна се максимални напон центрифугалне силе према изразу 1.28 као:

$$(\sigma_i)_{max} = \frac{2(F_c)_{max}}{H_p(d - d_1)}$$

$$(\sigma_i)_{max} = \frac{2 \cdot 978,262}{5,5 \cdot (20 - 18)}$$

$$(\sigma_i)_{max} = 122,6 \cdot 10^5 Pa$$

Водећи прстен има довољну издржљивост ако је напон на истезање у следећим границама:

$$(\sigma_i)_{max} \leq (\sigma_i)_d = 125 \cdot 10^5 \text{ Pa} - \text{полиамид ULTRAMIT A3EG6}$$

Аксијални момент инерције се рачуна као:

$$J_x = \frac{1}{2} \cdot m_p \cdot \left(\left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_x = \frac{1}{2} \cdot 1,706 \cdot \left(\left(\frac{20}{2} \right)^2 + \left(\frac{18}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_x = 8,925 \cdot 10^{-8} \text{ kgm}^2$$

Максимална вредност нормалне сила рачуна се по изразу 1.8б и износи:

$$N_M = \frac{J_x \pi \operatorname{tg} \varphi}{n m \cos \varphi} P_M$$

$$N_M = \frac{8,925 \cdot 10^{-8}}{12} \cdot \frac{\pi}{0,938} \cdot \frac{\operatorname{tg} 7}{\cos 7} \cdot 3040$$

$$N_M = 936,313 \text{ N}$$

Максимални напон на смицање рачуна се по изразу 1.25.а и износи:

$$\tau_{max} = \frac{N_M}{e H_{vp}}$$

$$\tau_{max} = \frac{936,313}{3,5 \cdot 5,5}$$

$$\tau_{max} = 486,39 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Мора бити испуњен услов $\tau_{max} \leq \tau_d$

Пошто се може сматрати да се задовољавајућа издржљивост водећег прстена постиже ако је:

- $\tau_d = 500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ код пројектила за оруђа са брзим трошењем цеви или
- $\tau_d = 1000 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ код пројектила за оруђа са нормалним трошењем цеви.

Прорачуном видимо да добијене вредности одговарају критеријумима безбедности..

4.4. Одређивање напрезања зида и дна кошуљице пројектила

За решавање задатка дати су следећи подаци:

- Калибар пројектила: $d = 20 \text{ mm}$,
- Маса пројектила: $m = 0,129778 \text{ kg}$,
- Максимални притисак у цеви оруђа: $p_m = 3040 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 3040 \text{ bar}$,
- Број жлебова: $n = 12$,
- Ширина жлеба: $e = 3,5 \text{ mm}$,
- Пречник цеви по жлебовима: $d_0 = 20,9 \text{ mm}$,
- Густина експлозивног пуњења (ХАл 30): $\rho_e = 1,52 \text{ g/cm}^3$
- Дозвољено напрезање материјала кошуљице: $\sigma_{doz} = \sigma_v = 4000 \text{ bar}$.

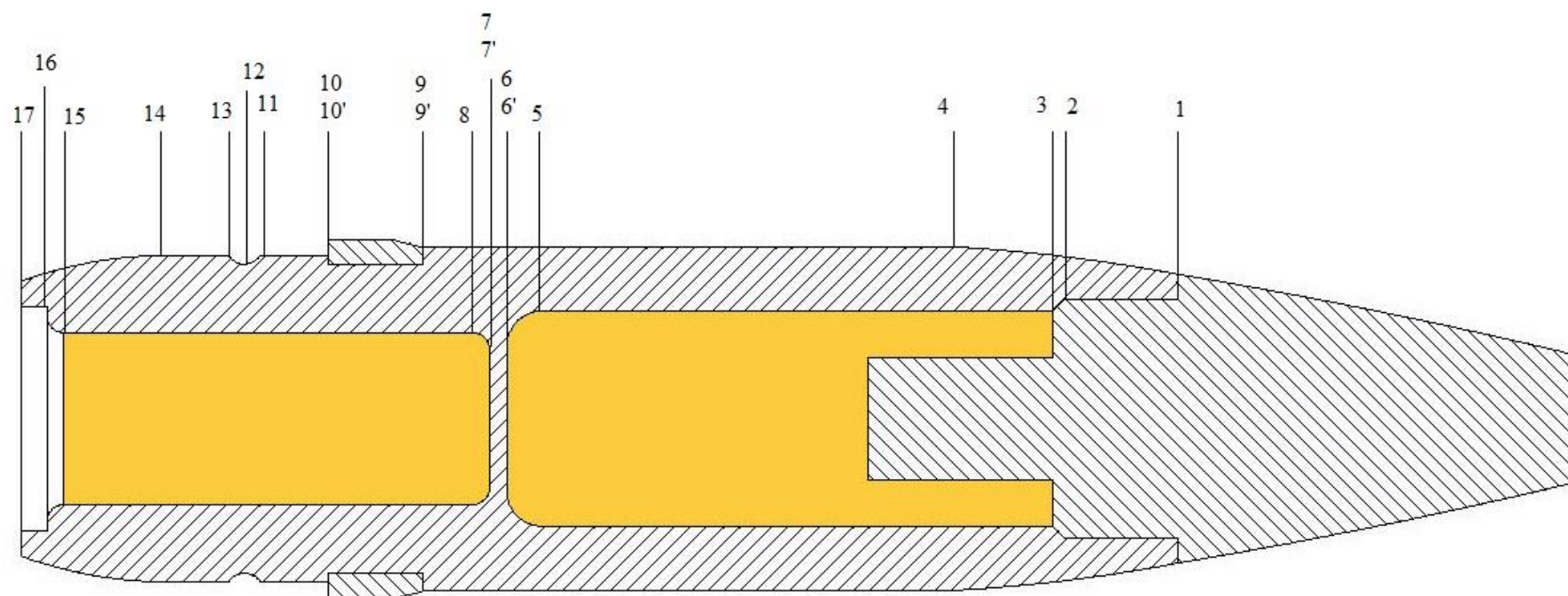
Одређивање дијаграма напрезања зида и дна кошуљице, као и експлозивног пуњења предложене конструкције пројектила, чије су поделе дате на слици 4.1.

Напрезање зида кошуљице у посматраном попречном пресеку $i-i$, одређено је једначином:

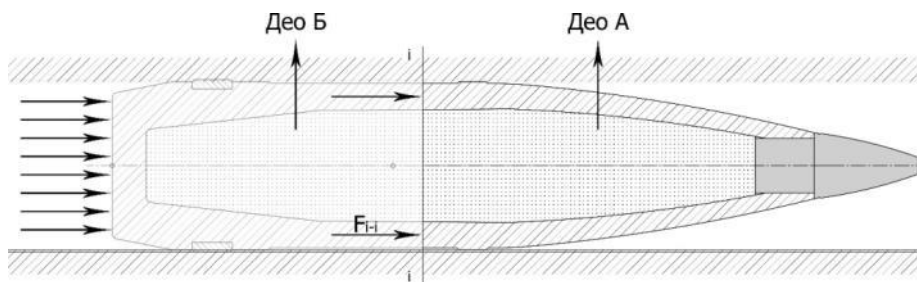
$$(\sigma_{i-i})_{max} = \frac{m_a}{S_{i-i}} \left(\frac{dV}{dt} \right)_{max} \quad (4.1)$$

где су:

- m_a - маса дела пројектила испред посматраног пресека $i-i$ (збир маса дела кошуљице, упаљача, водећег прстена и дела експлозивног пуњења за случај чврсте везе између експлозива и зида кошуљице пројектила),
- S_{i-i} - површина посматраног попречног пресека $i-i$ зида кошуљице и
- $\left(\frac{dV}{dt} \right)_{max}$ - максимално убрзање пројектила у цеви оруђа током опаљења.



Слика 4.1. Цртеж поделе предложене конструкције тренутно-запаљиво-обележавајућег пројектила 20 *mm* на карактеристичне пресеке



Слика 4.2. Шематски приказ напрезања пројектила у пресеку i-i

Максимално убрзање пројектила у фази опаљења постиже се у тренутку максималног притиска у цеви оруђа. Са аспекта сигурности пројектила, максимални притисак се увећава за коефицијент варијације притиска k ($k = 1,10 \div 1,15$):

$$p_{pr} = k p_m \quad (4.2)$$

Максимално убрзање пројектила у фази кретања кроз цев оруђа је:

$$a_{max} = \left(\frac{dV}{dt} \right)_{max} = \frac{1}{m} p_{pr} \left[\frac{d^2 \pi}{4} + \frac{n e}{2} (d_0 - d) \right] \quad (4.3)$$

$$a_{max} = \frac{1}{0,129778 \text{ kg}} 3344 \text{ bar} \left[\frac{(2,09 \text{ cm})^2 \pi}{4} + \frac{12 \cdot 0,55 \text{ cm}}{2} (2,09 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm}) \right]$$

За усвојену вредност коефицијента $k = 1,10$ вредност прорачунског притиска је:

$$p_{pr} = 3344 \text{ bar}$$

тако да је вредност максималног убрзања a_{max} :

$$a_{max} = 80949 \text{ G}$$

Максимално напрезање у посматраном пресеку зида кошуљице пројектила одређено једначином:

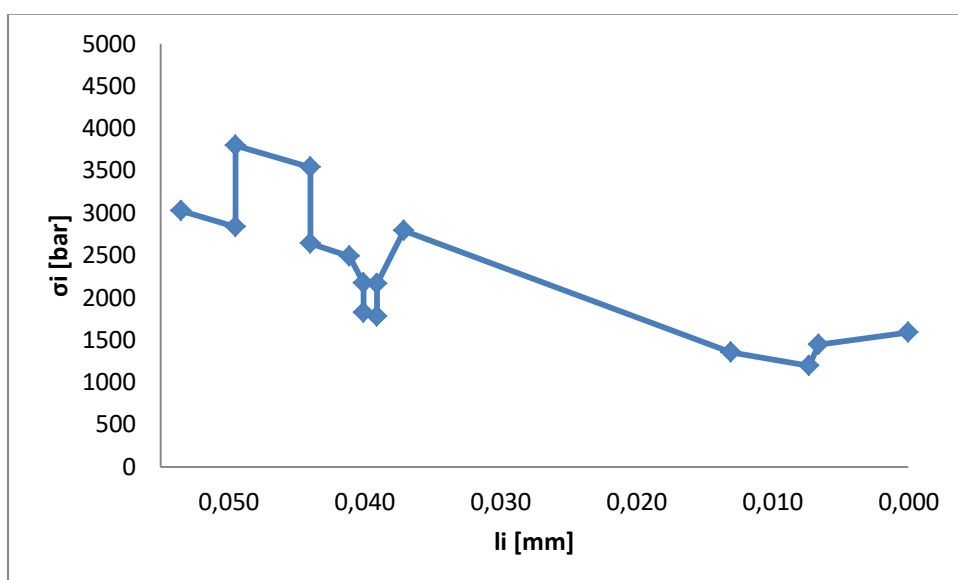
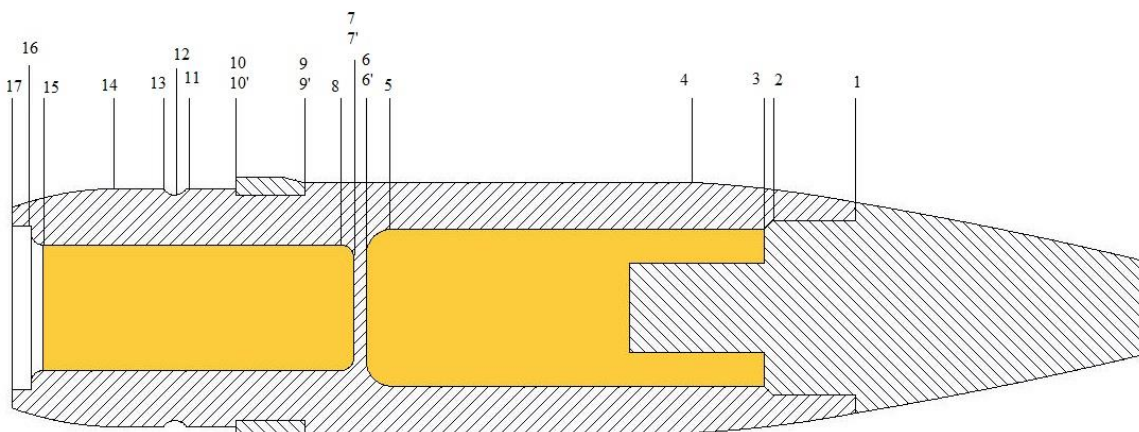
$$(\sigma_{i-i})_{max} = a_{max} \frac{m_a}{S_{i-i}} \quad (4.4)$$

За израчунате вредности масе m_A и површине попречног пресека S_{i-i} и за познату вредност максималног убрзања може се извести израз за прорачун напрезања зида кошуљице у попречном пресеку $i-i$. За одређени положај посматраног пресека $i-i$ на растојању l_i од врха кошуљице, прорачун напрезања зида врши се табеларно према обрасцу:

$$(\sigma_{i-i})_{max} = a_{max} \frac{m_a}{(R_i^2 - r_i^2)\pi} \quad (4.5)$$

Табела 4.3. Прорачун напрезања кошуљице пројектила у карактеристичним пресецима

Пресек <i>i-i</i>	l_i [mm]	R_i [cm]	r_i [cm]	$\pi(R_i - R_i)$ [cm ²]	m_A [kg]	σ_{i-i} [bar]
1	0,000	0,841	0,696	0,700	0,017	1590
2	6,590	0,943	0,696	1,272	0,028	1440
3	7,300	0,951	0,625	1,615	0,029	1190
4	13,050	1,000	0,625	1,913	0,040	1352
5	37,100	1,000	0,625	1,913	0,082	2787
6	39,100	1,000	0,425	2,573	0,085	2165
6"	39,100	1,000	0,000	3,140	0,085	1774
7	40,100	1,000	0,000	3,140	0,088	1825
7"	40,100	1,000	0,400	2,638	0,088	2172
8	41,100	1,000	0,500	2,355	0,090	2488
9	43,980	1,000	0,500	2,355	0,095	2642
9"	43,980	0,900	0,500	1,758	0,095	3538
10	49,480	0,900	0,500	1,758	0,103	3799
10"	49,480	1,000	0,500	2,355	0,103	2836
11	53,480	1,000	0,500	2,355	0,109	3024



Слика 4.3. Дијаграм напрезања зида кошуљице пројектила 20 mm

У прорачуну није узет у обзир део пројектила након једанаестог подеока. На дијаграму се може видети да највеће оптерећење трпи дно кошуљице, што је и нормално имајући у виду да на дно делује цела маса пројектила. Оптерећење постепено опада од дна ка врху пројектила тако с тим што се јавља карактеристичан скок на делу пројектила где се налази водећи прстен због смањења површине попречног пресека.

Закључак

Водећи прстен је саставни део артиљеријске муниције малог калибра и као такав представља најважнији елемент током вођења пројектила у цеви оруђа. Током урезивања и кретања кроз цев оруђа водећи прстен трпи велике силе и оптерећења, тако да је неопходно правилно конструисање и избор материјала. Током година производње водећег прстена није било неких већих промена у погледу облика и димензија. У последњих 10 година све више пажње се посвећује полимерним материјалима као могућој замени најчешће коришћеним материјалима као што су бакар и челик.

Примена полимерних материјала у изради водећег прстена има неколико битних предности у односу на друге материјале. Најважнија предност јесте хабање и трошење цеви оруђа. Процес производње цеви оруђа је скуп и дуготрајан процес, тако да је применом полимерних материјала значајно повећан њихов животни век. Производња полимерног водећег прстена је једноставнија, са мање операција и нижом ценом израде. Смањењем трошкова производње водећег прстена смањиће се и укупна цена производње артиљеријске муниције малог калибра, што у случају великих количина може уштедети велика средства.

Ефикасно дејство по различитим циљевима на бојишту обезбеђује се првенствен муницијом одговарајуће конструкције. У раду су на свеобухватан начин обрађене најчешће коришћене врсте муниције за аутоматске топове на борбеним возилима. Анализом конструкције, закључује се да је у последњих 20 година извршен одређени помак у развоју ове муниције. Поред старијих модела, у свету се користи и савремена муниција веће ефикасности. Повећан је асортиман муниције, где се примећује да се све више метака развија у циљу вишеструке намене. Вишенаменска муниција има велики број предности, од тактичких до логистичких.

У посебном поглављу извршена је анализа могућности примене полимерних материјала у изради водећег прстена. Приказани су услови које полимерни материјали морају да задовоље, као и избор оптималног полимерног материјала. Извршен је прорачун и одређене су димензије које водећи прстен мора да има да би задовољио силе и напрезања које настају током процеса опаљења.

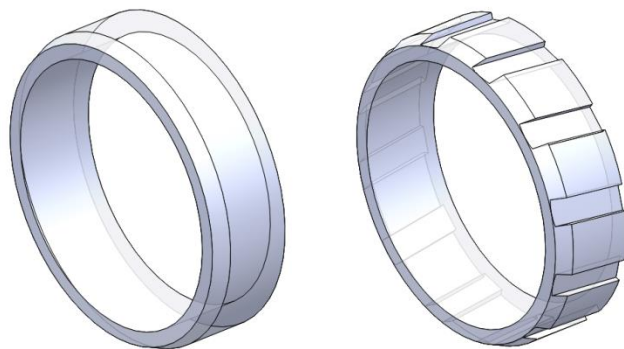
Извршена је преправка конструкције тренутно-запаљиво –обележавајућег пројектила 20 mm M57. Измењене су димензије водећег прстена у складу са критеријумима безбедности, због чега је извршена одговарајућа преправка и кошуљице пројектила на месту лежишта водећег прстена.

Извршен је прорачун напрезања кошуљице пројектила 20 mm предложене конструкције. Резултати прорачуна указују да извршене преправке конструкције кошуљице не нарушавају интегритет самог пројектила. Напрезања су у дозвољеним границама.

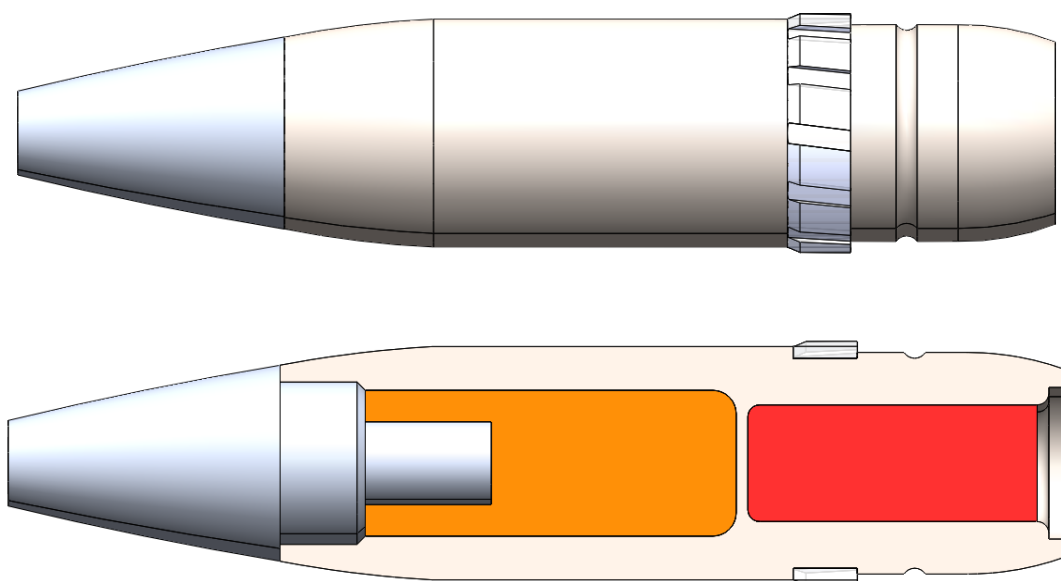
Развојем нове муниције може се повећати и безбедност током употребе и повећати заштита животне средине. Додатан позитивни фактор је и могућност упошљавања домаћих предузећа одбрамбене индустрије за производњу убојних средстава и повећање конкурентности на светском тржишту наоружања и војне опреме.

Прилог

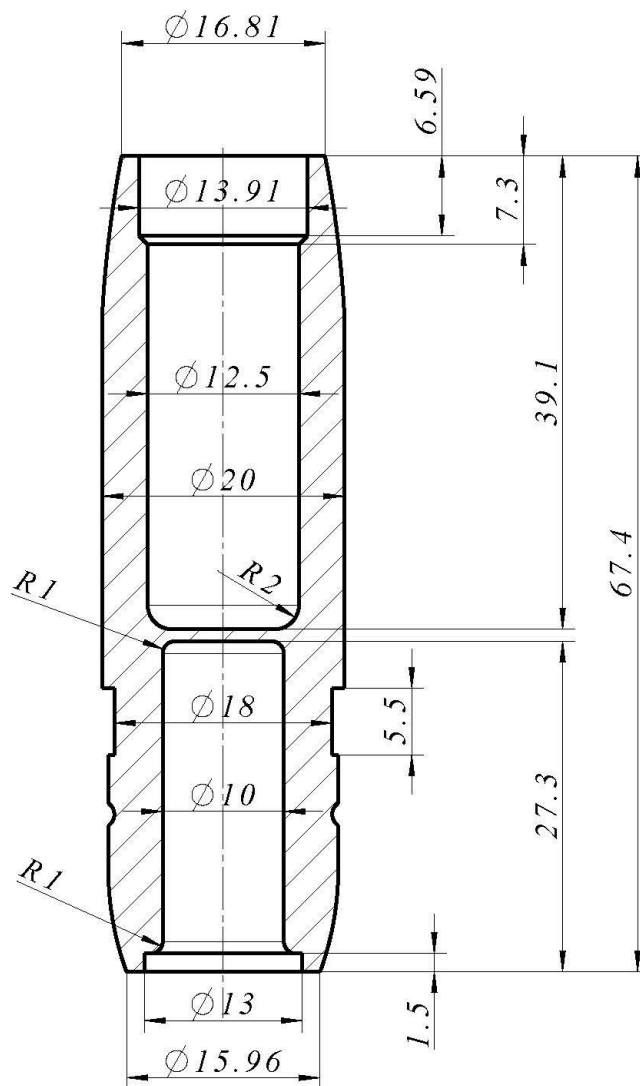
У прилогу су дате слике водећег прстена пре и после урезивања у жлебове цеви, изглед предложеног пројектила калибра 20 *mm* као и радионички цртежи водећег прстена и кошуљице пројектила са новим вредностима.



Слика П.1. Изглед полимерног водећег прстена након производње (лево) и након урезивања у жлебове цеви (десно)



Слика П.2. Спољни изглед (горе) и изглед пресека предложеног тренутно-запаљиво-обележавајућег пројектила калибра 20 *mm* (доле)



				Masa:	Razmera: 2:1
		Datum	18.09.2019.	Naziv:	
		Obrad.		Košuljica projektila TZO M57	
		Stand.			
		Odobr.			
		Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka:	List:
		Kragujevac		Izv. pod.	L
St. i	Izmene	Datum	Ime	Zamena za:	

Списак скраћеница

Ал	- алуминијум у праху (компонента експлозивних материја);
БВ	- борбено возило;
БВП	- борбено возило пешадије;
БП	- барутно пуњење;
ВП	- Водећи прстен;
ВС	- Војска Србије;
ЕП	- експлозивно пуњење;
енг.	- на енглеском језику;
ЗС	- запаљива смеша;
КИ	- иницијална каписла;
КИД	- иницијално-детонаторска каписла;
КТ	- топовска каписла (ударна);
НЦ	- нитроцелулозни (једнобазни) барут;
О	- обележавајуће (дејство УБС);
ОС	- Оружане снаге;
П	- панцирно (дејство на циљу);
ПК	- поткалибарно панцирно (дејство на циљу);
ПО	- противоклопна (намена);
рус.	- на руском језику;
САД	- Сједињене Америчке Државе;
СМ	- механички самоликвидатор;
СП	- пиротехнички самоликвидатор;
СССР	- Савез Совјетских Социјалистичких Република, Совјетски Савез;
Т	- тротил (експлозивна материја);
Т	- тренутно (дејство на циљу; парчадно);

ТМ	- механички темпирни (упаљач);
ТХ	- смеша тротила и хексогена (експлозивна материја);
УБС	- убојно средство;
УТ	- ударни (упаљач) са тренутним активирањем;
УТИ	- ударни (упаљач) са тренутним или инерционим активирањем;
УТИУ	- ударни (упаљач) са тренутним, инерционим или успореним активирањем;
Х	- хексоген (експлозивна материја);
ХПЧ	- хомогени панцирни челик;

Списак слика

Слика 1.1. Изглед пресека артиљеријског пројектила	5
Слика 1.2. Различите конструкције водећег прстена.....	6
Слика 1.3. Сегмент водећег прстена након урезивања у жлебове цеви.....	7
Слика 1.4. Оптерећење активне стране водећег прстена	8
Слика 1.5. Константан корак увијања жлеба	10
Слика 1.6. Шематски приказ прогресивног корака увијања жлеба	11
Слика 1.7. Дејство барутних гасова на цев и пројектил	12
Слика 1.8. Притисак урезивања водећег прстена	13
Слика 1.9. Почетно урезивање водећег прстена	14
Слика 1.10. Дејство нормалне силе N на ВП	17
Слика 1.11. Трошење зуба водећег прстена.....	18
Слика 1.12. Полимеризација полиетилена	26
Слика 1.13. Поликондезација полиетилен терефталата.....	27
Слика 1.14. Полиадиција полипропилена	27
Слика 1.15. Алат за стезање водећег прстена	31
Слика 1.16. Шематски приказ алата за инјекционо бризгање.....	32
Слика 1.17. Изглед калупа за бризгање.....	32
Слика 2.1. Главни делови артиљеријског метка са разорним пројектилом.....	36
Слика 2.2. Шематски приказ иницијалног ланца неосигураног (лево), полуосигураног (у средини) и осигураног упаљача (десно).....	38
Слика 2.3. Метак са панцирним пројектилом калибарног типа	40
Слика 2.4. Изглед поткалибарног пројектила <i>30 mm MK258 APFSDS-T</i>	41
Слика 2.5. Изглед пресека пробојно-обележавајућег пројектила <i>25 mm PGU-32/U</i>	42
Слика 2.6. Пресек панцирно-парчадног пројектила	42
Слика 2.7. Пресек пробојно-парчадног пројектила	43
Слика 2.8. Пресек разорног пројектила <i>30 mm PGU-13/B HEI</i>	44
Слика 2.9. Пресек метка <i>30 mm</i> са пробојно-разорно-обележавајућим пројектилом.....	44
<i>MK264 MP-T/SD</i>	44
Слика 2.10. Изглед вежбовног метка <i>25 mm PGU-33/U TPF-T</i>	44
Слика 2.11. Изглед школске муниције	45
Слика 2.12. Изглед маневарског метка <i>23x152 mm</i>	45

Слика 2.13. Приказ делова чауре.....	46
Слика 2.14. Изглед пресека различитих топовских каписли.....	48
Слика 3.1. Изглед вишецевног авионског топа 20 mm M61 „Vulcan”	49
Слика 3.2. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са ТЗ пројектилом, M56 (доле).	51
Слика 3.3. Изглед пресека упаљача M505A3.	51
Слика 3.4. Изглед метка 20 mm са ПЗ пројектилом M53.....	52
Слика 3.5. Спољни изглед метка (лево) и изглед пресека	53
пробојно-тренутно-запаљивог пројектила 20 mm PGU-28A/B (desno).....	53
Слика 3.6. Спољни изглед (горе) и пресек метка 20 mm са панцирним пројектилом MK149 (доле)	53
Слика 3.7. Спољни изглед метка (лево) и изглед пресека вишенаменског пројектила 20 mm M940 (десно).	54
Слика 3.8. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са пројектилом повећаног дејства MK244 (доле).....	55
Слика 3.9. Вежбовни метак 20 mm PGU-27 A/B TP-T	55
Слика 3.10. Спољни изглед метака калибра 20×110 mm за аутоматске топове „Хиспано“	56
Слика 3.11. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са.....	58
тренутно-запаљивим зрном M57 (доле).....	58
Слика 3.12. Изглед пресека упаљача УТ M57 CM у осигураном стању делова.....	59
Слика 3.13. Изглед пресека упаљача УТ M57 CM током армирања.....	60
Слика 3.14. Изглед пресека упаљача УТ M57 CM током активирања.....	61
Слика 3.15. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са.....	62
тренутно-запаљиво-обележавајућим зрном M57 (доле)	62
Слика 3.16. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метак 20 mm са	64
панцирно-запаљивим пројектилом M60 (доле)	64
Слика 3.17. Спољни изглед (горе) и изглед пресека вежбовног метка 20 mm са обележавајућим пројектилом M79 (доле)	65
Слика 3.18. Спољни изглед метака калибра 20×139 mm за аутоматске топове „Хиспано“	66
Слика 3.19. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са.....	68
тренутно-запаљивим пројектилом (доле).....	68
Слика 3.20. Изглед пресека упаљача УТ у осигураном стању	68
Слика 3.21. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 20 mm са.....	69

тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом <i>M599</i> (доле).	69
Слика 3.22. Изглед пресека упаљача УТ <i>AZZ M594A1</i> у осигураном стању	69
Слика 3.23. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка <i>20 mm</i> са.....	70
панцирно-обележавајућим пројектилом <i>DM43</i> (доле)	70
Слика 3.24. Изглед вежбовног метка <i>20 mm</i> са лажним упаљачем	70
Слика 3.25. Изглед аутоматског топа ГШ-23	71
Слика 3.26. Спољни изглед метака калибра <i>23×115 mm</i> за аутоматске топове <i>23 mm</i> .	71
ГШ-23	71
Слика 3.27. Аутоматски топ <i>23 mm 2A14</i> на БМП-23 (лево) и двоцевни противавионски топ <i>23 mm 3У-23-2 „Сергеј“</i> (десно)	73
Слика 3.28. Спољни изглед метака калибра <i>23×152В mm</i> за аутоматски топ	74
<i>ЗСУ-23-4</i>	74
Слика 3.29. Муниција калибра <i>25×137 mm</i>	76
Слика 3.30. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка <i>25 mm</i> са ТЗО пројектилом <i>M792</i> (доле)	78
Слика 3.31. Главни делови метка <i>25 mm</i> ТЗО <i>M792</i>	78
Слика 3.32. Спољни изглед (лево) и изглед пресека пројектила <i>20 mm</i> са.....	79
пробојно-обележавајућим пројектилом <i>PGU-32/U</i> (десно)	79
Слика 3.33. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка <i>25 mm</i> са ПКО пројектилом <i>M791</i> (доле)	80
Слика 3.34. Главни делови метка <i>25 mm</i> са ПКО пројектилом <i>M791</i>	80
Слика 3.35. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка <i>25 mm</i> са ПКО пројектилом <i>M919</i> (доле)	81
Слика 3.36. Главни делови метка <i>25 mm</i> са ПКО пројектилом <i>M919</i>	82
Слика 3.37. Спољни изглед (горе) и изглед пресека вежбовног метка <i>25 mm</i> са обележавајућим пројектилом <i>M793</i> (доле)	82
Слика 3.38. Главни делови вежбовног метка <i>25 mm</i> са обележавајућим пројектилом <i>M793</i>	83
Слика 3.39. Спољни изглед (горе) и пресек вежбовног метка <i>25 mm</i> са ПКО	83
пројектилом <i>M910</i> (доле)	83
Слика 3.40. Главни делови вежбовног метка <i>25 mm</i> са ПКО пројектилом <i>M910</i>	84
Слика 3.41. Изглед вежбовног метака <i>25 mm PGU-33/U</i>	84
Слика 3.42. Топови калибра <i>30×165 mm</i> на различитим борбеним возилима:.....	85
<i>2А42</i> на БТР-80А (горе) и <i>2А72</i> на БМП-3 (доле)	85

Слика 3.43. Спољни изглед метака 30×165 mm за аутоматске топове 30 mm 2А42 и 2А72	86
Слика 3.45. Пресек метка 30 mm са тренутно-обележавајућим пројектилом	88
Слика 3.46. Спољни изглед метка 30 mm са тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом	88
Слика 3.47. Изглед паљача (лево) и изглед пресека упаљача А-670М (десно)	89
Слика 3.48. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 30 mm са.....	89
панцирно-обележавајућим пројектилом (доле)	89
Слика 3.49. Спољни изглед вежбовне муниције 30 mm са инертним (горе) и обележавајућим пројектилом (доле)	90
Слика 3.50. Спољни изглед муниције калибра 30×173 mm	91
Слика 3.51. Изглед пресека метка 30 mm са.....	92
пробојно-разорно-обележавајућим пројектилом Mk264:	92
Слика 3.52. Пресек метка 30 mm са ПКО пројектилом Mk258	92
Слика 3.53. Спољни изглед (горе) и пресек метка 30 mm са.....	93
тренутно-запаљиво-обележавајућим пројектилом Mk266 (доле).....	93
Слика 3.54. Самоходни противавионски топ 30/2 mm М53/59 „Прага“	93
Слика 3.55. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метка 30 mm са.....	95
тренутно-обележавајућим пројектилом JFSv (доле).....	95
Слика 3.56. Упаљач ЧЗ-301А.	96
Слика 3.57. Спољни изглед (горе) и изглед пресека метака 30 mm са.....	97
панцирно-запаљиво-обележавајућим пројектилом (доле)	97
Слика 3.58. Изглед маневарског метака 30 mm JAu	99
Слика 3.59. Изглед школског метка 30 mm M69	99
Слика 3.60. Аутоматски топ 30 mm М86 (лево), монтиран у куполи борбеног возила пешадије М98А „Видра“ (десно).....	100
Слика 3.61. Спољни изглед совјетске муниције калибра 30×210 В mm:.....	100
Слика 3.62. Главни делови метка 30 mm ТФЗ М68:	101
Слика 3.63. Спољни изглед метка 30 mm ПР Ф-83	104
Слика 3.64. Спољни изглед метка 30 mm ПО БР-83.....	105
Слика 4.1. Цртеж поделе предложене конструкције тренутно-запаљиво-обележавајућег пројектила 20 mm на карактеристичне пресеке	111
Слика 4.2. Шематски приказ напрезања пројектила у пресеку i-i	112
Слика 4.3. Дијаграм напрезања зида кошуљице пројектила 20 mm.....	114

Слика П.1. Изглед полимерног водећег прстена након производње (лево) и након урезавања у жлебове цеви (десно)	117
Слика П.2. Спољни изглед (горе) и и зглед пресека предложеног тренутно-запаљиво-обележавајућег пројектила калибра 20 <i>mm</i> (доле).....	117

Списак табела

Табела 1.1. Вредност константног угла увијања жлебова за неколико различитих оружја и оруђа	11
Табела 1.2. Физичка својства бакра	23
Табела 3.1. Основни подаци о муницији 20×102 mm	50
Табела 3.2. Основне тактичко-техничке особине вежбовног метка 20 mm PGU-27 A/B TP-T.....	55
Табела 3.3. Основни подаци о муницији 20×110 mm	57
Табела 3.4. Основни подаци о муницији 20×139 mm	67
Табела 3.5 Основни подаци о муницији 23×115 mm	72
Табела 3.6 Основни подаци о муницији 23×152В mm	74
Табела 3.7. Основни подаци о муницији 25×137 mm	77
Табела 3.8. Основни подаци о муницији 30×165 mm	87
Табела 3.9. Основни подаци о муницији 30×210 mm	94
Табела 3.10. Основне тактичко-техничке особинеметка 30 mm са ТФЗ М68 [45]:	102
Табела 4.1. Преглед својстава полиамида	107
Табела 4.2. Подаци водећег прстена.....	108
Табела 4.3. Прорачун напрезања кошуљице пројектила у карактеристичним пресецима	113

Списак литературе

- [1] Стаматовић А., Конструисање пројектила, „IVEXY“, Београд, 1995.;
- [2] Богданов Ј., Познавање убојних средстава, део 1., Војна академија, МЦ „Одбрана“, Београд, у штампи 2015.;
- [3] Цветковић М., Унутрашња балистика, Војноиздавачки завод, Београд, 1998.;
- [4] Угрчић М., Основи конструисања пројектила и упалача (збирка решених задатака са изводима из теорије), Војна академија, Београд, 2008.;
- [5] Јовановић В., Технологија производње муниције, Техничка војна академија копнене војске, Технички школски центар КоВ, Загреб, 1997.;
- [6] Техничко упутство: Муниција, део 2., књига 1., ТСл-1./1, ССНО, Београд, 1974.;
- [7] Ю. В. Генкин, Я. О. Павлов, М.А. Преображенская, Конструкция артиллерийских быстрелов, Министерство образования и науки Российской Федерации, Балтийский государственный технический университет Военмех, Санкт-Петербург 2012.;
- [8] Балош С., Муниција без експлозивног пуњења, Арсенал 64, МЦ „Одбрана“, Београд, 2012., стр. 7-11;
- [9] *Product catalogue: GD-OTS/Nammo 30mm Combat and Training Ammunition, 46th Annual Armament Systems: Gun & Missile Conference & Exhibition, Miami, FL*, www.gd-ots.com, 2011.;
- [10] *Product catalogue: 25 mm PGU-32/U SAPHEI-T, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [11] *Rheinmetall medium calibre ammunition, PELE ammunition*, <https://www.rheinmetall-defence.com>, приступљено дана 9.9.2019. године
- [12] *Product catalogue: 30 mm GAU-8/A, PGU-13/B HEI, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [13] *Product catalogue: 25 mm PGU-33/U TPF-T, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [14] Муниција малог калибра, <https://www.arsenal-bg.com/c/23x152-mm-rounds-for-air-defence-systems-ads-ads-n-zu-23-2-zu-23-2f-and-zsu-23-4-135/blank-191> приступљено дана 9.9.2019. године
- [15] *U.S. Air Force Museum, Dayton*, http://www.airventure.de/legends2003_5.htm приступљено дана 10.9.2019. године
- [16] *Ordnance, Explosives, and Related items*, http://bulletpicker.com/cartridge_-20mm-hei_-m56a3.html, приступљено дана 10.9.2019. године

- [17] *Product catalogue:20 mm M56 HEI, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [18] *Ordnance, Explosives, and Related items*, http://bulletpicker.com/pd_-m505a3.html, приступљено дана 10.9.2019. године
- [19] *Product catalogue:20 mm M53 API, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [20] *Product catalogue:20 mm PGU-28A/B SAPHEI, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [21] *Product catalogue:20 mm MK 149 APDS, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [22] *Product catalogue:20 mm M940 MPT-SD, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [23] *Product catalogue:20 mm MK244 MOD O APDS, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [24] *Product catalogue:20 mm PGU-30A/B TP-T, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems*, www.gd-ots.com, 21 September 2005;
- [25] *Ammunition 20x110 mm for anti-aircraft gun, Yugoimport SPDR*, <https://www.yugoimport.com>, приступљено дана 20.8.2019. године
- [26] *Munitions, Chemring Group PLC, Fareham UK, 2011*;
- [27] *Cutaway models of several 23x139 shells*, http://www.eeoda.de/2014/1412_FB1_20x139.pdf, приступљено дана 21.8.2019. године
- [28] *GSH-23*, <https://weaponsystems.net/weaponsystem/II04%20-%20GSh-23.html>, приступљено дана 21.8.2019. године
- [29] *Artillery rounds*, <https://www.arsenal-bg.com/c/artillery-rounds-32>, приступљено дана 21.8.2019. године
- [30] *FM 3-22-1 Bradley Gunnery, Headquarters, Department of Army, Washington DC, 28 November 2003*;
- [31] *25x137 Bushmaster ammunition*, <https://www.gd-ots.com/munitions/medium-caliber-ammunition/25mm-bushmaster/>, приступљено дана 21.8.2019. године
- [32] *Product catalogue:25 mm M910 TPDS-T, Northrop grumman*, <https://www.northropgrumman.com/Capabilities/MedCalAmmunition/Documents/25mmM910TPDSTFactSheet.pdf>, приступљено дана 21.8.2019. године
- [33] *M242 25 mm Automatic gun, Combat Vehicle Reference Guide*, <https://www.inetres.com/gp/military/cv/weapon/M242.html>, приступљено дана 11.9.2019. године

- [34] *30 mm Combat and training ammunition, General Dynamics, Ordnance and Tactical Systems, 46th Annual Armament Systems: Gun & Missile Conference & Exhibition, Miami, FL, August 29 – September 1, 2011;*
- [35] *Medium caliber ammunition 30x173 mm, General Dynamics, www.gd-ots.com,* приступљено дана 20.8.2019. године
- [36] *Product catalogue:30mm MK 266 HEI-T,Northrop grumman, <https://www.northropgrumman.com>,*
- [37] *Medium caliber ammo, 30 mm ammo, <http://jcammo.com>,* приступљено дана 20.8.2019. године
- [38] *Koll C., Soviet cannon, www.russianammo.org,* приступљено дана 11.09.2019. године
- [39] *A. M. Eleiche, M. O. A. Mokhtar, G. M. A. Kamel, Glass-Fiber Reinforces Polyamide for Rotating Band Application, Proceedings of the World Congress on Engineering 2013 Vol 3, London UK, 2013*
- [40] Богдан Н., Ђукић В., Пластичне масе, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2004.
- [41] Амбалажни материјали, <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ambalazni-materijali> посећено дана 15.09.2019. године
- [42] Полиадиција, <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ambalazni-materijali> , посећено дана 12.01.2017. године
- [43] Полимеризација полиетилена, <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2015/september/making-plastics-monomer-polymer>, посећено дана 15.09.2019. године
- [44] Митков М., Божић Д., Вујовић З., Металургија праха, Београд, 1998.
- [45] *30 mm Ammunition for AK-230, Jane's Ammunition Handbook, 1995.-1996.*
- [46] *Medium caliber ammo, 20 mm ammo, <https://www.gd-ots.com/munitions/medium-caliber-ammunition/>,* посећено дана 16.01.2019. године