

# **Náhrada stávajícího materiálu nábojnic a střel vybraným typem polymeru**

Replacement of Standard Cartridges and Bullets by Selecting  
Polymer Type

Bc. Dušan Matyáščík

---

Diplomová práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dušan Matyáščík**  
Osobní číslo: **T16147**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Náhrada stávajícího materiálu nábojnic a střel vybraným typem polymeru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma.
2. Příprava zkušebních vzorků pro experimentální část.
3. Provedení experimentu.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího DP.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

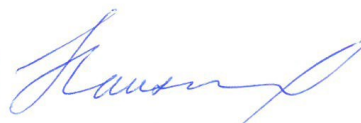
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 26. dubna 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně dne 14. 5. 2018

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá současným výrobním provedením běžně používaného střeliva a případnou možností jeho výroby z polymerních materiálů. V teoretické části je uveden historický vývoj střeliva, jeho konstrukce, přehled základních typů pistolových a puškových nábojů, jejich rozdělení a funkční vlastnosti. Další část práce se zabývá přehledem současného stavu nabídky střeliva s nábojnicí nebo střelou z polymerních materiálů. V praktické části je zpracována analýza, která byla provedena střelbou vlastnoručně vyrobeného náboje a porovnáním jeho vlastností s běžně dostupným standardním nábojem. V závěru této práce jsou výsledky zpracovány a vyhodnoceny.

Klíčová slova: střelivo, nábojnice, střela, nábojnice z polymerového materiálu

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with current production of commonly used ammunition and possible production from polymeric materials. In the theoretical part indicates the historical evolution of ammunition, construction, an overview of basic types of pistols and rifle ammunition, their distribution and functional properties. Another part of the thesis deals with the current state of supply of ammunition with a cartridge or a bullet from polymer materials. In the practical part, is carried out an analysis, which was done by shooting a self-produced cartridge and comparing its properties with a commercially available standard cartridge. At the end of this thesis, the results are processed and evaluated.

Keywords: ammunition, cartridge, bullet, cartridge from polymer material

Především děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, konzultace a vedení při jejím zpracování.

Rád bych také prostřednictvím diplomové práce poděkoval všem, kteří mě poskytli cenné informace, doporučení, rady a praktické připomínky při jejím zpracování.

A v neposlední řadě patří mé poděkování manželce a synovi, kteří mě podporovali v době mých studií.

Prohlašuji tímto, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 14. 5. 2018

.....

podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 HISTORICKÝ VÝVOJ NÁBOJŮ</b> .....	<b>13</b>
<b>2 CHARAKTERISTIKA, ROZDĚLENÍ A URČENÍ NÁBOJŮ, OZNAČOVÁNÍ</b> .....	<b>22</b>
2.1 CHARAKTERISTIKA.....	22
2.2 ROZDĚLENÍ.....	22
2.2.1 Podle uživatele .....	22
2.2.2 Podle bližšího určení .....	22
2.2.3 Podle původu.....	23
2.2.4 Podle druhu zbraně.....	23
2.2.5 Podle balistického výkonu .....	23
2.3 OZNAČOVÁNÍ KULOVÝCH NÁBOJŮ .....	24
<b>3 KONSTRUKCE ZÁKLADNÍCH TYPŮ NÁBOJŮ</b> .....	<b>26</b>
3.1 STŘELA .....	27
3.1.1 Utěsnění střely.....	28
3.1.2 Stabilizace střely .....	28
3.1.3 Ráže střely.....	28
3.1.4 Vnější tvar střely .....	28
3.2 VÝMETNÁ PRACHOVÁ NÁPLŇ.....	30
3.2.1 Bezdýmný prach.....	30
3.3 ZÁPALKA.....	31
3.3.1 Středový zápal.....	32
3.3.2 Okrajový zápal .....	33
3.4 NÁBOJNICE.....	34
<b>4 PŘEHLED SOUČASNÝCH RÁŽÍ STŘELIVA</b> .....	<b>37</b>
4.1 METRICKÉ RÁŽE PISTOLOVÉHO STŘELIVA .....	37
4.1.1 6,35 mm Browning.....	37
4.1.2 7,65 mm Browning.....	38
4.1.3 9 mm Luger .....	39
4.2 PALCOVÉ RÁŽE PISTOLOVÉHO STŘELIVA .....	40
4.2.1 .22 Long Rifle .....	40
4.2.2 .40 Smith&Wesson .....	41
4.2.3 .45 ACP .....	42
4.3 METRICKÉ RÁŽE PUŠKOVÉHO STŘELIVA .....	43
4.3.1 9,3 x 74 R.....	43
4.3.2 7 mm Remington Magnum .....	43
4.3.3 6,5 x 55 SE .....	44
4.4 PALCOVÉ RÁŽE PUŠKOVÉHO STŘELIVA.....	45
4.4.1 .308 Winchester.....	45
4.4.2 .223 Remington .....	45
4.4.3 .338 Lapua Magnum .....	46



<b>5</b>	<b>STŘELIVO VYROBENÉ Z PLASTU .....</b>	<b>48</b>
5.1	KULOVÉ NÁBOJE S PLASTOVOU NÁBOJNICÍ - HISTORIE .....	48
5.2	NÁBOJE S PLASTOVOU NÁBOJNICÍ FIRMY PCP .....	50
5.3	NÁBOJE S PLASTOVOU NÁBOJNICÍ FIRMY PICATINNY ARSENAL .....	53
5.4	NÁBOJE S PLASTOVOU NÁBOJNICÍ FIRMY ENGEL BALLISTIC RESEARCH.....	55
5.5	NÁBOJE FIRMY POLYCASE AMMUNITION.....	57
<b>6</b>	<b>BALISTICKÉ VLASTNOSTI NÁBOJŮ .....</b>	<b>59</b>
6.1	BALISTICKÝ KOEFICIENT STŘELY .....	59
6.2	PRŮŘEZOVÉ ZATÍŽENÍ STŘELY .....	59
6.3	POČÁTEČNÍ RYCHLOST STŘELY .....	60
6.4	BALISTICKÝ VÝKON .....	61
<b>7</b>	<b>HODNOCENÍ BALISTICKÝCH VLASTNOSTÍ NÁBOJŮ.....</b>	<b>62</b>
7.1	ZÁKLADNÍ BALISTICKÁ MĚŘENÍ .....	62
7.1.1	Měření tlaku prachových plynů .....	62
7.1.2	Měření rychlosti střely .....	63
7.1.3	Měření přesnosti střelby .....	63
<b>8</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>65</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>66</b>
<b>9</b>	<b>VÝROBA NÁBOJNIC.....</b>	<b>67</b>
9.1	POSTUP VÝROBY MOSAZNÝCH NÁBOJNIC .....	67
9.2	NÁVRH MOŽNÉHO POSTUPU VÝROBY PLASTOVÝCH NÁBOJNIC .....	69
9.2.1	Volba materiálu .....	69
9.2.2	Výrobní technologie.....	69
9.2.3	Ekologické zhodnocení .....	70
<b>10</b>	<b>VLASTNÍ VÝROBA NÁBOJE S NÁBOJNICÍ Z PLASTU.....</b>	<b>71</b>
10.1	PISTOLOVÝ NÁBOJ RÁŽE 9 MM LUGER.....	71
10.2	PISTOLOVÝ NÁBOJ RÁŽE .45 ACP .....	74
10.2.1	Úprava polymerové nábojnice z akustického náboje jiné ráže .....	74
10.2.2	Výroba polymerové nábojnice pomocí 3D tiskárny .....	75
10.3	PUŠKOVÝ NÁBOJ RÁŽE 7,62 X 51 MM .....	80
<b>11</b>	<b>POROVNÁNÍ NÁBOJNIC .....</b>	<b>85</b>
11.1	POROVNÁNÍ HMOTNOSTÍ NÁBOJNIC .....	85
11.2	POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ NÁBOJNIC.....	86
<b>12</b>	<b>VLASTNÍ VÝROBA PLASTOVÉ NÁBOJNICE Z POLYAMIDU .....</b>	<b>87</b>
12.1	SIMULACE VSTRÍKOVÁNÍ PLÁŠTĚ .....	87
12.1.1	Varianta 1 .....	87
12.1.2	Varianta 2 .....	89
12.1.3	Varianta 3 .....	91
12.1.4	Varianta 4 .....	93
<b>13</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>96</b>

<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>98</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>99</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>101</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>102</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>105</b>

## ÚVOD

První plasty se objevily už v 19. století. Především díky své nízké hmotnosti a nerozbitnosti získávaly rychle na popularitě a nahrazovaly klasické materiály jako dřevo, papír nebo sklo. Uplatňují se ve většině odvětví současného průmyslu a tím pádem mají své místo i ve zbrojním průmyslu. Běžně se používají při výrobě součástí zbraní a v omezené míře i při výrobě střeliva. Tato diplomová práce se zabývá současným výrobním provedením pistolového a puškového malorážového střeliva do ručních palných zbraní a cílem je případná možnost nahrazení stávajících materiálů užitých při výrobě vybraným typem polymerního materiálu. Teoretická část obsahuje historický vývoj střeliva, popis jednotlivých částí, ze kterých se standardní střelivo skládá a dále k čemu je určeno. Další část této práce se zabývá přehledem současné nabídky střeliva, které je vyrobeno z plastu. V praktické části je provedena analýza vlastnoručně vyrobeného malorážového náboje a jeho výstřel z příslušného typu zbraně, pro který je určen. Na závěr jsou vyhodnoceny zjištěné skutečnosti a porovnání se stejným typem náboje standardního výrobního provedení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ NÁBOJŮ

Využití ručních palných zbraní se datuje od poloviny 14. století především v souvislosti s válečným tažením. Prvně se používaly střely kamenné, nebo kovové (např. olověné). Jako výmetná náplň se od počátku palných zbraní až do poloviny 19. století používal černý střelný prach. Jednalo se o směs dusičnanu draselného (ledku), síry a dřevného uhlí. Původní složení černého střelného prachu obsahovalo asi 67% ledku, 22% dřevného uhlí a 11% síry. Do nábojové komory zbraně se nasypal střelný prach, komora se utěsnila dřevěným čepem a na něj se ústím hlavně zasunula střela. V zadní části nábojové komory byl otvor s prohlubní, do které se nasypalo malé množství střelného prachu, kdy tento byl pomocí ohně zapálen. Výstřel měl v té době spíše psychologický účinek na nepřítele, neboť cíl byl zasažen obvykle pouze náhodně.

V první polovině 15. století došlo k prvnímu zdokonalení zážehu prachové náplně. Ruční palná zbraň byla dovybavena doutnákovým zámkem, který tvořil zážehové zařízení pevně spojené s hlavní. Klasickým představitelem ruční palné zbraně byla v té době mušketa. V souvislosti s výrobou mušket a odléváním přesných olověných střel se řešil požadavek na jejich rozměrové sjednocení, dnes normalizaci. Bylo zjištěno, že těsnější vedení střely v hlavní má pozitivní vliv na přesnost střelby. Střela se začala v hlavní více utěšňovat, k čemuž se používala maštěná látka, v pozdější době kůže. Zásadního zlepšení přesnosti střelby bylo dosaženo při použití hlavně s drážkovaným vývrtem. Tyto první hlavně ručních zbraní byly tažené a drážky byly provedené v přímém směru, rovnoběžně s osou hlavně.

V první polovině 16. století již začali norimberští puškaři vyrábět drážky vyřezané spirálovitě, do šroubovice, které zajistily rotační pohyb střely po dráze jejího letu. Rotací se střela stabilizovala a byla přesnější. V této době se již začaly používat ruční palné zbraně i k loveckým účelům.

Na konci 16. století došlo ke zdokonalení zážehu prachové náplně v nábojové komoře díky vynálezu křesadlového zámků. Principem zámků byla ocílka, na kterou při zmáčknutí spouště dopadl skřípec s křesacím kamenem, a vzniklé jiskry zapálily prachovou náplň.

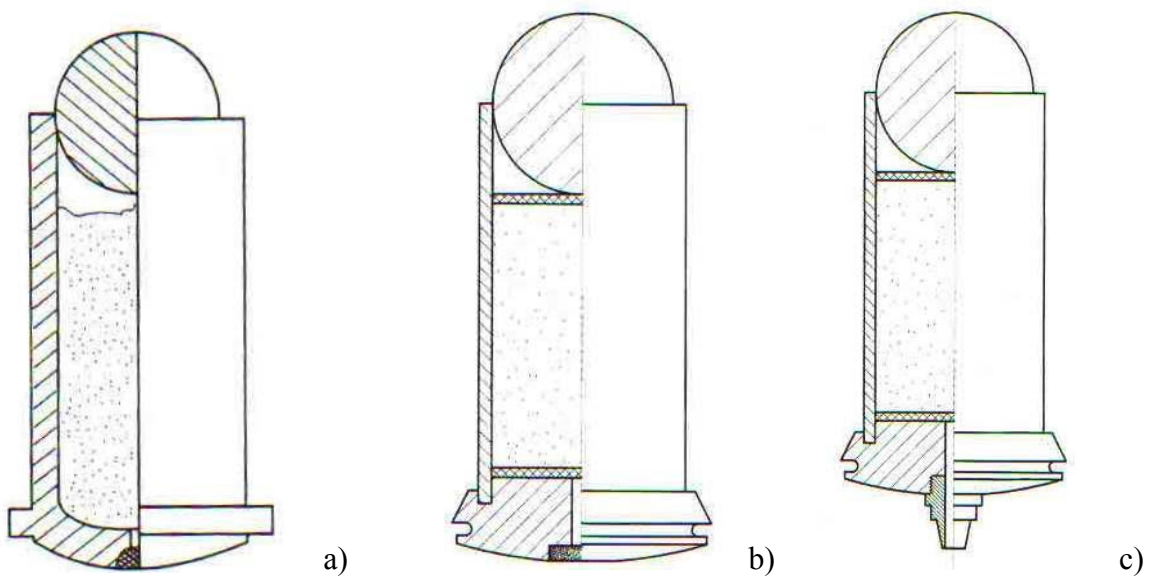
V 17. století byl poprvé nahrazen složitý způsob nabíjení muškety použitím náboje, který obsahoval prachovou náplň a střelu. Náboj se skládal z dutinky vyrobené z neklíženého papíru, kdy tato obsahovala odměřenou dávku střelného prachu a střelu. Na obou koncích byl papír dutinky složen a ovázán motouzem. Motouzem byla oddělena také střela od prachové náplně.

Na konci 18. století zjistil francouzský chemik Bertholet při svých pokusech, že směs chlorečnanu draselného společně s hořlavinou a drsnými práškovými látkami je možné přivést ke vzplanutí na základě mechanického podnětu. Na základě těchto pokusů vznikl perkusní zámek palné zbraně. První perkusní zámky vznikly jednoduchou úpravou zámku křesadlového. Kohoutek se skřípцем byl nahrazen kohoutkem s kladívkem. Na pánvičku místo střelného prachu byla umístěna zážehová slož v podobě prášku, nebo ve tvaru zrn. Tyto zrna byly vytvarovány pomocí vhodného pojiva. Perkusní zámek byl postupně zdokonalován a využíván primárně u loveckých zbraní.

V první polovině 19. století se objevuje nový typ perkusního zámku, jehož princip je založen na využití perkusní zápalky. Tato je tvořena kovovým kalíškem, který je na dně naplněn zážehovou slož s obsahem třaskavé rtuti. Na povrchu je překryta papírovou fólií, která má zabránit pronikání vlhkosti do zážehové slož. Současně se zaváděním perkusní zápalky dochází ke vzniku podlouhlé střely (Delvigne), což přispělo ke vzniku jednotného náboje do ručních palných zbraní. Střela s delší válcovou částí byla lépe při výstřelu vedena a pomocí drážek v hlavni roztočena, čímž došlo k její lepší stabilizaci na dráze jejího letu než u střely kulaté.

Brzy po vynálezu perkusního zámku, puškaři pochopili, že tento vynález otevírá cestu k sestrojení jednotného náboje, který by obsahoval všechny čtyři základní prvky, kdy by střela, zápalka a výmetná náplň byly spojeny vhodným prvkem do jednoho celku, který by zajišťoval spolehlivou funkci. Takový náboj může být do zbraně nabíjen komorou, zajišťuje zařiznutí střely do drážkovaného vývrtu hlavně a zabraňuje unikání plynů vzniklých hořením prachové náplně. Od doby vzniku myšlenky do realizace uběhlo zhruba 50 let, kdy byl zkonstruován první jednotný náboj, a to švýcarským puškařem Jeanem Samuelem Paulim, který žil a pracoval ve Francii. Pauli se narodil dne 13. dubna 1766 ve Vichingenu u Bernu ve Švýcarsku. V roce 1798 se stal seržantem u dělostřelectva ve švýcarské armádě. Roku 1802 odešel do Paříže, kde založil puškařskou dílnu a vyvinul zápalku na bázi třaskavé rtuti. V roce 1808 Pauli ve spolupráci s francouzským puškařem Françoisem Prélatem vytvořil první jednotný náboj. Náboj měl papírovou nábojnici s měděným dnem a obsahoval zápalku na bázi třaskavé rtuti, střelný prach a kulovou střelu. Byl nabíjen zadní částí hlavně a odpalován pomocí jehly. Touto konstrukcí byl položen základ pro vývoj moderních zbraní, zadem nabíjené pušky, používající náboj se středovým zápalem. Pauli vyrobil zlepšenou verzi náboje, kterou si nechal patentovat 29. září 1812. Pauliho jednotný náboj existoval pro použití v pistolích, kulovnicích i brokovnicích. V roce 1814 byl náboj zdokonalen tím, že

nábojnice byla vyrobena z mosazi. Musel ji vysoustružit, protože nebyla známa technologie hlubokého tažení. Nábojnice byla válcového tvaru a měla masivní hlavu s vytahovacím okrajem. (Obr. 1a). Osou dna procházelo zápalkové lůžko a zátravka. Zápalka je tvořena zážehovou složi umístěnou v papírovém pouzdře. Výmetná náplň byla oddělena papírovým kroužkem, jak ode dna nábojnice, tak i mezi střelou a výmetnou náplní. Střela byla kulatá, olověná. Zlepšené provedení mělo vysoustruženou jen hlavu nábojnice a do drážky v jejím dně se zasunovalo tělo ze svinutého mosazného plechu. (Obr. 1b). Poslední vývojové stádium vzniklo až po vynálezu perkusní zápalky. Masivní dno nábojnice je opatřeno pistonem, na který se nasazovala perkusní zápalka. (Obr. 1c). Pauliho jednotný náboj byl historicky první náboj zahrnující všechny součásti jednotného náboje potřebné k výstřelu držící pohromadě. Touto konstrukcí předběhl technologické možnosti své doby, proto nedošlo k jeho rozšíření.

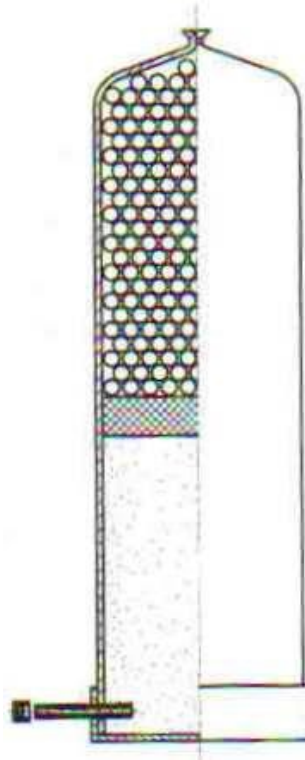


Obr. 1. Původní Pauliho náboj a jeho zlepšení. [1]

Roku 1829 byl udělen patent francouzskému puškaři Clementu Pottetovi na náboj, který měl lepenkové tělo nábojnice zasazené do dnového kalíšku. Středem dna kalíšku prochází kovová trubička, přes kterou je přiváděn plamen zápalky do výmetné náplně náboje.

Roku 1832 si nechal Bastin Lepage, pařížský puškař, patentovat náboj, který měl do dnového kovového kalíšku vsazeno lepenkové tělo nábojnice. Boční stěnou kalíšku procházela

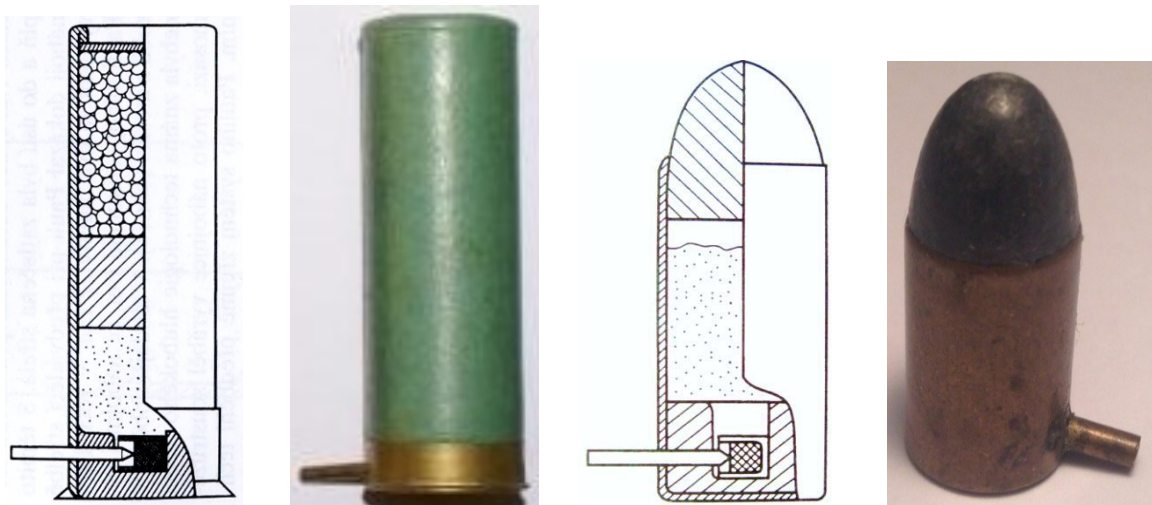
kovová trubička, na kterou se nasadila perkusní zápalka aktivovaná nárazem kohoutu zbraně (Obr. 2). Oba náboje, jak Pottetův, tak Lapageův, znamenaly významný technický pokrok, bohužel tyto náboje nebyly způsobily pro praktickou střelbu z důvodu deformace lepenkové nábojnice při výstřelu.



*Obr. 2. Náboj Bastina Lepageho. [1]*

Francouzský puškař Casimir Lefauchaux odstranil nevýhodu výše zmiňovaných konstrukcí nábojů tím, že zdokonalil náboj Bastina Lepageho. Patent na nový náboj mu byl udělen roku 1836. Náboj puškaře Lefauchauxe má dno nábojnice vyztuženo slisovaným papírem, které obsahuje lůžko pro zápalku uloženou k ose nábojnice. Stěnou kalíšku (kování) a lepenkovým dnem prochází kovový kolíček, který drží zápalku v lůžku a po nárazu kohoutu zbraně na tento kolíček ji přivádí k zážehu. Tato konstrukce náboje se uplatnila pro brokovnice a pro revolvery (Obr. 3). Nábojnice nábojů do revolverů byla kovová, do brokovnic papírová. Revolverové náboje tohoto systému se vyráběly do I. světové války a výroba nábojů do brokovnic byla ukončena až v roce 1954. Na tento typ náboje byla udělena celá řada dalších patentů, ale rozhodující význam měl systém Lefauchaux.





Obr. 3. Náboje typu Lefauchaux. [1]

Ve 30. letech 19. století bylo ve Francii přihlášeno několik patentů na náboje opatřené zápalkovou složí po celém dně nábojnice. Tyto měly buď centrální, nebo okrajový zápal. Náboje se ale nerozšířily.

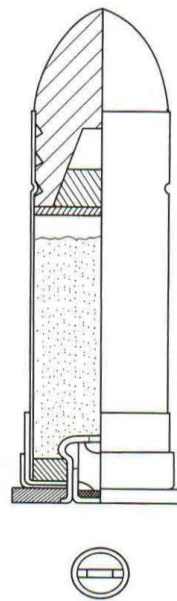
Z tohoto konstrukčního řešení vycházel francouzský puškař Flobert, který vyvinul prakticky upotřebitelný náboj s kovovou nábojnicí, s okrajovým zápalem, se střelou, avšak bez výmetné náplně. Je skutečností, že toto byla první konstrukce jednotného náboje s uspokojivou funkcí. V tomto případě třaskavá slož plnila dvě funkce a to jak aktivační prostředek výstřelu, tak i výmetnou náplň. Na tento náboj byl udělen francouzský patent roku 1849. Tento náboj bylo možno již v polovině 19. století vyrábět jednoduchou technologií a za dostupnou cenu. Flobert zkonstruoval a vyráběl lehké, krátké i dlouhé zbraně, které se používaly na krytých střelnicích. Zajímavostí je, že jeho firma nikdy nevyrobila náboj, který zkonstruoval. Flobertův vynález získal mimořádnou popularitu a výroba jeho střeliva se rozšířila do celého světa.



*Obr. 4. Flobertův náboj. [1]*

V roce 1857 byla založena společnost Smith&Wesson Company (Horace Smith a Daniel B. Wesson), která uvedla na trh revolver jejich vlastní konstrukce, který měl úplně provrtané komory válce a umožňoval nabíjení nábojů zezadu. Pro tento revolver zavedli náboj .22 Short s okrajovým zápalem. Tento vycházel z Flobertova náboje, ale nábojnice navíc obsahovala výmetnou náplň a to černý prach. Náboj .22 Short můžeme pokládat za praotce všech nábojů s okrajovým zápalem s dávkou výmetné náplně. Na základě této konstrukce vznikly v USA další náboje s okrajovým zápalem s výmetnou náplní ve větších rážích. Nejznámější je náboj .44 Henry Flat používaný ve známé Henryově opakovačce. V Evropě se na konstrukci nábojů tohoto typu podílela převážně Anglie a Švýcarsko. Rozdíl byl v tom, že se Evropa spokojila jen s výrobou nábojů ráže .22 a nábojů Flobertových na rozdíl od USA, kde se vyráběl tento druh nábojů ve větších rážích. Pravděpodobně v Evropě nebyla tak zvládnuta technologie výroby, zejména aplikace třaskavé rtuti do dna nábojnice a u větších ráží tohle mohlo způsobovat při výstřelu problémy.

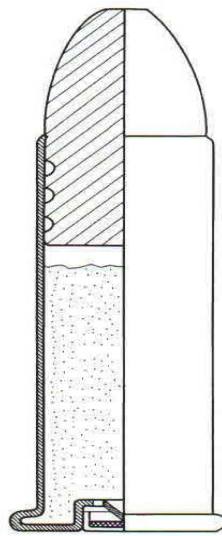
V průběhu 60. let 19. století pro armádní použití vznikl požadavek na pušky nabíjené jednotnými náboji komorou zbraně. V roce 1865 se uplatnil náboj anglického plukovníka Eduarda Mouniera Boxera.



Obr. 5. Náboj E. M. Boxera. [1]

Nábojnice se skládá z dnového kovového kroužku se středním otvorem vytvářejícím i okraj nábojnice. Na dnový kroužek dosedají dva do sebe zasunuté kovové kalíšky nestejně výšky, které mají uprostřed dna rovněž otvory. Do vnitřního kalíšku je posazen mosazný plášť nábojnice, který má dolní hranu zahnutou dovnitř. Celá složitá dnová část je pevně spojena dutým nýtem zároveň vytvářejícím lůžko zápalky. Do lůžka zápalky je vsunuta plochá kovadlinka, u které je zašpičatělá část dosedající do kalíšku s třaskavou složí. Plášť nábojnice byl původně vytvořen ze svinutého mosazného pásku, později byl vytažen z tenkého mosazného plechu. S touto konstrukcí byly vyráběny náboje .577 Boxer a .577/450 Martini Henry. Toto byl první náboj stažený do krčku.

V roce 1868 plukovník americké armády Hiram Berdan zkonstruoval náboj, který se skládal z nábojnice vyrobené z měděného nebo mosazného tenkostěnného plechu. Tvarováním dna pomocí nástrojů byl z materiálu nábojnice vytvořen okraj a uprostřed dna lůžko zápalky s kovadlinkou a zátravkovým otvorem (případně s více zátravkovými otvory). Do lůžka se zalisovala zápalka, tvořena kalíškem s třaskavou složí. Rozdíl oproti Boxerově konstrukci náboje je ten, že kovadlinka u Berdanovy konstrukce je přímo součástí nábojnice a zápalka je jen kalíšek s třaskavou složí, která je překryta kovovou nebo papírovou zalakovanou fólií.



Obr. 6. Náboj H. Berdana. [1]

Je možné učinit závěr, že kolem roku 1870 se na evropském kontinentě všeobecně ujala jak pro vojenské tak i civilní využití Berdanova konstrukce nábojnice. Zpočátku byly nábojnice tvarované z tenkého mosazného plechu, ale brzy byla zvládnuta technologie hlubokého tažení z mosazi, které umožňovalo výrobu nábojnic s masivní hlavou a tělem zužujícím se od dna k ústí, což zaručovalo dostatečnou pružnost přední části nábojnice. To bylo důležité utěsnění nábojové komory při výstřelu. Tato konstrukce náboje byla přijata i mezi lovci, mohli si jej poměrně snadno přebíjet. Brzy však nastal problém, kdy se po několikanásobném přebití nábojnice zdeformovala kovadlinka, a při výstřelu docházelo k neodpálení náboje. Z toho důvodu se začaly provádět pokusy s Boxerovou nábojnicí, do které se umístila zápalka již přímo obsahující kovadlinku. Toto řešení taky nebylo úplně funkční. Až John Gardner si v roce 1878 nechal patentovat zápalku s vlastní kovadlinkou, jejíž konstrukce odstranila nedostatky předchozího typu a zaručovala bezproblémovou funkci. Přestože Gardnerova zápalka se liší od původní Boxerovy konstrukce do současné doby se stále zažito, že se jedná o zápalku Boxerovu. Počátkem 80. let 19. století byl v podstatě ukončen vývoj jednotných nábojů do ručních palných zbraní, které bylo možno hromadně vyrábět za přijatelnou cenu. Cesta k vytvoření jednotného náboje nebyla jednoduchá, byla daleko složitější, než je uvedeno v tomto krátkém přehledu. I při zavedení nových konstrukcí jednotných nábojů nedošlo k okamžitému zániku starších typů palných systémů, které ještě

další dlouho dobu přežívaly. Od této doby se jednotné náboje stále rozvíjely, ale k zásadní změně konstrukce již nedošlo.

Rychlý rozvoj chemie v průběhu 19. století začal nabízet možnosti náhrady téměř 600 let používaného černého střelného prachu, střelivinou s lepšími vlastnostmi. Nový bezdýmný střelný prach se v roce 1884 podařilo vyvinout francouzskému chemiku Vielemu a to pomocí želatiny nitrocelulózy. O rok později Nobel želatinuje tento bezdýmný prach nitroglycerinem a získává bezdýmný balistický prach. Francouzský chemik Vielle odvodil ze svých zkoušek při vývoji bezdýmného nitrocelulóзовého prachu i důležité fyzikálně chemické vlastnosti jeho hoření, které byly důležité pro vnitro balistické výpočty a konstrukce zbraní.

Na přelomu 19. a 20. století dochází také ke zdokonalování tvaru a konstrukce střel pro náboje do dlouhých ručních palných zbraní. Vývoj nábojů byl zaměřen především pro vojenské účely. Vznikly plášťové střely, které měly dlouhý válcový plášť s půlkulatou špičkou, a uvnitř bylo olověné jádro. Z důvodu změny taktiky boje, kdy bylo požadováno, aby měl náboj co největší dostřel, energii a přesnost došlo ke změně tvaru střely. Zašpičatěním tvaru střely bylo docíleno plošší dráhy letu, byla zmenšena ztráta její kinetické energie a došlo ke zkrácení doby letu k cíli. Ve snaze zvýšit účinek svých nábojů, začali vojáci britské koloniální armády odstraňovat špičky plášťů střel, až došlo k obnažení jejího jádra, čímž vznikla poloplášťová střela. Tyto střely měly po zasažení živého cíle hrůzný účinek. Po zásahu se přetvarovaly do hřibovitého tvaru a působily na živý organismus vysoce destruktivně. Takto upravená střela se později začala hromadně vyrábět ve městě Dum-Dum nedaleko Kalkaty a název tohoto města se přenesl i do označení střely. Užití těchto střel bylo později na základě jednání na konferenci v Haagu v roce 1899 zakázáno v bojových akcích. Rozvoj poloplášťových střel byl proto zaměřen pouze na používání pro lovecké účely, kde bylo požadováno, aby se zvěř po zásahu netrápila a došlo co nejrychleji k jejímu usmrcení. [1; 2; 3; 4; 5]

## 2 CHARAKTERISTIKA, ROZDĚLENÍ A URČENÍ NÁBOJŮ, OZNAČOVÁNÍ

### 2.1 Charakteristika

Střelivo jsou všechny náboje a nábojky, které jsou určeny k použití v palných zbraních, využívající vlastností výbušnin pro vyvolání účinku po výstřelu. Vyznačuje se nízkým a středním balistickým výkonem. Náboj je sestava mechanických dílů a výbušnin nezbytných k uskutečnění jednoho výstřelu z palné zbraně. Obsahem náboje jsou výbušniny (zejména střeliviny), ale také třaskaviny nebo pyrotechnické složky. Náboj je složený z těchto základních částí: střely, výmetné prachové náplně, nábojnice a zápalky. Nábojka je primárně určena pro expanzní zbraně a přístroje. Je to zvláštní druh střeliva, kdy v její sestavě není zastoupena střela. Je obvykle tvořena nábojnicí, zápalnou nebo zápalnou složkou, může obsahovat výmetnou náplň, granule nebo chemickou dráždivou látku.

### 2.2 Rozdělení

Střelivo lze rozdělit podle řady kritérií. Nejdůležitější je dělení podle uživatele, určení, původu, druhu zbraně, pro kterou je určeno a podle balistického výkonu.

#### 2.2.1 Podle uživatele

Podle uživatele se rozlišuje střelivo pro ozbrojené sbory používané armádou, policií a v ostatních ozbrojených složkách a pro civilní použití (používané pro lovecké a sportovní účely, nebo pro sebeobranu). Stanovení hranice mezi střelivem pro ozbrojené sbory a střelivem pro civilní použití je nejen konstrukční a technická, ale zejména právní.

#### 2.2.2 Podle bližšího určení

Podle bližšího určení se dělí střelivo na ostré, určené k plnění základních úkolů v souvislosti s použitím palné zbraně, na cvičné určené k výcviku ve střelbě a školní, určené pro výukové účely. Školní náboje nesmí obsahovat žádné výbušné prvky. Jsou řešeny tak, aby tvarově i hmotnostně byly stejné jako náboje ostré a používají se k nácvičení nabíjení, spouštění nebo k výuce konstrukce střeliva. Zvláštní skupinu střeliva tvoří střelivo zkušební, které se používá k zabezpečení funkčních zkoušek zbraní a střeliva. Zkušební střelivo může být

svědečné (speciální střelivo vysoké kvality se zaručenými balistickými vlastnostmi), referenční (vybrané sériové střelivo s vlastnostmi, které se blíží střelivu svědečnému), přetlakové (určené pro zkoušení zbraní vyššími tlaky prachových plynů v hlavni ve srovnání se spotřebními náboji) nebo náhradní (používané při zkouškách funkčních celků zbraní nebo nábojů).



*Obr. 7. Školní náboje. [1]*

### 2.2.3 Podle původu

Podle původu se rozlišuje střelivo sériové a nesériové. Sériové střelivo je produktem velkosériové tovární výroby a je určeno pro spotřebitelský trh. Nesériové střelivo je vyrobeno nestandardními způsoby jako například střelivo experimentální, přebíjené, nebo střelivo typu wildcats.

### 2.2.4 Podle druhu zbraně

Podle druhu zbraně zda je střelivo určeno pro samonabíjecí zbraně, opakovací zbraně, expanzní zbraně nebo plně automatické zbraně. Podle druhu zbraně musí být uzpůsobeny výkonové laborace nábojů, aby byla zabezpečena bezchybná samonabíjecí funkce zbraně.

### 2.2.5 Podle balistického výkonu

Podle balistického výkonu se střelivo dělí na:

- pistolové - zpravidla se řadí do skupiny nízkého balistického výkonu, neboť kinetická energie střely na ústí hlavně dosahuje hodnot několika stovek J a obvykle je nižší než 600 J,

- puškové - zpravidla se řadí do skupiny středního (energie 600 J - 2000 J) a vysokého balistického výkonu (energie nad 2000 J).

### 2.3 Označování kulových nábojů

Označování kulových nábojů, tedy pistolových a puškových, bývá vyjádřeno smluvní velikostí průměru vývrtu hlavně nebo střely a dalším doplňujícím údajem nebo symbolem. Tyto symboly, (znaky), jsou vyraženy na dně nábojnice, barvami se označují také střely, popřípadě i dna nábojnic. Označení o jaký náboj se jedná je uvedeno i na obalu (krabičce). K číselnému označení se používá většinou buď evropský nebo anglo – americký způsob. Evropský způsob je uváděn jako součin dvou čísel. První z nich označuje ráži (průměr vývrtu) a druhé délku nábojnice v milimetrech, například u pistolového střeliva 9 x 20 (9 mm Browning Long); 9 x 19 mm (9 mm Luger); 9 x 18 mm (9 mm Makarov); 9 x 17 (9 mm Browning Short) a u puškového střeliva 7 x 57, nebo 8 x 57 JS atd.

Lovecké kulové náboje bývají ještě označovány dalšími symboly, které blíže specifikují jeho použití (písmena, slova) např.:

- R (Rand) – nábojnice s okrajem, určené pro náboje do zlamovacích zbraní např. 7 x 57 R, nebo 7 x 65 R,
- Mag. (Magnum) - náboj vyššího výkonu např. 7 mm REM Mag., nebo .300 Win. Mag.,
- S.E. (Super Express) - náboj s vyšší rychlostí např. 6,5 x 55 SE,
- I nebo J (infanterie) - vojenský původ ráže např. 8 x 57 J,
- S (z německého stark) – je označení pro střelu s větším průměrem, která se nesmí z hlediska bezpečnosti zaměnit z ráží 8 x 57 J a 8 x 57 JR. Jedná se o náboje 8 x 57 JS a 8 x 57 JRS.

U amerického a anglického značení pistolového střeliva znamená první číslo průměr vývrtu hlavně vyjádřený v setinách nebo tisícinách anglického palce v kombinaci se zkratkou prvního výrobce tohoto náboje. Například označení pistolového náboje .40 SW znamená 40 setin palce průměru vývrtu a SW prvního výrobce, firmu Smith&Wesson. (1 inch(palec) = 25,4 mm). Důsledné anglo - americké značení by mělo být například 0.40 SW, ale postupně docházelo ke zjednodušení označování, kdy se nula na začátku neuvádí a uvádí se pouze .40 SW anebo 40 SW.



U amerického a anglického značení puškového střeliva udává první dvojice čísel průměr vývrtu v setinách, nebo tisícinách anglického palce a další třeba rok zavedení do výroby. Například .308 W znamená 30 setin anglického palce = průměr vývrtu, 8 = rok zavedení do výroby 1948, W = Winchester (první výrobce). Dále 30 - 06 Sprg znamená 30 setin anglického palce = průměr vývrtu, 06 = rok výroby 1906, Sprg. = místo výroby, továrna na střelivo ve Springfieldu (USA).

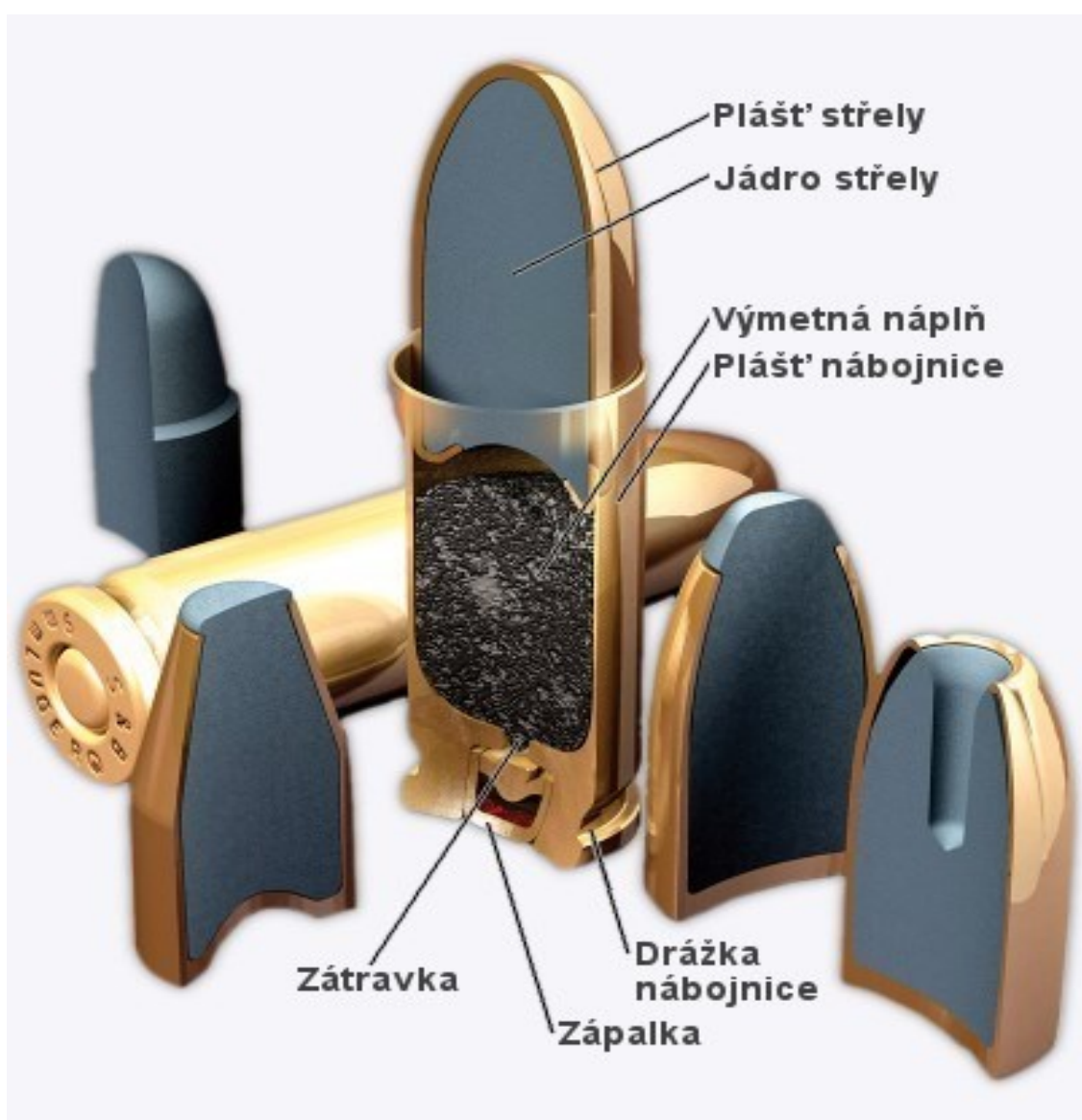
Druhé číslo může označovat i hmotnost navážky dříve používaného černého prachu např.: u náboje 30 - 30 Win. Navážka prachu je udávána v grainech (1 grain = 0,064 gramu). Přesné označení ráže by mělo být podle amerického způsobu např. 0.308 Win, nebo 0.223 Rem. Nula se dnes již neuvádí a označení může být zjednodušené .308 Win, nebo bez tečky pouze 308 Win . [1; 2; 6]

*Tab. 1. Porovnání značení některých ráží puškového střeliva. [2]*

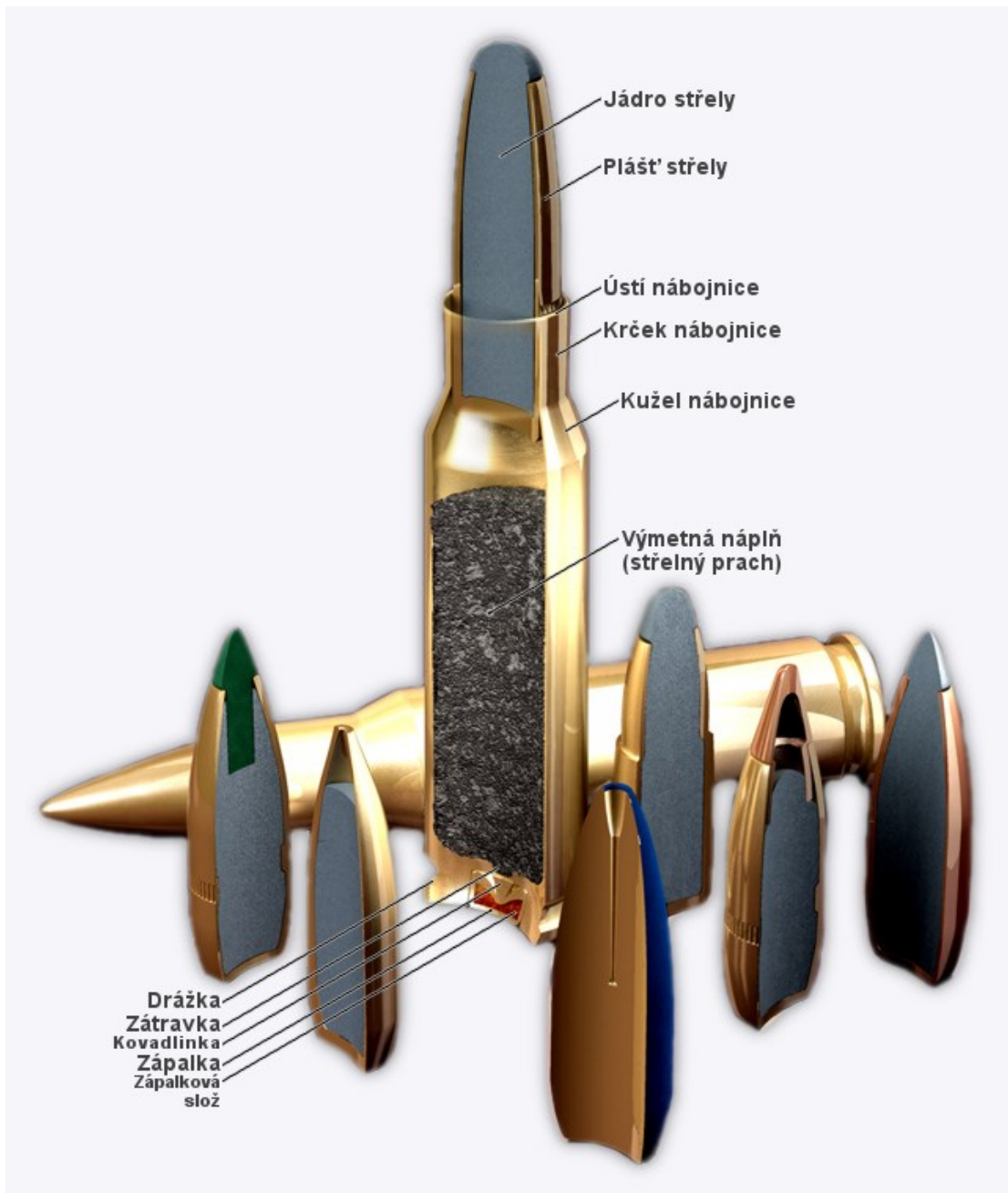
<b>evropské značení</b>	<b>americké značení</b>
5,6 x 36 R	22 Hornet
5,56 x 45	223 Rem
5,6 x 52 R	22 Savage
6,2 x 51	243 Win
6,9 x 64	270 Win
7,62 x 51	308 Win
7,62 x 51 R	30-30 Win
7,62 x 54 R	7,62 Russian
7,62 x 63	30-06 Sprg
7,7 x 56 R	303 Brit

### 3 KONSTRUKCE ZÁKLADNÍCH TYPŮ NÁBOJŮ

Konstrukce náboje je závislá především na jeho předpokládaném určení a druhu zbraně, ze které má být vystřelen. Každý z výrobců střeliva konstruuje individuální sestavy nábojů, aby splňovaly požadavky uživatelů. Liší se jak v konstrukci střely, tak zápalky, výmetné prachové náplně i nábojnice. Přesto musí splňovat určité jednotící znaky. Náboj se skládá ze čtyř základních částí a to střely, výmetné prachové náplně, zápalky a nábojnice.



Obr. 8. Schéma pistolového náboje. [12]



Obr. 9. Schéma puškového náboje. [12]

### 3.1 Střela

Střela je předmět vystřelený ze střelné zbraně určený k zasažení cíle nebo vyvolání jiného efektu. Aby mohla střela plnit tento účel, musí být urychlena v hlavni na požadovanou rychlost a její tvar musí být uzpůsoben, aby její let byl co nejméně ovlivněn působením atmosféry, v níž se pohybuje. Aby mohly střely dosáhnout optimálních účinků v cíli, musí splňovat různá kritéria.

### 3.1.1 Utěsnění střely

Střela náboje musí být v hlavní zbraně spolehlivě utěsněna, aby při výstřelu nedocházelo k úniku prachových plynů, a současně musí být navržena a vyrobena tak, aby docházelo co k nejmenšímu opotřebení vývrtu hlavně. Utěsnění je zabezpečeno funkční deformací střely, která se při výstřelu zařízne svojí měkkou válcovou obvodovou částí do drážek vývrtu. Třecí odpor při průchodu střely hlavní zbraně se snižují volbou vhodných materiálů, které musí být navíc i odolné proti otěru, aby nedocházelo k nadměrnému zanášení vývrtu hlavně.

### 3.1.2 Stabilizace střely

Stabilitou letu střely se rozumí schopnost střely svojí podélnou osou sledovat tečnu k dráze střely. Střely jsou stabilizovány především rotací kolem podélné osy, kterou střela získá při svém posuvném pohybu v drážkovaném vývrtu hlavně díky šroubovitě stočeným drážkám a polím (stoupání vývrtu). Čím je vyšší rychlost na ústí hlavně a čím je kratší stoupání, tím vyšší je rychlost rotace. Např. olověným střelám v porovnání se střelami typu FMJ není možno udělit příliš vysokou rotaci z důvodu možného stržení povrchu střely ve vývrtu hlavně, tak proto mají tyto vývrty delší stoupání. Optimální je zajištění ke každému typu střely určitá délka stoupání, které zajistí správnou rychlost rotace. Střela, jež není během svého letu dostatečně stabilizována, se rozkmitá a větší či menší měrou se natočí napříč ke směru letu, což zhoršuje její přesnost. Několik málo druhů střel používá nerotační princip. Kulovité střely nejsou stabilizovány vůbec.

### 3.1.3 Ráže střely

Je základní konstrukční charakteristika střely. Je to smluvní údaj, který se volí podle ráže příslušné hlavně, pro kterou je střela určena. Ráže střely neodpovídá maximálnímu vnějšímu průměru střely, ale je stanovena mezinárodně pro každý typ náboje. Například střela ráže 9 mm Luger (9 x 19) má faktický průměr vodící části 9,3 mm. Běžně se ráže udává v milimetrech, ale v anglicky mluvících zemích se vyjadřuje v setinách nebo tisícinách palce.

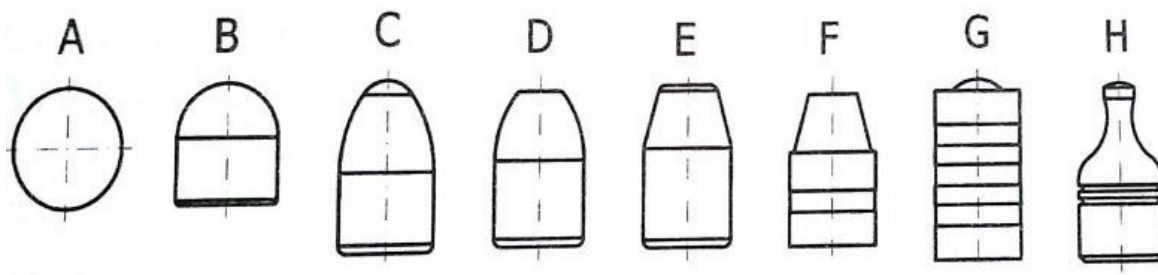
### 3.1.4 Vnější tvar střely

Střely se vzájemně liší tvarem přední části. Tvar střely se všeobecně volí podle aerodynamických kritérií vnější balistiky vztahených k letové rychlosti střely a jejímu určení a dále podle ostatních konstrukčních požadavků. Rozdílný tvar střely vyjadřuje balistický

koeficient, jehož hodnota je dána i tvarem střely. Balistický koeficient se většinou stanovuje experimentální střelbou.

### ***Pistolové střely***

Jsou obvykle vystřelovány podzvukovými (nebo lehce nadzvukovými) rychlostmi na cíle v menší vzdálenosti do 25 m. Jejich tvar je tedy méně aerodynamický, délka je obvykle 1 až 2 ráže, špička je zaoblená a zadní část střely je válcová. S výjimkou střel pro terčovou střelbu jsou dnešní moderní střely určené k použití v nábojích pro samonabíjecí pistole opatřeny pláštěm z pevného kovu. Pláště evropských střel se většinou vyrábějí z taženého ocelového plechu a jsou plátovány tumbakem a niklem. Kvůli dosažení, respektive řízení deformace střely může být plášť v přední části tenčí než v zadní části.



Obr. 10. Tvary střel pistolového střeliva. [1]

*A – Kulovitý, B a C – Monogivální - typ RN - Round Nose (se zakulacenou špičkou), D a E – Monogivální - typ FN - Flat Nose (s plochou špičkou), F – Monogivální - typ SWC Semi Wadcutter (olověná prosekávací, přední část komolý kužel), G – Válcová prosekávací - typ WC (olověná, terčová), H – Monogivální - typ ROB - Reverse Ogive Bullet*

### ***Puškové střely***

Jsou vystřelovány nadzvukovými rychlostmi na cíle běžně do vzdálenosti 300 m (pro sportovní střelbu i 1000 m). Do nábojnice se střela laboruje s přesahem a zajišťuje se nejčastěji stažením škrťícími čelistmi, nebo do kroužku. Toto zajištění je důležité pro určení výtahové síly, která má vliv na počáteční vývin rány. Střely jsou konstrukčně navrženy na základě požadavků, dle kterých musejí splňovat optimální účinek v cíli. U loveckých kulových nábojů se používají podle způsobu stabilizace střely rotační monoogiválního (přední ogivál), nebo biogiválního (přední a zadní ogivál) tvaru. Střely mohou být nehomogenní (skládané), většinou sestavené z kovového pláště a olověného jádra, nebo homogenní z jednoho kompozitního materiálu (např.: tumbak CuZn10). [9]



Obr. 11. Tvary střel puškového střeliva. [2]

*A – homogenní střela, B – nehomogenní celoplášťová střela, C – nehomogenní poloplášťová střela, D – nehomogenní poloplášťová střela s prosekávací hranou, E – nehomogenní expanzní střela s kuklou, F – nehomogenní expanzní střela*

## 3.2 Výmetná prachová náplň

### 3.2.1 Bezdýmný prach

Jako výmetná prachová náplň se v dnešní době používá u malorážových nábojů bezdýmný střelný prach, jehož účelem je vymetení střely z hlavně požadovanou rychlostí. Pro bezdýmný střelný prach jsou charakteristická drobná zrna ve tvaru kotoučku, kuličky, destičky, válečku, nebo trubičky. Umožňuje automatickou navážku při výrobě. Tím je omezen lidský faktor. Bezdýmný prach pro malorážové střelivo se rozděluje podle složení na dva druhy:

- *nitrocelulózový* - *Nc*, (obr. č. 12, vlevo) - je jednosložkový prach (single base powder), jehož základní složkou je nitrocelulóza (90 – 98%) a jeho energie je vázána pouze v této jedné chemické látce. Jako další přísady se používají různé stabilizátory, flegmatizátory povrchu, zhášecí plamene a jiné složky, které ovlivňují charakteristiku hoření,
- *nitroglycerinový* – *Ng*, (obr. č. 12, vpravo) - je prach dvousložkový (double base powder) a jeho energie je vázána ve dvou látkách, nitrocelulóze a energetickou přísadu zde tvoří nitroglycerin (8 – 23%). Stejně jako u jednosložkových prachů je zde obsaženo malé množství stabilizátorů a ostatních přísad. Má lepší balistické vlastnosti, menší navlhavost a snadnější výrobu. Nevýhodou tohoto prachu je větší opotřebování hlavně a větší podíl neshořelých zbytků.



Obr. 12. Jednosložkový, trubičkový prach (vlevo), dvousložkový sférický prach (vpravo).[1]

### 3.3 Zápalka

Zápalka (zápalková slož), je jeden z komponentů náboje a je určená k zapálení - zažehnutí výmetné prachové náplně v nábojnici. Aktivace zápalky je provedena nárazem zápalníku zbraně na její dno. Malorážové náboje můžeme rozdělit podle druhu zápalu na náboje se zápalkou pro kolíčkový zápal, středový zápal nebo okrajový zápal. Každý druh zápalu vyžaduje jinou konstrukci dna nábojnice. V současné době jsou vyráběny zápalky s neerozivními a nekorozivními vlastnostmi, nebo zápalky, kde zplodiny nábojů po vystřelení neobsahují některé z těžkých kovů jako je olovo, rtuť, baryum nebo antimon. U těchto byla třaskavá rtuť nahrazena směsí tetrazenu a tricínátu, doplněna přísadkou dusičnanu barnatého.

*Požadavky na zápalkovou slož:*

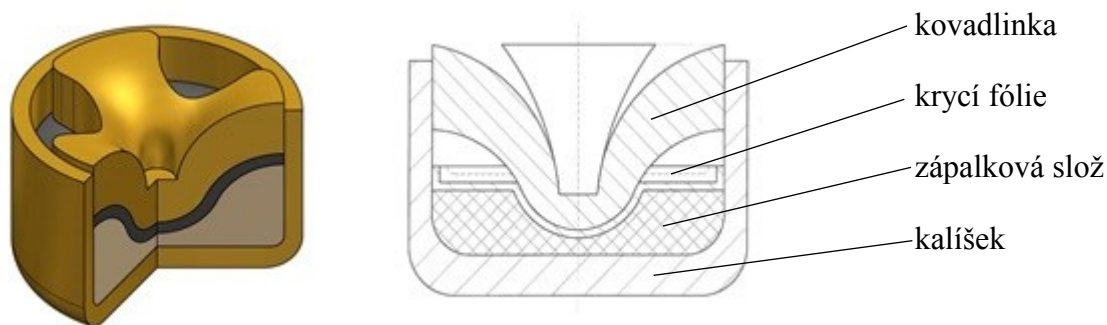
- musí vyvinout dlouhý, horký, relativně dlouhotrvající plamen, který zažehne prachovou náplň v jednom okamžiku v celém objemu,
- musí mít dostatečnou citlivost na úder zápalníku a to i v případě, že je zápalník uložen šikmo k ose náboje,
- naopak nesmí být její citlivost vysoká tak, že by při manipulaci s nábojem mohlo dojít k samovolnému zažehnutí,
- nesmí reagovat s materiálem kalíšku, v němž je uložena.
- zplodiny vzniklé při hoření zápalkové složy nemají mít korozivní vliv na vývrt hlavně,
- zápalková slož musí zajistit stejnoměrné zážehové schopnosti a citlivosti na každý úder zápalníku u všech zápalek.

### 3.3.1 Středový zápal

U středového zápalu je zápalka zalisována do lůžka uprostřed dna nábojnice. Používá se u ostatních druhů malorážového střeliva, u kterého není použit okrajový zápal. Tento druh zápalu je nejvyšším vývojovým stupněm zážehu výmetné prachové náplně. Nahradil dnes již nepoužívaný kolíčkový zápal, u něhož byl zápal aktivován úderem na kolíček s hrotem. Rozlišujeme dva typy zápalek používaných u malorážového kulového střeliva a to zápalka typu Boxer (s vlastní integrovanou kovadlinkou) a typu Berdan (bez vlastní kovadlinky).

#### *Zápalka typu Boxer s vlastní integrovanou kovadlinkou*

Tento typ zápalky má navíc ve srovnání se zápalkou typu Berdan vlastní kovadlinku, zpravidla se třemi rameny, nalisovanými do kalíšku tak, že čelo kovadlinky se dotýká krycí fólie. Mezi vrcholem kovadlinky a dnem zápalky je umístěna zápalková slož. K zapálení složky dojde v důsledku tření způsobeného nárazem zápalníku na dno zápalky. Zápalky tohoto typu se dávají do lůžka nábojnice, ve kterém je pouze jeden centrální výšlekový otvor, zátravka.

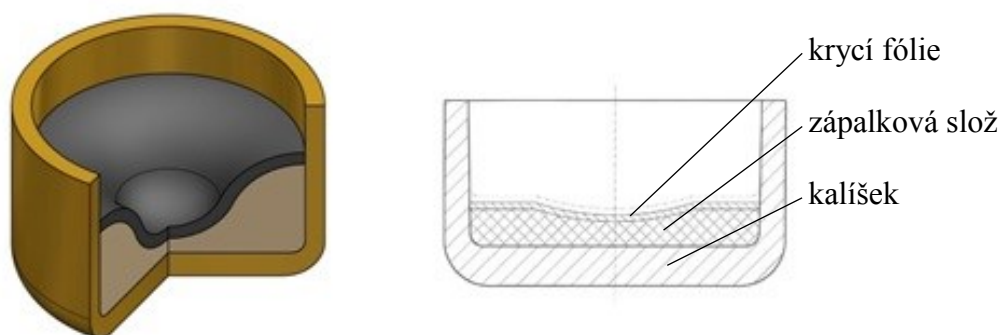


Obr. 13. Zápalka typu Boxer. [2]



### *Zápalka typu Berdan bez vlastní kovadlinky*

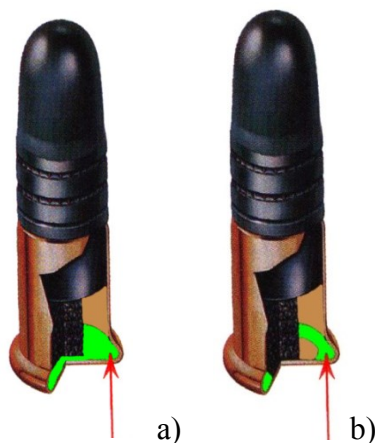
Zápalka tohoto typu je tvořena mosazným nebo ocelovým, tombakem plátovaným kalíškem válcového tvaru, v němž je nalisována třaskavá slož překrytá tenkostěnnou kovovou (cínovou nebo olověnou), popřípadě i papírovou fólií. Tato fólie je po obvodu v místě dosednutí na stěnu kalíšku zalakována z důvodu ochrany proti vniknutí vlhkosti. Použití těchto zápalů je vázáno na nábojnice, které mají ve dnu, lůžku pro zápalku kovadlinku a zpravidla dvě zátravky.



Obr. 14. Zápalka typu Berdan. [2]

### **3.3.2 Okrajový zápal**

U tohoto typu zápalu netvoří zápalka samostatnou součást náboje, ale zápalná slož je při výrobě náboje vetřena do dna nábojnice. Náboje s okrajovým zápallem jsou používány hlavně u malorážkových zbraní a flobertek.



Obr. 15. Malorážkový náboj s okrajovým zápalem, šipka označuje místo a způsob aplikace zápalkové složky v nábojnici: a) po celém dně; b) v okraji dna. [1]

### 3.4 Nábojnice

Nábojnice je jedna ze součástí náboje, která je řešena jako tenko stěnná kovová nádoba válcovitého nebo lahvovitého tvaru se zesíleným dnem. Jejím úkolem je spojit zápalku, výmetnou prachovou náplň a střelu do jednoho celku. Spojením těchto komponentů v jeden celek vznikne náboj.

Nábojnice po konstrukční stránce musí splňovat určité funkční požadavky, mezi které patří:

- hermetické uzavření vnitřního prostoru náboje s výmetnou náplní, chránící jak výmetnou náplň, tak i zápalku před působením vnějších vlivů, zejména před vzdušnou vlhkostí,
- utěsnění nábojové komory při výstřelu před únikem prachových plynů na závěr zbraně,
- odstranění neshořelých částí náboje z prostoru nábojové komory po vlastním výstřelu,
- u samočinných zbraní odvedení tepla vzniklého při výstřelu z prostoru nábojové komory.

Vnější tvar nábojnice je shodný jako tvar nábojové komory zbraně, pro kterou je náboj zkonstruován. Vnitřní objem nábojnice, ve kterém je uložena výmetná prachová náplň, společně se dnem střely určuje počáteční spalovací prostor. V tomto prostoru probíhá první fáze výstřelu, zažehnutí a rozhoření výmetné prachové náplně.

Nábojnice mají dva základní tvary. Je to tvar válcovitý nebo lahvovitý. Nábojnice válcovitého tvaru nemají krček. Jsou používány pro většinu pistolových nábojů a pro všechny druhy nábojek. Nábojnice lahvovitého tvaru jsou opatřeny krčkem a přechodovým

kuželem. Používají se u malé skupiny pistolových nábojů jako je například náboj 7,63 mm Mauser, 7,62 x 25 mm Tokarev, 9 mm Major, 9 mm Mars, .357 SIG, .357 Auto Magnum atd. Ve větší míře jsou používány u puškového střeliva, například náboj ráže 5,56 x 45 mm, 7,62 x 39 mm, 7,62 x 51 mm atd. Každá nábojnice je tvořena pláštěm se zesíleným dnem, ve kterém je vytvořeno lůžko pro zápalku. Plášť obou základních typů nábojnic je mírně kuželovitý tak, aby bylo zajištěno snadnější vytažení nábojnice po výstřelu z nábojové komory. Kuželovitost je v měřítku do 1:100. Stěna nábojnice je nejtenčí na ústí nábojnice a to od 0,3 mm – 0,5 mm. Tenká stěna nábojnice na ústí zajišťuje těsnicí funkci náboje. Při výstřelu, se tato tlakem prachových plynů zdeformuje, dosedne na stěnu nábojové komory a tím plní těsnicí funkci. Tím zamezí nežádoucímu úniku prachových plynů mezi pláštěm nábojnice a stěnou nábojové komory dozadu na závěr.



*Obr. 16. Nábojnice náboje lahvovitého (.357 SIG) a válcovitého tvaru (9 mm Luger). [1]*

Nejstarším a nejpoužívanějším materiálem pro výrobu nábojnic je mosaz, která díky svým dobrým vlastnostem zůstala nejvhodnějším materiálem dodnes. Zvláště slitina s 72% Cu a 28% Zn je hojně používaným materiálem pro výrobu nábojnic. Výhodou mosazných nábojnic je velmi dobrá tvárnost za studena což usnadňuje zformátování již vystřelených nábojnic při opětovném přebíjení střeliva v domácích podmínkách. Novějším druhem materiálu pro výrobu nábojnic je ocel oboustranně plátovaná tombakem nebo nízkouhlíková ocel (max. 0,2% C) s přísadou Si a Mn. U ocelových nábojnic je nutné provádět dokonalou povrchovou úpravu celé nábojnice a to lakováním, fosfátováním, případně elektrochemickým pokovením (mimo plátovaných tombakem). Dalším méně používaným materiálem pro výrobu nábojnic je hliník (zaveden roku 1941), dural a plastické hmoty.



Obr. 17. Nábojnice pistolového náboje vyrobená z plastu a z hliníku. [1]

Výrobní postup mosazných i ocelových nábojnic je založen na stejném výrobním postupu, jde-li o tvářecí a mechanické operace. Značně se však liší v mezioperačním tepelném zpracování a v počtu dalších pomocných operací. Základní výrobní proces je následující: Z výseku plechu se vylisuje kalíšek, který se na 3 až 4 tahy přemění na výtažek potřebné délky a síly stěny. Výtažek se ustříhne na potřebnou délku a následně se předlisuje, tím dojde k vytvoření lůžka a případně kovadlinky u nábojnic typu Berdan. Dále probíhá hlavování (rozpěchování dna) a rážování (vytvoření přechodového kužele a krčku nábojnice - jen u nábojnic lahvovitého typu). Rážování je jedna z nejdůležitějších operací na nábojnici, do značné míry ovlivňuje jakost a pevnost nábojnice. Konečné operace jsou stružení zápichu nebo okraje, vrtání nebo vypichování zátravek a žíhání ústí nábojnice. U ocelových nábojnic se pracovní postup odlišuje hlavně v mezioperačním tepelném zpracování a v počtu pomocných operací.

Výše popsané nábojnice jsou materiálově homogenní (vyrobené z jednoho materiálu). Materiálově nehomogenní nábojnice jsou skládané z více materiálů, obvykle z kovového dna a nekovového pláště. U pistolového střeliva se jako pláště nábojnice používají plasty, kdy je nábojnice spojena se střelou v jeden celek a při výstřelu se oddělí. Toto střelivo se používá jako cvičné (obr. č. 17). Dále se ve velké míře nekovový (plastový) plášť nábojnice používá u brokového střeliva (obr. č. 18). [1; 3; 4; 6; 7]



Obr. 18. Brokový náboj, provedení s nehomogenní nábojnici (kombinace kov / plast). [11]

## 4 PŘEHLED SOUČASNÝCH RÁŽÍ STŘELIVA

Během historického vývoje střeliva bylo zkonstruováno nepřeberné množství různých ráží, střelivo různé konstrukce a různého druhu určení. Střelivo se označuje jak v rážích metrických, tak palcových. Vzhledem k velkému množství typů nábojů, jsou tyto rozděleny do skupin pistolového a puškového střeliva a jsou uvedeny příklady nejvíce v současné době používaných a dostupných nábojů na českém trhu.

### 4.1 Metrické ráže pistolového střeliva

#### 4.1.1 6,35 mm Browning

Některá synonyma: DWM 508A; GR 757; 6,35 mm ACP; 6,35 mm Browning Beretta; 25 Auto; 25 ASP; 6,35 x 15,5; .25 Automatic Pistol; .25 Colt Automatic



*Obr. 19. Pistolový náboj ráže 6,35 mm Browning. [12]*

Byl zaveden roku 1906 belgickou společností Fabrique Nationale D'Armes de guerre v Herstalu pro použití v kapesní pistoli model 1906 systému Browning. V roce 1908 převzala tento náboj firma Colt's Patent Firearms Manufacturing Company v Hartfordu pod označením .25 Automatic. Časem se stal náboj velmi rozšířený a používaný po celém světě a bylo pro něj zkonstruováno velké množství pistolí. Dodnes je vyráběn všemi významnými výrobci střeliva. Jedná se o náboj se středovým zápalem konstruovaný pro zápalku typu Boxer i Berdan, je plněn bezdýmným prachem a je osazen celou škalou stříbr, plášťové, poloplášťové, brokové i olověné. Je určen pro zbraně s neuzamčeným závěrem. Jeho dostřel a zastavovací účinek je velmi malý, srovnatelný s nábojem .22 LR, ale na krátké vzdálenosti dostačující. Taktéž je možno velmi účinně tlumit zvuk výstřelu zbraní na tento náboj z důvodu nízké rychlosti střely při výstřelu. V současné době sériově vyráběné standardní

střelivo 6,35 mm Browning má celoplášťovou střelu ogiválního tvaru o hmotnosti 3,25 g. Plášť střely je nejčastěji ocelový, plátovaný mosazí 90, tedy tombakem. Jádro střely je olovené. Sériově se nábojnice plní bezdýmným nitrocelulózovým prachem o hmotnosti 0,12 g. Střední hodnota tlaku je cca 90 MPa, maximální 130 MPa. Počáteční rychlost střely se v závislosti na její hmotnosti pohybuje okolo 230 m/s. Celková hmotnost náboje je cca 5,3 g.

#### 4.1.2 7,65 mm Browning

Některá synonyma: DWM 479; GR 619; DWM 479A; 7,65 mm ACP; DWM 479C; .32 ACP; .32 Automatic; .32 Auto Colt; .32 ASP; .30 Browning



*Obr. 20. Pistolový náboj ráže 7,65 mm Browning. [12]*

Náboj vyvinutý J. M. Browningem. Byl zavedený belgickou společností Fabrique Nationale D'Armes de Guerre v Herstalu v Belgii pro samonabíjecí pistole model 1900. Roku 1903 převzala tento náboj firma Colt's Patent Firearms Manufacturing Company v Hartfordu pod označením .32 Automatic pro pistole své vlastní konstrukce. V průběhu doby se stal náboj velmi rozšířený a používaný po celém světě, naši armádu a ozbrojené složky nevyjímaje. Z českých zbraní byly na tento náboj komorovány například pistole CZ vz. 27, CZ vz. 50, CZ vz. 70, CZ vz. 83 a samopal vz. 61 Škorpion. Náboj je dodnes vyráběn všemi významnými výrobci munice. Z dnešního pohledu je náboj málo výkonný, ale umožňuje konstrukci malých kapesních pistolí s neuzamčeným závěrem určených na sebeobranu a proto je stále oblíbený. Náboj dle normalizace CIP se nepatrně rozměrově liší od náboje .32 Auto dle americké normalizace SAAMI. Standardní střela o hmotnosti 4,8 g je vyrobena z oloveného jádra opatřeného ocelovým pláštěm plátovaným mosazí 90, tedy tombakem. Má počáteční rychlost kolem 320 m/s a maximální hodnota tlaku je 180 MPa.

### 4.1.3 9 mm Luger

Některá synonyma: 9 mm Parabellum; 9 mm model 38; 9 mm NATO; 9 x 19; 9 mm švédský m/34; 9 mm Beretta (1915); 9 mm vz.48



Obr. 21. Pistolový náboj ráže 9 mm Luger. [12]

Tento náboj byl v roce 1902 vyvinutý firmou DWM a je to nejznámější a nejrozšířenější pistolový náboj na světě. Byl zkonstruován pro armádní pistoli Georga Lugera, která byla v původní ráži 7,65 mm Parabellum. V roce 1904 byly pistole i náboj uvedeny na světový trh zbraní. Původní střela ve tvaru komolého kužele byla v roce 1915 v Německu nahrazena střelou ogivální. Jiní výrobci jej vyráběli se střelou s tupou špičkou až do 30. let. V průběhu doby vznikla řada dalších konstrukcí samonabíjecích i samočinných pistolí (samopalů) používajících tuto ráži. V důsledku toho se náboj vyráběl a stále vyrábí v mnoha zemích, v celé řadě variant jako vojenský, obranný a sportovní náboj. Tyto varianty jsou odlišné konstrukcí, hmotností, druhem a tvarem střely. Rovněž tak se liší materiálem užitým při výrobě nábojnic a v neposlední řadě odlišnými balistickými hodnotami. Vyrábí se taktéž náboje cvičné, s dřevěnou nebo papírovou střelou, nebo s hvězdicově uzavřeným ústím nábojnice. Vyskytují se i cvičné náboje s plastovou nábojnicí. Vedle střel plášťových s olověným jádrem se vyrábějí střely s ocelovým jádrem, střely z homogenního materiálu (Fe, CuZn30, CuZn10, pryže a podobně). Jsou známy náboje se střelami svítícími a zápalnými, i hromadná střela. Jako materiál nábojnice je nejčastěji použita mosaz, železo nebo hliník. Mosazná nábojnice černěná sloužila jako rozlišovací znak náboje pro karabinu. Tyto měli větší balistický výkon. V současné době se vyskytují na trhu náboje s nábojnicí železnou plátovanou CuZn10, které jsou vyráběny na území bývalého Sovětského svazu. Tento náboj byl rovněž jedním z prvních pistolových nábojů, u kterého se zavedlo lakování spáry mezi střelou a ústím nábojnice a spáry mezi zápalkou a nábojnicí za účelem zajištění olejtěsnosti a vodotěsnosti náboje. Pro civilní trh se náboj vyrábí převážně s mosaznou

nábojnicí a s plášťovou ogivální střelou s olověným jádrem. Střela o hmotnosti 7,5 g až 9,4 g má počáteční rychlost od 320 do 430 m/s. Maximální tlak je 260 MPa. V tabulkách mezinárodní normalizace CIP je náboj označen jako 9 mm Luger ve snaze odlišit jej od náboje 9 mm NATO (9 mm Parabellum), vyráběného v členských zemích NATO jako náboj pro služební účely. Náboj je nejrozšířenějším druhem pistolového náboje na světě, ale v poslední době je mu vytýkán ze strany zbraňových odborníků jeho poměrně nízký zastavovací účinek. Taktéž není vyhovující jeho průbojnost s ohledem na současný vývoj balistických ochran jednotlivce. Je snaha v průběhu několika let nahradit tento náboj pro služební účely některým z moderních nábojů z řady PDW (Personal Defense Weapon - Osobní obranná zbraň).

## 4.2 Palcové ráže pistolového střeliva

### 4.2.1 .22 Long Rifle

Některá synonyma: 22 lang für Büchsen; 22 LR



Obr. 22. Malorážkový náboj ráže .22 LR. [12]

Tento náboj navrhla a zkonstruovala v roce 1887 US firma J. Stevens Arms and Tool Company na základě nedostatečného balistického výkonu v té době užívaných nábojů .22 Short a .22 Long. Při jeho konstrukci byla použita nábojnice staršího náboje .22 Long naplněná 0,32 g černého prachu a osazena olověnou střelou o hmotnosti 2,59 g. Tato byla převzata z existujícího náboje .22 Extra Long. Pro jeho vynikající balistické vlastnosti mu všichni významní výrobci střeliva věnovali pozornost a byl neustále zdokonalován. Černý prach byl postupem času nahrazen polodýmny a bezdýmny prachy. Střely se používaly



různých tvarů, hmotností a složení olova. V roce 1927 začala společnost Remington používat k výrobě nábojů třaskavou slož, která nezpůsobovala korozi a erozi hlavně. Tento náboj je dnes nejrozšířenějším nábojem na světě. Celková roční produkce se pohybuje v miliardách kusů. Je velmi populární mezi sportovními a rekreačními střelci. Používá se také k loveckým účelům. Jako služební je využíván pro jeho výbornou přesnost a podzvukovou rychlost. Je zařazen v arzenálech zvláštních sil armády a policie. Běžně produkováný současný náboj má mosaznou nábojnici válcového tvaru vyrobenou tažením z vylisku, zápalková slož je vetřena do dna nábojnice, střelný prach je bezdýmný a používají se olovené střely o hmotnosti od 1,87 g do 3,89 g. Standardní hmotnost střely je 2,6 g. Počáteční rychlost střely je u standardního náboje cca 300 m/s, u náboje s vysokou počáteční rychlostí označených jako Hyper Velocity cca 430 m/s.

#### 4.2.2 .40 Smith&Wesson

Některá synonyma: 40 Auto; 40 S&W; 40 Winchester; 10 mm Short



*Obr. 23. Pistolový náboj ráže .40 S&W. [12]*

Náboj .40 S&W byl přepracován z velmi výkonného náboje 10 mm Auto. Tento byl používán FBI, ale ukázalo se, že je pro některé agenty příliš silný a v rychlé střelbě nedostatečně přesný vzhledem k velkému zpětnému rázu při výstřelu. Byl představen 17. ledna 1990 firmou Smith & Wesson na výstavě zbraní Shot Show v Las Vegas. Tento náboj je jakýmsi kompromisem mezi dnes již výkonově nedostačujícím nábojem 9 mm Luger a nábojem .45 ACP, který zase pro svoji velikost neumožňuje velkou kapacitu zásobníku. Při střelbě je dosaženo větší kontrolovatelnosti zbraně. Byl příznivě přijat v USA a je používán jak pro obrannou, tak i sportovní střelbu. Také vzhledem k většímu průměru střely předá při zásahu cíle více energie a tím dosahuje většího zastavovacího účinku ve srovnání s nábojem 9 mm Luger. Střely se laborují shodně jako u ráže 10 mm Auto.

Nejčastěji používané hmotnosti střel jsou v rozmezí od 9,90 g do 11,50 g. Střely mají různou konstrukci. Průměrná úst'ová rychlost je 340 m/s a průměrná úst'ová energie 550 J. Maximální tlak je 225 MPa. V roce 1995 začala sériově tento náboj vyrábět i firma Sellier & Bellot Vlašim.

#### 4.2.3 .45 ACP

Některá synonyma: 45 Auto; DWM 513 A; 45 Ball M. 1911; 45 SUPER; 45 Automatic Pistol; 45 Automatic Colt; 45 Colt Automatic; 450 Automatic; 45 Auto Colt M. 1911.



*Obr. 24. Pistolový náboj ráže .45 ACP. [12]*

Náboj ráže .45 ACP je jedním z nejznámějších a taky nejslavnějších nábojů vůbec. Byl představen a uveden na trh v roce 1905 společně s pistolí New Colt Automatic Pistol, Model 1905. V roce 1911 byl tento náboj zaveden jako standardní pistolový a později i samopalový náboj v USA. V ozbrojených složkách se udržel až do 80. let dvacátého století, kdy byl nahrazen nábojem 9 mm Luger z důvodu sjednocení ráží NATO. Nábojnice byla vyráběna z rozličných materiálů a to z mosazi, poniklované mosazi, z lakované oceli, pomosazené oceli, poměděné oceli, pozinkované oceli a ze slitin hliníku. Střely se laborují nejrůznějšího provedení v hmotnostech od 11,90 g do 14,90 g. Značnou předností je jeho podzvuková rychlost, při které si zachovává díky vyšší hmotnosti střely svoji vynikající zastavovací schopnost. Se střelou o hmotnosti 14,9 g má úst'ovou rychlost 260 m/s a energii 504 J. Maximální tlak je 140 MPa. Při střelbě má přijatelný zdvih, zpětný ráz a nízký světelný záblesk při výstřelu. Vzhledem k nízké úst'ové rychlosti není vhodný proti balistické ochraně

jednotlivce. Další nevýhodou vzhledem k jeho velikosti jsou vyšší výrobní náklady a nízká kapacita zásobníku pistole.

### 4.3 Metrické ráže puškového střeliva

#### 4.3.1 9,3 x 74 R

Některá synonyma: DWM 474 A; Express - Patrone 93/74 mit Rand; 9,3 x 74 R Magnum Mauser.



*Obr. 25. Puškový náboj ráže 9,3 x 74 R. [12]*

Jedná se o populární německý lovecký kulový náboj, který vznikl v prvním desetiletí 20-tého století. Je podobný anglickému náboji 400/360 Nitro Express, kdy přítomnost tohoto náboje na německém trhu ovlivnila vznik náboje 9,3 x 74 R. Postupem času se náboj stal jedním z nejoblíbenějších středoevropských nábojů pro lov vysoké zvěře. Patří mezi nejvýkonnější náboje s okrajovou nábojnicí. Zbraně pro tento náboj jsou v současné době vyráběny například firmami Blaser, Ferlach, Zbrojovka Brno aj. Taktéž je zastoupen ve výrobním programu většiny evropských výrobců střeliva. Firma RWS ho osazuje pěti druhy střel v rozmezí hmotnosti od 16,00 g do 19,00 g. Náboj se střelou o hmotnosti 19,00 g má počáteční rychlost 695 m/s.

#### 4.3.2 7 mm Remington Magnum



*Obr. 26. Puškový náboj ráže 7 mm Remington Magnum. [12]*

Jedná se o americký lovecký náboj s nábojnicí opatřenou nákrůžkem. Byl zavedený firmou Remington v roce 1962 pro kulovnici s válcovým závěrem model 700. Je odvozen od staršího britského náboje .275 Belted Nitro Express a podnětem pro jeho konstrukci byl úspěch konkurenčního náboje od firmy Winchester - .264 Winchester Magnum. S tímto nábojem má podobné rozměry s výjimkou průměru krčku a střely. Je to první Remingtonův náboj, který má číselné označení ráže v metrickém systému. Používá se pro lov na větší vzdálenosti. Laboruje se střelami o hmotnosti od 6,50 g do 11,50 g. Se střelou o hmotnosti 10,24 g dosahuje počáteční rychlosti 935 m/s.

### 4.3.3 6,5 x 55 SE

Některá synonyma: DWM 431; 6,5 mm Krag norský m.94; 6,5 mm Mauser, 6,5 mm Patrone 152; 6,5 x 55 švédský; 6,5 mm norský M. 1910



*Obr. 27. Puškový náboj ráže 6,5 x 55 SE. [12]*

Jedná se o vojenský náboj vyvinutý Mauserem, který vznikl z původního náboje 7 x 57. Byl zaveden ve Švédsku v roce 1894 pro pušku model 94, později pro modely 96 a 98. Ve stejném roce jej přijalo Norsko pro pušku Krag-Jorgensen a následně byl přijat jako služební náboj i Dánskem a Lucemburskem. Původní střela tohoto náboje byla oblá, později byla užívána střela špičatá. Náboj je dosud užíván jako lovecký a sportovní náboj v Evropě i v USA. Má velmi dobrou pověst jako terčový náboj. Původně vojenský náboj se střelou o hmotnosti 8,90 g má počáteční rychlost 795 m/s, v současnosti náboj pro lovecké účely, vyráběný firmou Norma, se střelou typu soft point o hmotnosti 9,00 g má počáteční rychlost 870 m.

## 4.4 Palcové ráže puškového střeliva

### 4.4.1 .308 Winchester

Některá synonyma: T-65; 30 NATO; 7,62 M. 59; 7,62 mm NATO; 7,62 x 51 mm



*Obr. 28. Puškový náboj ráže .308 Winchester. [12]*

Náboj byl představen v září roku 1952 firmou Winchester jako sportovní. Vznikl z náboje 30 - 06 Springfield a nesl označení ráže 308 Winchester. Kombinací nábojnice tohoto náboje se střelou vyvinutou belgickou firmou FN vznikl náboj 7,62 mm NATO, který byl v roce 1954 přijat do výzbroje tohoto paktu. Je zaveden do výzbroje ve více než třiceti armádách světa. Vyrábí se ve všech obvyklých vojenských provedeních. Osazen střelou o hmotnosti od 9,00 g do 9,70 g má počáteční rychlost v rozmezí 800 - 850 m/s. Souběžně s vojenským využitím se náboj .308 Winchester stal také oblíbeným loveckým a sportovním nábojem. Významnější výrobci kulovnic mají v nabídce model opatřený komorou na tento náboj. V důsledku toho je náboj rozšířen pro lov střední až těžší zvěře v celém světě. Pro toto využití je náboj laborován střelou o hmotnosti od 7,10 g do 13 g. Střely o hmotnosti 11,65 g mají počáteční rychlost pohybující se kolem hranice 750 m/s. Náboj je také velmi přesný a jsou pro něj vyráběny terčovnice používající se na terčovou střelbu.

### 4.4.2 .223 Remington

Některá synonyma: .223 Armalite; 5,56 Ball M 193; 5,56 mm M16 F1, 5,56 x 45 NATO; 5,56 mm NATO; 5,56 mm Patrone/Stg 77



*Obr. 29. Puškový náboj ráže .223 Remington. [12]*

Náboj .223 Remington vznikl v roce 1957 jako zkušební náboj pro nově vyvíjenou útočnou pušku Armalite AR-15. Konstruktérem náboje byl R. Hutton a konstruktérem pušky E. M. Stoner. Na základě pozitivních zkoušek byla v roce 1964 tato zbraň pod označením M 16 společně i s nábojem označeným 5,56 x 45 zavedena do výzbroje U. S. armády. Na základě zkušeností z vietnamské války byl náboj nadále zdokonalován. Nejlepšího úspěchu dosáhla belgická firma FN, která navrhla novou střelu. U této bylo dosaženo při zachování ranivosti podstatně vyšší průbojnosti. Náboje 5,56 x 45 NATO se začaly od roku 1980 vyrábět se střelou o hmotnosti 4,00 g označenou SS 109. Střela má tombakový plášť a kombinované ocelové a olovené jádro. Nábojnice je převážně vyrobena ze slitiny CuZn, ale vyskytuje se i ocelové, případně hliníkové provedení. Cvičné náboje mají převážně nábojnici plastovou. Náboj ve vojenském provedení je vyráběn ve všech obvyklých verzích pro vojenský náboj. Vzhledem k malé velikosti střely nejsou známy laborace například s výbušnou střelou, nebo v kombinaci průbojně zápalná – svítící střela, tak jak ji známe u náboje ráže 7,62 x 39 mm. Firma Remington krátce po vojenském přijetí tohoto náboje, náboj uvedla na trh i pro komerční využití. Nový náboj byl pozitivně přijat mezi sportovními střelci i lovci. Dosáhl značné popularity a postupně vytlačuje z trhu náboj .222 Remington a .222 Remington Magnum, i když jeho výkon a balistické vlastnosti se velmi podobají náboji .222 Remington Magnum. Hodnoty počáteční rychlosti střely o hmotnosti 3,60 g se pohybují v hodnotách kolem 1000 m/s.

#### 4.4.3 .338 Lapua Magnum

Některá synonyma: 8,58 x 71; 8,6 x 71 Sniper



Obr. 30. Puškový náboj ráže .338 Lapua Magnum. [12]

V roce 1983 zahájila americká firma Research Armament Co. vývoj nového náboje pro střelbu na velké vzdálenosti určeného pro odstřelovací pušky. Náboj vychází z nábojnice .416 Rigby, jejíž krček je stažen na průměr střely 8,61 mm. V roce 1986 upoutal náboj pozornost tím, že při střeleckém mistrovství na velké vzdálenosti ve Virginii s ním bylo dosaženo vítězství při střelbě na vzdálenost 1000 m. Náboj má mimořádně příznivě vyřešenou vnitřní a vnější balistiku a díky tomu je mimořádně přesný. Zbraně s komorou tohoto náboje musí odolávat vysokému tlaku při výstřelu. Firma Lapua opatřila náboj celoplášťovou, biogivální střelou B-408, která na 1000 m dosahuje rozptyl kolem 130 mm. Tato střela o hmotnosti 16,20 g má počáteční rychlost 900 m/s a používá se pro sportovní střelbu. Pro lovecké účely se používá poloplášťová střela o stejné hmotnosti s počáteční rychlostí 870 m/s. [1; 3; 4]

## 5 STŘELIVO VYROBENÉ Z PLASTU

Snaha nahrazovat kovové a jiné materiály plasty, lze vysledovat až do doby, kdy se plasty začaly používat. V konstrukci zbraní už mají plasty své pevné a nepostradatelné místo. Na druhé straně střelivo je dnes vyráběno v převážné míře z mosazi, oceli a jiných kovů. Snaha nahradit tyto materiály plasty u ostrých nábojů je výjimečná a úspěchy jsou zatím skrovné. Jeden z mála typů střeliva, u kterého je nábojnice částečně vyrobena z plastu, je střelivo brokové. U tohoto byla původní papírová nábojnice nahrazena právě plastem a náboje s klasickým papírovým toulcem jsou v dnešní době k dostání spíše výjimečně, možná jen jako určitá exkluzivita. Plastem se někdy potahují kovové, zejména ocelové nábojnice kulových nábojů.

### 5.1 Kulové náboje s plastovou nábojnicí - historie

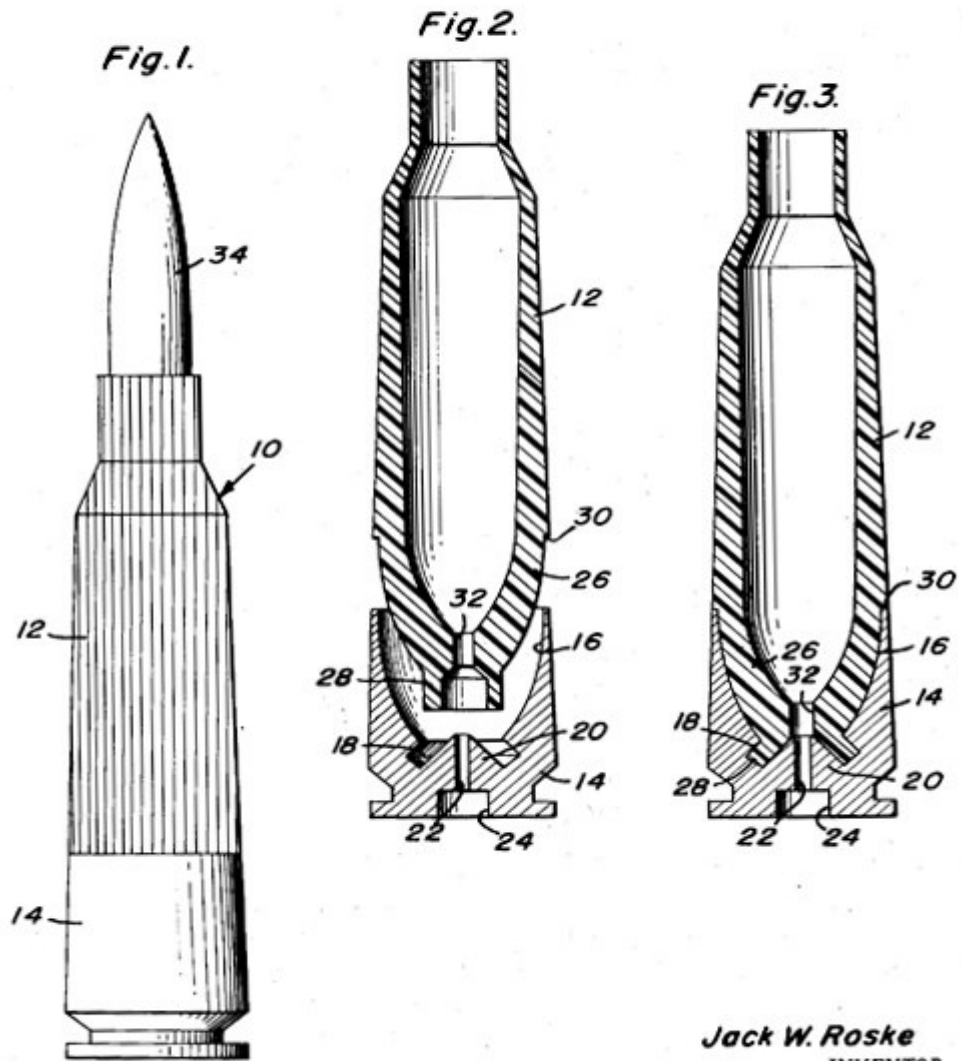
Nábojnice kulových nábojů vyrobené z větší míry z plastu jsou ve fázi vývoje a experimentů už od 50 let minulého století. Dne 26. prosince 1950 byl udělen patent č. US2654319 A vynálezci Jacku W. Roskemu. Předmětem patentu je návrh nových a vylepšených vlastností nábojnice vyrobené z plastu. Nábojnice je opatřena kovovým dnem, které mělo fungovat jako těsnění proti zpět unikajícím plynům vzniklým při výstřelu, což zabraňuje případnému poškození zbraně a zranění střelce. Kovové dno bylo v plastovém plášti mimo jiné i fixováno pomocí lepidla, které mělo zabránit vnikání vlhkosti. Výhody tohoto vynálezu byly spatřovány ve snížení hmotnosti náboje oproti dosud používaným materiálům při výrobě jako měď, mosaz a zinek a to zejména u větších ráží např. pro kulomety v letadlech, kde hmotnost střeliva hraje podstatnou roli. Další výhoda spočívala v barevném označení plastových nábojnic podle typu osazené střely. Tím by se eliminovala potřeba malování špičky projektilu. [13]



Oct. 6, 1953

J. W. ROSKE  
SECTIONAL CARTRIDGE  
Filed Dec. 26, 1950

2,654,319



Jack W. Roske  
INVENTOR.

BY *Alma A. O'Brien*  
*and Harvey B. Jackson*  
Attorneys

Obr. 31. Náboj s plastovou nábojnicí dle návrhu Jacka W. Roskeho. [13]

## 5.2 Náboje s plastovou nábojnicí firmy PCP

Před pár lety byly uvedeny na trh kulové náboje s plastovou nábojnicí americkou firmou PCP Ammunition se sídlem ve městě Vero Beach na Floridě, USA. Zatím jsou vyráběny v rážích .308 Winchester / 7,62 x 51 mm NATO; .223 Remington / 5,56 x 45 mm NATO a .300 Remington Magnum. Pistolové střelivo v nabídce této firmy není. Náboj ráže .308 Winchester je osazen celoplášťovou střelou o hmotnosti 168 grs (11 g) Sierra Match King HPBT. Samotná nábojnice je kompozitní: krček a plášť jsou vyrobeny ze dvou různých druhů plastu a dno nábojnice je vyrobeno z oceli s povrchovou úpravou fosfátováním. Hmotnost samotné nábojnice je o 50 % nižší v porovnání s mosaznou, což snižuje celkovou hmotnost náboje asi o 30 %. Samotná výroba nábojnice je levnější a plast recyklovatelný.

Střelivo s plastovou nábojnicí je odlišné i z pohledu vnitřní balistiky při samotném výstřelu. Prostor uvnitř plastové nábojnice je menší než u mosazné, protože stěny plastové nábojnice musí být silnější. Výhodou je, že tloušťkou stěny je možno přesně definovat vnitřní spalovací prostor. Na druhé straně plast vede teplo podstatně hůře než mosaz, nábojnice při výstřelu izoluje teplo vzniklé při hoření střelného prachu od nábojové komory a izoluje teplo do takové míry, že při provádění testů byla nábojová komora po vystřelení pásu o 360 nábojích z kulometu tak studená, že se do ní dalo sáhnout prstem. Taková izolace znamená pravidelnější zážeh prachové náplně a díky menším tepelným ztrátám také mírné zvýšení výkonu náboje. Nejvyšší pracovní tlak v nábojnici 308 Winchester je přibližně 400 MPa (56000 PSI), což dává střele počáteční rychlost 810 m/s a energii 3565 J. Střely při výrobě není potřeba do plastového hrdla nábojnice usazovat pomocí, čímž se minimalizuje riziko jejich deformace a tím také snížení přesnosti. Plast je také více tažný než mosaz, což znamená lepší utěsnění nábojové komory proti zpětnému úniku plynů vzniklých po výstřelu. Při zkoušení střeliva PCP ráže .308 Win. v opakovací kulovnici Remington 700 se ukázalo, že použité nábojnice měly zřetelně olámané ústí, což bylo zřejmě způsobeno nárazem ústí nábojnice do stěny pouzdra závěru při vytahování, neboť poškození na všech použitých nábojnicích bylo identické. Takhle poškozené nábojnice již není možno opětovně použít při přebíjení. [14]



Obr. 32. Opakovací kulovnice Remington 700, test střeliva PCP ráže .308W. [15]



Obr. 33. Olámané ústí nábojnic PCP po výstřelu z opakovací kulovnice. [15]

Při jednom z dalších testů v samonabíjecích zbraních se vyskytl mnohem závažnější problém. U americké verze pušky HK G3 došlo při prvním výstřelu k explozi všech nábojů v zásobníku. Došlo k destrukci dna zásobníku, ale ke zranění střelce nedošlo. Jako možná příčina bylo stanoveno, že prasknutí nábojnice při výstřelu napomohly Ravelliho drážky v nábojové komoře. Střelec poté pokračoval testem střeliva v belgické pušce FN-FAL, která Ravelliho drážky nemá. I přesto se vzápětí problém opakovával. Nábojnice se sice neprotrhla podélně jako v prvním případě, ale příčně a následně došlo opětovně k explozi všech zbylých nábojů v zásobníku.



*Obr. 34. Důsledek exploze nábojů v zásobníku a příčně roztržená nábojnice. [10]*

Jednalo se o ojedinělou příhodu, protože od té doby byly náboje PCP mnohokrát testovány v samonabíjecích i automatických zbraních bez podobných demoličních následků, takže se pravděpodobně jednalo o jednu zmetkovou sérii. Nicméně dle názoru výrobce je střelivo PCP bezpečné a munice s plastovou nábojnicí představuje budoucnost pro malé vojenské zbraně. [10; 14]



*Obr. 35. Náboj ráže .308 Win, klasické provedení a náboj s plastovou nábojnicí PCP. [15]*

### 5.3 Náboje s plastovou nábojnicí firmy Picatinny Arsenal

Picatinny Arsenal je americká společnost zabývající se zbraněmi a střelivem. Byla založena roku 1880 jako Picatinny Powder Depot. Během druhé světové války byl Picatinny významným velkokapacitním výrobním zařízením s 18 000 zaměstnanci. Výroba probíhala na 3 směny. V dnešní době své produkty a služby poskytuje všem pobočkám americké armády. Je předním národním a mezinárodním lídrem v oblasti podpory výzkumu, vývoje, inženýrství a výroby moderních zbrojních systémů. Velké množství nových zbraní, střeliva a pomocných zařízení, které bylo vyrobeno a poskytlo americkým silám nejmodernější schopnosti pro zvýšení efektivity na bojišti je dílem inženýrů této společnosti. Picatinny používá unikátní laboratoře a speciální zařízení k vyhodnocení prototypových návrhů, čímž se snižuje doba vývoje produktů. Tato zařízení jsou k dispozici také dodavatelům a dalším vládním agenturám.

Lehčí střelivo se hodí hlavně vojákům. S tímto také počítá vývojový program společnosti, který vyvíjí svůj vlastní koncept plastové nábojnice. Ta je nejen celá z plastu, nemá kovové části kromě zápalky, ale navíc využívá konceptu teleskopického náboje. To znamená, že střela není umístěna v hrdle nábojnice, ale je zasunuta uvnitř, takže téměř sedí na zápalce. Střelný prach je umístěn kolem střely. Při samotném výstřelu zápalka vysune střelu dopředu, čímž dojde k jejímu vysunutí z nábojnice a zároveň zapálí střelný prach. Toto provedení snižuje hmotnost náboje, kdy náboj ráže .223/5,56 mm váží jen 8,3 g oproti 13 g standardního náboje stejné ráže. Kromě toho svoji konstrukcí snižuje objem náboje o 12 %, takže zásobník standardní velikosti pojme více nábojů a je zároveň i lehčí. Další úspory hmotnosti lze dosáhnout použitím plastových článků nábojového pásu, jejichž hmotnost je oproti ocelovým čtvrtinová. Pro náboj, který má odlišný tvar byla zkonstruována zbraň - lehký kulomet se zcela novým mechanismem, který umožnil použití válcové nábojnice bez okraje a který se vzdáleně podobá revolveru. Nábojová komora kulometu je výklopná do strany. Po jejím vyklopení podavač do ní vsune náboj a komora se opět zaklopí do osy hlavně. Po výstřelu se proces opakuje. Prázdné nábojnice jsou při nabíjení z nábojové komory vystrkovány dopředu těmi plnými. Tento systém vypadal slibně, ale načas upadl v zapomnění. V roce 2011 společnost Picatinny Arsenal předala americké armádě k otestování dvě zbraně a 50000 kusů střeliva. Přesné výsledky nejsou známy, ale americká armáda ukončila finanční podporu tohoto projektu. V květnu roku 2014 byla ale opět uzavřena nová smlouva v hodnotě 5,7 mil. USD, jejímž předmětem je i další vývoj této zbraně a střeliva. Zdá se tedy, že plastové nábojnice by znovu mohli mít šanci. [10; 16]



*Obr. 36. Střelivo Picatinny - plastová nábojnice i nábojový pás. [10]*



*Obr. 37. Řez nábojem Picatinny. [10]*

#### 5.4 Náboje s plastovou nábojnicí firmy Engel Ballistic Research

Společnost Engel Ballistic Research neustále hledá nové způsoby, jak zlepšit tradiční náboj, který známe ve stejné podobě již více než 120 let. Toto bylo dosaženo zaváděním plastových nábojnic pro puškové náboje středního výkonu. Střelivo s plastovou nábojnicí je velmi podobné tradičnímu mosaznému střelivu, s výjimkou, že téměř 75% mosazi je nahrazeno vojensky schváleným druhem plastu. Společnost Engel Ballistic Research se spojila se skutečnými profesionály v polymerním průmyslu, aby přivedla na trh komerčně využitelné plastové střelivo. Tisíce hodin výzkumu a vývoje vyústily ke vzniku plastové nábojnice, která bezpečně a spolehlivě odolá extrémním podmínkám vznikajícím při samotném výstřelu.



Obr. 38. Náboj ráže .308 Win, kombinace plastové a kovové nábojnice. [18]

Předností plastové nábojnice je především nižší hmotnost. Náboj byl původně vyvinut pro vojenské použití, kde se snižuje hmotnost střeliva do helikoptér, letadel, lodí, pozemních vozidel a také vojáci mohou mít sebou více střeliva nebo jiného životně důležitého vybavení. Plastové nábojnice jsou v průměru o 35% lehčí než jejich mosazné protějšky.

Snížování hmotnosti je však jen začátek. Plast působí jako izolátor a hořící hnací plyn nepřenáší teplo přes stěnu nábojnice do nábojové komory stejně jako je tomu u nábojnice mosazné. To umožňuje, aby nábojová komora (nikoliv hlaveň) palné zbraně zůstala na dotek chladná a prodloužila životnost zbraně. Z toho také plyne, že je méně pravděpodobné, aby se střelec náhodou spálil o horké nábojnice vystřelené ze zbraně, jak je to možné u nábojnic mosazných. Plastové nábojnice jsou na dotek po výstřelu relativně chladné. Střelivo s plastovou nábojnicí se také ukázalo být přesnější. To je způsobeno skutečností, že výrobní proces a tolerance jsou mnohem vyrovnanější než výrobní postup tradičního mosazného vytlačování. Přesněji definovaný vnitřní spalovací prostor vede k rovnoměrnému spalování střelného prachu, tím vzniká konzistentní tlak a v důsledku se to projeví na vyšší přesnosti náboje.



Obr. 39. Střelivo ráže 7,62 x 51 mm spřažené v pásu. [17]



Společnost Engel Ballistic Research má tradici ve výrobě podzvukového střeliva, které nastavují limity přesnosti. Díky propojení metod tvorby přesného podzvukového střeliva a schopnosti využívat plastové nábojnice vyrábí jedny z nejpřesnějších podzvukových nábojů vůbec. Důvodem je především schopnost měnit vnitřní objem plastových plášťů nábojnice. Mosazné nábojnice mají pevně danou tloušťku stěny a tím uvnitř vzniká velké množství mrtvého prostoru (obzvláště u větších ráží jako .308 Win, .300 Win Mag, .338 Lapua a .50 BMG). To může vést k nekonzistentnímu hoření, různým tlakům a nepřesnostem. Ale s plastovými nábojnicemi můžeme přesně definovat vnitřní objem, což umožňuje konzistentnější hoření, což má za následek menší standardní odchylky v tlaku a rychlosti projektilu a větší přesnost v cíli, při lovu nebo během vojenské operace. [17]

## 5.5 Náboje firmy PolyCase Ammunition

Nízká hmotnost plastů, která je předností u nábojnic, se u střel mění v nevýhodu. Snižuje dopadovou energii, vlastní dostřel i účinek v cíli. Z toho důvodu se plastové střely v současné době používají spíše u výcvikového střeliva, nebo u střeliva, kde nejsou žádoucí smrtící účinky.

Nicméně první krůčky k plastovým střelám byly učiněny v roce 2013, když malá americká munička PolyCase Ammunition se sídlem v Savannah (Georgia) začala vyrábět vlastní střely technologií tlakového vstřikování ze směsi 90 % měděného prášku a 10 % nylonu, který slouží jako pojivo. Výsledkem je střela, která je o 30 % lehčí než olověná, ale má už dostatečnou hmotnost na běžné použití. Materiál vzhledově vypadá zvláště, nepodobá se ani kovu, ani plastu. Nižší hmotnost střely je u tohoto střeliva kompenzována vyšší rychlostí. U střeliva ráže 9 mm Luger je hmotnost střely jen 5,5 g (oproti běžné 7,5 g - 9,4 g), ale dosahuje rychlosti 425 m/s, což znamená energii 495 J. Jedna z výhod technologie vstřikování je, že střela může mít téměř jakýkoli tvar, který by tradičním obráběním nebo lisováním šel obtížně vyrobit. Střely PolyCase jsou v přední části opatřeny třemi šroubovými zářezy, díky kterým se po zásahu cíle převrhne a na cestě cílem se otáčí, čímž vytváří široký střelný kanál o hloubce 300 - 350 mm. To platí pouze pro měkké cíle, při zásahu tvrdé překážky jako je například zeď, nebo ocelový plech se rozpadne na několik částí, což snižuje riziko průstřelů a odrazů.

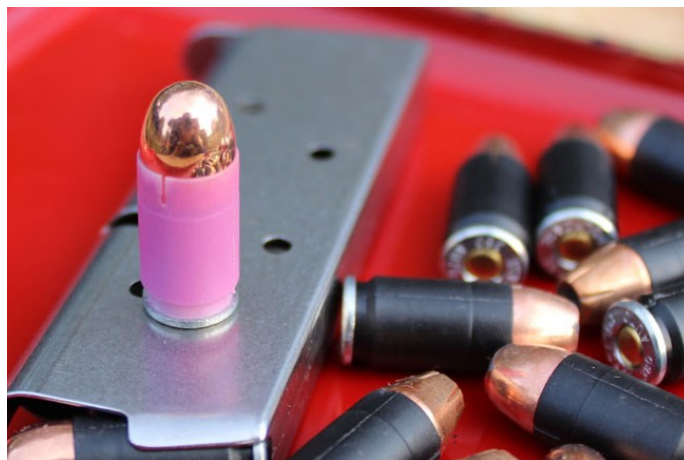
Střely z různých prášků, kde jako pojivo slouží polymer, nejsou žádnou novinkou, jsou vyráběny již řadu let pro cvičnou střelbu, zejména na uzavřených střelnicích. Firma

PolyCase je však zdokonalila na vyšší úroveň s možností praktického využití i k ostré, bojové střelbě. Tyto střely, označené jako ARX, vynikají i svojí přesností, což je dáno jejich vyšší rychlostí a větší přesností výrobního procesu vstřikováním. [18]



*Obr. 40. Náboj PolyCase se střelou typu ARX vyrobenou technologií vstřikováním. [19]*

Společnost PolyCase Ammunition kromě střel mimo jiné vyvíjí pistolové a puškové nábojnice RNP/PCA vyrobené z plastu, které jsou opatřeny kovovým dnem. Nábojnice vyhovují standardům SAAMI, jsou však lehčí, mají menší povrchové tření a údajně dle tvrzení firmy snižují zpětný ráz. Jejich funkčnost má být zajištěna ve všech typech samonabíjecích i automatických zbraní. [10]



*Obr. 41. Náboj PolyCase s plastovou nábojnicí. [10]*

## 6 BALISTICKÉ VLASTNOSTI NÁBOJŮ

### 6.1 Balistický koeficient střely

Označuje se zkratkou BC. Je charakterizován letovými vlastnostmi střely v atmosféře a komplexně vyjadřuje vliv konstrukčních charakteristik střely (vnější tvar, ráži, hmotnost). Tyto vlastnosti mají vliv na velikost odporu vzduchu, který na střelu působí za letu. Balistický koeficient je údaj vyjadřující schopnost střely překonávat odpor vzduchu. Lepší letové vlastnosti a větší dostřel mají za podobných podmínek střely s nižší hodnotou balistického výkonu. Hodnoty balistického výkonu pro stejnou střelu se mohou lišit. Je to důsledkem toho, že hodnota mimo jiné závisí na vlastnostech vzduchu (například hustotě) a také na tom, při jakých rychlostech byl balistický koeficient stanovován. V současnosti se používají nejčastěji 3 rozdílné balistické koeficienty s mírnou odlišností jejich charakteristik a výpočtu.

Balistický koeficient dle standardu:

- G1 - nejrozšířenější BC, používaný v zemích NATO. Používá ho pro hodnocení svých střel většina světových výrobců střeliva. Platí, že pokud není v katalogu střel uvedeno jinak, jedná se vždy o BC podle funkce G1. Tento BC je v první řadě závislý na rychlosti, kterou se střela pohybuje a na jejím poklesu.
- G7 - novější BC, používá se pro hodnocení moderních typů střel určených ke střelbě na dlouhé vzdálenosti. Není zde počítáno se závislostí na rychlosti střely na rozdíl od standardu G1, který vykazuje velké odchylky od skutečnosti u moderních typů biogiválních střel používaných k tomuto typu střelby. Proto se za těchto podmínek standard G1 nepoužívá. Standard G7 vychází z údajů měření Dopplerovým radarem.
- ZOV 1943 - BC podle ruské armádní metodiky z roku 1943 v minulosti používaný v zemích Varšavské smlouvy. V současnosti je na ústupu.

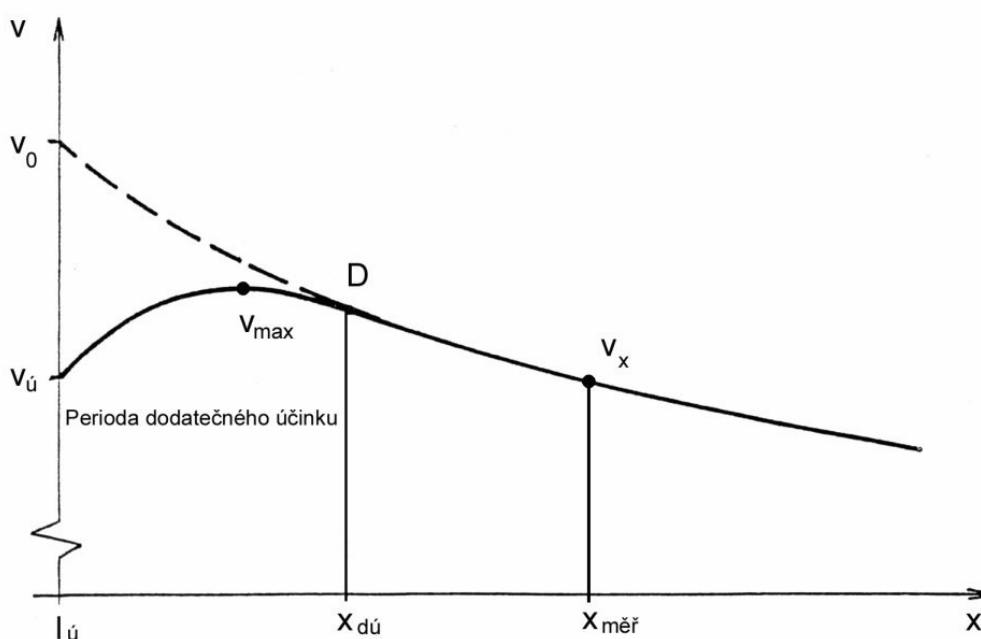
### 6.2 Průřezové zatížení střely

Je důležitou balistickou charakteristikou střely. Uplatňuje se ve všech částech balistiky (vnitřní, vnější i koncové). Můžeme jej definovat jako poměr hmotnosti střely a plochy jejího příčného průřezu. Za plochu střely ve vnější balistice považujeme její odporovou plochu. Pokud uvažujeme o ideálním obtékání střely s nulovým úhlem náběhu, bude se plocha příčného průřezu střely rovnat ploše kruhu, který je roven průměru její ráže. Lepší

výsledky z hlediska letových vlastností a účinku střely v cíli mají střely, které mají vyšší průřezové zatížení, protože u nich dochází k menšímu úbytku energie. Toto průřezové zatížení ovšem nezahrnuje samotný tvar střely.

### 6.3 Počáteční rychlost střely

Je smluvní (myšlená) rychlost postupného pohybu střely na ústí hlavně, kterou by musela střela mít při zanedbání dodatečného účinku prachových plynů, aby její průběh rychlosti za pásmem dodatečného účinku byl stejný jako u reálné střely, která opustila hlaveň skutečnou rychlostí a byla urychlena prachovými plyny. Není totožná s úst'ovou rychlostí a získává se extrapolací (čárkovaná křivka) z hodnoty, kterou známe z výpočtu ve vzdálenosti, kde již nepůsobí dodatečné účinky prachových plynů (obr. č. 42). Velikost pásma dodatečného účinku prachových plynů, tj. vzdálenost od ústí hlavně, na níž dodatečný účinek prachových plynů odezní, je přímo úměrná ráži střely a poměru hmotnosti prachové náplně k hmotnosti střely. V praxi dosahuje u běžných typů střeliva hodnot několika jednotek až desítek ráží střely. Nárůst rychlosti střely v pásmu dodatečného účinku je několik procent úst'ové rychlosti střely. Nejpoužívanějším způsobem je měření doby letu mezi dvěma blízkými body na její dráze. Počáteční rychlost střely je důležitá pro výpočet balistického výkonu.



Obr. 42. Průběh rychlosti postupného pohybu střely po opuštění hlavně. [2]

*D - bod odeznění dodatečného účinku prachových plynů,  $v_u$  - úst'ová rychlost střely,  
 $v_0$  - počáteční rychlost střely,  $x$  - dráha střely po opuštění hlavně,  $x_{du}$  - dráha střely do  
bodu D,  $v_x$  - rychlost střely ve vzdálenosti  $x$ ,  $x_{měř}$  - bod měření na dráze střely v závislosti  
bodu  $v_x$*

#### **6.4 Balistický výkon**

Balistický výkon náboje je určen počáteční kinetickou energií střely. Jeho hodnotu ovlivňuje kromě dostřelu a účinku střely v cíli i chování zbraně při výstřelu (zpětný ráz a jevy doprovázející výstřel jako jsou hluk, nebo záblesk). Střelivo rozdělujeme podle balistického výkonu na střelivo nízkého, středního, nebo vysokého výkonu. U střeliva nízkého balistického výkonu kinetická energie střely dosahuje na ústí hlavně hodnot do 600 J, u středního od 600 J do 2000 J a u střeliva vysokého balistického výkonu je tato hodnota vyšší než 2000 J. [2; 8]

## 7 HODNOCENÍ BALISTICKÝCH VLASTNOSTÍ NÁBOJŮ

Při hodnocení balistických vlastností kulového střeliva se zaměřujeme především na tlak prachových plynů, rychlost střely a přesnost střelby. Balistické děje trvají velmi krátkou dobu, měřené veličiny dosahují velmi vysokých hodnot, nebo velkých rozsahů a měření probíhají za extrémních podmínek. Měření probíhají ve speciálních laboratořích, nebo na střelnicích.

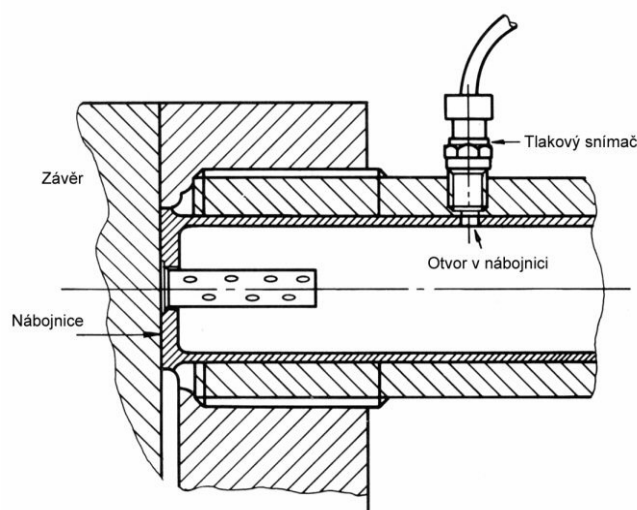
### 7.1 Základní balistická měření

#### 7.1.1 Měření tlaku prachových plynů

Měření maximálního tlaku prachových plynů, slouží pro:

- ověření bezpečnosti a funkčnosti zbraně a střeliva,
- určení maximálního zatížení dna nábojové komory a stěny hlavně,
- ověření maximálního zatížení jednotlivých částí náboje,
- pro celkovou zkoušku střeliva.

Nejběžněji používanou metodou při měření hodnoty tlaku prachových plynů u střeliva je metoda použití závitového piezoelektrického snímače. Tento je našroubován do místa nábojové komory balistické hlavně, do které se vloží náboj s vyvrtaným otvorem (obr. č. 43). Snímač je propojen do přístroje, který při výstřelu naměřený tlak vyhodnotí.



Obr. 43. Měření tlaku piezoelektrickým snímačem. [2]

### 7.1.2 Měření rychlosti střely

Měření rychlosti střely slouží pro:

- určení počáteční rychlosti  $v_0$ ,
- určení balistického koeficientu střely,
- vyhodnocení účinku střely při dopadu na cíl,
- hodnocení kvality střeliva.

Pro měření rychlosti střely jsou využívány čtyři způsoby, které můžeme z hlediska vývoje rozdělit do čtyř generací.

*První generace* pro měření rychlosti střely byla založena na principu balistického kyvadla. Střela při nárazu vychýlila zavěšenou nádobu s pískem z rovnovážné polohy do určité výšky, čímž nádoba získala určitou potenciální energii.

*Druhá generace* měření rychlosti je založena na změření doby průletu mezi dvěma kontaktními snímači s vodivou fólií, nebo systémem drátěných snímačů.

*Třetí generace* je v současnosti nejvíce využívána a je založena na principu dvou nekontaktních snímačů, kdy dobu průletu střely mezi těmito snímači změříme pomocí snímačů indukčních nebo optických. Indukční snímače reagují při průletu střely na změny magnetického pole a optické obsahující fotodiody reagující na změnu intenzity záření.

*Čtvrtá generace* je v současnosti nejvyšším stupněm, jakým lze rychlost střely měřit. Základním prvkem tohoto zařízení je úzkopásmový radiolokátor vyzařující radiové vlny směrem k letící střele a zároveň přijímá vlny, které se od střely odráží. Informaci o rychlosti přenáší rozdíl kmitočtu mezi vyslaným a přijatým signálem.

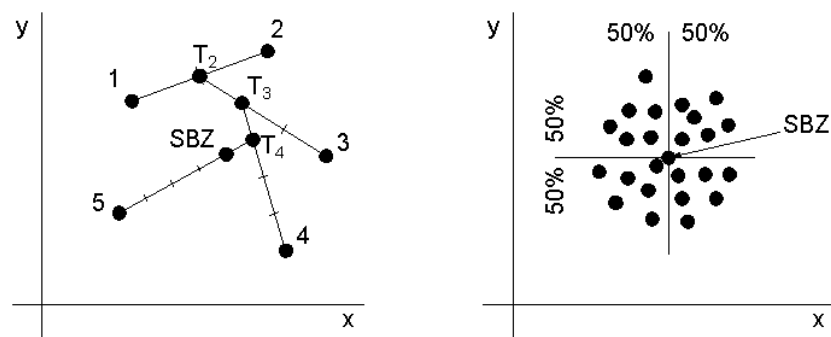
### 7.1.3 Měření přesnosti střelby

Přesnost střelby je ovlivněna několika vlivy. Ty lze rozdělit do tří základních skupin:

- vliv střelce (např. chyba v zamíření),
- vliv zbraně a střeliva (např. geometrický tvar a rozměry vývrtnu hlavně, povrchová úprava a kvalita vodící části vývrtnu, hmotnost střely, nevyváženost střely, rozměry a povrchová úprava střely),
- vliv okolního prostředí (např. směr a rychlost větru, hustota atmosféry na dráze letu střely).

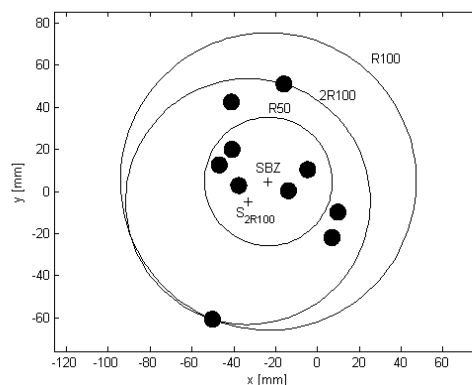
Tyto mají negativní vliv na rozptyl drah střel, který je charakterizován polohou, tvarem a velikostí obrazce rozptylu. Těžištěm obrazce rozptylu je střední bod zásahu (SBZ), který je definován jako bod, kolem něhož jsou rozptýleny jednotlivé body výstřelů provedené za

stejných podmínek. Střední bod zásahu je určen grafickou metodou, při které je vycházeno z úvahy, že tento bod je těžištěm obrazce a každý další bod v rovině cíle má shodnou váhu rovnou 1. Poté jsou vybrány další dva libovolné body a ve středu jejich spojnice je těžiště  $T_2$ . Z tohoto těžiště je vedena další spojnice k dosud nezahrnutému bodu, v jejíž  $1/3$  blíže k bodu  $T_2$  je získáno těžiště  $T_3$ . Takto se pokračuje do doby, než budou spojeny všechny body zásahu (obr. č. 44 vlevo). Další metodou (obr. č. 44 vpravo), je metoda, kdy je rozptylový obrazec rozdělen vertikální přímkou, jejíž každá polovina obsahuje 50% zásahů. Poloha průsečíku těchto dvou přímek je přibližná střednímu bodu zásahu. [4, 6]



Obr. 44. Grafické metody určení středního bodu zásahu. [2]

Pomocí grafické metody je možno určit i velikost rozptylového obrazce (obr. č. 45), který je charakterizován kružnicemi o poloměru  $R_{100}$  (poloměr je dán vzdáleností středu nejhoršího bodu zásahu od středního bodu zásahu), nebo v praxi často využívaného průměru kruhového rozptylu  $2R_{100}$  (nejmenší možný průměr kružnice, která obsahuje všech 100% bodů zásahu). Poloměr kruhového rozptylu  $R_{50}$ , je poloměr kružnice, která by měla obsahovat 50% lepších bodů zásahu kolem středu rozptylu. [2;8]



Obr. 45. Grafické metody určení velikosti rozptylového obrazce. [2]



## 8 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V zadání diplomové práce byly uvedeny následující zásady pro vypracování:

- vypracovat studii na dané téma,
- připravit zkušební vzorky pro experimentální část,
- provedení experimentu,
- vyhodnocení naměřených výsledků.

Diplomová práce ve své teoretické části shrnuje dostupné informace o současném stavu nábojů částečně vyrobených z plastu. Cílem praktické části práce je popis návrhu a výroby zkušebního náboje, který má plastovou nábojnici, odzkoušení jeho funkčních vlastností a porovnání s komerčně vyráběným nábojem s mosaznou nábojnici.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 9 VÝROBA NÁBOJNIC

### 9.1 Postup výroby mosazných nábojnic

V současné době je jako materiál pro výrobu nábojnic v největší míře zastoupena mosaz. Mosaz je slitina mědi a zinku, případně je část podílu zinku nahrazena jiným kovem (ternární mosaz). Žlutá mosaz obsahuje okolo 35% zinku. Má široké pole využití v jemné mechanice, elektrotechnice, při výrobě různého dalšího kovového zboží, v modelářství a také ve zbrojním průmyslu pro výrobu nábojnic a střel. K hlavním přednostem mosazi patří dobrá obrobitelnost, korozivzdornost (pěkný vzhled) a vodivost. Pevnost není příliš vysoká, ale pro mnoho aplikací zcela dostačující. Pro technickou praxi mají význam mosazi s obsahem mědi větším než 58 %. Slitiny s menším obsahem mědi jsou nepoužitelné pro svoji tvrdost a křehkost. Mosazi s obsahem více než 80 % mědi, se nazývají tombaky. Dodávají se jako trubky, plechy a dráty.

Základní výrobní proces mosazných nábojnic je následující:

- vylisování kalíšku z pásoviny nebo plechu,
- žíhání a jeho přeměna na 3 - 4 tahy na výtažek,
- cvikání - ustřižení výtažku na potřebnou délku,
- dulování - předlisování lůžka zápalky,
- hlavování - dokončení tvaru lůžka zápalky a dnové razidlo,
- píchání, případně vrtání zátravek,
- stažení na konečný tvar,
- soustružení drážky pro vytahovač a zkrácení na potřebnou délku,
- rážování - vytvoření přechodového kužele a krčku nábojnice (lahvovitý typ nábojnice),
- kontrola nejdůležitějších rozměrů.

Počet strojů a nástrojů při výrobě nábojnice:

Na prvním stroji probíhá výroba nábojnice z kalíšku, zde je potřeba cca 11 nástrojů dle typu nábojnice. Tím je získán polotovár, kde není vysoustružená drážka pro drápek vytahovače zbraně a přesná délka. Tento polotovár se musí odmastit, pak teprve jde do soustruhu, kde 2 soustružnické nože pracující oba najednou, nábojnici zkrátí na potřebnou délku a vysoustruží drážku. Po této operaci se nábojnice vyčistí do lesku a jdou na měřicí zařízení ke kontrole všech předepsaných rozměrů. Tyto stroje jsou nastaveny na rychlost výroby cca 120 - 130 ks nábojnic za minutu. [8]



Obr. 46. Sled operací při výrobě pistolové nábojnice. [8]



Obr. 47. Sled operací při výrobě puškové nábojnice. [8]

## 9.2 Návrh možného postupu výroby plastových nábojnic

### 9.2.1 Volba materiálu

Pro výrobu prototypové nábojnice je možno použít 3D tisk, např. ABS nebo jiné běžně dostupné plasty vhodné pro tisk. Testování koncepce nevyžaduje přílišné nároky v porovnání se sériovou výrobou.

Polymer pro výrobu plastové nábojnice v sériové výrobě musí splňovat především následující kritéria: dobrou zpracovatelnost, nízkou cenu a dostatečné mechanické vlastnosti. Zpracovatelnost a cena jsou důležité pro zajištění efektivity výroby a snížení nákladů. Zvolený materiál musí mít dostatečně vysoké mechanické vlastnosti na to, aby nábojnice udržela zalisovanou střelu a zápalku a dále bylo možné nábojnici vytáhnout bez porušení z nábojové komory hlavně. Dalším neméně důležitým faktorem je odolnost vůči creepu, čímž se předejde toku materiálu. Na základě těchto parametrů lze obecně pro výrobu doporučit polyamid 6 nebo 66 plněný skelnými vlákny. Tento typ materiálů nabízí velké množství výrobců a je k dispozici v širokém portfoliu. Polyamidy plněné skelným vláknem zaručují jak nízkou cenu a zpracovatelnost, tak i dobré mechanické vlastnosti. Skelné vlákno zvyšuje odolnost vůči creepu.

### 9.2.2 Výrobní technologie

Sériová výroba plastových nábojnic bude vyžadovat, vzhledem k obvykle velkému objemu výroby střeliva, vysoce produktivní technologii. Jako nejvhodnější se nabízí výroba vstřikováním. Pro výrobu se jeví jako perspektivní několik technologických řešení.

Varianta 1:

*Dno nábojnice bude vyrobeno z mosazi (případně jiného kovu), kdy se okolo dna zastříkne plastový plášť nábojnice. U této varianty se do určité míry snižují požadavky na mechanické vlastnosti plastového pláště nábojnice, protože zápalka je zalisována v mosazném dně jako u standardního střeliva. Toto řešení také eliminuje riziko nevytažení nábojnice a destrukce dna při vytahování po výstřelu. Přínosem je možnost použít levnější plast pro plášť nábojnice, avšak nevýhodou je nutnost výroby mosazného dna, což naopak cenu navýší.*

Varianta 2:

*Použití dvoukomponentního vstřikování. Dno nábojnice je vyrobeno z plastu s dobrými mechanickými vlastnostmi a plášť je vyroben z levnějšího materiálu s nižšími mechanickými*

vlastnostmi. Vhodným výběrem plastů lze dosáhnout redukce ceny oproti použití mosazného dna a zároveň zajištění požadovaných mechanických vlastností v místech, kde je zvýšené namáhání nábojnice.

Varianta 3:

*Jednotná celoplastová nábojnice.* Kompletní nábojnice je vstříknuta z jednoho typu plastu. Tato možnost je nejvýhodnější z hlediska produktivity, ale je nutné správně zvolit typ plastu, aby vyhovoval všem požadavkům. Toto může vést k použití dražšího materiálu, avšak výrobní proces bude jednodušší, bez nutnosti řešit vkládání kovového dna do formy nebo použití dvoukomponentního vstříkávání.

Produkce pomocí jiných technologií je možná, ale kombinace požadavků na použitý materiál a produktivitu výrobu vede k závěru, že vstříkávání je nejvhodnější volbou pro sériovou výrobu plastových nábojnic.

### 9.2.3 Ekologické zhodnocení

Recyklace plastových nábojnic je možná, ve stejné míře jako u ostatních polymerních materiálů. Opakovaným zpracováním polymerů dochází k poklesu jejich mechanických vlastností, recyklované polymery jsou tedy vhodné pro aplikace, které nevyžadují vysoké mechanické vlastnosti. Výhodou klasických mosazných nábojnic je možnost opakovaného přebíjení, což vzhledem k povaze polymerních nábojnic a namáhání při výstřelu nebude pravděpodobně vhodné. Prioritní aplikací je vojenská munice, kde se úspora hmotnosti jeví jako velmi důležitý přínos a přebíjená munice se nepoužívá.

## 10 VLASTNÍ VÝROBA NÁBOJE S NÁBOJNICÍ Z PLASTU

Z informací uvedených v této diplomové práci vyplývá, že na světě je několik společností, které se zabývají myšlenkou výroby malorážového střeliva s plastovou nábojnicí. Ve většině případů co jsou dostupné informace, je tato nábojnice opatřena kovovým dnem. Dno nábojnice je při výstřelu více namáháno než její plášť a také za drážku, která je zde umístěna, je nábojnice po výstřelu vytažena z nábojové komory hlavně a vyhozena mimo nabíjecí prostor zbraně. Funkce takhle zkonstruovaného náboje oproti stavu, kdy by byla nábojnice vyrobena z plastu celá, se jeví jako spolehlivější, protože je menší pravděpodobnost poškození této části nábojnice po výstřelu. V současné době takto vyrobené náboje nejsou běžně dostupné na českém, ani evropském trhu. V zámoří je nabídka pro civilní trh také velmi omezená. Dostupné je pouze puškové střelivo, v několika málo nejběžnějších rážích (například .308 Win. nebo .223 Rem.), pistolové střelivo běžně v prodeji není. Dostupné informace se týkají spíše střeliva, které má využití v armádní sféře.

K ověření stavu, zda konstrukce takhle vyrobeného náboje, jak s kovovým dnem, tak s celoplastovou nábojnicí je použitelná, byla nutná improvizace a pokus z dostupných komponentů takový náboj vyrobit a odzkoušet jeho funkční vlastnosti.

### 10.1 Pistolový náboj ráže 9 mm Luger

K výrobě byl použit výchozí cvičný náboj ráže 9 mm Luger vyráběný firmou AREX, Sentjernej, Slovinsko. Společnost vznikla před několika desetiletími oddělením z Iskra Pons, strojírenského úseku velké jugoslávské firmy Iskra. Z civilního programu se nakonec Arex přesunul do vojenského průmyslu. Společnost sídlící na jihovýchodě Slovinska zaměstnává cca 120 lidí a obrat činí zhruba 20 milionů eur, v přepočtu půl miliardy korun. Skoro polovinu z toho dělá výroba cvičné plastové munice. Kromě toho vyrábí i nábojové pásy. Do zahraničí míří 90 procent produkce, zejména do USA a západních evropských zemí.



*Obr. 48. Původní cvičný náboj firmy Arex ráže 9 mm Luger, vlevo a vpravo jeho modifikace osazena střelou FMJ.*

Původní cvičný náboj se skládá z gumové střely o tvrdosti 85 ShA, polymerové nábojnice z materiálu HDPE s kovovým dnem osazeným zápalkou. Nábojnice neobsahuje střelný prach, střela je po aktivaci zápalky vymetena z hlavně pouze její energií. Dopadová energie střely je ve vzdálenosti 5 m méně než 20 J, 10 m méně než 15 J a ve vzdálenosti 20 m méně než 10 J. Tento původní cvičný náboj byl nejprve delaborován (rozložen na jednotlivé komponenty), kdy byl následně doplněn střelný prach a osazena střela typu FMJ o hmotnosti 8 g (124 grs).



*Obr. 49. Delaborovaný původní cvičný náboj a střela typu FMJ o hmotnosti 8 g.*



Po takto provedených úpravách byl proveden vlastní výstřel ze samonabíjecí pistole CZ P-10 C. Z důvodu bezpečnosti byla pistole upnuta ve střeleckém standu. Po aktivaci zápalky došlo k samotnému odpálení, kdy se děj výstřelu jevil stejný jako u odpálení standardního náboje s mosaznou nábojnicí. Rychlost střely byla změřena 290 m/s, což odpovídá rychlosti střely u náboje typu Subsonic. Rychlost střely u běžného, standardního náboje s mosaznou nábojnicí je cca 360 m/s. Pomalejší rychlost střely byla dána nižším množstvím střelného prachu o cca 25% z důvodu menšího spalovacího prostoru uvnitř nábojnice. Po výstřelu byla nábojnice zcela bez viditelného poškození s možností dalšího přebití a opakování výstřelu.



*Obr. 50. Provedení vlastního výstřelu s pohledem na nábojnici, která byla vyhozena z prostoru nábojové komory mimo zbraň.*



*Obr. 51. Stav nábojnice po výstřelu - vlevo celkový a vpravo vnitřní pohled.*

## 10.2 Pistolový náboj ráže .45 ACP

Tento pistolový náboj má v sériovém provedení s mosaznou nábojnicí v porovnání s nábojem 9 mm Luger o cca 100 m/s nižší úst'ovou rychlost střely a o 120 Mpa nižší maximální tlak, tudíž se jeví jako výhodnější pro experiment s plastovou nábojnicí. Tento náboj se nepodařilo sehnat ve cvičné, případně akustické verzi, z které by se mohlo vycházet při úpravě na ostrý náboj.

### 10.2.1 Úprava polymerové nábojnice z akustického náboje jiné ráže

Byla nalezena rozměrová podobnost, co se týká vnějších průměrových hodnot nábojnice s nábojem ráže 7,62 x 51 mm, který byl k dispozici v akustické verzi. Po zkrácení nábojnice na požadovanou délku a vysoustružení osazení spodní části střely, kterou v původním provedení není možno do nábojnice nabít z důvodu silnějšího plastového pláště, byl zkompletován náboj, kdy jako další komponenty byly použity střelný prach z delaborovaného ostrého náboje ráže .45 ACP výrobce S&B ve stejném množství a zápalka Federal Gold Medal, 5.4 Large. Ke zkoušce střelbou byla použita pistole CZ 97B upnutá z důvodu bezpečnosti do střeleckého standu. K výstřelu takto upraveného náboje nedošlo, i když nápitch zápalky od zápalníku byl dostatečně hluboký a to 0,4 mm. U standardního střeliva s mosaznou nábojnicí k bezpečnému a 100 % odpalu náboje stačí nápitch hluboký 0,3 mm. Jako příčina neodpálení náboje bylo vyhodnoceno, že nápitch od zápalníku nebyl dostatečně energický, pravděpodobně z důvodu poddajnosti plastové nábojnice.



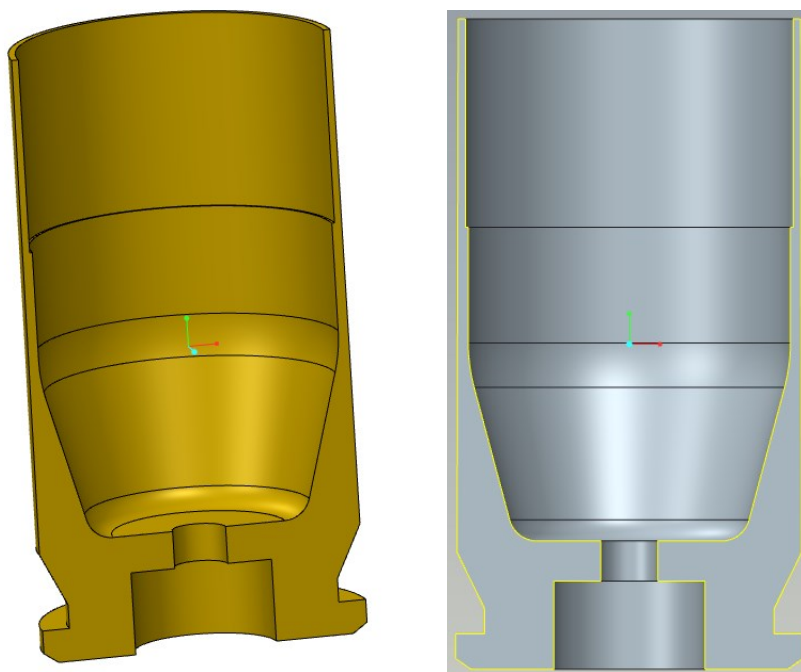
Obr. 52. Jednotlivé části náboje a kompletně vyrobený náboj ráže .45 ACP s plastovou nábojnicí a kovovým dnem upravenou z náboje 7,62 x 51 mm.



Obr. 53. Nápich zápalky náboje od zápalníku pistole, k odpálení náboje nedošlo.

### 10.2.2 Výroba polymerové nábojnice pomocí 3D tiskárny

Jako druhý pokus o zkonstruování funkčního provedení tohoto typu pistolového náboje bylo využito možnosti výroby plastové nábojnice na 3D tiskárně. K výrobě byla použita tiskárna Objet Eden 250, která tiskne technologií PolyJet. Tato technologie funguje na bázi tryskání nejmodernějších fotopolymerních materiálů v ultratenkých vrstvách o tloušťce 16 mikronů. Následně je výrobek vytvrzen UV zářením. Jako materiál na výrobu nábojnice byl použit VeroBlack. Jedná se o pevný materiál černé barvy.



Obr. 54. Model nábojnice pro 3D tiskárnu.



*Obr. 55. Jednotlivé části náboje a vpravo porovnání složeného náboje s plastovou nábojnicí se standardním nábojem s mosaznou nábojnicí.*

Ke zkoušce střelbou byla použita pistoli CZ 97B upnutá z důvodu bezpečnosti do střeleckého standu. K výstřelu takto upraveného náboje nedošlo, i když nápitch zápalky od zápalníku byl dostatečně hluboký a to 0,4 mm. Jako příčina neodpálení náboje bylo vyhodnoceno, že nápitch od zápalníku nebyl dostatečně energický, pravděpodobně z důvodu poddajnosti plastové nábojnice.

Po neúspěchu odpálení náboje s nábojnicí vyrobenou na 3D tiskárně byla provedena konstrukční změna, kdy byla dnová část nábojnice s drážkou pro vytahovač odstraněna a nahrazena kovovým dnem. Takto upravený náboj byl nabit a odpálen stejným způsobem jak je popsáno výše. K výstřelu v tomto případě již došlo. Tlakem povýstřelových plynů byla způsobena destrukce plastového pláště nábojnice a jeho oddělení od kovového dna. Kovové dno bylo vytaženo vytahovačem z nábojové komory hlavně, ale plášť v komoře zůstal. Navíc se rozlámal na několik kusů.



*Obr. 56. Porovnání nábojnic - vlevo 3D tisk s kovovým dnem, uprostřed 3D tisk a vpravo mosaz.*



*Obr. 57. Jednotlivé fragmenty nábojnice po výstřelu, kovové dno a zbytky pláště.*

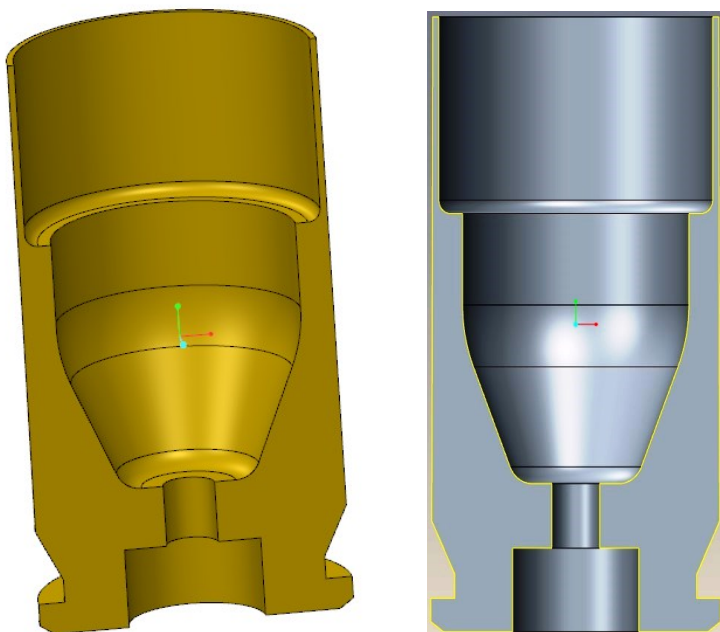


*Obr. 58. Foto výstřelu.*



*Obr. 59. Probíhající cyklus po výstřelu, kdy je zachyceno vytažení kovového dna nábojnice z nábojové komory a viditelné úlomky pláště ve výhozném prostoru závěru.*

Jedním z cílů této diplomové práce je ověřit skutečnost, zda je možno odpálit zápalku náboje i bez kovového dna. Proto byla následně provedena úprava modelu nábojnice pro 3D tisk a to přidáním materiálu a tím zvýšením tuhosti dnové části a bočních stěn nábojnice. Tímto krokem došlo k mírnému zmenšení objemu vnitřního spalovacího prostoru, ale i při použití stejného množství střelného prachu je zde stále tento prostor dostatečný.



*Obr. 60. Model nábojnice pro 3D tiskárnu - větší tloušťka stěny.*

Takto upravený náboj byl nabit a odpálen stejným způsobem jak je popsáno výše. K výstřelu v tomto případě již došlo. Tlakem povýstřelových plynů byla způsobena destrukce plastového pláště nábojnice v oblasti dna a ústí. K vyhození prázdné nábojnice a přebití dalšího náboje nedošlo. Rozlámané zbytky nábojnice zůstaly uvnitř zbraně.



*Obr. 61. Destrukce nábojnice po výstřelu - 3D tisk, zesílené vnitřní stěny.*

Na závěr testů s pistolovými náboji ráže .45 ACP lze říci, že k výstřelu došlo u verze, kdy byla nábojnice vyrobena technologií 3D tisku a opatřena kovovým dnem a u celoplastové verze, kdy byly zesíleny vnitřní stěny. V těchto případech ale po výstřelu došlo k destrukci nábojnice, vlivem nevhodnosti použitého materiálu při výrobě. Nelze tedy zkoušku hodnotit jako vyhovující a těmito způsoby vyrobené náboje ráže .45 ACP nejsou použitelné pro běžnou střelbu.

### 10.3 Puškový náboj ráže 7,62 x 51 mm

K výrobě byl použit původní expanzní, (akustický) náboj vyrobený firmou DAG, Dynamit-Actien-Gesellschaft Vorm. Alfred Nobel & Co Nürnberg, což je pobočka muničního závodu Dynamit Nobel v Německu. Materiálovým rozbořem náboje bylo zjištěno, že náboj je vyroben z materiálu LDPE. Dále je nábojnice opatřena kovovým dnem.



*Obr. 62. Expanzní náboj ráže 7,62 x 51 mm výrobce DAG.*

Tento náboj byl zkrácen o přední část, která imituje střelu, na délku vlastní nábojnice. Po úpravě krčku byla do plastové nábojnice s kovovým dnem osazena střela výrobce Hornady, typ HPBT o hmotnosti 10,9 g (168 grs), střelný prach Vihtavuori N 140 o hmotnosti 15 grs a zápalka Federal Gold Medal, 5.4 Large.

Po takto provedených úpravách byl proveden vlastní výstřel z balistické hlavně, která byla upnuta ve střeleckém standu. Po aktivaci zápalky došlo k samotnému odpálení, kdy se děj výstřelu jevil stejný jako u odpálení standardního náboje s mosaznou nábojnicí. Bylo provedeno měření rychlosti střely a tlaku při výstřelu na balistickém analyzátoru značky Kistler, kdy byly porovnány hodnoty takto vyrobeného náboje se standardním nábojem s mosaznou nábojnicí. Z důvodu menšího spalovacího prostoru v plastové nábojnici, která



má silnější stěny, je v takto upraveném náboji pouze 30 % střelného prachu oproti standardní navážce v mosazné nábojnici. Z výsledků uvedených níže je patrné, že rychlost střely je zhruba poloviční a maximální tlak čtvrtinový oproti hodnotám naměřeným u standardního náboje.



Obr. 63. Upravený náboj z původního expanzního provedení.

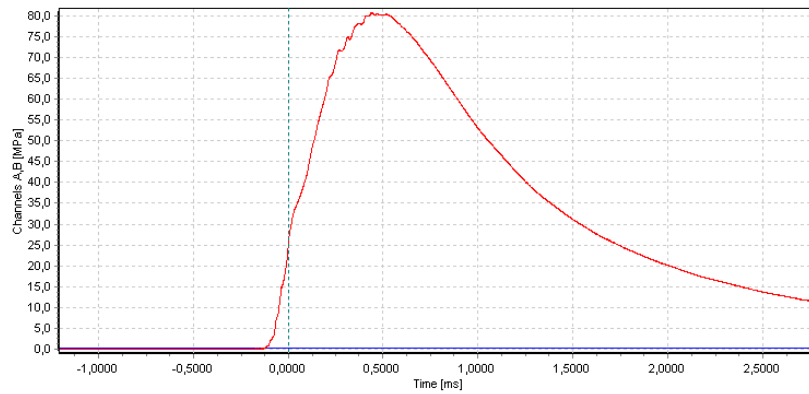
Tab. 2. Nábojnice z plastu - hodnoty naměřeného tlaku a rychlosti střely.

	1 ( )	2 (V5)
Round	Max [MPa]	Velocity [m/s]
1	82,1	321,6
2	78,6	347,9
3	81,9	363,2
4	84,1	356,2
Avg	81,6	347,2
SD	2,29	18,21
Max	84,1	363,2
Min	78,6	321,6
Delta	5,5	41,7
Wk [J]		6,571E+02
CIP K	0,00	0,45
Avg +	81,6	355,4
Avg -	81,6	339,0

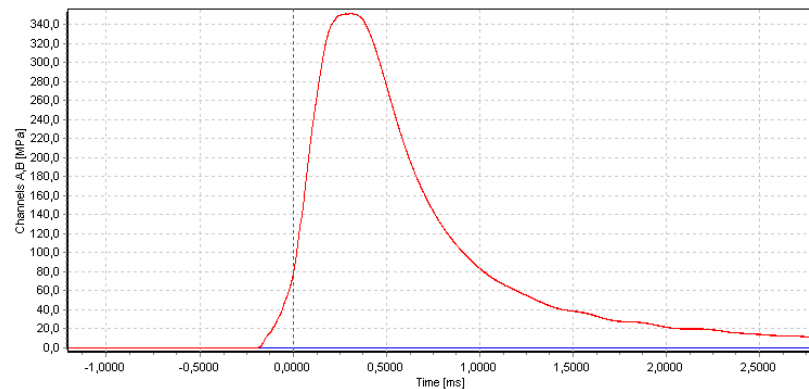
Tab 3. Nábojnice z mosazi - hodnoty naměřeného tlaku a rychlosti střely.

Round	1 ( ) Max [MPa]	2 (V5) Velocity [m/s]
1	350,9	792,7
2	359,5	792,4
3	358,8	791,6
4	347,1	784,9
5	342,0	779,7
<hr/>		
Avg	351,7	788,3
SD	7,53	5,75
Max	359,5	792,7
Min	342,0	779,7
Delta	17,5	13,0
Wk[J]		3,635E+03
<hr/>		
CIP K	0,00	0,45
Avg +	351,7	790,8
Avg -	351,7	785,7

Obr. 64. Nábojnice z plastu - průběh tlaku při výstřelu v závislosti na čase.



Obr. 65. Nábojnice z mosazi - průběh tlaku při výstřelu v závislosti na čase.



Následně byla funkce náboje odzkoušena v útočné pušce CZ Bren 2, ráže 7,62 x 51 mm. U tohoto typu zbraně je funkce zbraně založena na odběru prachových plynů z hlavně po výstřelu. Z toho vyplývá, že náboj musí po výstřelu vytvořit určitý tlak plynů v hlavni, který přes odběrný kanálek dodá impuls mechanismu zbraně a dojde k vyhození prázdné nábojnice a přebití dalšího náboje. Zkouškou bylo zjištěno, že tlak plynů po výstřelu takto upraveného náboje je nedostatečný a dodaný impuls otevře závěrový mechanismus pouze na cca 40 %, čímž je prázdná nábojnice pouze povytažena z nábojové komory hlavně, ale nedojde k jejímu vyhození mimo zbraň a tím pádem ani k přebití dalšího náboje.



*Obr. 66. Útočná puška CZ Bren 2 ve střeleckém standu.*



*Obr. 67. Otevření závěru zbraně v době výstřelu nábojem s plastovou nábojnicí, zobrazena maximální dráha otevření.*



*Obr. 68. Otevření závěru zbraně v době výstřelu standardním nábojem s mosaznou nábojnicí, zobrazena maximální dráha otevření.*

Po provedení zkoušek lze konstatovat, že výstřel takto upraveného náboje je možný, ale funkce je zajištěna pouze u opakovacích zbraní, kde dochází k vyhození prázdné nábojnice a opětovnému přebití ručně, otevřením a posunutím závěrového mechanismu. Po zkouškách vystřelená nábojnice nebyla viditelně nijak mechanicky poškozena a je možno ji opětovně využít k dalšímu přebití.

## 11 POROVNÁNÍ NÁBOJNIC

### 11.1 Porovnání hmotností nábojnic

Jako jedna z možných výhod nábojnic vyrobených částečně nebo úplně z plastu je jejich nižší hmotnost a tím i hmotnost celého náboje. K ověření této skutečnosti v teoretické rovině byl použit vzorec pro výpočet hmotnosti pomocí hustoty materiálu a objemu nábojnice. Vycházíme ze skutečnosti, že tabulková hustota mosazi CuZn30, která se používá k výrobě nábojnic je 8,5 g/cm<sup>3</sup> a hustota materiálu VeroBlack, který byl použit k praktické výrobě nábojnice pomocí 3D tiskárny je 1,18 g/cm<sup>3</sup>. Mosazné nábojnice byly zváženy a zbývající hodnoty dopočítány.

$$\text{Výpočet objemu:} \quad V = \frac{m}{\rho} [\text{cm}^3] \quad (1)$$

$$\text{Výpočet hmotnosti:} \quad m = \rho \cdot V [\text{g}] \quad (2)$$

Tab. 4. Porovnání hmotností nábojnic.

ráže náboje	hmotnost mosazné nábojnice [g]	hmotnost plastové nábojnice [g]	objem nábojnice [cm <sup>3</sup> ]
7,62 x 51 mm	12	1,67	1,41
7,62 x 39 mm	7,7	1,07	0,91
5,56 x 45 mm	6,8	0,94	0,80
.45 ACP	5,8	0,81	0,68
9 mm Luger	4	0,56	0,47

Z tabulky hodnot je patrné, že plastová nábojnice je několikanásobně lehčí. Hmotnostní rozdíl je 86 %. Tyto hodnoty ne zcela odpovídají realitě, protože platí jen za předpokladu, kdy bereme v úvahu stejnou tloušťku stěny nábojnice jak mosazné, tak plastové. U plastové nábojnice musí být ale stěna silnější z důvodu pevnosti a tím pádem hmotnost bude vyšší. Reálně lze ovšem předpokládat, že 50 % úspora hmotnosti u plastové nábojnice je možná.

K ověření pravdivosti hodnot získaných výpočtem a uvedených v tabulce bylo provedeno zvážení mosazné a plastové nábojnice ráže .45 ACP.



Obr. 69. Porovnání hmotností mosazné a plastové nábojnice vyrobené 3D tiskem.

## 11.2 Porovnání vlastností materiálů nábojnic

Tab. 5. Porovnání mechanických vlastností materiálů.

Porovnání mechanických vlastností materiálů			
materiál	Mosaz CuZn 30	PA66 + 50%GF	PA66
mez pevnosti [MPa]	280 - 360	262	42
modul pružnosti E [GPa]	103	16	1

Z porovnání vlastností materiálů vyplývá, že pro nábojnice lze použít buď polyethylenové tělo (materiál HDPE) opatřené kovovým dnem (funkčnost ověřena praktickou zkouškou), nebo celoplastovou nábojnici z polyamidu se skelným vláknem.

Nízká pevnost polyethylenu nezaručuje plnou funkci náboje, proto je vhodné nábojnici opatřit kovovým dnem. V kovovém dně je osazena zápalka, kdy tato má pevnou oporu v okamžiku odpálení. Následně nehrozí destrukce drážky nábojnice pro vytahovač při jejím vytažení ze zbraně.

Avšak polyamidy mají dostatečné vysoké mechanické vlastnosti, aby bylo teoreticky možno použít nábojnici bez kovového dna. Pevnost sklem plněného PA je srovnatelná s mosazí, (Tab. č. 5).

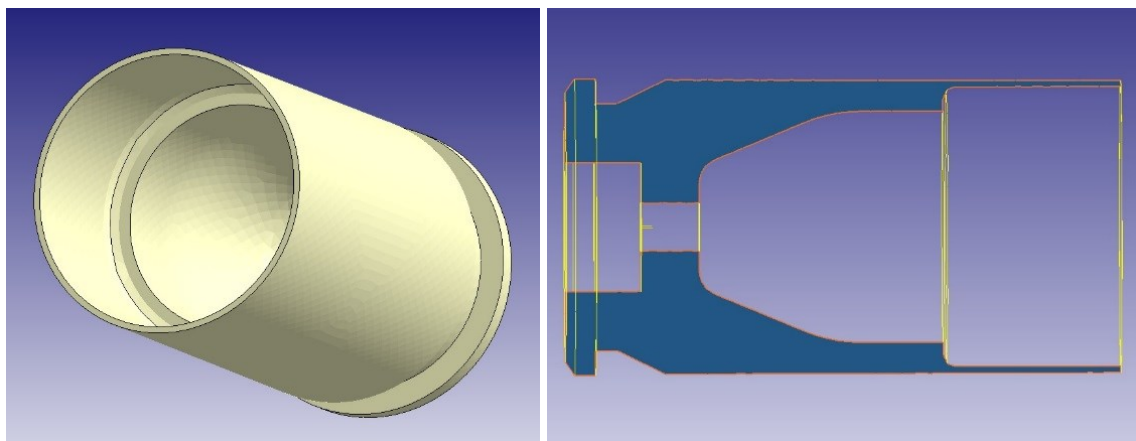
## 12 VLASTNÍ VÝROBA PLASTOVÉ NÁBOJNICE Z POLYAMIDU

Výrobu nábojnic z polyamidu lze realizovat pomocí vstřikovacích strojů. Produktivita výroby mosazných nábojnic je přibližně 120 - 130 kusů a minutu. Při použití vícenásobných forem lze dosáhnout na jednom vstřikovacím stroji stejného nebo i většího objemu výroby, není také potřeba dalších dokončovacích operací, pro výrobu stačí pouze dodávat granulát a zajistit sušení. Celková proces výroby je tedy efektivnější a ve výsledku levnější.

### 12.1 Simulace vstřikování pláště

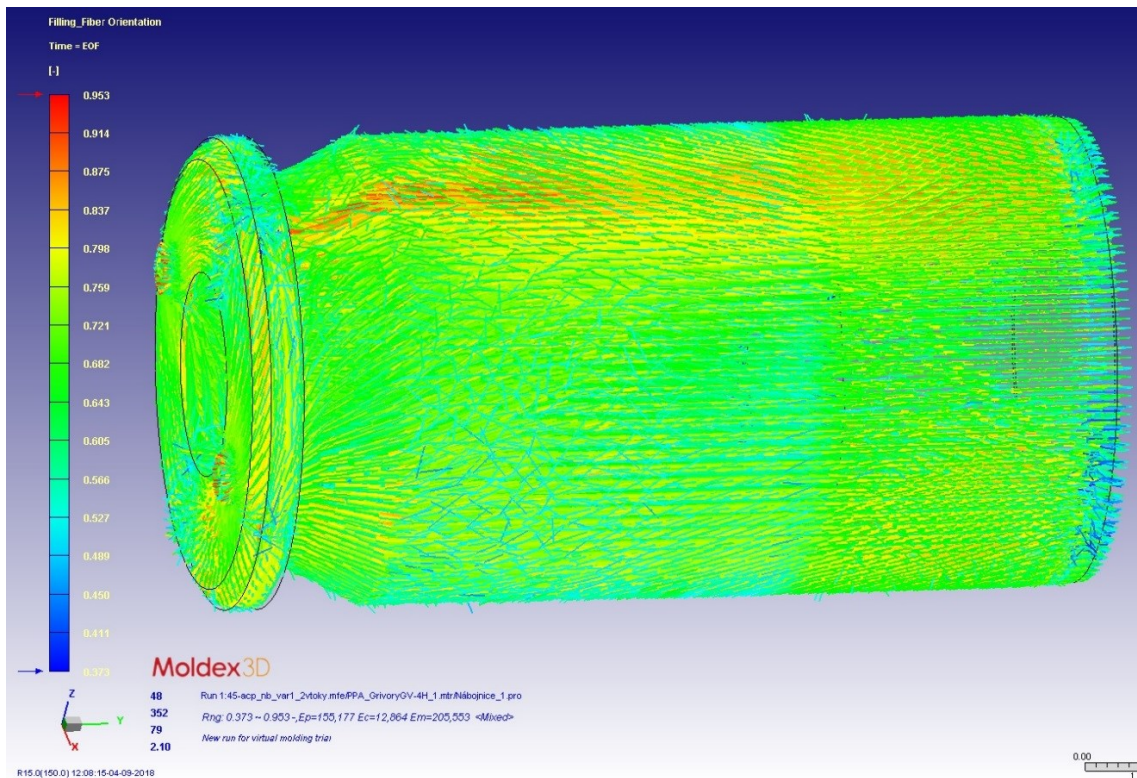
Jsou uvedeny celkem 4 příklady simulací vstřikování pláště nábojnice. Plnění formy probíhá dvěma vtoky, umístěnými symetricky naproti sobě v oblasti dna nábojnice. U každé varianty je zobrazen model nábojnice, orientace skelných vláken v nábojnici, Isochrony (čáry, popisující polohu čela taveniny v určitém čase. Čas je stejný, tak podle polohy čáry je zjiřitelná rychlost tečení taveniny) a deformace nábojnice.

#### 12.1.1 Varianta 1

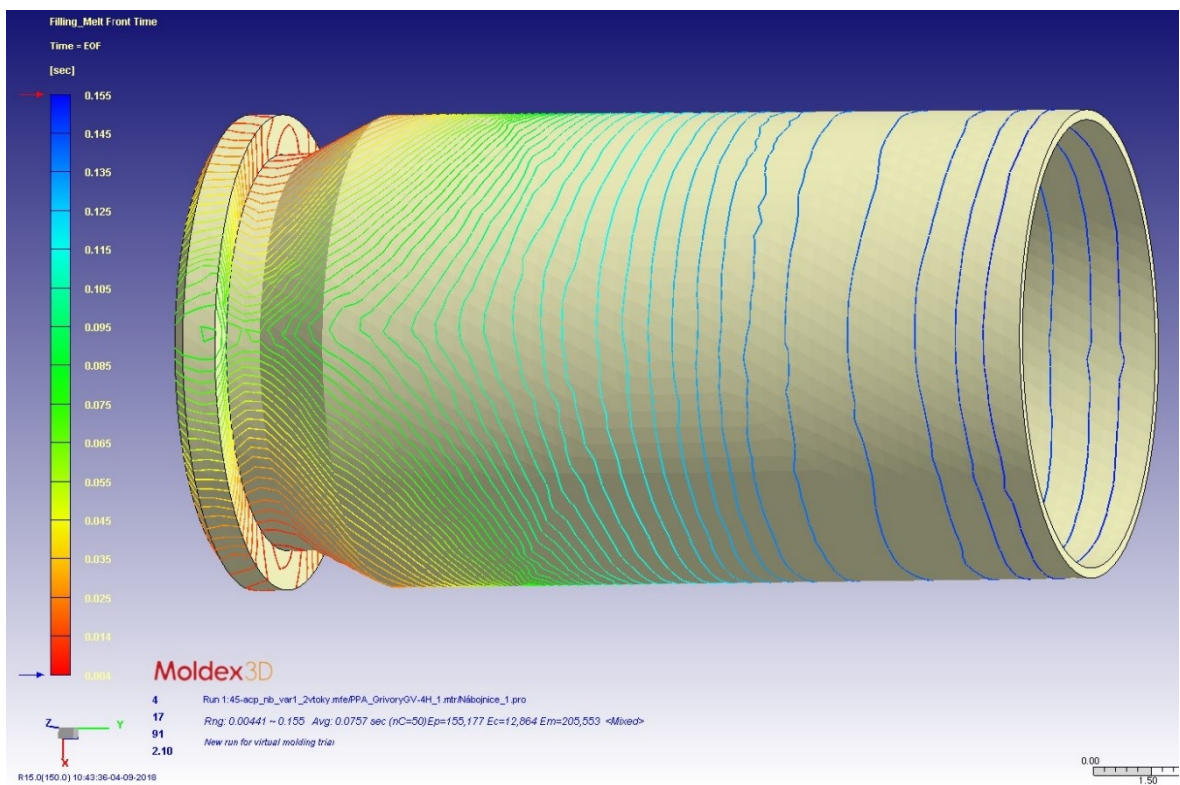


Obr. 70. Model nábojnice.

Při použití této geometrie dochází k výrazné orientaci vláken v místě spojení toku taveniny, zde bude vznikat rozhraní orientace vláken, což by mohlo snížit pevnost nábojnice. Plnění je mírně nerovnoměrné při plnění spodní části, poté se tok taveniny ustálí a v konečné fázi probíhá plnění rovnoměrně. Celková deformace kruhovitosti je až 0,19 mm.

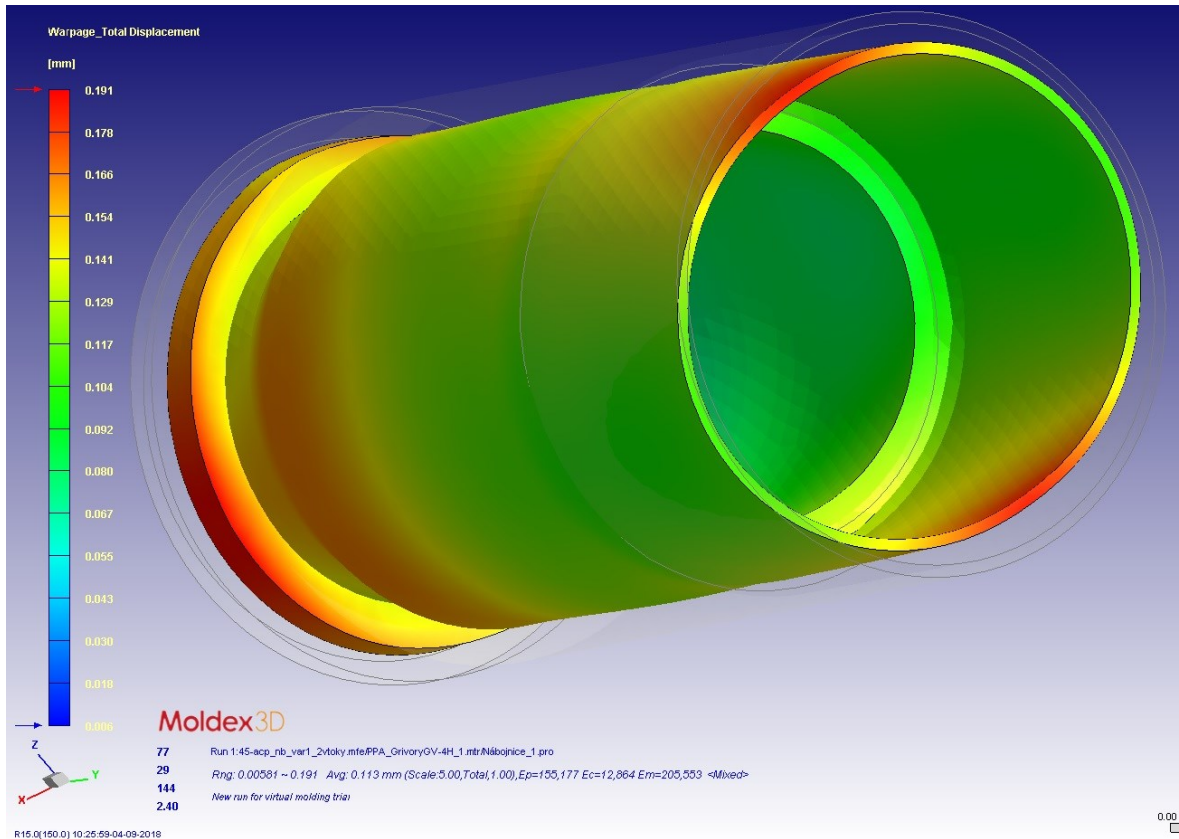


Obr. 71. Orientace vláken.



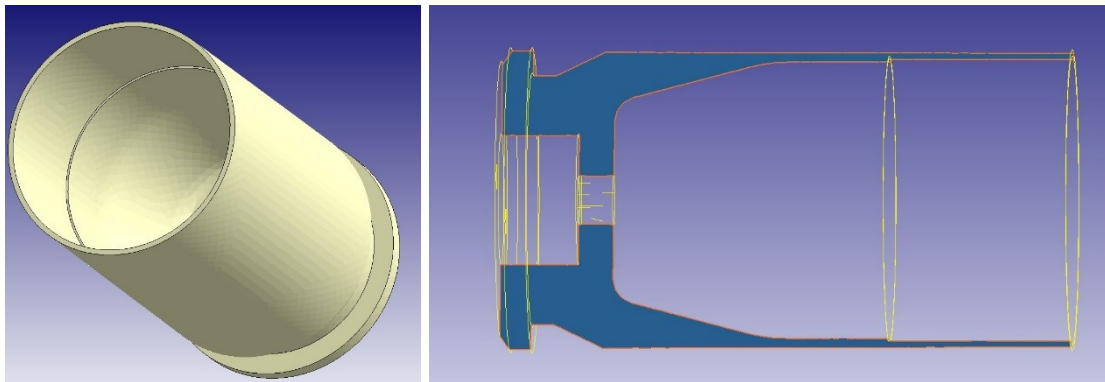
Obr. 72. Isochrony – plnění nábojnice.





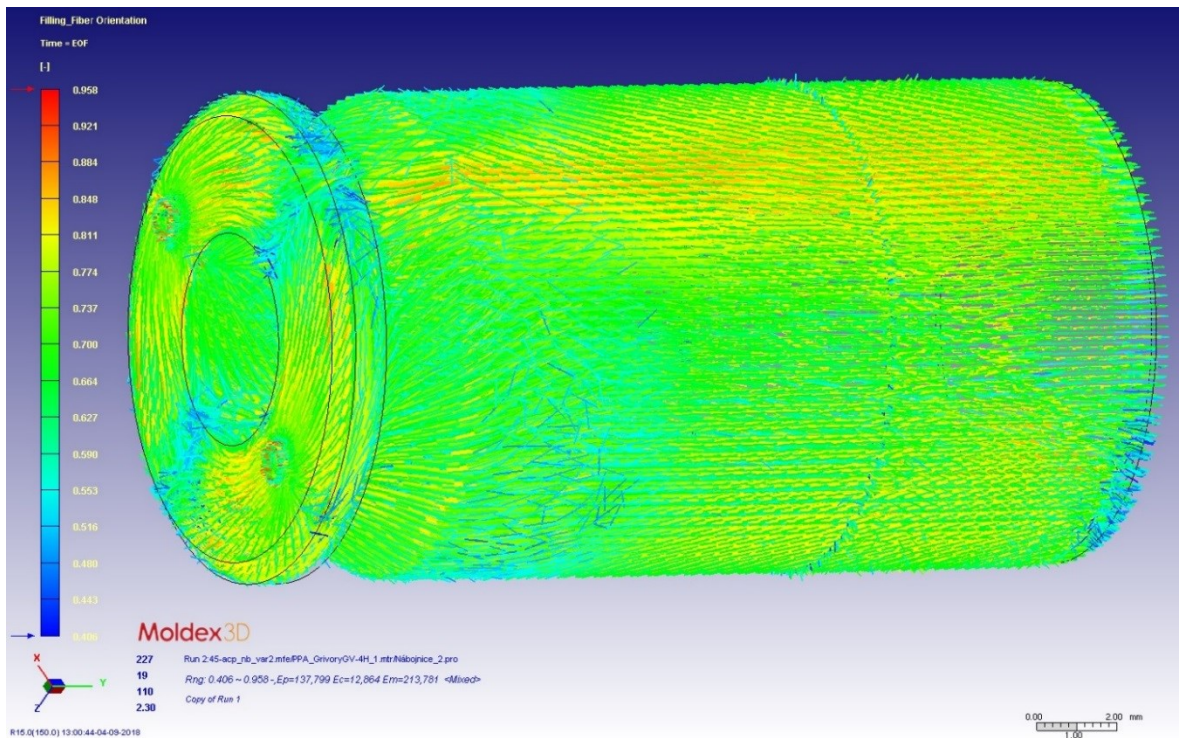
Obr. 73. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená.

## 12.1.2 Varianta 2

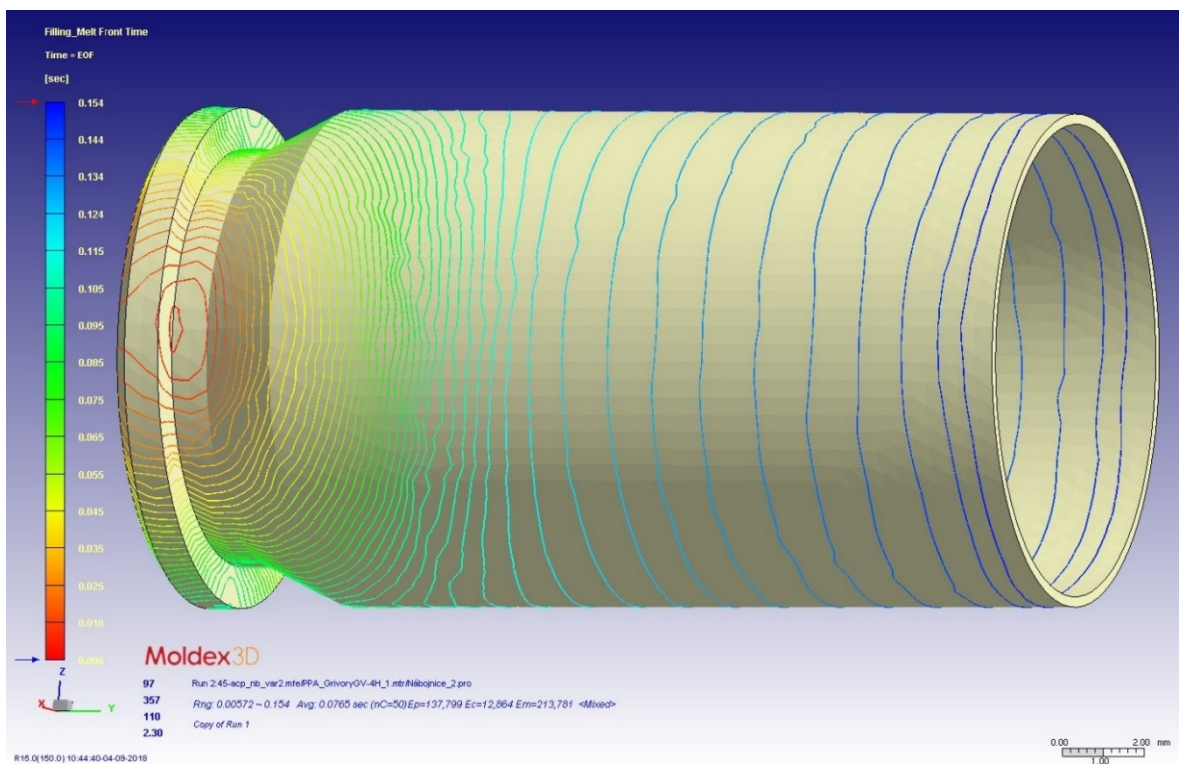


Obr. 74. Model nábojnice.

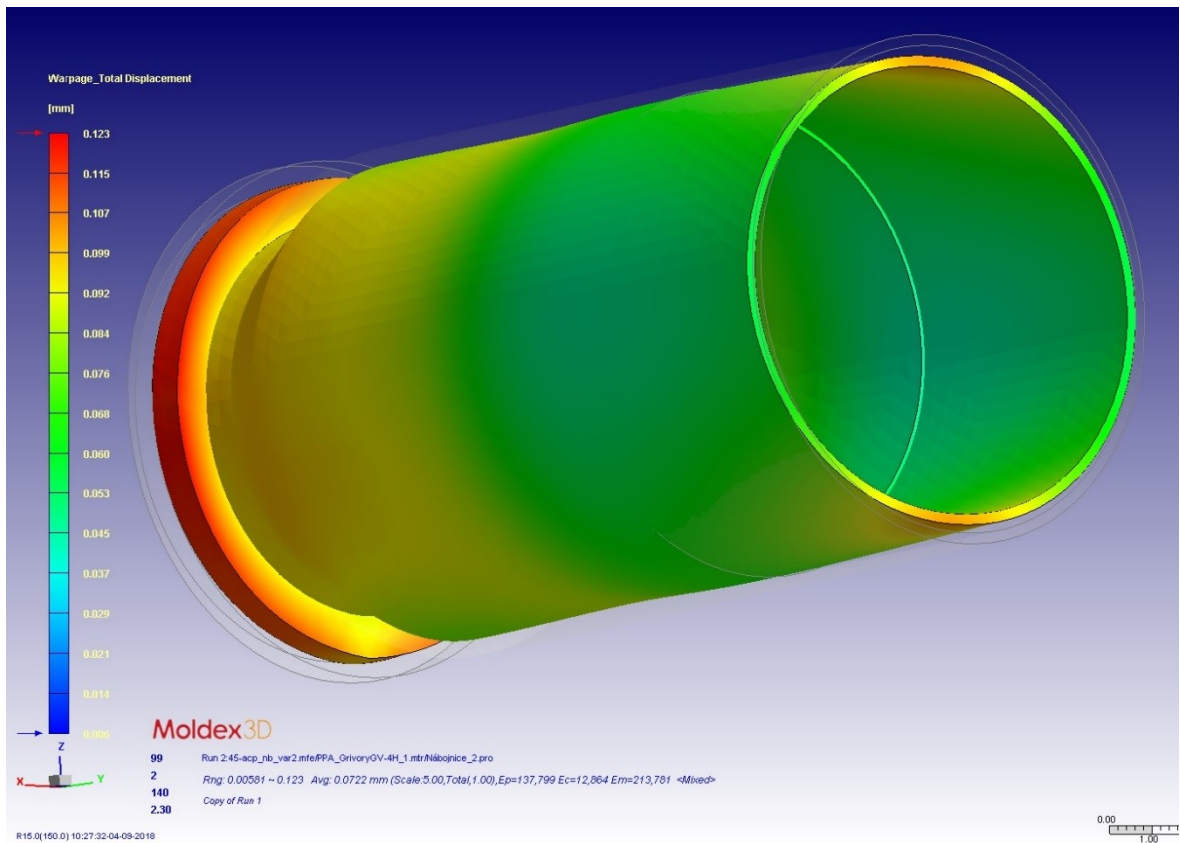
Tato varianta má sníženou tloušťku stěny pro zajištění dostatečného vnitřního objemu nábojnice. Orientace vláken je zde mírně odlišná, rozhraní není tak výrazné, vliv na pevnost bude nižší. Plnění dílu je nyní více rovnoměrné. Maximální deformace poklesla na 0,1 mm.



Obr. 75. Orientace vláken.

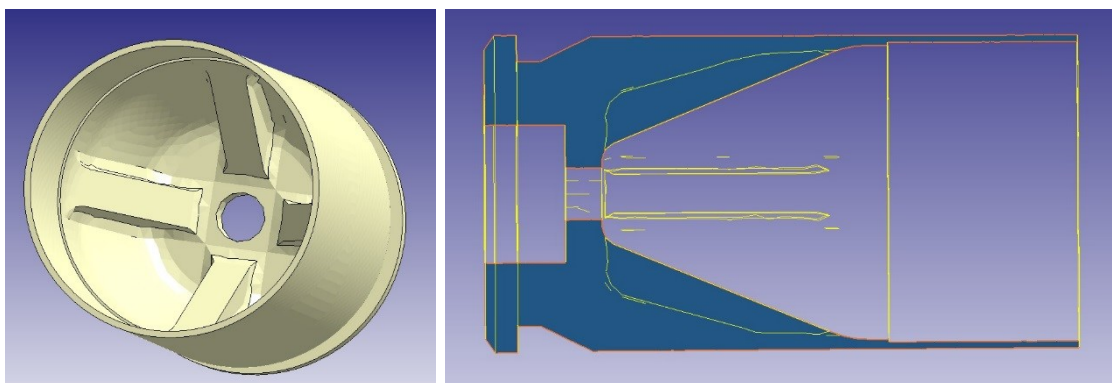


Obr. 76. Isochrony – plnění nábojnice.



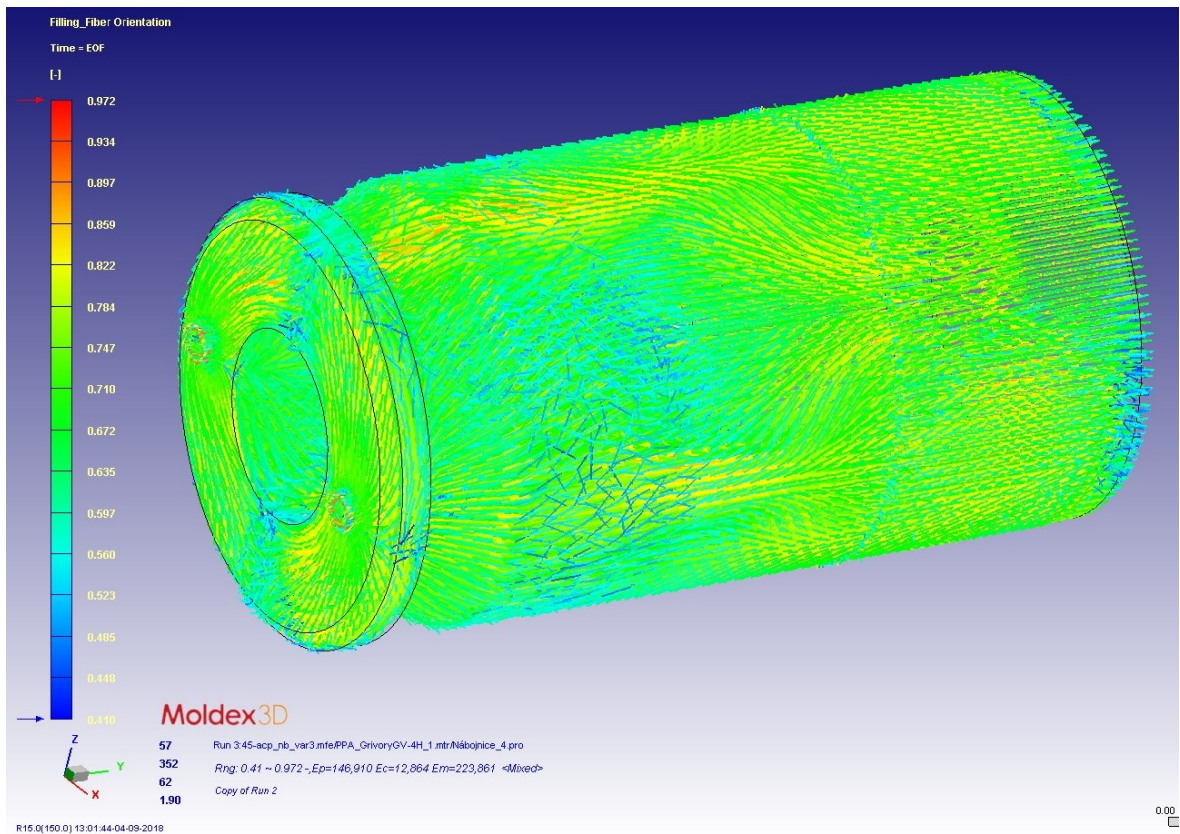
Obr. 77. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená.

### 12.1.3 Varianta 3

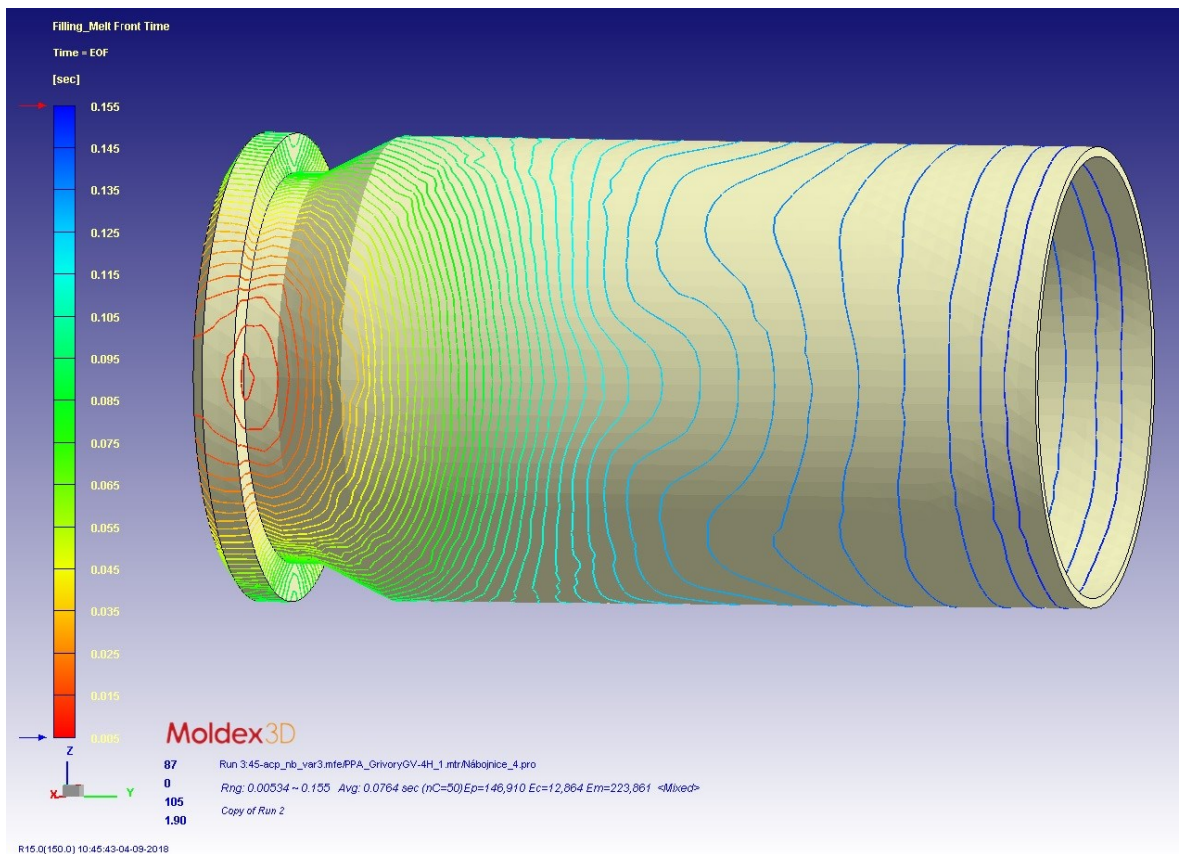


Obr. 78. Model nábojnice.

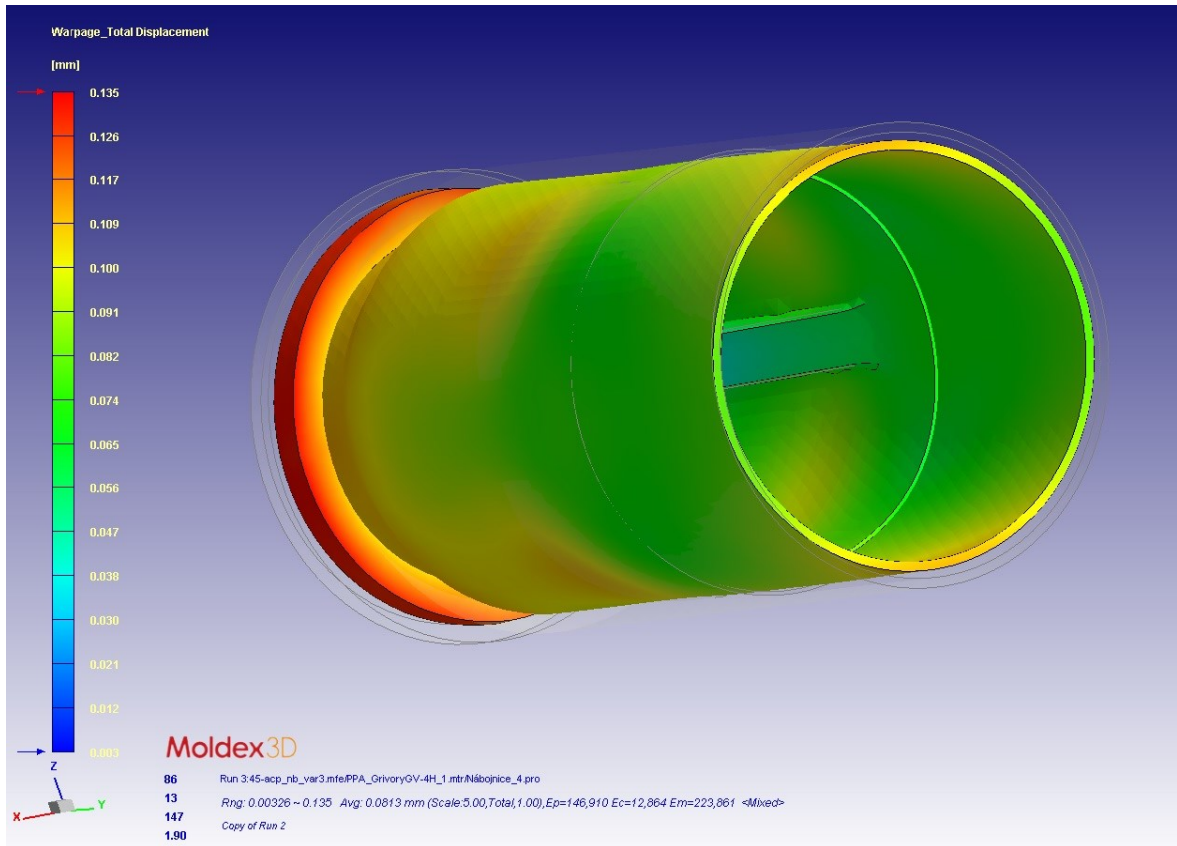
V této variantě byly do nábojnice přidány žebra pro zvýšení tuhosti nábojnice. Úprava geometrie dále snižuje vliv rozhraní orientace vláken, i když stále není eliminováno. Plnění nábojnice je podobné jaké u předchozí varianty. Deformace ústí má hodnotu kolem 0,1 mm.



Obr. 79. Orientace vláken.

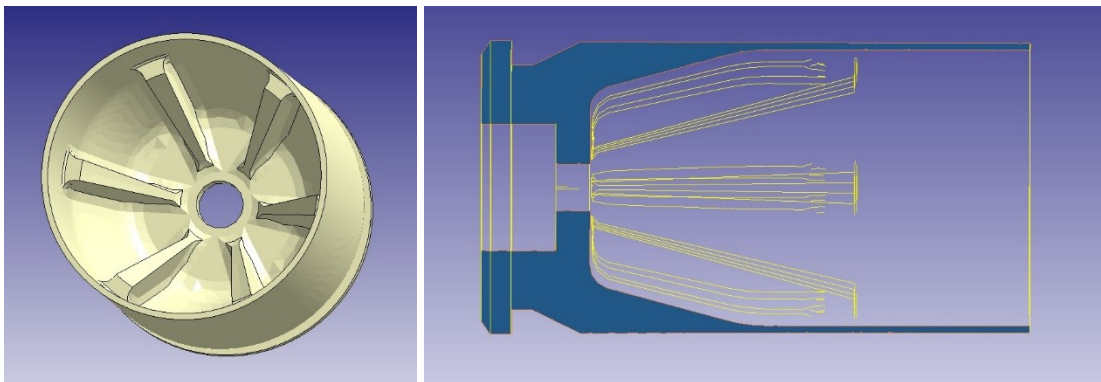


Obr. 80. Isochrony – plnění nábojnice.



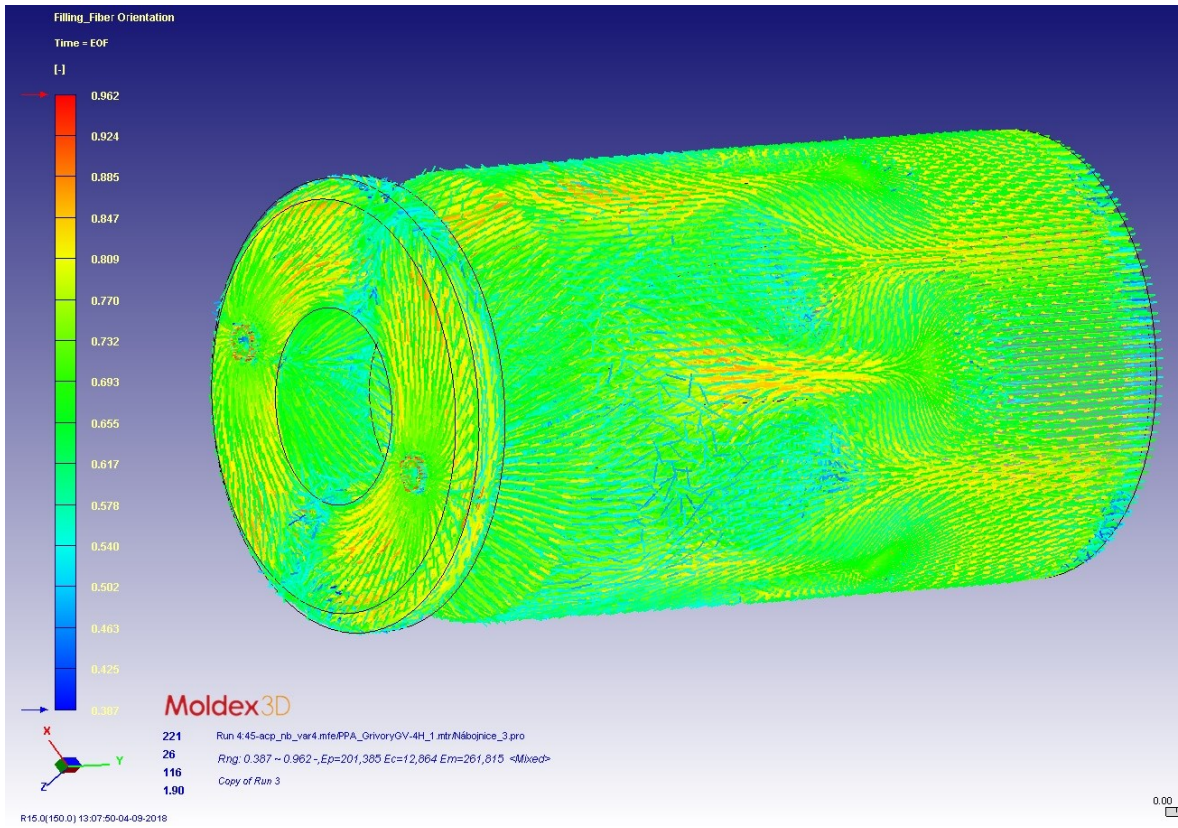
Obr. 81. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená.

#### 12.1.4 Varianta 4

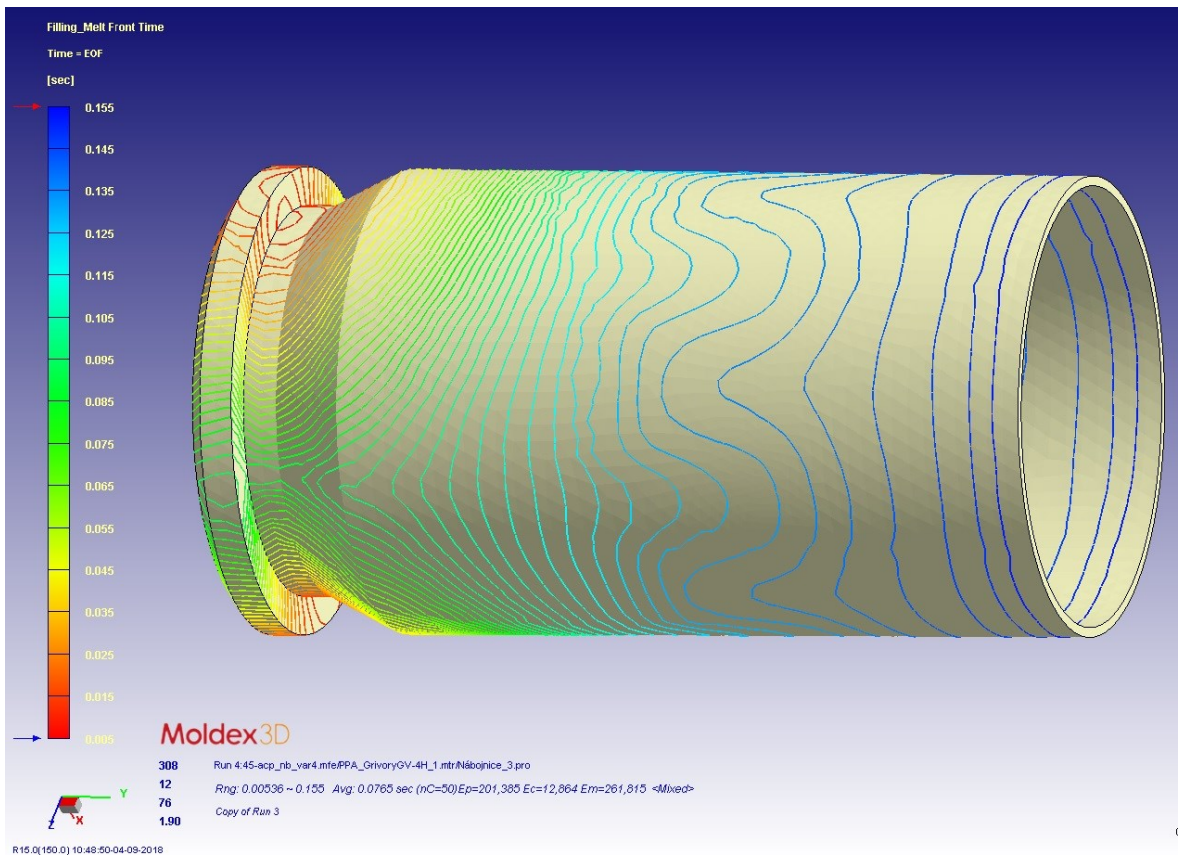


Obr. 82. Model nábojnice.

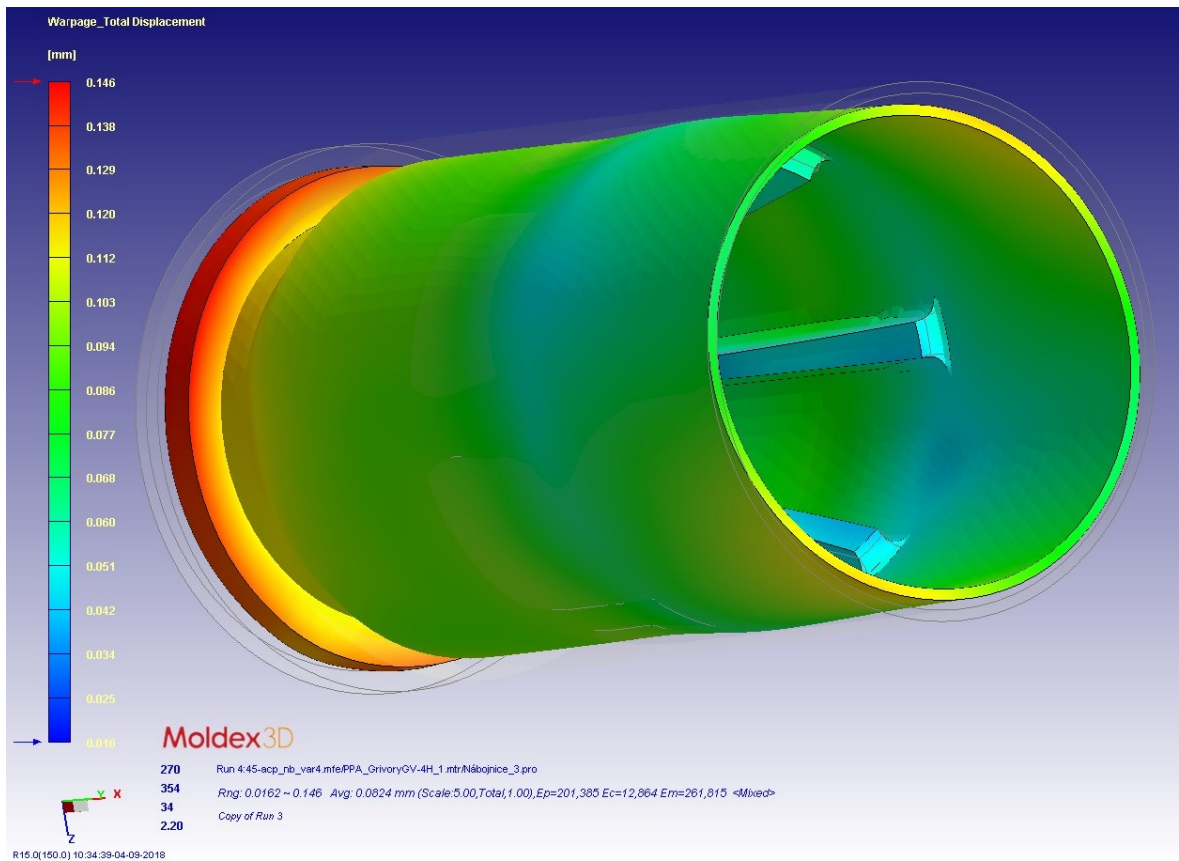
Poslední variantou je nábojnice se šesti žebry, které tvoří plochu pro doraz střely. Orientace vláken tvoří více rozhraní, avšak méně významných. U této varianty je méně rovnoměrné plnění, které bude způsobovat vznik studených spojů u dna, avšak vliv na pevnost bude zanedbatelný. Žebra způsobují mírně vydutí v místě uložení střely, velikost tohoto vydutí je pouze 0,05 mm, deformace ústí se pohybuje kolem 0,11 mm.



Obr. 83. Orientace vláken.



Obr. 84. Isochrony – plnění nábojnice.



Obr. 85. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená.

### 13 DISKUSE VÝSLEDKŮ

V diplomové práci byla řešena možnost nahrazení mosazné nábojnice u běžně používaného střeliva, nábojnicí vyrobenou z plastu a odzkoušení funkčních vlastností takového náboje v praxi. Společností, zabývajících se touto problematikou a výrobou není na světě mnoho, tento typ střeliva není běžně dostupný na civilním trhu a jeho další vývoj a případná budoucí produkce je zaměřena spíše pro armádní sektor a použití bezpečnostními složkami. Ze známých konstrukcí nábojů vyplývá, že doposud takto vyrobené střelivo má nábojnici opatřenou kovovým dnem a pláštěm z plastu. Kovové dno zajišťuje pevné uložení zápalky což je důležité pro její odpálení a bezporuchovou funkci při vytažení nábojnice z nábojové komory zbraně.

Z dostupných informací o střelivu s plastovou nábojnicí vyplývají jeho možné výhody oproti současnému standardnímu výrobnímu provedení s nábojnicí mosaznou.

Výhody:

- nižší hmotnost náboje o cca 20-30 %,
- možnost definovat tloušťkou stěny nábojnice vnitřní spalovací prostor, tím se hoření prachové náplně stane více konzistentní a zlepší se přesnost zásahu v cíli,
- chladnější nábojová komora zbraně, plast nepředá teplo tak jak kov, šetří se zbraň,
- levnější náklady na výrobu, je potřeba méně výrobních operací.

V praktické části diplomové práce bylo zhotoveno více typů nábojů a to jak pistolový, tak i puškový. Tyto náboje byly vyrobeny úpravou buď z existujících expanzních nábojů, nebo vytisknutím na 3D tiskárně. Nábojnice obsahovaly jak kovové dno, tak byly zkoušeny i celé vyrobené z plastu. Praktickými zkouškami bylo zjištěno, že provedení náboje s nábojnicí, která byla opatřena kovovým dnem a plastovým pláštěm je za určitých podmínek funkční, avšak u celoplastové nábojnice k uspokojivým výsledkům nedošlo. Možnost vyrobit celoplastovou nábojnici byla jen pomocí 3D tiskárny, kdy byl použit materiál VeroBlack. Tento materiál nebyl pro daný účel vhodný a při zkušebním výstřelu došlo u takto vyrobené nábojnice k destrukci.

Při porovnání mechanických vlastností současně používaného materiálu mosazi CuZn30 a materiálu polyamid 66, plněného skelnými vlákny se jeví tento materiál jako vhodný pro daný účel výroby celoplastové nábojnice. Diplomová práce obsahuje návrh možnosti výroby nábojnice pomocí vstřikování tohoto materiálu. Prakticky nábojnice z důvodu nemožnosti nebyla vyrobena a odzkoušena.



Současné výrobní provedení náboje je stále stejné více jak 120 let i když za tu dobu se plastové materiály posunuly ve vývoji hodně dopředu. Pokud by se podařilo zkonstruovat funkční náboj s celoplastovou nábojnicí, tak kromě výše popsanych výhod je zde i velká finanční úspora při výrobě, kdy by odpadlo hodně výrobních operací, které jsou spojené s výrobou mosazné nábojnice.

Tab. 6. Seznam operací při výrobě nábojnice.

Číslo operace	Název operace - mosazná nábojnice pistolová	Název operace - mosazná nábojnice pušková	Název operace - plastová nábojnice
1	výsek kalíšku z plechu	výsek kalíšku z plechu	vstříknutí taveniny do formy
2	žihání	žihání	měření, vzhledová kontrola
3	1. tah	1. tah + žihání	
4	2. tah	2. tah + žihání	
5	3. tah	3. tah	
6	cvikání	řezání + žihání	
7	dulování	dulování	
8	hlavování	hlavování	
9	píchání, vrtání zátravky	píchání, vrtání zátravky	
10	stažení na konečný tvar	1. stahování	
11	odmaštění	2. stahování	
12	soustružení drážky, krácení	soustružení drážky	
13	měření, vzhledová kontrola	popouštění, čištění	
14		měření, vzhledová kontrola	

## ZÁVĚR

Střelivo je určeno k použití v palných zbraních, kdy jeho účelem je, aby střela, vystřelená ze zbraně zasáhla v určité vzdálenosti cíl a vyvolala požadovaný účinek. Aby toto bylo možné, jsou na střelivo kladeny vysoké kvalitativní požadavky. Diplomová práce se v teoretické části zabývá standardně vyráběným střelivem, od počátku jeho vzniku až po současné výrobní provedení a následně jeho možným provedením kdy je klasická mosazná nábojnice, případně střela, nahrazena polymerním materiálem.

Cílem diplomové práce bylo shrnutí dostupných informací o současném stavu nábojů, kdy je jako materiál při jeho výrobě použit plast a ověřit funkční vlastnosti takto vyrobeného náboje. Praktickými zkouškami bylo zjištěno, že provedení náboje s nábojnicí, která byla opatřena kovovým dnem a plastovým pláštěm je za určitých podmínek funkční, avšak u celoplastové nábojnice vlivem omezené dostupnosti materiálu použitým k výrobě k uspokojivým výsledkům nedošlo. V teoretické rovině byl navržen vhodnější materiál pro výrobu celoplastové nábojnice a provedena simulace možného způsobu jeho vstřikování do formy. Pokud by se v budoucnu podařilo tímto způsobem celoplastovou nábojnicí vyrobit a odzkoušet její funkční vlastnosti s pozitivním výsledkem, tak by se zlevnil celkový proces výroby nábojnic. Dále celoplastová nábojnice přináší i jiné pozitivní vlastnosti, které jsou uvedeny v této diplomové práci.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MATYÁŠTÍK, Dušan, 2016. *Vliv konstrukce pistolového náboje na funkčnost zbraně* [online]. Ostrava [cit. 2018-01-26]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/114893>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [2] ČANDA, Miroslav, 2016. *Srovnání balistických charakteristik loveckého kulového střeliva* [online]. Ostrava [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/114890>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [3] HÝKEL J., MALIMÁNEK V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, ISBN 80-206-0641-6.
- [4] HÝKEL J., MALIMÁNEK V. *Náboje s okrajovým zápalem*. Motoma, s.r.o., Podolí u Brna, ISBN 80-2392035-9
- [5] ŽUK A. B. *Revolvery a pistole*. Naše vojsko, Praha 1993, ISBN 80-206-0364-6
- [6] KOMENDA Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB-TU Ostrava 2006. ISBN 80-248-1254-0.
- [7] KRÍBEK Jan. *Střelné zbraně*. PC-DIR, s.r.o., Brno 1995, ISBN 80-85895-08
- [8] BEAT, P., KNEUBUEHL, *Balistika Střely, přesnost střelby, účinek*. Naše vojsko, Praha 2013, ISBN 80-206-0749-8
- [9] BEER, Stanislav, PLÍHAL, Bohumil, VÍTEK, Roman, JEDLIČKA, Luděk. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1022-0
- [10] Střelivo a plasty, 2015. *Střelecká revue*. Pražská vydavatelská společnost, 2015(10)

## Webové zdroje:

- [11] *Proarms* [online]. ČR [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: [http://shop.proarms.cz/22262-thickbox\\_default/naboj-brokovy-federal-power-shok-12-76mm-brok-6-10mm.jpg](http://shop.proarms.cz/22262-thickbox_default/naboj-brokovy-federal-power-shok-12-76mm-brok-6-10mm.jpg)
- [12] *Sellier Bellot* [online]. ČR [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <https://www.sellier-bellot.cz/>
- [13] *US Patent* [online]. USA [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US2654319>
- [14] *PCP Ammunition* [online]. USA [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.pcpammo.com/>
- [15] *Lucky Gunner* [online]. USA [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://www.luckygunner.com/lounge/pcp-ammo-review/>

- [16] *Picatinny Arsenal* [online]. USA [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [http://www.pica.army.mil/Picatinny/products\\_services/default.aspx](http://www.pica.army.mil/Picatinny/products_services/default.aspx)
- [17] *Engel Ballistic Research* [online]. USA [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://ebrammo.com/>
- [18] *Inceptor* [online]. USA [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://www.inceptorammo.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- ACP - Automatic Colt Pistol - označení skupiny nábojů
- DWM - Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken - německá zbrojovka
- REM - Remington, výrobce střeliva, USA
- Win - Winchester, výrobce střeliva, USA
- SW - Smith&Wesson, výrobce střeliva, USA
- Sprg - Springfield, výrobce střeliva, USA
- CIP - Commission Internationale Permanente pour les épreuves des armes à feu portatives (Mezinárodní stálé komise pro zkoušení ručních palných zbraní pro civilní potřebu)
- SAAMI - Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute (Americká norma pro zbraně a střelivo)
- MPa - jednotka tlaku ( $10^6$  Pa)
- PSI - jednotka tlaku (pound per square inch), síla 1 libry působící na plochu čtverečního palce
- FMJ - Full metal jacket, celoplášťová střela
- BC - balistický koeficient střely
- CuZn - mosaz, slitina mědi a zinku
- Mag. - Magnum, náboj s vyšším výkonem
- SE - Super expres, náboj s vyšší rychlostí
- J - jednotka energie
- S - Stark, označení střely s větším průměrem
- R - Rand, nábojnice s okrajem
- I - Infanterie, vojenský původ ráže náboje
- mm - milimetr, jednotka délkové míry
- grs - grain, jednotka hmotnosti, má hodnotu 0,0648 gramů

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Původní Pauliho náboj a jeho zlepšení	15
Obr. 2. Náboj Bastina Lepageho	16
Obr. 3. Náboje typu Lefauchaux	17
Obr. 4. Flobertův náboj	18
Obr. 5. Náboj E. M. Boxera	19
Obr. 6. Náboj H. Berdana	20
Obr. 7. Školní náboje	23
Obr. 8. Schéma pistolového náboje	26
Obr. 9. Schéma puškového náboje	27
Obr. 10. Tvary střel pistolového střeliva	29
Obr. 11. Tvary střel puškového střeliva	30
Obr. 12. Jednosložkový prach (vlevo), dvousložkový prach (vpravo)	31
Obr. 13. Zápalka typu Boxer	32
Obr. 14. Zápalka typu Berdan	33
Obr. 15. Malorážkový náboj s okrajovým zápalem	34
Obr. 16. Nábojnice náboje lahvovitého (.357 SIG) a válcovitého tvaru (9 mm Luger)	35
Obr. 17. Nábojnice pistolového náboje vyrobená z plastu a z hliníku	36
Obr. 18. Brokový náboj, provedení s nehomogenní nábojnicí (kombinace kov / plast)	36
Obr. 19. Pistolový náboj ráže 6,35 mm Browning	37
Obr. 20. Pistolový náboj ráže 7,65 mm Browning	38
Obr. 21. Pistolový náboj ráže 9 mm Luger	39
Obr. 22. Malorážkový náboj ráže .22 LR	40
Obr. 23. Pistolový náboj ráže .40 S&W	41
Obr. 24. Pistolový náboj ráže .45 ACP	42
Obr. 25. Puškový náboj ráže 9,3 x 74 R	43
Obr. 26. Puškový náboj ráže 7 mm Remington Magnum	43
Obr. 27. Puškový náboj ráže 6,5 x 55 SE	44
Obr. 28. Puškový náboj ráže .308 Winchester	45
Obr. 29. Puškový náboj ráže .223 Remington	45
Obr. 30. Puškový náboj ráže .338 Lapua Magnum	46
Obr. 31. Náboj s plastovou nábojnicí dle návrhu Jacka W. Roskeho	49
Obr. 32. Opakovací kulovnice Remington 700, test střeliva PCP ráže .308W	51

Obr. 33. Olámané ústí nábojnic PCP po výstřelu z opakovací kulovnice	51
Obr. 34. Důsledek exploze nábojů v zásobníku a příčně roztržená nábojnice	52
Obr. 35. Náboj ráže .308 Win, klasické provedení a náboj s plastovou nábojnicí PCP	52
Obr. 36. Střelivo Picatinny - plastová nábojnice i nábojový pás	54
Obr. 37. Řez nábojem Picatinny	54
Obr. 38. Náboj ráže .308 Win, kombinace plastové a kovové nábojnice	55
Obr. 39. Střelivo ráže 7,62 x 51 mm spřažené v pásu	56
Obr. 40. Náboj PolyCase se střelou typu ARX vyrobenou technologií vstřikováním	58
Obr. 41. Náboj PolyCase s plastovou nábojnicí	58
Obr. 42. Průběh rychlosti postupného pohybu střely po opuštění hlavně	60
Obr. 43. Měření tlaku piezoelektrickým snímačem	62
Obr. 44. Grafické metody určení středního bodu zásahu	64
Obr. 45. Grafické metody určení velikosti rozptylového obrazce	64
Obr. 46. Sled operací při výrobě pistolové nábojnice	68
Obr. 47. Sled operací při výrobě puškové nábojnice	68
Obr. 48. Cvičný náboj firmy Arex ráže 9 mm Luger	72
Obr. 49. Delaborovaný původní cvičný náboj a střela typu FMJ o hmotnosti 8 g	72
Obr. 50. Provedení vlastního výstřelu s pohledem na nábojnici	73
Obr. 51. Stav nábojnice po výstřelu - vlevo celkový a vpravo vnitřní pohled.	73
Obr. 52. Jednotlivé části náboje a kompletně vyrobený náboj ráže .45 ACP	74
Obr. 53. Nápich zápalky náboje od zápalníku pistole, k odpálení náboje nedošlo	75
Obr. 54. Model nábojnice pro 3D tiskárnu	75
Obr. 55. Porovnání složeného náboje s plastovou a mosaznou nábojnicí	76
Obr. 56. Porovnání nábojnic	77
Obr. 57. Jednotlivé fragmenty nábojnice po výstřelu, kovové dno a zbytky pláště	77
Obr. 58. Foto výstřelu	77
Obr. 59. Probíhající cyklus po výstřelu	78
Obr. 60. Model nábojnice pro 3D tiskárnu - větší tloušťka stěny	78
Obr. 61. Destrukce nábojnice po výstřelu - 3D tisk, zesílené vnitřní stěny	79
Obr. 62. Expanzní náboj ráže 7,62 x 51 mm výrobce DAG	80
Obr. 63. Upravený náboj z původního expanzního provedení	81
Obr. 64. Nábojnice z plastu - průběh tlaku v závislosti na čase	82
Obr. 65. Nábojnice z mosazi - průběh tlaku v závislosti na čase	82

Obr. 66. Útočná puška CZ Bren 2 ve střeleckém standu	83
Obr. 67. Otevření závěru zbraně v době výstřelu nábojem s plastovou nábojnicí	83
Obr. 68. Otevření závěru zbraně v době výstřelu standardním nábojem	84
Obr. 69. Porovnání hmotností mosazné a plastové nábojnice vyrobené 3D tiskem	86
Obr. 70. Model nábojnice	87
Obr. 71. Orientace vláken	88
Obr. 72. Isochrony – plnění nábojnice	88
Obr. 73. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená	89
Obr. 74. Model nábojnice	89
Obr. 75. Orientace vláken	90
Obr. 76. Isochrony – plnění nábojnice	90
Obr. 77. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená	91
Obr. 78. Model nábojnice	91
Obr. 79. Orientace vláken	92
Obr. 80. Isochrony – plnění nábojnice	92
Obr. 81. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená	93
Obr. 82. Model nábojnice	93
Obr. 83. Orientace vláken	94
Obr. 84. Isochrony – plnění nábojnice	94
Obr. 85. Deformace nábojnice – 5 x zvětšená	95



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Porovnání značení některých ráží puškového střeliva	25
Tab. 2. Nábojnice z plastu - hodnoty naměřeného tlaku a rychlosti střely	81
Tab. 3. Nábojnice z mosazi - hodnoty naměřeného tlaku a rychlosti střely	82
Tab. 4. Porovnání hmotností nábojnic	85
Tab. 5. Porovnání mechanických vlastností materiálů	86
Tab. 6. Seznam operací při výrobě nábojnice.	97