

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Analýza konstrukce a funkční vlastnosti zápalek**

**Analysis of the Design and Functional Properties of the  
Ammunition Primers**

Student: Václav Tůma

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

**Ostrava 2016**

## Zadání bakalářské práce

Student:	<b>Václav Tůma</b>
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma:	<b>Analýza konstrukce a funkční vlastnosti zápalek</b> <b>Analysis of the Design and Functional Properties of the Ammunition Primers</b>
Jazyk vypracování:	čeština

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika a rozdělení zápalek.
2. Konstrukce základních typů zápalek a jejich funkční vlastnosti.
3. Konstrukční a funkční charakteristiky zápalek.
4. Přehled vyráběných typů zápalek.
5. Historický vývoj zápalek a zápalkových složí.
6. Zápalkové slože používané v současnosti.
7. Vliv komponent zápalkové slože na funkční vlastnosti zápalky.
8. Vliv zápalky na balistiku pistolového a puškového kulového náboje.
9. Metody zkoušení zápalek.
10. Přehled sortimentu zápalek SB.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- ČSN 39 2002-1 *Civilní střelné zbraně a střelivo*. Všeobecné termíny a definice. ČNI 1995. 78 s.
- KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006, 131 s. ISBN 80-248-1254-1
- Firemní literatura a výr. dokumentace výrobců zápalek.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Komenda, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry

---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Janu Komendovi, CSc. za ochotu, připomínky a vedení při zpracování práce.

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své 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 předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Václav Tůma

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Havlíčková 1563, Vlašim 258 01

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

TŮMA, V. *Analýza konstrukce a funkční vlastnosti zápalek : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 72 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou a rozdělením zápalek a zápalkových složí. V úvodu jsou zmíněny konstrukce základních typů zápalek a jejich hlavní požadavky. Je zde popsán historický vývoj zápalek a zápalkových složí. V bakalářské práci jsou popsány hlavní metody zkoušení zápalek a možné metody ovlivňující jejich vlastnosti. Byl zkoumán vliv procentuálního obsahu jednotlivých komponent zápalkových složí na funkční vlastnosti zápalky i kompletního náboje. Je analyzován vliv tetrazenu a tricinátu na citlivost zápalky a na balistický výkon pistolového a puškového kulového náboje. Po zhodnocení všech výsledků bylo stanoveno optimální složení zápalkové složky.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

TŮMA, V. *Analysis of the Design and Functional Properties of the Ammunition Primers: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 72 pg. Thesis head: doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

This thesis deals with the characteristic and division of primers and primer mixtures. The constructions of basic types of primers and their main demands are mentioned in the introduction. The historical development of primers and primer mixtures is described there. The main methods of testing the primers and the possible methods influencing their characteristics are described in this thesis. The influence of the percentage of each component of primer mixtures on the functional characteristics of primer as well as complete cartridge was studied. The influence of the tetrazene and the lead styphnate on the sensitivity of primer and on the ballistic output of gun and large rifle cartridge is analysed. The optimal composition of primer mixture was defined after the evaluation of all results.

# OBSAH

<b>1. Charakteristika a rozdělení zápalek .....</b>	<b>11</b>
1.1 Charakteristika zápalek .....	11
1.2 Rozdělení zápalek.....	12
1.3 Hlavní požadavky na zápalky.....	13
<b>2. Konstrukce základních typů zápalek a jejich funkční vlastnosti.....</b>	<b>14</b>
2.1 Konstrukce zápalky Berdan.....	14
2.2 Konstrukce zápalky Boxer .....	14
2.3 Konstrukce zápalky W 209 .....	15
2.4 Funkční charakteristika komponentů zápalky .....	16
2.5 Postup operací při laboraci zápalek.....	17
<b>3. Konstrukční a funkční charakteristiky zápalek .....</b>	<b>18</b>
<b>4. Přehled vyráběných typů zápalek .....</b>	<b>19</b>
<b>5. Historický vývoj zápalek a zápalkových složí.....</b>	<b>20</b>
5.1 Historický vývoj zápalek .....	20
5.1.1 Perkusní zápalka .....	21
5.1.2 Zápalka pro první jednotný náboj .....	22
5.1.3 Količková zápalka, systém Lefauchaux.....	22
5.1.4 Okrajový zápal, systém Flobert .....	23
5.1.5 Konstrukce podobné systému Flobert.....	24
5.1.6 Boxerova zápalka pro brokový náboj .....	25
5.1.7 Morse zápalka .....	26
5.1.8 Benet zápalka .....	26
5.1.9 Martin zápalka .....	27
5.1.10 Berdan zápalka.....	27
5.1.11 Boxer - Gardner zápalka .....	28
5.1.12 Brokové zápalky .....	29
5.2 Základní pojmy z oblasti zápalkových složí .....	31
5.3 Historický vývoj zápalkových složí .....	33
5.3.1 Fulminátové slože - třaskavá rtuť .....	34



<b>6. Zápalkové slože používané v současnosti .....</b>	<b>39</b>
6.1 Tricinátové slože .....	39
6.1.1 Tricinát .....	39
6.1.2 Tetrazen .....	40
6.2 Netoxické zápalkové slože .....	43
6.2.1 Netoxická zápalková slož na bázi Dinolu .....	43
6.2.2 Netoxická zápalková slož na bázi Tetrazenu - NONTOX .....	45
<b>7. Vliv jednotlivých komponent zápalkové slože na funkční vlastnosti zápalky .....</b>	<b>47</b>
7.1 Vliv obsahu třaskavin ve složi na citlivost na náraz .....	47
7.2 Vliv obsahu tricinátu na výkon zápalky .....	49
<b>8. Vliv zápalky na balistiku pistolového a puškového kulového náboje.....</b>	<b>52</b>
8.1 Vliv zápalky na balistiku pistolového náboje.....	52
8.1.1 Měření tlaku u pistolového náboje.....	53
8.1.2 Měření rychlosti střely u pistolového náboje.....	54
8.1.3 Měření akčního času u pistolového náboje.....	57
8.2 Vliv zápalky na balistiku puškového kulového náboje.....	58
8.2.1 Měření tlaku u puškového kulového náboje.....	59
8.2.2 Měření rychlosti střely u puškového kulového náboje.....	60
8.2.3 Měření akčního času u puškového kulového náboje.....	61
<b>9. Metody zkoušení zápalek .....</b>	<b>62</b>
9.1 Kontrola vzhledu a rozměrů zápalek.....	62
9.2 Kontrola složení zápalkové slože .....	63
9.3 Kontrola manipulační bezpečnosti .....	63
9.4 Kontrola funkce zápalek.....	63
9.5 Kontrola citlivosti v pouzdře - metoda dvou výšek (HM, DM) .....	64
9.6 Kontrola citlivosti v nábojnici - metoda dvou výšek (HM, DM).....	65
9.7 Kontrola citlivosti křivka v nábojnici - metoda Run - down.....	66
<b>10.Přehled sortimentu zápalek S&amp;B.....</b>	<b>67</b>
<b>11.Závěr .....</b>	<b>70</b>
<b>12.Seznam použité literatury .....</b>	<b>71</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

ACP	Automatic Colt Pistol
Bar	Vedlejší jednotka tlaku (1 bar = 0,1 MPa)
°C	Celsiův stupeň jednotka teploty
Cu	Cuprum, měď
DM	Dolní mez citlivosti
EPVAT	Electronic Pressure Velocity and Action Time
FMJ	Full metal jacket, celoplašťová střela
HM	Horní mez citlivosti
HPI	Rakouský výrobce piezoelektrických snímačů
J	Joule jednotka práce a energie
KX4	Pádový přístroj
MPa	Mega Pascal jednotka tlaku
PCL	Belgický druh výmetné náplně
Pb	Plumbum, olovo
Rem.	Americký výrobce střeliva Remington
RWS	Německý výrobce střeliva
S	Směrodatná odchylka
S&B	Výrobce střeliva Sellier & Bellot
SMP	Americký druh výmetné náplně
TNRO	Tricinát (Trinitroresorcinát olovnatý) třaskavina
UMC	Americký výrobce střeliva
Win	Americký výrobce střeliva Winchester
Zn	Zincum, zinek
cm	Centimetr jednotka délky
cm <sup>3</sup>	Centimetr krychlový jednotka objemu
g	Gram jednotka hmotnosti
kg	Kilogram základní jednotka hmotnosti
kcal/kg	Jednotka výbuchového tepla
ks	Kus jednotka množství
m/s	Metr za sekundu jednotka rychlosti
ms	Milisekunda jednotka času
μs	Mikro sekunda jednotka času
v <sub>16</sub>	Rychlost střely v 16 metrech
v <sub>24</sub>	Rychlost střely ve 24 metrech
%	Procento
Δ	Rozptyl hodnot
∅	Průměr

# 1. CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ ZÁPÁLEK

## 1.1 Charakteristika zápalek [1], [2], [18]

Zápalky jsou iniciátory malého výkonu, určené k zážehu výmetné prachové náplně. Používají se k zážehu malorážového střeliva, u dělostřeleckých palných zbraní a speciálních systémů např. zápalkových šroubů a pouzder. Zápalky se středovým zápalem jsou zalisovány do lůžka ve středu dna nábojnice. Konstrukčně uspořádaný systém středového zápalu se skládá z mosazného kalíšku, zápalkové slož, krycího kotoučku, laku a mosazné kovadlinky. Zápalky se aktivují nárazem zápalníku na dno kalíšku, které narazí zápalkovou slož na kovadlinku. U okrajového zápalu je zápalková slož zalisovaná nebo vetřená do okraje náboje, který pomocí úderu zápalníku narazí dno na zadní část nábojové komory. Dochází k přeměně kinetické energie zápalníku na energii tepelnou s výsledkem plamene o vysoké teplotě za uvolnění vysokého množství tepla. Vzniklý plamen prošlehne zátravkou do prostoru výmetné náplně. Intenzivnější a silnější plamen zápalky zajišťuje rychlejší průběh vzplanutí výmetné náplně.



Obrázek 1.1 Druhy zápalek vyráběné S&B [vlastní]

## 1.2 Rozdělení zápalek

### a) Podle způsobu aktivace

**Mechanické** zápalky jsou aktivovány nárazem zápalníku, náboje s okrajovým a středovým zápalem.

**Elektrické** zápalky jsou aktivovány elektrickým impulsem. Součástí je elektrická pilule, která aktivuje zápalkovou slož v zápalce. Použití u leteckých kulometů s vysokou kadencí.

**Dvojité** zápalky jsou aktivovány elektrickým impulsem a záložní aktivace je mechanická.

### b) Podle určení použití

**Zápalky vojenské** důraz na manipulační bezpečnost a spolehlivost aktivace.

**Zápalky policejní** důraz na netoxickou zápalkovou slož.

**Zápalky civilní** důraz na spolehlivou aktivaci zápalkové slož.

### c) Podle druhu zbraně

**Zápalky pro pistolové a revolverové střelivo** určené pro krátké zbraně.

**Zápalky pro puškové střelivo s jednotnou střelou** určené pro dlouhé kulové zbraně.

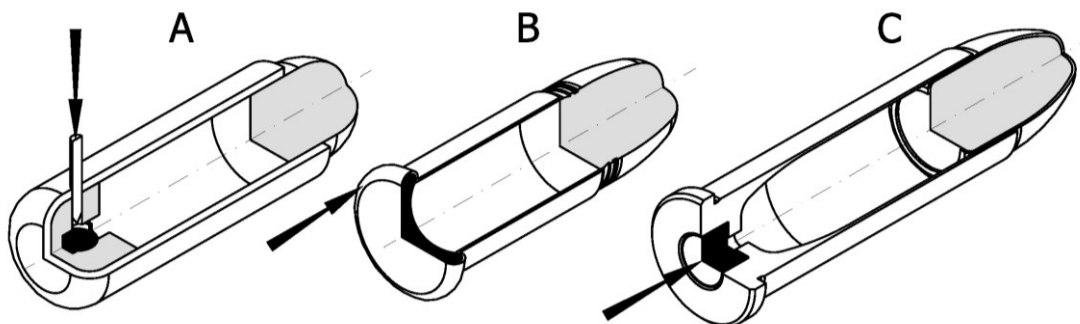
**Zápalky pro puškové střelivo s hromadnou střelou** určené pro brokovnice.

### d) Podle druhu zápalu [1], [8]

**Kolíčkový** (systém Lefauchaux) zápalka uložena svou podélnou osou kolmo na osu náboje, k aktivaci zápalkové slož dochází úderem ocelového kolíčku s hrotem. Dnes se u střeliva tento druh zápalu nepoužívá.

**Okrajový** funkci zápalky nahrazuje zalisovaná nebo vetřená zápalková slož v okraji dna nábojnice. Zápalková slož se aktivuje nárazem zápalníku na okraj nábojnice, který dosedá v komoře zbraně. Použití u střeliva pro malorážky a flobertky.

**Středový** nejvyšší vývojový stupeň zážehu, k aktivaci zápalkové složky dochází nárazem zápalníku do středu dna nábojnice. Můžeme se setkat s dvěma konstrukčními variantami typ Berdan a typ Boxer.



Obrázek 1.2 Druhy zápalu [1]

A – kuličkový zápal (Lefauchaux)  
B – okrajový zápal  
C – středový zápal

Šipky naznačují směr dopadu zápalníku zbraně na iniciátor vyznačený tmavě.

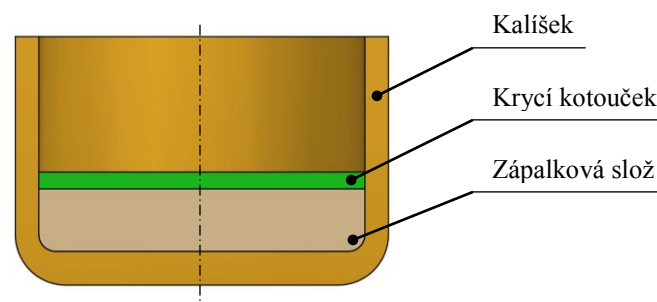
### 1.3 Hlavní požadavky na zápalky [1], [2]

- **Bezpečnost při manipulaci** odolnost proti předčasné aktivaci zápalky např. při pádu nebo ve výrobě.
- **Spolehlivost aktivace** v celém rozsahu provozních teplot střeliva.
- **Dostatečná a pravidelná zážehová mohutnost** zajišťující spolehlivý zážeh výmetné náplně v nejkratším čase. Plamen musí být intenzivní a dostatečně dlouhý.
- **Minimální toxicita** minimalizace těžkých kovů ve zplodinách zvláště při střelbě v uzavřených prostorech.
- **Nekorozivní a neerozivní účinky** zplodiny hoření složky nezpůsobují korozi a erozi vývrtu hlavně a korozi mosazných nábojnic.
- **Výrobně ekonomická** jednoduchá konstrukce, možnost sériové výroby, unifikace hlavních částí zápalky.

## 2. KONSTRUKCE ZÁKLADNÍCH TYPŮ ZÁPALK A JEJICH FUNKČNÍ VLASTNOSTI

### 2.1 Konstrukce zápalky Berdan [6]

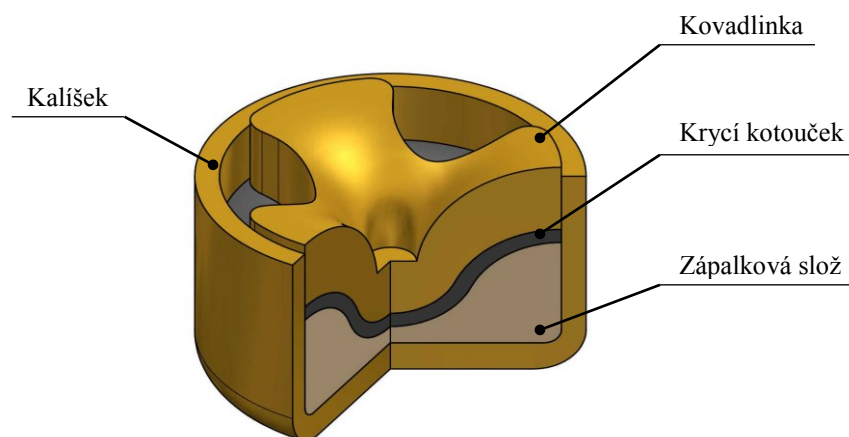
Zápalka tohoto provedení neobsahuje ve svém celku kovadlinku. Kovadlinka je součástí dna nábojnice, kde jsou také zpravidla dva zážehové otvory. Zážehové otvory se vrtají podle požadavků o průměru 0,8 až 1,2 mm. Zápalka se skládá z válcového kovového kalíšku, do kterého je zalisovaná zápalková slož. Zápalková slož je překryta krycím kotoučkem, který je zalakován.



Obrázek 2.1 Zápalka konstrukce 4,5 Berdan [vlastní]

### 2.2 Konstrukce zápalky Boxer [6]

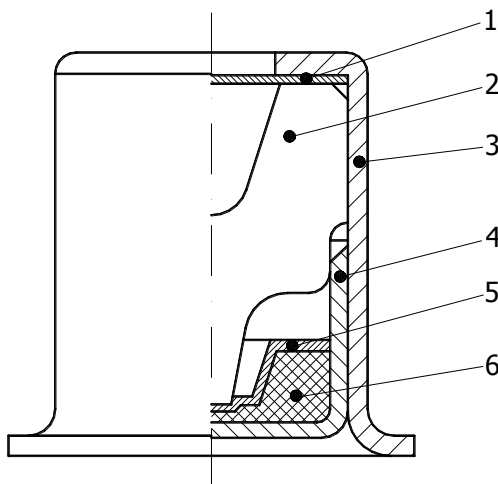
Zápalka má ve srovnání se zápalkou typu Berdan navíc tříkřídlou kovadlinku. Výroba lůžka nábojnice je jednodušší, než tvarování kovadlinky a vyvrtávání zážehových otvorů jako u typu Berdan. Centrální zážehový otvor se vysekne na postupovém lisu o průměru 1,2 až 1,9 mm podle požadavků. Výhodou zápalék s kovadlinkou je snadná delaborace a možnost použití při přebíjení nábojů.



Obrázek 2.2 Zápalka konstrukce Boxer [vlastní]

## 2.3 Konstrukce zápalky W 209

Zápalka určená pro brokové náboje. Součástí zápalky je vlastní plochá kovadlinka s hrotem. Předností zápalky typu W 209 je velmi dobrá spolehlivost při nízkých teplotách.



Obrázek 2.3 Zápalka W 209 - řez [1]

1 - krytka, 2 - kovadlinka, 3 – objímka, 4 - kalíšek, 5 - krycí fólie, 6 - zápalková slož.



Obrázek 2.4 Zápalka W 209 výrobce S&B [vlastní]



Obrázek 2.5 Zápalka W 209 výrobce Martignoni [vlastní]

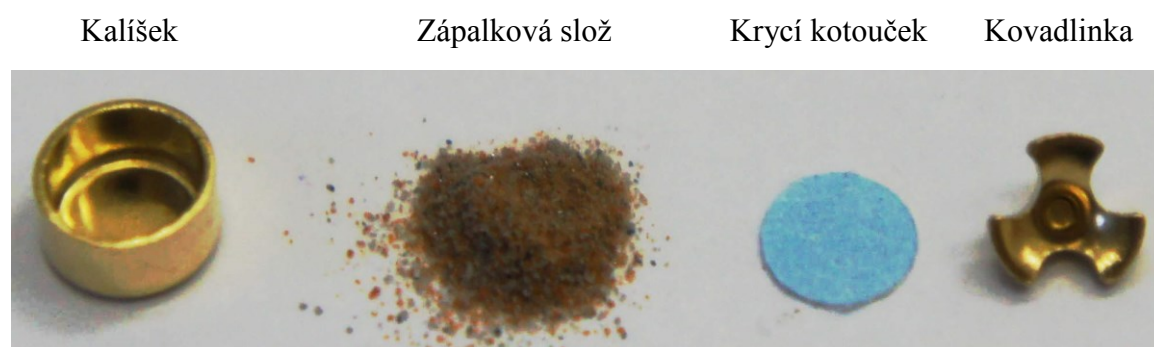
## 2.4 Funkční charakteristika komponentů zápalky

**Kalíšek** je výtažek válcového tvaru, který spojuje jednotlivé komponenty zápalky v jeden pevný celek. Vyrábí se tažením ze slitiny mosazi CuZn30 (mosaz s 70 % mědi a 30 % zinku), případně z tombaku nebo oceli. Po operaci tažení se musí odmastit, vyčistit a vysušit. Kalíšek se pro určité typy zápalek povrchově upravuje např. niklováním nebo černěním (atrapa), snaha odlišit zápalkovou slož. Konstrukční charakteristika kalíšku je tloušťka dna, ovlivňuje manipulační bezpečnost a požadovanou citlivost zápalky. Tloušťka dna se volí v rozmezí 0,4 až 0,8 mm.

**Krycí kotouček** slouží k ochraně zalisované zápalkové slož před vlhkostí. Kotouček se vysekává z krepového papíru, který je potažen polyetylénovou fólií. K dosažení požadované hermetičnosti a zabránění možnému vyprášení zápalkové slož se krycí kotouček zalakovává nitrocelulózovým lakem. Pro rozlišení jednotlivých typů zápalek se používají různé barvy laku. V minulosti se používali fólie cínu a olova.

**Kovadlinka** je výlisek většinou s tříkřídlý u brokové zápalky je tvar plochý s hrotem. Vyrábí se vysekáváním ze slitiny CuZn37 (mosaz s 63 % mědi a 37 % zinku), kovadlinka je tvrdší než kalíšek. Tvarem a výškou lze upravovat požadované iniciační vlastnosti zápalky.

**Zápalková slož** je iniciační směs, která slouží k zažehnutí výmetné prachové náplně. Podrobněji v kapitole zápalkové slož.

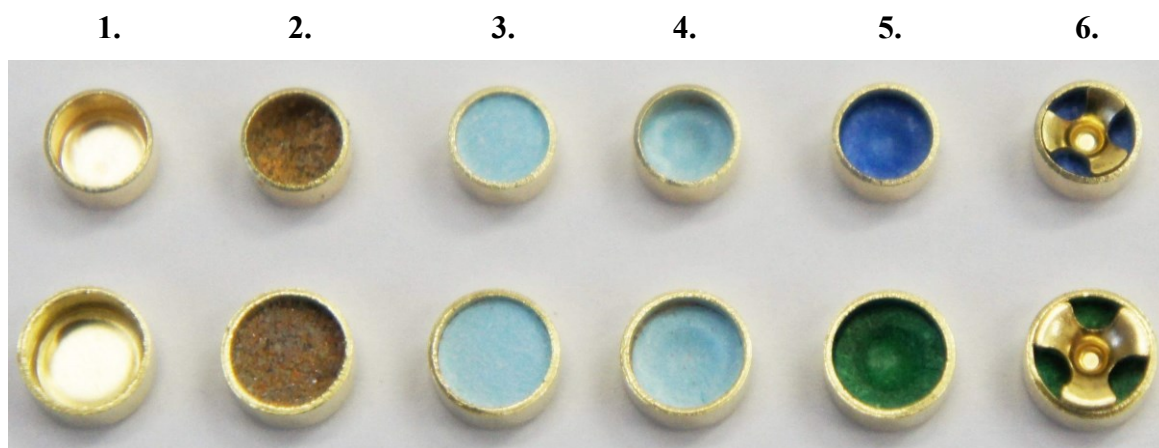


Obrázek 2.6 Komponenty zápalky 4,4 SP [vlastní]



## 2.5 Postup operací při laboraci zápalek

1. Nahazování kalíšků do lžíce.
2. Dávkování odměřené (objemově) zápalkové složky (tolerance  $\pm 0,001$  g).
3. Výsek krycího kotoučku a optická kontrola usazení krycího kotoučku v kalíšku.
4. Lisování zápalkové složky (používá se hydraulický 150-tunový lis).
5. Lakování slisované složky krycím lakem a sušení v průběžné peci.
6. Kompletace kalíšku a kovadlinky na předepsaný rozměr pomocí lisu a poslední operace optická kontrola kompletnosti zápalky.



Obrázek 2.7 Postup operací při laboraci zápalek, horní řada zápalka 4,4 SP, dolní řada 5,3 LP [vlastní]

### 3. KONSTRUKČNÍ A FUNKČNÍ CHARAKTERISTIKY ZÁPALK

- **Vnější rozměry zápalky (průměr, výška)** nejmenší jsou pistolové a největší jsou puškové.
- **Tloušťka dna kalíšku** se zápalkovou složí určuje citlivost zápalky. Dno musí mít dostatečnou tloušťku, která zaručí bezpečnou manipulaci a nedojde k průrazu kalíšku zápalníkem. V praxi se volí hodnota v rozmezí 0,4 do 0,8 mm.
- **Hmotnost zápalkové slože** se pohybuje v setinách až desetínách gramu. Množství je přibližně 1% hmotnosti výmetné náplně.
- **Horní mez citlivosti (HM)** je pádová výška zkušebního závaží, která zabezpečuje spolehlivou aktivaci zápalky. Důležitý ukazatel spolehlivé funkce zápalky.
- **Dolní mez citlivosti (DM)** je pádová výška zkušebního závaží, která vylučuje aktivaci zápalky. Důležitý ukazatel manipulační bezpečnosti zápalky.
- **Křivka citlivosti** udává závislost pravděpodobnosti iniciace zápalek na pádové výšce zkušebního závaží o stanovené hmotnosti. Průběh centrální části křivky citlivosti může mít různou strmost. Rostoucí strmost svědčí o vyšší kvalitě zápalek.
- **Pole citlivosti** je toleranční rozptyl mezi horní a dolní mezí citlivosti zápalky. Užší pole citlivosti vyjadřuje kvalitnější výrobu zápalek. S rostoucí šířkou pole citlivosti se kvalita výroby zápalek snižuje.

## 4. PŘEHLED VYRÁBĚNÝCH TYPŮ ZÁPALK

### Podle Ø lůžka v nábojnici

Ø 4,4 mm zápalky určené pro pistolové, revolverové a malé puškové střelivo např.  
ráže 5,56x45.

Ø 5,3 mm zápalky určené pro velké puškové střelivo a velké pistolové střelivo např.  
ráže .45 ACP.

**Brokové střelivo** zápalka konstrukce W 209 (obr.2.3 až 2.5).

### Vyráběné typy zápal

<b>SP</b>	Small Pistol	malá pistolová
<b>SP-S</b>	Small Pistol – Stanag	malá pistolová norma NATO
<b>SPM</b>	Small Pistol Magnum	malá pistolová výkonnější
<b>SPMP</b>	Small Pistol Magnum Pistol	malá pistolová výkonnější pro pistole
<b>SR</b>	Small Rifle	malá pušková
<b>SRM</b>	Small Rifle Magnum	malá pušková výkonnější
<b>LP</b>	Large Pistol	velká pistolová
<b>LR</b>	Large Rifle	velká pušková
<b>LRM</b>	Large Rifle Magnum	velká pušková výkonnější
<b>LR-PX</b>	Large Rifle PX	velká pušková a typ slože
<b>LR-SE</b>	Large Rifle SE	velká pušková zesílené dno

## 5. HISTORICKÝ VÝVOJ ZÁPALEK A ZÁPALKOVÝCH SLOŽÍ

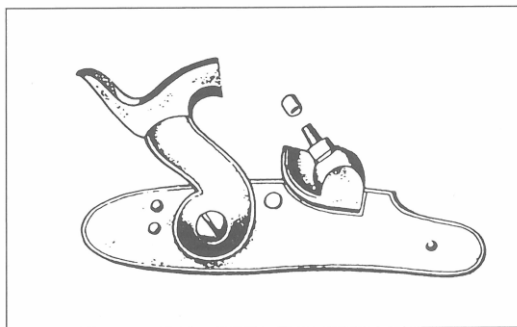
### 5.1 Historický vývoj zápalek [3], [4], [5], [9]

Vývoj zápalek je úzce spojen s vývojem palných zbraní. Do počátku 19. století se jako výmetná i zažehovací náplň používal černý prach. Je to směs dusičnanu draselného, síry a dřevného uhlí. U nejstarších palných zbraní je v zadní části nábojové komory otvor. Tento zažehovací otvor se směrem k vnějšímu povrchu zbraně rozšiřuje, kde je zakončen páničkou. Zažehnutý černý prach na páničce prohořel otvorem do nábojové komory a zažehl výmetnou náplň.

V počátku se černý prach zapaloval žhavým uhlíkem nebo loučí. Zdokonalením zážehu se stal jednoduchý doutnákový zámek, byla to šňůra pomocná k zapálení černého prachu. Zásadním zdokonalením se stal křesadlový zámek. Ten nepotřeboval vedlejší plamen, ale vykřesal pomocí křemene zažehovací jiskru. Nevýhodou černého prachu byl nízký výkon, možnost zvlhnutí a časová prodleva, která zhoršovala střelbu na pohyblivý cíl.

Postupným vývojem chemie třaskavin se podařilo zmíněné nedostatky vyřešit. Koncem 18. století objevil Louis Bertholet velmi energetické okysličovadlo chlorečnan draselný. Na jeho základě se zrodila první zážehová slož. Ta byla tvarována lisováním do výbušných kuliček, čoček nebo tabletek. Vkládaly se před výstřelem do zážehové dutiny a byly aktivovány mechanickým podnětem.

To se stalo základem pro vznik perkusního zámku, jehož princip je založen na úderu kohoutu zbraně na citlivou zážehovou slož. Přestavbou křesadlových zámků vznikaly první zámky perkusní. První kdo přišel s myšlenkou použít zážehovou slož do upraveného křesadlového zámku, čímž ho přeměnil na zámek perkusní, byl Skot Alexandr Forsyth.



Obrázek 5.1 Perkusní zámek [3]

### 5.1.1 Perkusní zápalka

Od výbušných tabletek byl již jen krok k zalisování zážehové složky do kovového kalíšku. V letech 1810-1820 se objevují první perkusní zápalky. Kdo první přišel na myšlenku vyrobit perkusní zápalku zůstane nezodpovězenou otázkou, protože v souvislosti s vynálezem literatura uvádí řadu jmen Angličanů Egg a Lancaster, Francouzi Pauli, Bellot a Lepage, Němci Dreyse a Collenbusch a Američan Shaw. Nikoho z nich však nelze spolehlivě označit za vynálezce perkusní zápalky. Mezi prvními továrnami na výrobu perkusních zápalek byla i pražská Sellier & Bellot, založená v roce 1825.

Kalíšek perkusní zápalky byl vyráběn převážně z mědi, složení zážehové složky se podle výrobců měnilo. Tak například Lepage používal směs 33 % chlorečnanu draselného a 67 % černého prachu. Zážehová složka byla z bezpečnostních hledisek překryta kotoučkem papíru nebo cínové folie. Pro dosažení větší stability zápalky se krycí kotouček později lakoval proti vlhkosti. Perkusní zápalka se stala modernizačním prvkem s vysokou funkční spolehlivostí a manipulační bezpečností. Zároveň utěsnila zážehovací otvor proti úniku plynů.

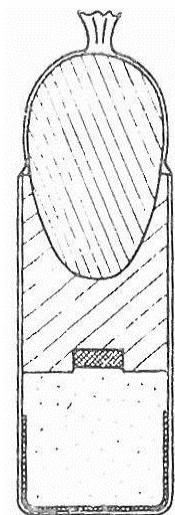


Obrázek 5.2 Perkusní zápalka křídélková vlevo, typ Benger vpravo [3]

V roce 1823 do zážehových složí poprvé použil Wright třaskavou rtuť ke zvýšení citlivosti složky. Důležitým krokem ke zdokonalení složí byla náhrada dosud používaných hořlavých látek síry a dřevěného uhlí sirníkem antimonitým. Sirník antimonitý zvyšuje citlivost a hoří energetickým plamenem. Zavedením třaskavé rtuti, chlorečnanu draselného a sirníku antimonitého do zážehových složí byl vlastně ukončen vývoj perkusní zápalky.

### 5.1.2 Zápalka pro první jednotný náboj

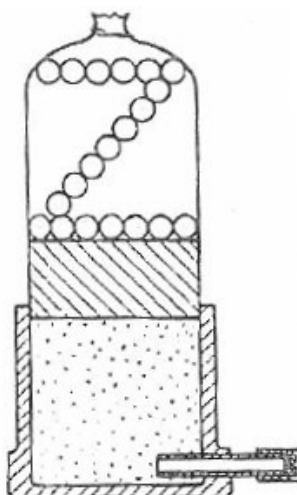
Jednotným nejrozšířenějším nábojem obsahujícím ve své sestavě zápalku se stal náboj do pruské jehlovky konstrukce Dreyseho. Zápalka byla umístěna v lůžku uprostřed náboje s těsnící zátkou, protože Dreyse se domníval, že zážeh výmetné náplně ze středu je dokonalejší než ze dna. Byla aktivována nápichem jehly umístěné v závěru zbraně. Zápalková slož byla na bázi chlorečnanu draselného a sirníku antimonitého.



Obrázek 5.3 Dreyseho náboj [9]

### 5.1.3 Količková zápalka, systém Lefauchaux

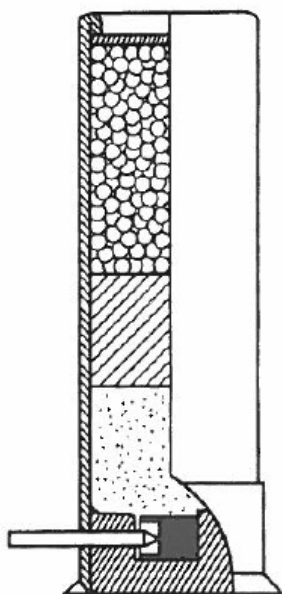
Francouzský puškař Lepage získal v roce 1829 patent na náboj s mosaznou nábojnicí. Nábojnice měla těsně nad okrajem vletovanou trubičku kolmo k ose nábojnice. Vnitřní konec trubičky zasahoval do výmetné náplně a na vnější konec se nasadila perkusní zápalka. Zápalka byla aktivována nárazem kohoutu zbraně.



Obrázek 5.4 Lepageho náboj [9]

Casimir Lefaucheux obdržel v roce 1835 patent na papírovou nábojnici s mosazným kováním. Kováním procházel ocelový kolíček (kovadlinka), jehož vnitřní špičatá část dosedala do zápalky umístěné uvnitř nábojnice. Nevýhodou nábojnice byla nedostatečná tuhost, proto se při výstřelu deformovala.

Tuto nevýhodu se podařilo odstranit Houillierovi, který zesílil dno nábojnice slisovaným papírem, v jehož středu bylo vytvořeno lůžko zápalky. Do lůžka se umístila perkusní zápalka kolmo k ose nábojnice. Nábojová komora pro náboj s kolíčkovou kovadlinkou je opatřena vybráním, do kterého po nabití náboje dosedne kolíček.



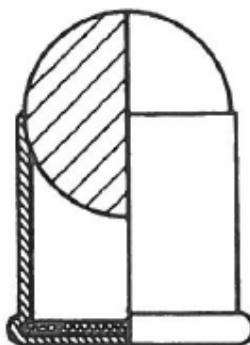
Obrázek 5.5 Lefaucheuxův náboj [4]

Po roce 1850 začal vyrábět syn C. Lefaucheuxeho Eugene Lefaucheux zbraně pro náboje se zápalkou s kolíčkovou kovadlinkou a označoval je jako „systém Lefaucheux“. Náboje se systémem Lefaucheux se rychle rozšířily pro revolvery i pro brokovnice. Brokové náboje se používaly přes 100 let a jejich výrobu ukončil poslední výrobce tohoto systému italská firma Giulio Focchi v roce 1954.

#### 5.1.4 Okrajový zápal, systém Flobert

V roce 1831 si francouzský puškař Robert nechal patentovat náboj, který měl zážehovou slož zalisovanou po celém dně nábojnice. Náboj měl sice centrální zápal avšak vytvářel základ konstrukce náboje s okrajovým zápal.

V roce 1849 získal Francouz Nicolas Flobert patent na jednotný náboj s okrajovým zápalem. Zážehová slož v tomto náboji tvořila zároveň i výmetnou náplň.



Obrázek 5.6 Flobertův náboj [4]

Náboj měl uspokojivou funkci a byl vyráběn jednoduchou technologií za dostupnou cenu. Náboje s okrajovým zápalem se dnes nazývají náboji Flobertovými stejně neoprávněně, jako náboje se zápalkou s kolíčkovou kovadlinkou náboji Lefauchexovými.

Náboje zdokonalili v USA Smith & Wesson, byly vyráběny rážích od 4 mm do 1 palce. První náboj firmy S & W byl .22 Short, který obsahoval i výmetnou náplň v podobě černého prachu. Při střelbě se dna nábojnic prohýbala směrem ven a blokovaly otáčení válce revolveru. Tento problém firma S & W vyřešila tím, že zápalkovou slož začala vtírat jen do okraje nábojnic. Největší náboj běžně používaný byl ráže .44, který použil Henry pro svou známou opakovačku. Nejznámější náboj s okrajovým zápalem se stal velmi přesný terčový .22 Long rifle. Postupným zaváděním bezdýmných prachů se výroba nábojů omezila do max. ráže .22. Ve snaze obejít patent vznikaly v průběhu let různé konstrukční tvary.

### 5.1.5 Konstrukce podobné systému Flobert

Tyto konstrukce nevznikly jako napodobenina nábojů Flobert, nýbrž pro obejití patentu revolverů s úplně provrtanými komorami.

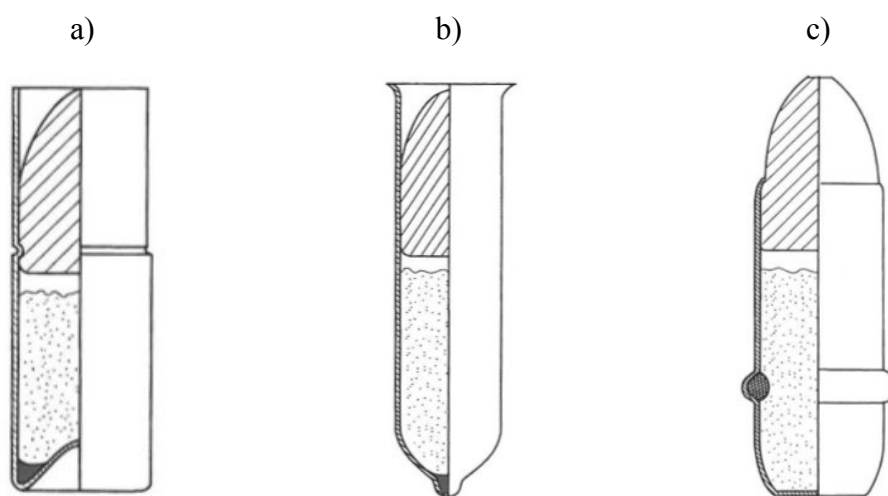
V roce 1859 patentoval J. White a W. Ellis náboj s číškovou zápalkou obr. 3.7 a. Dno nábojnice má dutinu a v mezeře mezi stěnou dutiny a pláštěm je zalisovaná zážehová slož. Štřela byla zapuštěna v nábojnici. V literatuře se tyto náboje někdy nazývají „náboje bezokrajové s okrajovým zápalem“.



V roce 1860 byl udělen patent E. Allenovi na náboj „s pyskem“. Náboj byl používán v revolverech a musel být do komory nabíjen jen v určité poloze. Úspora až  $\frac{3}{4}$  zážehové složky v náboji a tím zvýšená bezpečnost při výrobě.

V roce 1863 byl udělen patent D. Moresovi na náboj s bradavkou obr. 3.7 b. Nábojnice má dno protažené do kužele, kde v dutině je zážehová složka. Tento typ nábojů měl střelu rovněž zalisovanou uvnitř nábojnice.

V roce 1865 byl udělen patent S. Crispinovi na náboj s prstencovou zápalkou obr. 3.7 c. Prstencový okraj byl vytvořen v jedné třetině nábojnice, ve kterém byla zážehová složka. Náboj byl vyráběn pro revolver v ráži .32.



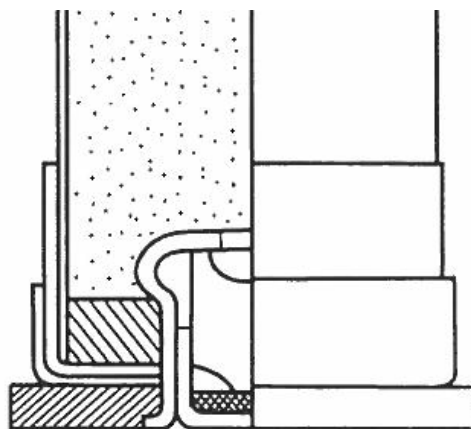
Obrázek 5.7 Konstrukce podobné systému Flobert [4]

a) náboj White a Ellis, b) náboj Morse, c) náboj Crispin.

### 5.1.6 Boxerova zápalka pro brokový náboj

Angličan Pottet v roce 1855 patentoval brokový náboj, který měl uprostřed dna nábojnice vytvořeno lůžko zápalky se zážehovým otvorem. Kalíšek se zážehovou složkou a kovadlinkou byl zalisován do lůžka nábojnice.

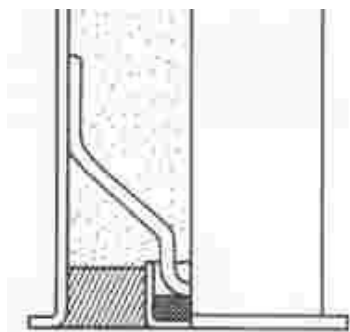
Náboje Pottetova typu neměly uspokojivou funkci, proto obdržel Eduard Boxer objednávku na vylepšení konstrukce náboje. Vyrobil nábojnici s velmi složitou konstrukcí, složenou z několika vrstev mosazného plechu, papíru a ocelového kotoučku, který tvořil okraj nábojnice. Tyto vrstvy byly uprostřed dna staženy dutým nýtem, který sloužil jako lůžko zápalky. Zápalka obsahovala plochou kovadlinku, patentovaná byla v roce 1866 Boxerem.



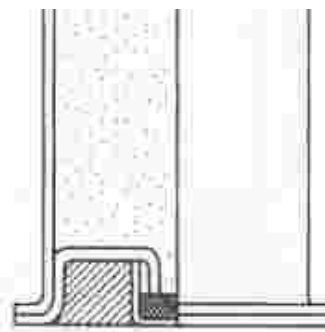
Obrázek 5.8 Boxer zápalka [4]

### 5.1.7 Morse zápalka

Američan F. Morse zkonstruoval v roce 1858 jednotný náboj s ocelovou nábojnicí a vlastní vnější zápalkou. Kovová nábojnice byla tvořena trubkou, dno bylo roztažené gutaperčovou zátkou s otvorem. Špička přehnutého ocelového drátu tvořila kovadlinku, konce drátu se opíraly o vnitřní stěnu nábojnice. V druhé fázi vývoje tohoto náboje byla ze dna vytvořena kovadlinka se zážehovým otvorem.



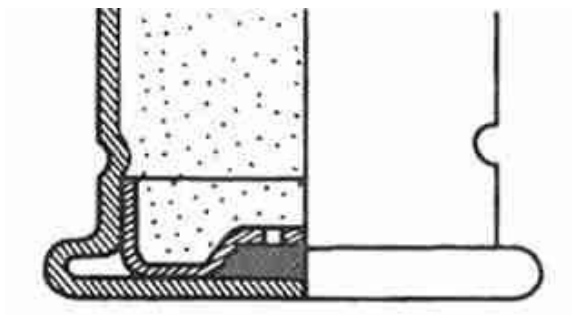
Obrázek 5.9 Zápalka Morse [4]



Obrázek 5.10 Zdokonalená zápalka Morse [4]

### 5.1.8 Benet zápalka

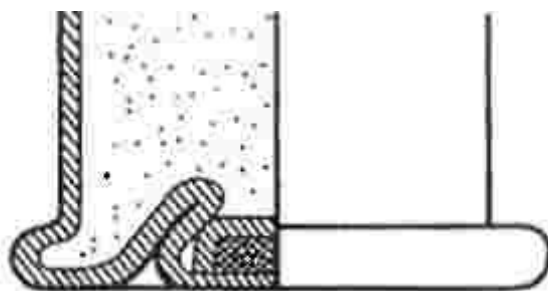
Plukovník S. Benet zkonstruoval tuto zápalku v roce 1868, nábojnice byla měděná s okrajem. Do dna nábojnice byl vsazen kalíšek, který přesně lícuje s vnitřní stěnou nábojnice. Uprostřed kalíšku jsou po straně zážehové otvory. Kovadlinku tvoří dno lůžka a v lůžku je uložena zážehová slož. Nevýhoda u vnitřních zážehů je nemožnost přebíjení nábojů.



Obrázek 5.11 Zápalka Benet [4]

### 5.1.9 Martin zápalka

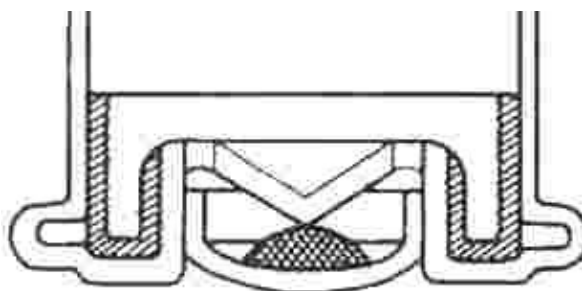
Američan E. Martin patentoval v roce 1869 zápalku umístěnou ve skládaném dnu nábojnice. Složitým skládáním dna nábojnice vzniklo vnitřní pouzdro, kde byl zajištěn kalíšek zápalky. Tento typ zápalky byl používán v mosazných nábojnicích, ale pro svou složitost byl brzy opuštěn.



Obrázek 5.12 Zápalka Martin [4]

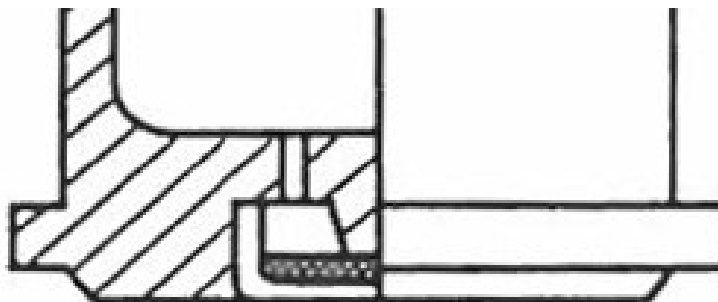
### 5.1.10 Berdan zápalka

Hiram Berdan patentoval zápalku v roce 1866, vycházel ze zápalky typu Morse. Zápalka typu Berdan se skládala z objímky, ve které byla kovadlinka a zážehový otvor. Zážehový otvor a kovadlinka byly umístěny mimo osu objímky. Zážehová slož byla zalísovaná do objímky a ta byla zalícovaná do otvoru ve dně nábojnice.



Obrázek 5.13 Původní zápalka typu Berdan [4]

Tvar lůžka se později tvaroval přímo z materiálu nábojnice. Zážehové otvory byly v místě přechodu dna v kovadlinku, tento typ zápalky byl patentován o dva roky později. Nábojnice se zápalkou typu Berdan byla první, kterou šlo přebíjet.

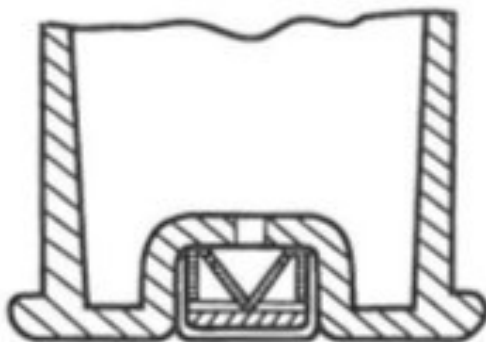


Obrázek 5.14 Zápalka typu Berdan [4]

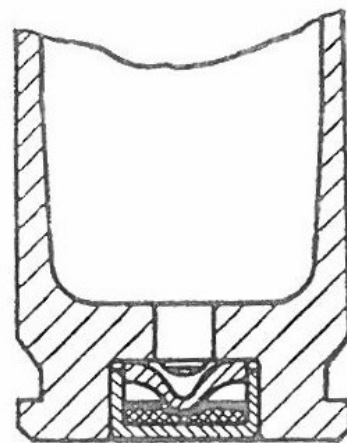
### 5.1.11 Boxer - Gardner zápalka

Zaváděním bezdýmných prachů v 80. letech 19. století do nábojů si vyžádalo používání nábojnic s masivní dnem. U nábojnic se objevily potíže se zápalkou typu Berdan. Kovadlinka se při aktivaci zápalky úderem zápalníku částečně deformuje, po přebíjení došlo k takové deformaci, že nastávaly selhače. Začala se znovu zkoušet zápalka typu Boxer, nábojnice měla vytvarované lůžko se středovým zážehem. V kalíšku zápalky byla zalisovaná plochá kovadlinka, která hrotem dosedala na slož. Po opakovaném použití nábojnice kovadlinka vymačkávala střed lůžka, protože byla opřena prakticky ve dvou bodech. Prohnutí lůžka způsobovalo selhače, jako u zápalky Berdan.

Tyto nedostatky odstranil Američan J. Gardner, který získal patent v roce 1878 pro svůj typ zápalky. Gardnerova zápalka je tvořena kalískem se zážehovou složí a vlastní zalisovanou kovadlinkou z mosazného plechu tvaru písmene M. Po obvodu kovadlinky jsou zážehové otvory. Tento tvar kovadlinky umožnil, že síla zápalníku byla přenesena na větší plochu okraje lůžka, kde dno nepodléhá deformaci. Winchester byl první výrobce, který zavedl výrobu tohoto typu zápalky. Výrobce střeliva UMC upravil kovadlinku do kuželového tvaru bez přehnutí okraje. Tento tvar se rychle rozšířil a je používán dodnes.



Obrázek 5.15 Gardner zápalka [4]



Gardner zápalka výrobce UMC [9]

Gardnerovo jméno bylo ve spojení se zápalkou zapomenuto, dnes se zápalka nazývá Boxer. Původní zápalka Boxer byla jiného typu a používaná pouze u brokových nábojů. Konstrukce záparek pro jednotný náboj, byla v podstatě ukončena v 80. letech 19. století, nicméně konstrukce záparek pro brokové náboje se vyvíjela až do 20. století.

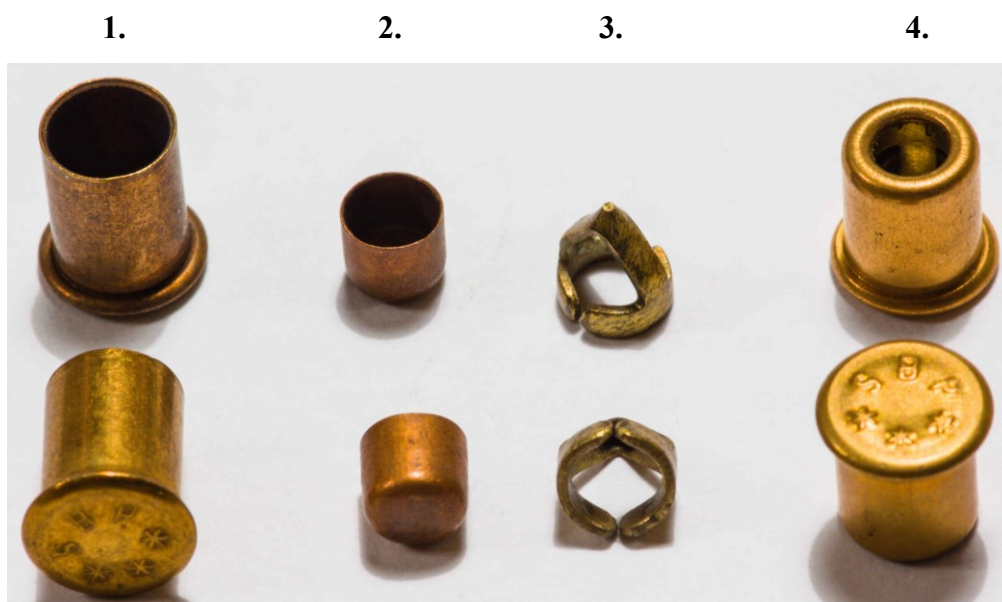
### 5.1.12 Brokové zápalky

Sortiment záparek pro brokové náboje byl vyráběn v široké paletě, téměř všechny druhy můžeme odvodit od základních typů. U mosazných i papírových nábojnic se používaly různé typy záparek konstrukce Berdan.

**Berdan I, II, III, IV** zápalky tohoto provedení se liší v průměru od 4,7 až 6,5 mm, výškou a počtem zážehových otvorů 2 až 3.

**Express** někdy nazývaná „křížková“ dle tvaru kovadlinky. Kovadlinka se vyráběla dvoukřídlá, tříkřídlá i čtyřkřídlá. Zápalka byla používaná spíše pro levnější typy nábojů. Mechanickou konstrukcí byla nevhodná pro použití zážehové složky na bázi tricinátu, proto po zavedení těchto složek zanikla.

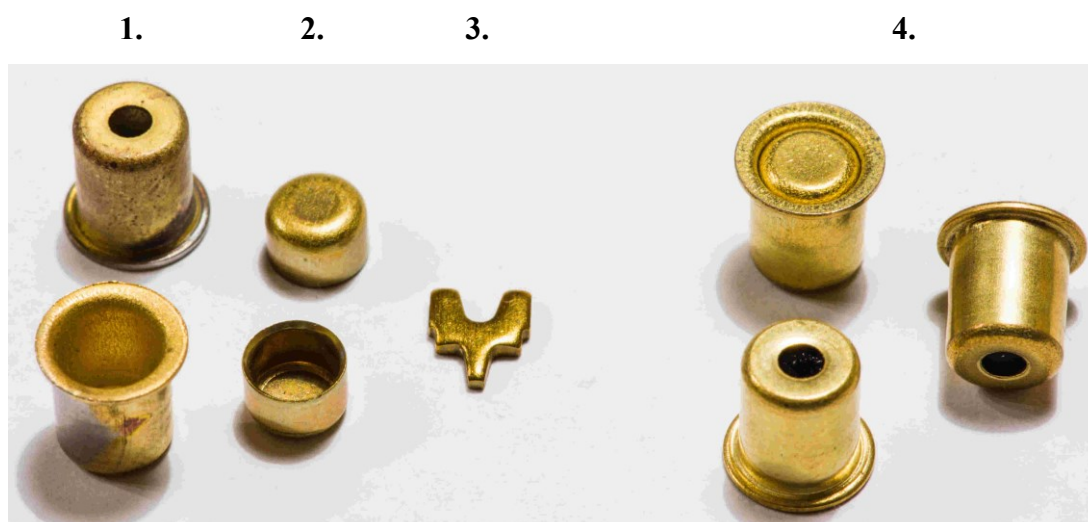
**Gevelot** vyráběná výrobcem střeliva S&B také pod označením „VI“. Zápalka se skládá z objímky s okrajem, kalíšku se zážehovou složkou a konstrukčně složitou kovadlinkou tvaru kužele. Kalíšek s kovadlinkou je v objímce zalemován. Pro své dobré funkční vlastnosti byla zápalkou velmi oblíbenou. Průměr objímky 5,7 – 6,65 mm dle provedení.



Obrázek 5.16 Zápalka Gevelot [vlastní]

1 – objímka s okrajem, 2 – kalíšek se zážehovou složí, 3 – kovadlinka, 4 – kompletní zápalka.

**Zápalka W 209** má jako původní Boxerova zápalka plochou kovadlinku s hrotem. Podle typového označení amerického výrobce střeliva Winchester, se dnes zápalka označuje W 209. Poměrně jednoduchou objímku je možné vyrábět z poměděného nebo pomosazeného železa. Kalíšek a kovadlinka se vyrábí z mosazi. Výrobce střeliva S&B, dnes zápalku pro brokové náboje nevyrábí, nakupuje ji z Itálie a Španělska.



Obrázek 5.17 Zápalka W 209 výrobce S&B [vlastní]

1 – objímka, 2 – kalíšek se zážehovou složí, 3 – plochá kovadlinka, 4 – kompletní zápalka.

## 5.2 Základní pojmy z oblasti zápalkových složí [1], [6], [7]

**Třaskaviny** jsou to obvykle soli těžkých kovů, vyznačující se velkou citlivostí k vnějším impulsům. Přechod z explozivního hoření v detonaci je velmi rychlý.

**Trhaviny** jsou výbušiny, jejichž výbušná přeměna je detonace.

**Střeliviny** jsou výbušiny, jejichž výbušná přeměna je explozivní hoření, které (zpravidla) nepřechází v detonaci.

**Pyrotechnické slože** jsou mechanické směsi paliv, oxidovadel a jiných složek. Výbušná přeměna je explozivní hoření i detonace.

**Primární třaskavina** je látka citlivá na počáteční mechanické impulsy jako jsou náraz, nápich, tření nebo na tepelné impulsy. Pod vlivem těchto impulsů dochází k okamžitému spolehlivému roznětu ostatních výbušin.

**Sekundární třaskavina – senzibilizátor** v praxi je poměrně velmi běžné, že primární třaskavina nesplňuje základní požadavek na citlivost k mechanickým podnětům, proto se do složí přidává sekundární třaskavina. Ta zvyšuje citlivost slože na náraz i nápich.

**Hořlavina** je v zápalkové složi každá pevná látka, která se oxiduje kyslíkem, uvolněným rozkladem oxidovadla.

**Oxidovadlo** je v obecném smyslu slova látka, která je schopna převzít valenční elektrony jiné látky ( hořlaviny ). V pyrotechnice tímto oxidovadlem bývá většinou kyslík, respektive sloučeniny, které kyslík obsahují a vlivem termických reakcí ho svým rozkladem uvolňují.

**Frikcionátor** (zdrsňovadlo) je látka, která zvyšuje citlivost slože na mechanické podněty. Je to obecně látka s vysokým bodem tání a nízkou tepelnou vodivostí. Typickým příkladem je mleté sklo.

**Výbušná přeměna** je rychlý fyzikální nebo chemický děj, který vede k náhlému uvolnění tepelné energie, která je schopna konat mechanickou práci.

**Výbuchové teplo** je veškerá teoreticky uvolněná energie výbušné přeměny vyjádřena kcal/kg.

**Výbuchová teplota** je teoreticky dosažitelná výbušná přeměna v okamžiku výbuchu v omezeném prostoru, vyjádřena ve °C.

**Explozivní hoření** je výbušná přeměna, jejíž rychlost nedosahuje rychlosti zvuku. Šíří se mezi molekulami střeliviny šířením tepla a její rychlost je závislá na vnějším tlaku. Zplodiny se pohybují směrem od povrchu výbušiny.

**Detonace** je výbušná přeměna, jejíž rychlost je vyšší než rychlost zvuku za podmínek v detonační vlně. Rychlost je konstantní a probíhá nezávisle na vnějším tlaku.

**Detonační rychlost** je rychlost průběhu výbušné přeměny ve sloupci výbušiny.

**Tepelný impuls** vyvolá téměř u všech prakticky používaných výbušin explozivní hoření.

**Brizance** je schopnost výbušniny tříštit pevná tělesa ležící v blízkosti zdroje výbuchu. Měří se pomocí olovněného válečku a vyjadřuje se v mm snížení původní výšky válečku, Hessova zkouška.

**Teplota vzbuchu** minimální teplota, při níž přívod tepla převyšuje jeho odvod a chemická reakce svým urychlením nabude charakteru výbušné přeměny.

**Citlivost na náraz** zjišťuje se zkouškou kladivem o určité hmotnosti z určité výšky, Kastova zkouška. Náraz nastává mezi dvěma dokonale vodorovnými plochami. Čím vyšší výšku dostáváme, tím méně citlivější výbušina.

**Citlivost na tření** zjišťuje zkouškou na třecím kyvadle nebo speciálním přístroji. Hodnotí se jakým zatížením při konstantním pohybu a drsnosti podložek dochází k výbuchu konstantního množství výbušiny.

**Citlivost na zážeh** provádí se zážeh elektrickým palníkem z různé vzdálenosti od čela slože.



**Koroze hlavně** při hoření vznikají plynné i pevné zplodiny, které jsou vymršťovány do hlavně, převážně do přechodového kuželu, kde se usazují. Dochází k narušení povrchu vývrtu hlavně chemickou cestou.

**Eroze hlavně** pevné zplodiny jsou značnou energií vystřelovány a způsobují v přechodovém kuželu prohlubeniny s ostrými hranami. Dochází k narušení povrchu vývrtu hlavně mechanickou cestou.

### **Funkce zápalkové slože**

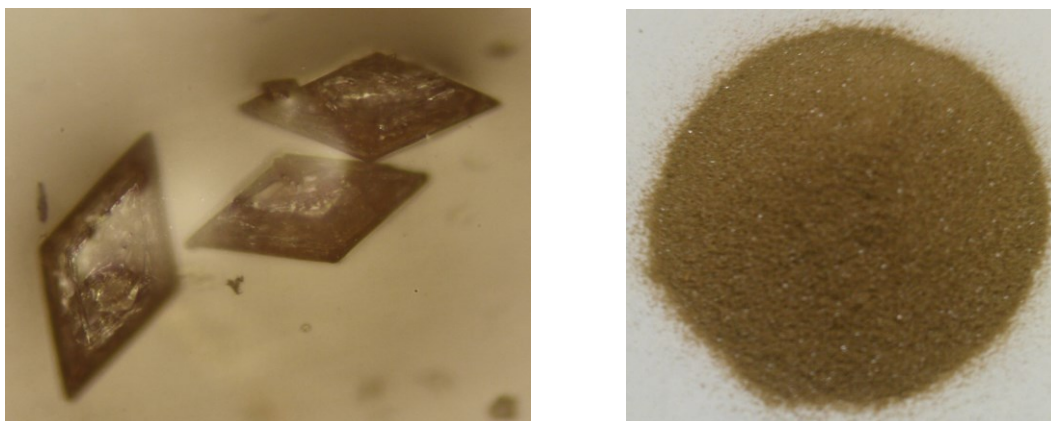
Nárazem úderníku dojde za pomoci frikcionátoru k iniciaci primární třaskaviny, popřípadě kombinovaného zážehu sekundární třaskaviny a primární třaskaviny. Primární třaskavina pak uvolní velké množství energie, která se částečně spotřebuje na uvolnění kyslíku z oxidovadla. Po předání kyslíku hořlavině dojde k okamžitému zážehu hořlaviny. Hořením hořlaviny se uvolní další velké množství energie. Tyto děje probíhají okamžitě vysokou rychlostí. Konečným efektem je pak dostatečně mohutný zážehový impuls (teplý plamen), složený z tlakové a tepelné složky, vhodný pro zážeh výmetné náplně.

**Základní model zápalkové slože:** primární třaskavina,  
sekundární třaskavina – senzibilizátor,  
hořlavina,  
oxidovadlo,  
frikcionátor (zdršňovadlo).

## **5.3 Historický vývoj zápalkových složí [6], [7], [9]**

Zápalkové slože jsou pyrotechnické slože, které jako iniciační směsi slouží k zažehnutí výmetných prachových náplní střeliva palných zbraní. Proto jsou plněny hlavně do zápalek pro malorážové střelivo a střelivo s okrajovým zápalem. Základem zápalkové slože bývá obvykle třaskavina. Pro vysokou akceleraci výbušné přeměny tedy nelze třaskaviny plnit do zápalek či nábojek s okrajovým zápalem samostatně. Proto se používají ve formě iniciačních směsí, jejichž složky jsou smíchány v takovém poměru, aby se dosáhlo požadovaných vlastností konečného výrobku. Zápalkové slože můžeme podle primární třaskaviny rozdělit do tří základních generací.





Obrázek 5.18 Krystal třaskavé rtuti vlevo, směs třaskavé rtuti vpravo [vlastní]

V 60–70 letech 19. století proběhl bouřlivý rozvoj použití třaskavé rtuti v třaskavých složích a až do let 1912–15 byla třaskavá rtuť jedinou iniciační látkou s praktickým použitím. Spotřeba třaskavé rtuti rychle rostla zejména po důležitém objevu, který učinil Švéd Alfred Nobel v roce 1885, když zjistil, že nitroglycerin silně vybuchuje účinkem třaskavé rtuti. V roce 1907 vyvstal třaskavé rtuti velký konkurent v podobě azidu olovnatého. Přesto výroba třaskavé rtuti až do roku 1917 neustále prudce stoupala. Téměř veškerá světová produkce rtuti byla použita na výrobu třaskavé rtuti. Podle Kasta činila výroba třaskavé rtuti jen v Německu :

v roce 1910	.....	104 800 kg
v roce 1914	.....	108 900 kg
v roce 1916	.....	235 500 kg
v roce 1917	.....	357 000 kg
v roce 1918	.....	178 700 kg

U nás byla výroba třaskavé rtuti zavedena již v roce 1827 v Praze na Žižkově firmou Sellier & Bellot. Od roku 1990 došlo k postupnému snižování výroby třaskavé rtuti. V roce 2002 byla výroba třaskavé rtuti ukončena.

### **Výbušinářské vlastnosti třaskavé rtuti**

Teplota vzbuchu	160 - 180 °C
Výbuchové teplo	1 494 kJ/kg
Detonační rychlost	3 900 – 4 500 m/s
Brizance (výduť v Pb válci 10g)	110 – 130 cm <sup>3</sup>
Citlivost na náraz	12 cm (100%)
Citlivost na zážeh	20 cm (100%)

## **Funkce zápalkové slože s třaskavou rtuť**

Primární třaskavinou je třaskavá rtuť, kterou nelze v zápalcce použít samostatně, protože je příliš brizantní. Přidáním oxidovadla a hořlaviny se snižuje brizance zápalkové slože, zvýší se teplota a prodlouží se tepelný impuls plamene. Chlorečnan draselný plní funkci oxidovadla. Sirník antimonitý plní v těchto složích funkci paliva a frikcionátoru. Sirník antimonitý s chlorečnanem draselným tvoří pyrotechnický systém třaskavé slože. Mleté sklo zvyšuje podstatně citlivost zápalkové slože k mechanickým podnětům (náráz, nápich).

## **Výhody zápalkové slože s třaskavou rtuť**

- poměrně jednoduchá a bezpečná výroba bez složitých zařízení,
- vhodná krystalická forma pro zpracování,
- dobrá citlivost k mechanickým i tepelným podnětům,
- výborná iniciační schopnost při extrémně nízkých teplotách až - 70 °C.

## **Nevýhody zápalkové slože s třaskavou rtuť**

- drahá základní surovina – kovová rtuť,
- snadná přelisovatelnost směsi – možnost selhání,
- nízká termická stabilita při teplotě + 60 °C a vyšší,
- korozivní a erozivní působení zplodin třaskavé rtuti na hlavně a mechanismy zbraní,
- vysoká toxicita zplodin třaskavé rtuti, je dána toxicitou samotné rtuti a jejích sloučenin,
- nepříznivá vlastnost praskání mosazných nábojnic. Po zavedení bezdýmných prachů, páry rtuti způsobovaly interkrystalickou korozi mosaze. Černý prach tyto páry dokázal absorbovat při výstřelu.
- problematická likvidace zbytků samotné třaskavé rtuti a složí, včetně odpadních vod vznikajících při výrobě třaskavé rtuti.

## **Příklady zápalkových složí s třaskavou rtuť [6], [7], [9], [16]**

**Německá slož Mauser** pro pěchotní střelivo z roku 1888.

Třaskavá rtuť	27,0 %
Chlorečnan draselný	37,0 %
Sirník antimonitý	29,0 %
Mleté sklo	7,0 %

**Německá slož** pro náboj .22 LR RWS (1910-1930).

Třaskavá rtuť	55,0 %
Sírník antimony	11,0 %
Peroxid barya	27,0 %
TNT	7,0 %

**Anglická slož s černým prachem a sírou** pro prodloužení tepelného impulsu plamene.

Třaskavá rtuť	15,0 %
Chlorečnan draselný	35,0 %
Sírník antimony	45,0 %
Síra	2,5 %
Černý prach	2,5 %

**Sovětská slož** pro náboj .22 LR po 1. světové válce.

Třaskavá rtuť	50,0 %
Dusičnan barnatý	30,0 %
Sírník antimony	20,0 %

**Sellier & Bellot slož Express** pro zápalku Express do brokového střeliva.

	Express I	Express II
Třaskavá rtuť	20,0 %	20,0 %
Chlorečnan draselný	40,0 %	40,0 %
Sírník antimony	40,0 %	38,0 %
Dusičnan barnatý	-	2,0 %

**Sellier & Bellot slož Primers** pro zápalky vz. 08 Ø 4,55 mm pro pistolové střelivo.

Třaskavá rtuť	29,0 %
Chlorečnan draselný	24,0 %
Sírník antimony	37,0 %
Mleté sklo	10,0 %

**Sellier & Bellot slož ZA 14** pro zápalku 14 – K Ø 6,5 mm pro kulometné střelivo.

Třaskavá rtuť	16,0 %
Chlorečnan draselný	55,5 %
Sírník antimony	28,5 %

**Sellier & Bellot slož vz. 43** pro zápalku Ø 5,06 mm pro pistolové střelivo a zápalku vz. 43 K Ø 5,5 mm pro samopalové střelivo.

Třaskavá rtuť	25,0 %
Chlorečnan draselný	37,5 %
Sírník antimonitý	37,5 %

Zápalkové slože na bázi třaskavé rtuti byly laborovány především do zápalek systému Berdan. Výroba třaskavé rtuti z pohledu ekologického je neúnosná. Problémy s likvidací odpadních vod a výroby jsou velmi složité. Vyřešení chemickou likvidací odpadních vod podle současných kritérií na zatížení životního prostředí je téměř nemožné. Uvedené nevýhody zastavily výrobu třaskavé rtuti a její použití ve výbušinářském průmyslu.

V současné době jsou zápalkové slože na bázi třaskavé rtuti plně nahrazeny zápalkovými složemi na bázi trinitroresorcinátu olovnatého a tetrazenu (2. generace), popř. netoxickými složemi (3. generace).

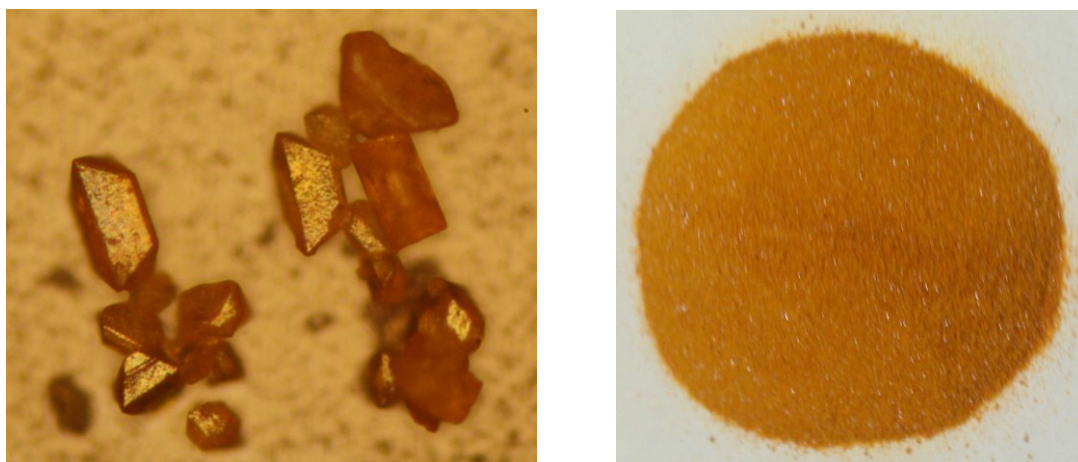
## 6. ZÁPALKOVÉ SLOŽE POUŽÍVANÉ V SOUČASNOSTI

### 6.1 Tricinátové slože [6], [7]

Od 20 let minulého století byly zápalkové slože na bázi třaskavé rtuti postupně nahrazovány nekorozivními složemi přihlášenými pod ochrannou známkou SINOXID (S&B pod názvem Neroxin), tedy složemi na bázi trinitroresorcinátu olovnatého s přídavkem tetrazenu pro zvýšení citlivosti k nárazu. Po druhé světové válce, kdy německé patenty ztratily platnost, se tyto slože rozšířily v různých modifikacích po celém světě.

#### 6.1.1 Tricinát

Trinitroresorcinát olovnatý, styfnát olovnatý, zkráceně tricinát, je olovnatá sůl kyseliny styfnové. Čistý tricinát tvoří oranžově žluté průhledné krystaly. Působením světla tmavne, nemění však svoje explozivní vlastnosti. Je látkou toxickou. Byl poprvé vyroben německým chemikem E. Herzem v roce 1914. Třaskavina se osvědčila a proto byla zavedena výroba ve větším měřítku, nejprve v Německu společností R.W.S. Nedlouho na to se výroba rozšířila i do dalších zemí včetně Československa. Tricinát je, vzhledem ke svým výbušinářským vlastnostem, hlavně velké zápalné mohutnosti a malé brizanci, typická třaskavina pro zápalky a roznětky.



Obrázek 6.1 Krystal tricinátu vlevo, čistý tricinát vpravo [vlastní]

#### Výbušinářské vlastnosti

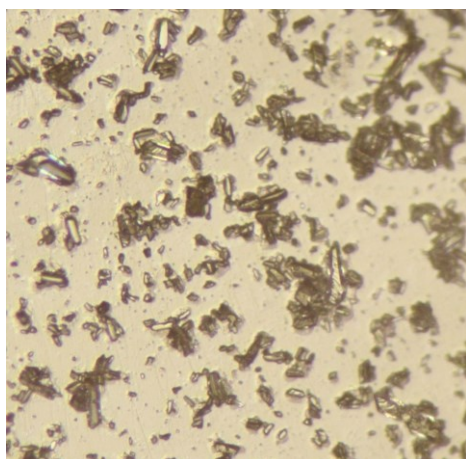
Teplota vzbuchu	260 – 280 °C
Výbuchové teplo	837 kJ/kg

Detonační rychlost	4 900 m/s
Brizance (výduť v Pb válci 10g)	120 cm <sup>3</sup>
Citlivost na náraz	23 cm (100%)
Citlivost na zážeh	23 cm (100%)

Charakteristickou vlastností je snadná zapalitelnost přímým plamenem nebo elektrickou jiskrou. Velkou citlivost tricinátu k výbojům statické elektřiny dokázali poprvé Barcikowski a Kielcewski (1939). Prokázalo se, že četné případy explozivního vzplanutí tricinátu během sušení, přesypávání, dopravy a mísení byly způsobeny výbojem statické elektřiny nahromaděné v krystalickém produktu. Statická elektřina, může dosáhnout napětí až několika tisíc voltů. Proto je nutné při práci se složemi dbát co nejvyšší opatrnosti. Pro eliminaci statické elektřiny se ukázalo výhodné používat antistatika. Antistatická látka vytvoří na povrchu krystalů mikroskopickou vrstvu.

### 6.1.2 Tetrazen

Tetrazen je složitá organická sloučenina ze skupiny tetrazolů, která ve své molekule neobsahuje kov. Je to sypká krystalická látka, tvořící jemné průhledné krystalky. Barva čistého tetrazenu je bílá, běžně vyráběného je zpravidla lehce nažloutlá. Ve vodě je prakticky nerozpustný, ani ve většině organických rozpouštědel. Byl objeven Hofmanem a Rothem v roce 1910, do zápalkových složí použit v roce 1921 šéfchemikem německé společnosti R.W.S. Hansem Rathsburegem. Výhodou tetrazenu je snadná zapalitelnost, vysoké výbuchové teplo, citlivost především k nárazu a nápichu. Nevýhodou je velice snadná přelisovatelnost při lisovacím tlaku nad 20 MPa a extrémně nízká výbuchová teplota.



Obrázek 6.2 Krystal tetrazenu vlevo, čistý tetrazen vpravo [vlastní]



### **Výbušinářské vlastnosti tetrazenu**

Teplota vzbuchu	130 - 150 °C
Výbuchové teplo	2 763 kJ/kg
Detonační rychlost	4 000 m/s
Brizance (výduť v Pb válci 10g)	155 - 160 cm <sup>3</sup>
Citlivost na náraz	10 cm (100%)
Citlivost na zážeh	15 cm (100%)

Citlivost k nárazu a nápichu je podobná jako u třaskavé rtuti. Tetrazen je v podstatně méně citlivý ke tření než třaskavá rtuť. Přidáním sirníku antimonitého nebo skelného prášku se však jeho citlivost značně zvyšuje.

### **Funkce zápalkové slože s tricínátem a tetrazenem**

Iniciační třaskavinou je tricínát, který poskytuje silný teplý plamen. Avšak nemá potřebnou citlivost k nárazu, tu ve složi zajišťuje tetrazen (zpravidla 2-5%). Tetrazen je naopak studená třaskavina, na denním světle plamen není viditelný. Vhodnou volbou procentního zastoupení obou třaskavin v zápalkové složi se dosahuje potřebné citlivosti k mechanickým podnětům a zážehové mohutnosti. Jako hlavní oxidovadla se nejčastěji používají dusičnan barnatý a oxid olovičitý. Sirník antimonitý a kalcium silicid jsou hořlaviny.

### **Výhody zápalkové slože s tricínátem a tetrazenem**

- výborná citlivost na nápich,
- nemá korozivní ani erozivní účinky,
- vysoká termická stabilita tricínátu,
- zápalkové slože jsou prakticky nepřelísovatelné,
- citlivost k nápichu i nárazu se reguluje lisováním zápalkové slože,
- univerzálnost použití, možnost laborace do zápalek, okrajového zápalu i roznětek.

### **Nevýhody zápalkové slože s tricínátem a tetrazenem**

- poměrně složitá výroba, zpracování dvou základních třaskavin,
- velmi nebezpečná výroba a laborace,
- toxicita slože (olovo, bariem, antimon) a jejich sloučenin,
- problematická likvidace zbytků zápalkové slože, včetně odpadních vod vznikajících při výrobě třaskavin.

## **Příklady zápalkových složí s tricínátem a tetrazenem [7], [9]**

**Německá slož SINOXID** první patent společnost R.W.S. (poč. 30 let 20. století).

Tricinát	25 - 55 %
Tetrazen	0,5 - 5,0 %
Dusičnan barnatý	24 - 25 %
Peroxid olova	5 - 10 %
Kalícium silicid	3 - 15 %
Siřník antimonitý	0 - 10 %
Mleté sklo	0 - 5 %

**Německá slož č. 30/40** pro pistolové a puškové zápalky, potíže při střelbách z kulometů při teplotách pod -30°C.

Tricinát	40 %
Tetrazen	3 %
Dusičnan barnatý	42 %
Kysličník olovičitý	5 %
Silicid vápenatý	10 %

**Stadeln slož** pro puškové zápalky.

Tricinát	30 - 35 %
Tetrazen	2 - 3 %
Dusičnan barnatý	40 - 45 %
Kysličník olovičitý	5 - 8 %
Silicid vápenatý	6 - 12 %
Siřník antimonitý	6 - 9 %

**Československá slož OXYD** pro pistolové zápalky.

Tricinát	45 %
Tetrazen	5 %
Dusičnan barnatý	25 %
Siřník antimonitý	20 %
Slitina hliníku s hořčíkem	5 %

**Americká slož** pro náboje .223 Rem a .308 Win. Ve složi jsou přidány hořlaviny s vysokým spalným teplem - hliník a pentrit. Tyto hořlaviny zlepšují zážehové vlastnosti. Záruka zážehu i pro neporézní nitroglycerinové výmetné náplně za nízkých teplot.

Tricinát	37 %
Tetrazen	4 %
Sírník antimonitý	15 %
Pentrit	5 %
Dusičnan barnatý	32 %
Hliník	7 %

Pro svoji nekorozivnost, dobrou citlivost na úder i k nápichu a především univerzálnost použití, mají tyto zápalkové slože nejrozšířenější využití. Jejich negativní stránkou je, že při výstřelu uvolňuje velké množství toxických těžkých kovů nebo jejich sloučeniny (olovo, barium a antimon). Emise toxických těžkých kovů dnes neodpovídají nárokům na toxickou zátěž pracovního prostoru profesionálních střelců především na uzavřených střelnicích, které jsou dnes prioritně využívány. Pracovní prostory jsou dnes přísně limitovány hygienickými předpisy.

Proto byl v posledních desetiletích proveden rozsáhlý výzkum s cílem vytvořit netoxickou zápalkovou slož.

## **6.2 Netoxické zápalkové slože [6], [7]**

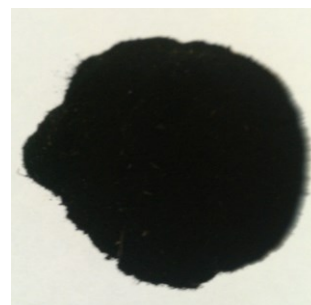
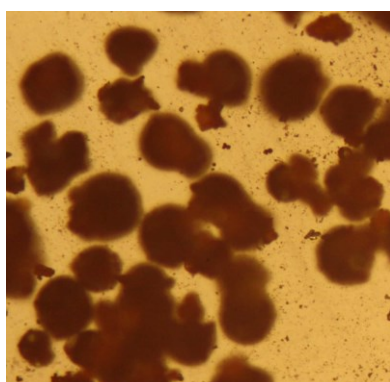
Na konci dvacátého století se jevily jako nejlepší možné řešení problému slože neobsahující těžké kovy s dinolem jako hlavní třaskavinou a tetrazenem jako zcitlivující třaskavinou (systém SINTOX) a netoxické slože s tetrazenem ve větším množství, kde jsou jeho vlastnosti modifikovány přídatkem pentritu (systém NONTOX).

### **6.2.1 Netoxická zápalková slož na bázi Dinolu**

Dinitrodiazofenol, zkráceně dinol, je třaskavinou, která ve své molekule neobsahuje kov. Připravil ji P. Gries v roce 1858 diazotací kyseliny pikraminové. Pro zápalkové slože si dinol poprvé patentoval v roce 1923 Herz. Chemické, fyzikální, výbušinářské vlastnosti a iniciační mohutnost prozkoumali J. Clark (1933) a nověji D. Smoleňski a P. Pluciňski

(1952). Krystaly jehlicovitého nebo lístkovitého tvaru nejsou vhodné pro laboraci do iniciátorů. Tvaru vhodného pro laboraci do iniciátorů se dosahuje už při výrobě, správnou volbou technologických parametrů. Vlivem velkého objemu plynů, záporného slučovacího tepla a vysoké výbuchové teploty je mnohem výkonnější než třaskaviny obsahující kov. Clark uvádí, že iniciační schopnost dinolu je přibližně dvakrát větší, než u třaskavé rtuti, ale současně je méně citlivý k nárazu než třaskavá rtuť nebo tricinát.

Dinol má nepříjemné fyziologické účinky, které se projevují drážděním horních cest dýchacích při vdechování prachových částic a vyrážkami na kůži při styku s ním, což značně znesnadňuje jeho výrobu ve větším množství a i samotnou laboraci do zápalek.



Obrázek 6.3 Částice dinolu vlevo, čistý dinol vpravo [vlastní]

### Výbušinářské vlastnosti dinolu

Teplota vzbuchu	140 - 160 °C
Výbuchové teplo	3 990 kJ/kg
Detonační rychlost	6 900 m/s
Brizance (výduť v Pb válci 10g)	250 cm <sup>3</sup>
Citlivost na náraz	22,5 cm (100%)

### Příklady zápalkových složí s dinolem [10], [11], [12], [13]

**Německá dinolová slož (1983)** pro náboje s okrajovým i středovým zápalem

Autoři patentu : Rainer Hagel, Klaus Redecker

Dinol	20 %
Tetrazen	5 %
Peroxid zinku	50 %
Práškový titan	5 %
Dvousložkový sférický prach	20 %

### **Americká dinolová slož (1986) pro okrajový zápal.**

Autoři patentu : George Mei, Creve Coeur - americká firma Olin Corporation, Stamford

Dinol	25 – 40 %
Tetrazen	10 – 40 %
Oxid manganičitý	10 – 40 %
Mleté sklo	10 – 30 %

### **Francouzská dinolová slož (1989) pro středový i okrajový zápal.**

Autor patentu : Jean René Duguet - francouzská firma NCS Pyrotechnie et technologies, Fosses.

Dinol	30 %
Tetrazen	20 %
Hliníkový prášek	10 %
Oxid měďnatý	30 %
Mleté sklo	10 %
Arabská guma	0-1 %

### **Americká dinolová slož (1990)**

Autoři patentu : Robert Bjerke, James Ward, Delbert Ells, Kenneth Kees

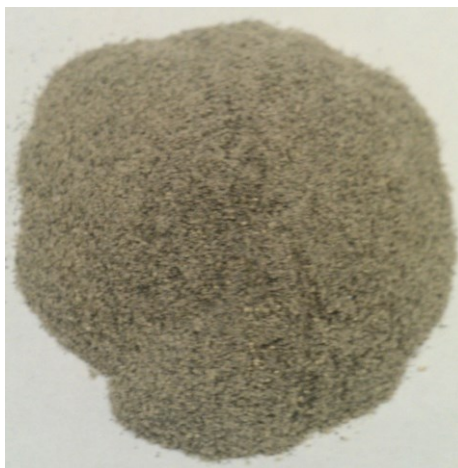
Americká firma Blount, Inc., Montgomery, Alabama

Dinol	24 %
Tetrazen	6 %
Dusičnan strontnatý	48 %
Dvousložkový sférický prach	22 %

## **6.2.2 Netoxická zápalková slož na bázi Tetrazenu – NONTOX [14]**

Zápalková slož NONTOX je mechanická směs sloučenin, které plní funkci senzibilizátoru, energetické a pyrotechnické složky. Slož neobsahuje těžké kovy a toxické aromatické sloučeniny jako jsou aromatické nitro- a diazo- sloučeniny. Specifičnost zápalkové složky Nontox spočívá v tom, že ve skutečnosti neobsahuje žádnou dosud v

praxi samostatně používanou iniciační třaskavinou. Tetrazen, který je zde použit, plnil vždy pouze funkci senzibilizátoru pro ostatní třaskaviny. Nontox, proto nelze plně zařadit mezi klasické zápalkové složky. Při zapálení na podložce slož netřeskne, ale volně hoří podobně jako řada pyrotechnických slož. Teprve při uložení slož do uzavřeného prostoru a zabezpečení kontaktu jednotlivých složek, nabývá vlastností zápalkových slož.



Obrázek 6.4 Nontox slož [vlastní]

### **Sellier & Bellot slož NONTOX (1999)**

Autoři patentu : Ing. Brandejs Stanislav, Ing. Nesveda Jiří, Jirásek Karel

Tetrazen	30 %
Pentrit	30 %
Dusičnan draselný	17 %
Bór amorfni	3 %
Mleté sklo	20 %

V této složi je primární třaskavinou tetrazen, pentrit je hořlavinou, dusičnan draselný je oxidovadlem, bór amorfni je hořlavinou a mleté sklo frikcionátorem. Tato slož je ukázkou, kde jsou použity dvě výbušniny. Tato netoxická slož je se používá do zápalek pro pistolové střelivo.

## 7. VLIV JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT ZÁPALKOVÉ SLOŽE NA FUNKČNÍ VLASTNOSTI ZÁPALKY

Vliv na funkční vlastnosti zápalky má vlastní chemické složení zápalkové složky, proto byly připraveny dvě sady vzorků na standardním výrobním zařízení. V první sadě vzorků byl volen procentuální obsah tetrazenu (0-8 %) při konstantním obsahu tricinátu (40 %). Ve druhé sadě vzorků byl měněn obsah tricinátu (20-70 %) při konstantním obsahu tetrazenu (4 %). Třaskaviny byly doplněny standardním pyrosystémem obsahujícím dusičnan barnatý, oxid olovičitý, minium a sulfid antimonitý. Přehled složení je uveden v tabulkách 1 a 2. K laboraci zápalek byly použity standardní mosazné kalíšky o průměru 4,4 mm a silou dna 0,4 mm. Výška mosazných kovádek se pohybovala v rozmezí 2,18 až 2,20 mm. Zápalky byly zkompletovány na laborační lince s navázkou zápalkové složky 11,5 g na 1 laborační lžici (1 lžice – 520 ks zápalek  $\cong$  0,022 g složky na zápalku). Standardní výroba zápalky 4,4 SP Boxer obsahuje 40 % tricinátu, 4 % tetrazenu a 56 % pyrosystému.

Tabulka 1: Přehled složení zápalkové složky u 1. sady vzorků

Sada vzorků č.1	Složení zápalkové složky v [%]				
Tetrazen	<b>0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
Tricinát	40	40	40	40	40
Pyrosystém	60	58,5	57,5	56	52

Tabulka 2: Přehled složení zápalkové složky u 2. sady vzorků

Sada vzorků č.2	Složení zápalkové složky v [%]					
Tetrazen	4	4	4	4	4	4
Tricinát	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
Pyrosystém	76	66	56	46	36	26

### 7.1 Vliv obsahu třaskavin ve složce na citlivost na náraz

Zkompletované zápalky byly zalaborovány do nábojnic 9 mm Luger s hloubkou zalisování zápalky v rozmezí 0,08 až 0,11 mm. Pomocí přípravku (vnitřní tvar odpovídá zkoušené nábojnici) pro zkoušení citlivosti byly zápalky odzkoušeny na pádovém přístroji KX4. Jako zkušební závaží byla použita ocelová kulička o hmotnosti 55 g, která se spustila z orientační výšky 125 mm. Další pádové výšky se zkoušely s krokem 25 mm do 100 %

selhačů a do 100 % aktivací. Z každé výšky bylo zkoušeno 25 ks zápalek. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. 3 a 4.

Tabulka 3: Naměřené výsledky počtů aktivací u sady vzorků č. 1

Pádová výška [mm]	Obsah tetrazenu v zápalkové složi v [%]				
	0	1,5	2,5	4	8
300	19				
200	11				
175	12				
150	7	25	25		
125	1	22	24	25	25
100	0	14	19	22	23
75		6	4	4	5
50		0	0	0	1
25					0

V první sadě vzorků složí, kde byl zkoumán vliv procentuálního přídatku tetrazenu, se jednoznačně potvrzuje, že tetrazen je ve složích typu Neroxin sekundární třaskavinou, která má funkci především stabilizátoru citlivosti. Z tab. 3 lze odečíst, že už při malém hmotnostním přídatku 1,5 % je patrná jeho úloha, kdy se okamžitě dosáhne požadované citlivosti. Slož bez obsahu tetrazenu je nefunkční, jelikož ani z max. zkoušené výšky 300mm nebylo zajištěno 100 % aktivací. Optimální citlivost byla při 2,5 až 4 % obsahu tetrazenu. Navýšením tetrazenu na 8 % se citlivost zvyšovala, nikoli však úměrně přídatku. Navíc dosaženo 100 % selhačů bylo z výšky 25 mm, proto další navyšování tetrazenu v zápalcce by pouze snižovalo bezpečnost při manipulaci. Rovněž zbytečné navyšování tetrazenu by nebylo výhodné z ekonomického hlediska a také by se zhoršovaly vlastnosti slože při dávkování, tetrazen je totiž třaskavinou s nízkou sypanou hmotností.

Tabulka 4: Naměřené výsledky počtů aktivací u sady vzorků č. 2

Pádová výška [mm]	Obsah tricinátu v zápalkové složi v [%]					
	20	30	40	50	60	70
150						25
125		25	25	25	25	24
100	25	24	19	22	17	10
75	13	12	4	3	2	1
50	0	0	0	0	0	0



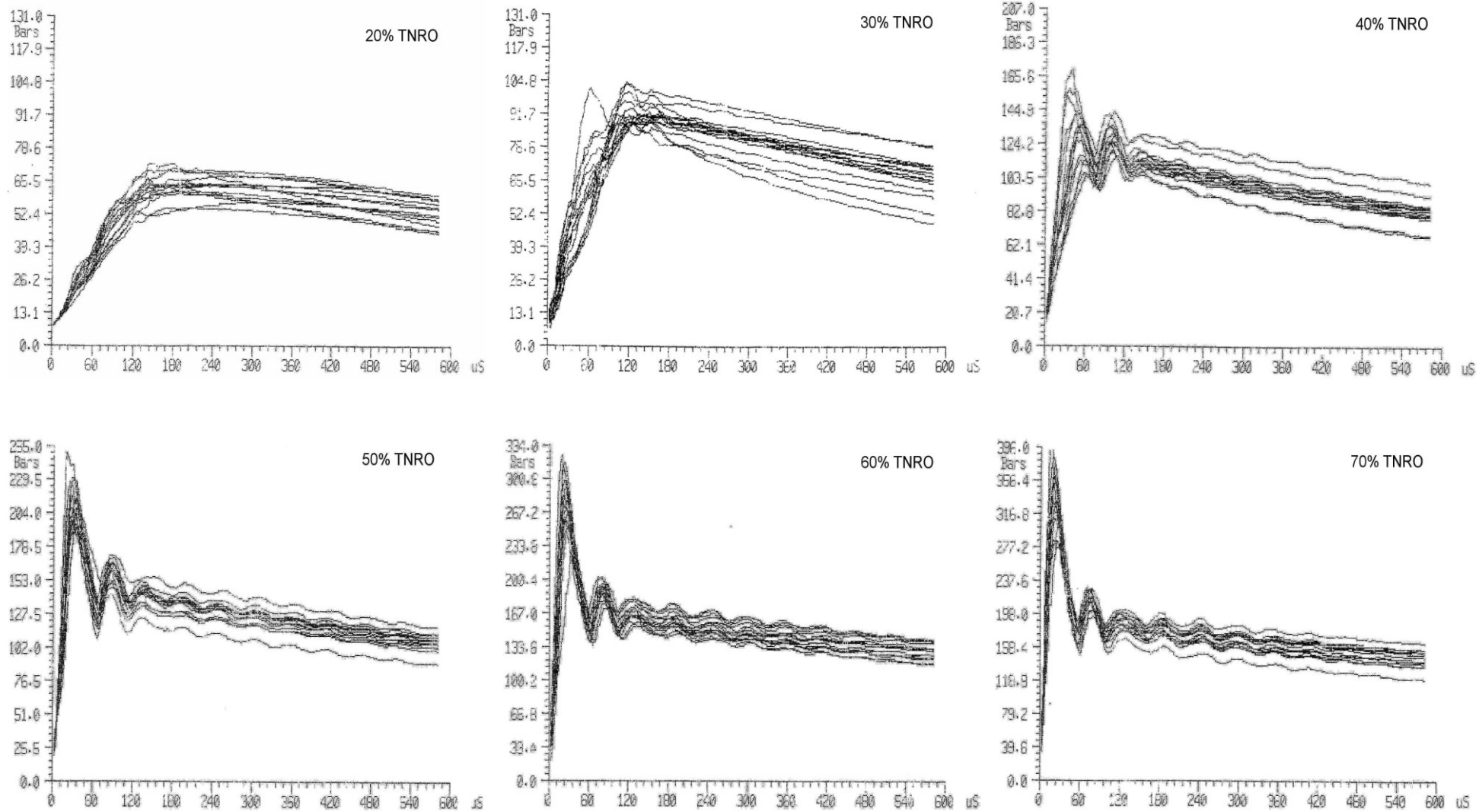
V druhé sadě vzorků složí, kde byl zkoumán vliv procentuálního přídatku tricínátu na citlivost, bylo potvrzeno, že vliv obsahu tricínátu na citlivost slože je minimální. Dosaženo 100 % aktivací bylo při 100 až 150 mm, to odpovídá požadované citlivosti. Lehce zvýšená citlivost byla i u složí s nižším obsahem tricínátu, to je důsledkem zvýšeného obsahu pyrosystému a v něm obsažených frikcionátorů (sulfid antimonitý a dusičnan barnatý), tedy látek zvyšujících citlivost. Tyto zápalky nejsou v praxi použitelné, jelikož nemají dostatečný výkon, jak ukazují následná měření. Při nejvyšším obsahu tricínátu je citlivost nejnižší, to je z důvodu, že sama třaskavina není schopna dosáhnout požadované citlivosti. Přídavek tricínátu nemá na citlivost slože takový vliv jako tetrazen. Je tedy potvrzeno, že tricínát zde plní funkci primární třaskaviny, jejíž přídavek ovlivňuje především výkon.

## 7.2 Vliv obsahu tricínátu na výkon zápalky

Zkompletované zápalky byly měřeny metodou Drop-Test na přístroji belgické firmy Lachaussée. Metoda je založená na piezoelektrickém snímání tlakového impulsu zápalkové slože, aktivované do uzavřeného prostoru. Výsledkem je křivka průběhu tlaku v závislosti na reakčním čase. Zápalka je vložena do kovového pouzdra, které je umístěno do přístroje. Použité závaží byla ocelová kulička o hmotnosti 55 g z konstantní výšky 300 mm. U této metody byly použity pouze zápalky s různým procentuálním obsahem tricínátu (20-70 %) sada č.2. Přídavek tetrazenu v námi používaném množství nemá výrazný vliv na výkon zápalky. Bylo zkoumáno 15 ks zápalek z každého procentuálního vzorku slože. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. 5.

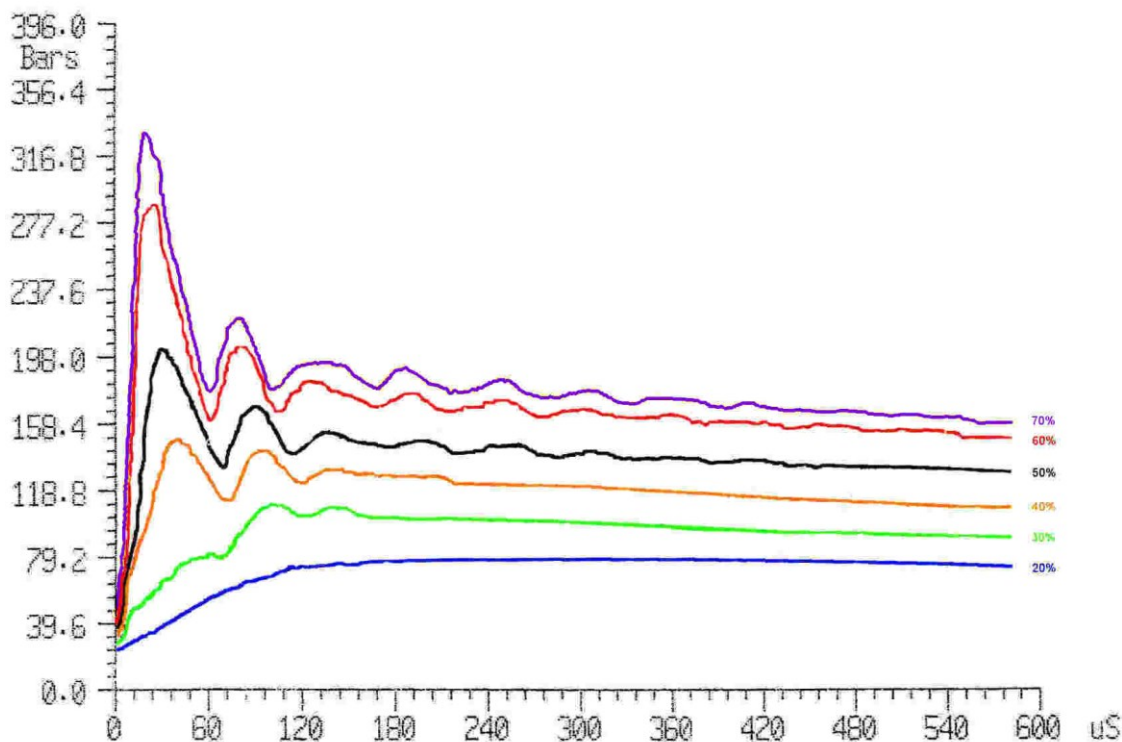
Tabulka 5: Naměřené průměrné hodnoty max. tlaků a reakčních časů

Obsah tricínátu [%]	Tlak [bar]	Reakční čas [μs]
20	64,6	178,4
30	93,7	126,3
40	137,0	72,4
50	214,0	27,6
60	279,0	22,0
70	337,0	19,2



Obrázek 7.1 Křivky tlaků jednotlivých procentuálních přídavků tricinátu (TNRO) v zápalkové složi [vlastní]

Pro lepší představu byly vybrány maximální naměřené hodnoty tlaků jednotlivých procentuálních přídavek tricinátu, které byly vloženy do jednoho grafu.



Obrázek 7.2 Maximální hodnoty tlaků jednotlivých procentuálních přídavek tricinátu [vlastní]

Tricinát jako primární třaskavina v zápalkové složi má hlavní podíl na množství uvolněné energie a teplotu plamene zápalkové slože. Díky jeho přítomnosti jako třaskaviny s nižší akcelerací výbušné přeměny a vysokou citlivostí na plamen zajišťuje kompatibilitu mezi jeho vlastní výbušnou přeměnou a navazující výbušnou přeměnou pyrotechnického systému (palivo a oxidovadlo). Jedná se o přenesení výbušné přeměny na pyrotechnický systém, jehož výbušná reakce je doprovázena vznikem plynných a kondenzovaných reakčních produktů, ale i pevných produktů. Výsledkem tohoto spojení je vysoká zážehová mohutnost (účinnost) zápalkové slože.

Z grafů na obr. 7.1 a 7.2 je jasně patrné, že se zvyšujícím procentuálním zastoupením tricinátu v zápalkové složi je spojen nárůst tlaku a akcelerace zápalek. Při 40 % tricinátu je tlak i akcelerace zápalek dostatečná a další přidávání není nutné. Navyšování tricinátu by nebylo výhodné z ekonomického hlediska a navíc výroba této třaskaviny je velice nebezpečná.

## 8. VLIV ZÁPALKY NA BALISTIKU PISTOLOVÉHO A PUŠKOVÉHO KULOVÉHO NÁBOJE

Byly použity zápalky z předešlých měření. Přídavek tetrazenu v námi používaném množství nemá na balistiku pistolového a puškového kulového náboje výrazný vliv. Proto byl zkoumán pouze vliv přídavku tricínátu (vzorky zápalek se složí sada č.2).



Obrázek 8.1 Měření metodou EPVAT [vlastní]

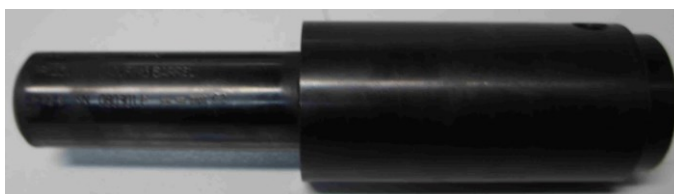
### 8.1 Vliv zápalky na balistiku pistolového náboje

Zápalky byly laborovány v nábojnici 9 mm Luger. Hnací náplní byl americký bezdýmný prach SMP 288, série 2022 s navázkou 0,355 g. Použitá střela byla FMJ s mosazným pláštěm o průměru 9,02-0,02 mm a hmotnosti  $7,5 \pm 0,05$  g. Náboje byly po 30 ks temperovány na teploty -54, 21 a 52 °C po dobu 10 hodin. U nábojů byly měřeny současně veličiny: tlak, rychlost a akční čas metodikou NATO EPVAT (Electronic measurement of Pressure Velocity and Action Time). Metodika je popsána v dokumentu MC MOPI (Multi calibre Manual Of Proof and Inspection) [17]. Pro vyhodnocení byl použit balistický analyzátor typ 2519A a balistický vyhodnocovací program BA-Control od firmy Kistler.

### 8.1.1 Měření tlaku u pistolového náboje

Délka použité hlavně pro měření tlaků byla 200 mm od firmy HPI č. 131001. Jako senzor byl použit vysokotlaký balistický piezoelektrický snímač umístěn za ústím nábojnice typ Kistler 6215, který je schopen snést více než 2000 balistických cyklů. Nominální technické podmínky snímače jsou max. měřicí rozsah do 600 MPa s rozlišovací schopností 0,002 MPa a dobou náběhu 1  $\mu$ s.

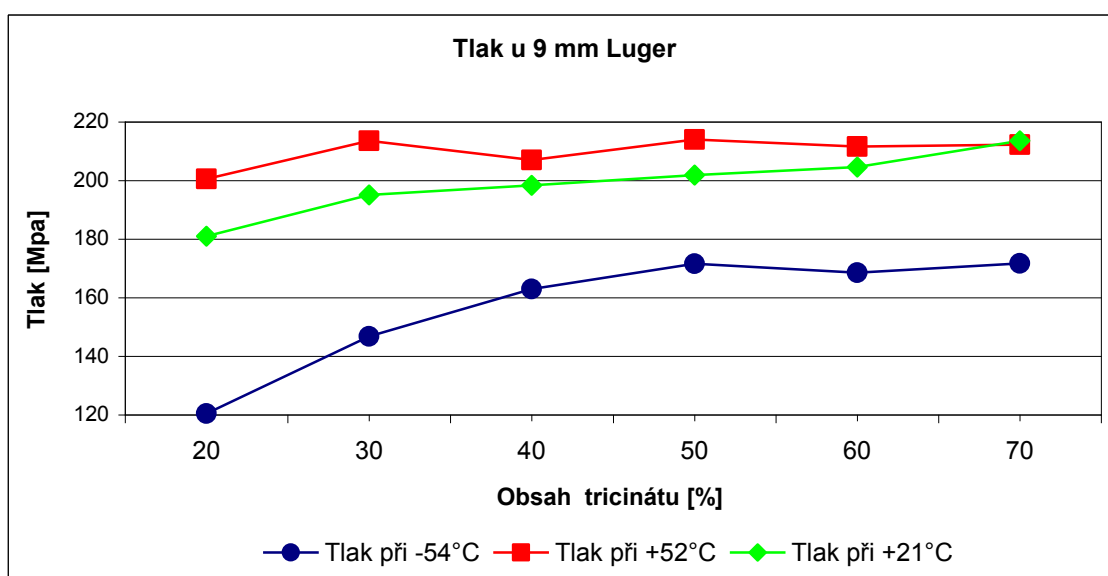
Naměřené hodnoty průměrných tlaků a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při temperovaných teplotách jsou uvedeny v tab. 6.



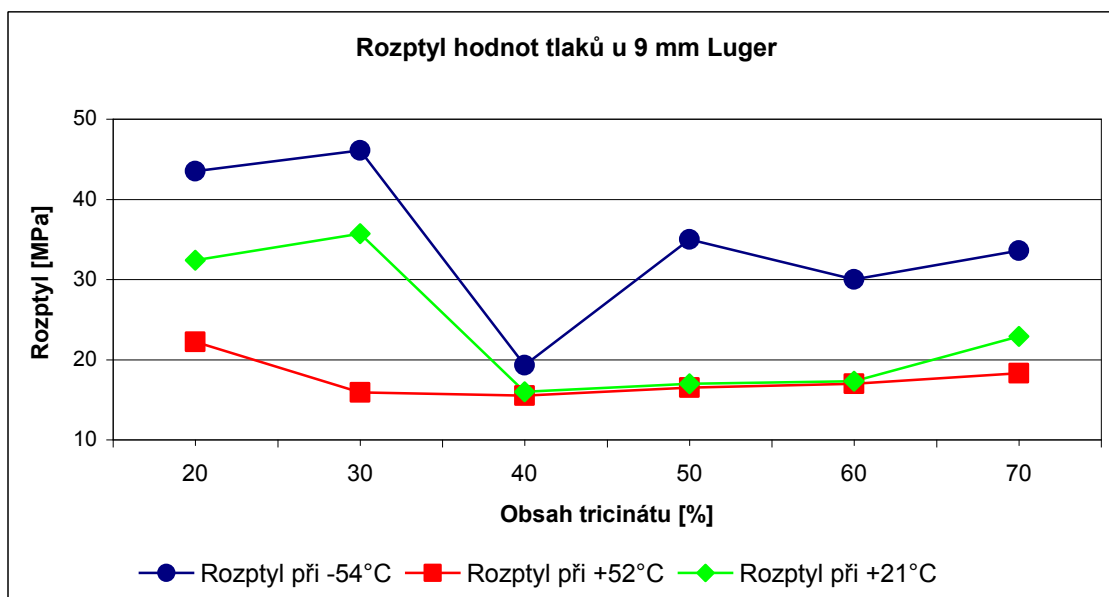
Obrázek 8.2 Hlaveň pro 9mm Luger HPI 200 mm [vlastní]

Tabulka 6: Naměřené hodnoty průměrných tlaků a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace [°C]	Průměrný tlak [MPa]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
-54	Tlak	120,4	146,8	163,0	171,6	168,5	171,7
	$\Delta$	43,5	46,1	19,3	35,0	30,0	33,6
+21	Tlak	181,0	195,1	198,4	201,9	204,6	213,5
	$\Delta$	32,4	35,7	16,0	17,0	17,3	22,9
+52	Tlak	200,5	213,6	207,0	214,0	211,6	212,2
	$\Delta$	22,2	15,9	15,5	16,5	17,0	18,3



Obrázek 8.3 Naměřené hodnoty průměrných tlaků při teplotách [vlastní]



Obrázek 8.4 Naměřené rozptyly hodnot u tlaků [vlastní]

Z obr. 8.1 vyplývá, že zvyšování obsahu tricinátu v zápalkové složi má vliv především na nárůst tlaků v nábojnici. Při porovnávání sestav se shodným obsahem tricinátu, je vždy dosaženo nejnižších tlaků při minusové teplotě, následují hodnoty při teplotě normální a nejvyšších tlaků je vždy dosaženo při teplotě 52 °C. Dále je patrné, že při měření tlaků při teplotě 52 °C a obsahu tricinátu 50 % a více, je pravděpodobně dosaženo maximálního tlaku pro dané sestavy a další nárůst již nelze očekávat. Tohoto maxima bylo dosaženo, rovněž při měření za normální teploty a obsahu 70 % tricinátu. Naopak při teplotě -54 °C a obsahu tricinátu 30 % a méně jsou tlaky už tak nízké, že by to mohlo docházet k zádržkám a to by se projevilo negativně na přebíjení zbraně, zvláště kdy jednotlivé tlaky jsou pod hodnotou pod 150 MPa.

Z obr. 8.2 je patrné, že nejnižších dosažených naměřených hodnot rozptylů tlaků je při obsahu 40 % tricinátu u všech měřených teplot.

### 8.1.2 Měření rychlosti střely u pistolového náboje

Pro měření rychlosti střel byla použita optická hradla měřící v infračerveném spektru od firmy Kistler s bází 1 m, umístěna ve vzdálenosti 16 m od ústí hlavně.

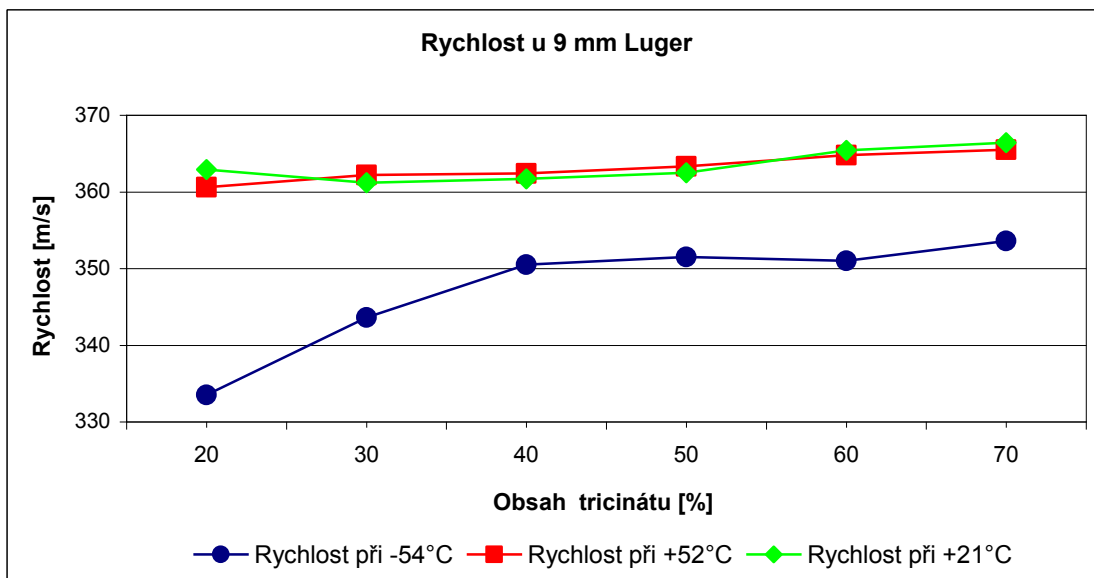
Naměřené hodnoty průměrných rychlostí a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při temperovaných teplotách jsou uvedeny v tab. 7.



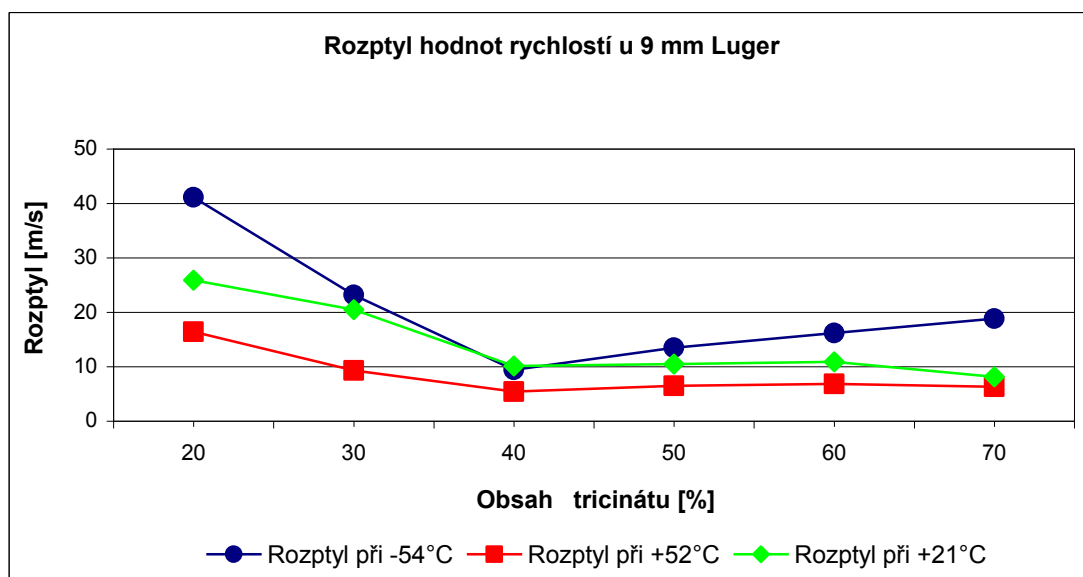
Obrázek 8.5 Optická měřicí hradla [vlastní]

Tabulka 7 : Naměřené hodnoty průměrných rychlostí a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace nábojů [°C]	Průměrná rychlost [m/s]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
-54	V <sub>16</sub>	333,5	343,6	350,5	351,5	351,0	353,6
	$\Delta$	41,1	23,2	9,4	13,5	16,2	18,8
+21	V <sub>16</sub>	362,9	361,2	361,7	362,5	365,4	366,4
	$\Delta$	25,9	20,5	10,1	10,5	10,9	8,1
+52	V <sub>16</sub>	360,6	362,2	362,4	363,3	364,8	365,5
	$\Delta$	16,4	9,3	5,4	6,5	6,8	6,3



Obrázek 8.6 Naměřené hodnoty průměrných rychlostí [vlastní]



Obrázek 8.7 Naměřené rozptyly hodnot u rychlostí [vlastní]

Z obr. 8.3 vyplývá, že při měření rychlosti střel hodnoty mírně vzrůstají a to se zvyšujícím se obsahem tricinátu. Zápalková slož s vyšším obsahem tricinátu totiž generuje více plynných reakčních produktů, to je patrné i na obr. 7.1 měření výkonu zápalek metodou Drop-Test. Nejvyšší nárůst rychlostí je možné vysledovat při minusové teplotě mezi 20 až 40 % tricinátu. Nižší akcelerace zápalkové složy u obsahu 20 a 30 % tricinátu je způsobená, zhoršeným přenosem reakce tricinátu a pyrosystému, právě díky nízkému obsahu tricinátu.

Z obr. 8.4 je patrné, že nejnižších naměřených hodnot rozptylů rychlostí bylo dosaženo při obsahu 40 % tricinátu u všech měřených teplot až na výjimku při teplotě 21 °C a obsahu 70 % tricinátu, kde bylo dosaženo hodnoty 8,1 m/s.



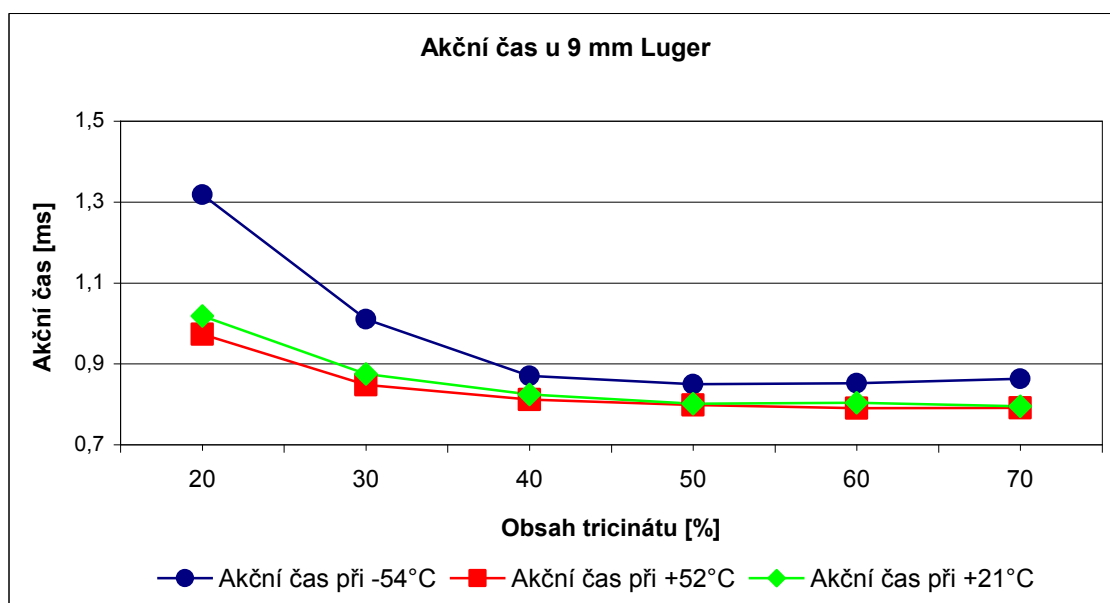
### 8.1.3 Měření akčního času u pistolového náboje

Akční čas je měřen mezi dvěma body měřicího systému. Na zápalníku balistické zbraně je nainstalován seismický snímač – akcelerometr. Při nárazu na zápalku náboje je snímačem generován ostrý a dobře čitelný impuls = START. Na ústí balistické zbraně je nainstalován piezoelektrický tlakoměrný snímač typ Kistler 6215, měřící úst'ový tlak. Čas maximálního úst'ového tlaku = STOP.

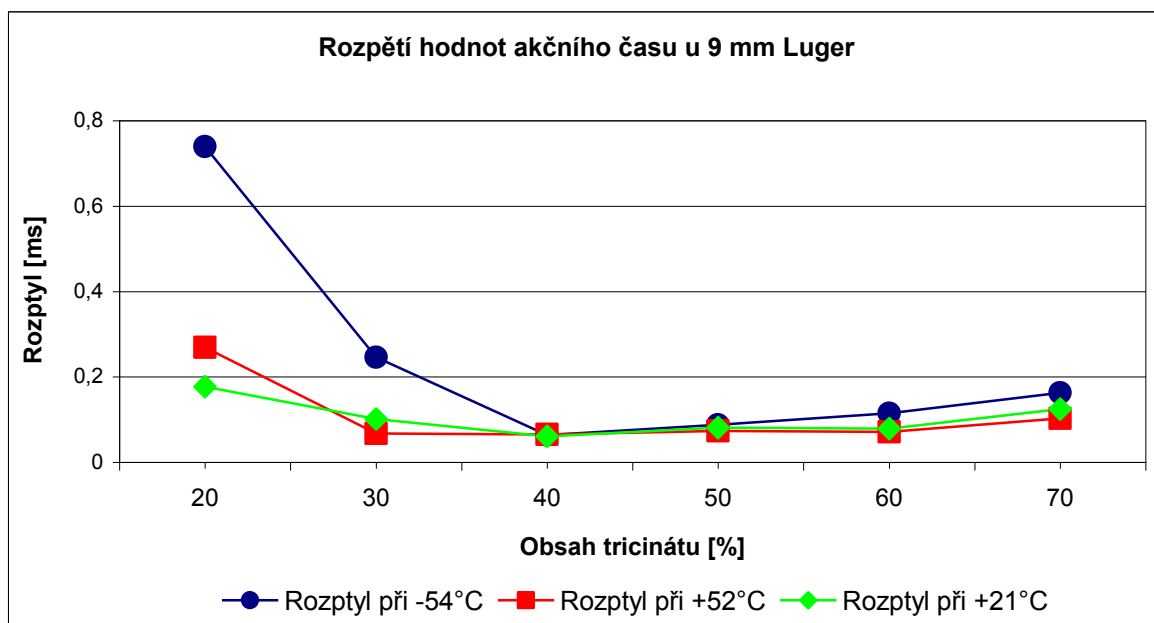
Naměřené hodnoty průměrných akčních časů a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při temperovaných teplotách jsou uvedeny v tab. 8.

Tabulka 8: Naměřené hodnoty průměrných akčních časů a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace nábojů [°C]	Průměrný akční čas [ms]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
-54	Čas	1,3183	1,0103	0,8701	0,8494	0,8517	0,8628
	$\Delta$	0,7395	0,2461	0,0637	0,0875	0,1146	0,1624
+21	Čas	1,0184	0,8745	0,8240	0,8012	0,8033	0,7950
	$\Delta$	0,1768	0,1013	0,0611	0,0812	0,0790	0,1245
+52	Čas	0,9733	0,8480	0,8115	0,7985	0,7903	0,7912
	$\Delta$	0,2691	0,0677	0,0651	0,0733	0,0711	0,1024



Obrázek 8.8 Naměřené hodnoty akčních časů [vlastní]



Obrázek 8.9 Naměřené rozptyly hodnot u akčního času [vlastní]

Z obr. 8.5 vyplývá, že při měření akčního času u temperovaných teplot se hodnoty snižují při vzrůstajícím obsahu tricinátu. To je způsobeno zvyšující se akcelerací výbušné přeměny zápalkové složky. I zde je možné vysledovat nejstrmější pokles akčních časů při minusových teplotách a obsahu 20 až 40 % tricinátu.

Z obr. 8.6. a tab.8 je patrné, že nejnižších naměřených hodnot rozptylů se dosáhlo u obsahu 40 % tricinátu u všech teplot.

## 8.2 Vliv zápalky na balistiku puškového kulového náboje

Zápalky byly laborovány v nábojnici 5,56x45. Hnací náplň byl belgický bezdýmný prach PCL 508, série 362/16 s navázkou 1,73g. Použitá střela byla 2903 FMJ s tombakovým pláštěm o průměru 3,0-0,02 mm a hmotnosti  $2,6 \pm 0,05$  g. Náboje byly po 20 ks temperovány na teplotu 21 °C po dobu 10 hodin. U nábojů byly měřeny současně veličiny: tlak, rychlost a akční čas metodou EPVAT.



Obrázek 8.10 Hlaveň pro 5,56x45 HPI 508 mm [vlastní]

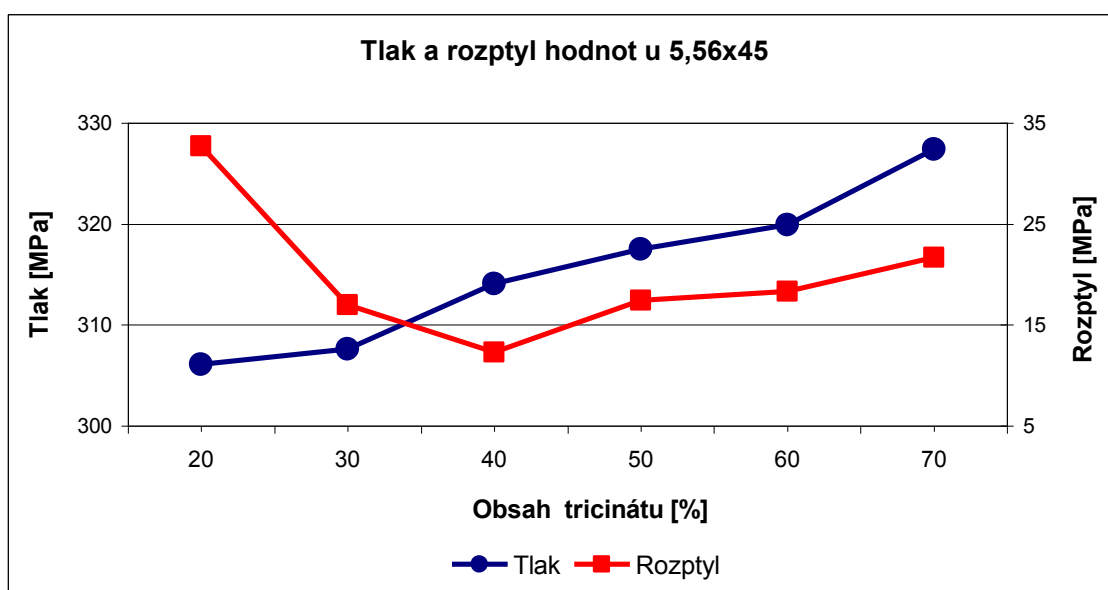
## 8.2.1 Měření tlaku u puškového kulového náboje

Délka použité hlavně pro měření tlaků byla 508 mm od firmy HPI č. 130401. Balistické piezoelektrické snímače byly umístěny první za ústím nábojnice typ Kistler 6215 a druhý stejný typ za místem odběrů plynů.

Naměřené hodnoty průměrných tlaků a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při teplotě 21 °C jsou uvedeny v tab. 9.

Tabulka 9: Naměřené hodnoty průměrných tlaků a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace [°C]	Průměrný tlak [MPa]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
+21	Tlak	306,1	307,6	314,1	317,5	319,9	327,4
	$\Delta$	32,7	17,0	12,3	17,4	18,3	21,7



Obrázek 8.11 Naměřené hodnoty tlaků a rozptyly hodnot [vlastní]

Z obr. 8.7 vyplývá, že se zvyšováním obsahu tricinátu v zápalkové složi má vliv především na nárůst tlaků v nábojnici. Maximálního tlaku je dosaženo při obsahu 70 % tricinátu. Dále je patrné, že nejnižších dosažených naměřených hodnot rozptylů tlaků bylo při obsahu 40 % tricinátu.

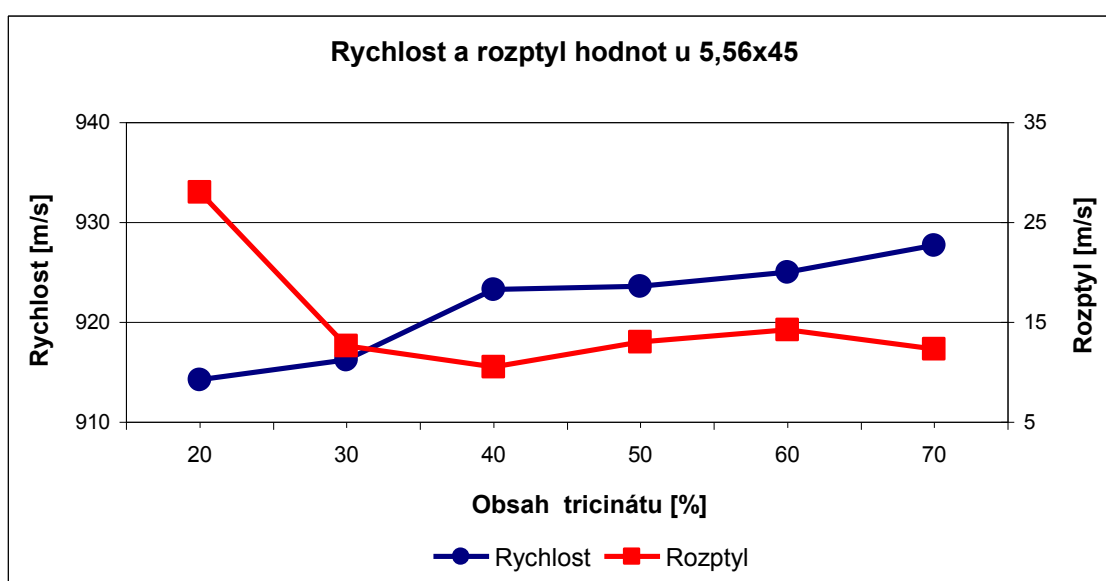
## 8.2.2 Měření rychlosti střely u puškového kulového náboje

Pro měření rychlosti střel byla použita optická hradla měřící v infračerveném spektru od firmy Kistler s bází 1 m, umístěna ve vzdálenosti 24 m od ústí hlavně.

Naměřené hodnoty průměrných rychlostí a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při teplotě 21 °C jsou uvedeny v tab. 10.

Tabulka 10: Naměřené hodnoty průměrných rychlostí a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace [°C]	Průměrná rychlost [m/s]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
+21	$V_{24}$	914,2	916,2	923,3	923,6	925	927,7
	$\Delta$	28,0	12,6	10,5	13,0	14,2	12,3



Obrázek 8.12 Naměřené hodnoty rychlostí a rozptyly hodnot [vlastní]

Z obrázku 8.8 vyplývá, že při měření rychlosti střel hodnoty mírně vzrůstají a to se zvyšujícím se obsahem tricinátu. Rozptyly jsou nejnižší u 30 a 40 % tricinátu. Jedná se zde o podobný jev jako u pistolového náboje. Nejvyšší nárůst rychlostí je možné vysledovat při obsahu 30 až 40 % tricinátu. Nejnižších dosažených naměřených hodnot rozptylů rychlostí je při obsahu 40 % tricinátu.

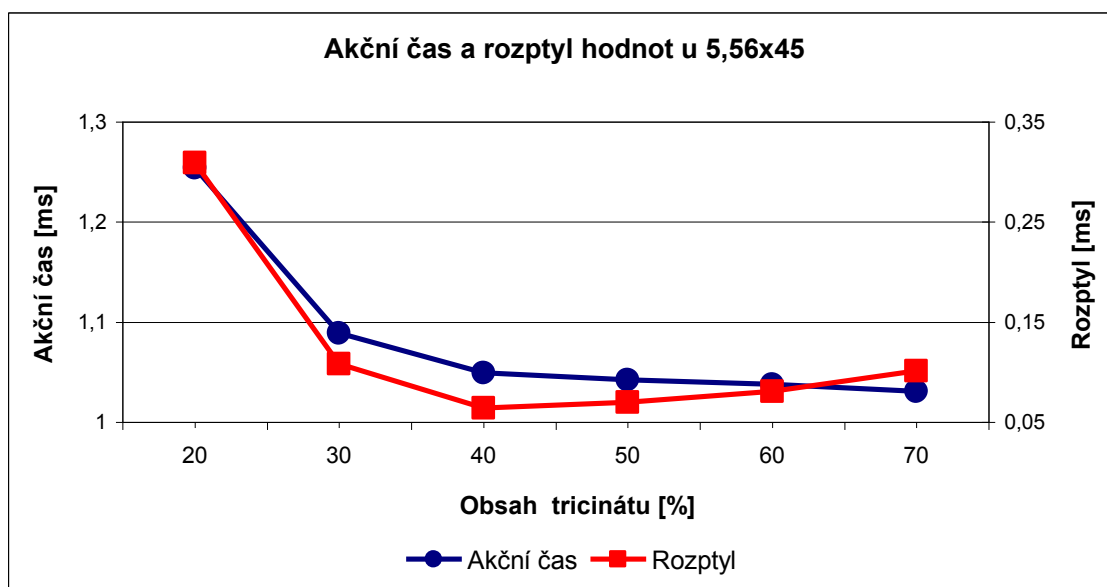
### 8.2.3 Měření akčního času u puškového kulového náboje

Akční čas je měřen mezi dvěma body měřicího systému. Na zápalníku balistické zbraně je nainstalován seismický snímač – akcelerometr. Při nárazu na zápalku náboje je snímačem generován ostrý a dobře čitelný impuls = START. Na odběru plynů z balistické zbraně (portu) ve vzdálenosti 280 mm je nainstalován piezoelektrický tlakoměrný snímač Kistler 6215, měřící portový tlak. Čas maximálního portového tlaku = STOP.

Naměřené hodnoty průměrných akčních časů a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot při teplotě 21 °C jsou uvedeny v tab. 11.

Tabulka 11: Naměřené hodnoty průměrných akčních časů a rozptylů ( $\Delta$ ) hodnot

Teplota temperace [°C]	Průměrný akční čas [ms]	Obsah tricinátu v zápalkové složi [%]					
		20	30	40	50	60	70
+21	Čas	1,254	1,089	1,049	1,042	1,038	1,031
	$\Delta$	0,309	0,108	0,064	0,07	0,081	0,101



Obrázek 8.13 Naměřené akční časy a rozptyly hodnot [vlastní]

Z obr. 8.9 vyplývá, při měření akčního času se hodnoty snižují při vzrůstajícím obsahu tricinátu. Podobně jako u měření pro pistolový náboj. Nejnižšího rozptylu naměřených hodnot se dosáhlo u obsahu 40 % tricinátu.

## 9. METODY ZKOUŠENÍ ZÁPALKĚK

- kontrola vzhledu a rozměrů zápalek
- kontrola složení zápalkové složky
- kontrola manipulační bezpečnosti
- kontrola funkce zápalek
- kontrola citlivosti v pouzdře - metoda dvou výšek (HM, DM)
- kontrola citlivosti v nábojnici - metoda dvou výšek (HM, DM)
- kontrola citlivosti křivka v nábojnici - metoda Run - down

### 9.1 Kontrola vzhledu a rozměrů zápalek

Rozměry zápalek musí odpovídat požadavkům uvedených na výkrese zápalky. Na zápalkách se nesmějí vyskytovat praskliny, otřepy, nerovné ústí, zuby, škrábance a jiné závady. Na povrchu zápalek se nesmějí vyskytovat cizí látky, jako jsou přilísovaná složky, skvrny, koroze, špína, olej a jiné látky. Hodnocení rozměrových a vzhledových požadavků se provádí statisticky. Kontrola rozměrů zápalek se provádí u 500 ks a vzhled u 1000 ks z jedné série. Série zápalek je 500 000 ks. Kontrola se provádí za bezpečnostním sklem.



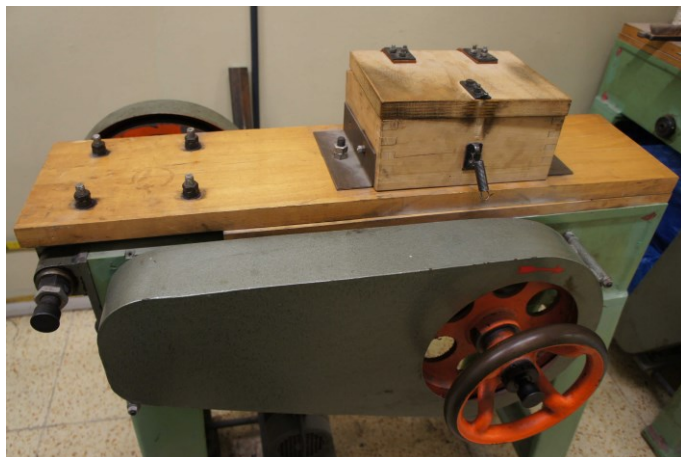
Obrázek 9.1 Měrky pro kontrolu rozměrů vlevo, bezpečnostní sklo vpravo [vlastní]

## 9.2 Kontrola složení zápalkové slož

Použitá zápalková slož musí svým složením vyhovovat platné technické dokumentaci, kontroluje se v chemické zkušebně. Kontrola se provádí u každé série slož před započítáním laborace do zápalek.

## 9.3 Kontrola manipulační bezpečnosti

Při zkoušce zápalek natřásáním se nedovoluje aktivace zápalky, uvolnění kovadlinky, krycího kotoučku nebo vysypání slož. V opačném případě se celá série vyzmetkuje. Zápalky uložené v krabičce (100 kusů) se natřásají po dobu 5 minut na natřásacím přístroji při 60 pádech za minutu a pádové výšce 15 cm. Při zkoušce jsou zápalky uloženy v krabičce a to 50 kusů zápalek kovadlinkou dolů a 50 kusů zápalek kovadlinkou nahoru.



Obrázek 9.2 Zápalky uložené v pouzdře vlevo, natřásací přístroj vpravo [vlastní]

## 9.4 Kontrola funkce zápalek

Zápalky se zalaborují do nábojů předepsaných podle technické dokumentace a musí mít funkci bez závad. Zkouška funkce se provádí za normální teploty (15 °C až 25 °C) ze zbraní předepsaných pro konkrétní typy zápalek (např. samopal HK MP 5, Beretta PM 12 S, UZI, SA–58, FM MINIMI , pistole GLOCK 21, Beretta 92 F, CZ 75, 85). Zbraně použité ke zkouškám musí odpovídat svému určení. Musí být v bezvadném stavu a musí být v souladu s dokumentací zbraně.

## 9.5 Kontrola citlivosti v pouzdře - metoda dvou výšek (HM, DM)

Zkouška je prováděna ve zkušebním pouzdře, které má tvar zkoušené zápalky. Kontrola citlivosti se provádí se zápalkami, které jsou po kontrole vzhledu a rozměrů. Zápalky se uloží do zkušebního pouzdra a spouští se závaží (kulička) o hmotnosti 55 g pro zápalky o průměru 4,4 mm a závaží o hmotnosti 112 g pro zápalky o průměru 5,3 mm ze dvou předepsaných výšek příslušné technické dokumentace. Závaží dopadne na zápalník na pádovém přístroji KX4. Při zkoušce z horní meze citlivosti nesmí dojít k selhači zápalky a z dolní meze citlivosti nesmí dojít k aktivaci. Z každé výšky se prověřuje 100 kusů zápalek.



Obrázek 9.3 Zkušební závaží 55g vlevo, 112g vpravo [vlastní]



Obrázek 9.4 Pádový přístroj KX4 [vlastní]



## 9.6 Kontrola citlivosti v nábojnici - metoda dvou výšek (HM, DM)

Zkouška je prováděna podle typu v nábojnicih 9 mm Luger, 5,56x45 pro zápalky s lůžkem 4,4 mm a v 45 ACP a 7,62x51 pro zápalky s lůžkem 5,3 mm. Kontrola citlivosti se provádí se zápalkami, které jsou po kontrole vzhledu a rozměrů zalaborovány do nábojnic. Nazápalkované nábojnice se vloží do speciálního přípravku, který má stejný tvar jako nábojnice. Závaží (kulička) o hmotnosti 55 g pro zápalky o průměru 4,4 mm a závaží o hmotnosti 112 g pro zápalky o průměru 5,3 mm se spouští z dvou předepsaných výšek příslušné technické dokumentace. Závaží dopadne na zápalník na pádovém přístroji KX4. Při zkoušce z horní meze citlivosti nesmí dojít k selhači zápalky a z dolní meze citlivosti nesmí dojít k aktivaci. Z každé výšky se prověřuje 50 kusů zápalek.



Obrázek 9.5 Zkušební pouzdro pro 9mm Luger [vlastní]



Obrázek 9.6 Zápalníky pro 9 mm Luger vlevo, 5,56x45 uprostřed a 7,62x51 vpravo [vlastní]




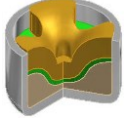


## 9.7 Kontrola citlivosti křivka v nábojnici - metoda Run - down




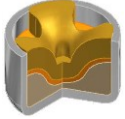


Zkouška je prováděna podle typu v nábojnicích 9 mm Luger, 5,56x45 pro zápalky s lůžkem 4,4 mm a v 45 ACP a 7,62x51 pro zápalky s lůžkem 5,3 mm. Kontrola citlivosti metodou Run-down se provádí se zápalkami, které jsou po kontrole vzhledu a rozměrů zalaborovány do nábojnic. Nábojnice se zápalkami se vloží do zkušebního pouzdra, které odpovídá tvaru nábojnice a spouští se závaží o hmotnosti 55 g pro zápalky o průměru 4,4 mm a závaží o hmotnosti 112 g pro zápalky o průměru 5,3 mm z orientační meze předepsané technickou dokumentací. Z orientační meze se krokem 25 mm zkouší další pádové výšky, až se dospěje ke spodní a horní mezi citlivosti. Ve spodní mezi citlivosti musí být 100 % selhačů a z horní meze citlivosti musí být 100% aktivací. Z každé meze se zkouší 25 kusů. Zjištěné hodnoty se vyhodnotí pomocí počítačového programu na 4 popř. 5 směrodatných odchylek z horní meze citlivosti a na 2 směrodatné odchylky z dolní meze citlivosti. Vypočítané hodnoty se zapíší do protokolu. Zápalky vyhovují, pokud jsou splněny tyto podmínky jako příklad uvádím pro zápalku 4,4 SP:


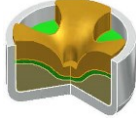




$$\overline{H} + 4 S \leq 280 \text{ mm,}$$

$$\overline{H} - 2 S \geq 25 \text{ mm.}$$

## 10. PŘEHLED SORTIMENTU ZÁPALEK S&B

ZÁPALKKA	SCHEMA	SLOŽ	BARVA KOTOUČKU	DNO KALÍŠKU	CITLIVOST	KŘIVKA	ZÁVAŽÍ	NÁBOJ
4,4 SP		NEROXIN - F	MODRÁ	0,40 mm	HM = 250 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 280 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	55 g	7.65 Br. 9 mm Luger 38 Special
4,4 SP-S		NEROXIN - F	ČERNÁ	0,40 mm	HM = 250 mm DM = 76 mm	$H + 5S \leq 350 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 75 \text{ mm}$	55 g	9 mm Luger
4,4 SPMP		NEROXIN - F	MODRÁ	0,46 mm Niklovaný	HM = 250 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 280 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	55 g	9 mm Luger 40 SW 357 Sig
4,4 SPM		NEROXIN - F	ZELENÁ	0,50 mm Niklovaný	HM = 280 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 310 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	55 g	357 Mag. 222 Rem 22 Hornet
4,4 SRR		NEROXIN - F	ČERNÁ	0,55 mm Niklovaný	HM = 300 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 350 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 50 \text{ mm}$	55 g	222 Rem 223 Rem
4,4 SR		NEROXIN - PXM	ZELENÁ	0,60 mm	HM = 250 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 310 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	112 g	223 Rem 5,6x52R

ZÁPALKKA	SCHÉMA	SLOŽ	BARVA KOTOUČKU	DNO KALÍŠKU	CITLIVOST	KŘIVKA	ZÁVAŽÍ	NÁBOJ
4,4 SRM		NEROXIN - PXM	ČERVENÁ	0,60 mm	HM = 280 mm DM = 76 mm	H + 5S ≤ 450 mm H - 2S ≥ 75 mm	112 g	5,56x45
4,4 JT		NEROXIN - JT	ZELENÁ	0,40 mm	HM = 250 mm DM = 50 mm	-	55 g	9 mm Jatečná 9 mm Tempo
4,4 SP NONTOX		NONTOX - Z10	MODRÁ	0,45 mm Niklovaný	HM = 225 mm DM = 50 mm	H + 4S ≤ 280 mm H - 2S ≥ 25 mm	55 g	7.65 Br. 9 mm Luger 38 Special
4,4 SP-S NONTOX		NONTOX - Z20	ORANŽOVÝ	0,45 mm Niklovaný	HM = 250 mm DM = 76 mm	H + 4S ≤ 350 mm H - 2S ≥ 75 mm	55 g	9 mm Luger
4,0 PERKUSNÍ		NEROXIN - O	ČERVENÁ	0,18 mm	HM = 140 mm DM = 30 mm	-	307 g	Perkusní pistolové zbraně
4,7 PERKUSNÍ		NEROXIN - O	ČERVENÁ	0,18 mm	HM = 140 mm DM = 30 mm	-	307 g	Perkusní puškové zbraně

ZÁPALKKA	SCHEMA	SLOŽ	BARVA KOTOUČKU	DNO KALÍŠKU	CITLIVOST	KŘIVKA	ZÁVAŽÍ	NÁBOJ
5,3 LP		NEROXIN - PX	ZELENÁ	0,52 mm	HM = 305 mm DM = 75 mm	$H + 5S \leq 350 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 50 \text{ mm}$	112 g	.45 ACP .44 Rem. Mag.
5,3 LP NONTOX		NONTOX - Z20	ZELENÁ	0,52 mm Niklovaný	HM = 305 mm DM = 75 mm	$H + 5S \leq 350 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 50 \text{ mm}$	112 g	.45 ACP .44 Rem. Mag.
5,3 LR		NEROXIN - O	MODRÁ	0,63 mm	HM = 250 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 310 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	112 g	7x57 7x64 308 Win. 30-06 Sprg.
5,3 LR-PX		NEROXIN - PX	MODRÁ	0,63 mm	HM = 350 mm DM = 76 mm	$H + 5S \leq 500 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 75 \text{ mm}$	112 g	7,62x39
5,3 LR-SE		NEROXIN - O	ČERNÁ	0,69 mm	HM = 250 mm DM = 50 mm	$H + 4S \leq 310 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 25 \text{ mm}$	112 g	6,5x55 SE 7,62x51 7,62x54R 300 Win. Mag.
5,3 LRM		NEROXIN - PX	ČERVENÁ	0,69 mm	HM = 350 mm DM = 76 mm	$H + 5S \leq 500 \text{ mm}$ $H - 2S \geq 75 \text{ mm}$	112 g	7,62x51

## 11. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo celkové shrnutí informací vyráběných zápalek a zápalkových složí. V úvodu práce je zmíněna konstrukce základních typů zápalek a jejich hlavní požadavky. Je zde popsán historický vývoj zápalek a zápalkových složí a hlavní metody jejich zkoušení.

Práce se zabývá vlivem procentuálního obsahu jednotlivých komponent zápalkové slože na funkční vlastnosti zápalky. Byl analyzován vliv tetrazenu a tricinátu na citlivost zápalky a balistický výkon pistolového a puškového kulového náboje.

Z naměřených výsledků je možné konstatovat, že optimální obsah tetrazenu pro dosažení požadované citlivosti finální zápalkové slože je mezi 2,5 - 4 %. Tetrazen jako přídatná (sekundární) třaskavina je nezbytnou složkou zápalkové slože, která má největší vliv na citlivost zápalkové slože k nárazu. Tricinát v zápalkové složi má podstatně nižší vliv na citlivost k nárazu než tetrazen a ani přítomnost frikcionátorů tento rozdíl významně nesnižuje. Zvyšování obsahu tricinátu v zápalkové složi má pozitivní vliv na akceleraci zápalkové slože a její zážehovou mohutnost, tato skutečnost je nejvíce patrná při měření balistických hodnot u teploty -54 °C. S vyšším obsahem tricinátu rostou hodnoty naměřených rychlostí i tlaků a naopak klesají naměřené hodnoty akčních časů v oblasti všech zvolených teplot. Rozptyly hodnot při nižším obsahu tricinátu pod 30 % jsou u všech tří balistických parametrů nejvyšší. Při obsahu tricinátu nad 50 % již není kompatibilita tricinátu s pyrosystémem ideální a to se projevuje v nárůstu rozptylů hodnot při měření tlaků u zvolených teplot. Nejoptimálnější poměr zápalkové slože je 40 % tricinátu, 4 % tetrazenu a 56 % pyrosystému. V tomto případě bylo dosaženo optimálních a nejvyrovnanějších naměřených balistických hodnot. Zjištěné složení zápalkové slože je velmi podobné běžně užívané zápalkové složi pod názvem Neroxin-F. Optimální složení je důležité vzhledem k bezpečnosti při laboraci zápalkové slože do zápalek, ale také z ekonomického hlediska. Veškeré porovnávací zkoušky měření citlivosti a balistických parametrů prokázaly optimální vyváženost poměrů všech složek obsažených v zápalkové složi typu Neroxin-F.

Příjemným zjištěním u připravených zápalkových složí s různým procentuálním obsahem tricinátu byla 100 % funkčnost zápalek v nábojích. U zápalek s minimálním obsahem tricinátu se předpokládalo, že bude docházet k selhání nábojů.

Za přípravu zmíněných složí, bych rád poděkoval ing. Stanislavu Brandejsovi, ing. Janu Franzovi a Karlu Jiráskovi.

## 12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Komenda, J.: Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní. 1.vyd. VŠB – TU Ostrava 2006. ISBN 80-248-1254-1.
- [2] Komenda, J.: Iniciátory. VAAZ, Brno 1988.
- [3] Hýkel, J. – Karlický, V.: Dějiny firmy Sellier&Bellot. Naše vojsko 2006. ISBN 80-206-0806-0.
- [4] Hýkel, J. – Malimánek, V.: Náboje do ručních palných zbraní. Naše vojsko, Praha 2002. ISBN 80-206-0641-6.
- [5] Hýkel, J. – Malimánek, V.: Náboje s okrajovým zápalem. Motoma, Podolí 2003. ISBN 80-239-2035-9.
- [6] Kolektiv autorů: Speciální technika I. díl. FMVS Praha 1976.
- [7] Urbanski, T.: Chemie a technologie výbušin III.díl. SNTL, Praha 1959. L 16-B3-4II/6270.
- [8] Kneubuehl, P. Beat.: Balistika střely, přesnost střelby, účinek. Naše vojsko, Praha 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [9] Střelecká revue. ročník 14, číslo 1-12, Naše vojsko, 1983. ISSN 1211-4014.
- [10] Hagel, R. Redecker, K.: Zapalovací slož prosté olova a barya. C 06 C 9/00. Deutschland. Patentový spis, DE 33 21 943 A1. 1983-06-18.
- [11] Olin Corporation, Stamford.: Netoxická, nekorozivní třaskavá slož. C 06B 33/04. USA. Patentový spis, US 4 675 059. 1986-02-27.
- [12] Duguet, J.R.: Nárazová slož bez obsahu těžkých kovů. 89400720.0, C 06 C7/90. France. Patentový spis, 0 34 25 A1. 1989-03-15.
- [13] Bjerke, R.K., Ward, P.J., Ells, D.O., Kees, K.P.: Netoxická třaskavá slož. C 06C 7/00. USA. Patentový spis, US 4 963 201. 1990-01-10.

- [14] Sellier & Bellot, a.s.: Netoxická a nekorozivní zážehová slož. C 06 B 25/32. Česká republika. Patentový spis, CZ 288858. 1999-09-17.
- [15] Sellier & Bellot, a.s.: Firemní dokumentace – Zápalek pro pistolové a puškové střelivo.
- [16] Sellier & Bellot, a.s.: Firemní dokumentace – Zápalkové slože.
- [17] MC MOPI: NATO/PFP UNCLASSIFIED. AEP-97Ed.A. Section 12. Combination Electronic Pressure, Velocity and Action Time (EPVAT) Test Procedure. 2013-10-31.
- [18] ČSN 39 5002-1 Civilní střelné zbraně a střelivo. Všeobecné termíny a definice. ČNI 1995. 78 s.