

# Fraktografická analýza a mikrostruktura komponentů vybraných střelných ručních zbraní

Bc. Filip Reich

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Filip Reich
Osobní číslo:	A20580
Studijní program:	N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management
Specializace:	Bezpečnostní technologie
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Fraktografická analýza a mikrostruktura komponentů vybraných střelných ručních zbraní
Téma práce anglicky:	Fractographic and Microstructural Analysis of Selected Components of Firearms Handguns

### Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši v oblasti problematiky kovových materiálů použitých při výrobě ručních střelných zbraní, spolu s jejich vlastnostmi a metodami zkoušení.
2. Objasněte fraktografické analýzy a mikrostruktury kovových materiálů u vybraných střelných ručních zbraní.
3. Specifikujte u jednotlivých hlavních částí střelných ručních zbraní metody a význam využití fraktografické analýzy.
4. Uveďte legislativu, která se zabývá střelnými zbraněmi.
5. Zaměřte se na praktické provedení fraktografické analýzy vybraných komponent.
6. Vyhodnoťte vhodnost při posouzení zvoleného materiálu z hlediska bezpečnosti a životnosti.

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

**Seznam doporučené literatury:**

1. Microstructure and Mechanical Properties of High Strength Two-Phase Titanium Alloys. : InTechOpen[online]. Rijeka: IN TECH d.o.o., 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/titanium-alloys-advances-in-properties-control/microstructure-and-mechanical-properties-of-high-strength-two-phase-titanium-alloys>
2. Metals Used in Firearms – I [online], 2014. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://firearmshistory.blogspot.com/2014/09/metals-used-in-firearms-i.html>
3. FARTOR, Zdeněk, 1995. *Střelné zbraně: konstrukce a funkce*. Praha: Magnet-Press. Magnet hobby. ISBN 80-858-4746-9.
4. MACHEK, Václav, 2013. *Kovové materiály I: struktury kovových materiálů*. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-800-1052-488.
5. KOPŘIVNA, Miroslav, 1992. *Fraktografie*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-706-7083-5.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ján Ivanka**  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **3. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2022**

**doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.**  
děkan



**Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2022

**Prohlašuji, že**

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

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 23.05.2022

Reich Filip v.r.  
.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce pojednává o využití fraktografické analýzy, a to za účelem zjištění vhodnosti kovových materiálů, používaných při výrobě ručních střelných zbraní a jejich komponentů. Cílem práce je na základě provedení vlastní fraktografické analýzy vybraných komponentů střelných zbraní posoudit materiál, z něhož jsou dané komponenty vyráběny, a to z hlediska dvou kritérií: bezpečnosti a životnosti. Stěžejními tématy práce jsou jednotlivé druhy kovů, obor fraktografie, její definice, historie a představení vybraných ručních střelných zbraní. Pozornost je také věnována legislativnímu vymezení, vztahujícímu se k tématice ručních střelných zbraní.

Klíčová slova: fraktografie, mikrostruktura, fraktografická analýza, střelná zbraň, makrofraktografie, mikrofraktografie.

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the use of fractographic analysis to determine the suitability of metallic materials used in the manufacture of small arms and their components. The aim of the thesis is to assess the material from which the components are made in terms of two criteria: safety and durability, based on a fractographic analysis of selected firearms components. The main topics of the thesis are the different types of metals, the field of fractography, its definition, history and introduction of selected small arms. Attention is also paid to the legislative definition related to the topic of small arms.

Keywords: fractography, microstructure, fractographic analysis, firearm, macrofractography, microfractography.

Tímto bych rád poděkoval všem lidem, kteří přispěli důležitými informacemi a radami, které byly pro mou práci velkým přínosem. Především děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jánovi Ivankovi za vedení mé práce, připomínky a potřebné rady.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 LITERÁRNÍ REŠERŠE PROBLEMATIKY KOVOVÝCH MATERIÁLŮ POUŽITÝCH PŘI VÝROBĚ RUČNÍCH STŘELNÝCH ZBRANÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 SHRNUÍ KAPITOLY .....	12
<b>2 VYBRANÉ RUČNÍ STŘELNÉ ZBRANĚ</b> .....	<b>13</b>
2.1 STŘELNÁ ZBRAŇ.....	13
2.1.1 Palná zbraň .....	13
2.1.2 Samopal vzor 58.....	13
2.1.3 Samopal vzor 26.....	14
2.1.4 Revolver .....	15
2.1.5 Pistole Glock 19 se závitem pro tlumič.....	16
2.2 SHRNUÍ KAPITOLY .....	17
<b>3 KOVOVÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU RUČNÍCH STŘELNÝCH ZBRANÍ</b> .....	<b>18</b>
3.1 SLITINA HLINÍKU .....	18
3.1.1 EN AW-6060 .....	18
3.1.2 EN AW-7075 .....	18
3.2 OCEL .....	19
3.2.1 Ferit .....	20
3.2.2 Cementit .....	21
3.2.3 Austenit .....	21
3.2.4 Perlit .....	22
3.2.5 Martensit .....	22
3.2.6 Ledeburit .....	23
3.2.7 Ocel třídy 11.....	24
3.2.8 Ocel třídy 12.....	24
3.2.9 Ocel třídy 13.....	25
3.2.10 Ocel třídy 14.....	25
3.2.11 Ocel třídy 15.....	25
3.3 KOROZIVZDORNÁ OCEL.....	25
3.3.1 Ocel třídy 17.....	26
3.4 SLITINA TITANU.....	26
3.4.1 Vlastnosti titanu .....	27
3.4.2 Slitina Ti6Al4V.....	27
3.4.3 Použití Titanu .....	27
3.5 SHRNUÍ KAPITOLY .....	28
<b>4 FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURY KOVOVÝCH MATERIÁLŮ</b> .....	<b>29</b>
4.1 FRAKTOGRAFIE .....	29
4.1.1 Historie fraktografie .....	29
4.2 METODY FRAKTOGRAFICKÝCH ANALÝZ.....	31
4.2.1 Makrofraktografie .....	31

4.2.2	Mikrofraktografie .....	32
4.3	VÝZNAM FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY .....	32
4.3.1	Význam a přínos fraktografické analýzy .....	32
4.3.2	Hodnocení mikrostruktury materiálu .....	33
<b>5</b>	<b>LEGISLATIVA URČENÁ PRO STŘELNÉ ZBRANĚ .....</b>	<b>34</b>
5.1	ZÁKON .....	34
5.1.1	Zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu .....	34
5.1.2	Zákon č. 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraních, střeliva a pyrotechnických předmětů .....	34
5.1.3	Zákon č. 14/2021 Sb. o nakládání se zbraněmi v některých případech ovlivňujících vnitřní pořádek nebo bezpečnost České republiky .....	35
5.1.4	Zákon č. 310/2006 Sb. o nakládání s bezpečnostním materiálem .....	35
5.2	VYHLÁŠKY .....	35
5.2.1	Vyhláška č. 162/2021 Sb. o nedovoleném výrobním provedení plynové zbraně a expanzní zbraně a o technických požadavcích na plynové nábojky pro expanzní zbraně.....	35
5.2.2	Vyhláška č. 335/2004 Sb., kterou se provádí zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky .....	35
5.2.3	Vyhláška č. 474/2002 Sb., kterou se provádí zákon o zákazu biologických a toxinových zbraní .....	36
5.3	NAŘÍZENÍ .....	36
5.3.1	Narizení vlády č. 315/2011 Sb. ....	36
5.3.2	Narizení vlády č. 217/2017 Sb. ....	36
5.3.3	Narizení vlády č. 219/2017 Sb. ....	36
5.3.4	Narizení vlády č. 218/2017 Sb. ....	36
5.3.5	Narizení vlády č. 24/2021 Sb. ....	36
5.4	ÚMLUVA .....	37
5.4.1	Úmluva č. 21/1999 Sb. ....	37
5.4.2	Úmluva č. 70/1975 Sb. ....	37
5.4.3	Úmluva č. 96/1975 Sb. ....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURA VYBRANÝCH KOMPONENTŮ .....</b>	<b>39</b>
6.1	METALOGRAFICKÁ PŘÍPRAVA .....	39
6.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ .....	40
6.2.1	Příprava vzorků pro makroskopickou metodu .....	40
6.2.2	Příprava vzorku pro mikroskopickou metodu .....	41
6.3	FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA MAKROSKOPICKOU METODOU .....	42
6.3.1	Provedení fraktografické analýzy .....	42
6.3.2	Shrnutí kapitoly .....	47
6.4	FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA MIKROSKOPICKOU METODOU .....	47
6.4.1	Provedení fraktografické analýzy .....	47
6.5	HODNOCENÍ MIKROSTRUKTURY VZORKŮ .....	48
6.5.1	Provedení hodnocení mikrostruktury komponentů .....	48



<b>7</b>	<b>POSOUZENÍ VHODNOSTI MATERIÁLU Z HLEDISKA BEZPEČNOSTI A ŽIVOTNOSTI .....</b>	<b>50</b>
7.1	CO SE STANE V PŘÍPADĚ NEDODRŽENÍ PRAVIDEL ZÁKLADNÍ MANIPULACE SE ZBRANÍ .....	50
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>61</b>

## ÚVOD

Střelné zbraně jsou v dnešní době velice rozšířené nejen mezi občany České republiky, ale i občany jiných států vzhledem k aktuálnímu dění ve světě. Bezpečnostní situace se neustále mění a je tedy pochopitelné, že většina občanů zvažuje pořízení zbrojního průkazu a následné zakoupení nějaké střelné zbraně. Na druhou stranu je fakt, že se lidé ve většině případů střelných zbraní bojí. Mají totiž obavu, že jim samovolně vystřelí nebo že dojde k poškození zbraně při výstřelu a zranění střelce a ze spousty jiných defektů zbraně při jejím užívání.

Z tohoto důvodu jsem si vybral jako téma své diplomové práce fraktografickou analýzu střelných zbraní a jejich komponentů. Fraktografickou analýzou se dá totiž zjistit bezpečnostní riziko možných defektů jednotlivých komponentů zbraně. Osobně vlastním několik zbraní, které budu v rámci této práce analyzovat. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou část a praktickou část. Úvodní část představuje literární rešerši, shrnující nejvíce citované zdroje v této práci. Cílem teoretické části diplomové práce je seznámení odborné veřejnosti s vybranými střelnými zbraněmi, včetně jejich rozborů. Pozornost je zde věnována materiálům, ze kterých jsou vybrané zbraně a jejich komponenty vyráběny. Mezi tyto materiály patří především ocel. Dále se práce zabývá klíčovým pojmem „fraktografie“ a jeho historií. Jsou zde popsány mikroskopy, kterými se fraktografické analýzy provádí, včetně celého procesu přípravy vzorků. Teoretická část práce také obsahuje shrnutí jednotlivých právních předpisů, zákonů a úmluv, vztahující se k problematice všech zbraní a střeliva.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na samotné provedení fraktografické analýzy u jednotlivých komponentů vybraných střelných zbraní. Mezi vybrané zbraně patří samopal vzor 58; samopal 26; revolver nezjištěného výrobce a pistole glock 19 se závitem pro tlumiče. Jak již bylo výše zmíněno, tři ze čtyř těchto zbraní vlastním. Vzhledem k tomu že se jedná o plně funkční zbraně (vyjma revolveru), a odebráním vzorku by došlo k nevratnému poškození funkčnosti zbraně, musely být některé vzorky nahrazeny obdobným materiálem, ze kterého se tyto zbraně a jejich komponenty běžně vyrábí. Cílem praktické části je zhodnocení a posouzení zvolených materiálů k výrobě střelných zbraní z hlediska dvou kritérií. Zda jsou zvolené materiály vzhledem k zachování bezpečnosti uživatele zbraně vyhovující a jaká je živostnost těchto zbraní za podmínek běžné údržby uváděné výrobcem.

Praktická část práce byla provedena v odborných laboratořích Kriminálního Ústavu Policie České republiky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 LITERÁRNÍ REŠERŠE PROBLEMATIKY KOVOVÝCH MATERIÁLŮ POUŽITÝCH PŘI VÝROBĚ RUČNÍCH STŘELNÝCH ZBRANÍ

Publikace, zabývající se problematikou fraktografie, mikrostruktury povrchů a fraktografických analýz je mnoho. Nemůžeme opomenout ani knihy, články a publikace vztahující se k problematice střelných zbraní a materiálů, ze kterých jsou zbraně vyráběny. Nedílnou součástí jsou také legislativní zákony, vyhlášky, úmluvy a právní předpisy, které se vztahují k tematice střelných zbraní.

Miroslav Kopřiva se v knize Fraktografie 1 z roku 1992 (ISBN 80-706-7083-5.) zabývá systematickým popisem jednotlivých směrů fraktografie. Autor poukazuje na jednotlivé postupy příprav vzorků před provedením analýz a pozornost směřuje především na metalografickou přípravu. Popisuje metody fraktografické analýzy, kterými jsou makrofraktografie a mikrofraktografie. Obě zmíněné metody byly použity i pro účel mé diplomové práce.

Autoři Jonšta, Hrubý a Silbernagel se v publikaci Praktická metalografie z roku 2008 (ISBN 978-809-0369-436.) věnují nejen mikrostruktuře materiálu, ale i metalografické přípravě. Informace čerpané z uvedené publikace velice přispěli k uchopení celé problematiky.

Významnou část literárních zdrojů pro mou diplomovou práci tvoří také odborné články, které jsou zveřejněny na online portálech. Jedním z nejvíce citovaných v mé práci je článek Strukturní složky oceli, který popisuje složky oceli, jakou jsou ledeburit, primární cementit, martensit, ferit a perit. Střelné zbraně i jejich komponenty jsou vyráběny z oceli třídy 11 až 17, korozivzdorné oceli a titanu.

V neposlední řadě jsem čerpal informace vztahující se k legislativě držení zbraní na online portálu zakonyprolidi.cz, kde se nachází kompletní legislativa k problematice zbraní a střeliva.

Stěžejní, však pro mou diplomovou práci byly osoby, které mne umožnily provedení vlastních fraktografických analýz a zároveň mi poskytly odborný výklad vztahující se k dané problematice. Tyto osoby odmítly být citovány z důvodu firemního stupně utajení v plném rozsahu. Pro účely citace jsou tyto osoby vedeny pod číslem 3 (vlastí zdroj).

## 1.1 Shrnutí kapitoly

V kapitole bylo uvedeno zdrojů, které jsou primární z hlediska literárních a webových zdrojů, jež jsou důležité pro obsah diplomové práce.

## 2 VYBRANÉ RUČNÍ STŘELNÉ ZBRANĚ

Jak již bylo v úvodní kapitole zmíněno, pro účely diplomové práce bylo vybráno čtyř kusů střelných zbraní, ze kterých bude použito vzorků pro provedení fraktografické analýzy v praktické části. Palné zbraně jsou tedy následující:

- Samopal vzor 58,
- Samopal vzor 26,
- Revolver nezjištěného výrobce, modelu,
- Pistole Glock 19.

### 2.1 Střelná zbraň

Střelnou zbraní se rozumí zbraň, jejíž funkce je při výstřelu odvozena od okamžitého uvolnění energie. Energie, o níž se jedná, je chemickou energií, využívané u zbraně palné, např. pistole, pušky, samopaly a jiné. [1]

#### 2.1.1 Palná zbraň

Jedná se o konkrétní typ zbraně, přesněji o střelnou zbraň. Principem je chemická přeměna pohonné látky, tedy střelného prachu, která uvede do pohybu tlakem střelu. Ve zbraních moderních, využívaných k služebním účelům bývá užíváno moderního bezdýmného prachu, a to hlavně u zbraní jako jsou pistole, samopaly, revolvery nebo také pušky. [1]

#### 2.1.2 Samopal vzor 58

Samonabíjecí verzi zbraně, kterou mnozí znají jako československou útočnou pušku. Vyráběná Českou zbrojovkou Uherský Brod. Uvedená střelná zbraň funguje na principu odbírání plynů z hlavně. Možné střelby buď jednotlivou ránou, nebo dávkou střel. Samopal ke střelbě používá střelivo ráže 7,62x39 mm. [2]



Obrázek 1 Samopal vzor 58 s hliníkovým krytem [vlastní zdroj]



*Obrázek 2 Rozborka samopalu vzor 58 [vlastní zdroj]*

Obrázek číslo 2 ukazuje provedenou rozborku samopalu vzor 58. Tento konkrétní samopal je upraven. Dřevotřísková pažba je nahrazena teleskopickou polymerovou pažbou s absorpcí zpětného rázu. Původní materiál pažbičky je nahrazen polymerovým. Podpažbí, nadpažbí a plechový kryt pružin je nahrazen odlitky z leteckého eloxovaného hliníku. Poslední úpravou oproti originální zbrani je namontovaný tlumič plamene. [3]

### **2.1.3 Samopal vzor 26**

Jedná se o samonabíjecí samopal, jehož konstrukce je s neuzamčeným dynamickým závěrem, jež je ovládán impulsem prachových plynů. Střelba u tohoto typu samopalu probíhá z nataženého závěru. Jeho přelomová konstrukce se vyznačuje spolehlivostí, kompaktností, nenáchylností na znečištění. Ráže je 7,26x25mm TT (Tokarev). Je produktem Zbrojovky Strakonice. [4]



*Obrázek 3 Samopal vzor 26 [vlastní zdroj]*

Hmotnost zbraně je 3 100 g, délka zbraně 445/686 mm, délka záměrné 400 mm, délka hlavně je 284 mm. [4]



*Obrázek 4 Rozborka samopalu vzor 26 [vlastní zdroj]*

V horní části obrázku číslo 4 se nachází tělo samopalu, pod ním je demontovaná hlaveň. Dále se na fotografii nachází tělo závěru s pružinami, pod kterými je vidět poslední části zbraně, a to uzávěrka zbraně, oko na popruh a ochranný kryt hlavně. [3]

#### **2.1.4 Revolver**

Revolver byl zapůjčen ze skladu zbraní určených k likvidaci, pouze pro účely provedení fraktografické analýzy. Revolver je nezjištěného výrobce, odhad roku výroby je 1999. Disponuje ráží 38 speciál. Rám tohoto revolveru je tvořen slitinou zinku z jednoho kusu, do kterého jsou postupně vloženy všechny ostatní díly a následně zadělány krytem. Tento kryt je zajištěn šrouby do rámu revolveru. [3]





*Obrázek 5 Revolver nezjištěného výrobce [vlastní zdroj]*

### **2.1.5 Pistole Glock 19 se závitem pro tlumič**

Pistole je vyrobena v rakouské zbrojovce Glock. Vznikla na základě požadavků ozbrojených složek, se zadanými pevnými parametry, které zbraň musí splňovat a za jakých podmínek musí zachovat svoji funkčnost. Pistole musela projít testem odolnosti proti sněhu, ledu, písku a prachu a stále být plně funkční. Dalším požadavkem bylo aby zbraň byla schopna vystřelit 10 000 ran s maximálně jedním selháním na 1000 výstřelů. [5]



*Obrázek 6 Glock 19 se závitem pro umístění tlumiče [vlastní zdroj]*

Pistole disponuje automatickým systémem pojistek bez vnějších ovládacích prvků. Roku 1982 prošel Glock veškerými požadovanými testy jako prototyp. Následně roku 1983 splnil vše ostatní a stal se plnohodnotnou zbraní bezpečnostních sborů. [5]



*Obrázek 7 Rozborka Glocku 19 [vlastní zdroj]*

Na obrázku číslo 7 se v horní části nachází závěr zbraně. Pod závěrem je hlaveň zbraně se závitem na konci, vedle hlavně po levé straně se nachází krycí matice závitu. Dále je na obrázku vratná pružina s vodící tyčí a tělo zbraně, které je tvořené z polymeru. [3][5]

## **2.2 Shrnutí kapitoly**

V uvedené kapitole jsem se zaměřil na představení a popis vybraných střelných zbraní. Zbraně jsou plně funkční a odebráním vzorku jednotlivých komponentů by došlo ke znehodnocení zbraní. Z tohoto důvodu pracuji v praktické části s obdobnými materiály s obdobnou povrchovou úpravou. Materiály, z nichž jsou střelné zbraně vyráběny shrnuji v následující kapitole.

### 3 KOVOVÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU RUČNÍCH STŘELNÝCH ZBRANÍ

Ruční palné zbraně byly vyráběny z materiálů jako jsou surové železo, mosaz nebo bronz. V současné době se ruční palné zbraně vyrábí ze slitiny hliníku, oceli, korozivzdorné oceli nebo titanu. [6][7][8]

#### 3.1 Slitina hliníku

Hliník patří mezi velmi lehký kov. Vlastnostmi hliníku jsou pevnost, velmi dobrá vodivost jak elektrická, tak tepelná. Je tvárný, dobře svařitelný a antistatický. Materiálově je nemagnetický a dá se recyklovat. V přírodě se nachází ve formě sloučenin. [6][7][8]

Největší uplatnění hliníku je formou slitin. Slitina s mědí a hořčíkem patří mezi nejznámější a nazývá se dural. Na rozdíl od čistého hliníku má tento kov větší pevnost i tvrdost, ale zároveň má nízkou hmotnost a odolnost proti atmosférickým vlivům. Dural není jedinou slitinou, dále je možné zmínit slitiny s hořčíkem, zinkem nebo křemíkem. [6][7][8]

Čistý hliník bývá využit ve výrobě tvarovaných plechů (střešní krytina) nebo také potravinová fólie. U konstrukce palných zbraní bývá použita slitina hliníku, která je určena jak k tváření, tak k odlévání. [6][7][8]

##### 3.1.1 EN AW-6060

Jedná se o slitinu hliníku EN AW-6060 AlMgSi, která slouží k použití pro všeobecné konstrukční účely, důraz je však kladen na dobrou tvářitelnost za tepla, svařitelnost metodami MIG a TIG, výborná odolnost proti korozi ve slané vodě. Možnost dodatečného tepelného zpracování, které je důležité pro obnovu či úpravu původních pevnostních materiálů. Hodnocení pevnostní charakteristiky je na středních hodnotách, kde u této třídy slitin křemíku a hořčíku, jež podporují schopnost vytvrzení. [7][8][9]

##### 3.1.2 EN AW-7075

V případě slitiny 7075 je využíváno zinkové příměsi. Jeho použití je ve vytvrzeném stavu, proti korozi má sníženou odolnost, je dobře lešitelný a také velmi dobře obrobitelný. Je zde velmi vysoká pevnost (pevnost v tahu a tvrdost). Za negativní vlastnost lze uvést, že se špatně svařuje a eloxuje. Eloxování, jinak také nazývané jako anodizace, je druhem chemicko-tepelné povrchové úpravy u hliníkových výrobků. Jedná se o vytvoření ochranné

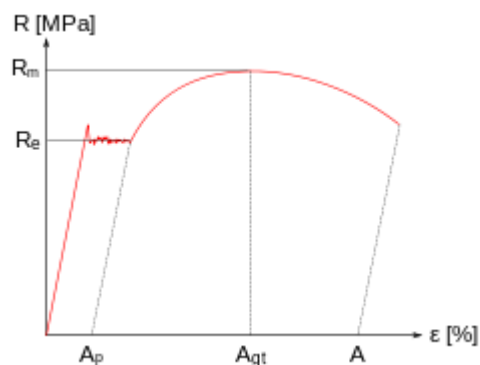
oxidové vrstvy na povrchu hliníkových součástí, tedy na povrchu hliníkové části střelné zbraně. [7][8][10]

### 3.2 Ocel

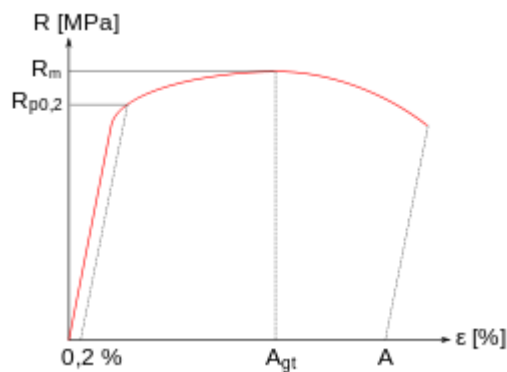
Slitinu železa s uhlíkem, spolu s dalšími legujícími prvky tvoří složení ocele. U ocele je množství uhlíku brán obsah pouze do 2,14 %, jakmile je vyšší procento, již hovoříme o litynách. Surové železo je známo jako prakticky měkký materiál, pokud ale je přidán uhlík, stává se ocel vysoce pevnou. Zvýšenou křehkost oceli však může způsobit nadměrné přidávání uhlíku, proto je u výrobního postupu striktně dodržováno a kontrolováno. [14]

U výroby oceli se novověkým způsobem používá metalurgický proces, u něhož se ze surového železa, které je vyrobeno ve vysoké peci, získává slitina uhlíku, železa a dalších chemických prvků. Při tomto procesu jsou snižovány nečistoty (hlavně síra a fosfor) a množství uhlíku, naopak přidány do slitiny jsou legující prvky (např. hliník, mangan, chrom, nikl, křemík aj.) [11]

Oceli patří mezi kovové materiály, které jsou nejčastěji používány. Legováním některých prvků a uhlíku, také kombinací tepelného a tepelně mechanického zpracování, se dají ovlivnit ve velmi širokém rozmezí vlastnosti, které se i přizpůsobují potřebnému využití. V binárním diagramu železo-uhlík jsou popsány strukturní složky.  $7850 \text{ kg/m}^3$  je hustota oceli. Měrná tepelná kapacita oceli je kolem  $469 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (řídí se obsahem příměsí), u bodu tavení oceli se jedná přibližně  $1539 \text{ }^\circ\text{C}$ . [11]



Obrázek 8 Pracovní diagram oceli  
s výraznou (vyznačená) mezí  
kluzu  $R_e$  [11]



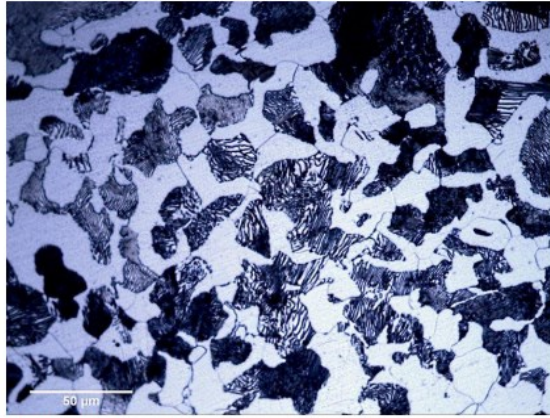
*Obrázek 9 Pracovní diagram oceli se smluvní mezí kluzu  $R_{p0,2}$  při protažení 0,2 % [11]*

V současnosti se vyrábí kolem 2 500 druhů ocelí. Podle norem (ČSN, DIN aj.) se oceli dělí do skupin dle chemického složení, struktury, mechanických a fyzikálních skupin. Vlastnosti a jakost určují třídy oceli. Ve světě se užívá značení evropské tedy EN 100027, dále pak značení německé DIN a americké ASTM a SAE. Česká republika se řídí značením, které je dané českými státními normami (ČSN). [11][12]

Ocel tvoří krystaly, které se nachází v různých krystalových strukturách, a tím, jaký mají tvar struktury, mají vliv na fyzické vlastnosti oceli - příkladem je možné uvést pevnost, bod tání, pružnost a jiné. Výroba oceli probíhá v určitých fázích, a to: austenit, ferit, perlit, ledeburit, cementin, a pak také v určitých strukturách, kterými jsou: martenzit, bainit, sorbit, troostit. Níže je uveden popis jednotlivých fází a struktur u vybraných materiálových vlastností. [11][12]

### 3.2.1 Ferit

Jedná se o tuhý roztok uhlíku v železe alfa. Vlastnostmi jsou měkkost, houževnatost, tvárnost a za teplot pod 768° C je magnetický. Oproti jiným strukturám má nejvyšší modul pružnosti, výborně svařitelný, vyznačuje se nízkou mezí kluzu i pevností.[13]



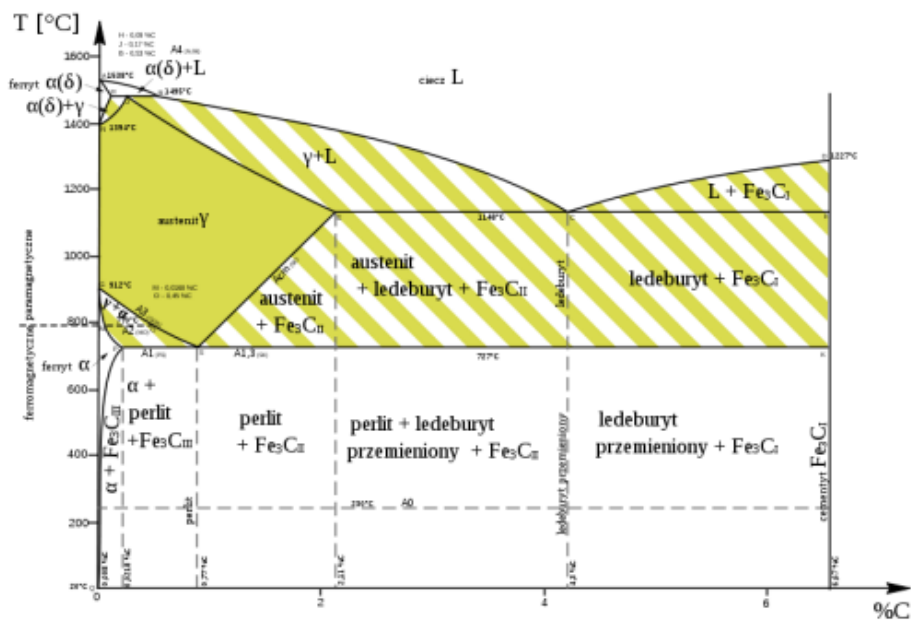
Obrázek 10 Mikrostruktura ferit plus perlit [13]

### 3.2.2 Cementit

Jde o chemickou sloučeninu, tedy o karbid železa  $\text{Fe}_3\text{C}$ , vlastnostmi jsou vysoká tvrdost, křehkost, nemá tažnost ani houževnatost. Jestliže se stává součástí perlitu, zvyšuje jeho pevnost. [13]

### 3.2.3 Austenit

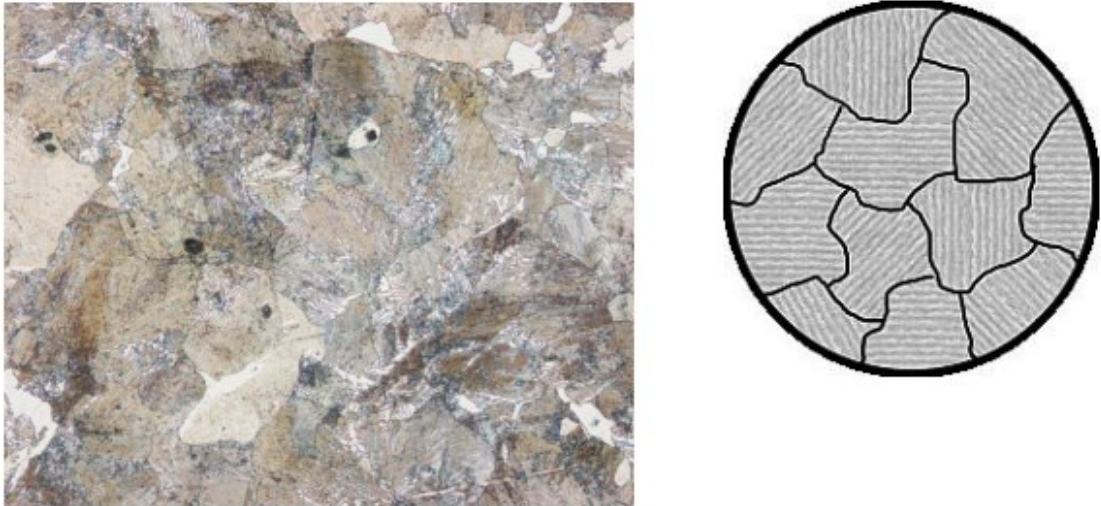
Jedná se o tuhý roztok uhlíku v železe gama. Jeho vlastnostmi jsou tvárnost, houževnatost a je nemagnetický. Na rozdíl od feritu má nižší mez kluzu, ale zároveň má vyšší mez pevnosti. Vznik austenitu je při teplotách  $723 - 1492^\circ\text{C}$ . [13]



Obrázek 11 Austenit – výskyt v závislosti na teplotě a obsahu uhlíku [13]

### 3.2.4 Perlit

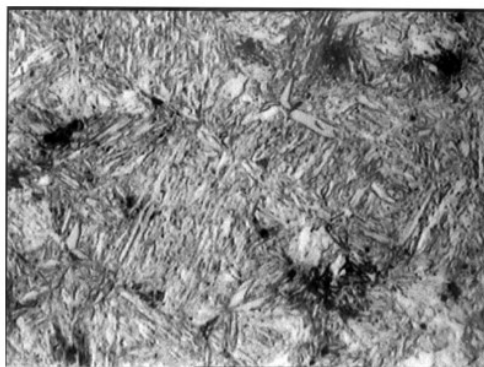
Skládá se z destiček cementinu a feritu, jeho vzhled má perleťový lesk. Ve srovnání s feritem je pevnost a tvrdost perlitu vyšší, ale tažnost a houževnatost je nižší. [13]



*Obrázek 12 Mikrostruktura perlit [13]*

### 3.2.5 Martensit

Samotný vznik je při prudkém ochlazení oceli, čímž je způsobeno zdeformování krystalové mřížky a tím vznikne tvrdá, pevná, ale křehká struktura. Samostatně technicky nepoužitelný. [13]



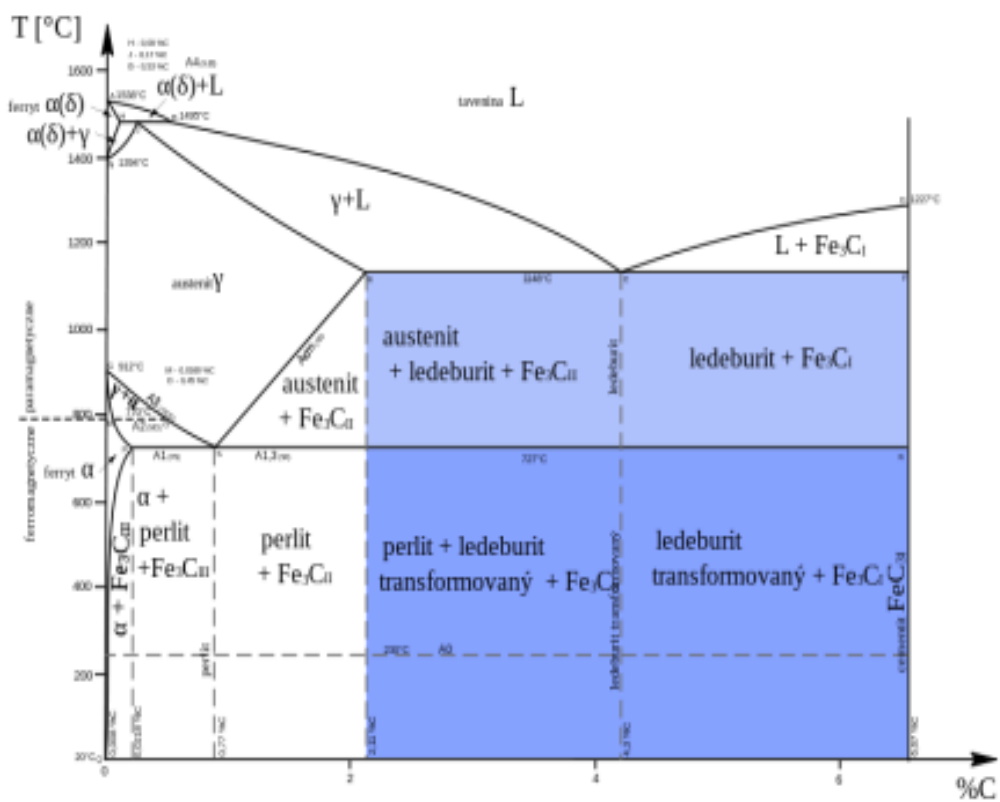
*Obrázek 13 Mikrostruktura martensit [13]*

### 3.2.6 Ledeburit

Směsí drobných krystalků cementitu a perlitu, technicky je minimálně využitelný. Jeho použití bývá u bílých litin, je důležitostí vysoká tvrdost a ořezuvzdornost. Je křehký. [13]



Obrázek 14 Mikrostruktura ledeburit a primární cementit [13]



Obrázek 15 Ledeburit – výskyt v závislosti na teplotě a obsahu uhlíku [13]



Výroba oceli vzniká přeházením z fáze do fáze, upravováním množství příměsí, které jsou postupně přidávány, současně i postupným zahříváním, jinak řečeno kalením, dále i následným kontrolovaným zchlazovacím procesem, jinak i nazýváno propouštění. [13]

### 3.2.7 Ocel třídy 11

Jedná se o nelegované konstrukční oceli, u nichž je zárukou nejen minimální pevnost v tahu, mezi tažností a kluzu, ale i čistotou a obsahem síry a fosforu. [14][15]

Oceli, značící se jako jemnozrnné se charakterizují zvýšenou mezi kluzu (jedná se o oceli: 11 378, 11 583, 11 483 a 11 523). [14][15]

Oceli patřící mezi zvláštní se řadí tzv. automatické, důvodem je obsah až 0,2 % síry, která je vázaná zvýšeným množstvím manganu (zhruba 1 %) na MnS. Za pozitiva se u již zmíněných automatových ocelí vnímá dobrá obrobiteľnosť s povrchem veľmi kvalitným při řezné rychlosti a jednoduché lámavosti třísky, jejich dodání v tyčích tažených za studena (oceli, patřící k automatovým: 11 140, 11 121, 11 109, 11 110, 11 120). [14][15]

Je-li však potřeba oceli, která je určena pro náročnější nebo hodně namáhané strojní součásti, tak se za vhodné doporučují oceli s vyšší pevností (11 600, 11 700 a 11800). [14][15]

Jedná-li se však o strojní součásti, které jsou málo namáhané, příkladem mohou být menší ozubená kola, hřídele, čepy atd., doporučuje se ocel z řady 37 a 42, kde je možné uvést např. 11 423, zde je možné díky vhodnosti svařovat a dále i využitelnost pro svařované konstrukce. [14][15]

Avšak za nejběžnější se uvádí ocel pro strojní součásti, u kterých je možnost zušlechťování, příkladem je 11 500, která má v normalizačně žíhaném stavu 500 MPa nejmenší pevnost. Nejvýše ji však lze zušlechťovat na pevnosti kolem 700 MPa. Pro představu je možné uvést příklady, kde je užitá: ozubená kola, hřídele, svorníky a další. [14][15]

### 3.2.8 Ocel třídy 12

Jedná se o oceli ušlechtilé, uhlíkové oceli. Prvky, které jsou zde obsaženy, jsou hlavně Si, Mn, P, C, S. U uvedeného druhu oceli se zaručuje celkové chemické složení, oceli jsou uklidněné, neobsahující žádné legury, je možné je využít k tepelným zpracováním a díky tomu získat obrovské množství užitečných vlastností, důležitostí je zde obsah C (0,07 – 0,9). [15][16]

Oceli, které jsou určené k cementování, bývají dodávány v přírodním stavu (kované či válcové), mají rozmezí 0,06 až 0,02 % C. [15][16]

Ve třídě 12 se lze tedy setkat s ocelí k tažení za studena, s ocelí pružinovou, ocelí s nízkým obsahem uhlíku (určeno k cementování), ocelí s odstupňovanou pevností, ocelí pro nosná lana, ocelí žárovevnou. [15][16]

### 3.2.9 Ocel třídy 13

Ve třídě 13 se jedná hlavně o ocel pružinovou. Jejich užití je tam, kde nelze využít ušlechtilá uhlíková ocel, popřípadě, kde by byla zbytečně nákladná chromnikova nebo chromová ocel. Vzhledem k tomu, že ve třídě 13 jsou křemík a Mn v obsahu větším jak 1 %, je vnímán mangan jako levná a možná náhrada niklu. [15][17]

Je možné i ocel třídy 13 zušlechťovat, nehodí se ale k cementování, jelikož při dlouhém ohřevu hrubnou a při kalení hrozí trhliny. [15][17]

Pro užití v elektrotechnice jsou podstatné hlavně křemíkové oceli, jejichž použití je hlavně na transformátorové a dynamové plechy, které využívají převážně pružinovou ocel. [15][17]

### 3.2.10 Ocel třídy 14

Vnímána jako nízkolegovaná ocel, k výrobě se využívá chrom a další prvky, jimiž jsou Si, Mn. Nejvíce využívané slitinové oceli, u nichž je velmi pravděpodobné dosažení výborných vlastností, bez užití nedostatkových prvků. Většinou se kalí, cementují, zušlechťují. Na oceli (příkladem 14 109, což je určena vyrábění válivých ložisek) se dbá na mikročistotu materiálu. Její využití je hlavně na ozubená kola, čepy a hřídele. [15][18]

### 3.2.11 Ocel třídy 15

Jedná se o nízkolegovanou, molybdenovou ocel. Kombinací molybdenu s chromem, či chrom s wolframem nebo také chrom s vanadem jsou oceli legovány. Vlastnostmi zmíněných ocelí je žárovevnost, což znamená, že jejich mez tečení mají vysokou. Jsou vnímány jako elita oceli při výrobě hodně namáhavých strojních součástí, a to buď jako oceli nitridované, zušlechťené, kalené nebo cementované. [15][19]

## 3.3 Korozi vzdorná ocel

Nazývána také nerez, nerezavějící ocel nebo nerezová ocel se řadí mezi vysoce legovanou ocel, která má zvýšenou odolnost vůči elektrochemické nebo chemické reakci. Uvedený

druh oceli je založen na schopnosti tzv. pasivace povrchu železa. I přesto, že je pasivita v mnoha prostředích, je možné se v různých specifických prostředí s lokálním druhem koroze setkat, např. bokovou, štěrbinovou, korozním praskáním, mezikrystalovou aj. Z toho důvodu se kromě chrómu využívá i jiných prvků zvyšujících odolnost pro daný typ koroze. Korozivzdorné oceli je možné dělit dle složení chemického a také dle struktury do tří základních skupin, a to: austenitické oceli, martenzitické, feritické a dále ještě tzv. přechodové skupiny, kterými jsou: martenziticko-austenitické, feriticko-austenitické a poloferitické oceli. I když korozivzdorné oceli obsahují velké množství legur, chrómu, niklu, manganu, a jiných, pravidlem je, že se vždy jedná o slitinu železa s uhlíkem, což je ocel. [20]

Využití korozivzdorných ocelí je velmi široké, jak v chemickém, automobilové, potravinářském průmyslu, tak i při výrobě střelných zbraní a v jiných odvětvích. [20]

V případě ručních palných zbraní je nutné zmínit, že musí odolat jak vnitřnímu namáhání, tak i vnějšímu opotřebení, korozi a různým vlivům nárazů při manipulaci.

Z historického hlediska lze zmínit Harryho Breasleye z sheffieldské laboratoře, který hledal korozi odolné slitiny pro sudy se střelným prachem. [20]

V roce 1912 se mu povedlo objevit a poté i zavést výrobu martenzitické korozivzdorné oceli s obsahem chrómu 12,8 % a uhlíku 0,24 %. V roce 1912, dne 17. října, austenitickou korozivzdornou ocel patentovali pro firmu Kupp pánové Benno Strauss a Eduard Maurer. O dva roky později pro výrobu čpavku vyrobili pánové Strauss a Marurer ocel s 20 % chrómu, 0,25 % uhlíku a 7 % niklu. [20]

### 3.3.1 Ocel třídy 17

Ocel třídy 17 patří mezi středně a vysoce legované oceli. Je charakterizována svojí žárupevností, žáruvzdorností, korozivzdorností, magnetickou měkkostí nebo tvrdostí. Užití při výrobě nereze (potrubí pro průmysl chemický a potravinářský, chirurgické nástroje a jiné). [15][21]

## 3.4 Slitina titanu

Titan patří mezi nejrozšířenější kovy v zemské kůře. Jeho předností je mimořádná houževnatost, řadí se mezi přechodný kov s nízkou hustotou, nízkou elektrickou i tepelnou vodivostí, jeho mechanické vlastnosti jsou dobré. [22]

### 3.4.1 Vlastnosti titanu

Nelegovaný, čistý titan využití nachází tam, kde je nutná zvýšenost odolnosti proti korozi, za příklad je možné uvést průmysl těžební nebo chemický. Jelikož je závislý na obsahu intersticiálních prvků, tak vykazuje slitina titanu výbornou obrobiteľnosť a ťažnosť. Uvedené vlastnosti spolu s dobrou korozivzdorností a odolnosťou proti tečeniu, majú zásluhu na tom, že je titan veľmi populárny. [22]

### 3.4.2 Slitina Ti6Al4V

Slitina Ti6Al4V často využívaná v kosmickom a leteckom priemysle k výrobe konštrukčných prvků trupu nebo pohonných systémů. V medicíně své využití našla pro chirurgické implantáty, zdravotnické zařízení a prostředky. Sportovnímu priemyslu byla přínosem výrobou golfových holí. Dále je uvedené slitiny a titanu využito skrze odolnosti vůči solankám k výrobě jachet a lodí. [22]

V oblasti strojírenství slitiny titanu využívají k výrobě prvků, které jsou vystavovány dynamickým vysokým zátěžím. Jejich využití je i k odlévání tepelných štítů turbín, které jsou provozovány až při teplotách 300 °C. [22]

Ve zdravotnictví je titan v podstatě nenahraditelný, považuje se za nejbližší se shodující biokompatibilní kov, u něhož jsou důležitými vlastnostmi aseointegrace a biologická inertnost ve vztahu k lidskému tělu. Odolává korozi, kterou působí tělní tekutiny, jeho odolnost je v lidském těle díky ochranné oxidované vrstvě, která je vytvářena v lidském těle v přítomnosti kyslíku. [22]

### 3.4.3 Použití Titanu

Není možné jej považovat za nezískatelný, nákladný nebo exotický prvek. Jeho aplikace a užití jsou v podstatě ve většině oblastí, týká se velmi široké využitelnosti spolu s technologickým vývojem, díky čemuž se využitelnost dále rozšiřuje. [22]



Obrázek 16 Použití Titanu [22]

### 3.5 Shrnutí kapitoly

Tato kapitola se zaměřovala na základní rozdělení kovů, na jejich označení, a především na význam těchto označení. Pozornost byla věnována také materiálům, které jsou hojně využívány k výrobě různých komponentů do střelných zbraní. Jaké jsou možnosti zkoumání vybraných komponentů a jejich materiálů je klíčové téma následující kapitoly.

## 4 FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURY KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

V kapitole bude objasněno, co se skrývá pod pojmem fraktografie a jaká je její historie. Jaké přístroje se využívají při provádění fraktografických analýz, způsoby provedení a význam těchto analýz.

### 4.1 Fraktografie

Fraktografii lze chápat jako nauku o lomech. Úkolem fraktografie je popis vlastností a studium nových povrchů, které jsou vytvořené v pevných tělesech účinkem porušování procesů. Její činností je zkoumání vazeb mezi mechanismy a vlastnostmi porušování, dále také vlastnostmi materiálu a jiným faktory, jimiž by byl vyvolán nebo ovlivněn proces porušování. [23]

Fraktografická analýza patří k nezastupitelným při zjišťování příčin provozních poruch. Výsledky, které jsou z fraktografické analýzy zjištěny, se využívají při odhadu životnosti konstrukcí, při odstraňování havárií (příkladem může být vhodný zásah do technologií), a jiné.

Uplatnění fraktografie je při zkoumání lomových vlastností u materiálů, které jsou nově vyvíjeny. Získané informace o lomovém chování jsou nevyhnutelným, tedy nutným požadavkem pro průmyslové aplikace, protože skúčenou únosnost (tedy míru bezpečnosti konstrukcí a mechanických soustav) určuje odolnost proti porušování. Další fraktografickou působností je zdroj informací o mikromechanismech porušování vázané na vnitřní stavbu (jedná se o mikrostrukturní charakteristiku) látek pevných a dále i přispívá nejen základnímu, ale i aplikovanému výzkumu ve fyzikální metalurgii a ve fyzice pevných látek. [23]

#### 4.1.1 Historie fraktografie

Ze začátku se věnovala jen lomu kovů, postupně se začala zabývat i jinými materiály, kterými jsou skla, kompozity, keramika, dřevo nebo například biologické tkáně. [23]

V dobách středověku se jednalo o zjištění kvality kovu, který byl využit například pro děla nebo zvony. První doložené pozorování lomu za pomoci mikroskopu bylo v roce 1665, které provedl Robert Hooke, kdy pozoroval lom vápence. K prvnímu hodnocení lomů kovů za využití mikroskopu je považován René-Antonie Ferchault de Réaumur. Roku 1722

ilustroval ve své knize makroskopické i mikroskopické znaky lomových ploch železných kovů a oceli. Tato skutečnost vedla k provádění vizuálního hodnocení kvality materiálů. [23]

K velice důležitému posunu v oblasti fraktografie přispěl A. Martens sledováním povrchů lomů se současně vyleštěnými a naleptanými výbrusy. Dále popsal vznik makroskopických charakteristik lomů způsobených tahem, krutem, ohybem a únavou. [23]

K provádění fraktografie byly ze začátku využívány světelné mikroskopy. Toto pozorování bylo velice komplikované v důsledku reliéfu lomů docházelo velice často k poškození mikroskopu. Následovalo vyvinutí speciálních přípravků pro uchycení vzorků aby bylo možné eliminovat poškození mikroskopu. Využívání světelných mikroskopů i přes provedené úpravy neumožňovaly pozorování tzv. fraktografických znaků. Nemožnost pozorování u mikroskopů způsobovali nízké hloubky ostrosti a rozlišovací schopnosti dané vlnovou délkou světla. [23]



*Obrázek 17 Mikroskop Delta Optical BioLight 100 [24]*

Zavedením elektronové mikroskopie byl problém s pozorováním fraktografických znaků zcela vyřešen což vedlo k masivnímu rozvoji fraktografie. Za využití řádkovacího elektronového mikroskopu byl C. Lairdem a G. C. Smithem roku 1961 pozorován vznik únavových

striací lomů. Jedná se o útvary, které nebylo do té doby možno pozorovat, protože nebyly viditelné za využití světelných mikroskopů. [23]



*Obrázek 18 elektronový mikroskop Tescan LYRA 3*

*XMU FEG/SEMxFIB [25]*

## **4.2 Metody fraktografických analýz**

Pro zvolení správné metody provedení fraktografické analýzy záleží na potřebném zvětšení daného vzorku, dle kterého lze určit, zda bude provedena za využití makrofraktografie nebo mikrofraktografie. [26]

### **4.2.1 Makrofraktografie**

Makrofraktografická metoda je využívána v případech maximálního požadovaného zvětšení 100x. V této metodě lze využít pozorování vzorku pouhým okem, při kterém je možné zjištění příčiny vzniku lomu na základě makroskopických příznaků. [26]

Hlavními faktory, které ovlivňují vzhled lomové plochy jsou místa poruch, kde byla pevnost materiálu degradována. Může se jednat o nedokonalosti krystalové mřížky mezi zrny použitých příměsí, vměstky, karbidy, soudržnost jednotlivých struktur ovlivňujících vzhled lomu nebo také vady výrobku. [26]

Vzhled lomu určuje i velikost porušené části materiálu vedoucí až k místu, kde je porušena soudržnost materiálu. Záleží na druhu materiálu a vzniku lomu, pokud vznikne na štěpných plochách křehkého materiálu, který je nedeformovaný, vytvoří se na lomových plochách



rovné, lesklé plošky, u kterých velikost ve většině případů odpovídá velikosti zrn. Houževnaté materiály mají tyto plošky pod ostrým úhlem směřujícím k působené síle, čímž vznikne matný, drsný lom. Důležitý je i způsob namáhání daného materiálu v okamžiku vzniku lomu. [26]

#### 4.2.2 Mikrofraktografie

Mikrofraktografická metoda se využívá pro potřeby studie lomů většinou za vysokých zvětšeních. Díky těmto zvětšením lze získat potřebné informace o poloze hranic zrn, kluzových rovin a únavových žlábků na materiálu, které jsou označovány jako mikroskopické stopy důležité pro objasnění poruchy. Metoda je využívána pro výzkumné účely zjišťování příčin vzniku poškození materiálu. K výše uvedené studii lomových ploch lze využít optických mikroskopů umožňujících až 1000x zvětšení, do kterých se vkládají vzorky procházející různou přípravou jako například leptáním, broušením. Mikrofraktografie využívá i elektronovou mikroskopii. Elektronové mikroskopy využívají pro svou funkci, místo světelných svazků, svazky urychlených elektronů a elektromagnetických čoček. Vzorek je i se svazkem elektronů po dobu zkoumání umístěn v přístroji, kde se nachází vakuum, aby nedocházelo k atmosférickému ovlivnění. Za těchto podmínek lze dosáhnout získání kvalitních informací o veškerých vlastnostech vzorku, například: o mikrostruktuře, krystalografii a jiných. [26]

### 4.3 Význam fraktografické analýzy

Kapitola obsahuje vysvětlení významu fraktografické analýzy, její přínos a způsob hodnocení mikrostruktury materiálů.

#### 4.3.1 Význam a přínos fraktografické analýzy

Pro spolehlivost a bezpečnost při používání, manipulaci nebo nošení střelných zbraní jsou čím dál více kladeny požadavky na kvalitu materiálu, ze kterého jsou vyráběny. Zkoumáním vzniku příčin poruch materiálu zbraní lze efektivně eliminovat vznik těchto poruch. Je třeba vyvíjet nové materiály, což by nebylo možné bez možnosti zkoumání strukturních charakteristik a vlastností těchto materiálů. Fraktografická analýza nám umožňuje zkoumání procesů, které probíhají před a při degradaci, trhlinách, lomech a únavě materiálů. Zkoumání těchto poruch nám umožní případnou změnu technologického postupů při výrobě, změnu konstrukce výrobku pro zamezení vzniku poruch. V neposlední řadě nám umožňuje provádět defektoskopické kontroly, díky kterým se určí nutnost opravy, případné výměny dané části materiálu nebo jeho zbývající životnosti. [27]

### 4.3.2 Hodnocení mikrostruktury materiálu

Materiál si lze představit jako celek ve kterém se nachází jednotlivé stavební bloky, jeho struktura záleží na vztahu mezi elementárními částicemi jako jsou: atomy, molekuly, krystaly, defekty. Tyto částice jako celek definují stav látky. Pro správné popsání struktury materiálu, tedy všech jeho složek, je nutné tyto látky pozorovat v určeném měřítku. Určení měřítko uvádí, zda se jedná o makrostruktury nebo mikrostruktury. [28]

Kovové materiály mají většinou kovovou vazbu uspořádanou do krystalické formy, kde jsou atomy poskládány vedle sebe a sdílejí valenční elektrony. Krystalické formy neboli látky, se dělí dle počtu krystalů na monokrystalické a polykrystalické. V polykrystalických látkách se nachází jednotlivé krystaly označované jako zrna. U zrn záleží na jejich velikosti, což určuje tvrdost nebo měkkost materiálu. V případě, že jsou tato zrna větší, jedná se o měkčí materiál. Zásadním faktorem ovlivňujícím mikrostrukturu materiálu je jeho výroba. [28]

## 5 LEGISLATIVA URČENÁ PRO STŘELNÉ ZBRANĚ

V kapitole o legislativě pro střelné zbraně se věnuji shrnutí nejdůležitějších zákonů, nařízení a vyhlášek, relevantních k tematice diplomové práce.

### 5.1 Zákon

Zákonem se rozumí obecně závazný právní předpis, který je přijatý zákonodárným sborem, což je v tomto případě parlament. Zákony jsou nadřazeny vyhláškám a nařízením. [29]

#### 5.1.1 Zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

Zákon o střelných zbraních a střelivu je platný od 9. dubna 2002, účinný od 1. ledna roku 2003. Jeho obsah je rozdělen do čtyř částí a příloh. V první části se jedná o zbraně, střelivo a munice. V druhé části uvedena změna zákona č. 156/2000 (zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů). V části třetí je uvedena změna živnostenského zákona. V části čtvrté je účinnost zákona. Dále pak jsou uvedeny přílohy k zákonu. [22][30]

V zákoně je upravováno a stanoveno kategorizace střelných zbraní a střeliva. Dále je zde uvedeno, za jakých podmínek je možné vlastnit, držet nebo nosit zbraně a používat zbraně a střelivo. Dále jsou uvedeny povinnosti pro držitele zbraní nebo střeliva, jejich podmínky pro vývoz, dovoz nebo i tranzit zbraní či střeliva u provozování střelnic. Dále je zahrnuto provádění pyrotechnického průzkumu, provozování informačních systémů skrze zbraně a střeliva, možné vzniklé sankce a výkon státní správy v oblasti zbraní a střeliv, ohledně provádění pyrotechnického průzkumu a jeho provozování, dále také u provozování střelnic. Výše zmíněný zákon byl několikrát novelizován. [30]

#### 5.1.2 Zákon č. 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraních, střeliva a pyrotechnických předmětů

Zákon je platný od 21. června 2000, účinný od 1. srpna 2000. V zákoně jsou řešena práva a povinnosti výrobců, vývozců, dovozců, také distributorů, popřípadě i dopravců střelných zbraní, střeliva a také doplňků zbraní. [30]

Dále upravuje výkon státní správy u ověřování doplňků zbraní, střelných zbraní a střeliva, také zajišťování úkolů, které plynou z mezinárodní smlouvy, jíž je Česká republika vázána. [30]

### **5.1.3 Zákon č. 14/2021 Sb. o nakládání se zbraněmi v některých případech ovlivňujících vnitřní pořádek nebo bezpečnost České republiky**

Zákon je platný od 15. ledna 2021, účinný od 31. ledna 2021. Jedná se o zákon, který stanovuje opatření, jež může stanovit vláda k podmínkám s nakládání se zbraněmi, pokud je ovlivňuje bezpečnost České republiky nebo vnitřní pořádek. [30]

### **5.1.4 Zákon č. 310/2006 Sb. o nakládání s bezpečnostním materiálem**

Zákon je platný od 22. června, účinný od 1. července 2006. Zákon, ve kterém je řešeno nakládání s některými věcmi, které jsou využitelné k obranným a bezpečnostním účelům v České republice, čili na jejím území. [30]

## **5.2 Vyhlášky**

Vyhláškami se rozumí druh podzákoného právního předpisu. Vyhlášku je možné pro právní terminologii vydat jako prováděcí předpis (vyhláška nebo nařízení vlády) k zákonu ústřední orgán státní správy, kterým se rozumí například ministerstvo. [30]

### **5.2.1 Vyhláška č. 162/2021 Sb. o nedovoleném výrobním provedení plynové zbraně a expanzní zbraně a o technických požadavcích na plynové nábojky pro expanzní zbraně**

Vyhláška je platná od 14. dubna 2021, účinná od 29. dubna 2021. Upravuje dovozené výrobní provedení expanzní a plynové zbraně, také upravuje technické požadavky na plynové nábojky pro expanzní zbraně. Zpracovává potřebné předpisy Evropské unie. [30]

### **5.2.2 Vyhláška č. 335/2004 Sb., kterou se provádí zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky**

Platnost vyhlášky je od 31. května 2004, účinnost od 1. července 2004. Vyhláška zpracovává určitý předpis Evropské unie, dále upravuje u Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva podrobnosti o postupu. Řeší se zde dokumentace technická i průvodní, dále pak vzory zkušebních značek a jiné. [30]

### **5.2.3 Vyhláška č. 474/2002 Sb., kterou se provádí zákon o zákazu biologických a toxinových zbraní**

Platná je od 20. listopadu 2002, účinná od 1. ledna 2003. Stanovuje například seznam vysoce rizikových nebo rizikových biologických agens a toxinů, a jiné. [30]

## **5.3 Nařízení**

U nařízení se jedná o druh podzákoného právního předpisu, který vydává vláda, ministerstvo, nebo také obce a kraj, jiný správní úřad, vydává se k provedení zákona. [30]

### **5.3.1 Nařízení vlády č. 315/2011 Sb.**

Nařízení vlády je platné od 25. října 2011, v účinnosti je od 1. ledna 2012. Jedná se o zkušební řád zkoušky odborné způsobilosti pro žadatele, který žádá o vydání zbrojního průkazu ve skupinách A až E. [30]

### **5.3.2 Nařízení vlády č. 217/2017 Sb.**

Nařízení vlády platné od 27. července 2017, účinné od 1. srpna 2018. Zde jsou uvedeny požadavky, které jsou stanoveny pro zabezpečení zbraní, střeliva, bezdýmého prachu a černého loveckého prachu a také zápalek i o muničním skladišti. [30]

### **5.3.3 Nařízení vlády č. 219/2017 Sb.**

Nařízení vlády platné od 27. července 2017, účinné od 1. srpna 2017. Je zde řešeno znehodnocování některých zbraní a střeliva, dále pak stanovuje zhotovování řezů zbraní a střeliva, ničení střeliva a o minimálním obsahu dokumentace ve vztahu k delaboraci, zabývá se i znehodnocováním, výrobou řezů a ničením munice. [30]

### **5.3.4 Nařízení vlády č. 218/2017 Sb.**

Nařízení vlády je platné od 27. července 2017 a účinné od 1. srpna 2017. Stanovuje minimální technické požadavky na střelnici pro munici, dále pak stanovuje trhací jámu pro ničení munice. Zaměřuje se i na zvláštní zařízení pro odpalování, střelbu nebo ničení munice. [30]

### **5.3.5 Nařízení vlády č. 24/2021 Sb.**

Nařízení vlády platné od 29. ledna 2021, účinné od 30. ledna 2021. Stanovuje způsob a rozsah ohlašování nabytí nebo převodu vlastnictví ke zbraní kategorie C-I, dále stanovuje vedení evidence takových zbraní držitelem zbrojní licence. [30]

## 5.4 Úmluva

Jinými slovy dohoda, na které se shodly státy - například státy v NATO.

### 5.4.1 Úmluva č. 21/1999 Sb.

Účinná od 2. prosince 1983. Jedná se o Úmluvu zakazující nebo omezující použití některých konvenčních zbraní, jimiž by mohlo být způsobované nadměrné utrpení. [30]

### 5.4.2 Úmluva č. 70/1975 Sb.

Účinná od 20. května 1972. Úmluva, která uznává vzájemné zkušební značek ručních palných zbraní. [30]

### 5.4.3 Úmluva č. 96/1975 Sb.

Účinná od 15. září 1975. Jedná se o úmluvu, která zakazuje vývoj, výrobu a hromadění bakteriologických zbraní a také jejich zničení. [30]

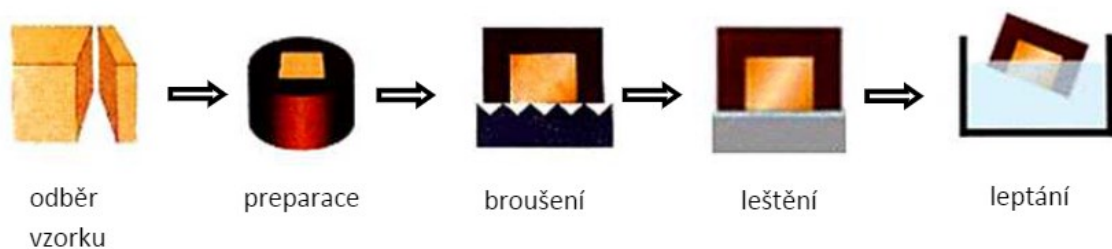
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURA VYBRANÝCH KOMPONENTŮ

Kapitola seznámí odbornou veřejnost s potřebnými úkony před započítím fraktografické analýzy jako je metalografická příprava s následným posouzením. Přípravou vzorků, provedením fraktografické analýzy a vyhodnocením mikrostruktury vzorků.

### 6.1 Metalografická příprava

Proces metalografické přípravy upravuje norma ČSN 402462. Doporučená minimální velikost vzorku je  $1\text{cm}^2$ . Tento vzorek musí být hladký, rovný a zbavený nečistot, v nejlepším případě mít až zrcadlový povrch. [28][31][32][33]



Obrázek 19 Postup metalografické přípravy [22]

První fází metalografické přípravy je dělení materiálu, které se provádí za pomoci rozbrušovací pily pro odběr metalografických vzorků, kdy místo odběru a odebraný vzorek jsou označeny pro jednodušší identifikaci. Při odběru vzorku nesmí dojít k tepelnému nebo jinému ovlivnění odebíraného vzorku nebo místa odkud byl odebrán. [28][31][32][33]

Druhou fází je prováděno zalití odebraného a označeného vzorku do formičky buď plastickým roztokem nebo pryskyřicí. Tento proces se provádí v důvodu jednoduššího provádění broušení a manipulace se vzorkem. [28][31][32][33]

Třetí fází se provádí broušení odebraného vzorku za pomoci brusných papírů o různé zrnitosti v posloupnosti broušení od nejhrubšího po nejjemnější (P60-P4000). Broušení se provádí z důvodu odstranění vrstvy deformovaného kovu na povrchu vzorku způsobeného oddělováním. Pozorovaná plocha vzorku musí být v rovině a s co nejmenším poškozením. V odborných laboratořích k tomuto využívají speciálních strojů, určených ke zbroušení vzorků. [28][31][32][33]



Čtvrtou fází se po provedeném zbroušení u vzorku provádí leštění povrchu, opět v odborných laboratořích za využití speciálních strojů určených pro leštění. Tento proces se provádí z důvodu odstranění vrcholů povrchové drsnosti vzorku. Možností je provedení mechanického leštění za užití tvrdých brousících zrn působících na povrch vzorku. Dále lze využít brusné pasty nebo emulze. Leštění probíhá, dokud není dosažena kovově lesklá nebo zrcadlová plocha zkoumaného vzorku. [28][31][32][33]

Poslední fází se provádí zviditelnění struktury vzorku za pomoci chemického leptání, které působí na plochu a hranice zrn, čímž vzniknou prohloubeniny. Prohloubeniny vytvoří při násvitu vzorku stíny, které pozorujeme. Většinou se pro tyto účely využívá roztoku kyseliny dusičné s alkoholem označované jako leptadlo Nital 3. [28][31][32][33]

## **6.2 Příprava vzorků**

Kapitola obsahuje seznámení s potřebnou přípravou vzorků k provedení jednotlivých metod fraktografie.

### **6.2.1 Příprava vzorků pro makroskopickou metodu**

K provedení fraktografické analýzy za využití makroskopické metody byl zvolen jako vzorek revolver, nezjištěného výrobce, který byl zničen při výstřelu, kdy došlo k oddělení hlavně s částí rámu od zbytku revolveru, naprasknutí rámu revolveru pod válcem a prasknutí lučíku. [3]



*Obrázek 20 Zkoumaný revolver [vlastní zdroj]*

Tento vzorek nebyl žádným způsobem upravován (oddělování, broušení, leptání). [3]

### **6.2.2 Příprava vzorku pro mikroskopickou metodu**

K provedení fraktografické analýzy za využití mikroskopické metody byl použit vzorek odebraný ze znehodnocené hlavně samopalu 26, která byla místy zavařena. Tato hlaveň byla oddělena za pomoci okružní pily na železo. Řezání probíhalo pomalým tempem, aby nedošlo k tepelnému ovlivnění okolního materiálu a odebíraného vzorku. Následně byl tento vzorek postupně ručně broušen za využití brusných papírů od největší zrnitosti až po nejjemnější. Poté byl vzorek vyleštěn brusnou pastou. U tohoto vzorku nebylo použito chemického leptání. Posléze bylo provedeno měření vzorku v mikroskopu, ke zjištění, zda se v okolí svárů nebo ploše hlavně nachází mikrotrhliny. [3]



*Obrázek 21 Místo odběru vzorku z hlavně samopalu 26 [vlastní zdroj]*

### **6.3 Fraktografická analýza makroskopickou metodou**

V dané kapitole bude zkoumána příčina vzniku lomů, které vznikly na rámu revolveru a vedly k fatálnímu poškození zbraně. Fraktografická analýza bude provedena za využití metody makroskopie, tedy za pomoci pouhého oka, případně lupy s maximálním zvětšením 100x. [3]

#### **6.3.1 Provedení fraktografické analýzy**

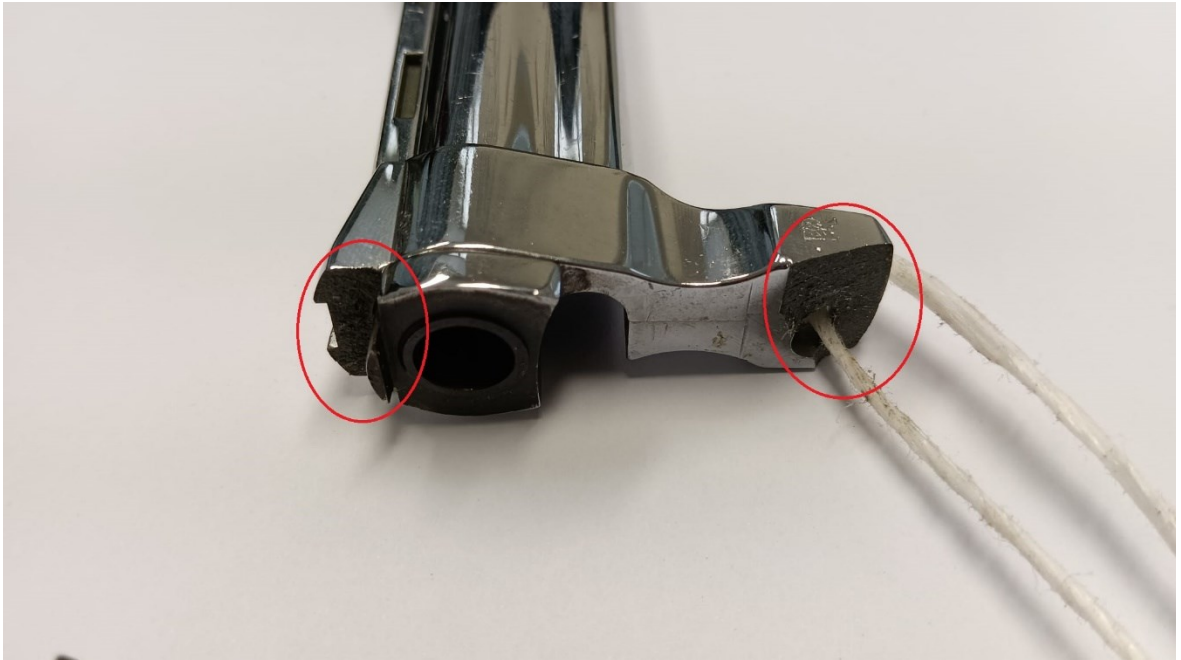
K fraktografické analýze za využití makroskopické metody byl zvolen rám revolveru, nezjištěného výrobce, u kterého se po výstřelu projevilo několik lomů najednou. Na fotografiích níže jsou označeny lomy. Vzhledem k nemožnosti provedení oddělení částí, ve který se nachází nedokončený lom, bude provedena analýza na již oddělené části revolveru. Zkoumání bude provedeno ke zjištění možné příčiny vzniku těchto lomů a případné identifikaci o které lomy se jedná. Rám revolveru je zhotoven ze zinkové slitiny, která má jako povrchovou úpravu zvoleno pochromování, kdy rám jako takový je tvořen odlitkem výše uvedené slitiny. Následně jsou na rám do montovány zbylé části revolveru (viditelné hlavy šroubů na obrázku číslo 22) [3]



Obrázek 22 Boční pohled na poškozený revolver [vlastní zdroj]

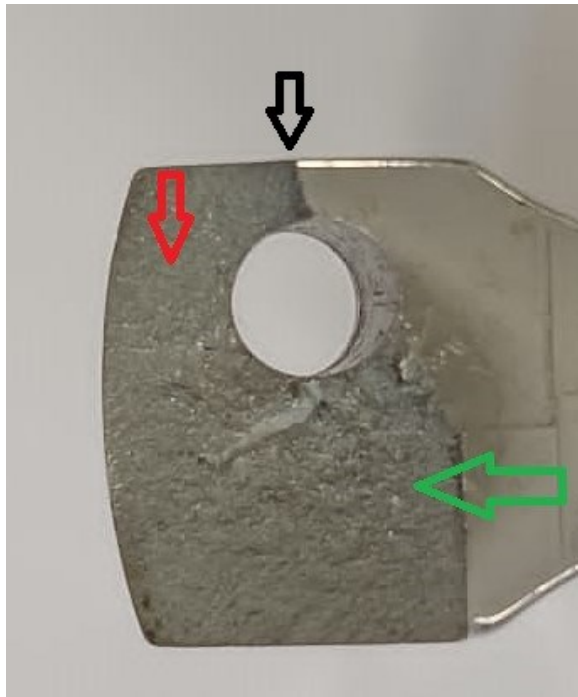


Obrázek 23 Boční pohled na poškozený revolver [vlastní zdroj]



*Obrázek 24 Polo detailní pohled na místo zkoumání lomu [vlastní zdroj]*

Na obrázku číslo 24 jsou označeny místa lomů. Tato místa na rámu revolveru jsou jedny z nejvíce namáhaných při provedení výstřelu. V obou případech se jedná o menší plochy, které musí odolávat jak teplotním změnám, tak vzniklému přenosu energií. [3]



*Obrázek 25 Detailní pohled na odlomenou spodní část [vlastní zdroj]*

Na obrázku číslo 25 ukazuje černá šipka na iniciaci lomu, červená šipka ukazuje na oblast šíření trhliny a zelená šipka ukazuje na plochu dolomu. [3]



*Obrázek 26 Detailní pohled na vrchní odlomenou část [vlastní zdroj]*

Důležitým faktorem pro určení příčiny vzniku bylo zjištění roku výroby revolveru, který byl uveden jako rok 1999, frekvenci užívání zbraně, tedy v jaké kadenci a množství bylo střeleno při jedné návštěvě střelnice, to bylo uvedeno odhadem na 100 až 200 výstřelů. Taktéž

uvedení celkového nástřelu zbraně, který byl odhadován na cca 5.150 ks. Dle získaných informací bylo zjištěno, že životnost rámu tvořeného ze slitiny zinku s následným pochromováním byl odhadován na 6.000 ks výstřelů. [3]



*Obrázek 27 Detailní pohled na místa lomů rámu revolveru [vlastní zdroj]*

Na obrázku číslo 27 je označena černými šipkami iniciace lomu, červenou šipkou oblast šíření únavové trhliny a zelenými šipkami oblasti dolomu. [3]

Z výše uvedeného a bližšího prozkoumání rámu revolveru pouhým pohledem je v místě oddělení patrné, že se jedná zřejmě o únavové lomy, které se u revolverů tvořených slitinou zinku, v daném roce výroby velice často objevovaly, dokud nebyla tato slitina nahrazena

jiným materiálem. Jedná se o narušení, ke kterému došlo při stálém působení energie uvolněné z jednotlivých výstřelů ze zbraně. [3]

### 6.3.2 Shrnutí kapitoly

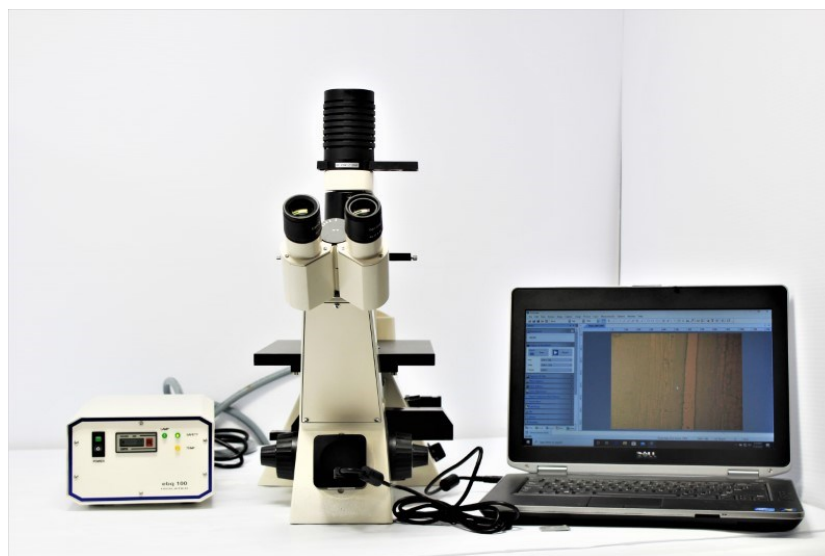
V kapitole byla provedena fraktografická analýza za využití metody makroskopického zkoumání. K tomuto zkoumání byl zvolen jako vzorek revolver, na kterém byly lomy viditelné pouhým okem, případně lupou, a i přes to lze říci že byla příčina vzniku těchto lomů zjištěna, kdy se jedná o únavové lomy. Toto zjištění je podloženo nejen historií užívání, způsobem výroby a skladby materiálu tohoto revolveru, ale i znaky v místě lomů, kde je viditelné, jakým způsobem lom vznikl, oblast jeho šíření a místo tzv. dolomu.

## 6.4 Fraktografická analýza mikroskopickou metodou

Mikroskopickou metodu lze použít při využití řádkovacího elektronového mikroskopu v laboratorních podmínkách nebo za využití mobilního pracoviště zabývajícího se touto problematikou. Mobilní pracoviště jsou nejčastěji používány při zkoumání vzorků přímo na místě. Využívá se především ke zkoumání zbytkové životnosti materiálu, zjištění příčiny vzniku lomu a veškerých souvisejících informací potřebných při zjišťování výše uvedeného. [3]

### 6.4.1 Provedení fraktografické analýzy

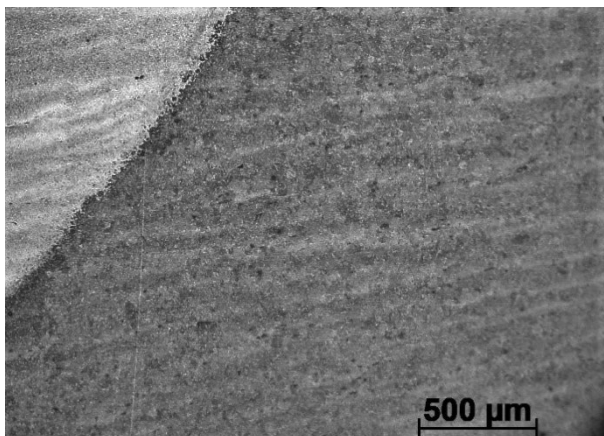
K provedení byl zvolen mikroskop Zeiss Axiovert 25 s možností výměny objektivů dle požadovaného zvětšení. Do mikroskopu byl vložen odebraný vzorek z hlavně samopalu 26 s následným provedením měření. [3]



Obrázek 28 Mikroskop ZEISS Axiovert 25 [34]



Při provedeném měření byla zkoumána oblast provedení sváru hlavně, zda se zde nenachází trhlina. Na obrázku číslo 29 byla požadovaná oblast zvětšena, z čehož bylo viditelné místo provedení sváru a oblasti původní části hlavně. Oblast dělení těchto částí je tmavší, což ukazuje na oblast tepelného ovlivnění oceli při svařování. Vzhledem k tomu, že vzorek nevykazoval potřebné trhliny ke zkoumání za užití fraktografické analýzy bylo měření ukončeno a pozornost byla věnována na vyhodnocení mikrostruktur zbylých zbraní. [3]



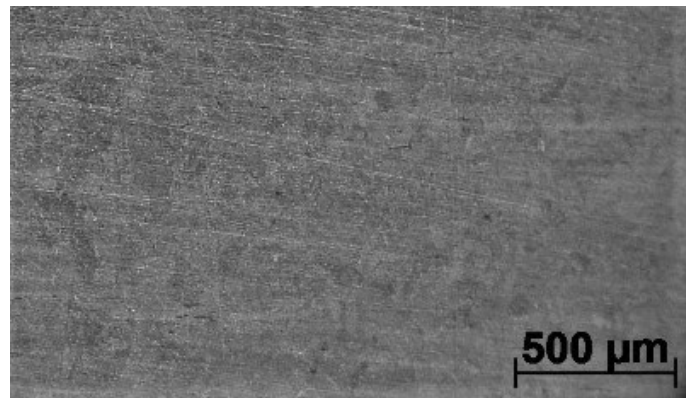
*Obrázek 29 Pohled na zavařenou hlaveň  
[vlastní zdroj]*

## **6.5 Hodnocení mikrostruktury vzorků**

Kapitola obsahuje provedení hodnocení mikrostruktury vybraných komponentů samopalu vzor 58 a pistole Glock 19.

### **6.5.1 Provedení hodnocení mikrostruktury komponentů**

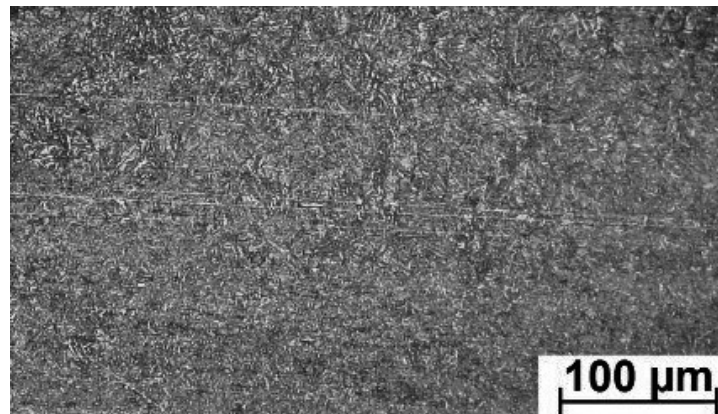
V obou případech bylo provedeno zkoumání mikrostruktury za využití mikroskopu ZEISS Axiovert 25. Vzhledem k funkčnosti obou výše uvedených zbraní byly vzorky k provedení měření za pomoci mikroskopu nahrazeny obdobnými druhy oceli, ze kterých se běžně tyto komponenty vyrábí. [3]



Obrázek 30 Pohled na vzorek samopalů vzor 58

[vlastní zdroj]

Na obrázku číslo 30 vidíme mikrostrukturu vzorku samopalů vzor 58. Již při prvním pohledu je viditelné, že struktura vzorku odpovídá vysokopevnostní oceli, zřejmě martenzitické. Místy jsou viditelné malé náznaky vměstků (tmavé flíčky). Na vzorku se nenachází výrazné defekty. [3]



Obrázek 31 Mikrostruktura vzorku pistole Glock 19

[vlastní zdroj]

Na obrázku 31 je znázorněná mikrostruktura vzorku pistole Glock 19. Struktura vzorku odpovídá zřejmě nějakému blíže nezjištěnému druhu úpravy povrchu, materiál se jeví jako ocel, zřejmě třídy 15. I přes blíže nezjištěnou úpravu povrch, tento nejeví žádné větší defekty. [3]

## 7 POSOUZENÍ VHODNOSTI MATERIÁLU Z HLEDISKA BEZPEČNOSTI A ŽIVOTNOSTI

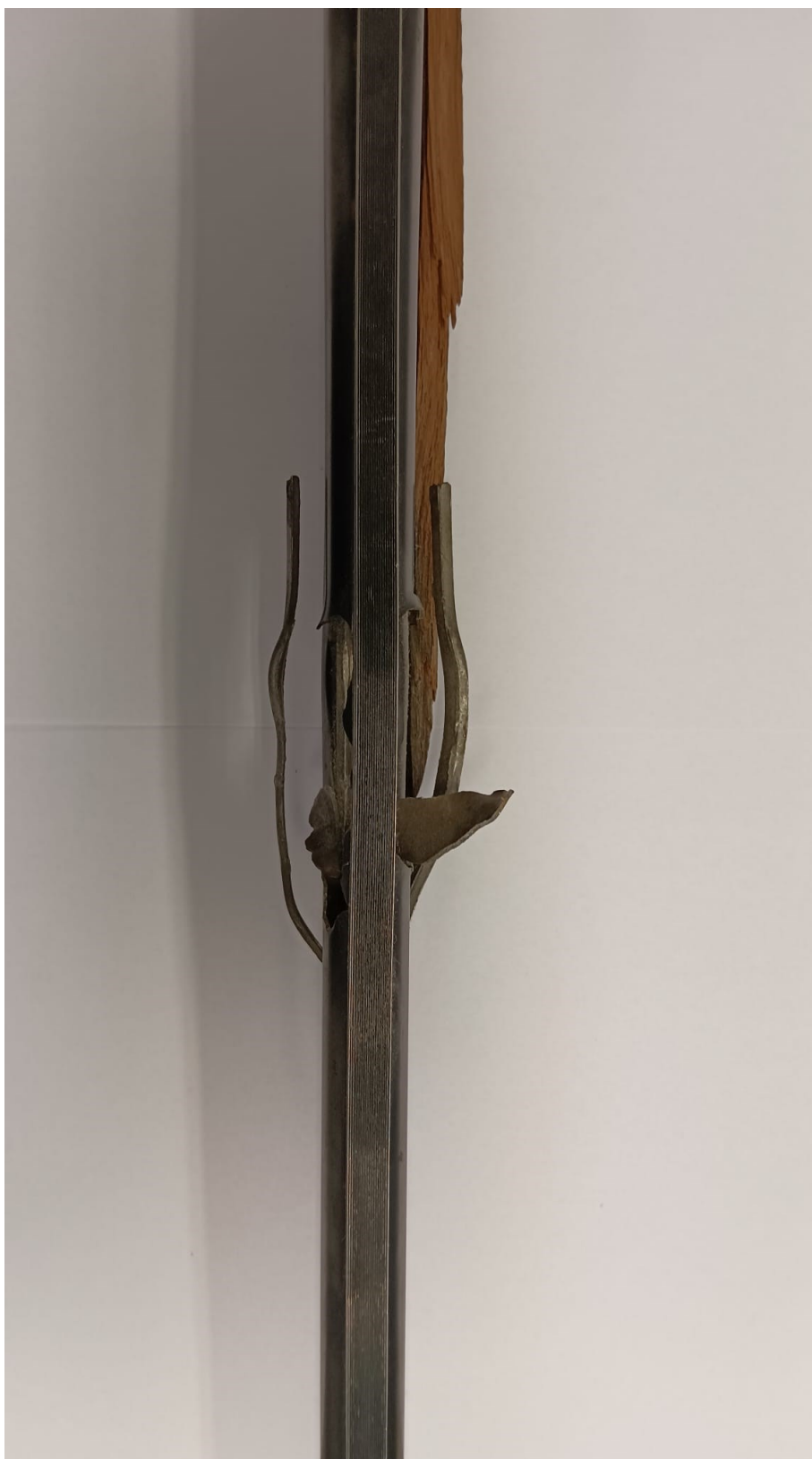
Výše provedené fraktografické analýzy a možnost hodnocení mikrostruktur obdobných vzorků uvedených zbraní a jejich komponentů ukazuje, že i zbraně, vyrobené před rokem 2000 odpovídaly potřebné kvalitě zvolených materiálů a bezpečnosti. Revolver, u kterého byla pravděpodobně zjištěna příčina lomů rámu, byl vyroben roku 1999 a při zřejmě běžném užívání došlo k jeho poškození až po zhruba 21 letech užívání, což vypovídá o dostatečném zvolení kvality daného materiálu, ze kterého byl vyroben. Hlaveň samopalu vzor 26 pochází z kusu, který byl údajně znehodnocen kolem roku 2005, kdy při provedené analýze nebyl zjištěn žádný náznak vzniklé trhliny v materiálu hlavně. Minulost ani rok výroby této zbraně nebyl zjištěn. Dalším pohledem, který byl zaměřen na mikrostrukturu samopalu vzor 58 a pistole Glock 19 bylo zjištěno, že dle zkoumání obdobných vzorků odpovídá kvalita materiálu všem požadavkům vyžadovaným normami ČSN. Z čehož vyplývá, že materiál pro výrobu těchto zbraní a jejich komponentů plně dostačuje z hlediska bezpečnosti. Životnost materiálu ovlivňuje více faktorů. Z pohledu kvality materiálu je plně dostačující při běžném užívání zbraně. Největším faktorem je skladování a údržba zbraně, pokud uživatel neprovádí pravidelnou údržbu uváděnou výrobcem, dochází k průběžnému vzniku defektů, vedoucích k poškození zbraně.

### 7.1 Co se stane v případě nedodržení pravidel základní manipulace se zbraní

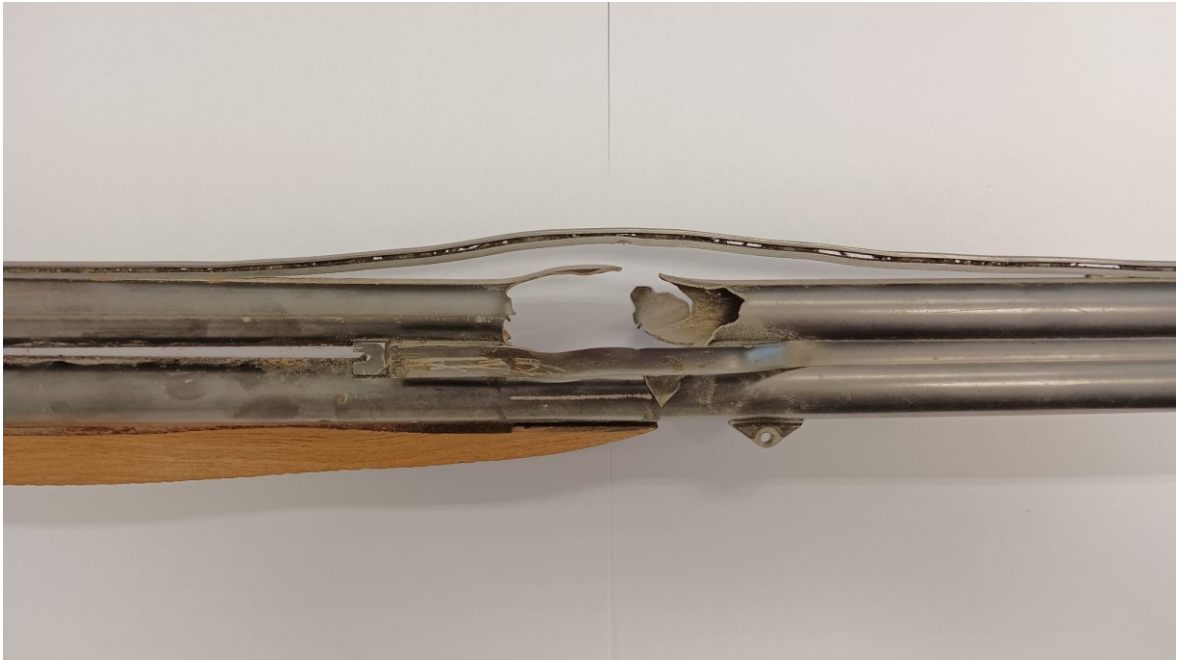
V kapitole bude rozebrán stav střelné zbraně, kde nedodržením základních pravidel manipulace došlo k fatálnímu poškození hlavní. Ke stavu, který je znázorněn na níže uvedených fotografiích, došlo při nedodržení základních pravidel manipulace se zbraní. Při přesunu z bodu A do bodu B byla zbraň nabita, držena v pohotovostní poloze před tělem, kdy střelec nedodržel základní zásadu při pohybu se zbraní a to, mít prst mimo spoušť. V průběhu přesouvání přes nerovný povrch došlo k podvrtnutí nohy a upadnutí do místa, kde se nacházelo větší množství vody, přičemž došlo k ponoření přední části hlavně do vody. Po dopadu na zem střelce došlo k domáčknutí spouště zbraně, na které byl po celou dobu prst, s následným výstřelem. Výstřel svou energií při nárazu na hladinu vody v hlavní roztrhl obě hlavně zbraně, i když bylo vystřeleno pouze z horní hlavně. Na fotografii č. 1 je viditelné místo roztrhnutí hlavní, kde s největší pravděpodobností došlo při roztržení i k rozptylu šrapnelů do okolí místa nehody. [3]



*Obrázek 32 Boční pohled na zničené hlavně [vlastní zdroj]*



*Obrázek 33 Horní pohled na poničené hlavni [vlastní zdroj]*



*Obrázek 34 Boční pohled na poškozené hlavně [vlastní zdroj]*

Z výše uvedené nehody vyplývá, že střelná zbraň může být vyrobena z kvalitního, pevného a velice odolného materiálu, může úspěšně projít veškerými potřebnými zkouškami, které vyžadují normy ČSN, ale stejně nejvíce záleží na lidském faktoru. Je nutné dodržení veškerých pravidel bezpečné manipulace se zbraněmi, jinak může dojít k fatálním následkům vůči okolí, ve kterém je tato zbraň použita a vůči střelci, který s ní provádí manipulaci a střelbu.

[3]

## ZÁVĚR

Ruční střelné zbraně vlastní mnoho lidí, ať už pro účely ochrany vlastní osoby nebo čistě jako hobby. Téma ručních střelných zbraní je mi blízké a obor fraktografie shledávám jednak zajímavým a také nezbytným pro získávání nových informací o příčinách vzniku trhlin a lomů, díky kterým lze upravit např. technologické postupy tak, aby k těmto defektům nedocházelo. Potenciál fraktografie však nenachází pouze u zkoumání vzniku lomu kovů, ale i v jiných odvětvích průmyslu využívající materiály typu dřevo, keramika či sklo.

Nedílnou součástí teoretické části práce bylo popsání jednotlivých typů střelných ručních zbraní, jež byly pro účely mé práce vybrány. Následně byly představeny druhy kovů, ze kterých jsou tyto, ale i mnohé další typy zbraní, vyráběny. Jedná se především o druhy oceli.

Vzhledem k tomu, že práce pojednává o zbraní jako takové, byly v rámci teoretické části představeny i jednotlivé zákony a jejich shrnutí zabývající se úpravou zbraní a střeliva. Dále zde byly představeny vyhlášky a nařízení vlády v dané oblasti. Jako zajímavost byly zmíněny i úmluvy, které se týkají například použití biologických zbraní nebo jiných nehumánních zbraní. Z důvodů velmi rozsáhlého znění těchto zákonů, byly uvedeny pouze jejich oblasti působnosti. Teoretická část diplomové práce dále představuje obor fraktografie jako takové, historii oboru včetně jeho metod a postupů.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na samotné provedení fraktografickou analýzy. U vybraných komponentů zbraní byla analýza provedena oběma metodami – makroskopickou i mikroskopickou. V první části praktické části byla provedena metalografická příprava jednotlivých vybraných komponentů. V případě makroskopické metody byl jako vzorek zvolen rám revolveru, na kterém byly zkoumány makroskopickým způsobem vzniklé lomy a trhliny. Takto provedenou fraktografickou analýzou bylo zjištěno, že lomy a trhliny vznikly pravděpodobně únavou materiálu, jež vedl ke zničení zbraně. V případě mikroskopické metody byl zvolen jako vzorek část hlavně samopalu vzor 26. Tento vzorek byl oddělen za využití okružní pily na zeleno, přičemž byl vzorek broušen brusným papírem od největší hrubosti po nejmenší s následným vyleštěním za pomoci brusné pasty. Posléze bylo provedeno mikroskopické měření, při kterém nebyla zaznamenána trhlina či lom. Z tohoto důvodu bylo měření ukončeno a bylo přistoupeno ke zkoumání mikrostruktury zbývajících vzorků. Tyto zbylé vzorky byly nahrazeny obdobným kovem, ze kterého se běžně dané zbraně a jejich komponenty vyrábí.

V praktické části provedené fraktografické analýzy a možnosti hodnocení mikrostruktur obdobných vzorků uvedených zbraní a jejich komponentů ukazuje, že i zbraň vyrobené před rokem 2000 odpovídaly potřebné kvalitě zvolených materiálu a bezpečnosti. Provedená analýza u revolveru naznačuje jako možnou příčinu vzniku lomů únavu materiálu. Vzhledem k tomu, že tato zbraň byla vyrobena kolem roku 1999 a k jejímu poškození došlo až po zhruba 21 letech užívání, můžeme konstatovat, že se jedná o kvalitní materiál. Na druhou stranu musíme zmínit fakt, že tato zbraň byla užívána pouze k rekreační střelbě, což by při častějším užívání mohlo vést k rychlejší degradaci materiálu zbraně. Další analyzovanou částí zbraně byla hlaveň samopalu vzor 26. Materiál této hlavně ze znehodnoceného kusu samopalu, nevykazoval žádné trhliny ani lomy. Vycházím-li z předpokladu, že se jedná o poměrně starou zbraň, je toto zjištění překvapivé. Dalšími zbraněmi, u kterých bylo provedeno hodnocení mikrostruktury materiálu, byl samopal vzor 58 a pistole Glock 19. Na základě zkoumání obdobných vzorků obou zbraní byla potvrzena kvalita materiálu, jež odpovídá vyžadovaným normám ČSN.

Mikrostruktura materiálu ukazuje především na kvalitu daného materiálu. Kvalitou můžeme rozumět takové vlastnosti materiálu, jako je odolnost, dlouhá životnost, ale také bezpečnost vůči uživateli. Z provedených analýz materiálů v praktické části vyplývá, že materiál pro výrobu těchto zbraní a jejich komponentů plně dostačuje z hlediska bezpečnosti. Životnost materiálu ovlivňuje více faktorů. Z pohledu kvality materiálu je plně dostačující při běžném užívání zbraně. Největším faktorem vedoucím k životnosti zbraně je umístění a údržba zbraně. Pokud uživatel neprovádí pravidelnou údržbu uváděnou výrobcem, dochází k průběžnému vzniku defektů, vedoucích k poškození zbraně.

V závěrečné části diplomové práce bylo také okrajově poukázáno na situaci, jež vypovídá o důležitosti lidského faktoru vzhledem k možnému defektu zbraně a ohrožení bezpečnosti střelce, případně jeho okolí. Na základě této situace se dá konstatovat, že zbraň může být sice vyrobena z vysoce kvalitního materiálu, ale při nedodržení základních bezpečnostních pravidel manipulace se zbraní může dojít nejen k fatálnímu poškození zbraně, ale i k ohrožení života a zdraví střelce a jeho okolí.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Střelná zbraň. *LEX Sdružení na ochranu práv majitelů zbraní* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.gunlex.cz/zbrane-a-legislativa/strelecky-slovník/word/word/67>
- [2] SAMOPAL VZOR 58. *ARMED* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/samopal-vzor-58/>
- [3] Vlastní zdroj
- [4] SAMONABÍJECÍ PISTOLE (SAMOPAL) VZ. 26, 7,62 X 25 MM TOKAREV, SKLOPNÁ PAŽBA. *ARMED* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/samonabijeci-puska-samopal-vz-26-7-62-x-25-mm-tokarev-sklopna-pazba/>
- [5] Historie značky GLOCK. *Můj Glock* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.mujpglock.com/historie-znacky-glock.html>
- [6] Hliník všeobecně. *Ehlinik.cz* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/hlinik>
- [7] Hliník. *Primapol* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.primapol.cz/produkty/hlinik/>
- [8] Slitiny hliníku. *Hliníkové Proal profily* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/>
- [9] EN AW-6060 (AlMgSi). *Hliníkové Proal profily* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-6060/>
- [10] EN AW-7075 (AlZn5.5MgCu). *Hliníkové Proal profily* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-7075/>
- [11] OCEL. *Oneindustry* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/ocel/>
- [12] Třídy oceli. *Oneindustry* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/tridy-oceli/>
- [13] SMETANOVÁ, Anna. Materiály 2. *Zámek Kuřim* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: [https://www.zamekkurim.cz/security/Dum%20-%20Digitalni%20ucebni%20materialy/13\\_Sada\\_Materialy\\_2/VY\\_32\\_INOVACE\\_13\\_12\\_Strukturni\\_slozky\\_oceli.pdf](https://www.zamekkurim.cz/security/Dum%20-%20Digitalni%20ucebni%20materialy/13_Sada_Materialy_2/VY_32_INOVACE_13_12_Strukturni_slozky_oceli.pdf)

- [14] Neušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli třídy 11, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/neuslechtilé-uhlikovekonstrukcni-oceli-tridy-11-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [15] KVALITA A JAKOST OCELI. *AK1234 s.r.o.* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.ak1324.cz/tridy-oceli/>
- [16] Ušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli třídy 12, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/uslechtilé-uhlikove-konstrukcni-oceli-tridy-12-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [17] Nízkolegované konstrukční oceli třídy 13, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nizkolegovane-konstrukcni-oceli-tridy-13-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [18] Nízkolegované konstrukční oceli třídy 14, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nizkolegovane-konstrukcni-oceli-tridy-14-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [19] Nízkolegované konstrukční oceli třídy 15, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-15/>
- [20] Korozi vzdorná ocel, nerezová ocel. *Oneindustry* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/korozivzdorna-ocel-nerezova-ocel/>
- [21] Korozi vzdorné a žárupevné oceli třídy 17, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-17/>
- [22] TITAN. *Wolfsten* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://wolfsten.pl/cs/titan-prvek/>
- [23] Fraktografie. *Fraktografické pracoviště Katedra materiálů Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://fraktografie.fjfi.cvut.cz/fraktografie.html>

- [24] MIKROSKOP DELTA OPTICAL BIOLIGHT 100. *Zoom-n-joy* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: [https://zoom-n-joy.cz/product/mikroskop-delta-optical-biolight-100?gclid=CjwKCAjwj42UBhAAEiwACIhADsebzM-PiGhAsd3liWu3rdmd1nIBF7PI\\_NpjaMsWF6EGW7xkXEfA1ERoCWMMQAvD\\_BwE](https://zoom-n-joy.cz/product/mikroskop-delta-optical-biolight-100?gclid=CjwKCAjwj42UBhAAEiwACIhADsebzM-PiGhAsd3liWu3rdmd1nIBF7PI_NpjaMsWF6EGW7xkXEfA1ERoCWMMQAvD_BwE))
- [25] Rastrovací elektronový mikroskop Tescan LYRA 3 XMU FEG/SEMxFIB. *Ústav fyziky materiálů Akademie věd České republiky* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.ipm.cz/vybaveni/rastrovaci-elektronovy-mikroskop-tescan-lyra-3-xmu-feg-semxfib/>
- [26] KOPŘIVA, Miroslav. *Fraktografie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 1992. ISBN 80-706-7083-5.
- [27] Přínos fraktografie k hodnocení životnosti konstrukčních komponent energetických zařízení. *Researchgate* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/275580828\\_Prinos\\_fraktografie\\_k\\_hodnoceni\\_zivotnosti\\_konstrukcnich\\_komponent\\_energetickych\\_zarizeni](https://www.researchgate.net/publication/275580828_Prinos_fraktografie_k_hodnoceni_zivotnosti_konstrukcnich_komponent_energetickych_zarizeni)
- [28] JONŠTA, Petr, Vojtěch HRUBÝ a Arnošt SILBERNAGEL. *Praktická metalografie*. Ostrava: Kovosil, 2008. ISBN 978-809-0369-436.
- [29] Zákon. *Iuridictum* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://iuridictum.pecina.cz/w/Z%C3%A1kon>
- [30] Zbraně a střelivo. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/obor/zbrane-a-strelivo>
- [31] Metalografie I. *Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Metalografie%20I.pdf?redirected>
- [32] MICHNOVÁ, Ing. Lenka. *Úvod do metalografie*. Praha: Centrum pro studium vysokého školství, 2015. ISBN 978-80-86302-71-3.
- [33] Základy přípravy vzorků pro optickou metalografii. *Docplayer* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8177076-Zaklady-pripravy-vzorku-pro-optickou-metalografii.html>
- [34] Zeiss Axiovert 25 CFL Inverted Fluorescence Phase Contrast Microscope Pred Axio Vert.A1. *Bostonmind.com Industries* [online]. [cit. 2022-05-21].

Dostupné z: [https://www.bostonind.com/zeiss-axiovert-25-cfl-inverted-fluorescence-phase-contrast-microscope-pred-axio-vert.a1-1?language=en&cy=USD?utm\\_source=merchant\\_shopping&utm\\_medium=europe\\_shopping](https://www.bostonind.com/zeiss-axiovert-25-cfl-inverted-fluorescence-phase-contrast-microscope-pred-axio-vert.a1-1?language=en&cy=USD?utm_source=merchant_shopping&utm_medium=europe_shopping)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

TT	Tokarev
g	Gram
aj.	a jiné
ČSN	Česká technická norma
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V., Německý ústav pro průmyslovou normalizaci,
tzv.	Tak zvaných
C	Význam třetí zkratky.
Hm. %	Hmotnostní procento
MPa	Megapascal
Fe	Železo
Mn	Mangan
C	Uhlík
Zn	Zinek
Al	Hliník
Cr	Chróm
Mo	Molybden
Cu	Měď
Ti	Titan
P	Fosfor
S	Síra
V	Vanad

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Samopal vzor 58 s hliníkovým krytem [vlastní zdroj]</i> .....	13
<i>Obrázek 2 Rozborka samopalu vzor 58 [vlastní zdroj]</i> .....	14
<i>Obrázek 3 Samopal vzor 26 [vlastní zdroj]</i> .....	14
<i>Obrázek 4 Rozborka samopalu vzor 26 [vlastní zdroj]</i> .....	15
<i>Obrázek 5 Revolver nezjištěného výrobce [vlastní zdroj]</i> .....	16
<i>Obrázek 6 Glock 19 se závitem pro umístění tlumiče [vlastní zdroj]</i> .....	16
<i>Obrázek 7 Rozborka Glocku 19 [vlastní zdroj]</i> .....	17
<i>Obrázek 8 Pracovní diagram oceli s výraznou (vyznačená) mezí kluzu <math>R_e</math> [11]</i> .....	19
<i>Obrázek 9 Pracovní diagram oceli se smluvní mezí kluzu <math>R_{p0,2}</math> při protažení 0,2 % [11]</i> .....	20
<i>Obrázek 10 Mikrostruktura ferit plus perlit [13]</i> .....	21
<i>Obrázek 11 Austenit – výskyt v závislosti na teplotě a obsahu uhlíku [13]</i> .....	21
<i>Obrázek 12 Mikrostruktura perlit [13]</i> .....	22
<i>Obrázek 13 Mikrostruktura martensit [13]</i> .....	22
<i>Obrázek 14 Mikrostruktura ledeburit a primární cementit [13]</i> .....	23
<i>Obrázek 15 Ledeburit – výskyt v závislosti na teplotě a obsahu uhlíku [13]</i> .....	23
<i>Obrázek 16 Použití Titanu [22]</i> .....	28
<i>Obrázek 17 Mikroskop Delta Optical BioLight 100 [24]</i> .....	30
<i>Obrázek 18 elektronový mikroskop Tescan LYRA 3 XMU FEG/SEMxFIB [25]</i> .....	31
<i>Obrázek 19 Postup metalografické přípravy [22]</i> .....	39
<i>Obrázek 20 Zkoumaný revolver [vlastní zdroj]</i> .....	41
<i>Obrázek 21 Místo odběru vzorku z hlavně samopalu 26 [vlastní zdroj]</i> .....	42
<i>Obrázek 22 Boční pohled na poškozený revolver [vlastní zdroj]</i> .....	43
<i>Obrázek 23 Boční pohled na poškozený revolver [vlastní zdroj]</i> .....	43
<i>Obrázek 24 Polo detailní pohled na místo zkoumání lomu [vlastní zdroj]</i> .....	44
<i>Obrázek 25 Detailní pohled na odlomenou spodní část [vlastní zdroj]</i> .....	45
<i>Obrázek 26 Detailní pohled na vrchní odlomenou část [vlastní zdroj]</i> .....	45
<i>Obrázek 27 Detailní pohled na místa lomů rámu revolveru [vlastní zdroj]</i> .....	46
<i>Obrázek 28 Mikroskop ZEISS Axiovert 25 [34]</i> .....	47
<i>Obrázek 29 Pohled na zavařenou hlaveň [vlastní zdroj]</i> .....	48
<i>Obrázek 30 Pohled na vzorek samopalu vzor 58 [vlastní zdroj]</i> .....	49
<i>Obrázek 31 Mikrostruktura vzorku pistole Glock 19 [vlastní zdroj]</i> .....	49

---

<i>Obrázek 32 Boční pohled na zničené hlavň [vlastní zdroj] .....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 33 Horní pohled na poničené hlavň [vlastní zdroj] .....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 34 Boční pohled na poškozené hlavň [vlastní zdroj] .....</i>	<i>53</i>