

**Fraktografická analýza a mikrostruktura
komponentů vybraných střelných ručních zbraní**

**The Fractographic and Microstructural Analysis
of Selected Handgun Firearm Components**

Petr Vavroušek

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Vavroušek**
Osobní číslo: **A14881**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Fraktografická analýza a mikrostruktura komponentů vybraných střelných ručních zbraní**

Téma anglicky: **The Fractographic and Microstructural Analysis of Selected Handgun Firearm Components**

Zásady pro vypracování:

1. V literární rešerši přehlednou formou vypracuje přehled kovových materiálů používaných při výrobě střelných ručních zbraní.
2. Uvedte přehlednou formou legislativu týkající se střelných zbraní.
3. Popište metody a význam využití fraktografické analýzy a hodnocení mikrostruktury u jednotlivých hlavních částí střelných ručních zbraní.
4. Zvolenou metodou proveďte fraktografické analýzy a mikrostruktury kovových materiálů komponentů vybraných střelných ručních zbraní.
5. Proveďte fraktografické analýzy vybraných komponentů a posouzení vhodnosti zvoleného materiálu z hlediska bezpečnosti a životnosti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Krátké střelné zbraně aut. Walter John 2013, ISBN: 978-80-739-1717-3
2. Praktická metalografie aut. Jonšta, Hrubý, Silbernagel 2008 ISBN: 978-80-903-6943-6
3. Fraktografie aut. Kopřiva 1992 ISBN: 978-80-706-7083-5
4. Revolvery a pistole A.B. Žuk ISBN: 978-80-206-1549-7
5. Zákon č. 119/2002 Sb., o zbraních Terýngel J., Kreml A. ISBN: 978-80-735-7461-1

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ján Ivanka

Ústav bezpečnostního inženýrství

Konzultant:

Ing. Dora Lapková

Ústav bezpečnostního inženýrství

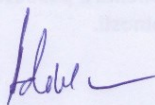
Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

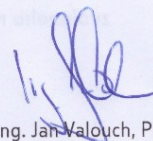
Termín odevzdání bakalářské práce:

29. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Ján Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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/bakalářskou 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/bakalářské 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/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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/bakalářské 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

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Práce seznamuje s kovovými materiály používanými pro výrobu střelných ručních zbraní. Přehledně dokumentuje současnou legislativu zbraní a střeliva. Představuje obor fraktografie, metody fraktografické analýzy, její význam a přínos. Cílem práce je provést fraktografickou analýzu kovových komponentů vybraných střelných ručních zbraní a hodnocení mikrostruktury materiálu včetně posouzení materiálu z hlediska bezpečnosti a životnosti.

Klíčová slova: fraktografická analýza, hodnocení mikrostruktury, ruční palné zbraně

ABSTRACT

The thesis deals with metallic materials used for the production, of firearm handguns. It clearly documents the current legislation on firearms and ammunition. It represents the field of fractography, methods of fractographic analysis, the meaning and benefits. The aim of the work is to perform fractographic analysis of metal components of selected firearms components and to evaluate the microstructure of the material, including the assesment of material in terms of safety and durability.

Keywords: fractography analysis, microstructure evaluation, handgun firearms

Tímto bych rád poděkoval všem, za cenné informace a praktické rady pro úspěšné sepsání této práce panu Ing. Jánů Ivankovi a paní Ing. Doře Lapkové a celému akademickému sboru Fakulty aplikované informatiky, v neposlední řadě také Laboratoři elektronové mikroskopie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, jmenovitě panu RNDr. Hylišovi.

Motto: „*Co nevím, o tom si nemyslím, že to vím*“ Platón

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VYBRANÉ RUČNÍ PALNÉ ZBRANĚ	11
1.1 TERMINOLOGIE – VYBRANÉ POJMY	11
1.2 PISTOLE CZ 75 D	12
1.3 SAMOPAL VZOR 58	13
2 KOVOVÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU RUČNÍCH PALNÝCH ZBRANÍ	14
2.1 OCEL	14
2.2 KOROZIVZDORNÁ OCEL	19
2.3 SLITINY HLINÍKU	23
2.4 SLITINY TITANU.....	25
2.5 SOUHRNNÝ PŘEHLED KOVOVÝCH MATERIÁLŮ	26
3 LEGISLATIVA PRO ZBRANĚ A STŘELIVO	28
3.1 ZÁKON O ZBRANÍCH A STŘELIVU Č. 119/2002 SB.....	28
3.1.1 Vyhláška č. 115/2014 sb.	28
3.1.2 Nařízení č. 315/2011 sb.....	29
3.1.3 Vyhláška č. 254/2007 sb.	29
3.1.4 Nařízení č. 503/2205 sb.....	29
3.1.5 Vyhláška 632/2004 sb.	30
3.1.6 Nařízení č. 151/2004 sb.....	30
3.1.7 Nařízení č. 347/2003 sb.....	30
3.1.8 Vyhláška č. 11/2003 sb.	30
3.1.9 Vyhláška č. 493/2002 sb.	30
3.1.10 Vyhláška č. 371/2002 sb.	31
3.1.11 Vyhláška č. 370/2002 sb.	31
3.1.12 Vyhláška č. 369/2002 sb.	31
3.1.13 Nařízení č. 338/2002 sb.....	31
4 METODY A VÝZNAM FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY A HODNOCENÍ MIKROSTRUKTURY	32
4.1 METODY FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY	32
4.1.1 Makrofraktografie	32
4.1.2 Mikrofraktografie	33
4.2 VÝZNAM A PŘÍNOS FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY	36
4.3 HODNOCENÍ MIKROSTRUKTURY MATERIÁLU.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
5 FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ VYBRANÝCH KOMPONENTŮ	39
5.1 METALOGRAFICKÁ PŘÍPRAVA	39
5.2 METALOGRAFICKÉ POSOUZENÍ.....	39
5.3 PROVEDENÍ FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY	40
5.3.1 Příprava vzorků	41
5.3.2 Fraktografická analýza vzorků	42

5.3.3	Hodnocení mikrostruktury vzorků	44
6	POSOUZENÍ VHODNOSTI MATERIÁLU Z HLEDISKA ŽIVOTNOSTI A BEZPEČNOSTI.....	47
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	57

ÚVOD

Práce se zaměřuje na střelné ruční zbraně vyrobené z kovových materiálů obsahujících nejméně dva různé kovové prvky s různými vlastnostmi, jako je hmotnost, hustota, odolnost proti opotřebení, trvanlivost, tvrdost a podobně, navzájem spojenými kovovou vazbou. Komponenty jsou vyráběny tak, že kovový materiál s vyšší odolností proti nárazu a opotřebení je použit v oblastech vystavených nárazu, nebo které zahrnují ložiskové body, body opotřebení nebo rozhraní s jinými součástmi. Zatímco lehčí a méně odolnější kovový materiál je použit v místech součástí, která nemají tak přísné požadavky na materiálové vlastnosti.

Bakalářská práce je konkrétněji zaměřena na ruční palné zbraně, jako jsou pistole, kolty, revolvery včetně poloautomatických zbraní, které se používají po staletí. Příkladem může být pistole M1911 pocházející z konce r.1890, a kromě několika jiných druhů palných zbraní, byla používána pro vojenskou službu již počátkem 20. století. Jednotlivé druhy krátkých palných zbraní, včetně jednočinných, dvojčinných, poloautomatických pistolí používají armádní a bezpečnostní složky, bezpečnostní průmysl, stejně jako jednotlivci po celém světě.

V teoretické části se práce zaměřuje na kovové materiály, používané k výrobě zbraní a jejich komponentů, které musí splňovat řadu vlastností jako např. vysokou pevnost, tvrdost, houževnatost a odolnost proti korozi, žáru, nárazu a opotřebení. Tyto komponenty jsou vyráběny především z kovových materiálů obsahujících železo a další kovové i nekovové příměsi, ale i ze slitin hliníku nebo titanu. Komponenty, které nejsou přímo vystaveny působení extrémnímu namáhání, nárazu nebo opotřebení nebo nevyžadují vysokou konstrukční pevnost, bývají zhotoveny z hliníku, polymerních materiálů a ostatních nekovových materiálů. Kovové komponenty palných zbraní jsou obecně vyráběny strojově, s použitím různých kovových raznic, obráběním, frézováním, tvářením kovů, litím, kování a dalšími techniky. Součástí teoretické části práce je přehledně zpracovaný přehled legislativy ČR (zákony, vyhlášky, nařízení vlády), která se týká zbraní a střeliva.

Praktická část je zaměřena na provedení fraktografické analýzy vybraných komponentů palných zbraní. Fraktografická analýza materiálu je důležitým nástrojem nejen pro zjišťování příčin poruch materiálů, ale také pro odhalování příčin selhání materiálů při forenzním zkoumání zbraní.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYBRANÉ RUČNÍ PALNÉ ZBRANĚ

Pro účely této práce byly vybrány pistole CZ 75 D a Samopal vzor 58, ze kterých pocházejí vzorky pro provedení fraktografické analýzy v praktické části. Z důvodu nedostupnosti některých hlavních součástí zbraní pro účely získání metalografických vzorků a praktického splnění úkoly byly vybrány, toho času, dostupné komponenty. Některé z nich nepocházejí přímo z hlavní části zbraně, jsou však vyrobeny z kovového materiálu.

1.1 Terminologie – Vybrané pojmy

Zbraň jako taková je nástroj, předmět nebo zařízení k vyvolání ranivého účinku na živý organismus nebo k ničení objektů, přímo pro tento účel vyrobené nebo dodatečně upravené.

- **Střelná zbraň** – zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění energie při výstřelu, zkonstruovaná pro požadovaný účinek na definovanou vzdálenost.
- **Palná zbraň** – střelná zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění chemické energie.
- **Plynová zbraň** – střelná zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění energie stlačeného vzduchu nebo jiného plynu.
- **Mechanická zbraň** – střelná zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění nahromaděné mechanické energie.
- **Expanzní zbraň** – palná zbraň, jejíž konstrukce vylučuje použití kulového náboje nebo náboje s hromadnou střelou.
- **Kombinovaná zbraň** – palná zbraň s hlavní (hlavněmi) pro střelbu kulovými náboji nebo kulovými střelami, případně speciálními náboji nebo střelami pro kulovou zbraň a s hlavní (hlavněmi) pro střelbu brokovými náboji, případně speciálními náboji pro brokovou zbraň.
- **Krátká zbraň** – palná zbraň, jejíž délka hlavně nepřesahuje 300 mm nebo jejíž celková délka nepřesahuje 600 mm.
- **Dlouhá zbraň** – palná zbraň, která není krátkou zbraní.
- **Samočinná zbraň** – palná zbraň, u níž se opětovné nabití děje v důsledku předchozího výstřelu a u které konstrukce umožňuje více výstřelů na jedno stisknutí spouště.
- **Opakovací zbraň** – palná zbraň se zásobníkem nebo jiným podávacím ústrojím, u níž se opětovné nabití děje v důsledku mechanického otočení revolverového válce.

- **Jednoranová zbraň** – palná zbraň bez zásobníku nebo jiného podávacího ústrojí u níž se opětovné nabití děje ručním vložením náboje do nábojové komory, hlavně nebo nábojiště.
- **Víceřanová zbraň** – palná zbraň bez zásobníku nebo jiného podávacího ústrojí, s 2 nebo více hlavními, u níž se opětovné nabíjení děje ručním vložením nábojů do nábojových komor, hlavní nebo nábojišť.
- **Hlavní části střelné zbraně** - hlaveň, vložná hlaveň, vložná nábojová komora, rám, válec revolveru, pouzdro závěru nebo tělo a závěr. [1]

1.2 Pistole CZ 75 D

Pistole řady CZ 75 jsou vyráběny ve společnosti Česká Zbrojovka a.s. CZ 75 D je konstrukčně podobná pistoli CZ 75, liší se především rámem z lehké slitiny. Jedná se o samonabíjecí pistoli s uzamčeným závěrovým systémem a je vybavena dvojčinným spoušťovým mechanismem. Hlavními částmi pistole jsou tělo, hlaveň a závěr (*Obr. 1*). [2]



Obr. 1. Komponenty pistole CZ 75 D [2]

1.3 SAMOPAL VZOR 58

Samopal vzor 58 (*Obr. 2*) známý také pod označením „SA vz.58“ je československá samočinná útočná puška. Funguje na principu odebírání plynů z hlavně a je možné z ní střílet dávkou nebo i jednotlivými ranami. Jednotlivé hlavní součásti této zbraně jsou popsány na *Obr. 3*. [3]



Obr. 2. Rozborka samopalu vzor 58 [3]



Obr. 3. Součásti Samopalu vzor 58 [4]

Dílčí závěr: V této části práce jsme byli seznámeni s palnými zbraněmi, které byly zvoleny záměrně pro účel této práce a jejich komponenty budou později využity v praktické části.

2 KOVOVÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU RUČNÍCH PALNÝCH ZBRANÍ

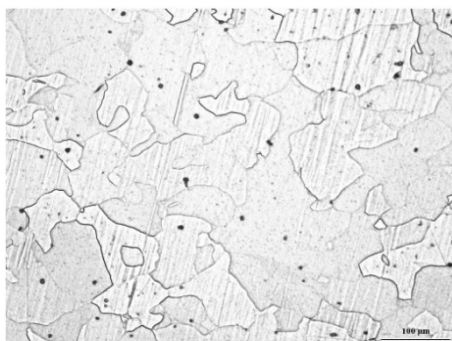
V rané fázi výroby ručních palných zbraní se používal materiál jako mosaz, bronz nebo surové železo. Dnes se k výrobě ručních palných zbraní využívají zejména slitiny: ocel, koroziivzdorná ocel, slitiny hliníku a titanu.

2.1 Ocel

Ocel je slitinou železa s uhlíkem a dalších legujících prvků (kovových i nekovových příměsí). Důležitou úlohu při výrobě oceli má právě uhlík. Surové železo a litina obsahují cca 2-4 % uhlíku, ocel méně než 2 % uhlíku. Surové železo je prakticky měkký materiál, avšak přispěním uhlíku umožňuje oceli dosáhnout vysoké pevnosti. Excesivním přidáváním uhlíku může však dojít ke zvýšené křehkosti oceli, proto jsou výrobní postupy striktně kontrolovány a dodržovány. Vlastnosti a jakost ocelí určují třídy ocelí. Chemické složení jednotlivých tříd ocelí v České Republice (dále jen ČR), určuje Česká státní norma (dále jen ČSN), případně přijatá evropská norma ČSN EN. Ocel je tvořena krystaly, které se vyskytují v různých krystalových strukturách. Tvar těchto struktur pak ovlivňuje fyzické vlastnosti oceli (např. pevnost, elasticitu, bod tání). Ocel se při výrobě vyskytuje ve „fázích“: austenit, ferit, perlit, ledeburit, cementit, které popisuje fázový diagram (viz obr. č.7) a strukturách: martenzit, bainit, sorbit, troosit. [5]

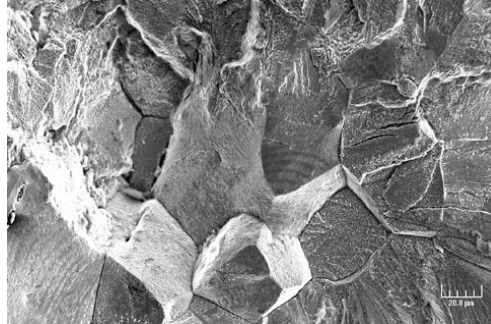
Přehled vybraných materiálových vlastností jednotlivých hlavních fází a struktur:

Ferit – (Obr. 4) je intersticiální tuhý roztok, v porovnání s jinými strukturami ocelí je při stejné teplotě měkký, vyznačuje se nízkou mezí kluzu i pevnosti, je houževnatý, dobře tvářitelný, výborně svařitelný, oproti jiným strukturám má nejvyšší modul pružnosti. [5]



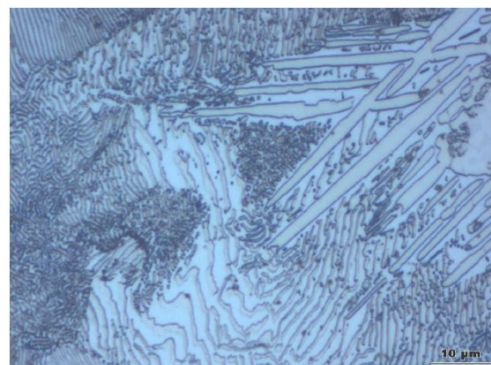
Obr. 4. Mikrostruktura feritu [6]

Austenit – (*Obr. 5*) je intersticiální tuhý roztok, ve srovnání s jinými strukturami je při stejné teplotě ocelí nejtvrdnější, oproti feritu má však nižší mez kluzu, ale vyšší mez pevnosti. Tvářením za studena zvyšuje své mechanické hodnoty. [5]



Obr. 5. Mikrostruktura austenitu [7]

Cementit – (*Obr. 6*) je chemická sloučenina Fe_3C (karbid železa). Vlastní fáze je velmi tvrdá, křehká, technicky nepoužitelná, nemá tažnost ani houževnatost. Pokud je součástí perlitu, zvyšuje jeho pevnost. [5]



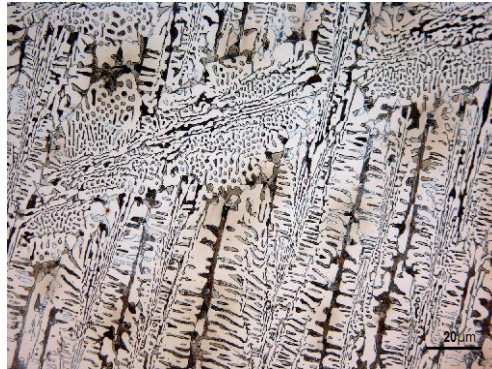
Obr. 6. Mikrostruktura cementitu [6]

Perlit – (*Obr. 7*) je eutektoidní směs feritu a cementitu. Oproti feritu má vyšší pevnost a tvrdost, avšak nižší tažnost a houževnatost. [5]



Obr. 7. Mikrostruktura perlitu [8]

Ledeburit – (*Obr. 8*) je eutektická směs austenitu a cementitu, je technicky málo použitelný, využívá se u bílých litin, kde je preferována vysoká tvrdost a otěruvzdornost. [5]



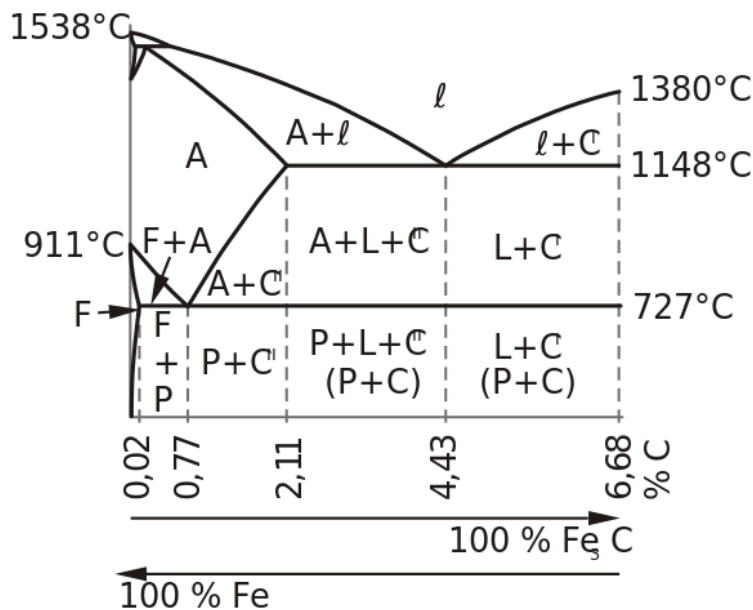
Obr. 8. Mikrostruktura ledeburitu [9]

Martenzit – (*Obr. 9*) je přesycený tuhý roztok vzniklý přeměnou austenitu, je extrémně tvrdý, není tvářitelný a pro křehkost způsobenou vnitřním pnutím samostatně technicky nepoužitelný. [5]



Obr. 9. Mikrostruktura martenzitu [6]

Ocel při výrobě přechází z jedné fáze do jiné, úpravou množství přidávaných příměsí a zároveň postupným zahříváním (kalením) a následným kontrolovaným procesem zchlazování (popouštění). Následující schéma (*Obr. 10*) zobrazuje fáze oceli v závislosti na výši teploty a obsahu uhlíku. [5]



Obr. 10. Schéma binárního diagramu železo-uhlík [10]

Uhlík, jak bylo zmíněno, však není jediným prvkem, který se při výrobě oceli přidává k železu. Dalšími kovovými prvky jsou nikl a mangan, které dodávají oceli větší elasticitu, vanad např. větší pevnost. Jiným příkladem může být příměs chromu, který dodává jak větší pevnost, zvyšuje bod tání, tak i zvyšuje rezistivitu proti korozi. Oproti tomu síra a dusík zvyšují křehkost oceli, a jsou proto při výrobní fázi odstraňovány. [5]

Dle vlastností, chemického složení a jakosti se vyrobená ocel rozděluje do jednotlivých tříd. Pro jednotlivé třídy oceli se v ČR používá značení dané normou ČSN, v Evropě EN, v Německu DIN a např. v USA AISI. [5]

Tab. 1. Porovnání značení tříd ocelí [vlastní zdroj]

ČSN	POLDI	TŘINEC	W.Nr.	DIN	AISI
15 124	CM2	20 CR MO	1.64	20 CrMo 5	
15 128	CV1MO	18 CR MO V	1.15	14 MoV 6 3	
15 130	CK3	25 CR MO	1.18	25 CrMo 4	4130
15 130	CK3	25 CR MO	1.18	25 CrMo 4	4130
15 131	CM3R	30 CR MO	1.722	34 CrMo 4	4135
15 131	CM3R	30 CR MO	1.722	34 CrMo 4	4137
15141 PH	CMA		1.722	34 CrMo 4	4135
15141 PH	CMA		1.722	34 CrMo 4	4137
15 142	CM5	42 CrMO4	1.7227	42 CrMo 4	4140
		50 CrMO4	1.7228	50 CrMo 4	4150

V tabulce (Tab. 1) je pro srovnání uvedeno značení tříd ocelí v odlišných mezinárodních standardech značení a interních značení výrobců oceli. Ve zbrojním průmyslu je mimo jiné využívána ocel třídy 15 specifikovaná ČSN 41 5142, ekvivalentně pak normou AISI 4140, 4150 (v tabulce vyznačeno tučně) pro výrobu komponentů ručních střelných zbraní, zejména

pro výroba rámu a závěrů. Tento druh oceli se řadí do skupiny chróm-molybdenových ocelí. I když tento druh oceli obsahuje příměs chrómu, je to však v nepatrném množství ve srovnání s korozivzdornou ocelí, a tudíž nedosahuje tak dobré rezistivity vůči korozi. Chróm-molybdenová ocel může být povrchově kalena tak, že vnitřní část si uchová své vlastnosti, a kalená část je pak pevnější a odolnější proti opotřebení a trhlinám. K výrobě kovových součástí střelných zbraní se používají i jiné druhy ocelí, např. ocel s příměsí vanadu, třídy 15 dle ČSN 41 5230 (pro výrobu např. hlavní), zvýší tvrdost, odolnost a žáruvzdornost (*Obr. 11*). K výrobě dalších komponentů ručních palných zbraní jako jsou kohoutky, čepy, pružiny atp. se používají ocele třídy 11, 12, 14. [11]



Obr. 11. Hlaveň pistole ČZ vz.27 [12]

Ocele třídy 11 podle ČSN mají předepsanou čistotu a jsou u nich zaručeny mechanické vlastnosti v žíhaném stavu. Kromě tažnosti a pevnosti jsou u této třídy zaručeny i meze kluzu. Pevnost je dána především poměrem obsahu uhlíku v rozmezí 280-900 MPa. [13]

Ocele třídy 12 zahrnují uhlíkové ocele, které jsou určeny k teplenému zpracování s výjimkou žíhání. Tepelným zpracováním pak získají široké užité vlastnosti jako vysokou tvrdost povrchu při zachování vysoké houževnatosti a odolnosti proti dynamickému namáhání. V tepelně nezpracovaném stavu jsou vlastnosti obdobné jako u ocelí třídy 11. [13]

Ocele třídy 14 obsahují příměsi prvků chromu, manganu, křemíku a hliníku a různé jejich kombinace. Vyznačují se vysokou prokalitelností, výsledkem je vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení a vysoká pevnost v tlaku. [13]

Ocele třídy 15 obsahují kromě prvků, které se přidávají do ocelí třídy 14, ještě také vanad a molybden a jejich různé kombinace. Tato třída má velmi specifické vlastnosti, kromě vysoké prokalitelnosti, také vysokou mez pevnosti a kluzu, mez tečení (žáru pevnost),

a lepší rezistivitu proti korozi a jsou tedy vhodným konstrukčním materiálem pro výrobu namáhaných konstrukčních částí střelných zbraní. [13]

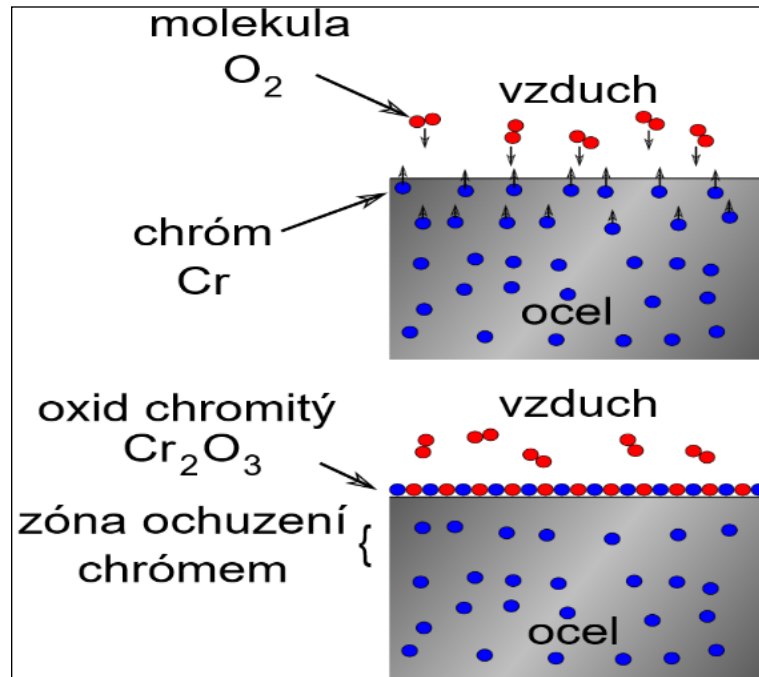
2.2 Korozivzdorná ocel

Ruční palné zbraně musí odolat nejen vnitřnímu namáhání, ale i vnějším vlivům nárazům, opotřebením a také korozi. Konstrukčním materiálem, pro americkou zbraň, útočnou pušku M16 (Obr. 12), byla zvolena americkou armádou, korozivzdorná ocel pod názvem „Carpenter 158“ (dále jen C158). Zajímavostí je, že tato slitina nepodléhá žádným standardům a normám, její složení a proces výroby není veřejně definován. [11]



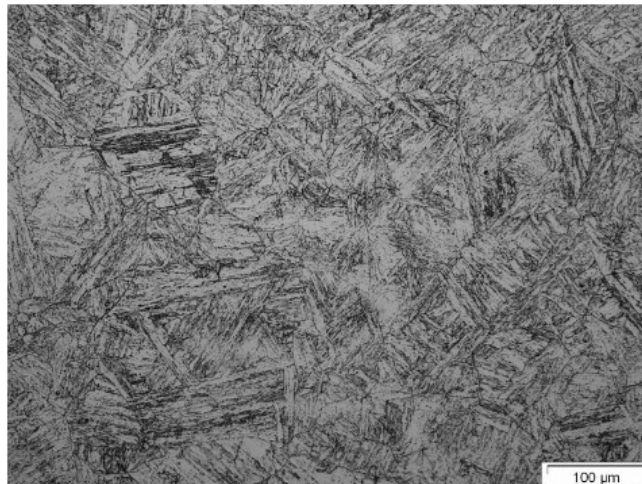
Obr. 12. Útočná puška M16 [14]

C158 není pouze jedinou korozivzdornou slitinou, používanou pro výrobu závěrů a dalších součástí zbraní. Korozivzdorná ocel je slitinou, která obsahuje min. 12 hm.% příměsí chrómu. Oproti uhlíkové oceli, má mnohem větší rezistivitu vůči korozi, v důsledku mnohem vyššího obsahu chrómu. [11]



Obr. 13. Mechanismus pasivace korozivzdorných ocelí [15]

Chróm v oceli, v reakci se vzduchem, vytváří na povrchu vrstvičku oxidu chromitého, který zabraňuje průniku kyslíku přímo k vnitřnímu pláští oceli (Obr. 13). Silnější vrstva oxidu chromitého na povrchu zvyšuje odolnost proti korozi. Nerezová ocel je korozivzdorná, není však zcela korozi odolná. [11]



Obr. 14. Mikrostruktura korozivzdorné oceli [16]

Historicky je invence korozivzdorné oceli úzce spjata se střelnými zbraněmi. Anglický chemik Harry Brearley¹, se v roce 1912 při své práci snažil nalézt druh ocelové slitiny, korozivzdorné slitiny, pro sudy se střelným prachem. V té době už bylo známo, že přidáním malého množství chrómu, se zvýší bod tání oceli. Brearley se snažil zjistit přesný vztah mezi bodem tání a množstvím přidávaného chrómu. Jeho studium současně vyžadovalo i nutnost studovat mikrostrukturu (*Obr. 14*) vzorků různých ocelových slitin, k tomu bylo nutné povrch vzorků rozleštit a naleptat. V té době k tomu použil slabý roztok kyseliny dusičné a alkoholu. Brearley zjistil, že některé vzorky jsou velmi odolné vůči použité sloučenině. Po dalších testech došel k závěru, že za vysokou rezistivitou stojí právě bohatá příměs chrómu. [11]

Stejně jako u chróm-molybdenové oceli, je i korozivzdorná ocel rozdělena do různých tříd, a pouze některé třídy korozivzdorné oceli jsou vhodné pro výrobu ručních palných zbraní. [11]



Obr. 15. Zbraň SW1911 z korozivzdorné oceli [17]

Ve zbrojním průmyslu se k výrobě závěrů, hlavní i některých dalších komponentů (*Obr. 15*) používá korozivzdorná ocel třídy 17, ČSN 41 7021 nebo ČSN 41 7022, ekvivalentem je americká norma AISI 410 a 416. Tyto třídy korozivzdorné oceli jsou výrobci zbraní voleny právě pro vysoký obsah chrómu. Rozdíl mezi těmito třídami je pouze v obsahu

¹ Harry Brearley – anglický chemik (1871-1948), kterému je připisován vynález nerezavějící, později nazývané korozivzdorné oceli.

síry. Ocel specifikovaná normou ČSN 41 7021 si lépe uchovává pevnostní vlastnosti a má lepší funkčnost při nepříznivých povětrnostních podmínkách (především v mrazu). [11]

Ocel třídy 17 - základním legujícím prvkem je chrom, který má schopnost pasivace přenášet i na své slitiny s železem. Korozivzdorná ocel musí obsahovat min. 12hm.% chromu při obsahu 0,1hm.% uhlíku. Další důležitou součástí korozivzdorné oceli je nikl s min. obsahem 8hm.%. [13]

Většina korozivzdorných ocelí nemá jednotnou strukturu, ale nějaká složka je vždy převládající a to ferit, austenit nebo martenzit. [13]

Podle výskytu těchto struktur se korozivzdorné ocele dělí:

Feritické korozivzdorné ocele – mají vysokou odolnost proti opalu v různých plynných prostředích, při kritických teplotách jsou náchylné ke křehnutí, jsou nekalitelné a jejich nevýhodou je i nízká houževnatost pod bodem mrazu. [13]

Austenitické korozivzdorné ocele – jsou nekalitelné, nízká mez kluzu umožňuje velmi dobrou tvárnost za studena, díky příměsi niklu se tyto ocele dobře používají v podmínkách od 0-1000 °C. [13]

Martenzitické korozivzdorné ocele – obsahují 13-18 hm.% chromu, obsahují různé příměsi prvků a jsou kalitelné, v tomto stavu je zaručena korozivzdornost. Mají vysokou pevnost. [13]

Jednotlivé struktury se mohou kombinovat společně a jedná se pak o dvojfázové korozivzdorné ocele s různými vlastnostmi např. feriticko-martenzitické (*Obr. 16*). [13]

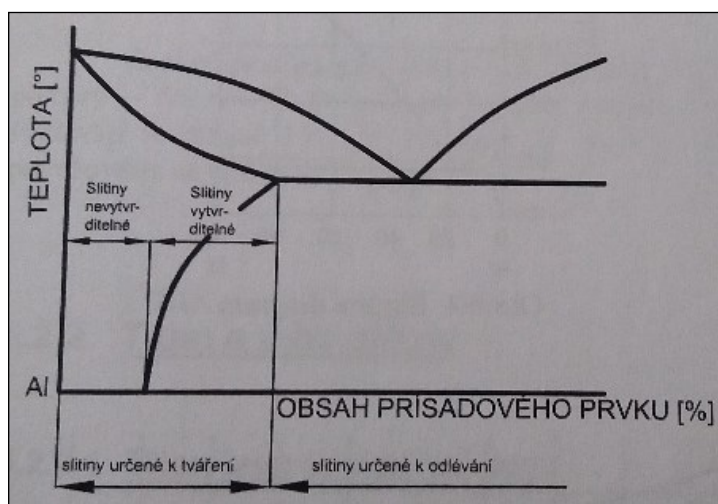


Obr. 16. Feriticko-martenzitická struktura [13]

Výhodou korozivzdorných slitin oproti chróm-molybden ocelovým slitinám je, kromě korozivzdornosti, jednodušší výroba a vyšší rezistivita vůči tepelné erozi. Nicméně výroba je dražší a nelze je černit obvyklými metodami. [13]

2.3 Slitiny hliníku

Hliník je velmi hojně se vyskytující prvek na Zemi a je široce zastoupen v mnoha minerálech. Prakticky se jedná o dnes nepoužívanější kov. Hlavní výhodou hliníku je jeho celkem dobrá pevnost a odolnost v porovnání s jeho hmotností. Je velmi dobře tvářitelný a také se vyznačuje dobrou rezistivitou proti korozi. Hliník se obvykle nepoužívá v čisté formě, vyrábí ve formě slitiny, za příměsí dalších prvků (*Obr. 17*) jako je měď, zinek, hořčík, křemík. [13]



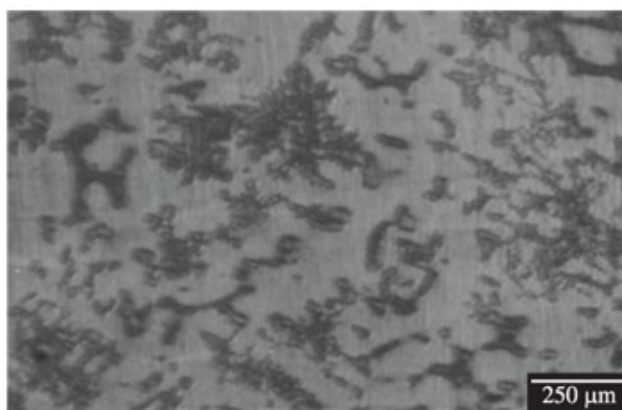
Obr. 17. Schéma fázového diagramu slitiny hliníku [13]

Tyto příměsí prvků zlepšují mechanické vlastnosti slitiny hliníku. Pokud je hliník vystaven působení vzduchu, vytváří na povrchu tenkou vrstvu oxidu hlinitého, který zabraňuje oxidaci vnitřních vrstev. Pro konstrukční součásti střelných zbraní (*Obr. 18*) jsou použitelné slitiny hliníku určené k odlévání tak i k tváření. [11]



Obr. 18. Hliníkové tělo zbraně [18]

Používanými slitinami hliníku pro výrobu palných zbraní, jsou specifikace AISI 6061 a 7075 ekvivalentně normy ČSN 42 4401 a ČSN 42 4222 (pozn. obě ČSN zrušeny v r. 2005 bez náhrady), alternativně odpovídá evropským normám EN AW-6060 a EN AW-7075. Slitina hliníku dle standardu AISI 6061 obsahuje jako hlavní příměs hořčík. Výhodou hliníkových slitin (Obr. 19) s příměsí hořčíku je snadnost obrábění a svařování. Slitina dle standardu 7075 využívá jako hlavní příměs zinek, je tedy mnohem pevnější, ale už nemá tak dobré vlastnosti, co se týká obrábění a svařování. [11]



Obr. 19. Mikrostruktura hliníkové slitiny [19]

Po obrobení součásti zbraně, prochází hliníková slitina procesem eloxování, který zvyšuje pevnost a odolnost vůči tlaku a napětí. Eloxování, resp. anodizování hliníku se provádí za pomoci elektrolýzy v roztoku kyseliny sírové, kdy se během fáze elektrolýzy vytvoří na povrchu vrstva oxidu hlinitého. Vzniklá vrstva je velmi odolná, ale obsahuje póry, kterými by mohla voda pronikat, ve finální fázi se povrch ošetřuje speciálními těsnícími tmely. Hliníková slitina se používá k výrobě rámců, těla zbraní, tak i ostatních součástí zbraně např. zásobníku, mušky, hledí, tělo zaměřovače. [11]

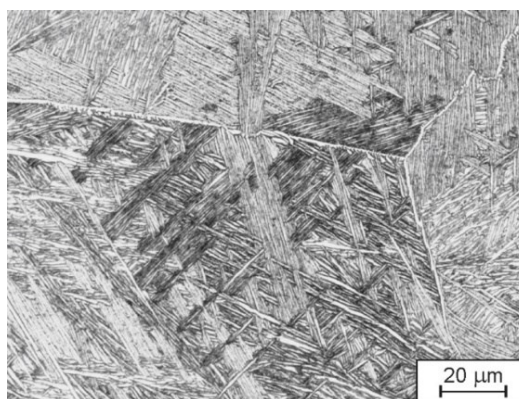
2.4 Slitiny titanu

Titan je kov stříbrno-bílé barvy, který stejně jako hliník má velmi vysoký silově-vá-hový poměr, s vysokou odolností proti korozi a dobrými mechanickými vlastnostmi. Jde, tak jako u hliníku, o celkem běžný prvek vyskytující se v přírodě. Předností je velmi vysoký bod tání. Proces získávání čistého titanu je náročný a nákladný. Titan je tvrdší a přibližně dvakrát pevnější než hliník. I přes jeho vyšší pevnost, nepředčí některé třídy ocelové slitiny, proto se běžně nepoužívá k výrobě hlavní a závěrů. [11]



Obr. 20. Revolverový válec z titanu [20]

Titanové slitiny (*Obr. 21*) se při výrobě zbraní využívají pro prostředí, kde konstrukční díl není vystaven tření s jinou součástí. V prostředí, kde bude součástka vysoce namáhána a zároveň je vyžadována co nejnižší hmotnost, v prostředí teplot do 450 °C a v korozním prostředí. Obrobitelnost titanu není tak jednoduchá jako u ostatních kovů. [11]



Obr. 21. Struktura titanové slitiny [21]

Výroba titanových součástí střelných zbraní je finančně náročná a většina výrobců využívá titan jen pro některé díly, např. revolverové válce (*Obr. 20*), částí rámu. [11]

2.5 Souhrnný přehled kovových materiálů

V následujících tabulkách je uveden přehled kovových materiálů pro výrobu střelných zbraní a jejich součástí. Tabulka (Tab. 2) obsahuje chemické složení slitin uváděných v odstavcích 1.1-1.4 této kapitoly, obsahuje název tak jak jej uvádí norma, v dalším sloupci číslo normy, ekvivalentní mezinárodní název, a chemické složení. Obdobně pak u další tabulky (Tab. 3) jsou uvedeny názvy součástí, třídy ocelí používaných pro výrobu komponentů střelných zbraní v České zbrojovce a.s.

Tab. 2. Přehled kovových materiálů [vlastní zdroj]

Materiál	Norma	Mezinárodní název	Chemické složení (%)				
Ocel		Steel	C	Mn	Si	Cr	V
Ocel 15 142 Cr-Mo	ČSN 41 5142	Chromium-Molybdenum steel 15 142	0,38 - 0,45	0,50 - 0,80	0,17 - 0,37	0,90 - 1,30	x
			Ni	Mo	P	S	
			x	0,15 - 0,3	max. 0,035	max.0,035	
			C	Mn	Si	Cr	V
Ocel 15 230 Cr-V	ČSN 41 5230	Chromium-Vanadium steel 15 230	0,24 - 0,34	0,40 - 0,80	0,17 - 0,37	2,20 - 2,50	0,10 - 0,20
			Ni	Mo	P	S	
			x	X	max. 0,035	max.0,035	
Korozivzdorná ocel		Stainless steel	C	Mn	Si	Cr	V
Ocel 17 021 chromová	ČSN 41 7021	Chromium steel 17 021	0,09 - 0,15	max. 0,90	max. 0,70	12,0 - 14,0	x
			Ni	Mo	P	S	
			x	X	max. 0,040	max.0,030	
Ocel 17 022 chromová	ČSN 41 7022	Chromium steel 17 022	0,16 - 0,25	max. 0,80	max. 0,70	12,0 - 14,0	x
			Ni	Mo	P	S	
			x	X	max. 0,040	max.0,030	
Hliníkové slitiny		Alluminium alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
Slitina hliníku tvářená	EN AW- 6060	Formed aluminium alloy Al-MgSi	0,30 - 0,60	0,10 - 0,30	max. 0,1	max. 0,1	0,35 - 0,60
			Mg	Cr	Zn	Ti	
			0,35 - 0,60	max. 0,05	max. 0,15	max. 0,10	
Slitina hliníku tvářená	EN AW- 7075	Formed aluminium alloy AlZn6Mg2Cu	max. 0,40	max. 0,50	1,2 - 2,0	max. 0,30	2,0 - 2,1
			Mg	Cr	Zn	Ti	
			2,0 - 2,1	0,18 - 0,28	5,1 - 6,1	max. 0,20	

V následující tabulce (Tab. 3) je uveden přehled tříd ocelí a pro konkrétní použitou součást střelné zbraně. Jsou zde uvedeny i materiálové charakteristiky. Vysvětlení zkratk jednotlivých fyzikálních veličin je uveden následně pod tabulkou. Jedná se o materiál používaný pro výrobu ručních střelných zbraní a jejich komponentů ve společnosti Česká Zbrojovka a.s.

Tab. 3. Přehled kovových materiálů – Česká zbrojovka a.s. [22]

Poř. čís.	Součást zbraně	Ocel	Rozměr [mm]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]	Z [%]	KCU 2 [J·cm ⁻²]	Tepelné zpracování
1.	Plechová schránka zásobníku	11 321.2	do 2	235	284-382	29			Cementováno 0,15 mm; HRA 62
2.	Pružina zásobníku (listová skládaná)	12 071.4 12 071.6 12 071.7 12 071.8		1570 1080 1275 1470	1860-2060 1370-1570 1570-1770 1770-1960	2 4 3 2			Zušlechtěno 1400-1600 MPa
3.	Hlaveň	13 242.7 15 230.7	40 do 16 400-100 16-40 40 40-100 100-250	696 883 686 786 835 735 590	932-1079 1079-1275 883-1030 981-1177 980-1180 880-1080 780-930	10 10 12 11 12 12 12	40 30 40 35 45 50 50	39 39	Zušlechtěno 850-1000 MPa Zušlechtěno 850-1000 MPa
4.	Ústová brzda	13 242.7		Viz poř. čís. 3					Zušlechtěno 850-1000 MPa
5.	Vytahovač	14 260.7 14 260.8	30 30	1175 1275	1370-1670 1470-1770	7 6	25 20		Zušlechtěno 1300-1500 MPa
6.	Závorník	14 331.7 16 520.4 16 520.6 16 720.7 16 720.7	25 16-40 40-100 30 30 25 40-100	835 750 650 932 637 883 834	1080-1270 950-1100 850-1000 1177-1471 834-932 1128 1128	10 12 14 8 15 12 10	45 42 45 40 60 50 45	44 40 45 39 88 98	Zušlechtěno 1300-1500 MPa Cementováno 0,4 mm; HRA 80 Cementována 0,2 mm; HRA 70
7.	Záchyt spušťačla	14 220.4	30		785	10	30	49	Cementováno 0,2 mm; HRA 80
8.	Pružiny	14 260.8		Viz poř. čís. 5					Popuštěno Zušlechtěno 1600-1800 MPa
9.	Nosič závorníku	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1300-1500 MPa
10.	Vyhazovač	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1200-1400 MPa
11.	Pouzdro nárazníku	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
12.	Plynový násadec	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
13.	Plynový válec	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
14.	Píst	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
15.	Spoušťová páka	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1300-1500 MPa
16.	Podávací zařízení	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1100-1250 MPa
17.	Pouzdro zbraně	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1100-1250 MPa
18.	Nárazník	15 230.7 16 532.4		Viz poř. čís. 3 Viz poř. čís. 19					Zušlechtěno 850-1000 MPa Zušlechtěno 1500-1700 MPa
19.	Pouzdro hlavně	16 532.4	8	1370	1570	9	45	44	Izotermicky zušlechtěno 1400-1500 MPa
20.	Úderník	16 532.4		Viz poř. čís. 19					Zušlechtěno 1400-1600 MPa

(Vysvětlivky: R_{p0,2}- smluvní mez kluzu, R_m-mez pevnosti, A - tažnost, Z - kontrakce, KCU 2 - vrubová houževnatost)

Dílčí závěr: V této kapitole jsme byli seznámeni s kovovými materiály, které se používají pro výrobu kovových součástí střelných zbraní. U jednotlivých kovových slitin bylo shrnuto, z čeho a jak se vyrábí, charakteristické mechanické vlastnosti a mikrostruktura materiálu, rozdělení do základních tříd s přehledem vlastností konkrétních tříd kovových materiálů používaných pro výrobu střelných zbraní. Součástí je pak souhrnný tabulkový přehled kovových materiálů, jejich název, složení, norma ČSN a vhodnost použití.

3 LEGISLATIVA PRO ZBRANĚ A STŘELIVO

V této kapitole se práce zaměřuje na přehled legislativy v ČR týkající se zbraní a střeliva. Stručnou formou jsou citovány zákony, vyhlášky a nařízení vlády ve znění pozdějších předpisů.

3.1 Zákon o zbraních a střelivu č. 119/2002 sb.

„Zákon o zbraních č.119/2002 sb. nahradil předchozí zákon č. 288/1995 sb. Důvodem novelty byla potřeba uvést do souladu právní řád ČR s právem Evropské unie v oblasti nabytí a držení střelných zbraní a střeliva a dalšími mezinárodními závazky a vytvořit efektivní právní nástroje, umožňující státu adekvátní regulaci v oblasti zbraní a střeliva, zejména s ohledem na veřejný zájem, ve vztahu k zabezpečování veřejného pořádku a bezpečnosti a povinnosti státu zaručovat lidem základní práva a svobody.“ [23]

Dnem 1.7.2014 vstoupil v platnost zákon č. 170/2013 sb. , kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony. [1]

Tento zákon stanoví a upravuje kategorie střelných zbraní a střeliva, podmínky pro nabytí vlastníctví, držení, nošení zbraní a používání zbraní a střeliva, jako i práva a povinnosti držitelů zbraní nebo střeliva, podmínky pro vývoz, dovoz nebo tranzit zbraní nebo střeliva a pro provozování střelnic, provádění pyrotechnického průzkumu, provozování informačních systémů v oblasti zbraní a střeliva, sankce a výkon státní správy v oblasti zbraní a střeliv, provozování střelnic a provozování a provádění pyrotechnického průzkumu. [1]

3.1.1 Vyhláška č. 115/2014 sb.

Vyhláška o provedení některých ustanovení zákona o zbraních

Touto vyhláškou se stanoví:

- a) požadavky technického provedení fotografie,

- b) obsahová náplň teoretické a praktické části zkoušky odborné způsobilosti, celkové vyhodnocení zkoušky odborné způsobilosti žadatele o vydání zbrojního průkazu a výše odměny zkušební komisaře,
- c) obsahová náplň teoretické části zkoušky, způsob provádění praktické části zkoušky, celkové vyhodnocení zkoušky zkušební komisaře a způsob vydání průkazu zkušební komisaře,
- d) obsahová náplň teoretické a praktické části zkoušky odborné způsobilosti a celkové vyhodnocení zkoušky odborné způsobilosti žadatele o vydání zbrojního průkazu skupiny F,
- e) požadavky na zabezpečení zbraní a střeliva v průběhu přepravy,
- f) povinné obsahové náležitosti provozního řádu střelnice,
- g) způsob vedení evidencí o zbraních a střelivu při podnikání v oblasti zbraní a střeliva a o provedení cvičných střelb

(Oblast úpravy: Zbraně a střelivo obecně, zbrojní průkaz, zbrojní oprávnění) [1]

3.1.2 Nařízení č. 315/2011 sb.

Nařízení o zkušebním řádu zkoušky odborné způsobilosti žadatele o vydání zbrojního průkazu skupiny A až E

(Oblast úpravy: Zbrojní průkaz, zbrojní oprávnění) [1]

3.1.3 Vyhláška č. 254/2007 sb.

Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 493/2002 sb., o posuzování zdravotní způsobilosti k vydání nebo platnosti zbrojního průkazu a o obsahu lékárničky první pomoci provozovatele střelnice.

(Oblast úpravy: Způsobilost pro povolání, zaměstnání, postavení, funkce, zbrojní průkaz, zbrojní oprávnění, zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.4 Nařízení č. 503/2005 sb.

Nařízení, kterým se mění nařízení vlády č. 338/2002 sb., o technických požadavcích pro zabezpečení přechovávaných zbraní nebo střeliva a o podmínkách skladování, přechovávání a zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmným prachem a zápalkami, ve znění nařízení vlády č. 347/2003 sb.

(Oblast úpravy: Technická normalizace a typizace, ČSN a ON, zbraně a střelivo obecně, bezpečnost práce obecně, technická bezpečnost zařízení) [1]

3.1.5 Vyhláška 632/2004 sb.

Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 371/2002 sb., kterou se stanoví postup pro znehodnocování a ničení zbraně, střeliva a výrobě jejich řezů.

(Oblasti úpravy: Zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.6 Nařízení č. 151/2004 sb.

Nařízení, kterým se stanoví, které střelné zbraně a střelivo je možné z jiného členského státu Evropské unie přepravit na území ČR bez předchozího souhlasu příslušných orgánů ČR.

(Oblast úpravy: Evropská unie, Západoevropská unie, zbraně a střelivo obecně, vývoz, dovoz a průvoz zboží a služeb) [1]

3.1.7 Nařízení č. 347/2003 sb.

Nařízení, kterým se mění nařízení vlády č.338/2002 sb., o technických požadavcích pro zabezpečení přechovávaných zbraní nebo střeliva a o podmínkách skladování, přechovávání a zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmným prachem a zápalkami.

(Oblast úpravy: Technická normalizace a typizace, ČSN a ON, zbraně a střelivo obecně, technická bezpečnost zařízení) [1]

3.1.8 Vyhláška č. 11/2003 sb.

Vyhláška, kterou se zrušuje vyhláška č. 127/1996 sb., o zdravotní způsobilosti k vydání nebo prodloužení platnosti zbrojního průkazu a o prohlášení žadatele.

(Oblast úpravy: Zrušení zákona, jiného právního předpisu, interních pokynů a směrnic, zbrojní průkaz, zbrojní oprávnění, léčebná a preventivní péče) [1]

3.1.9 Vyhláška č. 493/2002 sb.

Vyhláška o posuzování zdravotní způsobilosti k vydání nebo platnosti zbrojního průkazu a obsahu lékárničky první pomoci provozovatele střelnice.

(Oblast úpravy: Způsobilost pro povolání, zaměstnání, postavení, funkce, zbrojní průkaz, zbrojní oprávnění, zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.10 Vyhláška č. 371/2002 sb.

Vyhláška, kterou se stanoví postup při znehodnocování a ničení zbraně, střeliva a výrobě jejich řezů.

(Oblasti úpravy: Zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.11 Vyhláška č. 370/2002 sb.

Vyhláška o dovoleném výrobním provedení plynové zbraně, expanzní zbraně a střeliva.

(Oblast úpravy: zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.12 Vyhláška č. 369/2002 sb.

Vyhláška, kterou se stanoví postup Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva při zařazování typu zbraně nebo střeliva do kategorie.

(Oblast úpravy: Správní řízení, zbraně a střelivo obecně) [1]

3.1.13 Nařízení č. 338/2002 sb.

Nařízení o technických požadavcích pro zabezpečení přechovávaných zbraní nebo střeliva a o podmínkách skladování, přechovávání a zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmným prachem a zápalkami.

(Oblast úpravy: Technická normalizace a typizace, ČSN a ON, zbraně a střelivo obecně, bezpečnost práce obecně, technická bezpečnost zařízení) [1]

Dílčí závěr: Tato kapitola shrnuje legislativu ČR v oblasti zbraní a střeliva, zejména citovaný zákon č. 119/2002 sb. ve znění pozdějších předpisů, který upravuje především podmínky nabývání, držení, nošení a používání střelných zbraní a střeliva. Ve stručném přehledu jsou uvedeny další platné související předpisy upravující oblast zbraní a střeliva ve znění pozdějších předpisů.

4 METODY A VÝZNAM FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY A HODNOCENÍ MIKROSTRUKTURY

V praktické části je práce zaměřena na provedení fraktografické analýzy a hodnocení mikrostruktury materiálu vzorků z reálných komponentů zbraní. Nejprve jsou vysvětleny základní pojmy fraktografie, následně jsou popsány jednotlivé metody fraktografické analýzy a jaký je význam a přínos fraktografie. Následně práce seznamuje s elektronovou mikroskopií, která je významným moderním prostředkem a jednou z metod pro provádění fraktografické analýzy. Využita je i pro studium mikrostruktury materiálu i vlastní hodnocení mikrostruktury.

„Mezi strukturou a mechanickými vlastnostmi materiálu není matematická závislost, protože struktura je jedním z více faktorů, které mechanické vlastnosti materiálu ovlivňují. Z toho plyne, že ze vzhledu struktury nelze vyčíst celou výrobní historii. Vzhled struktury není tedy specifický a nelze dělat na tomto podkladu konkrétní závěry. Jedním z odvětví metalografie je fraktografie, která se zabývá studiem lomů. Základní myšlenka vychází z toho, že lom kovu stejně jako výbrus lze pozorovat pod mikroskopem a studovat jeho charakteristické znaky a detaily.“ [24]

4.1 Metody fraktografické analýzy

Dle velikosti zvětšení vzorku, který je pro následnou analýzu použit, můžeme rozlišovat makrofraktografii a mikrofraktografii, jejíž součástí je elektronová mikrofraktografie. [24]

- **Makrofraktografie** využívá menších zvětšení např. pozorování pouhým okem, nebo lupou max. 100x zvětšení. I při takovémto malém přiblížení a pozorování okem nám objasní vzhled lomu a možnou příčinu jeho vzniku. [24]
- **Mikrofraktografie** studuje lomy za velmi vysokého zvětšení, získáme tak informace o poruchách materiálu na základě mikroskopických stop jako např. únavové žlábký, polohy hranic zrn a kluzových rovin vzhledem na trhlinu. Fraktografické hodnocení lomů se využívá k výzkumným účelům a pro zjištění příčin poškození dílů při provozu. [24]

4.1.1 Makrofraktografie

Makrofraktografie poskytuje komplexní obraz o lomovém procesu na základě makroskopických příznaků plochy lomu. [24]

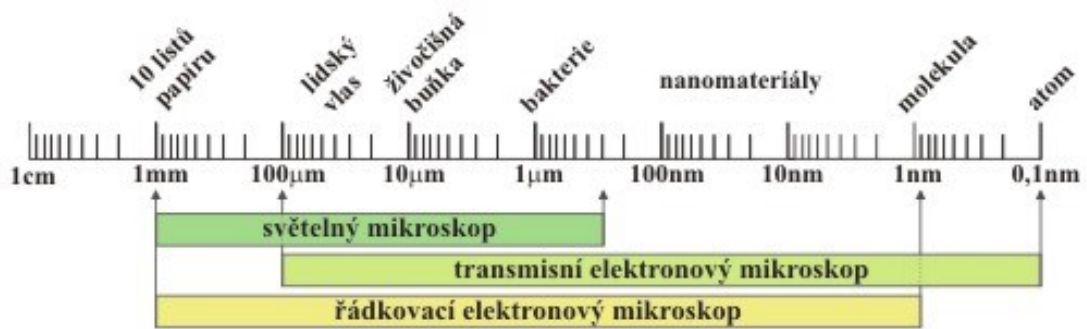
Hlavní faktory ovlivňující vzhled lomové plochy:

- a) místa poruch, kterými je pevnost materiálu z různých důvodů degradována. Ne vždy to musejí být vyložené vady výrobku, ale mohou to být nedokonalosti krystalové mřížky mezi zrny různých použitých složek, dále karbidy, vměstky, soudržnost jednotlivých struktur jako perlitu a feritu mající vliv na vzhled lomu. [24]
- b) vzhled lomu je definován velikostí deformované části až k fázi poruchy soudržnosti materiálu. Pokud lom vzniká na štěpných plochách, vytváří se na lomové ploše ne-deformovaného křehkého materiálu, rovné lesklé plošky, kdy velikost těchto plošek většinou odpovídá velikosti zrn. U houževnatého materiálu jsou lomové plošky pod ostrým úhlem ke směru na ně působící síly, a vzniká tak drsný matný lom. V případě menších zrn, je vzhled sametový. [24]
- c) druhem napjatosti v okamžiku lomu, kdy při hodnocení lomu musíme posoudit i způsob namáhání materiálu. Deformace je závislá jak na houževnatosti materiálu, tak na způsobu zatěžování. Stejný materiál může mít různé lomy podle míry a možnosti deformace. [24]

4.1.2 Mikrofraktografie

Mikrofraktografie analyzuje lomové plochy za využití optického mikroskopu až do cca sto až tisícinásobného zvětšení. Povrch lomové plochy vzorku lze snadno natočit kolmo k ose objektivu mikroskopu. V případě potřeby identifikace povrchové vrstvy interkrystalických lomů nebo učení struktury, je možné lomové plochy naleptat. Pro komplexní charakteristiku lomů je zapotřebí zkoumat lomové plochy z více pohledů. Součástí mikrofraktografie je elektronová mikroskopie. [24]

Elektronové mikroskopy jsou optické přístroje (*Obr. 22*), které namísto světelného svazku, využívají pro svou činnost svazek urychlených elektronů a elektromagnetické čočky. Pozorovaný vzorek i svazek elektronů je během zkoumání umístěn ve vakuu z důvodu atmosférického ovlivnění. Tyto přístroje umožňují získat komplexní informace o mikrostruktuře, složení, krystalografii a ostatních vlastnostech vzorku. [25]



Obr. 22. Rozsah rozlišovací schopnosti [25]

SEM – řádkovací (rastrovací) elektronové mikroskopy

První SEM využitelný byl vyroben v r.1942 V.K. Zworykinem a jeho kolektivem, komerční SEM byl vyroben až r.1965. Řádkovací neboli rastrovací mikroskopy (Obr. 23) se používají pro analýzu a zobrazení povrchů téměř jakkoliv velkého vzorku (pokud velikostí dostačuje vakuová komora). Princip SEM spočívá v tom, že na každé místo na vzorku je zaměřen velmi úzký paprsek elektronů. Dopadající elektrony v interakci s materiálem vzorku vytváří různě zjistitelné složky. Paprsek probíhá vzorkem po řádcích (proto název řádkovací) a podle typu povrchu se mění hladina signálu v detektoru, z výsledných úrovní signálů je posléze sestaven výsledný obraz. [25]



Obr. 23. Rastrovací elektronový mikroskop [25]

TEM – transmisní elektronové mikroskopy

Prvotní realizaci transmisního mikroskopu uskutečnil německý vědec E. Ruska², jedná se obdobně jako u SEM o elektronový mikroskop (*Obr. 24*), kde je však důležitou podmínkou, že zkoumaný vzorek musí být dostatečně tenký (10 - 500nm), aby jím mohl svazek elektronů projít. Rozlišení TEM je vyšší než u SEM a umožňuje zkoumat strukturu vzorků až na jejich atomární úroveň. Princip TEM právě spočívá v tenkosti vzorku, kdy proud elektronů prochází skrze vzorek, obraz je následně zvětšen a zaostřen elektromagnetickými čočkami a zpracován na obrazovce nebo pomocí senzorů. Pomocí TEM lze analyzovat vlastnosti, vznik a vzájemné působení jednotlivých poruch krystalové struktury. [25]



Obr. 24. Transmisní elektronový mikroskop [25]

² Ernst Ruska – německý fyzik (1906-1988), získal Nobelovu cenu za objev elektronového mikroskopu

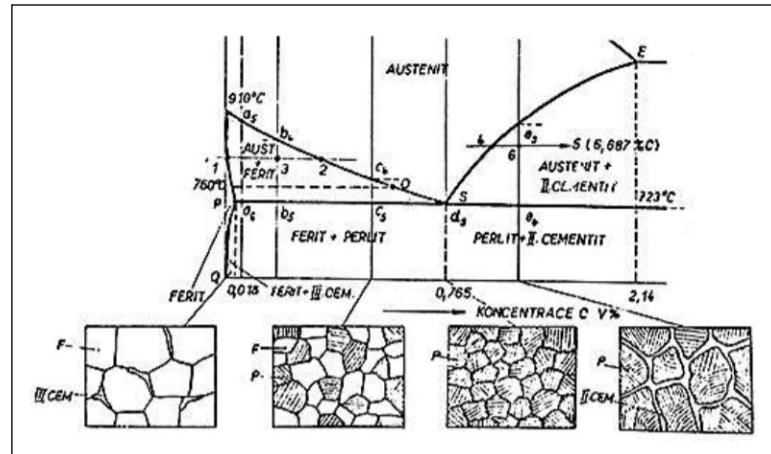
4.2 Význam a přínos fraktografické analýzy

Zajištění spolehlivého a bezpečného provozu střelné palné zbraně klade vyšší požadavky nejen na vývoj a výzkum nových materiálů, ale i na studium stávajících materiálů. Další rozvoj by nebyl možný bez moderních metod výzkumu strukturních charakteristik a studia vlastností materiálu. Fraktografická analýza nabývá na významu jak při základním výzkumu procesů poruch materiálů, tak i při analýzách provozních poruch a havárií. K základním činnostem patří studium znaků různých druhů konstrukčních materiálů, poznatků o průběhu procesů porušování, popis procesů těchto procesů a metalografické struktury, dokumentování fraktografických znaků. Výsledky tohoto studia jsou neocenitelnými informacemi a přináší klíčový význam v oblasti výzkumu procesů provozních poruch. [26]

„Fraktografická analýza je aplikována ex-post, není tedy nutné sledovat procesy v reálném čase. Umožňuje analyzovat nejen příčiny vzniku poruchy, ale i časový průběh vývoje únavové trhliny během provozu nebo zkoušky, včetně poruch, které jsou nepřístupné pro pozorování během zátěže při provozu. Výsledky těchto analýz mohou být využity nejen pro další výzkum, ale i pro optimalizaci technologických nebo konstrukčních úprav. Fraktografická rekonstrukce poskytuje cenné informace o průběhu degradace, které se využijí jako podklady pro odhad zbytkové životnosti materiálu, plánování defektoskopických kontrol, oprav nebo výměny jednotlivých konstrukčních komponentů.“ [26]

4.3 Hodnocení mikrostruktury materiálu

Materiál můžeme uvážit jako celek složený z dílčích stavebních bloků. Struktura materiálu je dána vztahy mezi elementárními částicemi: molekuly, atomy, krystaly a různými defekty, které celkově definují stav látky. Abychom mohli popsat strukturu všech složek materiálu je nutné ve zvoleném měřítku tyto pozorovat. V závislosti na pozorovacím měřítku, definujeme makrostruktury, viditelné pouhým okem nebo lupou, a mikrostruktury (Obr. 25) viditelné pod mikroskopem. [27]



Obr. 25. Schéma mikrostruktur různých typů ocelí [27]

U kovových materiálů je většinová vazba kovová. Atomy jsou poskládány vedle sebe a sdílejí valenční elektrony. Kovové, resp. pevné látky se vyskytují v krystalické formě. Krystalické látky rozdělujeme podle počtu krystalů na polykrystalické a monokrystalické. Polykrystalické látky jsou tvořeny jednotlivými krystaly, které se nazývají zrna. Čím jsou zrna menší tím je materiál pevnější. Způsob přípravy materiálu zásadně ovlivňuje jeho mikrostrukturu. Ve struktuře litých materiálů můžeme pozorovat např. dendrity s mezi prostorovými nečistotami, nízko tavitelné sloučeniny jako karbidy, oxidy a díry (řediny). [27]

Dílčí závěr: V této kapitole jsme byli seznámeni s oborem fraktografie jejím významem a přínosem, obsahem fraktografické analýzy a aplikováním jejich metod, které byly uvedeny. Seznámeni jsme byli s technickými prostředky zvolenými pro vlastní analýzu, elektronovými mikroskopy jejich principem a funkcí. V teoretické rovině byly vysvětleny postupy pro aplikování metod fraktografické analýzy v souvislosti se studiem mikrostruktury kovových materiálů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 FRAKTOGRAFICKÁ ANALÝZA A MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ VYBRANÝCH KOMPONENTŮ

5.1 Metalografická příprava

Vzorek kovového materiálu pro posouzení mikrostruktury musí mít dané rozměry a musí být čistý, hladký a rovný. Norma ČSN 402462 uvádí minimální rozměr vzorku 1cm^2 . Přípravu vzorku pro metalografický výbrus lze rozdělit na tři hlavní fáze: dělení, fixace a mechanická preparace. Dělení se provádí na rozbrušovačkách na dané rozměry a je důležité řádně označit místo odběru vzorku. Broušení a leštění se provádí především za použití brusných papírů a ve fázi leštění roztokem oxidu hlinitého. V laboratorních podmínkách se používají speciální brusné stroje a leštičky. Při vlastním broušení a leštění vzorku dochází ke změně povrchu (víceméně tváření za studena) může vznikat tzv. „Beilbyho vrstva“ deformovaného kovu. Tento jev je nežádoucí a je nutné povrch opětovně přebrousit a případně naleptat. Zviditelnění struktury se provádí po fázi leštění, kdy ještě mikrostruktura není zcela viditelná. Běžným způsobem je chemické leptání. Nejčastěji pro tyto účely používaným leptadlem (Tab. 4) bývá Nital, což je roztok kyseliny dusičné v alkoholu. Leptadlo působí na plochu i hranice zrn. Na naleptaném povrchu vznikají prohloubeniny na hranicích zrn, které pod světlem vytvářejí stíny, které pozorujeme. [27]

Tab. 4. Základní leptadla pro vyvolání mikrostruktury [vlastní zdroj]

Leptadlo	Složení	Čas leptání	Použití
Nital	2ml HNO_3 , 98ml etylalkohol	1 - 60sek.	Maximalizace kontrastu mezi perlitem a feritem, hranice feritu, odlišuje ferit od martenzitu
Villela-Bain	5ml HCl , 1g kyselina pikrová, 100ml etylalkohol	1 - 60sek.	V popouštěných ocelí volání austenitického zrna u kalených a kalených
Pikral	4g kyselina pikrová, 100ml etylalkohol	1 – 60sek.	Rozlišení jemného perlitu, martenzitu, bainitických struktur

5.2 Metalografické posouzení

Čistotou kovů rozumíme množství nekovových vměstků. Není důležité, jen jejich množství, ale i velikost, druh, rozložení. Nekovové vměstky rozdělujeme podle původu na exogenní a endogenní. Exogenní vznikají v tekuté oceli a jsou součástí její struktury, endogenní pak zanesením různých prvků během kovové fáze z pece, pánve atp. Pro stanovení

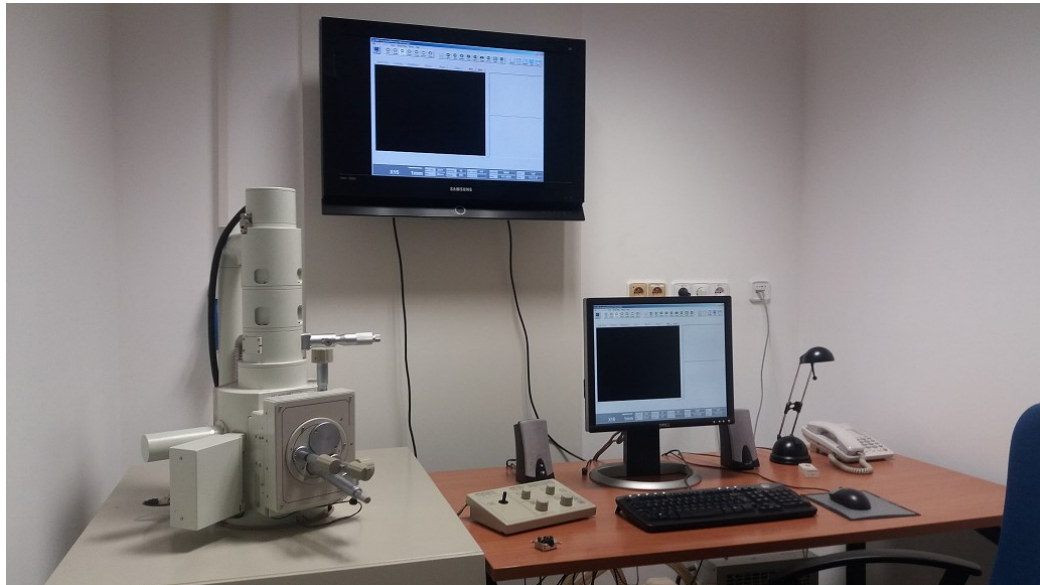
nekovových vměstků v oceli se užívá mikrografická metoda, která využívá normovaná zobrazení, podle ČSN ISO 4967. Stanovení velikosti zrna je odvozeno od velikosti krystalů, kdy při výrobě vzniká v tavenině množství krystalových zárodků, které rostou, jejich růst je však po určité době zastaven omezením sousedními krystaly. Tak se vytváří struktura krystalů neboli zrn. Hranicemi zrn se rozumí poruchy krystalové mřížky mezi zrny a ovlivňují především mechanické vlastnosti kovu. Pro mikroskopické stanovení struktury lze využít porovnávacích vzorů mikrostruktur ocelí popsané v normě ČSN 420469. Struktura slitin se hodnotí podle grafitu, cementitu, perlitu a fosfidového eutektika a zjištěná struktura se porovná se strukturními etalony uváděnými v normě ČSN 420461. [27]

5.3 PROVEDENÍ FRAKTOGRAFICKÉ ANALÝZY

Vlastní analýza začíná volbou metody a přípravou vzorků. Pro účely této práce byla zvolena metoda elektronové mikroskopie. Vzorky jsou umístěny do elektronového mikroskopu, který vytváří obraz, jež je následně zpracován počítačem. Na základě zpracovaného obrazu nebo výsledné fotodokumentace probíhá vlastní analýza. Pro hodnocení mikrostruktury byly použity vzorky v leštěném neleptaném stavu. K dispozici byly celkem tři vzorky část úlomku hlavně a použitý tlumič plamene ze samopalů vzor 58 blíže nespecifikovaného data výroby a dále pak vzorek zápalníku (někdy označován též jako úderník) pistole CZ 75D opět nespecifikovaného data výroby. Metodou mikrofraktografie byly analyzovány vzorky na el. mikroskopu SEM JEOL 6380 (*Obr. 26*), v laboratoři Přírodovědecké fakulty UK v Praze.



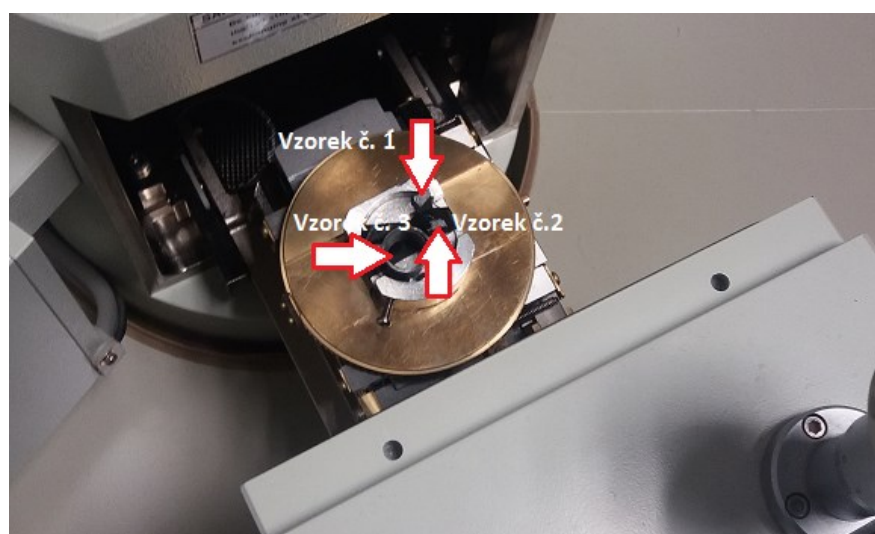
Obr. 26. Elektronový mikroskop SEM JEOL 6380LV [vlastní zdroj]



Obr. 27. Laboratoř elektronové mikroskopie PŘF UK Praha [vlastní zdroj]

5.3.1 Příprava vzorků

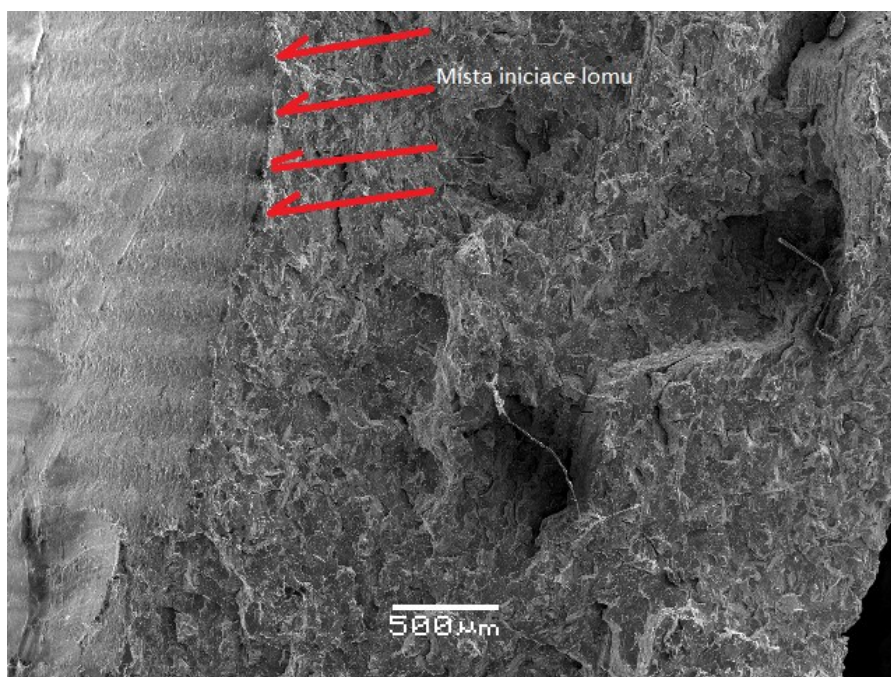
Analyzované součásti zbraní byly k dispozici pouze ve formě vzorků, nebylo tedy nutné tyto vzorky ze zbraně přímo odebírat pro zamýšlenou fraktografickou analýzu. Vzorky byly přebroušeny brusným papírem postupně zrnitostí P400, P600 a P800 následně leštěno diamantovou pastou. Pro analýzu byla zvolena metoda hodnocení mikrostruktury v neleptaném stavu, resp. analyzováním vzorků v neleptaném stavu bylo postupováno u všech zkoumaných vzorků. Všechny vzorky byly následně vloženy do vakuové komory v mikroskopu (Obr. 28).



Obr. 28. Usazení vzorků v elektronovém mikroskopu [vlastní zdroj]

5.3.2 Fraktografická analýza vzorků

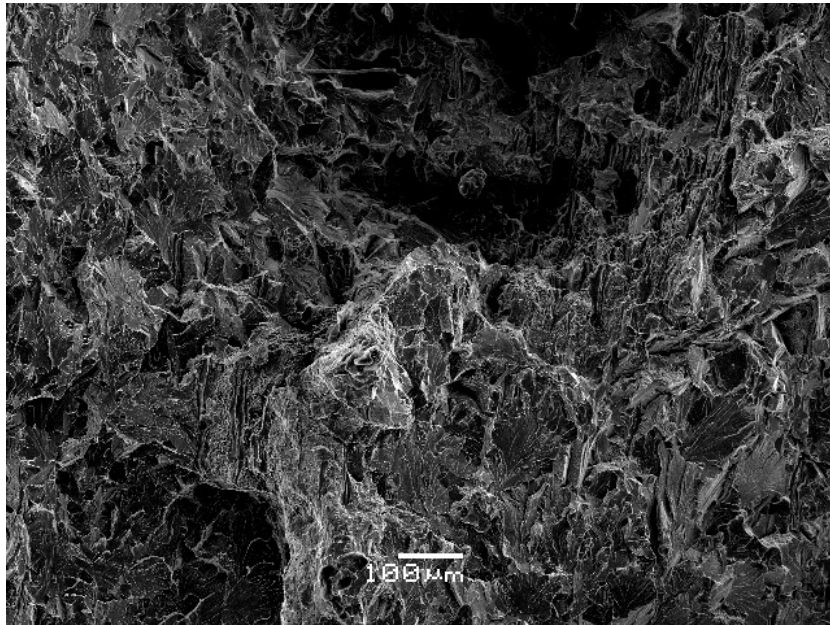
Fraktografická analýza lomu vzorku č.1 zvolenou mikrofraktografickou metodou pomocí elektronového mikroskopu byla prováděna na vzorku úlomku z hlavně střelné zbraně. Na (Obr. 29) je v detailu oblast povrchu, kde je viditelná trhlina a její šíření s pravdě-podobnými místy iniciace lomu. Z hlediska mechanismu porušování se zde, v místech iniciace lomu, jeví jako primární klasifikace štěpného lomu pravděpodobně za působení tahové síly. Dle energetického hlediska jde pravděpodobně o houževnatý lom, který byl způsoben stálým dodáváním vnější energie. Analýzou trhliny v oblasti iniciace lomu bylo zjištěno transkrys-



Obr. 29. Trhlina s místy iniciace lomu u vzorku č.1 [vlastní zdroj]

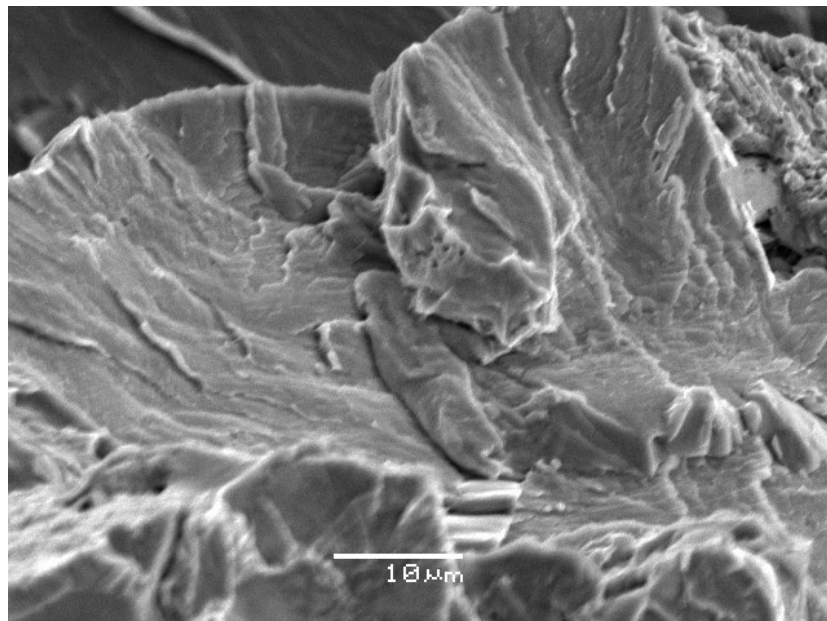
talické tvárné porušení s velmi výraznou jamkovou morfologií. V oblastech lomu a lze pozorovat o kvazištěpení, resp. transkrystalické štěpení, kde je souběžně pozorován, štěpný a smíšený lom, které se projevuje zejména u vysokopevnostních martenzitických ocelí.

Vzhled lomové plochy narušené kvazištěpením s jamkovou morfologií³ (Obr. 30).



Obr. 30. Lomová plocha u vzorku č.1 [vlastní zdroj]

Detail štěpného transkrystalického lomu s charakteristickými fazetami (Obr. 31).

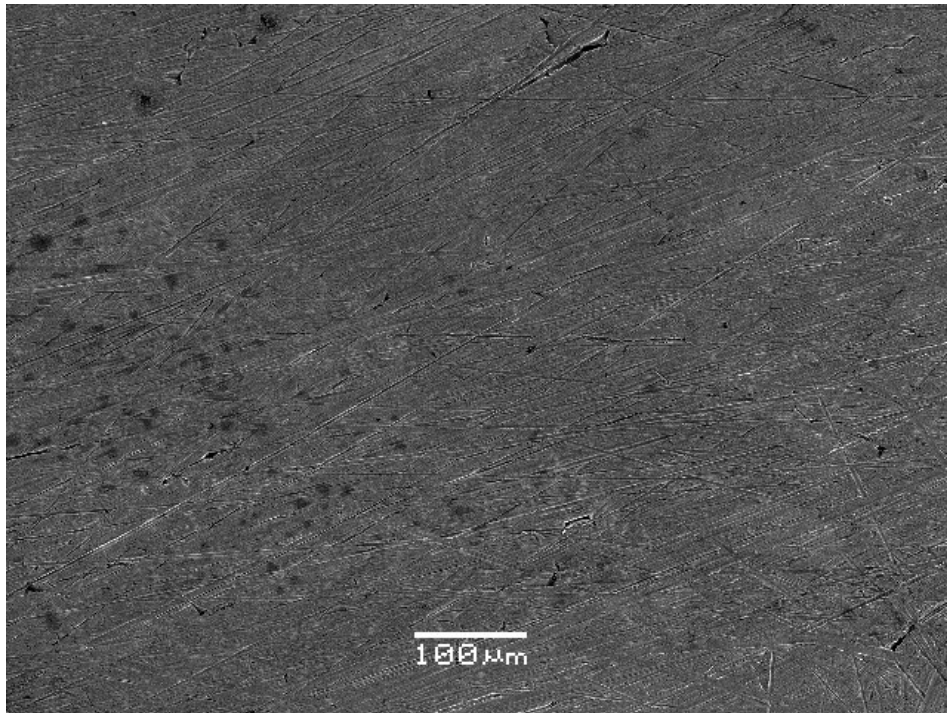


Obr. 31. Transkrystalický štěpný lom u vzorku č.1 [vlastní zdroj]

³ Jamková morfologie – vzhled povrchu lomu typický pro tvárné porušení

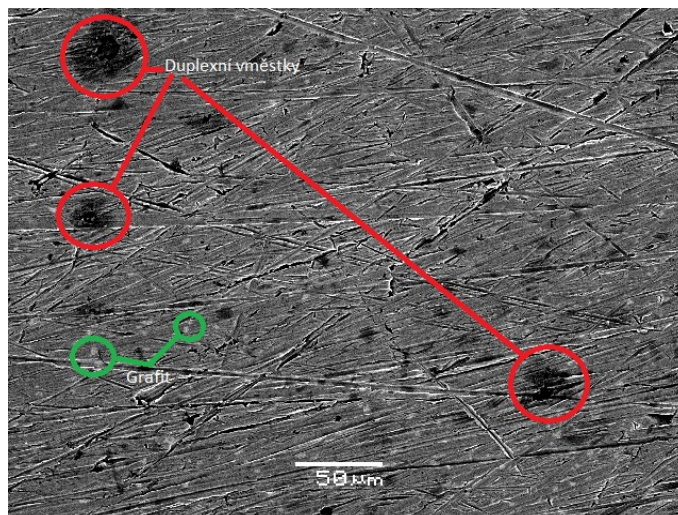
5.3.3 Hodnocení mikrostruktury vzorků

Mikrostruktura neleptaného vzorku č.2 – úderníku, na obr. č. pozorována v příčném řezu posuzovaného vzorku, stejně jako při fraktografické analýze současně pomocí elektronového mikroskopu. Pro tyto vzorky byla zvolena metoda analyzování mikrostruktury v neleptaném stavu. V mikrostruktuře vzorku č.2 (*Obr. 32*) byly pozorovány latky martenzitu



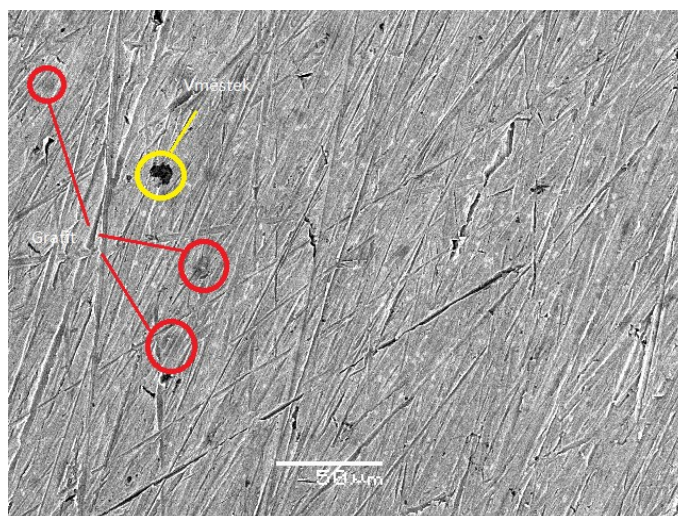
Obr. 32. Mikrostruktura vzorku č.2 [vlastní zdroj]

a struktura materiálu odpovídá martenzitické vysokopevnostní oceli. Nebyly pozorovány žádné výrazné defekty, jsou však viditelné nekovové a duplexní vměstky, které jsou lépe rozeznatelné při detailnějším pozorování při větším rozlišení. Ve vyšším rozlišení hodnoceny patrné vměstky (*Obr. 33*), pravděpodobně jde o duplexní vměstky oxidu-sulfidu, rozeznatelné jsou stopy grafitu.



Obr. 33. Mikrostruktura vzorku č.2 [vlastní zdroj]

U vzorku č.3 - tlumiče plamene, bylo pozorováno méně sulfidických vměstků, avšak s patrnými stopami zrnitého grafitu, dobře viditelnými laťkami martenzitu, struktura se jeví jako jemnozrnná bez významných defektů, převážně s pozorovaným grafitem (Obr. 34). Hloubková koroze ani pórovitost nebyly pozorovány. Z výsledků fraktografické analýzy a posouze



Obr. 34. Mikrostruktura vzorku č.3 [vlastní zdroj]

-ní výsledků fraktografické analýzy a posouzení mikrostruktury byl vyvozen závěr, že všechny vzorky jsou pravděpodobně vyrobeny z vysokopevnostní martenzitické oceli, která vykazuje jemně zrnitou, homogenní mikrostrukturu z popuštěného martenzitu. Dá se předpokládat, že jde o ocel s vysokou čistotou materiálu, kterou by však detailněji ohodnotila rozsáhlejší chemická analýza vzorků č.2 a č.3. Z výsledků provedené analýzy lze usuzovat, že vzorky materiálů pravděpodobně pocházejí z třídy oceli 15 nebo 16, které jsou význačně používány pro výrobu střelných zbraní a jejich komponentů, z hlediska bezpečnosti jde tedy

o velmi kvalitní materiál, který splňuje kritéria jakosti. Fraktografickou analýzou nebyly zjištěny významné defekty materiálu. Trhlina u vzorku č.1 vznikla pravděpodobně násilným rozlomením a nebyla způsobena únavou nebo vadou materiálu. Následnou chemickou analýzou by pak bylo možné prokázat reálné chemické složení materiálu a provést porovnání s ČSN dané třídy oceli. Z hlediska životnosti a provozní bezpečnosti se jedná o kvalitní martenzitickou ocel s dobrou korozivzdorností, ne však tou nejlepší, a jeví se jako dlouhodobě odolný a bezpečný materiál.

Dílčí závěr: V této praktické části práce byla provedena zvolenou metodou vlastní fraktografická analýza, byla zkoumána a popsána charakteristika lomu a hodnocena mikrostruktura materiálu. Mikrostruktura vypovídá především o kvalitě a složení hodnoceného materiálu. Kvalita použitých kovových materiálů pro výrobu palných zbraní je důležitým ne-li hlavním aspektem pro celkovou životnost a bezpečnost zbraně. Neméně důležité je dodržování údržby zbraně, která má vliv na její celkovou životnost a bezpečnost. Elektronová mikroskopie jako metoda fraktografické analýzy, přináší detailní pohled do nitra materiálů, a umožňuje zkoumat vady a defekty materiálu jako jsou nepatrné trhliny a praskliny, lomy materiálu, místa vzniku a šíření koroze, kdy všechny tyto aspekty mají neblahý vliv na celkovou bezpečnost zbraně a v důsledku i vlastní bezpečnost jejího držitele. Fraktografie je důležitým oborem, který se zabývá studiem lomových ploch a lomů obecně. Jedná se o moderní nástroj pro zjišťování příčin poruch kovových materiálů.

6 POSOUZENÍ VHODNOSTI MATERIÁLU Z HLEDISKA ŽIVOTNOSTI A BEZPEČNOSTI

Na základě provedené fraktografické analýzy a hodnocení mikrostruktury v předchozí kapitole bylo u posuzovaných vzorků zjištěno, že jsou vyrobeny s vysokou pravděpodobností z oceli třídy 15 nebo 16. Dle normy ČSN pro tyto třídy ocelí je tento materiál vhodnou volbou jako konstrukční materiál komponentů střelných zbraní. Z hlediska životnosti jde o materiál s dobrou životností, který obsahuje i malé množství korozivzdorných prvků jako je chróm. Pro prodloužení životnosti kovových komponentů používá většina výrobců různé technologie povrchové úpravy kovových součástí, které podstatně zvyšují celkovou životnost. Provozní životnost výrobku je zpravidla dána výrobcem na základě měření a zkoušek. Z hlediska bezpečnosti materiálu se jedná o bezpečný kovový materiál, který je při provozu vystaven cyklickému namáhání a musí tomuto namáhání bezpečně odolat. Jedná se o houževnatý materiál s velmi dobrou odolností při běžných pádech a nárazech, nejde-li o extrémní nebo zkušební případy. Závěrem lze konstatovat, že z hlediska životnosti a bezpečnosti jde o vhodně zvolený materiál v případě dodržení všech výrobně technologických postupů a procesů při výrobě komponentů a následných bezpečnostních pravidel při používání výrobku.

ZÁVĚR

V teoretické části jsme byli seznámeni s vybranými ručními palnými zbraněmi pro účely této práce a popisem jejich základních komponentů. Práce je zaměřena pouze na kovové materiály, které se používají pro výrobu kovových součástí střelných zbraní. U jednotlivých kovových slitin bylo shrnuto, z čeho a jak se vyrábí, charakteristické mechanické vlastnosti a mikrostruktura materiálu, rozdělení do základních tříd s přehledem vlastností konkrétních tříd kovových materiálů používaných pro výrobu střelných zbraní. Součástí je pak souhrnný tabulkový přehled kovových materiálů, jejich název, složení, norma ČSN a vhodnost použití. Dále se v teoretické části práce věnuje legislativě ČR týkající se zbraní a střeliva, přináší kompletní přehled platných zákonů, nařízení a vyhlášek, ve znění pozdějších předpisů, zejména citovaný zákon č. 119/2002 sb. ve znění pozdějších předpisů, který upravuje především podmínky nabývání, držení, nošení a používání střelných zbraní a střeliva. Jednotlivé vyhlášky a nařízení nejsou rozebrány do hlubších detailů, z důvodu jejich obsáhlosti a bezproblémové veřejné dostupnosti na internetu, kde je možno bezplatně dohledat aktuální znění těchto právních norem. V praktické části práce jsme se seznámili s oborem fraktografie, jejím významem a přínosem i pro průmysl komerční bezpečnosti ve smyslu zkoumání zbraní a obsahem fraktografické analýzy a aplikováním jejích metod. Seznámeni jsme byli s technickými prostředky zvolenými pro vlastní analýzu, elektronovými mikroskopy, jejich principem, funkcí a druhy. V teoretické rovině byly vysvětleny postupy pro aplikování metod fraktografické analýzy v souvislosti se studiem struktury kovových materiálů. Popsána je příprava metalografických vzorků pro následné vlastní posouzení mikrostruktury analyzovaného materiálu. V následující části práce byla provedena zvolenou metodou vlastní fraktografická analýza, byla zkoumána a popsána charakteristika lomu a hodnocena mikrostruktura materiálu. Mikrostruktura vypovídá především o kvalitě, vlastnostech a složení hodnoceného materiálu. Kvalita použitých kovových materiálů pro výrobu střelných zbraní je důležitým ne-li hlavním aspektem pro celkovou životnost a bezpečnost zbraně. Neméně důležité je dodržování zásad péče o vlastní zbraň, které ovlivňují její celkovou životnost a bezpečnost. Elektronová mikroskopie jako metoda fraktografické analýzy, přináší detailní pohled do nitra materiálů, umožňuje zkoumat vady a defekty materiálu jako jsou nepatrné trhliny a praskliny, lomy materiálu, místa vzniku a šíření koroze, kdy všechny tyto aspekty mají neblahý vliv na celkovou životnost a bezpečnost zbraně, a v důsledku i vlastní bezpečnost jejího držitele. Fraktografie je důležitým oborem, který se zabývá studiem lomových ploch a lomů obecně. Fraktografické analýzy lze v průmyslu komerční bezpečnosti využít

pro zkoumání příčin selhání kovových materiálů používaných pro výrobu střelných zbraní. Z fraktografických metod lze zjistit i celkovou historii procesu únavy materiálu. Prakticky lze metody fraktografické analýzy aplikovat i na ostatní komponenty používané průmyslem komerční bezpečnosti jako např. (kovové zámky, trezory, brány, mříže...). Výsledky analýzy využijeme z materiálového hlediska např. pro optimalizaci konstrukce komponentů z důvodu zvýšení jejich kvality, odolnosti a provozní životnosti. Fraktografická analýza se využívá při zkoušení zbraní a střeliva, ke zjišťování viditelných i skrytých vad a poruch, pro posouzení bezpečnosti výrobku a možného dřívějšího nebo budoucího selhání. Své uplatnění nachází ve forenzní kriminalistice a mnohých dalších oborech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Sbíрка zákonů. : *Esipa.cz [online]*. Hradec Králové: ESIPA s.r.o., 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sezn?DR=SB&SORT=CP&ROK=0>
- [2] Nauka o zbraních. : *Zbraně kvalitně.cz [online]*. CZECHNOLOGY, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-zbranych>
- [3] Československá legenda - Samopal vzor 58. : *ArmyWeb.cz [online]*. ArmyWeb.cz, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.armyweb.cz/clanek/ceskoslovenska-legenda-samopal-vzor-58>
- [4] SMÍŠEK, Martin. CZK - vz. 58. : VALKA.CZ [online]. Občanské sdružení válka.cz, 2015 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/11343/CZK-vz-58>
- [5] MACHEK, Václav. *Kovové materiály 1: struktury kovových materiálů*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 9788001052488.
- [6] Rozpad austenitu. : *opi.zcu.cz [online]*. Plzeň: Fakulta strojní ZČU v Plzni, b.r. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/tep_zprac.pdf
- [7] URBANECMBOT, . Austenit. In: Wikipedia: *the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Austenit&oldid=14493802>
- [8] EISENBEISSER, . Perlit07.png. In: : *Wikipedie [online]*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Perlit07.png>
- [9] EISENBEISSER, . Ledeburit2.jpg. In: Wikipedia: *the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Ledeburit2.jpg#filelinks>
- [10] PALU, . *Binární diagram železo-uhlík*. In: : *Wikipedie [online]*. San Francisco (CA): PALU, 2001 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bin%C3%A1rn%C3%AD_diagram_%C5%BEElezo-uhl%C3%ADk

- [11] Firearms History, Technology & Development [online]. 2014 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://firearmshistory.blogspot.cz/2014/09/metals-used-in-firearms-i.html>
- [12] Hlaveň pistole ČZ vz.27 7,65 mm Br... In: PANZER.cz [online]. Plzeň: PANZER s.r.o., 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.panzer.cz/cs/pistole/3022-hlaven-pistole-cz-vz27-765-mm-br.html>
- [13] MACHEK, Václav. Kovové materiály 3: *speciální kovové materiály*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001056851.
- [14] Military-today.com m16.jpg. : Military-Today.com [online]. ARG, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.military-today.com/firearms/m16.jpg>
- [15] Korozivzdorná ocel. : Wikipedie [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Korozivzdorn%C3%A1_ocel&oldid=12932687
- [16] Microstructure of ASTM A 743 grade CA6NM stainless steel... : ResearchGate [online]. researchgate.net, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/256913755_fig2_Fig-2-Microstructure-of-ASTM-A-743-grade-CA6NM-stainless-steel-Vilella%27s-etching
- [17] Smith & Wesson SW1911 E-Series,Semi-automatic, .45 ACP... In: Smith & Wesson SW1911,Semi-automatic,Stainless steel [online]. South St. Paul: Sportsman's Guide, Inc., 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.sportsmansguide.com/product/index/smith-amp-wesson-sw1911-e-series-semi-automatic-45-acp-stainless-steel-81?a=1812521>
- [18] 80% AR-15 Lower Receiver Firearm and Gun Product... : Daniel Solomon Photography [online]. Los Angeles: Daniel Solomon Photography, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://dansolomonphoto.com/80-ar-15-lower-receiver-firearm-and-gun-product-photography-shoot/>
- [19] Effect of heat treatment on some mechanical properties of 7075 aluminium alloy. *Effect of heat treatment on some mechanical properties of 7075 aluminium alloy:*

- SCIELO [online]. Sao Carlos: UFSCar - Dep. de Engenharia de Materiais, 2012 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392013000100024
- [20] Smith & Wesson Cylinder Assembly S&W J-Frame 357 Magnum Titanium. : MidWay USA [online]. Columbia: MIDwayUSA Inc., 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.midwayusa.com/product/512963/smith-and-wesson-cylinder-assembly-s-and-w-j-frame-357-magnum-titanium>
- [21] 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>
- [22] MEDŮSEK, Milan. *Technologie při výrobě ručních palných zbraní. Brno, 2013.* Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.
- [23] TERYNGEL, Jiří a Antonín KREML. *Zákon o zbraních a střelivu s komentářem.* Vyd. 1. Praha: Orac, 2004. Digesta (Orac). ISBN 8086199819.
- [24] KOPŘIVA, Miroslav. *Fraktografie*. 1. vyd. Olomouc: Univ. Palackého, 1992. ISBN 8070670835.
- [25] Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů... : *Fyzikální ústav akademie věd ČR, v. v. i.* [online]. Praha: Fyzikální ústav akademie věd ČR, v. v. i., 2014 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/popularizace/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- [26] Přínos fraktografie k hodnocení životnosti konstrukčních komponent... : *ResearchGate* [online]. ENERGETIKA, 2009 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/275580828_Prinos_fraktografie_k_hodnoceni_zivotnosti_konstrukcnich_komponent_energetickych_zarizeni

- [27] JONŠTA, Petr, Vojtěch HRUBÝ a Arnošt SILBERNAGEL. *Praktická metalografie*.
Ostrava: Kovosil, 2008. ISBN 9788090369436.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEM	Scanning Electrone Microscope
TEM	Transmission Electrone Microscope
ČR	Česká republika
EN	Evropská norma
ČSN	Česká státní norma
DIN	Deutsche Industrie-Norm
AISI	American Iron and Steel Institute
MPa	MegaPascal
Hm.%	Hmotnostní procento
°C	Stupeň Celsia
Fe	Železo
C	Uhlík
Mn	Mangan
Cr	Chrom
V	Vanad
Mo	Molybden
P	Fosfor
S	Síra
Al	Hliník
Ti	Titan
Ni	Nikl
Cu	Měď
Zn	Zinek

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Komponenty pistole CZ 75 D [2]	12
Obr. 2. Rozborka samopalu vzor 58 [3].....	13
Obr. 3. Součásti Samopalu vzor 58 [4].....	13
Obr. 4. Mikrostruktura feritu [6].....	14
Obr. 5. Mikrostruktura austenitu [7].....	15
Obr. 6. Mikrostruktura cementitu [6].....	15
Obr. 7. Mikrostruktura perlitu [8].....	15
Obr. 8. Mikrostruktura ledeburitu [9]	16
Obr. 9. Mikrostruktura martenzitu [6]	16
Obr. 10. Schéma binárního diagramu železo-uhlík [10].....	17
Obr. 11. Hlaveň pistole ČZ vz.27 [12]	18
Obr. 12. Útočná puška M16 [14]	19
Obr. 13. Mechanismus pasivace korozivzdorných ocelí [15].....	20
Obr. 14. Mikrostruktura korozivzdorné oceli [16]	20
Obr. 15. Zbraň SW1911 z korozivzdorné oceli [17]	21
Obr. 16. Feriticko-martenzitická struktura [13].....	22
Obr. 17. Schéma fázového diagramu slitiny hliníku [13].....	23
Obr. 18. Hliníkové tělo zbraně [18].....	24
Obr. 19. Mikrostruktura hliníkové slitiny [19]	24
Obr. 20. Revolverový válec z titanu [20].....	25
Obr. 21. Struktura titanové slitiny [21].....	25
Obr. 22. Rozsah rozlišovací schopnosti [25]	34
Obr. 23. Rastrovací elektronový mikroskop [25]	34
Obr. 24. Transmisní elektronový mikroskop [25]	35
Obr. 25. Schéma mikrostruktur různých typů ocelí [27]	37
Obr. 26. Elektronový mikroskop SEM JEOL 6380LV [vlastní zdroj].....	40
Obr. 27. Laboratoř elektronové mikroskopie PřF UK Praha [vlastní zdroj]	41
Obr. 28. Usazení vzorků v elektronovém mikroskopu [vlastní zdroj].....	41
Obr. 29. Trhlina s místy iniciace lomu u vzorku č.1 [vlastní zdroj].....	42
Obr. 30. Lomová plocha u vzorku č.1 [vlastní zdroj].....	43
Obr. 31. Transkrystalický štěpný lom u vzorku č.1 [vlastní zdroj]	43
Obr. 32. Mikrostruktura vzorku č.2 [vlastní zdroj].....	44

Obr. 33. Mikrostruktura vzorku č.2 [vlastní zdroj].....	45
Obr. 34. Mikrostruktura vzorku č.3 [vlastní zdroj].....	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Porovnání značení tříd ocelí [vlastní zdroj].....	17
Tab. 2. Přehled kovových materiálů [vlastní zdroj].....	26
Tab. 3. Přehled kovových materiálů – Česká zbrojovka a.s. [22]	27
Tab. 4. Základní leptadla pro vyvolání mikrostruktury [vlastní zdroj]	39