

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2022

**MICHAL MUSIL**

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE**

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

**Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů**

*Bakalářská práce*

Forensic examination of defects in metal materials

Bachelor work

VEDOUCÍ PRÁCE

**Doc. Ing. Jaroslav SUCHÁNEK, CSc.**

AUTOR PRÁCE

**Michal MUSIL**

PRAHA

2022

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Sirákově, dne 28. 2. 2022

Michal MUSIL

## **Poděkování**

Děkuji Doc. Ing. Jaroslavu Suchánkovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady, které mi při zpracování práce poskytl. Zároveň mé poděkování patří kpt. Ing. Lubomíru Smejkalovi a kpt. Ing. Marku Sedřovi z OKTE Brno za poskytnutí obrazového materiálu a odborných konzultací.

V Sirákově, dne 28. 2. 2022

## **ANOTACE**

Moje bakalářská práce se zabývá obecným popisem kovových materiálů, popisem jejich vad, identifikací vad a použitím identifikačních metod v kriminalistickém zkoumání. Ve své práci se prvotně zaměřuji na historický vývoj zkoumání a poté přecházím na obecné rozdělení vzniklých vad k obecnému popisu destruktivních a nedestruktivních metod zkoumání vad kovových materiálů. Praktická část práce je již zaměřena na samotné využití popsaných metod v kriminalistickém zkoumání a rozebírá jednotlivá zkoumání a zjišťování původních, odstraněných nebo změněných výrobních symbolů vyražených do kovových materiálu, které byly následně odstraněny. Cílem práce je přiblížení této technicky složité problematiky a její využití při identifikaci řadovým policistům.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Kovový materiál \* vada materiálu \* defektoskopie \* metalografie \* LUCIA \* vyhledávání stop \* zajišťování stop \*

## **ANNOTATION**

My bachelor thesis deals with a general description of metallic materials, a description of their defects, identification of defects and the use of identification methods in forensic research. In my work, I initially focus on the historical development of research and then move on to the theoretical distribution of defects and a general description of destructive and non-destructive methods of examining defects in metallic materials. The practical part of the work is already focused on the use of the described methods in forensic research and analyzes the individual research and identification of original, removed or changed production symbols embossed into metal materials, which were subsequently removed. The aim of this work is to approach this technically complex issue and its use in the identification of ordinary police officers.

## **KEYWORDS**

Metal material \* material defect \* defectoscopy \* metallography \* LUCIA \* trace search \* trace securing \*

## Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	7
<b>I. OBECNÁ ČÁST</b> .....	8
1. Pojem a význam zkoumání vad kovových materiálů .....	9
1. 1 Historie defektoskopie a metalografie .....	9
1. 1. 1 Historie kapilárních zkoušek.....	10
1. 1. 2 Historie magnetických metod .....	10
1. 1. 3 Historie metod vířivých proudů .....	10
1. 1. 4 Historie ultrazvukových metod .....	10
1. 1. 5 Historie prozařovacích metod.....	11
1. 1. 6 Historie metalografických metod .....	11
1. 2 Druhy vad kovových materiálů .....	12
1. 3 Druhy zkoumání kovových materiálů .....	14
<b>2. DEFEKTOSKOPICKÁ (NEDESTRUKTIVNÍ) ZKOUMÁNÍ</b> .....	18
2. 1 Vizuální kontrola.....	18
2. 1. 1 Přímá kontrola .....	19
2. 1. 2 Nepřímá kontrola.....	19
2. 2 Penetrační (kapilární) metody .....	20
2. 2. 1 Rozdělení penetrační (kapilární) metody.....	21
2. 2. 2 Prostředky penetračních (kapilárních) zkoušek.....	21
2. 2. 3 Obecný postup průběhu kapilární zkoušky.....	22
2. 3 Magnetické metody .....	23
2. 3. 1 Způsoby magnetizace zkoušených materiálů.....	24
2. 3. 2 Způsoby vyvolání indikace vady.....	24
2. 3. 3 Obecný postup suché magnetické zkoušky .....	25
2. 4 Elektromagnetické metody .....	25
2. 5 Ultrazvukové metody.....	26
2. 5. 1 Základní používané ultrazvukové metody .....	26
2. 6 Prozařovací (radiologické) metody .....	28
<b>3. METALOGRAFICKÉ (DESTRUKTIVNÍ) ZKOUMÁNÍ</b> .....	30
3. 1 Makroskopické zkoušky .....	31
3. 2 Mikroskopické zkoušky.....	32
3. 2. 1 Odebrání (oddělení) vzorku.....	33

3. 2. 2 Preparace vzorku .....	34
3. 2. 3 Broušení vzorku .....	35
3. 2. 4 Leštění vzorku .....	35
3. 2. 5 Leptání vzorku (vyvolání struktury).....	37
3. 2. 6 Pozorování .....	38
<b>4. ANALÝZA OBRAZU SYSTÉMEM LUCIA.....</b>	<b>40</b>
4. 1 ToolScan .....	42
4. 2 BalScan.....	42
4. 3 TrasoScan.....	42
4. 4 RI .....	42
4. 5 Microspektra.....	42
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
<b>5. ZKOUMÁNÍ POZMĚNĚNÝCH A ODSTRANĚNÝCH ZNAKŮ, SYMBOLŮ A ČÍSEL .....</b>	<b>45</b>
5. 1 Použitelné nedestruktivní metody .....	47
5. 1. 1 Vizuální metoda.....	47
5. 1. 2 Ultrazvukové metody.....	48
5. 1. 3 Kapilární metody .....	48
5. 1. 4 Magnetická a elektromagnetická metoda .....	48
5. 1. 5 Prozařovací (radiologické) metody.....	49
5. 2 Použitelné destruktivní metody .....	49
5. 2. 1 Chemické leptání.....	49
5. 2. 2 Elektrolytická metoda .....	50
5. 2. 3 Tepelná metoda .....	51
5. 3 Kriminální praxe .....	52
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
<b>6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>58</b>
<i>Monografie .....</i>	<i>58</i>
<i>Časopisy .....</i>	<i>58</i>
<i>Internet.....</i>	<i>59</i>
<i>Osobní návštěva .....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázky.....</i>	<i>60</i>

## ÚVOD

Bakalářskou práci na téma „Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů“ jsem si zvolil zejména z toho důvodu, že se jedná o specifickou a zajímavou oblast kriminalistické činnosti, která vychází z různých strojírenských odvětví, především z oboru metalografie a defektoskopie. Zájem o toto téma rovněž vychází z mého středoškolského studia zaměřeného v oboru strojnictví a technologií oprav, ve spojení se zálibou svařování kovů.

Zkoumání vad kovových materiálů defektoskopicky nebo metalograficky je běžně používanou kriminalistickou vědní disciplínou zabývající se způsobem a okolnostmi vzniku poškození kovových materiálů s cílem objasnit, zda byly vady kovových materiálů příčinou nebo následkem dopravních nehod, havárií, požárů, výbuchů, provozních poruch pracovních či nepracovních úrazů apod., případně následkem jednání, které mělo zakrýt skutečné příčiny. Tato zkoumání mají však i velký význam v identifikačních zkoumání nečitelných, pozměněných, nebo v případech odstranění výrobních identifikačních znaků umístěných na povrchu kovových materiálů věcí (vozidel, zbraní, strojů atd.).

V teoretické části této bakalářské práce je čtenářům přiblížena historie a vývoj těchto zkoumání. Dále jsou zde popsány jednotlivé druhy vad kovových materiálů a způsoby jejich zkoumání. Praktická část je již zaměřena na samotné identifikační zkoumání nečitelných, pozměněných, nebo odstraněných výrobních identifikačních znaků za využití destruktivních a nedestruktivních zkoušek.

Záměrem této bakalářské práce je rozšířit u složek Policie ČR povědomí o tomto druhu zkoumání a jeho využití v kriminalistické praxi při identifikaci věcí.



## **I. OBECNÁ ČÁST**

## 1. Pojem a význam zkoumání vad kovových materiálů

*„Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů se zabývá řešením problémů, jakým způsobem, nebo z jaké příčiny došlo k nejrůznějším poškozením kovových materiálů. Tato zkoumání se uplatňují zejména v případech objasňování a vyšetřování dopravních nehod, různých průmyslových havárií, požárů, výbuchů, pracovních i nepracovních úrazů. Provedené zkoumání má především za úkol odpovědět jakým způsobem, nebo za jaké příčiny došlo k poškození kovových materiálů a zda k poškození došlo před konkrétní událostí a mohlo být její příčinou, nebo vzniklo až v důsledku události, případně následným jednáním, jehož cílem mohlo být zakrýt skutečnou příčinu události“<sup>1</sup>. V současnosti je i významné zjišťování pravosti identifikačních údajů motorových vozidel, zejména zkoumání tzv. čísel VIN, ale i identifikačních údajů na jízdnicích kolech, nebo střelných zbraních.*

Předmětem kriminalistických zkoumání jsou nejrůznější kovové či nekovové součástky a materiály, které byly poškozeny, nebo jejich poškození se předpokládá, nebo u nich došlo k pozměnění, nebo odstranění identifikačních znaků.

### 1. 1 Historie defektoskopie a metalografie

S historickým rozvojem a vývojem technologií, průmyslové a strojní výroby se lidé začali zabývat i kontrolou a zkoušením výrobků a materiálů, u kterých hrozí defekty, aby se tak předcházelo nečekaným haváriím, nehodám a ztrátám na lidských životech. Postupem času a vývoje bylo objeveno a vyzkoušeno velké množství různých druhů testování a zkoušení materiálů, které se postupem času a vývoje vylepšovaly, tak aby poskytly co nejpřesnější informace o vadách výrobků nebo materiálů. Mezi takové základní zkoušky výrobků a materiálů patří metody defektoskopické (nedestruktivní) jako jsou kapilární zkoušky, magnetické metody, metody vířivých proudů, ultrazvukové a prozařovací metody a metody metalografické (destruktivní) což jsou metody, které jsou potřebné především při výrobě a výzkumu materiálů a jsou prakticky využívány už více než 120 let.

---

<sup>1</sup> MUSIL, Jan, Zdeněk KONRÁD a Jaroslav SUCHÁNEK. *Kriminalistika 2 přepracované a doplněné vydání*. Praha: C.H.Beck, 2004, s. 263. ISBN 80-7179-878-9.

### **1. 1. 1 Historie kapilárních zkoušek**

Už za císaře Franze Josefa I. v Rakousku-Uhersku se začala používat kontrolní metoda nazývaná petrolejová zkouška. Pro zjišťování trhlin v železničních součástech se využívala metoda „petrolej a bělení“. Její autoři však nejsou známí. Metoda byla nahrazována magnetickými zkouškami. Až během druhé světové války, kdy letectvo začalo využívat stále častěji nemagnetické materiály, přišly na trh firmy nabízející fluorescenční a barevné detekční tekutiny.

### **1. 1. 2 Historie magnetických metod**

S prvním pokusem využití magnetismu pro zjišťování vad v materiálu se setkáváme již v roce 1868. Tehdy S. M. Saxby přišel s myšlenkou, aby se ocel pro hlavně děl a pušek zkoumala magneticky. Jeho pokusy však byly na dlouhou dobu zapomenuty a zpět k této metodě se vrátil až fyzik C. W. Burrowsem na začátku dvacátého století. Průmyslové užití bylo zavedeno až po roce 1929 Viktorem de Forestem a Posterem Doanem, kteří založili společnost Magnaflux, jež stále existuje. U zrodu magnetické metody práškové stál i český vědec Ing. Karásek.

### **1. 1. 3 Historie metod vířivých proudů**

Princip vířivých proudů objevil Dominique Arago během první poloviny 19. století. Metoda vychází z Faradayových objevů elektromagnetické indukce, magneticko-optického efektu, elektromagnetické rotace a mnoha dalších jeho poznatků. Již před rokem 1950 začal Friedrich Foster s vývojem vysoce citlivých měřících přístrojů magnetického pole. V roce 1963 je zařízení od firmy Foster instalováno na družici, se kterou Mariner II prozkoumal magnetické pole Venuše.

### **1. 1. 4 Historie ultrazvukových metod**

Již v roce 1794 uvedl Lazzaro Spallanzani teorii, že se netopýři orientují ve tmě za pomoci zvukových vibrací. Tuto myšlenku potvrdili až o 250 let později Gallambos a Griffin. Další cenné zjištění učinili v roce 1880 bratři Pierre a Jacques Curie, jež popsali piezoelektrický jev. Tím byl dán základ pro konstrukci přístrojů, vytvářejících a registrujících ultrazvukové frekvence. Zakladatelem ultrazvukové defektoskopie se stal v roce 1929 ruský vědec Sokolov. První ultrazvukový impulsní defektoskop sestrojil v r. 1940 Firestone. Historie ultrazvukového zkoušení je spjata také s firmou Krautkrämer, kterou zpočátku tvořili dva bratři,

kteří v roce 1949 určili směr pro další vývoj defektoskopů. Ultrazvukové defektoskopy vyvinuli také Karl Deutsch, Siemens, Lehfeldt a Kretz.

### **1. 1. 5 Historie prozařovacích metod**

Zkoušení materiálu prozařováním má své kořeny v roce 1895, kdy W. C. Röntgen objevil záření X. Jeho experimentální práce vedly k prvním lékařským, ale i technickým rentgenogramům, tzv. piktogramům. Prvním snímkem dnešní moderní defektoskopie prozařováním se stal piktogram hlavně brokovnice profesora W. C. Röntgena. V roce 1915 se W. P. Dawey zabývá rentgenografickým zkoušením ocelových odlitků. Prozařovací metodu defektoskopie propracovává v roce 1928 Berthold. Zkoušení zářením se také provádělo radioaktivními izotopy, jež používal Rudolf Berthold pro zkoušení svařovaných spojů.<sup>2</sup>

### **1. 1. 6 Historie metalografických metod**

Za zakladatele metalografie je považován Henry Clifton Sorby (1826–1908), který se narodil ve Woodbournu ve Velké Británii. Byl to amatérský vědec, který se zabýval hlavně geologií, stal se průkopníkem nového odvětví geologie – mikroskopické petrografie. Jednalo se o mikroskopické vyšetření velmi tenkých částí minerálů. Metodu zkoumání materiálů mikroskopem se snažil aplikovat i do jiných vědeckých odvětví. Podařilo se mu získat první opravdovou mikrostrukturu. V roce 1863 připravil vzorek Bessemerovy oceli, použitím preparačních metod a několika kroků, které byly velmi podobné těm, které se používají v současnosti. Nejprve vzorky brousil smirkovým papírem od nejhrubšího až po nejjemnější, poté leštil oxidem železitým ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , používaný pro průmyslové leštění), a nakonec leštící červení ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), využívané k leštění při výrobě šperků. V roce 1887 publikoval knihu s názvem „On the Microscopical Structure of Iron and Steel“, ve které představil „přírodní tisk“. Jednalo se o inkoustové otisky oceli naleptané středně silnou kyselinou dusičnou.

---

<sup>2</sup> VÍTÁMVÁS, Zdeněk. *Moderní diagnostické metody používané v defektoskopii* [online]. Brno: 2009 [cit. 15. 11. 2021]. *Bakalářská práce*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. s. 1-2. Vedoucí práce Ing. Martin Juliš, Ph.D. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=15173](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15173)

René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683–1757) použil metodu leptání makrostruktury k rozlišení druhů ocelí. Na konci 18. století Sven Rinmann (1720–1792) tuto metodu popsal ve své knize „On the Etching of Iron nad Steel“.<sup>3</sup>

Počátky rozvoje současné defektoskopické a metalografické expertízy na území naší republiky se datují od konce 20. let minulého století a odvíjí se od prvotního oboru zvaného mechanoskopie. První záznamy jsou uchovány v archívu bývalé četnické stanice v Teplicích – Šenově v severních Čechách. Zakladatelem české mechanoskopické expertízy byl četnický strážmistr Ladislav Havlíček<sup>4</sup>. Zejména díky jeho práci byly při Ústředním četnickém pátracím oddělení vydány směrnice v oblasti mechanoskopie, které četníkům usnadňovaly práci. Například jedna z těchto směrnic (Č. j. 121/1931) byla nazvána „Usvědčování lupičů pokladen pomocí mikro a makrografického zvětšení stop hasáku“. Ladislav Havlíček se v té době stal prvním místopřísežným soudním znalcem v oboru mechanoskopie v tehdejší České republice.<sup>5</sup>

## 1. 2 Druhy vad kovových materiálů

*„Vadou materiálu nebo výrobku se rozumí každá odchylka rozměrů, tvaru, hmotnosti, vzhledu, makrostruktury, mikrostruktury, a jiných veličin od vlastností předepsaných technickými normami, technickými podmínkami“.*<sup>6</sup>

**Podle doby vzniku je možné u zkoumaných materiálů, nebo výrobků rozlišovat vady na:**

---

<sup>3</sup>KRYSTÝNOVÁ, Michaela. *Metalografie korozivzdorných ocelí* [online]. Brno: 2014. [cit. 15. 11. 2021]. *Bakalářská práce*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, s. 3-5. Vedoucí práce Ing. Martin Zmrzlý, Ph.D. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=82948](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=82948)

<sup>4</sup>Policie.cz: *Expertní obory online* [online]. [cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/celorepublikove-utvary-kriminalisticky-ustav-praha-zpravodajstvi-test-1.aspx>

<sup>5</sup>Krimi-servis.cz: *Služby v oblasti kriminalistiky* [online] [cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: [http://www.krimi-servis.cz/?page\\_id=7havlicek](http://www.krimi-servis.cz/?page_id=7havlicek)

<sup>6</sup>MÍŠEK, Bohumil a Luděk PTÁČEK. *Defektoskopie a provozní diagnostika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992, s. 7-8. ISBN 80-214-0425-6.

- **primární** (což jsou vady, které u zkoumaných materiálů, nebo výrobků existovaly před šetřenou událostí),
- **sekundární** tzv. druhotné (což jsou vady, které u zkoumaných materiálů, nebo výrobků vznikly v průběhu šetřené události nebo až po ní).

**Z hlediska příčin poškození se u zkoumaných materiálů, nebo výrobků rozlišují vady na:**

- zjevné vady (povrchové),
- skryté vady (vnitřní),

**Z hlediska fáze vzniku vad u zkoumaných materiálů, nebo výrobků rozlišujeme tyto vzniklé vady na:**

- **vady vzniklé při výrobě polotovaru** (jedná se zejména o nesprávné chemické složení materiálu, které neodpovídá vyráběné jakostní třídě. Jedná se i o různé nekovové vměstky, mechanické nečistoty při zpracování za tepla nebo sraženiny a bublinatost vzniklé špatnou kvalitou odlitku),
- **vady vzniklé při vlastní výrobě konkrétního výrobku** (jedná se zejména o vady způsobené při tepelném zpracování daného výrobku jako je kování, kalení, válcování, a užití správné výše teploty a technologického postupu při těchto zpracování),
- **vady vzniklé provozem a používáním výrobku** (jedná se o vady vzniklé jednak únavou materiálu a jednak působením různých přetížení vlivem provozu). Tento druh vad se projevuje nejčastěji lomem. Pokud k lomu dojde v důsledku únavy materiálu jedná se o únavový lom, jestliže k němu dojde vlivem rázového přetížení jde o silový tzv. houževnatý lom. **Únavový lom** vzniká u součástí, které jsou delší dobu vystaveny dynamickému (kmitavému) namáhání. Takový lom se vyvíjí delší dobu, aniž by se lomové plochy více deformovaly. Lomová plocha má hladký otřelý povrch lasturovitého vzhledu s charakteristickými čarami, seskupených kolem místa, z něhož lom vychází. Tím je také vyznačen směr a rychlost trhliny, která se vyvíjí v etapách. Příčinou únavových lomů je zmenšení soudržnosti materiálu stále se opakujícími malými trvalými deformacemi (skluzu), které

mění velikost a směr. Vznikají mikroskopické trhliny mezi krystaly kovu, u niž se koncentruje napětí, podporující další rozrušování okolí. Tím se plochy budoucího lomu vzájemně ohlazují. Materiál se zlomí, když zbývající, dosud neporušený průřez nestačí vzdorovat působícímu namáhání. V této zbylé části je lom zrnitý jako u houževnatých lomů. Únavový lom může tedy vzniknout opakovaným namáháním na tah, tlak, ohyb nebo krut a jejich kombinacemi.<sup>7</sup> **Houževnatý lom**, někdy nazýván také jako silový lom, je charakterizován plastickou deformací materiálu, která takovému lomu vždy předchází. Každá plastická deformace vzniká v mikroskopických malých oblastech a její vývoj až do konečné změny tvaru či do konečného lomu kovového materiálu záleží na stavbě a vazbě strukturních složek, na detailním rozdělení napětí vyvolaném vnějšími silami, na velikosti i rozdělení napětí vlastního pnutí a na komplexu dalších, zejména provozních podmínek. U houževnatého materiálu vzniká lom pomalu, je tvárný, plastická deformace je větší. U křehkých kovových materiálů vzniká lom náhle, jako tzv. křehký lom, u něhož je plastická deformace nepatrná.<sup>8</sup>

### 1. 3 Druhy zkoumání kovových materiálů

Kriminalistické zkoumání kovových materiálů lze v zásadě a zjednodušeně rozdělit do dvou skupin:

- Zkoumání kovových materiálů na bázi železa a jejich vad, kdy se jedná o materiály na bázi železa, tvořené jako slitiny železa s uhlíkem a dalšími kovovými i nekovovými prvky jako je (mangan, chrom, molybden, síra, fosfor apod.) jednak jak oceli a jednak jak slitiny,

---

<sup>7</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 425-426. ISBN 978-80-7380-741-2.

<sup>8</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 425. ISBN 978-80-7380-741-2.

- Zkoumání neželezných (barevných) kovových materiálů a jejich vad, kde jsou důležitými objekty zkoumání slitiny na bázi mědi a jejich slitin se zinkem a cínem (mosazi, bronz), a dále skupina lehkých kovů, kterými jsou zejména hliník, hořčík, titan a jejich slitiny a skupina kovů a slitin s nízkým bodem tání jako je například cín, olovo apod.

Všechny tyto skupiny kovů lze od sebe celkem snadno rozlišit díky jejich charakteristickému zbarvení, nebo výrazným mechanickým či technologickým vlastnostem.

*I přes toto rozdělení je teoretický princip obou zkoumání stejný a vychází z makro a zejména z mikro zkoumání jednotlivých strukturních složek a jejich fázových přeměn. Kovy a slitiny mají charakteristickou krystalickou stavbu, mechanické, fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti, kterými se liší od ostatních materiálů. Příbuznost vlastností kovů umožňuje využívat k jejich zkoumání stejných metod i stejných pravidel zjišťování kovových předmětů k jejich zkoumání.<sup>9</sup>*

Kriminalistickým zkoumáním kovových materiálů a neželezných kovových materiálů lze odpovědět na řadu otázek. Mezi nejčastější patří tyto otázky:

- jaké je chemické složení kovu a zda je kov tohoto složení byl pro dané použití vhodný,
- zda byla použita správná technologie při výrobě posuzované součástky či materiálu,
- zda jakost použitého kovového materiálu odpovídá příslušným normám,
- zda byl materiál správně dimenzován pro daný účel a použití,
- zda se negativně projevila různá statická a dynamická namáhání materiálu a jeho únava,
- jaká byla kvalita obsluhy a údržby poškozeného objektu,
- zda došlo k působení dalších nepříznivých vnějších vlivů,
- zda došlo k odstranění nebo pozměnění identifikačních znaků na motorových vozidlech, zbraních.

---

<sup>9</sup> STRAUS, Jiří a kolektiv. *Kriminalistická technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2005, s. 370. ISBN 80-86898-18-0.



Pro zodpovězení těchto nebo i dalších otázek se využívají zpravidla různé metody a způsoby chemického a fyzikálního zkoumání a zjišťování mechanických a technologických vlastností zkoumaného objektu, kterými jsou například:

- **Chemická zkoumání**, která určují, ze kterých prvků a v jakém vzájemném poměru je zkoumaný materiál složen. Tato zkoumání nemají zpravidla zásadní význam, protože výsledné mechanické vlastnosti zkoušeného objektu z velké části závisí na technologii jeho výroby nikoliv pouze na jeho chemickém složení. Jejich uskutečnění je ovšem nezbytné,
- **Fyzická zkoumání**, která odpovídají na otázky týkající se bodu tavení a teplot, při kterých dochází ke změnám jednotlivých strukturních složek (fází) kovů a tím i ke změně vlastností zkoumaného objektu, (magnetismus, tepelná a elektrická vodivost, tepelná roztažnost apod.) V řadě případů nemají tato zkoumání a měření zásadní význam, ale v některých případech se bez těchto zkoumání a měření nelze obejít. Například v případě havárií tlakových nádob lze ze vzhladu fází usoudit, zda nádoba nebyla přehřátá,
- **Mechanická zkoumání**, kterými se zjišťuje odolnost kovového materiálu proti mechanickému namáhání mající velký význam při posuzování všech druhů havárií. Mechanické zkoumání se dělí na **statické mechanické zkoušky** což jsou zkoušky (trhací, statická zkouška ohybem, tlakové, tahové, krutové a stříhové) dále **dynamické mechanické zkoušky**, což jsou zkoušky (rázem v ohybu a dále tzv. vrubová houževnatost), kterými se zjišťuje, jak se kovový materiál chová při rázovém zatížení (zda zůstává plastický nebo se porušuje křehkým lomem) a na **měření tvrdosti materiálu**, kdy tvrdost je pro tyto účely definována jako měrný odpor proti vnikání zkušebního přesně definovaného kovového tělíška, kterým může být dle metody zkoušky kulička, kužel, jehlan s přesně definovaným tvarem a velikostí. Do mechanických zkoumání patří i **dynamické zkoušky únavové**, kterými se zjišťuje dlouhodobé působení různých střídajících se sil na materiál,
- **Technologická zkoumání** vlastností materiálů nejsou v kriminalistické praxi příliš běžná a týkají se vlastností kovových materiálů vhodných

převážně pro strojírenství, jako jsou svařitelnost, obrobitelnost, tažnost, slévatelnost a odolnost proti opotřebení. Tyto vlastnosti přímo souvisejí s otázkami vhodnosti použití konkrétního kovového materiálu pro konkrétní účel,

- **Metalografická zkoumání** mají vždy destruktivní charakter a vycházejí ze skutečnosti, že kovy a jejich slitiny jsou krystalické látky (nebo jejich směsi), mají zpravidla polymorfní charakter (krystaly se vyskytují v různých modifikacích). Tím je umožněn vznik různých strukturních složek, které vznikají a existují pouze za určitých podmínek. Hlavní význam metalografických zkoumání spočívá ve zjištění struktury kovového materiálu a v objasnění podmínek, za kterých konkrétní struktura vznikla. To umožňuje určení druhu materiálu a jeho vlastností a určení, zda byl materiál vhodný pro dané použití,
- **Defektoskopická zkoumání** mají nedestruktivní charakter. Nejčastěji se využívá ultrazvuková defektoskopie a v kriminalistické praxi omezeně i gamagrafie a velmi omezeně i rentgenové záření. Výhodou je nedestruktivní charakter, možnost opakovaného zkoumání a i to, že tyto metody umožňují zkoumat i velké objekty. Defektoskopií se zjišťuje hlavně velikost, průběh, lokalizace a rozsah vnitřních vad především finálních výrobků. Kriminalistické uplatnění je omezené.

**Popsané metody zkoumání materiálů, nebo výrobků lze rozdělit obecně na dva základní druhy, a to na:**

- **destruktivní metody**, které poškozují zkoumaný objekt (např. metalografie, měření v pevnosti, v tahu, vrubové houževnatosti, tvrdosti atd.),
- **nedestruktivní metody**, které zkoumaný objekt nepoškozují (např. ultrafialové zkoumání, prozařování rentgenovými paprsky a gama paprsky, magnetické zkoušky, kapilární zkoušky atd.).

## 2. DEFECTOSKOPICKÁ (NEDESTRUKTIVNÍ) ZKOUMÁNÍ

Defektoskopie je věda, která využívá různých fyzikálních jevů ke zjištění změn v makroskopické struktuře nebo chemické složení těles. Těmito nedestruktivními metodami se zkoumají povrchové a vnitřní vady kovových materiálů bez jejich porušení či poškození. Výhodou tohoto zkoumání je to, že některými těmito metodami lze zkoumat i velké objekty a zkoušky se dají opakovat. Tímto zkoumáním se zjišťuje např. tloušťka materiálu, velikost, umístění, průběh a rozsah vnitřních vad.

**Obecně defektoskopické zkoušky dělíme podle schopnosti identifikace vad na povrchu nebo uvnitř materiálu následovně:**

- a) Povrchové vady**
  - Vizuelní kontrola
  - Penetrační (kapilární) metody
  - Magnetické metody
  
- b) Vnitřní vady**
  - Magnetické metody
  - Elektromagnetické metody
  - Ultrazvukové metody
  - Prozařovací metody

### 2. 1 Vizuelní kontrola

*„Vizuelní kontrola je nejjednodušší nedestruktivní kontrolou, zjišťující zjevné povrchové vady materiálů (trhliny, porozita, odkryté staženiny a řediny, koroze apod.) a ověřuje splnění podmínek stavu povrchu pro další nedestruktivní kontrolu“<sup>10</sup>* Jedná se o nejstarší a základní metodu a zkoušku, která se provádí

---

<sup>10</sup> MÍŠEK, Bohumil a Luděk PTÁČEK. *Defektoskopie a provozní diagnostika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992, s. 11. ISBN 80-214-0425-6.

jako první (pokud po ní následují další zkoušky). Podle použitých prostředků se vizuální kontrola dělí na přímou a nepřímou, a to podle přístupnosti kontrolovaných míst.

### **2. 1. 1 Přímá kontrola**

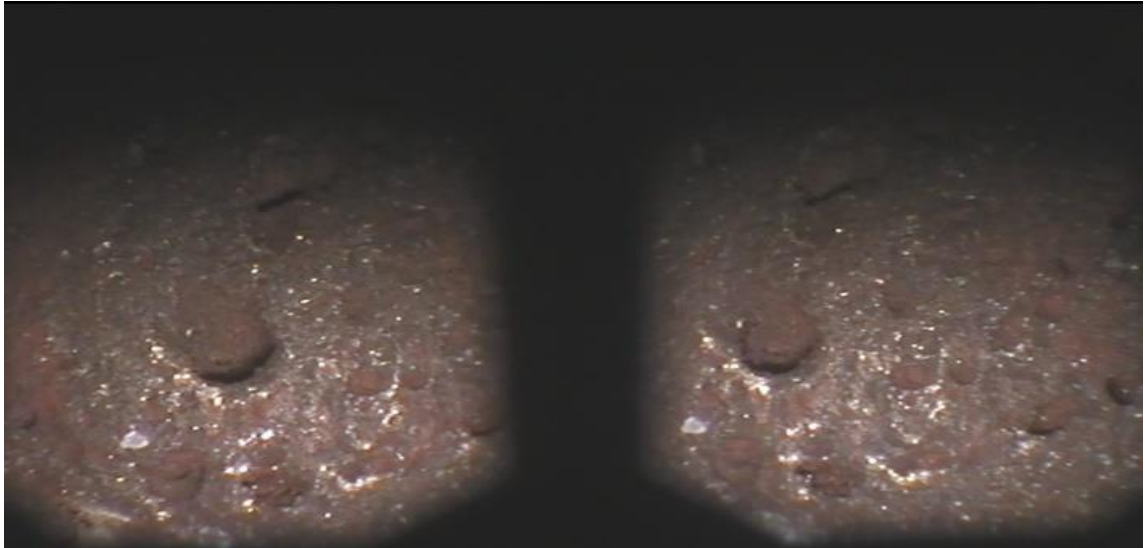
se provádí pouhým zrakem nebo za použití jednoduchých pomůcek jako je (lupa, zrcátko, svítilna, halogen, měřidla apod.) v místech na fyzicky dostupném povrchu. Ukázka vady (obr. č. 1).



**Obr. č. 1:** Přímá vizuální kontrola: zjištěná vada – povrchové póry ve svaru. (Zdroj: autor práce).

### **2. 1. 2 Nepřímá kontrola**

se využívá dokonalejších optických nebo optoelektronických přístrojů jako jsou (pevné nebo vláknové endoskopy, periskopy, televizní kamery apod.). Používá se pro kontrolu nedostupných povrchů a vnitřní stěny trubek, vývrtů, odlitků a podobných míst. Dále se používá i pro kontrolu povrchů, které jsou umístěné v prostoru, kde by mohlo dojít k ohrožení zdraví kontrolujících pracovníků, například z důvodu vysokého napětí, unikání chemických látek apod. Dokumentace je provedena ve formě fotografie nebo videozáznamu. Ukázka vady (obr. č. 2).



**Obr. č. 2:** Nepřímá vizuální kontrola za použití endoskopu: zjištěná vada – povrchové opotřebenění materiálu. (Zdroj: [http://www.technotest.cz/prohlidka\\_vnitrnich\\_povrchu](http://www.technotest.cz/prohlidka_vnitrnich_povrchu)).

### **Podmínky nutné pro správné provedení vizuální kontroly**

- samotná kvalifikace pracovníka, který musí mít dostatečné zrakové schopnosti, odpovídající zkušenosti a znalosti o technologické konstrukci zkoumané věci nebo materiálu,
- správně zvolené osvětlení a nasvícení jak denním světlem, tak i umělým osvětlením (halogeny, lampy apod.),
- správná úprava zkoumaného povrchu, odstranění nečistot, aby byla zajištěna rozlišitelnost případných vad na povrchu,
- samotné vyhodnocení, kdy na základě výsledku kontroly se zjištěné vadě přiřadí odpovídající druh a vada se zařadí do příslušné kategorie (nepřípustná, přípustná, sledovaná, nesledovaná apod.). Pokud o vadě nelze vizuálně rozhodnout, navrhne se další postup jinou doplňující zkouškou.

### **2. 2 Penetrační (kapilární) metody**

Tyto metody fungují na fyzikálním principu vztlínání kapalin (vzlínacích sil). Vzhledem k tomu umožňují zjišťovat pouze vady, které souvisí s povrchem a jsou na povrchu otevřené, aby do nich mohla vniknout detekční kapalina (vývojka) a posléze zkoumají její vztlínání nad povrch. Zjišťování vad vnitřních nebo

uzavřených těmito metodami není možné. Jejich použití je vhodné pro kontrolu jak kovových materiálů všech druhů, tak i nekovových materiálů (plasty, glazovaná keramika apod.). Touto metodou však nelze zkoušet materiály pórovité a materiály, které by se detekčními prostředky narušovaly (některé plasty, pryž apod.). Nejlépe se tato metoda osvědčuje při detekci plošných vad typu trhlin, studených spojů, zdvojenin, pórů, odkrytých ředin, staženin a netěsností svarových spojů. U mělkých a výrazných prostorových vad (bubliny), které se na povrchu široce rozevírají, je výsledek nejistý, protože nelze zabránit vymytí detekční kapaliny (penetrantu) ze samotné vady při odstraňování jejího přebytku (emulgátory) z povrchu zkoušeného materiálu.

### ***2. 2. 1 Rozdělení penetrační (kapilární) metody***

- **barevná metoda:** penetrant je barevný, zpravidla červený, a vývojka je bílá. Přítomnost necelistvostí se projeví kontrastní barevnou indikací (červenou barvou na bílém podkladě). Vyhodnocení se provádí na denním nebo umělém světle,
- **fluorescenční metoda:** penetrant obsahuje luminofor a přítomnost necelistvostí se projeví vznikem indikace, která v ultrafialovém záření světélkuje nejčastěji žlutozeleně,
- **dvouúčelová metoda:** je to kombinace barevné a fluorescenční metody. Necelistvost se projeví barevně nebo fluorescenčně podle druhu použitého osvětlení (bílé nebo UV světlo).

### ***2. 2. 2 Prostředky penetračních (kapilárních) zkoušek***

- **Penetranty** (detekční kapaliny) se skládají ze směsí kapalných ropných produktů a organických rozpouštědel. Směs je obarvena obvykle na červeno nebo obsahuje rozpuštěný luminofor. Penetranty musí mít dobré penetrační schopnosti, tj. dobrou pronikavost do necelistvostí což je smáčivost a viskozita, dále musí mít co nejmenší těkavost, chemickou netečnost, musí být nekorozivní, odstranitelné, dále musí být netoxické a zdraví nezávadné. Nejčastěji se používá petrolej, fluorescenční olej aj,
- **Emulgátory** jsou povrchově účinné látky, snižující povrchové napětí kapalin. V penetračních (kapilárních) zkouškách usnadňují odstranění

přebytku penetrantu z povrchu zkoušeného materiálu. Bývají používány s čisticími a odmašťovacími,

- **Vývojky** jsou činidla, která se nanášejí na zkoušený materiál po odstranění penetrantu a svými absorpčními vlastnostmi napomáhají vzlínání penetrantu z nečistot. Společně s ním vytvářejí kapilární indikaci. Nejčastěji se používá oxid zinečnatý, oxid horečnatý, uhličitan vápenatý (křída), kaolin, mastek aj. smísen s druhou složkou vývojky, což může být u suché vzduch nebo u mokré aceton, voda, technický benzín aj. Vývojka musí mít výborné absorpční schopnosti, jemnou zrnitost, dále kontrastovat, a snadno smáčet. Při použití fluorescence vývojka nesmí pohlcovat UV světlo, musí být snadno odstranitelná, nesmí poškozovat materiál a být zdraví škodlivá.

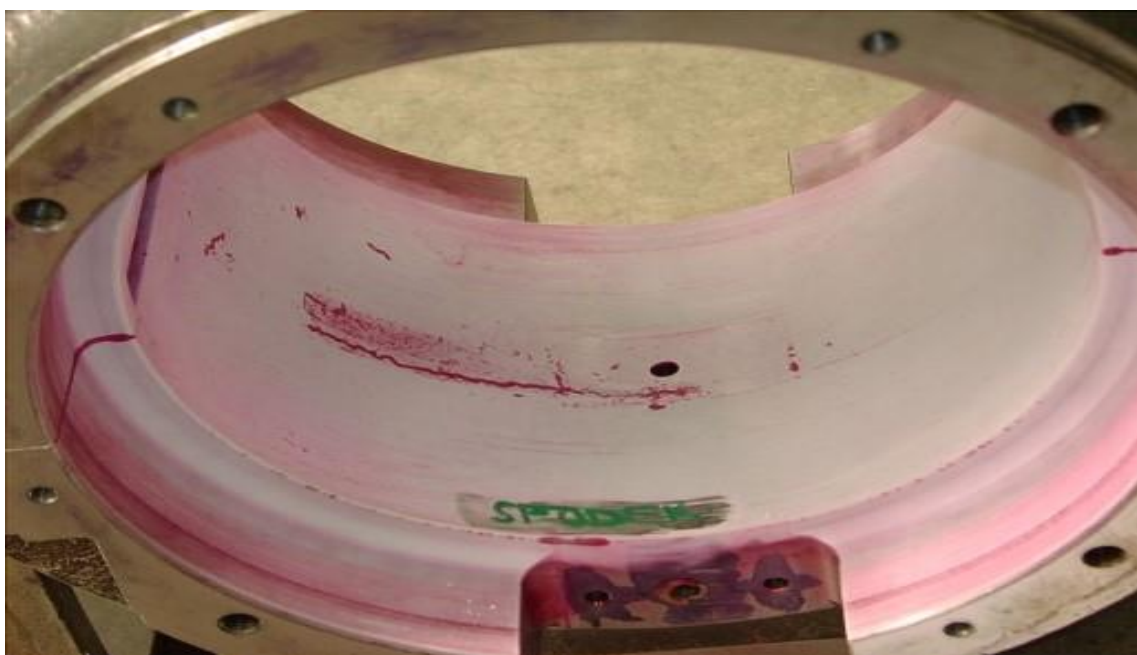
### **2. 2. 3 Obecný postup průběhu kapilární zkoušky**

- zkoušený povrch materiálu řádně očistíme a odmastíme,
- na povrch zkoušeného materiálu nanese (štětkem, nástřikem nebo ponořením) penetrant,
- necháme penetrant cca 5 až 30 minut působit (aby se dobře vpil a pronikl do případných nečistot materiálu),
- provedeme očištění přebytečného penetrantu z povrchu zkoušeného materiálu,
- nanese vhodnou vývojku (suchou naprašováním, mokrou natíráním nebo nástřikem),
- z případných trhlinek zkoušeného materiálu začne vlivem vzlínacích sil vzlínat penetrant a na nanesené vývojce se v místech kontaktu penetrantu s vývojkou objeví barevná nebo fluorescenční indikace,

vyhodnocení zkoušky se provede vizuálně pouhým okem nebo za použití lupy, a to hned po nanesení vývojky, kdy u větších vad se indikace objeví okamžitě, u jemnějších vad trvá indikace cca do 10 minut. Výsledek zkoušky se dá zadokumentovat fotograficky.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> ndtservis.cz. *Nedestruktivní zkoušení* [online]. 2005, [cit. 15. 11. 2021], Dostupné z: <http://www.ndtservis.cz/web/index.php/cz/nedestruktivni-zkouseni/vizualni-metoda>



**Obr. č. 3:** Penetrační (kapilární) zkouška se zřetelně viditelnou vadou (trhlinou v materiálu). Zdroj: ([http://www.technotest.cz/images/obr/zkouska\\_kapilarni\\_01.jpg](http://www.technotest.cz/images/obr/zkouska_kapilarni_01.jpg)).

### 2. 3 Magnetické metody

Magnetickou metodu lze zařadit mezi nejpoužívanější povrchové a vnitřní nedestruktivní metody k detekci povrchových a podpovrchových vad ve feromagnetických materiálech, které se dají zmagnetizovat. Určují se tímto způsobem trhliny, praskliny, zdvojeniny a některé podpovrchové objemové vady jak v podélném, tak i v příčném směru zkoumaných vzorků libovolných průřezů. Touto metodou lze provést i zviditelnění odstraněných či nečitelných čísel, znaků nebo symbolů. Měření se provádí na speciálním magnetizačním defektoskopu. Vlastní identifikace se provádí magnetickým práškem obsaženým v emulzi s petrolejem, kterou se zkoumaný materiál polévá. V průběhu magnetizace se magnetizační prášek z emulze usazuje v místech všech povrchových trhin, které lze pak přesně změřit a zakreslit nebo fixovat fotograficky.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 425-426. ISBN 978-80-7380-741-2.



### **2. 3. 1 Způsoby magnetizace zkoušených materiálů**

- **podélná magnetizace** se provádí pomocí trvalých magnetů, elektromagnetů nebo magnetizačními cívkami ve směru osy zkoušeného materiálu. Touto metodou lze zachytit vady příčně položené (kolmé k ose),
- **příčná magnetizace** může být provedena průchodem proudu zkoušeným materiálem, pomocným vodičem nebo indukci proudu ve vlastním zkoušeném materiálu. Touto metodou lze zachytit vady podélně uložené, tj. vady, jejichž roviny jsou rovnoběžné s osou materiálu,
- **kombinovaná magnetizace** se provádí tak, že se současně magnetizuje podélně i příčně, kdy podélná magnetizace je vyvolána stejnosměrným proudem a příčná magnetizace střídavým proudem.

### **2. 3. 2 Způsoby vyvolání indikace vady**

- **metodou práškovou**, kdy se jedná o nejpoužívanější způsob z důvodu její jednoduchosti pro obsluhu. Vada materiálu se detekuje za pomoci detekčních (feromagnetických) prášků, které se na povrch zkoušeného materiálu nanášejí buď za sucha (suchou metodou), nebo poléváním (metodou polévací) nebo ponořením (metodou ponořovací),
- **metodou elektro induktivní** pomocí sond, které využívají rozptylového pole nad necelistvostmi ve zkoušeném materiálu, ve kterých se působením vnějšího magnetického pole indikuje elektrické napětí, jež je možno měřit nebo registrovat pomocí sond,
- **metodou magnetografickou**, která umožňuje snímání rozptylových polí pomocí magnetografického záznamového prostředku, který je většinou ve tvaru pružného pásku z plastu (obdoba magnetonových pásků). Aktivní složkou magnetografického pásku je feromagnetický prášek (oxid železa), takže při průchodu magnetickým polem jsou jeho částice zmagnetizovány. Vyhodnocení pásku se provádí magnetofonovou hlavou nebo feromagnetickou sondou buď na obrazovce, nebo na osciloskopu.

Magnetické prášky musí být z feromagnetického materiálu. Magneticky musí být stejnorodé. Používají se prášky barevné nebo fluorescenční. Pro suchý způsob je velikost částic prášku od 40 do 400  $\mu\text{m}$  a pro mokrý způsob velikost částic prášku 1 až 40  $\mu\text{m}$ .

### **2. 3. 3 Obecný postup suché magnetické zkoušky**

- povrch zkoušeného materiálu se očistí od nečistot a odmastí,
- určíme intenzitu zmagnetizování zkoušeného materiálu a ověří se jeho směr,
- zkoušený materiál vhodným způsobem zmagnetizujeme a zároveň nanášíme detekční prášek,
- přebytečný prášek se z materiálu sfoukne stlačeným vzduchem,
- zadokumentují se a vyhodnotí vytvořené indikace v nazkoušeném materiálu.

### **2. 4 Elektromagnetické metody**

*„Metoda vířivých proudů je nejpoužívanější metodou elektromagnetického zkoušení elektricky vodivých materiálů a lze ji zařadit mezi tzv. povrchové nedestruktivní metody. Metoda vířivých proudů je založena na jevech elektromagnetické indukce. Nachází-li se vodivá smyčka (cívka snímače) v proměnném magnetickém poli, které je generováno budící cívkou vzniká v ní indukované elektrické pole. Případné defekty ve zkoušeném materiálu vyvolají změny v tomto magnetickém poli a tyto změny jsou zaznamenány.*

**Metoda vířivých proudů se nejčastěji používá k:**

- měření tloušťky stěn,
- měření tloušťky kovových materiálů,
- měření tloušťky laků,
- kontrole materiálových záměn,
- kontrole trhlin a povrchových prasklin,
- kontrolu strukturního stavu při tepelném zpracování,
- kontrolu povrchových vrstev zkoušeného materiálu.“<sup>13</sup>

Pro správné nastavení přístrojů je v této metodě velmi nutné používat tzv. etalony s umělými vadami stejného materiálu jako je zkoušený kus.

---

<sup>13</sup> Bvd-ndt.cz. *Zkoušky vířivými proudy* [online], [cit. 15. 11. 2021], Dostupné z: <https://www.bvd-ndt.cz/neakreditovane-zkousky/et-zkouseni-virivymi-proudy/>

## 2. 5 Ultrazvukové metody

S využitím vlastností ultrazvuku a jeho fyzikální podstaty lze nedestruktivně zkoumat vnitřní vady kovových materiálů, a lze ho s úspěchem využít i při zkoumání jiných materiálů, např. plastických hmot. Ultrazvukem lze měřit tloušťku zkoumaného materiálu, podle vzhladu tzv. poruchového echa zjistit a posoudit defekt materiálu (např. zdvojení materiálu, shluku vměstků kulovitého tvaru, struskovité vměstky a větší dutiny, trhliny vzniklé vnitřním pnutím atd.) a měření plochy vnitřních vad provést např. metodou postupných ech nebo rezonanční metodou. Jedním z nejčastějších ultrazvukových měření je zkoušení kvality svarů.<sup>14</sup>

Zkouška ultrazvukem je založena na jevech nastávajících při průchodu ultrazvukové energie (vln) zkoušeným materiálem. Při průchodu může dojít k útlumu, ohybu, lomu a odrazu vln. K tomu dochází při setkání vln s defektem v materiálu a s rozhraním dvou odlišných prostředí.

### 2. 5. 1 Základní používané ultrazvukové metody

- **průchodová metoda**, která spočívá v tom, že jedna sonda (vysílací) vysílá ultrazvukové vlny do zkoušeného materiálu a druhá (přijímací) sonda ultrazvukové vlny zachytí. Obě sondy se umísťují souose na protilehlých stěnách zkoušeného materiálu. Tato metoda se používá u materiálů a předmětů přístupných z obou stran (kvůli umístění vysílací a přijímací sondy). Je vhodná pro materiály slabé tloušťky, jakou jsou např. tenké plechy. Jeli v materiálu vada, na jejíž ploše se vysílané ultrazvukové vlny odrážejí, vytváří se za vadou akustický stín, a do přijímací sondy přichází menší hodnota energie. Vada se zjišťuje porovnáním hodnot přijaté energie s neporušeným a vadným materiálem,
- **odrazová metoda** je nejrozšířenější metodou. Používají se dvousondové (vysílací a přijímací sonda) nebo jednosondové (jedna sonda, která vysílá i přijímá) defektoskopy, kdy sondy se přikládají na stejnou stěnu zkoušeného materiálu. Sonda vyše do zkoušeného materiálu krátké

---

<sup>14</sup> STRAUS, Jiří a kolektiv. *Kriminalistická technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2005, s. 374-376. ISBN 80-86898-18-0.

ultrazvukové impulsy (vlny), které se odrazí od protilehlé stěny materiálu. Pokud vlny na své cestě narazí na vadu, tak se od této odrazí. Odražená vlna se pak vrátí zpět k sondě. Jelikož je rychlost ultrazvuku konstantní, signál odražený od vady bude tedy přijímán dříve. Záznam se nám zobrazí v mikroskopu. Odrazová metoda je vhodná i pro tlustostěnné materiály. Tato metoda je velmi citlivá a přesná, takže s ní lze detekovat i vlasové trhlinky ve zkoušeném materiálu,

- **rezonanční metoda** spočívá v tom, že se do zkoušeného materiálu vysílá ultrazvukové vlnění, jehož frekvence se plynule mění, a to do té doby, než ve zkoušeném materiálu vznikne stojaté vlnění tzv. rezonance. Pomocí frekvence, při které došlo k rezonanci, lze určit tloušťky materiálů či polohu vady. Touto metodou se dají zjistit vady rovnoběžné s povrchem (např. zdvojeniny u plechů, praskliny rovnoběžné s povrchem). Tato metoda se v současnosti používá již velmi zřídka, protože ji lze nahradit odrazovou metodou.



**Obr. č. 4:** přístroj pro provádění zkoušky ultrazvukovou metodou. Zdroj: (<http://www.ndtservis.cz/web/index.php/cz/nedestruktivni-zkouseni/ultrazvukova-metoda-ut-emat>).

## 2. 6 Prozařovací (radiologické) metody

Prozařovací metody využívají k nedestruktivnímu zkoušení vnitřní vady materiálu změny intenzity pronikavého záření, prošlého zkoušeným materiálem s místem s vadou a s místem bez vady (obr. č. 5). Změna intenzity záření se pak registruje a výsledek je ve fotografické podobě.<sup>15</sup>

K prozáření zkoušeného materiálu se využívá různých zdrojů záření, kdy se podle druhu tohoto záření zkoušky dělí na:

- rentgenovou defektoskopii (rentgenografie),
- gama defektoskopii (gamagrafie),
- betatronové defektoskopii (betatronografie),
- neutronové defektoskopii (neutronografie).

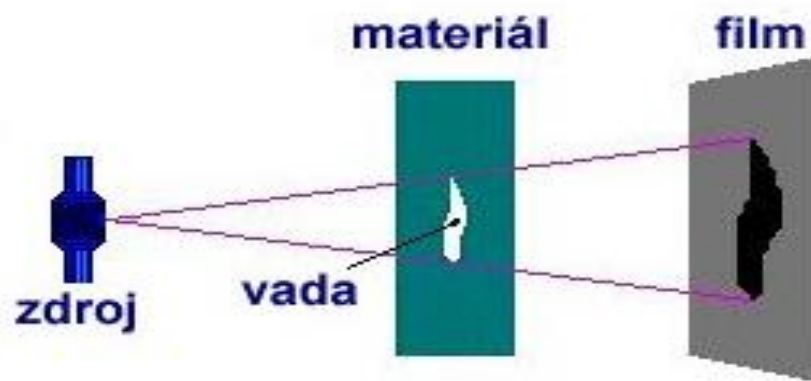
Tato metoda se používá všude, kde nelze použít ultrazvukové metody, nebo tam kde potřebujeme na rentgenových snímcích zobrazit rozsah vad v materiálu. Nejvíce se tyto metody používají v hutních provozech, slévárenství, svařování, ve stavebnictví aj.

Prozařovací metody se provádějí buď na stálých pracovištích (stálých provozech radiologické kontroly), nebo přímo v terénu (mobilních provozech radiologické kontroly) při stavbě mostů, velkých konstrukcí aj.

Vzhledem ke škodlivosti záření na lidský organismus vyžadují tyto metody zajištění maximální bezpečnosti při práci a zabezpečení okolí před zářením.

---

<sup>15</sup> MÍŠEK, Bohumil a Luděk PTÁČEK. *Defektoskopie a provozní diagnostika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992, s. 103. ISBN 80-214-0425-6.



**Obr. č. 5:** základní zjednodušené schéma principu prozařovací metody. Zdroj: (autor práce).

### 3. METALOGRAFICKÉ (DESTRUKTIVNÍ) ZKOUMÁNÍ

Metalografie je věda, která se zabývá zkoumáním vnitřní struktury kovů, zákonitostmi jejího vzniku a vlivu vnitřní struktury na vlastnosti kovových materiálů. Kovové materiály mohou existovat jak v čisté podobě, tak zejména v podobě jednoduchých i složitých slitin, lišících se od sebe chemickým složením, vnitřní strukturou, možnostmi tepelného zpracování, mechanickými, fyzikálními i chemickými vlastnostmi. Převážnou část technicky upotřebitelných kovů tvoří různé slitiny kovu, které mají v řadě případů lepší mechanické i technologické vlastnosti než původní samostatné komponenty, z nich jsou složeny. V technické i kriminalistické praxi se lze nejčastěji setkat se slitinami železa a slitinami neželezných (barevných kovů). Hlavními objekty metalografických zkoumání tedy jsou:

- kovové materiály na bázi železa, jako slitiny železa s uhlíkem a dalšími kovovými a nekovovými prvky (jednak jako oceli a jednak jako slitiny),
- neželezné (barevné) kovové materiály a jejich slitiny, kde jsou důležitými objekty zkoumání slitiny na bázi mědi a jejich slitin se zinkem a cínem (mosazi, bronzy),
- neželezné (lehké) kovové materiály, mezi které patří zejména hliník, hořčík, beryllium, titan a jejich slitiny,
- kovy a slitiny s nízkým bodem tání jako je například cín, olovo, kadmium apod.

Všechny tyto skupiny kovů lze od sebe poměrně snadno odlišit díky jejich charakteristickému zbarvení, výrazným mechanickým nebo technologickým vlastnostem.

Metalografické metody zkoumání vycházejí z toho, že kovy jsou krystalické látky, přičemž jsou zpravidla polymorfni což znamená, že se mohou vyskytovat ve více modifikacích, které jsou základem pro vznik různých strukturních složek. Charakteristické strukturní složky vznikají a existují pouze za určitých podmínek například při určitém chemickém složení slitiny, teplotě, rychlosti ochlazování, době ohřevu apod.

Kriminalisticko-metalografické zkoumání spočívá tedy v klasifikaci struktury příslušného kovu nebo slitiny a v objasnění podmínek, za kterých zjištěná struktura vznikla. To umožňuje vedle určení druhu a původu materiálu provádět u jednotlivých zajištěných materiálů jejich porovnání, respektive určení podmínek, kterými byla ovlivněna jejich struktura.

Protože základními kovovými materiály při výrobě strojů, přístrojů, nástrojů, konstrukcí, dopravních prostředků a technologických zařízení jsou slitiny na bázi železa a uhlíku, zabývá se metalografie především zkoumáním těchto slitin jako základních výrobních a konstrukčních materiálů a současně také jako nejčastějších objektů kriminalisticko metalografických zkoumání.<sup>16</sup>

Metalografické zkoumání se řadí mezi destruktivní zkoušky, kdy mikrostruktury materiálu je možné zkoumat jen na dokonale vybroušené a vyleštěné ploše odebraného zkušební vzorku zkoumaného materiálu. Pouhé mikroskopické zkoumání povrchu takového materiálu nebo lomové plochy, by nevedlo k úspěchu bez speciální úpravy povrchu zkoumaného vzorku, a proto se zkoumání provádějí na tzv. výbrusech metalografickými nebo elektronovými mikroskopy.

### **Metalografické zkoušky lze rozdělit na**

- makroskopické zkoušky
- mikroskopické zkoušky

#### **3.1 Makroskopické zkoušky**

Tyto zkoušky předcházejí mikroskopické zkoušky a provádějí se pouhým okem nebo za pomoci lupy. Makroskopickým zkoumáním se rozumí základní pozorování a měření předmětných kovových objektů v jejich přirozené podobě. Toto makroskopické pozorování nám podává základní obraz a informace o stavbě zkoumaných objektů a jeho jednotlivých částech. Dále o jejich rozměrech, hmotnosti, rozložení jednotlivých částí vzhledem k celku, vzhledu lomové plochy,

---

<sup>16</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 423. ISBN 978-80-7380-741-2.



stupni znečištění, korozi. Makroskopické zkoumání podává obraz i o umístění případných viditelných trhlin, vad a jiných defektů.

**Makroskopickým zkoumáním by mělo být předběžně zjištěno:**

- stavba kovového materiálu a jeho prvotní struktura,
- defekty kovového materiálu například rez, okuje, trhliny, praskliny atd.,
- kvalita svarového spoje,
- rozložení vměstků, sirníků a jiných mechanických nečistot,
- průběh vlákna kovového materiálu a jeho deformace způsobené destruktivními silami.<sup>17</sup>

### **3.2 Mikroskopické zkoušky**

Tyto zkoušky se provádějí na odebraných vzorcích materiálů s dokonale vybroušenou a vyleštěnou plochou na tzv. výbrusech (obr. č. 6) Výsledky mikroskopického zkoumání umožní objasnit změny vlastností materiálů v závislosti na jeho chemickém složení, způsobu výroby, způsobu tepelného zpracování, dále na zpracování za tepla a jeho únavy.

**Mikroskopické zkoumáním je zejména zaměřeno na zjištění**

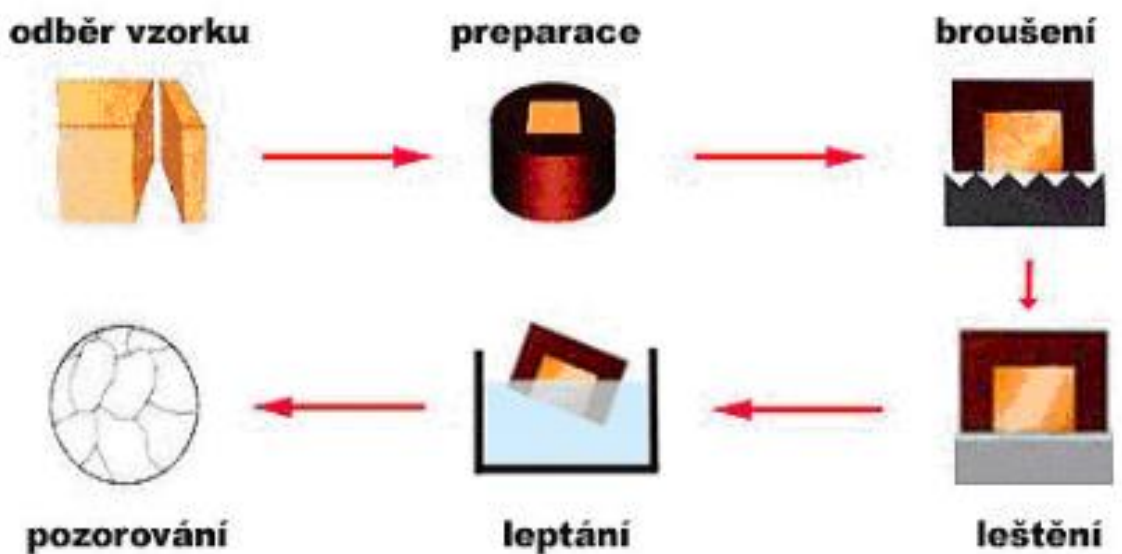
- jednotlivých strukturálních složek,
- velikost primárního a sekundárního zrna,
- formy a způsobu rozložení jednotlivých strukturních složek,
- množství a způsob vyloučení nekovových látek,
- kvalitu tepelného zpracování a zpracování za tepla,
- charakteru různých vad.

---

<sup>17</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 424. ISBN 978-80-7380-741-2.

## Obecný postup mikroskopického zkoumání

- odebrání (oddělení) vzorku,
- preparace vzorku (pouze u některých vzorků),
- broušení vzorku,
- leštění vzorku,
- leptání vzorku (vyvolání struktury),
- pozorování.



**Obr. č. 6:** Základní schéma znázorňující postup přípravy vzorku (výbrusu). Zdroj: (<http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Metalografie%20I.pdf?redirected>).

### 3. 2. 1 Odebrání (oddělení) vzorku

Velikost vzorku pro výbrus se volí tak, aby minimální rozměry vzorku byly 10 x 10 x 10 mm. Pro expertízu je však výhodnější zaslat vzorek, který reprezentuje, pokud možno celý předmět. Při odebírání vzorků je třeba dodržovat zásady tepelné ochrany zajišťovaného vzorku, což znamená, že při odebírání a oddělování vzorku nesmí dojít ke změně či porušení mikrostruktury, ať již vlivem ohřevu materiálu nebo různými deformacemi. Proto se odběr vzorku provádí mechanicky tj. řezáním, frézováním nebo rozbrušováním. U tvrdých a houževnatých materiálů se provádí rozbrušováním tenkým brusným kotoučem.

Pro úspěch zkoumání je také důležité, z kterých míst zkoumaného předmětu byl vzorek odebrán. K tomu je třeba vhodně zvolit plochu zkoumání, tak aby byla co nejmíň vzdálena od poškozené plochy. Pokud má zkoumaný předmět zjevné vady, odebere se jeden vzorek z bezprostřední blízkosti vady a druhý z bezvadného materiálu téhož předmětu. Je nevhodné odebírat vzorek přímo z povrchu předmětu, protože povrchové a podpovrchové vrstvy předmětu mají často změněnou strukturu způsobenou například kalením předmětu apod. Proto se za zkoumanou plochu volí plocha rovnoběžná s poškozenou plochou nebo plocha k ní kolmá. Při zajišťování vzorků je třeba mít také na zřeteli i to, že předmět, ze kterého je odebírán vzorek, mohl být tvářen (např. válcováním, kování nebo tažením), a jeho struktura je odlišná ve směru působení tvářecích sil, a to ve směru k ní kolmé. K posouzení struktury takového materiálu je zapotřebí odebrat vzorky dva a vyznačit v plánu jejich orientaci v předmětu, z něhož byly odebrány.

### **3. 2. 2 Preparace vzorku**

Pokud jsou odebrané části vzorku materiálu malé (hodinové součásti, drobné úlomky materiálu, dráty a jejich svazky, práškový vzorek), je nutné je preparovat v umělé hmotě. Zvětší se tak plocha metalografického vzorku a usnadní se manipulace při následném broušení a leštění. V praxi se používají dva základní typy preparace, a to za studena nebo za tepla.

Preparace za studena se používá u vzorků náchylným ke změnám struktury při zvýšených teplotách. Provádí se tak, že studovaný vzorek umístěný do speciální nádoby zalijeme kapalinou, která po určité době ztuhne (například Dentakryl rychle tuhnoucí licí pryskyřice).

Preparace za tepla se používá u vzorků, u kterých naopak nehrozí ovlivnění struktury vzorku teplem. Vzorek umístěný do vyhřívané "tlakové nádoby" se zasype práškem ze speciální umělé hmoty. Tato hmota se při současném působení zvýšené teploty a tlaku roztaví a dokonale obklopí zkoumaný vzorek.

V případě, že je třeba připravit metalografický vzorek z porézniých křehkých materiálů, se postupuje následovně. Materiál se napustí samotuhnoucím

roztokem (pryskyřicí), který vyplní póry uvnitř materiálu, čímž jej zpevní a takový vzorek již lze dále zpracovávat obvyklým způsobem.

### **3. 2. 3 Broušení vzorku**

Broušení je operace, při které dochází k intenzivnímu odebrání hmoty z povrchu vzorku. Cílem je dosáhnout co nejrovnějšího povrchu vzorku s minimálním poškozením, které se snadno odstraní při leštění vzorku. Podle techniky provádění rozdělujeme broušení na ruční a mechanické.

Při ručním broušení se používá metalografických brusných papírů postupně od hrubých po nejjemnější, kdy tímto brusným papírem se pohybuje ručně stále jedním směrem. Při přechodu na jemnější brusný papír se vzorek brousí opět stále jedním směrem, avšak kolmo na směr předešlého broušení.

Při mechanickém broušení je užito metalografických brusek. Plocha vzorku se přitlačuje na speciální metalografický brusný papír uchycený na rotujícím vodorovném kotouči. Mechanické broušení je prováděné zpravidla za mokra (pod vodou). Stejně jako u ručního broušení se používají brusné papíry postupně od hrubého po nejjemnější, kdy při přechodu na jemnější brusný papír se opět mění směr broušení kolmo k předešlému broušení.

Při broušení vzorků je třeba opět dodržovat zásady tepelné ochrany zkoumaného vzorku. To znamená, že při broušení vzorku nesmí dojít ke změně či porušení mikrostruktury, zejména vlivem ohřevu vznikajícího při broušení plochy vzorku.

### **3. 2. 4 Leštění vzorku**

Účelem leštění je dosáhnout na ploše vzorku co nejkvalitnější roviny zrcadlový povrch bez stop rýh po nejjemnějším broušení. Jedná se o nejnáročnější stupeň přípravy metalografického vzorku. Leštění vzorku lze provádět:

- mechanicky,
- elektrolyticky,
- chemicky.

#### **Mechanické leštění**

Tento způsob leštění je nejuniverzálnější a nejjednodušší. Princip mechanického leštění je do značné míry podobný mechanismu broušení. Opět se vzorek

vystavuje působení tlaku na rotující kotouč s leštícím materiálem. Na rozdíl od broušení jsou při leštění používány menší přitlačné síly a pomalejší rychlost kotouče (obvykle do 150 otáček za minutu. Úběr materiálu na ploše vzorku je již minimální dochází ke srovnávání reliéfu. Používá se leštící prášek (vodní suspenze oxidu hliníku), který se nanese na leštící kotouč (litinový nebo potažený tkaninami). Vzorkem se při mechanickém leštění pohybuje proti směru otáčení rotujícího leštícího kotouče.

### **Elektrolytické leštění**

Pokud je materiál vzorku náchylný na poškrábání což by pro další postup zkoušení bylo nežádoucí, leští se povrch vzorku elektrolyticky. Jedná se o anodické rozpouštění vzorku, kdy mezi vzorkem, který je jako anoda (+pól) a katodou z nerezavějící oceli (-pól), se při průchodu stejnosměrným elektrickým proudem za vhodných podmínek vytvoří na povrchu plochy vzorku viskózní film (tenká vrstva reakčních produktů). Tloušťka filmu není všude stejná, nejsilnější je v místech prohlubní vzorku, a naopak nejslabší je v místě nad výstupky vzorku. Proudová hustota je největší v místech, kde je tloušťka filmu nejslabší, proto se výstupky na vzorku při správných pracovních podmínkách rozpouštějí a povrch vzorku se takto postupně uhlazuje (leští).

### **Chemické leštění**

Postup u chemického leštění je stejný jako u elektrolytického, pouze bez elektrického proudu. Výstupky na vzorku odbírají elektrochemické mikročlánky (ty vznikají na povrchu za vhodných podmínek, což je teplota a složení leštící kapaliny). Chemické leštění se používá i v kombinaci s mechanickým leštěním.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> PANCA, Lukáš. *Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů* [online] Zlín 2008: *Bakalářská práce* [cit. 15. 11. 2021]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. s. 34-37. Vedoucí práce JUDr. Vladislav Štefka. Dostupné z: [https://theses.cz/id/uus7ht/?lang=cs;zoomy\\_is=1](https://theses.cz/id/uus7ht/?lang=cs;zoomy_is=1)

### **3. 2. 5 Leptání vzorku (vyvolání struktury)**

Po procesu leštění již může být vzorek pozorován optickým mikroskopem. Pozorovány mohou být však pouze různé povrchové defekty vzorku, například trhliny, staženiny, plynové bubliny či rozměrnější vměstky. Aby se zviditelnila vlastní struktura kovu, je třeba ji vhodným způsobem vyvolat (zvýraznit) leptáním. Tohoto lze dosáhnout několika způsoby leptání:

- chemické
- elektrolytické
- tepelné

#### **Chemické leptání**

Při chemickém leptání se používají chemická leptadla (činidla). Vyleštěný povrch vzorku se ponoří do leptadla nebo se leptadlo nanese na vyleštěnou plochu vzorku natřením třeba pomocí vatového tampónu. Leptadlo se volí podle druhu zkoušeného materiálu vzorku. Působení leptadla na vyleštěném povrchu vede ke vzniku reliéfu vlivem různé rozpouštěcí schopnosti jednotlivých strukturálních složek, kdy na leptaném povrchu se vytvoří jemné nerovnosti, neboť jednotlivé krystaly jsou naleptány do různé hloubky.

#### **Elektrolytické leptání**

Princip elektrolytického leptání je stejný jako u elektrolytického leštění. Leštěný povrch vzorku se ponoří do nádoby s elektrolytem a působením stejnosměrného elektrického proudu o vhodném napětí dojde k vyvolání struktury zkoumaného vzorku. Tato metoda se používá u kovů vyznačujících se vysokou chemickou stálostí. Zkoumaný vzorek tvoří anodu. Vlastní elektrolyza je proces anodického rozpouštění povrchových vrstev kovu za přímého působení elektrolytu. Při této metodě se používají tři elektrolytické způsoby, a to ponořením do elektrolytu, kontaktní metoda a povrchová metoda.

#### **Tepelné leptání**

Rozlišení jednotlivých strukturních částí lze docílit vytvořením oxidické vrstvy na vyleštěném povrchu vzorku. Tloušťka vrstvy závisí na schopnosti oxidace

jednotlivých strukturních objektů. Působením rekrystalizační teploty (600–700 °C) za použití kyslíkoacetylénového plamene na povrch leštěné plochy vzorku dochází k hrubnutí zrna. Deformovaná zrna po hrubnutí vystoupí nad povrch a po ochlazení zůstanou vyvýšená. Po přebroušení jemným smirkovým papírem se zrna zvýrazní a lépe dokumentují. Tento způsob leptání se v kriminalistické činnosti nevyužívá tak často.

### **3. 2. 6 Pozorování**

Po připravení vzorku (výbrusu) provádíme mikroskopické pozorování struktury vzorku metalografickým mikroskopem nebo elektronovými mikroskopy.

Důležitým prostředkem k metalografickému zkoumání je metalografický mikroskop (např. NEOPHOT 2 firmy Carl Zeiss Jen), který umožňuje až 1500násobné zvětšení, nebo zkoumání elektronovými mikroskopy zvětšujícími řádově o  $10^5$  násobně, kdy běžně se však vlastní zkoumání neprovádí při tak extrémních zvětšeních.

Při pozorování se zaměřujeme hlavně na hodnocení jednotlivých charakteristických znaků struktury, které mají vliv na vlastnosti kovu nebo slitiny.

Metalografickým zkoumáním vzorků materiálů mohou být zjištěny různé materiálové vady. Nejčastějšími vadami, s nimiž se lze setkat jsou:

- vady vzniklé při výrobě (nesprávné chemické složení, nekovové vměstky, mechanické nečistoty, bublanitost, sraženiny apod.),
- vady vzniklé při vlastní výrobě konkrétního výrobku (nejčastěji nesprávné technologické zpracování materiálu za tepla, což jsou nízké nebo pro změnu vysoké teploty při jednotlivých technologických zpracování),
- vady vzniklé provozem (houževnatý lom, únavový lom).

V současné době jsou některé nevýhody metalografických zkoumání mikrostruktury kovových materiálů, zejména pak odebrání vzorků, pracnost a zdlouhavost při přípravě výbrusů a jeho leptání chemickými činidly nahrazeny použitím acetylcelulóзовých fólií pod obchodním označením BIODEN (výrobce Oken Shoji, Japonsko). Použitím těchto fólií odpadají všechny výše uvedené operace odběru a při přípravě vzorku. Při použití se zkoumaný kovový materiál

v místech provádění metalografického zkoumání řádně očistí, odmastí a naleptá. Bioden fólie se na pár sekund namočí do acetonu (musí změknout a nesmí se v acetonu rozpustit) a přiloží se na toto připravené místo. Po zaschnutí se fólie sejme. K vlastnímu mikroskopickému zkoumání buď klasickým mikroskopem, nebo elektronovým mikroskopem se fólie pokovuje. Pokovením vznikne na fólii mikrostruktura kovového materiálu, která byla tímto postupem sejmuta. Fólie je díky svým fyzikálně chemickým vlastnostem schopna sejmout a věrně zobrazit i nejjemnější mikrostruktury kovových materiálů tak, že jsou způsobilé ke zkoumání i při extrémních zvětšení pod elektronovým mikroskopem. Uvedená metoda za použití fólie je pochopitelně použitelná jen na povrchové vrstvy zkoumaného materiálu. Fólie není použitelná pro zkoumání podpovrchových vrstev materiálu.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> STRAUS, Jiří, Jaroslav SUCHÁNEK a Viktor PORADA. *Kriminalistické stopy obsahující informaci o vlastnostech vnitřní stavby (struktury) nebo vnitřního složení objektu*. Soudní inženýrství [online] 2004 č. 3 s. 143-144. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-03-131-145.pdf>



## 4. ANALÝZA OBRAZU SYSTÉMEM LUCIA

V české republice od roku 1990 působí Laboratory Imaging (LIM). Jedná se o společnost s rozsáhlou zkušeností v mikroskopii, zpracování a analýze obrazu, která mimo jiné vyvíjí specializované laboratorní a expertní systémy využitelné v kriminalistice a forenzních vědách v oblasti identifikačních, ale i neidentifikačních zkoumání a současně také hledá spolehlivá řešení pro vědecké biomedicínské, forenzní a průmyslové zpracování. Je zaměřena na počítačové zpracování obrazu, software pro jeho analýzu, se zaměřením na mikroskopii. V současné době podle všeobecného názoru představuje centrum excellence pro laboratorní řešení v České republice, které dodává do celého světa. Vyvíjí specializovaný software pro zpracování obrazu, který nachází mimo jiné i uplatnění v širokém spektru kriminalistických oborů. Pro některé specifické obory kriminalistiky dále vyvíjí úzce specializovaná hardwarová řešení včetně obslužného softwaru. Těmito obory jsou zejména balistika, trasologie, mechanoskopie, měření indexu lomu skla a další. Laboratory Imaging je také připravena vyvinout řešení analýzy obrazu nově i v jiných kriminalistických a forenzních oborech, podle potřeb kriminalistických expertů a forenzních znalců.

K analýze a zpracování obrazu v kriminalisticko-technické a expertní činnosti byl společností Laboratory Imaging vyvinut univerzální software LUCIA (Laboratory Universal Computer Image Analysis) označený Forensic.

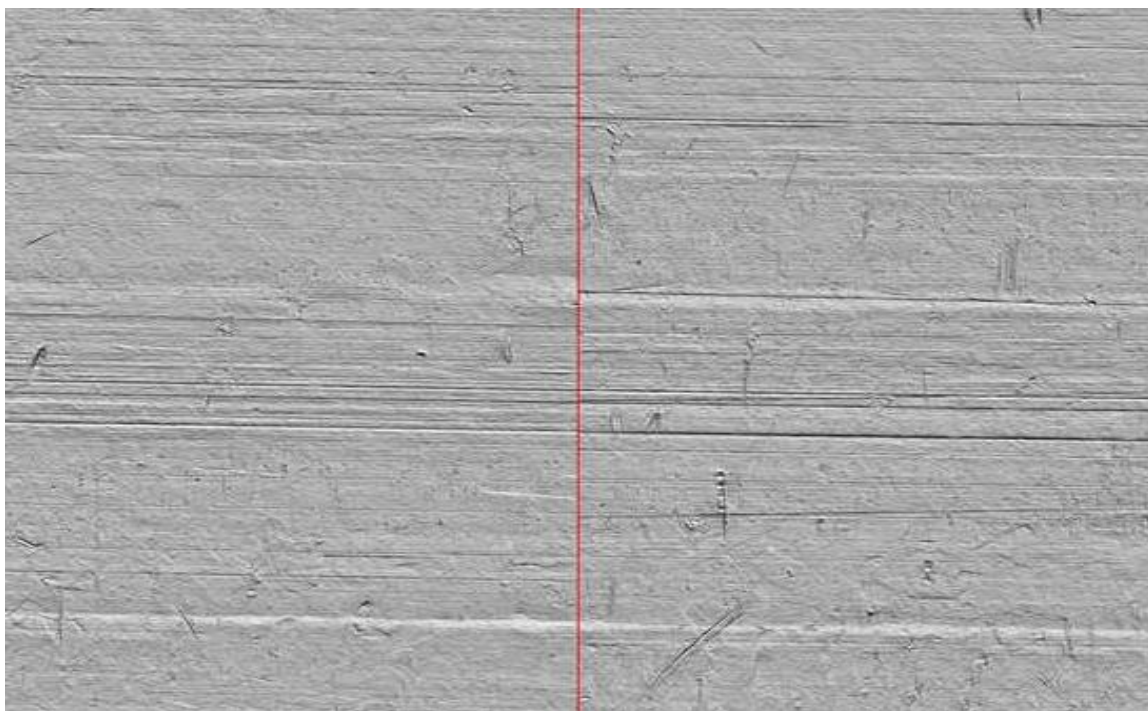
Samotný univerzální software LUCIA Forensic představuje širokou škálu nástrojů pro komparaci obrazu a srovnávání (komparace) v kriminalistické a forenzní analýze obrazů (stop a objektů in natura) pořízené jedním z některých skenovacích zařízení, fotoaparátem, skenerem. I živý obraz z kamery (poskytnutých některou s digitálních kamer) je možné kalibrovat, upravit pomocí široké škály nástrojů a porovnání s několika dalšími obrazy v jednom z mnoha komparačních režimů. Je také klíčovým jádrem pro ovládání dedikovaných zařízení pro forenzní analýzu různých druhů stop.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> PORADA, Viktor, a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 270-271. ISBN 978-80-7380-741-2.

Při zpracování obrazu se využívá široká škála nástrojů pro jeho vylepšení (lokální kontrast, gamma korekce, korekce stínů, měření délky, úhly, práce s binárním obrazem prahování). V porovnávacím procesu se využívá široká škála 2D a 3D komparačních režimů (průhlednost, dělicí linie s volnou rotací i tvarem, zarovnání obrazů podle bodů nebo automaticky).

LUCIA Forensic podporuje všechny typické obrazové formáty (JPG, PNG, TIFF). Může také importovat obrázky RAW, soubory otisků prstů NIST, soubory WSQ, 3D obrázky X3P nebo extrahovat obrázky z dokumentu PDF, z archivu (ZIP) nebo z dokumentu (XLSX, DOCX, ODT, ODS).



**Obr. č. 7:** Ukázka komparace výrobních stop na povrchu měděného drátu. Zdroj: ([https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic)).

Pro potřeby kriminalisticko-technických a expertních zkoumání příslušných expertních oborů byly k softwaru LUCIA vyvinuty další rozšiřující softwarové systémy:

#### **4. 1 ToolScan**

je kompletní řešení pro skenování, zkoumání a porovnávání všech typů stop jako jsou sešinuté stopy a vtisky čelistí na cylindrických vložkách, stříhy v drátech, stříhy v pneumatikách, kontrolní otisky v olovu nebo odlitky stop nástrojů. Čelisti a ostří nástrojů je možné skenovat přímo a porovnávat se stopami, lze zkoumat křížené tahy podpisů a je možné snímat části zlomených předmětů a zkoumat lomy.

#### **4. 2 BalScan**

je univerzální systém pro identifikaci stop zanechaných střelnou zbraní na vystřelené munici. Nábojnice a střely zajištěné na místě činu se pomocí špičkové optiky nasnímají a vznikne jejich 3D digitální kopie, která se uloží do databáze. Software automaticky vyhodnotí možné shody s ostatními záznamy v databázi. Pro porovnávání nalezených střel/nábojnic forenzním expertem je v softwaru připraven speciální komparační režim.

#### **4. 3 TrasoScan**

je univerzální systém pro zkoumání otisků obuvi, otisků prstů, dalších předmětů, dokumentů a dalších plochých povrchů. Při použití přibližovacích objektivů lze snímat i podrážky obuvi a objekty do výšky 22 cm.

#### **4. 4 RI**

je systém navržený jako kompletní řešení pro měření indexu lomu skla imerzní metodou pro forenzní analýzu skleněných střepů,

#### **4. 5 Microspektra**

je systém navržený k analýze rozličných forenzních stop včetně vláken, úlomků barvy nebo inkoustů.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Produkty pro forenzní vyšetření. *Forensic.cz* [online], [cit. 15. 01. 2022], Dostupné z: [https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic)



**Obr. č. 8:** Hardwarová sestava pro zkoumání stop LUCIA ToolScan. Zdroj: ([https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic)).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5. ZKOUMÁNÍ POZMĚNĚNÝCH A ODSTRANĚNÝCH ZNAKŮ, SYMBOLŮ A ČÍSEL

Tradičním druhem zkoumání kovových materiálu je zjišťování původních, odstraněných nebo změněných čísel, písmen, symbolů a značek vyražených do kovových materiálu, které byly následně zpravidla zbroušením nebo pilováním odstraněny. Toto zkoumání zejména napomáhá při objasňování krádeží motorových vozidel, motocyklů, stříelných zbraní, jízdních kol, strojních zařízení atd., kdy právě u těchto věcí dochází nejčastěji ze strany pachatele k odstraňování nebo pozměňování výrobních identifikačních znaků, čísel a symbolů.

Pokud jsou uvedené znaky do kovového materiálu vyraženy pomocí raznice (nikoliv vyleptány, gravírovány, natištěny, zhotovené pomocí nálitku apod.) dochází v místě vniku vyraženého znaku k lokálnímu tváření kovu za studena. V místě pod razidlem dojde ke zhutnění a zhuštění kovového materiálu, dochází ke změnám v zrnech kovu, vytváří se charakteristická stlačená – zhuštěná vrstva, která má vláknitou texturu. Tato změna (nepozorovatelná lidským zrakem) existuje i pod vyraženým znakem. Tloušťka vrstvy změněného materiálu se pohybuje v desetinách milimetrů a je odvislá od druhu materiálu a velikosti působící tvářecí síly.<sup>22</sup>

Na těchto zákonitostech je založeno zjišťování odstraněných čísel a značek z kovových materiálů. Jestliže došlo k odstranění vyraženého čísla nebo symbolu mechanickým způsobem, zejména pilováním nebo broušením (obr. č. 9) pouze v té části materiálu, ve které jsou čísla nebo značky viditelně vyraženy, dojde k odstranění pouze materiálu, který byl raznicí vyražen do stran, aniž by byla odstraněna vrstva se zhuštěným kovem v hloubce, a současně i vláknitá struktura.

Tento latentní obraz zhutnělé struktury lze následně zkoumáním vyvolat destruktivními a nedestruktivními metodami. Takto vyvolané znaky se poté dokumentují převážně fotograficky. Pokud však došlo při odstraňování

---

<sup>22</sup> STRAUS, Jiří, Jaroslav SUCHÁNEK a Viktor PORADA. *Kriminalistické stopy obsahující informaci o vlastnostech vnitřní stavby (struktury) nebo vnitřního složení objektu*. Soudní inženýrství [online] 2004 č. 3, s. 143-144. [cit. 15. 01. 2022]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-03-131-145.pdf>

vyraženého čísla nebo symbolu i k odstranění vláknité stlačené struktury, výsledek zkoumání bude negativní a odstraněné číslo nebo znaky nelze metalograficky vyvolat. Rovněž nelze vyvolat odstraněná čísla nebo značky, v těch případech, kdy tyto symboly byly odlity přímo s výrobkem nebo byly vyraženy v procesu tepelného tváření s následným tepelným zpracováním. Platí to i o číslech a znacích vyrytých, gravírovaných apod.



**Obr. č. 9:** Ukázka částečně vypilovaného vyraženého výrobního čísla pachatelem na rámu jízdného kola. Zdroj: (<https://prazsky.denik.cz/zlociny-a-soudy/podezrele-chytili-pri-brouseni-vyrobnich-cisel-kol-20150604.html>).

Jiným způsobem pozměňování (falšování) výrobního značení je například navařování celých částí materiálu s nově vyraženým výrobním číslem. Například z vrakoviště aut se použijí části karosérie (plechu, rámu) s originálním značením vyraženým ve výrobě, kdy z karosérie odcizeného vozidla se také vyřízne část karosérie i s výrobním značením a zamění se stejnou částí se značením vyraženým ve výrobě z vyříznutého vraku, tj. vyříznutý materiál se navaří na původní místo (obr. č. 10).



**Obr. č. 10:** Ukázka převařeného čísla VIN na karosérii u motorového vozidla. Zdroj: (Smejkal, OKTE Brno).

V některých případech se používá způsobu nové ražby spočívající v tom, že původní, výrobcem provedené označení se překryje svarem. Svar se poté vybrousí nebo vypiluje a vyrazí se nové, falešné označení. I tento způsob zanechává viditelné a stopy.

## **5. 1 Použitelné nedestruktivní metody**

### **5. 1. 1 Vizualní metoda**

Základní a jedna z prvních použitelných metod při zahájení daného zkoumání. Již samotným vizuálním pozorováním zkoumaného místa odstraněného výrobního značení za pomoci běžně dostupných pomůcek jako je lupa a různého nasvícení daného místa lze mnohdy rozpoznat, že znaky nejsou původní (mají jiný tvar, rozměr, umístění, hloubku ražby). Častým případem je že pachatel zanechal na předmětu viditelné a zřejmé stopy po svém jednání (rýhy po brusce, pilníku, materiál je v daném místě zeslaben, svary v okolí výrobního značení apod.). Kvalitně provedenou a vyhodnocenou vizualní metodou bývají zpravidla stanoveny další možné způsoby a postupy zkoumání.



### **5. 1. 2 Ultrazvukové metody**

Jedná se o pomocné metody, kterými nelze vyvolat samotné odstraněné nebo pozměněné výrobní značení. Lze však použít při zkoušení tloušťky nátěrového systému v místě výrobního značení a v jeho okolí zejména u automobilů nebo motocyklů. Rozdíl tloušťky nátěrů od výrobce je na různých částech výrobku maximálně o 5  $\mu\text{m}$  - 10  $\mu\text{m}$ . Pokud je síla nátěru v místě výrobního značení silnější nebo slabší, lze předpokládat zásah do tohoto výrobního značení a odůvodnit použití dalších zejména již destruktivních metod zkoumání. Při zkoumání originalnosti laku v místě výrobního značení se také často v praxi používá rozpouštědel např. aceton, kterým se lak v místě výrobního značení potře a pokud je tímto acetonem naleptán a narušen je opět zřejmé, že se nejedná o originální výrobní lak a opět je zde podezření na neoprávněný zásah.

### **5. 1. 3 Kapilární metody**

Tyto metody lze využít v případech podezření na odstranění výrobního značení převařením části materiálu s daným výrobním značením, kdy v okolí místa s výrobním značením lze provést tuto zkoušku a tímto zjistit stopy po svařování v okolí výrobního značení. Jedná se o pomocné metody, kterými také nelze přímo zviditelnit odstraněné výrobní znaky, ale lze zjistit neoprávněný zásah do materiálu v okolí výrobního značení a odůvodnit podezření, že ke změně výrobního značení došlo.

### **5. 1. 4 Magnetická a elektromagnetická metoda**

Ke zviditelnění odstraněných výrobních značení ražbou lze s úspěchem použít i magnetismu. Princip je založen na skutečnosti, že zhutnělé části feromagnetických materiálů mají větší schopnosti uchovat si permanentní magnetismus než zbývající části předmětu. K magnetování lze použít trvalého magnetu. Pro vlastní zviditelnění odstraněných výrobních značení se na předem zmagnetizovaný předmět nalije magnetická suspenze, jejíž kovové částičky se usazují na místech odstranění znaku, které lze fotograficky dokumentovat. Touto metodou se zviditelňují i výrobní značení, která se stala nečitelná z důvodu koroze, pokud tato však nezničila celou podpovrchovou vrstvu stlačenou vláknitou strukturu. Uvedenou metodou lze i zviditelnit navaření části materiálu s výrobním

značením, kdy v místě svaru budou zřetelné vady materiálu a touto metodou zviditelněné stopy.

### **5. 1. 5 Prozařovací (radiologické) metody**

V laboratorním prostředí jsou tyto metody běžně používané např. při zkoumání změny výrobních znaků u střelných zbraní a dalších předmětů o malých rozměrech. Při zkoumání předmětu o velkých rozměrech anebo přímo v terénu je samotná praktická realizace však velmi obtížná s ohledem na rozměry samotného zařízení, jeho mobilitu a požadavky na hygienické předpisy při práci. Tato metoda lze použít i případech, že dojde k nové ražbě výrobního značení spočívající v tom, že původní, výrobcem provedené označení se překryje svarem. Svar se poté vybrousí nebo vypiluje a vyrazí se nové, falešné označení. Tímto zkoumáním se opět nezviditelní původní změněné nebo odstraněné značení, ale prokáže se, že v místě značení výrobcem došlo k nestandardním a nevýrobním zásahům.

## **5. 2 Použitelné destruktivní metody**

### **5. 2. 1 Chemické leptání**

Je to jedna z nejstarších a dosud nejčastěji používaných metod k vyvolání odstraněného vyraženého výrobního značení. Používá se u materiálů (kovů), které nejsou náchylné na poškrábání. Celá předmětná plocha v místě výrobního značení se nejdříve pečlivě a opatrně vybrousí a vyleští. Broušení musí proběhnout bez tlaku, aby nedošlo k poškození zhutnělé vláknité struktury. Vyleštěná plocha se poté leptá vhodnými chemickými přípravky (např. kyselina dusičná) do doby, než se objeví obrysy odstraněných čísel nebo znaků. Tyto se poté při vhodném nasvícení fotograficky dokumentují. Při přípravě předmětné plochy k chemickému leptání je důležité prvotně vyhodnotit, jak hluboko byl výrobní nebo pozměněný znak vyražen. Od tohoto se odvozuje, jaká vrstva materiálu se může broušením a leštěním odstranit, aby nedošlo k odstranění zhutnělé vláknité struktury pod vyraženým znakem. V praxi se vzhledem k tvarové různorodosti zkoumaných předmětů (blok motoru vozidla, rám motocyklu, jízdního kola, tělo zbraně atd.) nejčastěji předmětné místo vybrousí a vyleští ručně za pomoci brusných pláten, nebo za pomoci ruční elektrické brusky (obr. č. 11, 12).

Poté již za pomoci vhodných chemických leptadel, která se nenanášejí na předmětný povrch například vatovým tamponem dochází k vyvolání odstraněných nebo změněných znaků.



**Obr. č. 11:** El. úhlová ruční bruska. Zdroj: (autor práce)



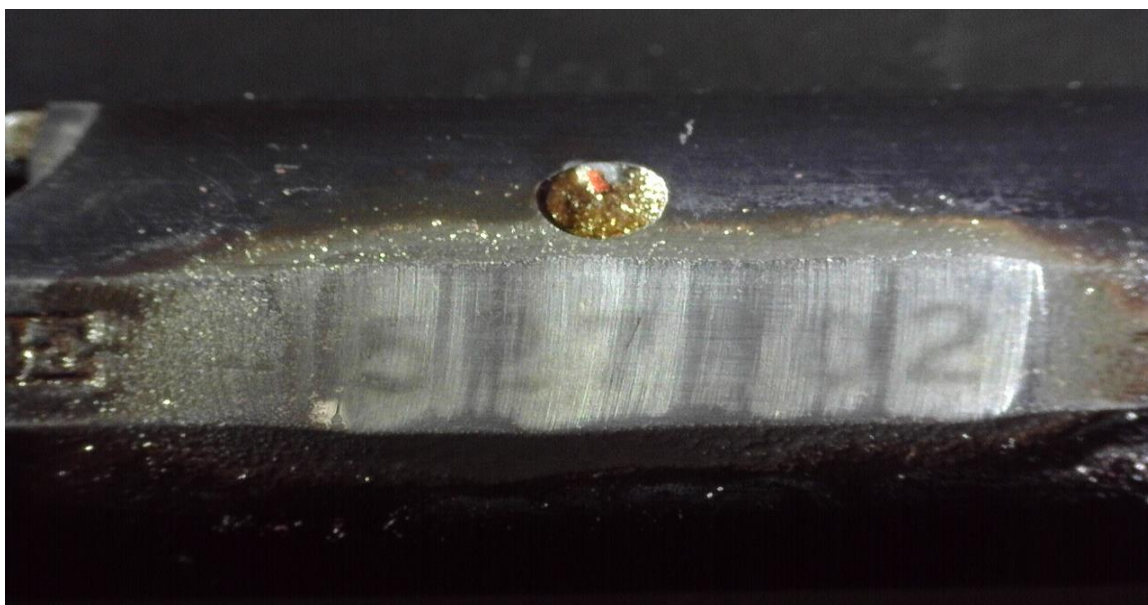
**Obr. č. 12:** El. přímá ruční bruska. Zdroj: (autor práce)

### **5. 2. 2 Elektrolytická metoda**

Používá se u materiálů (kovů), které jsou náchylné na poškrábání. Povrch zkoumaného materiálu se musí opět opatrně obrousit a vyleštit. Při této metodě lze použít všechny tři způsoby elektrolytického zkoumání:

- **ponořením zkoumaného předmětu do elektrolytu** (vhodná u malých předmětů, které se mohou ponořit celé do elektrolytu). Nevýhodou je, že při ponoření celého předmětu se odlučují atomy kovu z celého zkoumaného předmětu, takže se celý předmět poškodí rozleptáním. Tomuto lze částečně zabránit tak, že se povrch předmětu mimo zkoumaného místa pokryje vrstvou parafínu nebo jiným nevodivým lehce odstranitelným, a především v elektrolytu nerozpustným ochranným povlakem, který bude povrch předmětu chránit,
- **kontaktní metoda** je zvláště výhodná pro rozměrné předměty, které nelze dopravit do laboratoře, nebo se nedají demontovat. Princip spočívá v tom, že se zkoumaný předmět spojí s kladným pólem (anoda) a na měděný vodič, spojený se záporným pólem (katoda), se navine namočená vata do elektrolytu. Podmínkou úspěchu je, aby zkoumaná plocha byla neustále vlhčená elektrolytem, a aby byl neustále uzavřen elektrický obvod. Lze použít i na svislých nebo šikmých plochách,

- **povrchová metoda** je modifikací kontaktní metody. Lze ji rovněž použít u rozměrných, těžkých a nelehce demontovatelných předmětů, ale pouze v případě, kdy je zkoumaná plocha vodorovná anebo přibližně vodorovná. Kolem předmětné zkoumané plochy s výrobním značením se vytvoří ze sklenářského tmelu (nebo jiné obdobné hmoty) val vysoký cca 2 cm (hráz), který tvoří nádobku na elektrolyt. Tímto valem se protáhne elektrický vodič tak, aby částí zasahoval do prostoru uzavřeného valem. Nesmí se však nikde dotýkat zkoumaného předmětu. Do valu se nalije elektrolyt a zkoumaný předmět se propojí s kladným pólem (anodou). Výhodou této metody je to, že povrch předmětu není mimo ohraničený prostor elektrolýzou narušen.<sup>23</sup>



**Obr. 13:** Ukázka zviditelnění odstraněných vyražených výrobních znaků na zbrani. Zdroj: (Seďa, OKTE Brno).

### 5. 2. 3 Tepelná metoda

Povrch předmětného místa zkoumání s výrobním značením se intenzivně kyslíko-acetylenovým plamenem ohřívá na teplotu 600–700 °C, kdy po ohřátí

---

<sup>23</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 428-429. ISBN 978-80-7380-741-2.

a následném ochlazení je původní vzhled vyraženého výrobního značení patrný. Tuto metodu lze použít jen u litinových dílů. Vzhledem k vysokým teplotám se může tato metoda použít omezeně, kdy zkoumaný předmět musí být upraven tak, aby vysokou teplotou nedošlo k poškození dalších věcí přináležející ke zkoumanému předmětu (např. elektrická instalace, plastové kryty, díly z materiálu s nízkým bodem tání). Okolí místa ohřívání lze účinně chránit ochranou chladicí svařovací pastou (Hitzeblocker), která se nanáší v okolí místa ohřívání ve vrstvě silně cca. 10 mm. Tato chladicí hmota zabraňuje šíření tepla do okolí až do teploty 4 000 °C. S pastou je tak možné toto zkoumání provádět například vedle skla či laku.<sup>24</sup>

Zásadou u všech těchto destruktivních zkoumání je, že předmětné zkoumané místo, samotný předmět musí být zadokumentovány (fotograficky, videozáznamem) i v původním stavu, tj. před provedeným zkoumáním. Výsledky destruktivních zkoumání jsou dokumentovány fotograficky. Ne vždy se však výsledek zkoumání podaří zadokumentovat, protože vyvolané výrobní znaky, např. leptáním, velmi rychle mizí, anebo se nezviditelní všechny části nebo znaky najednou, čímž se projeví značné rozdíly v ostrosti snímků.<sup>25</sup>

### 5. 3 Kriminální praxe

Pracovištěm odboru kriminalistické techniky a expertíz Brno (dále jen OKTE Brno) bylo v roce 2021 v areálu PČR Brno mimo jiné také provedeno zkoumání motocyklu SUZUKI SV 650 S, žluté barvy (obr. č. 14). Předmětem daného zkoumání bylo zjištění původních výrobních znaků z důvodu identifikace předmětného vozidla.

---

<sup>24</sup> OČKAY, Štefan, Ladislav KNOP a Jaroslav MAYER. *Defektoskopická a metalografická expertíza – identifikace vozidel*. Kriminalistika 2004, roč. 37, č. 2, s. 124–133. ISSN 1210-9150.

<sup>25</sup> PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2. aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019, s. 429. ISBN 978-80-7380-741-2.



**Obr. č. 14:** Předmětný motocykl SUZUKI SV 650 S Zdroj: (Smejkal, OKTE Brno).

Na odpovídajícím konstrukčním rámu motocyklu v místě, kde má být umístěno výrobní identifikační číslo motocyklu (tzv. VIN) bylo zjištěno, že ze strany pachatele bylo toto výrobní číslo (VIN) zjevně vybroušeno a odstraněno (obr. 15 a 16).



**Obr. č. 15 a 16:** Foto vybroušeného identifikačního čísla na rámu motocyklu bez patrných výrobních identifikačních znaků. Zdroj: (Smejkal OKTE Brno).

Od výrobce motocyklu bylo zjištěno, že výrobní identifikační čísla (VIN) jsou při výrobě do rámu tohoto typu motocyklu vyražena. Pro zviditelnění odstraněného výrobního čísla byly zvoleny destruktivní metody chemickým leptáním. Povrch rámu motocyklu byl v místě zkoumání opatrně ručně za použití brusných papírů obroušen a vyleštěn. Následným leptáním daného místa, 30 % roztokem kyseliny dusičné, byly znaky odstraněného výrobního čísla zviditelněny a fotograficky zadokumentovány. Zkoumáním bylo zjištěno, že odstraněné výrobní číslo je ve tvaru: **JS1AV111100106105** (obr. 17).

Na základě tohoto úspěšně provedeného zkoumání byl předmětný motocykl identifikován jako odcizený a v rámci trestného řízení vrácen původnímu majiteli.



**Obr. č. 17:** Chemickým leptáním zviditelněné odstraněné výrobní číslo z rámu motocyklu. Zdroj: (Smejkal OKTE Brno).

V současné době je pracovištěm OKTE Brno každoročně prováděno několik desítek metalografických zkoumání a mezi často vyžadovanými požadavky je i zkoumání a zjišťování pravosti vyražených identifikačních znaků, nebo zviditelnění odstraněných výrobních znaků u různých dílů motorových vozidel, motocyklů a střelných zbraní. Pro tyto expertízy se nejčastěji a úspěšně využívá právě destruktivní metoda chemickým leptáním. I když se jedná o jednu z nejstarších metod, je tato metoda stále ještě při tomto zkoumání platným a účinným nástrojem v rukou kriminalistických techniků při zviditelňování vyražených výrobních značení do kovového materiálu. Požadavků na zkoumání a identifikaci vyražených nebo odstraněných výrobních znaků však rok od roku postupně pomalu ubývá, což je způsobeno zejména metodou výrobního značení

ze strany výrobců, kteří stále častěji používají k vyznačení výrobních znaků laser. Dalším prvkem podílejícím se na úbytku tohoto zkoumání je také používání nekovových materiálů, zejména různých plastů, které nahrazují ve velkém kovové materiály. Například rámy a těla zbraní jsou již převážně plastové a výrobní značení do plastu vypálené laserem. U motorových vozidel a motocyklů zase pachatelé, vzhledem ke snadné dostupnosti originálních dílů místo měnění či pozměňování identifikačních výrobních znaků, raději mění celé karosářské díly a celé komponenty vozidla, a pak už je velmi těžké vozidlo identifikovat.



## ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se snažil obecně popsat metody ke zjišťování a zkoumání vad kovových materiálů a přiblížit využití těchto metod v kriminalistickém zkoumání zejména při odstranění vyražených výrobních identifikačních znaků do kovového materiálu.

V úvodní a obecné části práce stručně mapuji historický vývoj a rozvoj jednotlivých metod zjišťování a zkoumání vad kovových materiálů, které jsou spojeny zejména s rozvojem průmyslové a strojní výroby, kdy v další fázi přecházím již ke konkrétním defektoskopickým a metalografickým metodám zkoumání vad kovových materiálů.

Za nejvýznamnější oblast kriminalistického zkoumání vad kovových materiálů považuji zviditelňování pozměněných nebo odstraněných vyražených výrobních znaků do kovového materiálu pomocí metod defektoskopické a metalografické expertízy. Použité druhy metod a jejich uplatnění popisují v praktické části této práce. Tyto metody se nejčastěji uplatňují při identifikaci věcí v rámci objasňování krádeží, kde jsou identifikační znaky věcí vyraženy do kovu (motorová vozidla v podobě čísel VIN, jízdní kola, střelné zbraně atd.).

Způsoby páchaní zmiňované trestné činnosti také procházejí vývojem a zdokonalováním. Zpočátku se vyražené znaky nejčastěji vybrušovaly, následně se přerazily nebo se vyřezaly, a celé části se pak převařily vyraženým identifikačním znakem. V současné době již dochází k výměně celých dílů dané věci, a proto je pak už náročné konkrétní věc identifikovat. Jelikož postupy ze strany pachatelů jsou čím dál víc propracovanější, je nutné neustále vylepšovat metody a postupy zkoumání vedoucí k jejich odhalení.

Cílem mé bakalářské práce bylo rozšířit u složek Policie ČR povědomí o problematice kriminalistického zkoumání vad kovových materiálů a jeho využití v kriminalistické praxi při identifikaci věcí. Naplnění cíle této práce bylo dle mého názoru dosaženo, a to jak v teoretické části, kde jsem se snažil čtenářům přiblížit tuto technicky složitou problematiku, tak i v části praktické, kde jsem názorně ukázal využití metod, které zjišťují a zkoumají vady kovových materiálů při

objasňování trestních věcí. Řadovým policistům by tato práce mohla pomoci do problematiky více proniknout a pochopit základní principy kriminalistického zkoumání v této oblasti.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### *Monografie*

1. PORADA, Viktor a kolektiv. *Kriminalistika Technické, forenzní a kybernetické aspekty 2 aktualizované a rozšířené vydání*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2016, 2019. ISBN 978-80-7380-741-2.
2. STRAUS, Jiří a kolektiv. *Kriminalistická technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2005. ISBN 80-86898-18-0.
3. STRAUS, Jiří a kolektiv. *Kriminalistická technika*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-052-9.
4. STRAUS, Jiří a kolektiv. *Úvod do kriminalistiky*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Aleš Čeněk, 2006. ISBN 80-86898-95-4.
5. MUSIL, Jan, KONRÁD Zdeněk, SUCHÁNEK Jaroslav. *Kriminalistika*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2004. ISBN 80-7179-878-9.
6. RYBÁŘ, Miroslav. *Kriminalistická metalografie*. Praha: Kriminalistický ústav Veřejné bezpečnosti, 1985. čj. VB/F-219/KÚ-84.
7. MÍŠEK, Bohumil, PTÁČEK Luděk. *Defektoskopie a provozní diagnostika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992. ISBN 80-214-0425-6.
8. SKÁLOVÁ, Jana, KOVAŘÍK Rudolf, BENEDIKT Vladimír. *Základní zkoušky kovových materiálů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010. ISBN 978-80-7043-417-8.

### *Časopisy*

1. OČKAY, Štefan, KNOP Ladislav, MAYER Jaroslav. Defektoskopická a metalografická expertíza – identifikace vozidel. *Kriminalistika*. 2004, roč. 37, č. 2, ISSN 1210-9150.
2. HRDÝ, Pavol. Prevádzková havária VTL Plynovodu – Slanec 2008. *Kriminalistický sborník*. 4/2011, roč. LV, KS201104006.

## **Internet**

1. STRAUS, Jiří, SUCHÁNEK Jaroslav PORADA Viktor. *Kriminalistické stopy obsahující informaci o vlastnostech vnitřní stavby (struktury) nebo vnitřního složení objektu*. Soudní inženýrství [online] 2004 č. 3. [cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-03-131-145.pdf>.
2. Produkty pro forenzní vyšetření. *Forensic.cz* [online], [cit. 15. 11. 2021], Dostupné z: [https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic).
3. Policie.cz: *Expertní obory online* [online]. [cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/celorepublikove-utvary-kriminalisticky-ustav-praha-zpravodajstvi-test-1.aspx>.
4. Krimi-servis.cz: *Služby v oblasti kriminalistiky* [online] [cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: [http://www.krimi-servis.cz/?page\\_id=7havlicek](http://www.krimi-servis.cz/?page_id=7havlicek).
5. Bvd-ndt.cz. *Zkoušky vířivými proudy* [online], [cit. 15. 11. 2021], Dostupné z: <https://www.bvd-ndt.cz/neakreditovane-zkousky/et-zkouseni-virivymi-proudy/>.
6. Ndtsevis.cz *Nedestruktivní zkoušení* [online]. 2005, [cit. 15. 11. 2021], Dostupné z: <http://www.ndtsevis.cz/web/index.php/cz/nedestruktivni-zkouseni/vizualni-metoda>.
7. Produkty pro forenzní vyšetření. *Forensic.cz* [online], [cit. 15. 01. 2022], Dostupné z: [https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic).
8. VÍTÁMVÁS, Zdeněk. *Moderní diagnostické metody používané v defektoskopii*. [online]. Brno: 2009 [cit. 15. 11. 2021]. *Bakalářská práce*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=15173](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15173).
9. KRYSTÝNOVÁ, Michaela. *Metalografie korozivzdorných ocelí* [online]. Brno: 2014, [cit. 15. 11. 2021]. *Bakalářská práce*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Vedoucí práce Ing. Martin Zmrzlý, Ph.D. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=82948](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=82948).

10. PANCA, Lukáš. *Kriminalistické zkoumání vad kovových materiálů* [online] Zlín 2008: *Bakalářská práce* [cit. 15. 11. 2021]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce JUDr. Vladislav Štefka. Dostupné z: [https://theses.cz/id/uus7ht/?lang=cs;zoomy\\_is=1](https://theses.cz/id/uus7ht/?lang=cs;zoomy_is=1).

### **Osobní návštěva**

1. Odboru kriminalistické techniky a expertíz Brno.

### **Obrázky**

1. Obrázek č. 1 - Přímá vizuální kontrola: zjištěná vada – povrchové póry ve svaru. Zdroj: autor práce
2. Obrázek č. 2 - Nepřímá vizuální kontrola za použití endoskopu: zjištěná vada povrchové opotřebení materiálu.  
Zdroj: [http://www.technotest.cz/prohlidka\\_vnitrnich\\_povrchu](http://www.technotest.cz/prohlidka_vnitrnich_povrchu).
3. Obrázek č. 3 - Penetrační (kapilární) zkouška se zřetelně viditelnou vadou (trhlinou v materiálu).  
Zdroj: [http://www.technotest.cz/images/obr/zkouska\\_kapilarni\\_01.jpg](http://www.technotest.cz/images/obr/zkouska_kapilarni_01.jpg).
4. Obrázek č. 4 - Přístroj pro provádění zkoušky ultrazvukovou metodou.  
Zdroj: <http://www.ndtservis.cz/web/index.php/cz/nedestruktivni-zkouseni/ultrazvukova-metoda-ut-emat>.
5. Obrázek č. 5 - Základní zjednodušené schéma principu prozařovací metody.  
Zdroj: autor práce.
6. Obrázek č. 6 - Základní schéma znázorňující postup přípravy vzorku (výbrusu).  
Zdroj: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Metalografie%20I.pdf?redirected>.
7. Obrázek č. 7 - Ukázka komparace výrobních stop na povrchu měděného drátu.  
Zdroj: [https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic).
8. Obrázek č. 8 - Hardwarová sestava pro zkoumání stop LUCIA ToolScan.  
Zdroj: [https://www.forensic.cz/cs/products/lucia\\_forensic](https://www.forensic.cz/cs/products/lucia_forensic).

9. Obrázek č. 9 - Ukázka částečně vypilovaného vyraženého výrobního čísla na rámu jízdného kola.  
Zdroj: <https://prazsky.denik.cz/zlociny-a-soudy/podezrele-chytili-pri-brouseni-vyrobnich-cisel-kol-20150604.html>.
10. Obrázek č. 10 - Ukázka přeřazeného čísla VIN na karosérii u motorového vozidla. Zdroj: SEĎA Marek, OKTE Brno.
11. Obrázek č. 11: El. úhlová ruční bruska. Zdroj: autor práce.
12. Obrázek č. 12: El. přímá ruční bruska. Zdroj: autor práce.
13. Obrázek č. 13 - Ukázka zviditelnění odstraněných vyražených výrobních znaků na zbrani. Zdroj: Seďa, OKTE Brno.
14. Obrázek č. 14 - Předmětný motocykl SUZUKI SV 650 S. Zdroj: (Smejkal, OKTE Brno).
15. Obrázek č. 15 - Foto vybroušeného identifikačního čísla na rámu motocyklu bez patrných výrobních identifikačních znaků. Zdroj: Smejkal Lubomír OKTE Brno.
16. Obrázek č. 16 - Foto vybroušeného identifikačního čísla na rámu motocyklu bez patrných výrobních identifikačních znaků. Zdroj: Smejkal Lubomír OKTE Brno.
17. Obrázek č. 17 - Chemickým leptáním zviditelněné odstraněné výrobní číslo z rámu motocyklu. Zdroj: Smejkal Lubomír OKTE Brno.