

# Využití nedestruktivních zkoušek v hodnocení kvality výrobků.

Pavol Kurej

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavol Kurej**  
Osobní číslo: **T11318**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Využití nedestruktivních zkoušek v hodnocení kvality výrobků.**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma.
2. Příprava zkušebních těles pro experiment.
3. Provedení experimentu.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. David Maňas, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **30. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2015**

Ve Zlíně dne 9. února 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 11. 5. 2015



.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá využitím nedestruktivního zkoušení materiálů. Jsou zde popsány metody nedestruktivního zkoušení materiálů a typy vad zjistitelné těmito nedestruktivními metodami. Praktická část zahrnuje praktické příklady vybraných metod nedestruktivního zkoušení.

Klíčová slova:

nedestruktivní zkoušení, vizuální metoda, kapilární metoda, magnetická prášková metoda, prozařovací metoda, ultrazvuková metoda, vady materiálů, management kvality

## **ABSTRACT**

This work deals with the use of non-destructive testing of materials. There are described methods of non-destructive testing of materials and types of defects detectable by non-destructive methods. The practical part includes practical examples of selected NDT methods.

Keywords:

non-destructive testing, visual method, dye penetrant method, magnetic particle method, radiographic method, defects in materials, quality management

Na tomto místě patří mé poděkování moji manželce, mým dětem a všem známým, za jejich podporu a pomoc během celého studia, tak i při psaní této práce.

Dále patří mé poděkování Doc. Ing. Davidovi Maňasovi Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a připomínky, kterými přispěl k realizaci mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a všechny zdroje, z nichž jsem v průběhu psaní čerpala, jsou uvedeny v seznamu literatury. Zároveň prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## Obsah

<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ JAKO INFORMAČNÍ ZDROJ         KVALITY V SYSTÉMU MANAGEMENTU JAKOSTI .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 DEFINICE NEDESTRUKTIVNÍHO ZKOUŠENÍ.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 VYBRANÉ KAPITOLY Z HISTORIE NEDESTRUKTIVNÍHO         ZKOUŠENÍ.....</b>	<b>12</b>
1.3.1 ZKOUŠENÍ PROZAŘOVÁNÍM .....	12
1.3.2 ZKOUŠENÍ MAGNETICKOU METODOU PRÁŠKOVOU .....	13
1.3.3 ZKOUŠENÍ KAPILÁRNÍ METODOU .....	13
<b>2 ZÁKLADNÍ METODY A TECHNIKY .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 VIZUÁLNÍ METODA .....</b>	<b>15</b>
2.1.1 PŘÍMÁ VIZUÁLNÍ KONTROLA .....	16
2.1.2 NEPŘÍMÁ VIZUÁLNÍ KONTROLA .....	16
2.1.3 PROVEDENÍ VIZUÁLNÍ KONTROLY .....	17
2.1.4 OSVĚTLENÍ PŘI VIZUÁLNÍ KONTROLE .....	18
2.1.5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PROVEDENÍ VIZUÁLNÍ KONTROLY .....	18
2.1.6 HODNOCENÍ VAD PŘI VIZUÁLNÍ KONTROLE .....	18
<b>2.2 KAPILÁRNÍ METODY .....</b>	<b>19</b>
2.2.1 PRINCÍP KAPILÁRNÍ METODY .....	19
2.2.2 ROZDĚLENÍ KAPILÁRNÍCH METOD .....	20
2.2.3 KAPILÁRNÍ PROSTŘEDKY .....	20
2.2.4 POSTUP KAPILÁRNÍ ZKOUŠKY .....	21
<b>2.3 MAGNETICKÁ METODA PRÁŠKOVÁ .....</b>	<b>22</b>
2.3.1 PRINCIP METODY .....	22
2.3.2 ZÁKLADY TEORIE MAGNETICKÉ METODY .....	23
2.3.3 ZPŮSOBY MAGNETIZACE .....	26
2.3.4 DRUHY MAGNETIZAČNÍHO PROUDU [1] .....	28
2.3.5 DRUHY DETEKČNÍCH PROSTŘEDKŮ .....	29
2.3.6 DRUHY MAGNETOVACÍCH ZAŘÍZENÍ .....	30
2.3.7 ZKUŠEBNÍ POSTUP A HODNOCENÍ VÝSLEDKU.....	33
<b>2.4 METODA PROZAŘOVÁNÍM [1,3] .....</b>	<b>34</b>



2.4.1	PRINCIP PROZAŘOVACÍ METODY .....	34
2.4.2	VZNIK RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ A GAMA ZÁŘENÍ .....	36
2.4.3	TEORIE RADIOGRAFICKÉHO KONTRASTU .....	38
2.4.4	VLASTNOSTI FILMU A TYPY FILMU .....	40
2.4.5	ZPRACOVÁNÍ FILMU A PROHLÍŽENÍ .....	41
2.4.6	ZJISTITELNOST VAD NA RADIOGRAMU .....	43
2.4.7	VYHODNOCENÍ RADIOGRAMU .....	44
<b>3</b>	<b>VADY MATERIÁLU A VÝROBKU .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>DEFINICE VAD VÝROBKŮ .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>NÁZVOSLOVÍ A TRŽDĚNÍ VAD .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>CHARAKTERISTIKA NECELISTVOSTI A MAKROSKOPICKÝCH VAD, VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....</b>	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>VADY MAKROSTRUKTURY .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>NEDEŠTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY V SYSTÉMU MANAGMENTU KVALITY VÝROBY .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1</b>	<b>OBECNÉ POŽADAVKY NA SYSTÉMY MANAGEMENTU KVALITY .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>POŽADAVKY NA ZPŮSOBILOST ZKUŠEBNÍCH LABORATOŘÍ .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3</b>	<b>AKREDITACE NDT ZKUŠEBNÍ LABORATOŘE .....</b>	<b>54</b>
<b>4.4</b>	<b>KVALIFIKACE A CERTIFIKACE NDT PERSONÁLU DLE EN ISO 9712 (EN 473) .....</b>	<b>54</b>
<b>4.5</b>	<b>KVALIFIKACE A CERTIFIKACE ZAMĚSTNAVATELEM, SNT-TC- 1A .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6</b>	<b>SYSTÉM NDT DOKUMENTACE – OBSAH ZÁKLADNÍ DOKUMENTY .....</b>	<b>55</b>
	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>PRAKTICKÉ PROVEDENÍ NDT METOD NA ZKUŠEBNÍCH VZORCÍCH PROVEDENÝCH V LABORATOŘÍ FIRMY TESIYO. CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁ</b>	
<b>5.1</b>	<b>VIZUÁLNÍ KONTROLA – VT. ....</b>	<b>57</b>
<b>5.2</b>	<b>KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA - PT .....</b>	<b>70</b>
<b>5.3</b>	<b>MAGNICKÁ ZKOUŠKA PRÁŠKOVOU METODOU. - MT .....</b>	<b>82</b>
<b>5.4</b>	<b>RADIOGRAFICKÁ ZKOUŠKA - RT .....</b>	<b>93</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>100</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>102</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>103</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>104</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>109</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>110</b>



## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ÚVOD

### 1.1 Nedestruktivní zkoušení jako informační zdroj kvality v systému managementu jakosti

Historie pole působení nedestruktivního zkoušení je historií, na kterou můžeme být hrdi. Tato technologie pochází z dědictví, jehož prospěch lidstvu spočívá v tom, že zabránilo neštěstím a katastrofám a tak zachránilo mnoho lidských životů a zabránilo nespočetným zraněním. Uchránilo rovněž nejužitečnější díla tvůrčích lidí a prodloužilo jejich použití několika generací. Tyto metody nám dávají možnost bezpečného cestování, práce v tvůrčích zaměstnáních a produktivních odvětvích průmyslu, v důvěru v naše životní prostředí a možnost užitečného přispění celému lidstvu bez obav a katastrof. Velká většina lidí u nás si naprosto není vědoma toho, jak obrovský prospěch máme z praxe nedestruktivního zkoušení a považují je za samozřejmost. Avšak tehdy, dojde-li ke katastrofě následkem toho, že člověk nevyužil správně a dostatečně nedestruktivních zkoušek k zajištění bezpečnosti a zanedbají-li vedoucí pracovníci svou odpovědnost za posazení požadavků bezpečnosti, dochází k tragédiím, které nebyli nutné.[1]

Velcí vědci 18. a 19. století nám objevili mnoho fyzikálních zákonů, kterých dnes využíváme v nedestruktivním zkoušení. Byli to lidé čestní a bezúhonní, kteří hledali vědeckou pravdu a prověřovali její platnost. Fourier, Newton, Hughes, Faraday, Maxwell, Rayleigh, Röntgen, Curieovi, Hertz, Einstein a vědci začátku 20. století, např. Rutheford, Edison, Lungmuir, Coolidge, Sperry, Fermi a fyzikové z doby ještě nedávnější nám poskytli bohaté zdroje a teorie, které jsou základem nedestruktivního zkoušení. [1]

Rozhodující význam mají tzv. defektoskopické zkoušky, prostřednictvím kterých možno v průběhu výrobního procesu nebo přímo provozu detekovat nepřipustné chyby výrobku narušující celistvost materiálů. Nedestruktivní zkoušení materiálu má významný úkol v systému managementu jakosti výrobního procesu a jeho cílem je hlavně včasné zjištění nepřipustných chyb ve výrobku, které by mohli znemožnit anebo významně ovlivnit jeho optimální využití, anebo vyvolat po určité době provozu poruchu anebo dokonce havárii konstrukce.[2]

### 1.2 Definice nedestruktivního zkoušení

NDT zahrnuje metody používané pro zkoušení určitého produktu nebo materiálu nebo systému, aniž by se narušila jejich budoucí použitelnost nebo ovlivnila schopnost plnit předpokládanou funkci. Hlavním cílem je zjišťování vnějších nebo vnitřních vad. [1]

Nedestruktivní zkoušení je částí kontroly kvality výrobku a to jak v předvýrobní fázi a výrobní fázi, tak i v provozu. Slouží k zajištění bezpečnosti a spolehlivosti v různých odvětvích průmyslu, jako např. v energetice, v chemickém průmyslu, dopravě, v leteckém průmyslu atd. [1]

Defektoskopické metody zjišťují vady většinou nepřímo, za pomoci fyzikální veličiny, která v interakci s prostředím mění své parametry. Změna parametrů veličiny závisí na homogenitě prostředí, tj. zkoušeného materiálu. Anomálie ve zkoušeném materiálu způsobují lokální změny zkoušené veličiny. Měření a rozbor těchto změn je ekvivalentní zjišťování vad a stanovení jejich velikosti, tvaru, polohy a je základem metod nedestruktivního zkoušení. Základním kritériem pro rozlišení metod nedestruktivního testování je tedy použitá veličina, energie nebo látka. Obecně se však běžné používané defektoskopické metody dělí podle toho, zda jsou schopné identifikovat vady na povrchu nebo uvnitř materiálu nebo výrobku. [1]

### 1.3 Vybrané kapitoly z historie nedestruktivního zkoušení.

#### 1.3.1 Zkoušení prozařováním

Zkoušení materiálu prozařováním má svoje klasické základy v objevu W.C. Röntgena, objevu záření pronikajícího hmotami, tehdy svou podstatou zcela neznámého jevu. Historická noc z 8. na 9. listopadu 1895 se stala mezníkem fyziky, lékařství i atomistiky. profesor Röntgen objevil záření X, jak ho tehdy původně sám nazval. Na prvním rentgenovém snímku, který zveřejnil, byla ruka jeho choti se zlatým prstýnkem (obr. 1.1). Tento snímek pan profesor prezentoval na četných odborných setkáních se svými kolegy jak doma, tak i v zahraničí. Teprve později se zjistilo, že záření má i škodlivé účinky, a že může nevhodně a bohužel i nevratně poškodit jakýkoliv živý organismus.[1]

Historický piktoqram, jak se tenkrát nazýval radiogram hlavně brokovnice profesora Röntgena se stává prvním snímek dnešní moderní defektoskopie prozařováním a zahajuje tak pozdější řadu milionů technických radiogramů. V roce 1900 obdržel W. C. Röntgen Nobelovou cenu za fyziku. V roce 1913 sestrojil W. D. Coolidge vysoko vakuovanou rentgenku se žhavou spirálou na katodě. Asi od roku 1915 se začala zavádět průmyslová rentgenografie. W. P. Dawey se v roce 1915 se zabývá zkoušením ocelových odlitků. Tonamy sleduje zjišťování dutin v odlitcích. Zkoušení materiálu a výrobků prozařováním důkladněji propracovává v roce 1928 Berthold a otevírá tak cestu k dnešní technické rentgenologii. Kerst v roce 1941 staví první betatron na 2,2 MeV. Kolem roku 1930 byla v Německu technika rentgenového záření realizována Richardem Seifertem. Firma Richarda Seiferta dodnes vyrábí rentgenovou techniku a je součástí firmy



Obr. 1.1 Snímek ruky Berthy Röntgenové [1]

### 1.3.2 Zkoušení magnetickou metodou práškovou

Myšlenka použití magnetizmu ke zkoušení ferromagnetických materiálů je ještě starší než technika rentgenování. S prvním pokusem se setkáváme téměř před sto lety, kdy roku 1868 S. M. Saxby navrhl společnosti American Institution of Naval Architects, aby ocel pro hlavně děl a pušek zkoumala magneticky. Výsledky jeho pokusů a pokusů některých dalších badatelů upadly však v zapomenutí a trvalo značně dlouho, než původní myšlenka dospěla k plnému uplatnění. Nesporným krokem ku předu byl návrh přednesený roku 1912 americkým fyzikem C. W. Burrowsem na kongresu společnosti American Society for testing Materials. Předmětem tohoto návrhu byl požadavek, aby vedle mechanických zkoušek bylo též zavedeno též magnetické zkoušení materiálů. V roce 1917 Američan William Hoke se pokusil najít trhliny v barelech na střelný prach pomocí magnetických indikací. Skutečné průmyslové užití zavedli Viktor de Forest a Foster Doanepo roce 1929. V roce 1934 vytvořili společnost jménem Magnaflux, celosvětově známou až do dneška. V Německu v té době použil Berthol a Vaupel magnetickou metodu práškovou u kontroly svařovaných konstrukcí. U zrodu magnetické metody práškové stal rovněž Čech Ing. Karásek, Seifertův zástupce v Praze, který vyvinul řadu magnetizačních zařízení pod názvem INKAR, jenž se rozšířily do celého světa. Výroba těchto zařízení včetně ultrazvukových převzala firma Laboratorní přístroje V Chotunicích u Kolína. [1]

### 1.3.3 Zkoušení kapilární metodou

Zkoušení kapilární metodou začalo v 2 polovině 19. století. Už za císaře Franze Josefa I. se v rozvíjejícím průmyslu tehdejšího Rakouska-Uherska začala používat kontrolní metoda, nazývaná petrolejová zkouška. První, kteří použili metodu „petrolej-bělení“ pro zjišťování trhlin v železničních součástech nejsou známi. Metoda byla nahrazovaná magnetickou metodou práško-

vou. Těsně před a během 2. Světové války rychle rostoucí letecký průmysl používal stále více ne-magnetických lehkých kovů, které nemohli být zkoušeni magnetickou metodou práškovou. Tak na sobě nezávisle Magnaflux společně s bratry Switzrovými v USA, Brent Chemicals v Anglii a Klumpf v Německu začali produkci Fluorescenčních a barevných detekčních tekutin. [1]

## 2 ZÁKLADNÍ METODY A TECHNIKY

NDT je většinou definováno sestavením seznamu metod nebo klasifikováním různých technik. Tento přístup k NDT je praktický v tom, že příznačně vyzdvihuje do popředí metody užívané v průmyslu. Ve většině příruček NDT se slova metoda používá pro skupinu zkušebních technik, které sdílejí určitou formu sondování. Ultrazvuková zkušební metoda např. využívá akustické vlny rychlejší než zvuk. Infračervené a termální a radiografické zkoušení jsou dvě zkušební metody, jež využívá elektromagnetickou radiaci, každá v určeném rozsahu vlnové délky. [1]

### Rozdělení NDT metod:

#### a) Pro zjišťování povrchových vad:

- Vizuální metoda VT
- Kapilární metoda PT
- Magnetická metoda MT
- Metoda vířivých proudů MPI

#### b) Pro zjišťování vnitřních vad:

- Radiologická metoda RT
- Ultrazvuková metoda UT
- Metoda vířivých proudů MPI
- Magnetická metoda MT.

My se budeme zabírat těmito základními metodami: vizuální metoda, kapilární metoda, magnetické prášková metoda a metoda prozařováním. K jednotlivým těmto metodám se budeme věnovat podrobněji.

### 2.1 Vizuální metoda

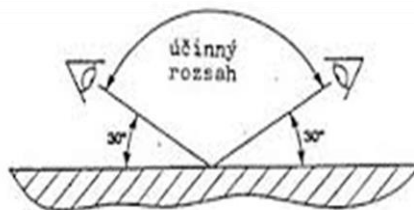
Vizuální kontrola je nejstarší a nejjednodušší nedestruktivní kontrola. Vizuální kontrola je základnou metodou pro zjišťování povrchových vad a odchylek tvaru. Slouží na vyhledávání a vyhodnocování viditelných kvalitativních vlastností a nehomogenit zkoušeného povrchu prostřednictvím zrakového orgánu- lidského oka. Vizuální kontrola zpravidla předchází zkouškám jinými metodami. Výhodou metody je skutečnost že informace o vadách materiálů a výrobků se získávají bezprostředně. Metoda VT je využívána při klasické NDT kontrole, kdy hledáme vady jako třeba trhliny, zápaly, povrchové póry, dále zjišťujeme tvarové odchylky - měříme a hodnotíme lineární



přesazení, převýšení kořene svaru, přesazení forem u odlitku, dále kontrolujeme stav povrchu. Jedná se o NDT metodu, která je plnohodnotná ve srovnání s ostatními NDT metodami (např. RT, PT,...) a ve svém rozsahu dokonce překračuje rámec použití ostatních NDT metod. Všeobecně lze vizuální kontrolu rozdělit do dvou základních kategorií pro její provedení a to na přímou a nepřímou, pokud se používá pro stanovení shody výrobku se specifikovanými požadavky. [1], [2]

### 2.1.1 Přímá vizuální kontrola

Je definovaná jako kontrola, při které není přerušena optická dráha mezi okem pozorovatele a kontrolovanou plochou. Provádí se bez pomůcek nebo při použití jednoduchých optických pomůcek (např. lupa, zrcátko, endoskop s pozorováním obrazu přímo v okuláru přístroje). Používá se v případě, kdy je dostatečný přístup ke kontrolovanému povrchu pro oči ve vzdálenosti méně než 600 mm a pod uhem ne menším než  $30^\circ$  (obr. 1.2). Podmínkou pro použití je dobrá zraková schopnost pracovníka, dostatečné osvětlení kontrolovaného povrchu o minimální intenzitě 500 luxů.[1]



Obr. 2.1 Podmínky pro vizuální kontrolu [http //www.google.cz/](http://www.google.cz/)

### 2.1.2 Nepřímá vizuální kontrola

Nepřímá vizuální kontrola se používá v případě, kdy není možné provést přímou vizuální kontrolu a to jednak z důvodu nepřístupnosti nebo z důvodu bezpečnosti. Nepřímá vizuální kontrola je definovaná jako kontrola, při které je optická dráha mezi okem pozorovatele a kontrolovanou plochou přerušena. [1] Tato metoda vyžaduje speciální zařízení - optické nebo optoelektrické přístroje a zařízení endoskopy, optická zařízení a to ve spojení s kamerou, fotopřístrojem. Musí se však prokázat, že použitý systém pro nepřímou vizuální kontrolu je vhodný. [1]



Obr. 2.2 Ohybný endoskop //www.google.cz/

### 2.1.3 Provedení vizuální kontroly

Spolehlivé provedení vizuální kontroly je dáno viditelností detailu, to znamená stupněm rozlišitelnosti objektů a jejich vnímání. Při vizuální kontrole je tento pojem myšlen především z hlediska rozlišitelnosti blízko sebe ležících objektu. Viditelnost detailu závisí kromě psychické a fyzické vlastnosti vidění na řadě faktorů jako jsou:

- kontrast
- jas
- doba prohlížení
- barva
- rozměry objektu
- ostrost obrysů objektu
- podmínky osvětlení

Každý z těchto faktorů má svůj absolutní práh vidění. Pod tímto prahem však nemůže být objekt viděn i v případě, že ostatní faktory jsou příznivé. Například při nízkém jasu nebo kontrastu nelze objekt učinit viditelným žádným zvětšením nebo prodloužením doby prohlížení. [1]

Viditelnost blízko sebe ležících objektů však závisí také na umístění zdrojů světla, spektrálním složení jejich světla, únavě pracovníka, stupni adaptace očí na dané osvětlení a podmínkách na pracovišti. [1]

Aby lidské oko mohlo anomálie na povrchu rozlišit, musí být na kontrolovaném povrchu zajištěn dostatečný kontrast mezi hledanými vadami a povrchem objektu. Kontrast může být vyvolán buď

rozdíly v jasů, nebo rozdíly v barvě. Při rozdílu v jasů se dvě záření, které vyvolávají vjem vidění barevně shodují, ale liší se pouze jasem. Při rozdílu v barvě, se rozlišují svou barevností.

#### 2.1.4 Osvětlení při vizuální kontrole

Základním požadavkem na provedení jakékoliv vizuální kontroly je dostatečné osvětlení kontrolovaného povrchu denním nebo umělým světlem. Použitý zdroj světla je rovněž závislý na hodnotě kontrastu poskytovaný povrchem kontrolovaného objektu. Např. u povrchu s velkým kontrastem a velkými detaily postačuje běžné světlo. Při nižších hodnotách osvětlení, naopak povrch s malým kontrastem a malými detaily vyžaduje obvykle lokální osvětlení a o značné hodnotě osvětlení. Při jakékoliv činnosti je však nutné věnovat pozornost směru osvětlení a zabránit nepříznivému oslnění. [1]

#### 2.1.5 Faktory ovlivňující provedení vizuální kontroly

- **vlastnosti materiálu:** čistota povrchu, základním požadavkem je čistota povrchu, tzn. odstranění všech nečistot z pozorovaného povrchu, které mohou zakrýt případné povrchové vady.
- **barva světla:** pro zjištění vad má významnou roli barva dopadajícího světla, barva světla může zvýšit kontrast a naopak tlumené světlo světelného zdroje může snížit barvu
- **textura povrchu:** textura povrchu kontrolovaného materiálu je důležitá pro množství a kvalitu odraženého světla do očí kontrolora. Velmi hladký povrch může nepříjemně oslňovat a naopak značně drsný povrch může vyžadovat speciální osvětlení,
- **únava pracovníka**

#### 2.1.6 Hodnocení vad při vizuální kontrole

Hodnocení vad při vizuální kontrole jakéhokoliv výrobku je subjektivní a vyžaduje zkušenosti, dobré zrakové schopnosti pracovníka a dobré osvětlení, aby se dosáhlo srovnatelných a objektivních výsledku kontroly. [1]

Při vizuální kontrole jakéhokoliv výrobku se hodnocení vad většinou provádí:

- prohlídkou a porovnáváním podle vnějších znaků vad, např. porovnáním s reprezentativními vadami, nebo podle katalogu vad, srovnávacích etalonů vad, prohlídkou a měřením parametrů vad podle stanovených pravidel (norma, předpis, specifikace apod. [1]

## 2.2 Kapilární metody

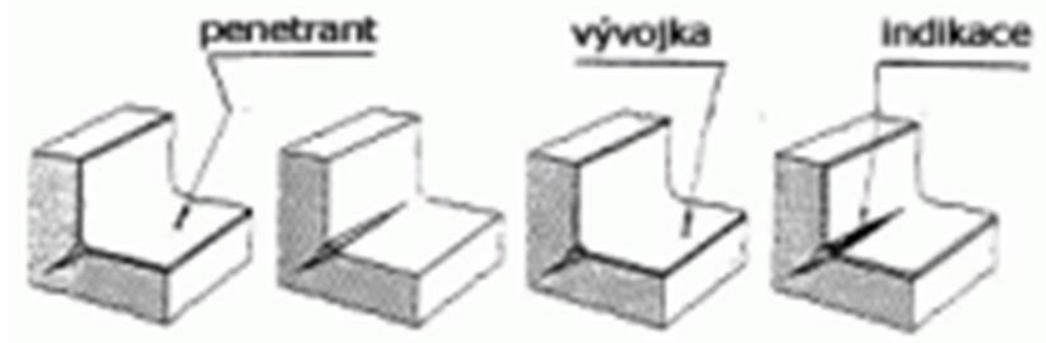
Kapilární metoda se používá jako nedestruktivní způsob zkoušení ke zjišťování necelistvostí otevřených na povrch zkoušeného předmětu, jako jsou trhliny, praskliny, přeložky, zavaleniny, zdvojeniny, póry aj. Vhodná kapalina (penetrant) se nanese na zkoušený povrch a nechá se vnikat do necelistvostí. Po vniknutí do necelistvostí se přebytečný penetrant z povrchu odstraní a nanese se vývojka. Vývojka působí jako absorbent, jenž nasává penetrant, který vnikl do necelistvostí. Tato metoda umožňuje zjistit povrchové vady pouhým zrakem neviditelné. [1]

Kapilární metody využívají kapilárních vlastností určitých kapalin (penetrantů) ke zjišťování otevřených povrchových vad materiálu, jako jsou např. trhliny, póry, apod. Použití těchto metod na zjištění vnitřních vad, které nejsou spojeny se zkoušeným povrchem, není možné. Výhodou metody je použitelnost pro všechny nesavé materiály bez povrchové vrstvy, citlivost na malé necelistvosti, požadavek minimální zkušenosti na zkušebního pracovníka. Nevýhodou metody je, že ji lze vyhodnocovat pouze otevřené povrchové necelistvosti, nutnost přípravy zkoušeného objektu, zdlouhavost metody. [1]

### 2.2.1 Princíp kapilární metody

Princíp kapilární metody je založen na využití smáčivosti a vzlínivosti vhodných detekčních kapalin (penetrantů), a dále na jejich barevnosti či fluorescenci.

Na připravený (očištěný, odmaštěný a vysušený) zkoušený povrch součásti se nanese kapalina vhodných vlastností - penetrant. Po určitou dobu se ponechá tento penetrant působit - vniká do případných necelistvostí. Po ukončení penetračního času se přebytek penetrantu ze zkoušeného povrchu odstraní a nanese tzv. vývojka. Vývojka působí jako absorbent ("píják"), nasává penetrant, který vnikl do necelistvostí a zároveň vytváří kontrastní pozadí. Při následné inspekci jsou posuzovány dvojrozměrné indikace zjištěných necelistvostí. Tato metoda umožňuje zjistit povrchové vady, které jsou pouhým zrakem neviditelné. Indikace se hodnotí na základě vizuálního vjemu barevného nebo jasového kontrastu. Detekční schopnost metody začíná při šířce vady jednotek tisícín milimetru (v závislosti na drsnosti povrchu, druhu přítomných vad, použité citlivosti zkušebního procesu apod. [1]



Obr. 2.3 princip kapilární metody

### 2.2.2 Rozdělení kapilárních metod

Kapilární metody se rozdělují z hlediska druhu vytvořené indikace a způsobu jejího hodnocení na:

- a) indikace (většinou červené na bílém podkladě).
- b) Metoda fluorescenční – přítomnost vady se po ozáření zkoušeného povrchu ultrafialovým zářením (tzv. černým světlem) projevuje světélkující indikací (žlutozelené nebo modrozelené světélkování).
- c) Metoda dvouúčelová – přítomnost vady se projevuje v závislosti na druhu použitého osvětlení (bílé nebo UV světlo) buď barevnou, nebo fluorescenční indikací.
- d) Metoda barevné indikace – přítomnost vady se projevuje vytvořením kontrastní barevné [1]

### 2.2.3 Kapilární prostředky

Kapilární prostředky jsou činidla, která jsou potřebná pro provedení kapilární zkoušky. Rozdělují se na:

- 1) Penetranty (detekční kapaliny) – kapaliny, které jsou nanášeny na zkoušený povrch, aby vnikaly do jeho povrchových vad a po odstranění jejich přebytečného množství z povrchu materiálu pak kapalina, pak která zbyla ve vadách vzlíná a tyto vady zviditelňuje.
- 2) Vývojky – činidla, která jsou po odstranění přebytečného množství penetrantu nanášena na zkoušený povrch, kde napomáhají penetrantu vzlínat z vad a poté s ním společně vytváří kapilární indikaci.
- 3) Čističe a odmašťovače - čističe jsou kapaliny sloužící k odstranění penetrantu ze zkoušeného povrchu. Jejich základ tvoří organické rozpouštědlo, které bývá kombinováno s dalšími látkami (např. emulgátory) Odmašťovače jsou činidla, sloužící pro odstranění mastnoty (tuku nebo oleje) ze

zkoušeného povrchu před nanesením penetrantu. Jako odmašťovače se používají různá organická rozpouštědla (benzín, aceton aj.) nebo anorganické chemikálie (vhodně zředěný sodný nebo draselný louh).

4) Emulgátory – povrchově účinné látky, umožňující smísení látek, které jsou jinak nesmíselné. U kapilárních zkoušek emulgátory usnadňují odstranění přebytečného penetrantu ze zkoušeného povrchu. [1]

#### 2.2.4 Postup kapilární zkoušky

Postup při kapilární zkoušce se provádí v následujících základních krocích:

1) Příprav povrchu – spočívá v odstranění všech tuhých i kapalných nečistot ze zkoušeného povrchu a z necelistvosti, které se na něm nacházejí. Odstranění nečistot se dosahuje použitím ocelového kartáče, brusných papírů, broušením apod. Následně se zkoušený povrch odmastí a důkladně osuší, čímž se usnadní vnikání detekční kapaliny do povrchových necelistvostí. [1]

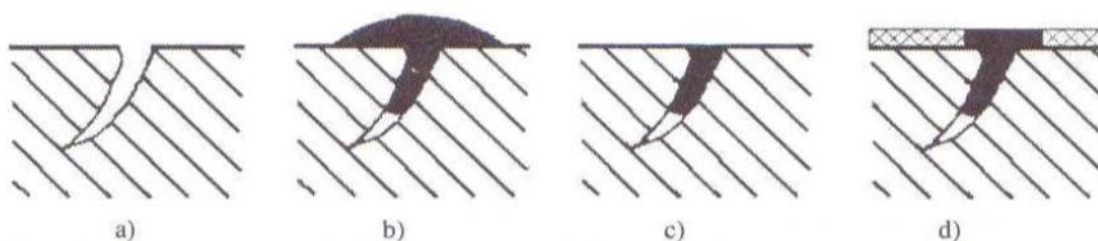
2) Nanesení detekční kapaliny (penetrace) – způsob nanášení detekční kapaliny závisí na rozměrech zkoušeného objektu. Při kontrole rozměrnějších objektů se kapalina nanáší nástřikem vzduchovou pistolí, sprejem ve formě aerosolu, fixírkou. Další možností je natírání penetrantu štětkou nebo polévání. Objekty menšího rozměru se ponořují do penetrační lázně. Doba penetrace potřebná pro vniknutí detekční kapaliny do případných necelistvostí se pohybuje v rozmezí 5 až 20 minut, v mimořádných případech (např. detekce jemných trhlin) až několik hodin. [1]

3) Odstranění přebytku detekční kapaliny – přebytečná detekční kapalina musí být odstraněna ze zkoušeného povrchu z důvodu, aby nevytvářela barevné nebo fluoreskující, které by mělo nepříznivý vliv na rozeznatelnost indikací vad. Volba způsobu odstranění závisí na chemickém složení detekční kapaliny a nesmí při něm dojít k vyplavení detekční kapaliny z necelistvostí. U detekční kapaliny obsahující emulgátor se přebytek odstraní oplachem jemným proudem vody, případně se povrch otře vlhkou houbou. Při použití penetrantu neobsahujícího emulgátor se nejprve přebytečné množství setře dobře sající látkou a poté se povrch opláchně vodou nebo speciálními čisticími prostředky. Po opláchnutí se povrch osuší textilní látkou, teplým vzduchem nebo použitím sálavého tepla. [1]

4) Aplikace vývojky – pracovní fáze, při které se na zkoušený povrch nanáší barevně kontrastní látka (vývojka). Podle formy, v jaké se vývojka nanáší, se rozlišuje i způsob aplikace. Vývojka ve formě prášku se nanáší buď ručním zaprašováním, nebo pomocí elektroakustické pistole. Tyto způsoby jsou používány zejména u fluorescenčních postupů. Vývojkou ve formě suspenze z vývojko-

vého prášku, který je rozptýlen v těkavé kapalině nebo ve vodě, se nanáší nástřikem. Používají se při hromadném zkoušení. [1]

5) Vyhodnocení zkoušky – provádí se pouhým okem nebo pomocí lupy. Při vyhodnocení zkoušky se povrch zkoušeného objektu prohlíží dvakrát. Poprvé se prohlíží ihned po nanesení vývojky, kdy se indikují velké vady. Podruhé po uplynutí určitého času (obvykle 10 – 30 minut), kdy se zjišťují jemné vady, které potřebují k vytvoření indikace delší dobu. U metody barevné indikace se povrch zkoušeného předmětu prohlíží v rozptýleném bílém světle a případná vada se projeví vznikem barevné indikace (červené na bílém pozadí). Vyhodnocení fluorescenční metody se provádí v zatemněném prostoru, kdy se zkoušený povrch prohlíží pod černým světlem ultrafialové lampy. Přítomné vady se projevují světélkováním, přičemž neporušený povrch se jeví jako temně modrofialový. [1]



Obr. 2.4 Kapilární zkouška: a) povrch po očištění, b) povrch po nanesení penetrantu, c) povrch po otření d) povrch po nanesení vývojky

## 2.3 Magnetická metoda prášková

MT je nejpoužívanější metodou nedestruktivního zkoušení materiálu (NDT). Hlavní aplikace jsou v automobilovém a leteckém průmyslu, dále v energetice a dopravě. Vzhledem ke své relativní jednoduchosti a nenáročnosti na provádění je jednou z nejdůležitějších metod i při servisu provozovaných zařízení. MT jsou zjišťovány povrchové a podpovrchové vady typu trhlin, prasklin, pórů, vměstků apod. feromagnetických materiálů (Fe). Pro jiné materiály než feromagnetické nelze MT použít. [1]

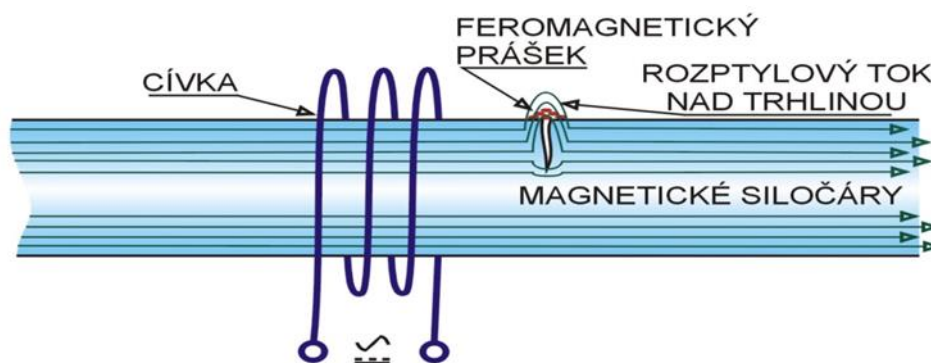
### 2.3.1 Princip metody

Metoda rozptylových toků také často označovaná Magnetická metoda prášková (z angl. Magnetic Particle Inspection – MPI) je principiálně velmi jednoduchá metoda. Jestliže máme feromagnetický materiál, v němž se vyskytují povrchové (nebo v blízkosti povrchu lokalizované trhliny), pak se při zmagnetování tohoto materiálu magnetickým polem vytvoří v místě trhlin magnetický rozptylový tok, vystupující z materiálu nad jeho povrch, a tento rozptylový tok je možné indikovat buď magnetickým práškem, nebo sondami. [1]

Výhodou této metody je jednoduchost, citlivost na malé nečistosti, snadná obsluha. Nevýhodou je její použitelnost pouze na feromagnetické materiály a není ji tedy možné aplikovat na materiály, jako jsou měď, hliník, titan apod. Další nevýhodou je, že citlivost metody je závislá na orientaci magnetického pole vůči vadě. [1]

Vhodným zmagnetováním feromagnetického materiálu dojde k jeho magnetickému nasycení. Případná vada v materiálu má jiné magnetické vlastnosti - většinou bývá nemagnetická (vzduch v trhlině, struska, plyn v póru). V místě vady dochází k deformaci magnetického pole, jeho siločáry vystupují nad povrch. Vzniká tzv. rozptylový magnetický tok, který je nositelem informace o místní změně magnetických vlastností. Na povrch materiálu se nanáší jemný feromagnetický prášek, jenž se magneticky přichytí na povrch, avšak pouze v místě rozptylového toku. Prášek na povrchu vytváří indikaci, zobrazující reliéf rozptylového toku způsobeného vadou. Indikace se hodnotí na základě vizuálního vjemu barevného nebo jasového kontrastu. Detekční schopnost metody začíná při šířce vady jednotek tisíců milimetrů. [1]

Takto vzniklý magnetický rozptylový tok se indikuje buď pomocí suchého feromagnetického prášku (barevný, fluorescenční) nebo detekční suspenzí, kterou tvoří feromagnetický prášek rozptýlený ve vhodné kapalině (řidký olej, voda nebo jiná kapalina). V místě, kde rozptylový tok vystupuje nad povrch materiálu, dochází k zachycování (hromadění) prášku a vykreslování obrysu vady (obr. 2.5). V oblastech mimo vadu se prášek nezachycuje, takže se vada lépe zviditelní. Výsledkem zkoušky se vyhodnocuje vizuálně. [1]



Obr. 2.5 Identifikace vady práškovou metodou

### 2.3.2 Základy teorie magnetické metody

Dnes víme, že vznik magnetického pole je spojen s přítomností pohybujících se elektrických nábojů a že je tedy všude tam, kde se vyskytuje elektrické pole.

V diferenciálním vyjádření:  $\text{rot}\vec{H} = \sigma \cdot \vec{E}$



V integrálním vyjádření:  $\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$

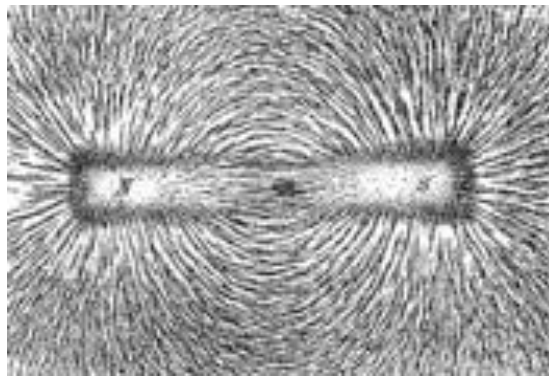
kde:  $\vec{H}$  a  $\vec{E}$  - jsou vektory elektrického a magnetického pole

$\sigma$  - měrná elektrická vodivost

Rot diferenciální operátor rotace

Rovnice popisuje tzv. zákon spjatého proudu. Intenzita magnetického pole  $H$ , příslušná jednotlivým elementům  $dl$  po integraci na uzavřené integrační křivce  $l$ , odpovídá součtu proudů, které jsou touto integrační křivkou obemknuty. [1]

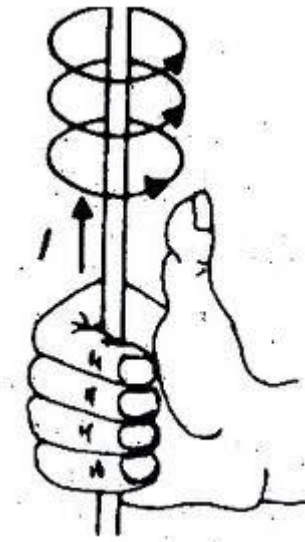
Magnetické pole kolem permanentních magnetů nebo kolem vodičů protékajících elektrickým proudem zobrazujeme pomocí magnetických indukčních čar. Jsou to spojnice míst se stejným silovým účinkem magnetického pole na magnetické částice např. magnetický prášek nebo na proudový element. Magnetické pole je pole vírové, na rozdíl od pole elektrostatického, tj. magnetické indukční čáry (někdy také nazývané magnetické siločáry) jsou vždy uzavřené křivky, nikdy se neprotínají, nikde nezačínají a nikde nekončí. Např. u permanentních magnetů vystupují ze severního pólu, rozprostírají se ve vnějším prostoru kolem magnetu, vstupují do jižního pólu a uzavírají se vnitřní částí materiálu magnetu. Pohled na rozprostřené pole kolem tyčového magnetu, zobrazené pomocí pilinek je na (obr. 2.6). [1]



Obr. 2.6 Zobrazení magnetického pole kolem tyčového magnetu

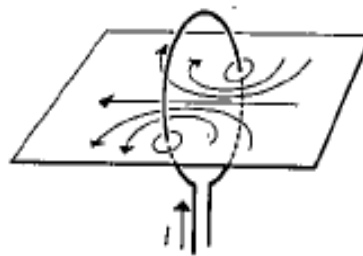
Magnetické pole přímého vodiče – výjimečná vazba mezi polaritou protékajícího proudu  $I$  a orientací vzniklého magnetického pole se řídí dohodnutými pravidly. Používá se zde tzv. pravidlo pravé ruky.

Toto pravidlo pro přímý vodič zní: položíme-li palec na vodič ve směru protékajícího proudu, pak zahnuté prsty ukazují orientaci (směr šipek na indukčních čarách) magnetického pole, tak jak je ukázáno na (obr. 2.7). Magnetické pole má v tomto případě tvar soustředných kružnic se středem v ose vodiče. [1]



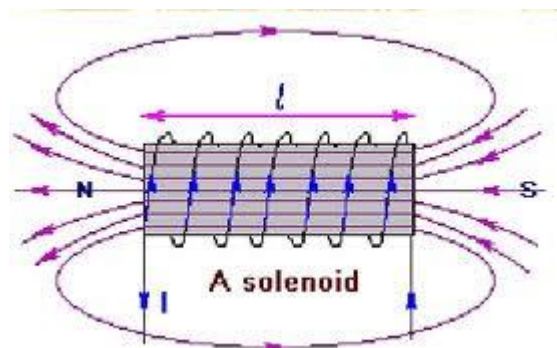
Obr. 2.7 pravidlo pravé ruky

Magnetické pole kruhového závitu – magnetické pole v okolí závitu není rovnoměrně rozloženo, jak patrně z ( obr. 2.8)



Obr. 2.8 Pole kruhového závitu

Magnetické pole solenoidu – jako stelenoid se označuje dlouhá válcová cívka, u níž je délka mnohem větší než její průměr  $l \gg 2a$ , a která je opatřena jen jednou vrstvou vinutí. Je zobrazená na (obr. 2.9).



Obr. 2.9 Válcová cívka - solenoid

Pole má nejvyšší hodnotu uprostřed cívky, v poměrně dlouhém úseku kolem středu se příliš nemění a u krajů cívky klesá na polovinu.[1]

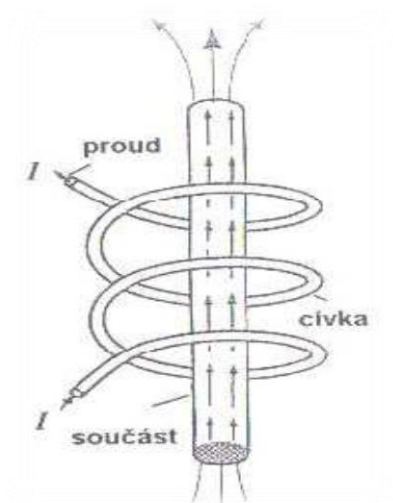
### 2.3.3 Způsoby magnetizace

Magnetizace zkoušeného objektu – aby se v místě vady vytvořilo rozptylové pole, musí se zkoušený objekt zmagnetovat a to nejlépe ve směru kolmém na směr zjišťované nečistvosti. Nečistvosti, které jsou rovnoběžné se směrem působícího magnetického pole nelze zjistit, protože nenarušují magnetické pole. Z tohoto důvodu je zapotřebí použít více způsobů zmagnetování, aby se dosáhlo co nejkolmějšího směru magnetického pole ke směru předpokládaných vad. Rozeznávají se tyto tři základní způsoby magnetizace:

a) Pólová (podélná) magnetizace – magnetický tok prochází zkoušeným objektem i mimo něj. V místech vstupu a výstupu magnetických siločar vznikají magnetické póly. Tento způsob magnetizace slouží ke zjišťování příčně orientovaných vad a realizuje se buď pomocí magnetizačního JHA (permanentní magnet, elektromagnet), (obr. 2.10) nebo cívkou (obr. 2.11). [1]

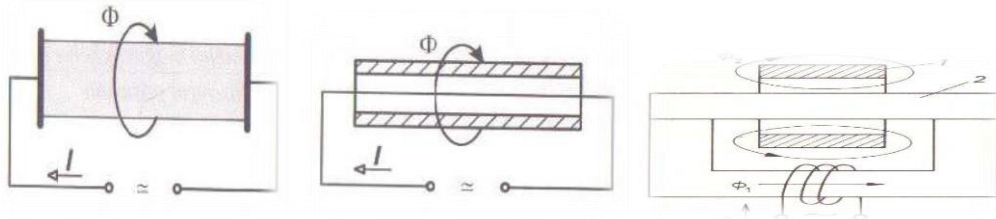


Obr. 2.10 Magnetování magnetizačním jhem [1]



Obr. 2.11 Pólová magnetizace cívkou

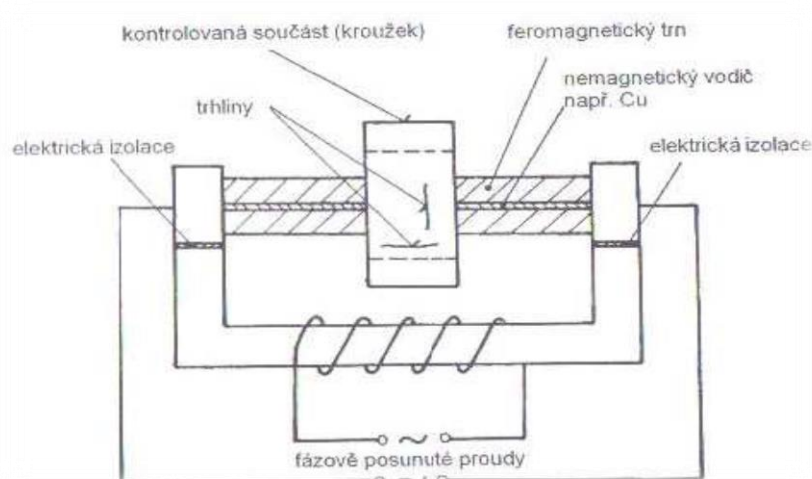
- a) Cirkulační (příčná) magnetizace – magnetický tok je uzavřen ve zkoušeném objektu a nedochází tedy ke vzniku výrazných magnetických pólů. Slouží k indikování podélně orientovaných vad. Cirkulační magnetizace může vzniknout přímým průchodem proudu zkoušeným objektem (obr.2 .12 a, b) a nebo indukcí proudu ve zkoušeném objektu (obr. 2.12 c).



Obr. 2.12 – Cirkulační (příčná) magnetizace Google

- a) průchodem proudu, b) pomocným vodičem, c) indukcí proudu,  
 $\Phi$  – magnetický tok,  $I$  – proud, 1 – zkoušený objekt, 2 – pomocné jho

- b) Kombinovaná magnetizace – spočívá v současné magnetizaci zkoušeného předmětu dvěma na sebe prostorově kolmými magnetizací zkoušeného předmětu dvěma na sebe prostorově kolmými magnetickými poli. Pomocí kombinované magnetizace lze indikovat libovolně prostorově orientované vady jedinou pracovní operací. Kombinované magnetizace lze dosáhnout např. kombinací indukce proudu v součásti a pomocného vodiče (obr. 2.13).



Obr. 2.13 Kombinovaná magnetizace pomocným vodičem a indukcí proudu v součásti

- d) Impulsní magnetizace – jedná se o zvláštní způsob magnetizace, při kterém se magnetické pole ve zkoušeném objektu vytváří buď proudovými impulsy, nebo se objekt vkládá do cívky buzené proudovými impulsy. Rozptylové pole je v místě vady vyvoláno zbytkovým magnetizmem. [1]

### 2.3.4 Druhy magnetizačního proudu [1]

Pro uzení magnetického pole v kontrolovaném objektu se používá střídavý i stejnosměrný elektrický proud. Na druhu proudu závisí průnik magnetického pole do materiálu, s čímž souvisí jak zjistitelnost podpovrchových nečelistvostí, tak nároky na odmagnetování. [1]

- a) Střídavý proud AC je používán téměř u všech druhů magnetizačních zařízení. Průnik pole pod povrch je omezen. U ocelových výrobků dosahuje hloubka vniku hodnoty cca 2 mm, proto nezmagnetuje větší část průřezu a odmagnetování není obtížné. Nevýhodou je, že podpovrchové nečelistvosti jsou zjistitelné obtížněji, při uložení hlouběji pod povrchem nejsou zjistitelné vůbec.
- b) Stejnosměrný proud DC získaný z akumulátorů. Tento způsob se používá zřídka. Magnetování prochází celým průřezem tělesa, což vytváří předpoklad pro zjistitelnost i hlouběji uložených nečelistvostí. Nevýhodou je obtížnější odmagnetování, větší hmotnost zdroje proudu a tím i robustnost celého přístroje.
- c) Usměrněné proudy:
  - Jednocestně usměrněný proud HWDC (half wave direct current) je s oblibou používán jak u přenosných proudových zdrojů, tak i univerzálních i automatizovaných přístrojů. Průnik pole zasahuje přibližně 30% pod povrch tělesa, můžeme teda indikovat nečelistvosti uložené v blízkosti pod povrchem. Usměrněný proud se získává usměrněním střídavého napětí z transformátoru jednou usměrňovací diodou. Tím je dosaženo propuštění v jedné půlplně, v druhé půlplně je usměrňovací dioda uzavřená.
  - Dvoucestně usměrněný proud FWDC (full wave direct current) se používá u stacionárních univerzálních i automatizovaných přístrojů, případně i u velkých mobilních proudových zdrojů. Průnik vytvořeného magnetického pole zasahuje cca do dvou třetin pod povrch. Je vhodný pro zjišťování podpovrchových vad. Získává se např. můstkovým zapojením usměrňovacím diod, jímž dosáhneme usměrnění obou půlpln střídavého proudu. Nevýhodou usměrněných proudem je obtížnější odmagnetování.
  - Dvoucestně usměrněný třífázový proud 3FWDC (three-phase full wave direct current) se svými magnetovacími vlastnostmi blíží k stejnosměrnému proudu z akumulátorů. Získává se můstkovým usměrněním třífázového proudu pomocí šesti usměrňovacích diod. Fázové proudy třífázové soustavy jsou vůči sobě fázově posunuty o 120°, čímž se po jejich usměrnění dosáhne malého zvlnění, pouze 5%. Jeho průnik činí 95% průřezu tělesa, můžeme tedy zachytit i vady hlouběji pod povrchem. Využívá se pouze u výkonových mobilních proudu-

vých zdrojů a stacionárních přístrojů. Dá se použít i pro kontrolu zbytkovým polem. Nevýhodou je obtížné odmagnetování výrobku.

- d) Impulsní proud se používá k tzv. impulsnímu magnetování. Je to specifický způsob, vhodný pro kontrolu výrobku s dostatečně vysokými hodnotami remanentní indukce (min.  $B_r = 0,9T$ ) a koercitivity (min.  $H_c = 1$  až  $2,5$  kA/m). Takto prováděné magnetování má bezesporu některé výhody jako např. nenáchylnost k tvoření opálu na kontaktních místech, nižší celkovou energetickou spotřebu při magnetování. Vrcholové hodnoty impulsního proudu dosahují úrovně až 10kA, trvání impulsu se pohybuje v mezích 0,1 až 0,01s. Proudový impuls získáváme nejčastěji výbojem elektricky nabitého kondenzátoru do zátěžové impedance, již může být magnetizační cívka, pomocní vodič nebo samotný kontrolovaný objekt. Jako spínací prvek slouží elektricky ovládané spínače – tyristory. [1]

### 2.3.5 Druhy detekčních prostředků

Detekčním prostředkům při magnetické práškové kontrole je v nejčastějším případě feromagnetický prášek, který se používá buď suchý nebo rozptýlený ve vhodné kapalině. Při automatizované kontrole může být rozptylový tok indikován pomocí sond. Jako použitelné sondy přicházejí v úvahu: vzduchová cívka, v němž se při pohybu nad rozptylovým tokem indukuje napětí, nebo feromagnetická sonda, nebo Hallová sonda. [1]

Magnetické prášky rozdělujeme podle tvorby indikací a jejího hodnocení ve viditelném nebo ultrafialovém světle na prášky:

- a) Prášky barevné – jsou buď černé, šedé nebo červenohnědé, v závislosti na způsobu výroby a druhu výchozího materiálů. Výchozím materiálem pro výrobu je čisté železo nebo jeho oxidy  $[[Fe]]_2 O_3$  (oxid železitý) nebo  $[[Fe]]_3 O_4$  (oxid železnato–železitý).
- b) Prášky fluorescenční: mají na povrchu feromagnetických zrn nanosenou luminiscenční barvu (lumogen), která při ozáření neviditelným ultrafialovým světlem září nejčastěji žlutozeleně, ojediněle modrozeleně nebo oranžově.

Další dělení indikačních prostředků je podle nanášení magnetického prášku na kontrolovaný povrch. A to na:

- a) suché prášky
- b) olejové suspenze
- c) vodní suspenze
- d) magnetické barvy
- e) polymerové prostředky

**Vlastnosti magnetických prášku:** od dobrého magnetického prášku se požaduje snadná tvorba dobře viditelných a ostře vykreslených indikací necelistvosti. Magnetický prášek by se tedy měl, za předpokladu správného magnetování, přesně usadit na lokalitě s vystupujícím rozptylovým tokem a neměl by ulpívat na drobných nerovnostech povrchu. Pro dosažení kvalitní indikace sledujeme:

- a) Magnetické vlastnosti – prášek musí být vyroben z magnetický měkkého materiálu, teda aby při magnetizaci se dal lehko zmagnetovat a po ukončení magnetizace nezůstal zmagnetovaný.
- b) Optické vlastnosti – barva musí být kontrastní vůči pozadí tj. černá, šedá a červená barva odvede rozptylový tok mimo povrch.
- c) Velikost a tvar zrna prášku – velikost zrn má být o něco větší než je šířka zjišťovaných trhlin. Jeli velikost zrna příliš velká a rozptylový tok slabý, tak tok toto zrno neudrží. Je-li zrno naopak příliš malé, může proniknout do trhliny, vytvoří tak magnetický můstek. Velikost zrn bývá u prášku suchých 40 – 400  $\mu\text{m}$  a u prášku v suspenzích 0,1 - 20  $\mu\text{m}$ .
- d) Fluorescenční koeficient  $\beta$  magnetického prášku – udává intenzitu fluorescence magnetického prášku
- e) provozní trvanlivost fluorescenčního prášku – při použití fluorescenčního prášku v magnetizačních přístrojích s čerpadlovým nuceným oběhem detekční kapaliny je třeba počítat s postupným snižováním hodnoty fluorescenčního koeficientu  $\beta$ . Je to způsobené otěrem lumogenu s feromagnetických částic následkem hydromechanického namáhání v čerpadle. [1]

### 2.3.6 Druhy magnetovacích zařízení.

Přístrojovou techniku pro vytvoření dostatečně vysoké intenzity magnetického pole o úrovni 3,5 až 5 kA/m v kontrolovaném výrobku můžeme rozdělit do tři základních skupin:

1. přenosné přístroje
  - ruční magnety
  - přenosné proudové zdroje
2. mobilní proudové zdroje
3. stacionární přístroje
  - univerzální
  - pro automatizovanou kontrolu

**Přenosné prostředky** – ruční magnety jsou malé jha (obr. 2.14), opatřené jednou nebo dvěma budícími cívkami, napájenými nejčastěji střídavým proudem. Těmito magnety se provádí tzv. pólová

magnetizace. Pro snadné přizpůsobení jha zakřivení zkoušeného povrchu jsou vybavované různými typy pohyblivých pólových nástavců nebo nadstavců s úkosem 45° pro zkoušení koutových svarů. Protože ruční magnety nebývají vybaveny měřidlem proudu, jejich funkce se někdy kontroluje pomocí závaží z feromagnetického materiálu, které musí zvednout. [1]



Obr. 2.14 Jho - Ruční magnet PTS MagMAX-130

<http://www.ptsndt.com>

Zvláštním typem ručních magnetů jsou jha s permanentními magnety. Nejjednodušším zařízením tohoto typu je jho tvořené ocelovým lanem, na jehož koncích jsou válcovité permanentní magnety. Nevýhodou ručních magnetů s permanentními magnety je poměrně nízká intenzita magnetického pole a námaha, kterou musí obsluha vynakládat při odtrhování magnetu od kontrolovaného povrchu. [1]

**Mobilní proudové zdroje** – jsou výkonnější obdobou přenosných proudových zdrojů. Staví se pro magnetovací proudy od 4000 do 10000A. jejich hmotnost se pohybuje od 100 do 700 kg. K regulaci proudu se používá tyristorová regulace. Mohou poskytovat střídavé, stejnosměrné nebo impulsní magnetování. [1]



Obr. 2.15 Mobilní Magnetizační zdroj ZP - 1000 AC

<http://www.ptsndt.com>



**Stacionární přístroje – univerzální** – jsou to zařízení určené pro sériovou provozní kontrolu s kompletním vybavením pro zkoušení magnetickou metodou práškovou. Obsahují tyto prvky:

- zařízení pro cirkulární magnetizaci
- zařízení pro pólovou magnetizaci
- upínací zařízení
- čerpadlo detekční tekutiny a zařízení pro polévání
- vanu pro zachycování detekční tekutiny
- osvětlovací zařízení



Obr. 2.16 Stacionární magnetovací stůl INKAR MAS 500P

<http://www.ptsndt.com>

Automatizované přístroje – jsou to jednoúčelové zařízení pro hromadnou kontrolu stejných nebo tvarově jen málo odlišných součástí. Jsou zkonstruována s vysokým stupněm mechanizace a automatizace, takže konečný úkol defektoskopického pracovníka se omezuje většinou jen na konečné vizuální hodnocení indikací. [1]

Automaty se rozlišují podle způsobu dopravy zkoušení součástí na:

- pásové
- krokovací
- s otočným kruhovým stolem

### 2.3.7 Zkušební postup a hodnocení výsledku

**Zkušební postup** při kontrole magnetickou metodou práškovou se skládá z těchto hlavních operací:

- úprava povrchu pro zkoušku
- magnetizace kontrolovaného výrobku
- vyvolání indikace (nanášení indikačního prostředku)
- vyhodnocení indikací
- odmagnetování

Na jakosti povrchu přímo závisí citlivost metody. Pro citlivou indikaci malých trhlinek musí být povrch kovově čistý, zbavený nečistot, mastnoty a okují a bez ostrých rýh. Zkouškami prováděnými na povrchu zokujeném, zrezivělém, znečištěném nebo natřeném barvou se dají zjistit pouze hrubší necelistvosti. Předměty pozinkované, kadmiované, chromované nebo s jinou vrstvou na povrchu se připouštějí pro kontrolu jen tehdy, nepřesahuje-li tloušťka vrstvy ve zkoušeném místě 20 až 30 $\mu$ m. Při větší tloušťce klesá rozeznatelnost vad. Při použití suchého prášku a olejové suspenze nesmí být povrch vlhký. Indikační prostředek musí být kontrastní vůči zkoušenému povrchu, kontrast lze zlepšit tenkým nátěrem povrchu speciální bílou barvou. Při zkoušení svarů je nutno povrch očistit a odstranit rozstříky nejen na svaru, ale i v tepelně ovlivněné zóně. [1]

#### Hodnocení výsledku

proces vyhodnocení zkoušky můžeme rozdělit do dvou základních kroků:

- inspekce tj. vyhledávání indikací, zpravidla hned po ukončení magnetizace a nanesení indikačního prostředku. Pracovní podmínky při inspekci jsou předepsané normou. Týkají se předepsaného osvětlení (min. 500 Lx) u detekčních prostředků bez luminoforů, max. 20 Lx v zatemněném prostoru při fluorescenčních indikačních suspenzích, doby adaptace oka operátora na zatemněný povoz. Operátor musí prokázat zrakovou způsobilost.
- Interpretace indikací tj. rozhodnutí o tom zda nalezená indikace odpovídají vadám a to buď přípustným, nebo nepřípustným, anebo se jedná o irelevantní idikace. Irelevantní indikace mohou vzniknout všude tam, kde se vyskytne magnetický rozptilový tok, při čemž nejde o rozptylový tok nad necelistvosti. Tyto indikace se někdy nazývají jako nepravé. Jejich příčinou může být: náhla změna magnetických vlastností, náhla změna průřezu, změna struktury materiálu, nadměrná intenzita magnetizace součásti, zachycení nečistot na povrchu.

Řada nepravých indikací zmizí po demagnetizaci kontrolovaného objektu a při opakované zkoušce se již neobjeví. V opačném případě je možné indikace ověřit jinou metodou. [1]

## 2.4 Metoda prozařováním [1,3]

Existuje hodně metod nedestruktivního zkoušení, ale jenom některé z nich je možné využít pro zkoušení vzorků nebo hotových výrobků v celém jejich objemu – z hlediska výskytu tzv. objemových (vnitřních) vad. Jednou z metod vhodných na jejich lokalizaci a kvantifikaci je kontrola prozařováním.

Kontrola prozařováním (RT) je jednou z nejvýznamnějších metod nedestruktivního zkoušení a její cílem je odhalení vnitřních vad téměř pro všechny druhy materiálů. Jde hlavně o vady typu póru, vnitřních trhlin, bublin, neprůvaru, rozličných geometrických odchylek atd.. [1]

### 2.4.1 Princip prozařovací metody

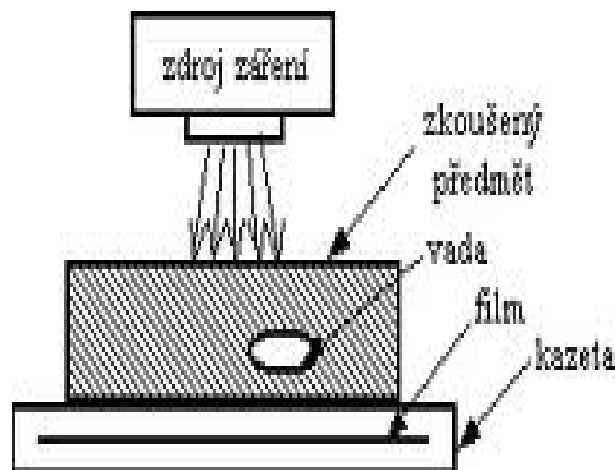
Průmyslová radiologie využívá pro nedestruktivní zkoušení materiálů rentgenové záření, gama záření nebo tok neutronů.

Princip této metody spočívá v prozařování materiálu jedním z uvedených typu záření a v následném zviditelnění prošlého zeslabeného záření pomocí vhodného detektoru intenzity záření, který je umístěn za zkoušeným materiálem. Zeslabení intenzity záření záleží na hustotě materiálu a na jeho tloušťce. Je-li tloušťka zkoušeného materiálu zeslabená ve směru záření vadou o určité velikosti a vhodné orientaci, dopadne v průmětu vady na použitý detektor záření o větší intenzitě než v ostatních částech. Vytváří se reliéf intenzity (reliéf kontrastu), ze kterého lze usuzovat na typové a rozměrové charakteristiky vad. [1]

V závislosti na použitém detektoru záření se vada zobrazí buď jako tmavší skvrna na světlejším pozadí (při použití radiografického filmu) a anebo jako světlejší bod na tmavším pozadí (při zobrazení na obrazovce monitoru).

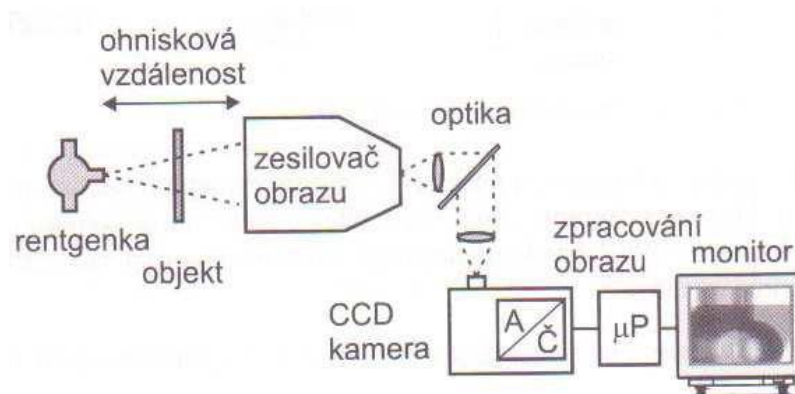
Podle druhu použitého detektoru záření se radiologické metody dělí na:

- a) **radiografická metoda** – nejpoužívanější metoda, kde prošlé záření kontrolovaným materiálem je zachyceno na speciální radiografický film (obr. 2.17). Působením záření vzniká v citlivé vrstvě filmu latentní (neviditelný) obraz. Následným fotochemickým zpracováním filmu se získá viditelný negativní obraz (radiogram), který je možno prohlížet prosvětlováním pomocí tzv. negatoskopem. V současné době se začíná využívat digitální radiografie s použitím paměťových fólií. Tyto fólie jsou uloženy v kazetách a používají se obdobně jako rentgenové filmy. [1]



Obr. 2.17 Schéma radiografie

- b) **radioskopická metoda** – principem této metody je zobrazení záření prošlého zkoušeným materiálem na fluorescenčním stínítku nebo na obrazovce monitoru (rentgeno-televizní systém). Rentgenotelevizní systém ( obr.2.18) využívá detektory záření, které převádějí dopadající záření na elektrický nebo optický signál. Signál je zesílen a po analogově – číslicovém převodu dále číslicově zpracován a zobrazen na monitoru. Radioskopie je využívána při sériové kontrole výrobku (např. kontrola odlitků, kontrola svarů při kontinuální výrobě svařovaných trubek). [1]



Obr. 2.18 - Rentgenotelevizní systém

- c) **radiometrická metoda** – při radiometrické měřící metodě se nezíská obraz reliéfu záření jako u předchozích způsobů, ale se měří lokální změny intenzity záření, které projde pouze určitou částí zkoušeného materiálu. K detekci prošlého záření se používají speciální dozimetrické přístroje, jenž jsou citlivé na změny intenzity pronikavého záření. Radiometrická metoda se používá i pro měření tloušťky materiálu. [1]

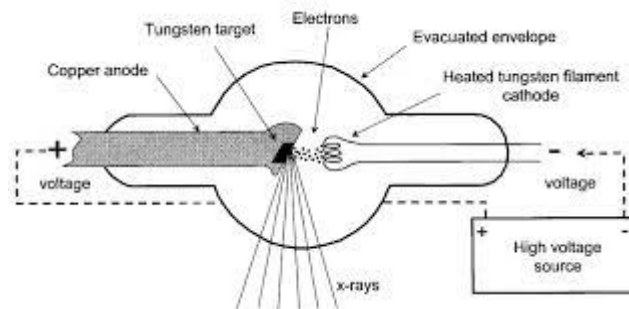
### 2.4.2 Vznik rentgenového záření a gama záření

**Rentgenové záření** je ionizující elektromagnetické záření, proud fotonů s energií řadově desítek až stovek ke V. Vzniká při náhlém zabrzdění elektronu s vysokou energií nárazu na kovový terčik ve vakuované trubici. Typické rozmezí vlnových délek je cca  $10^{-12}$  až  $10^{-8}$  m. Přírodními zdroji jsou hlavně hvězdy. Umělo možno rentgenové záření získat v rentgenové trubici, dopadem urychlených elektronů na anodu rentgenky, tak zvané primární rentgenové záření. Ozařováním látek primárním zářením X je buzené tak zvané sekundární rentgenové záření. Kromě defektoskopie se využívá také v rentgenové strukturní a spektrální analýze, medicíně a radiační chemii. [1]

**Vlastnosti rentgenového záření** – rentgenové záření je ionizujícím zářením, jeho působením se v hmotě uvolňují elektrony, je neviditelné a šíří se přímočaře, paprsky záření se nedají vychylovat pomocí čoček nebo hranolů, jejich dráhu však možno odklonit krystalickou mřížkou (difrakcí), prochází hmotou a při přechodu je ní částečně absorbovaná, způsobuje druhotné záření látek v optickém oboru, způsobuje zčernání fotografické emulze, ovlivňuje živou i neživou hmotu.

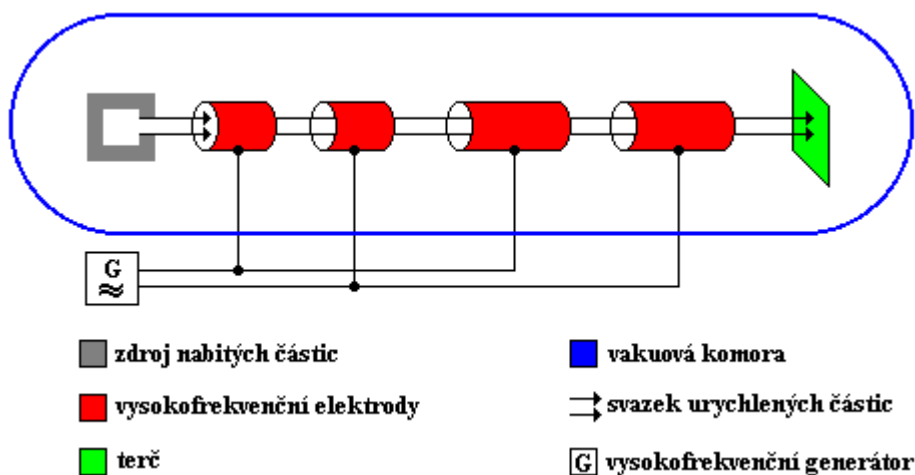
**Zdroje rentgenového záření** jsou nejčastěji rentgenky. Základem je samotná rentgenová lampa. V současnosti se rozlišují a využívají 3 druhy rentgenových lamp.

Moderní rentgenky jsou obvykle vakuované metalo – keramické trubice, které se složením z anody a katody. Urychlení elektronů je zabezpečeno připojením vysokého napětí 10 až 10000kV mezi katodu a anodu. Vysoká teplota katody umožňuje termoemisi elektronu, které jsou přiváděním napětím vysoko urychlované a dopadají na anodu. Tam prudce ztrácejí svojí kinetickou energii, z které se 0,1% mění na energii emitovaných fotonu rentgenového záření a 99,9% na teplo. Anoda musí být intenzivně chlazená vodou nebo rotací, při které se neustále mění místo dopadu elektronového svazku. Na anodě je umístěný terčik obvykle z wolframu nebo platiny. Zabrzděním urychlených elektronů na povrchu terčiku vzniká rentgenové záření různých vlnových délek. Proto má záření vznikající v rentgence spojitě spektrum energií podobné jako spektrum viditelné. Intenzita rentgenového záření závisí od počtu elektronu dopadajících na anodu a možno ji měnit nastavením velikosti elektrického proudu protékající rentgenkou (obr. 2.19). Nejkratší vlnová délka rentgenového záření je zhruba 0,01nm, ale rozložení intenzity dalších vlnových délek závisí od principu a sestavy konkrétního rentgenového zařízení. [1]



Obr. 2.19 Rentgenová lampa

V principu jsou všechny rentgenky lineární urychlovače elektronů. V radiografii se pod pojmem lineární urychlovač (obr. 2.20) rozumí zařízení, které umožní větší zrychlení elektronů, odpovídajícímu napětí 2 až 12 MV.



Obr. 2.20 Lineární urychlovač

[http://fyzika.jreichl.com/data/Mikro\\_5detekce\\_soubory/image020.png](http://fyzika.jreichl.com/data/Mikro_5detekce_soubory/image020.png)

Ještě vyšší urychlení elektronů a tím i vyšší produkci záření X vysokou energií umožňují tak zvané betatrony, v které je dráha elektronů zakřivená prostřednictvím magnetického pole tak, aby tvořila kružnici. Po dostatečném urychlení jsou opět elektrony vychýlené na terčík rentgenky. [3]

**Záření gama** – záření gama je elektromagnetické záření se stejnou fyzikální podstatou jako záření X. Má podobné vlastnosti, ale není generované v elektrických přístrojích. Gama paprsky vznikají při dopadu jader atomu v radioaktivních látkách. Energií gama záření emitovanou některou radioaktivní látkou, není možné řídit, protože jeho energie je závislá hlavně na původu radioaktivního zdroje. Podobně jako záření X se přechodem přes materiál částečně absorbuje, a proto je vhodné na vytvoření radiografického záření. Záření gama se obvykle skládá z několika izolovaných vlnových délek, jde o čárové spektrum určitého radioizotopu. Může být s jednou vlnovou délkou (např. Cesi-

um 137), s několika čarami (např. Ir 192) anebo se překrývá se spojitým spektrem (např. Thulium 170).

Zdroje záření gama-zdrojem záření gama jsou rozpady radioaktivních jader. energii rentgenového záření a jeho intenzitu možno v rentgenovém přístroji v určitém rozsah regulovat, při zdrojích záření gama taková možnost neexistuje. Většina technických zdrojů je vyrobená umělo a nejčastěji používané radioizotopy jsou CO-60 a Ir-192. Z hlediska bezpečnosti jejich aplikace jsou kontraktovány různá ochranné kryty (obr. 2.21) na odstínění zářičů v čase, kdy se neprozařuje.[2]



Obr. 2.21 Ochranný kryt radioizotopu Ir 192

### 2.4.3 Teorie radiografického kontrastu

Rentgenové a game záření může pronikat materiálem. Při pronikání se zeslabuje intenzita. Velikost zeslabení bude tím větší čím záření proniká hustším materiálem o větší tloušťce. Princip radiografie spočívá v detekci rozdílně velkých intenzit způsobených rozdílnou tloušťkou stěn výrobku nebo vnitřní vadou v prozařovaném materiálu. [1]

**Definice: zeslabení záření představuje snižování jeho intenzity při proniku materiálem**

Rozdíly v intenzitách vystupujících z prozařovaného výrobku jsou v praxi nejlépe detekované tehdy když je k prozařování použita optimální energie záření pro daný materiál a jeho tloušťku stěny. Jak bude ukázáno v dalších kapitolách, je volba optimální energie jedním z nejdůležitějších požadavků při stanovení podmínek prozařování. [1]

**Primární a rozptýlené záření** – při pronikání ionizujícího záření kontrolovaným výrobkem se pouze část ionizujícího záření dostane přes výrobek přímočaře, nazývá se primární záření. Druhá část je materiálem výrobku odchýlena od přímého směru, a nazývá se záření rozptýlené.

Vada na radiogramu je zobrazena jen primárním svazkem záření. Rozptýlené záření potom působí vždy jako „rušivé pozadí“, protože nemůže vadu ve výrobku zobrazit. Proto se říká primárnímu záření říká „záření registrující obraz“ a rozptýlenému záření „záření neregistrující obraz“. V průmyslové radiografii se tedy snažíme, aby primární záření dopadlo na detektor záření co nejvíce a rozptýleného záření co nejméně. Proto se používají kovové filtry rozptýleného záření položené mezi výrobkem a filmem. [1]

Předmětný (subjektivní) kontrast záření - rozdělení intenzity záření za vzorkem závisí na zeslabení primárního záření, na velikosti rozptýleného záření a rozdílech tloušťek stěn v prozařovaném výrobku. Plošný reliéf intenzity záření, který se nachází za prozařovanou součástí, udává podíl záření na vytváření kontrastu. Proto je také nazývané kontrastem záření, popř. předmětným nebo subjektivním kontrastem. Tento kontrast záření musí být přeměněn detektorem, (zpravidla filmem) do viditelného radiografického kontrastu. [1]

Subjektivní kontrast je závislý na použité energii záření, na materiálu prozařovaného výrobku a na rozdílu tloušťek. První dvě závislosti jsou vyjádřené koeficientem zeslabení  $\mu$ . Optimální by proto bylo využít při prozařování oceli velké hodnoty koeficientu zeslabení. V těchto případech však podíl rozptýleného záření bývá (faktor B) největší. Je tedy třeba hledat kompromisní, a přitom optimální řešení mezi tloušťkou stěny prozařovaného materiálu a energií záření tak, aby bylo dosaženo vysoké hodnoty subjektivního kontrastu. [1]

K nalezení vhodného kompromisu bývá v literatuře definován tzv. **specifický kontrast**, což je poměr mezi zeslabením  $\mu$  a velikosti faktoru B.

- Při malých tloušťkách stěn (až do 40mm uhlíkové oceli) je na základě velkého koeficientu zeslabení a relativně nízké hodnoty faktoru B, optimální subjektivní kontrast při malých energiích záření
- Při velkých tloušťkách stěn (uhlíkové oceli do 80mm) je sice koeficient zeslabení menší ale vzrůstový faktor má také menší hodnotu, takže výhodnější subjektivní kontrast dává Co 60 a lineární urychlovač. Teprve při energiích záření přes 15 MeV koeficient zeslabení opět roste.

Z uvedeného je možno odvodit závěry pro volbu optimální energie záření, která je prvním krokem při stanovení podmínek prozařování. [1]

- Při malých tloušťkách stěn se používá Ir 192 (pod 10-20mm oceli) a Co 60 (pod cca 40mm oceli) nedoporučuje
- Nad 80mm oceli by se nemělo používat konvenční rentgenové záření



- Pod cca 100 kV rentgenového záření a při tenkých stěnách resp. U málo absorbujících materiálu (např. hliníkové slitiny)

#### 2.4.4 Vlastnosti filmu a typy filmu

Vlastnosti filmu jsou znázorněny charakteristickou křivkou nebo křivkou zčernání. Jako charakteristická křivka se označuje diagram, v němž je vyneseno zčernání filmu proti logaritmu relativní intenzity ozáření. Bývá uvedena v prospektech a katalozích výrobců radiografických filmů.

**Citlivost filmu** je definována jako dávka, kterou potřebuje film k dosažení zčernání = 1. Jiná definice: provedeme-li prodloužení přímkové části charakteristické křivky zčernání tak, aby došlo k protnutí vodorovné osy x, je pak citlivost filmu vyjádřena odečtením hodnoty ozáření. V USA je tento způsob označován jako rychlost filmu. [1]

Různě citlivé filmy vyžadují různě dlouhou dobu expozice, aby při daných podmínkách a stejném druhu záření reagovaly určitou hodnotou zčernání.

Podle granulace (zrnitosti) filmu je citlivost různá a tím i průběh křivky zčernání rozdílný. Hrubozrné filmy mají největší citlivost, zatímco nejmenší citlivost mají filmy jemnozrné. Tvar křivky zčernání zůstává zhruba stejný.

Gradace – stoupaní křivky zčernání se označuje jako gradace nebo radiant. Čím je průběh křivky zčernání strmější, tím je určitá tloušťková změna (nebo vada) zobrazena na filmu ve vyšší hodnotě kontrastu.

Výběr typu filmu – různí výrobci průmyslových filmů varábí v zásadě čtyři typy filmů pod různým označením.

V amerických normách a předpisech zejména dle na ASTM E-49 se filmy rozdělují jiným způsobem (podle svých vlastnosti viz.tab. 2.1)

Typ filmu	Citlivost	Kontrast	Zrnitost
1	nízka	velmi vysoký	velmi jemná
2	střední	vysoký	jemná
3	vysoká	střední	hrubá
4A	velmi vysoká	velmi vysoký /A/	velmi hrubá /B/

Tab. 2.1 Typy filmů podle ASTM-49 [1]

Podle ASTM E-945 nebo DIN 5411, ale i podle ČSN EN 444, je výběr filmu závislý na:

- materiálu
- tloušťce
- energii záření

## 2.4.5 Zpracování filmu a prohlížení

### 2.4.5.1 Ruční vyvolávání filmů

Ruční vyvolávání se provádí v temných komorách. Existují temné komory různých provedení a velikosti. V zásadě ale mají být vždy dvě oddělené pracovní prostory, a to na část suchou a mokrou.

Osvětlení komory musí být neaktinické, to znamená, že se používají vhodné filtry jejichž světelné spektrum nepůsobí na rentgenový film. V radiografické praxi se osvědčilo rubínové světlo. Zvláštní pozornost je třeba věnovat při nabíjení filmových kazet. [1]

Vyvolávání – emulzní vrstva filmu je tvořena zrny AgBr. Jsou-li tato zrna osvětlena stanou se pro oko viditelné, po vyvolání jako „černá“.

Před vyvoláním není na filmu nic vidět, je tam pouze latentní obraz, vytvořený ozářením. Jeho reálné zviditelnění zajistí proces vyvolání, při kterém se ionizované krystaly AgBr promění v kovové stříbro. Při vyvolání zčerná vždy celé zrno. Hodnota zčernání filmu pak závisí na počtu osvětlených a vyvolaných zrn.

Při vyvolávání se nejprve film ponoří do vývojky, pak následuje přerušovací lázeň, následuje ustálování a nakonec praní a usušení.

Vývojka je kombinací více chemikálií, která v podstatě obsahuje akcelerátor a redukční prostředek. Akcelerátor odstraní ochrannou vrstvu, provlhčí želatinu a tvoří zásaditý roztok vývojky. Redukční prostředek redukuje AgBr na Ag. Přitom rozlišuje ozářené a neozářené zrno AgBr. Přednostně redukuje ozářené zrno. Pokud film zůstane dlouho ve vývojce začínají se redukovat i zrno neozářené. Tím se tvoří závoj na filmu, zmenšuje se kontrast. Čas a teplota vývojky jsou nejdůležitější parametry vyvolávacího procesu. Tato data jsou seriózním výrobcem filmu vždy uváděna. Normální teploty jsou 20°C a čas 5 minut. Stoupa-li teplota lázně, stoupa i vyvolávací schopnost alkalického media. Proto bude mít film vyvolaný při 25°C a 5 minutách větší zčernání, než film vyvolaný při 20°C. [1]

**Vývojka** se časem vyčerpá, přičemž záleží na sumární ploše filmu který byl vyvolán. Kontrola vyvolávacích schopností se provádí prohlednutím kontrolních proužků na negatoskopu, následujícím postupem:

- film v kazetě se naexponuje

- po expozici se rozstříhá na proužky
- proužky se světlotěsně zabalí, jeden se vyvolá
- po předem stanovené době slouží ostatní proužky jako kontrolní – porovnávací

**Přerušovací lázeň** – po vyjmutí filmu z vývojky, zůstává malé množství alkálií ve filmu. Přerušovaná lázeň má dva úkoly:

- zastavit účinek vyvolávacích látek neutralizací
- odstranit alkálie před ustalováním a chránit ustalovač

Ustalování – ustalovač fixuje obraz v želatině filmu. Při vyvolávání vznikají zrna stříbra z osvětleného zrna bromidu stříbrného. Neosvětlené zrna bromidu stříbrného nacházející se ještě v emulzi jsou ustalovačem rozpuštěny a film se stává v těchto místech průhledným. Ustalovač má tedy dvě funkce:

- zprůhlednění – rozpuštění neosvětlených zrn AgBr. Čas ustalování je cca dvojnásobek doby zprůhlednění. Delší čas se nedoporučuje.
- vytvrzení – rovnoměrné vytvrzení želatinové vrstvy aby se zabránilo poškrábání filmu při dalších operacích

**Praní** – provádí se po předchozích chemických operacích v tekoucí vodě. Po praní následuje zpravidla oplach pro odstranění skvrn od nečisté vody a závěrem sušení filmu. [1]

#### 1.4.5.2 Automatické vyvolávání filmů.

Při větším množství radiogramů je výhodnější automatické vyvolávání filmu. Má přednost především v tom, že výsledky vyvolání jsou při porovnávání s ručním zpracováním rovnoměrnější.

Film prochází řadou válečku koncentrovanými lázněmi při teplotě  $25 \div 30^{\circ}\text{C}$  a vychází z vyvolávacího automatu již usušený. Při automatickém vyvolávání je nejdůležitější kontrolovat koncentrace lázní, teplotu a rychlost pohybu filmu v zařízení. [1]

#### 1.4.5.3 Vady snímku

Při zpracování filmů neopatrností a nedodržením podmínek mohou vzniknout vady filmu. V podstatě jsou to nehomogenity v obrazu radiogramu, které mohou být jako artefakty mylně vyhodnoceny jako vady. [1]

Nejčastější vadou jsou prachové částice, nečistoty způsobené nedostatečným úklidem temné komory a nevyhovující ochrany lázní. Mezi typické vady filmu patří talkové značky, nehty, výboje atd.

#### 1.4.5.4 Prohlížení radiogramů

Prohlídka filmu má zabezpečit skutečnost, že podmínky pro zhotovení radiogramu byly optimální a radiogram reprezentující zkoušený výrobek může být použit k vyhodnocení kvality prozářeného

výrobku. Prohlídka se zaměřuje na zjištění případných vad zobrazených na filmu způsobených negativním procesem a nesprávnými podmínkami prozařování.

Před vyhodnocením radiogramu je třeba ověřit:

- zda je na radiogramu zobrazen předepsaný rozsah výrobku
- zda byly dodrženy podmínky prozařování
- zda se nevyskytly vady negativního procesu
- zda má radiogram předepsané zčernání
- zda má radiogram požadovanou jakost

**Operátor ve stupni II má právo při nedodržení některých z těchto podmínek nařídít opakování snímku. [1]**

#### 2.4.6 Zjistitelnost vad na radiogramu

Definice vady: v prozařování se pod pojmem vada zahrnují všechny necelistvosti nacházející se v kontrolované oblasti výrobku, včetně necelistvosti ležících na povrchu. Jde o defekty, které mohou být podle své charakteristiky klasifikovány jako vady prostorové anebo plošné. Prozařování je nedestruktivní kontrola objemová, na rozdíl od kapilární nebo magnetické.

Na radiogramu je vada zviditelněná jako dvourozměrný útvar, který se odlišuje svou optickou hustotou od svého okolí. Ze skutečnosti, že vyhodnocování obrazu vad je prováděno subjektivně zrakem hodnotitele, můžeme k popisu základních parametrů obrazů vad na radiogramu použít následující tři kritéria jejich zjistitelnosti. [1]

Zjistitelnost dané vady bude lepší, jestliže

- a) Zviditelněný rozdíl intenzity záření prošlého v místě vady a jejím okolí bude větší
- b) Rozhraní obrazu vady a jejího okolí bude ostré
- c) Zrnitost filmu bude menší

Rozlišovací schopnost nějakého systému zobrazení se udává počtem páru čar (černá a bílá) na délkovou jednotku. [1]

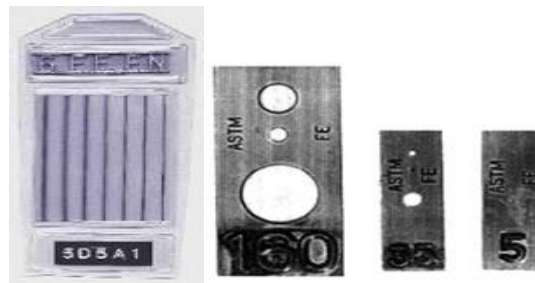
Radiografické měrky. Radiogram, ne jehož základě se hodnotí kvalita zkoušeného výrobku, musí být zhotoven při dodržení určitých, v předpisech uváděných podmínkách prozařování. Tyto podmínky vychází z výpočtů, zkušenosti a jejich dodržování je nutno v praxi kontrolovat. Ten pracovník, který závěrem radiogram vyhodnocuje, musí mít jistotu, že byla dodržena předepsaná citlivost (jakost) metody. V začátcích radiografie se citlivost metody určovala z radiogramu na podkladě

obrazu umělých vad. Později, zejména s rozvojem lomové mechaniky, se objevil pojem radiografické citlivosti, ve stanovení nejmenší zjistitelné vady.

Schopnost detekce vady je závislá nejen na parametrech prozařování, ale také na velikosti, poloze, typu a geometrii vady. V principu by bylo nutné pro každý kontrolovaný díl zhotovit typické vady a prozařovat je spolu s výrobkem. Při představě kolik existuje druhů a typu vad, velikosti a možnosti jejich geometrické a polohové konfigurace, by nebylo toto řešení jednoduché. Proto se do předpisu zavedl pojem radiografická měrka – penetrometr, nebo označení IQI nebo BPK. Která reprezentuje pouze jednu typickou vadu.

Aby obraz měrky vyjadřoval dodržení parametrů prozařování, musí být měrka a prozařovaný výrobek pokud možno ze stejného materiálu.

Měrky rozdělujeme do tří nejpoužívanějších typů, a to měrky drátkové, otvorové (obr. 2.22) a stupňové. [1]



Obr. 2.22. Drátková a otvorové měrky

#### 2.4.7 Vyhodnocení radiogramu

Vyhodnocení radiogramu se skládá ze čtyř pracovních kroků:

- prohlídka radiogramu
- výklad
- klasifikace
- posouzení

### 3 VADY MATERIÁLU A VÝROBKU

#### 3.1 Definice vad výrobků

Technické normy, technické podmínky a jiné technické – obchodní dokumenty, upravující odběratelsko- dodavatelské vztahy při dodávání hutních a strojírenských ocelových výrobků, stanovují kromě ostatních údajů jmenovité vlastnosti dodávaného výrobku. Specifikuje jeho tvar, rozměry a podobně a jsou doplněny údaji o dovořených odchylkách od těchto jmenovitých vlastností. Výrobek, jehož vlastnosti jsou v rozmezí dovořených odchylek, nepovažujeme za vadný. Pojem vada má v tomto případě pouze symbolizující a názvoslovný charakter. [1]

#### 3.2 Názvosloví a třídění vad

Vada (necelistvost, nehomogenita, diskontinuita apod.) materiálu nebo výrobku je každá odchylka rozměrů, tvaru, hmotnosti, vzhledu, makrostruktury, mikrostruktury a jiných veličin od vlastností předepsaných technickými normami, technickými podmínkami, případně smluvním vzorem. Vady materiálů a výrobků lze třídit podle různých hledisek: druhu vad, příčin vzniku, způsobu a stádia jejich zjišťování a dalších kritérií. [1]

Zde je použito třídění vad podle jejich druhu, protože tento způsob třídění lze považovat za přehledný a v technické dokumentaci za obvyklý (tab. 3.1). Charakteristiky vad jednotlivých výrobků jsou uváděny v příslušných státních, evropských a světových normách.

Skupina vad		Všeobecná charakteristika
číslo	název	
1	Vady rozměrů	Nedodržení požadavků na předepsané jmenovité rozměry výrobku a jejich mezní úchytky
	Vady tvaru a polohy	Nedodržení požadavku na vzdálenosti vyjadřující polohu posuzované plochy, osy nebo roviny souměrnosti výrobku, vzhledem k její jmenovité poloze
2	Vady povrchu	Nedodržení požadavku na předepsané provedení povrchu
3	Necelistvosti	Necelistvost hmoty výrobku
4	Vady zjišťované zvláštními laboratorními zkouškami	Nedodržení požadavku na předepsané hodnoty mechanických, technologických a fyzikálních vlastností výrobku, nedodržení předepsané makrostruktury, mikrostruktury apod.

Tab. 3.1 Základní třídění vad do skupin a jejich všeobecný popis

### 3.3 Charakteristika necelistvosti a makroskopických vad, všeobecná charakteristika

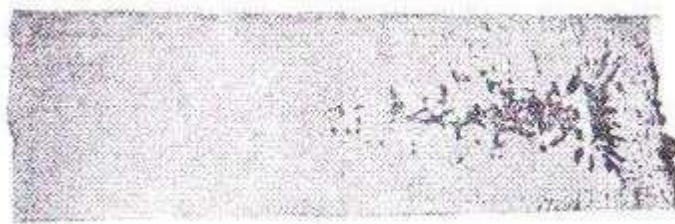
Příčiny řady vad hutních a strojích výrobku je jednoznačná a dá se zjistit v kterékoliv výrobní fázi. Typickým příkladem jsou vycezení, makroskopické vměstky, vločkové trhliny. Jiné vady se stejným konečným vzhledem na výrobku mohou mít však řadu odlišných příčin. To platí hlavně o vadách povrchových, trhlinách, plenách, do určité míry i o dutinách a dvojnostech, které často mění svůj charakter tvářením za tepla i za studena, určení zdroje vady je pak velmi obtížné. Z tohoto hlediska je významné shrnutí společných znaků hlavních typu vad, jejich zjišťování a vliv na vlastnosti a technologickou zpracovatelnost. [1]

#### Dutiny

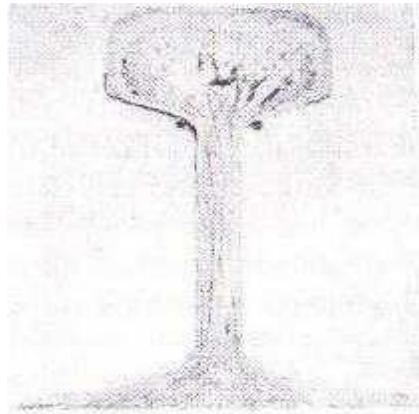
Mezi dutiny se patří zejména: - staženiny  
- bubliny

#### Staženiny

Staženiny vznikají při tuhnutí ocele v kokilách vlivem zmenšování objemu. Ve válcových výrobcích mají tvar rozsáhlé necelistvosti, probíhající obvykle v osové oblasti vývalku v podélném směru. Na příčném řezu vývalkem mají vzhled nepravidelné dutiny (u vývalků velkých průřezů) nebo nepravidelně rozvětvené i tvarované trhliny (u vývalků malých průřezů jako jsou tyče a dráty). U ploché oceli a tlustých plechů se staženiny projevují jako rozdvojení. Na lomové ploše lze staženinu rozeznat podle výstupkovité nepravidelnosti lomové plochy v osové oblasti, někdy také dochází k podélnému rozštěpení lámavé tyče. U tvarových vývalků dochází následkem staženiny k jejich vyboulení nebo jiné deformaci. Staženiny mohou být zcela i z části vyplněny struskou (obr. 3.1, 3.2). [1]



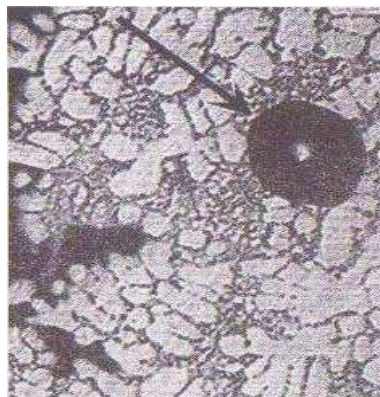
Obr. 3.1 Soustředná staženina a plynové bubliny v ocelovém ingotu



Obr. 3.2 Makrovýbrus příčného řezu kolejnice se stopami staženiny

### **Bubliny**

Bubliny jsou dutiny různých tvarů a velikostí, které vznikají přítomností plynu (např. vzduch, vodík apod.) v odlitcích. Bublina plynu se nestačí uvolnit z taveniny a zůstane ve ztuhlém odlitku (obr. 3.3).



Obr. 3.3 Vodíková bublina (označena šipkou) v odlitku ze slitiny AlSi10 [5]

### **Způsob zjišťování nedestruktivními zkouškami:**

Zasahuje-li vada až do čelní plochy vývalku, je zjistitelná zrakem, tedy vizuální metodou. Lze ji také zjistit při dělení vývalku na úpichy nebo přířezy. U kompaktních vývalků, které se nedělí, jsou staženiny zjistitelné prozařovacími nebo ultrazvukovými metodami. [1]

### **Trhliny**

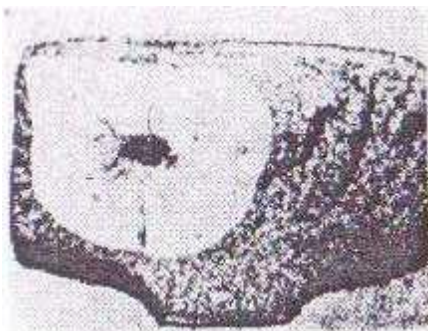
Rozeznávají se tyto druhy trhli: - vločkové

- podélné
- příčné

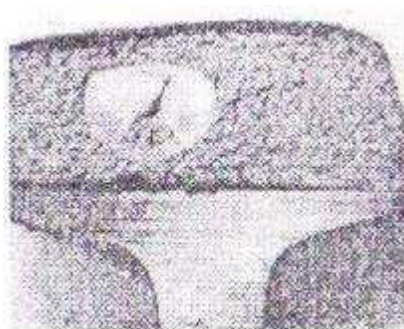


### Vločkové trhliny

Vločkové trhliny - vločky - jsou vnitřní plošné necelistvosti o tloušťce jen několik desetitisícin milimetru. Na lomové ploše mají vločky vzhled stříbřitě lesklých plošek obvykle eliptického nebo kruhového obrysu, ostře ohraničených od okolní plochy lomu. Příklady vzhledu vločkových trhlin jsou na obr. 3.4 a obr. 3.5. [1]



Obr. 3.4 Vločková trhlina v hlavě kolejniče,  
Která se porušila za provozu [1]



Obr. 3.5 Vločky, zjištěné v kolejnici  
detekčním ultrazvukovým vozem

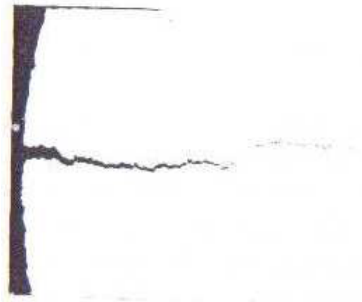
### Způsob zjišťování nedestruktivními zkouškami

Vločky jako plošné necelistvosti se spolehlivě detekují ultrazvukovými zkouškami pomocí impulsních defektoskopů. Na obrazovce defektoskopu se vločky projevují jako výrazná vadová echa ve středové oblasti materiálu, pro něž je typická ostře ohraničená plocha. Při pohybu zkušební sondou (nejčastěji se používají dvojité čelní sondy) podél vývalku se objevují i mizí skokově. Tím se odlišují od povrchových ech staženin, vycezenin nebo tvářecích trhlin, jenž mají na obrazovce defektoskopu při pohybu sondou delší trvání. [1]

### Podélné trhliny (praskliny)

Podélné trhliny jsou povrchové necelistvosti výrobků probíhající přímočaře a rovnoběžně s podélnou osou vývalku. Mohou se vyskytovat v nejrůznějších rozměrech, od vlasových až po široce rozvětvené, s hloubkou od setin do desítek milimetrů. Ve většině případů jsou orientovány kolmo nebo

šikmo k povrchu. Vyskytují se na stěnách i hranách vývalků. Ukázky trhlin, které vznikly následkem materiálového pnutí, jsou na obr. 3.6 a obr. 3.7. [1]



Obr. 3.6 Podélná trhlina, která vznikla pnutím v drátu  $\varnothing$  2,5 mm [1]



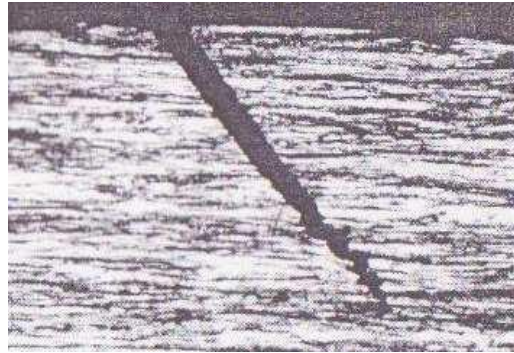
Obr. 3.7 – Podélná prasklina z pnutí na železniční nápravě [1]

### **Způsoby zjišťování nedestruktivními zkouškami**

Podle rozměrů je možné trhliny (praskliny) odhalit vizuální kontrolou a rozevřené trhliny i kapilárními metodami. Nejčastěji se přítomnost trhlin zjišťuje magnetickými a indukčními metodami. Magnetické metody se používají pouze na feromagnetický materiál. [1]

### **Příčné trhliny (praskliny)**

Příčné trhliny jsou povrchové nečelistvosti různého rozsahu a hloubky, jenž mají boky vláknité, zrnité i složitěji členěné, a které jsou orientované kolmo na směr tváření (vláken). Vyskytují se stejně jako podélné trhliny na hranách i stěnách výrobků. Typický vzhled příčné trhliny je zobrazen na obr. 3. 8. [1]



Obr. 3.8 Příčná trhlina, která vznikla pnutím v pružinovém drátu [1]

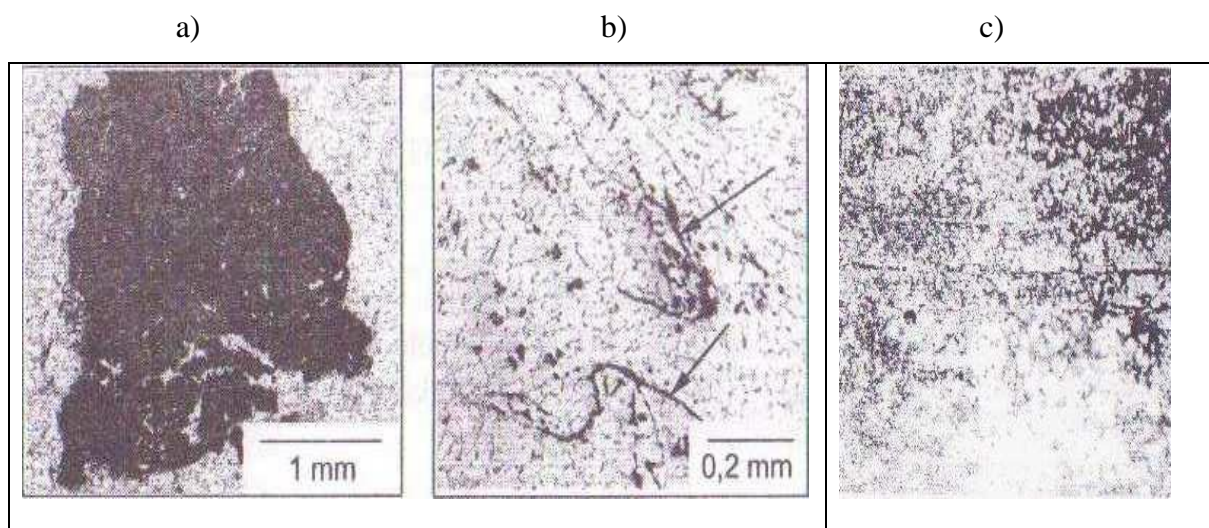
### Způsoby zjišťování nedestruktivními zkouškami

Příčné trhliny se zjišťují stejnými metodami jako trhliny podélné.

### Makroskopické nekovové vměstky

Za makroskopické nekovové vměstky se označují nežádoucí cizorodé nekovové částice, shluky, žíly nebo řetězce částic, které jsou viditelné pouhým okem. V průřezu se vyskytují na různých místech a to jednotlivě i hromadně. Jsou bělavé, žlutavé, šedé až černé.

Na obr. 3.9a, b jsou uvedeny příklady vměstků v hliníkových slitinách, na obr. 3.9 c je vzhled podpovrchových vměstků. [1]



Obr. 3.9 Příklady vměstků: a) keramický vměstek (tmavý) ve slitině AlSi10, b) oxidické vměstky (označeny šipkami) ve slitině AlSi7, c) podpovrchové vměstky (vady vzniklé z povrchových vměstků na povrchu plechů [5])

### Způsoby zjišťování nedestruktivními zkouškami

Makroskopické vměstky větších rozměrů na povrchu výrobku jsou viditelné pouhým okem a pro jejich zjištění se tedy používá vizuální kontrola. Vměstky uvnitř materiálu se zjišťují pomocí ultrazvukových zkoušek. [1]

## 3.4 Vady makrostruktury

### Způsoby zjišťování nedestruktivními zkouškami

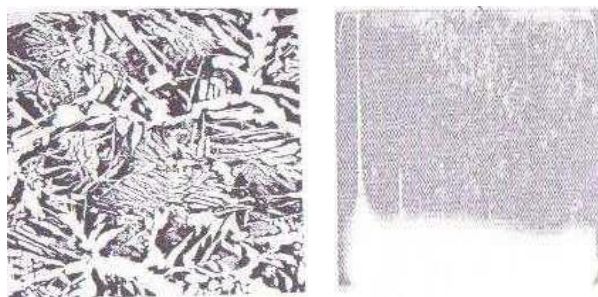
Rozvojem ultrazvukových metod lze v dnešní době detekovat vady mikrostruktury využitím útlumu ultrazvukových vln. Je možné zjišťovat velikost zrna v tvářené feriticko-perlitické oceli, výskyt Widmannstättenovy struktury, řádkovité struktury, u některých ocelí dokonce mezilamelární vzdálenost perlitu. Strukturální anomálie je rovněž možné detekovat pomocí metody vířivých proudů.

### Strukturální vady

Zde budou uvedeny vybrané vady mikrostruktury, které se nejčastěji vyskytují v ocelových tvářených hutních výrobcích ve stavu přírodním, žíhaném normalizačně nebo na měkko tak, jak se obvykle dodávají z hutí.

### Widmannstättenova struktura

Widmannstättenova struktura je vedle karbidického síťoví vyloučeného po hranicích austenitických zrn charakteristická deskovitými a pilovitými útvary, vyrůstajícími především z hranic zrn nebo síťoví, ale tvořící se uvnitř zrna austenitu. V rovině výbrusu se deskovité útvary jeví jako jehlice, pilovité útvary pak mají trojúhelníkový průřez. Vzhled Widmannstättenovy struktury v materiálu železniční nápravy je na (obr. 3.10). Hlavními předpoklady pro vznik této struktury je přehřátí (hrubé zrno austenitu), současně vhodný obsah uhlíku a příznivé přechlazení austenitu. Důsledkem Widmannstättenovy struktury je u ocelí používaných jen v normalizovaném stavu zhoršení obrobitelnosti a nižší houževnatost. [1]

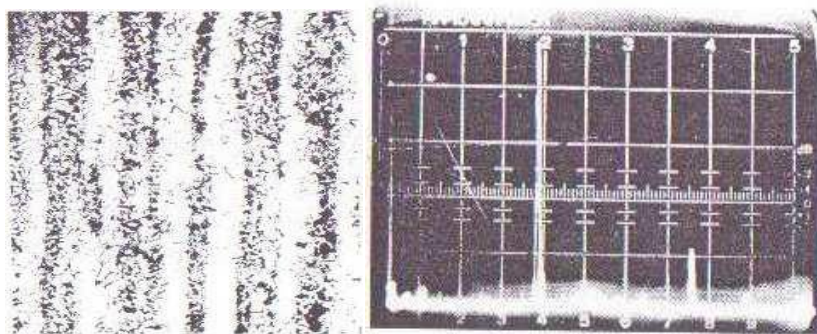


Obr. 3.10 Widmannstättenova struktura v materiálu železniční nápravy a vzhled oscilogramu při zkoušení ultrazvukem [1]

### Řádkovita struktura (řádkovitost)

#### Charakteristika

Řádkovitá struktura je charakterizována celkem nepravidelným uspořádáním přítomných strukturálních částí do výrazných řádků. Příklad řádkovité struktury je uveden na obr. 3.11, kdy se ve struktuře střídají různě široké řádky feritu a perlitu. Základní příčinou vzniku řádkovitosti je chemická nestejnorodost, jenž vzniká při tuhnutí oceli v ingotu, a která poté podmiňuje vznik oblastí s více či méně odlišným chemickým složením, protažených do pruhů ve směru toku materiálu při tváření za tepla. Řádkovitost vytváří podmínky pro vznik trhlin při kalení a nestejnorodé struktury po kalení. Dále řádkovitost nepříznivě ovlivňuje obrobitelnost hotových výrobků a zhoršuje jejich vlastnosti v příčném směru. [1]



Obr. 3.11 Řádkovitá struktura v materiálu železniční nápravy a vzhled oscilogramu při zkoušení ultrazvukem [1]

## 4 NEDEŠTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY V SYSTÉMU MANAGEMENTU KVALITY VÝROBY

### 4.1 Obecné požadavky na systémy managementu kvality

Obecné požadavky na systémy managementu kvality vyplývají z požadavku ČSN EN ISO 9001:2010. Aby činnost organizace byla efektivní, musí identifikovat a řídit soubor veškerých vzájemně propojených činností. Jedním z cílů nedestruktivní zkušební laboratoře by mělo být zvyšování spokojenosti zákazníka plněním jeho požadavků a procesní přístup při vývoje, uplatňování a zlepšování systému managementu kvality podle této normy se stává hlavním nástrojem.

Je potřeba si uvědomit, že pokud NDT zkušební laboratoř chce splňovat specifické požadavky zákazníku, jejich předpisů a dále požadavky norem, musí trvale prokazovat svou schopnost poskytovat kvalitní NDT služby. Cílem je nejen vytvoření a dokumentování systému managementu kvality, ale hlavně jeho udržování, neustále zlepšování a zvyšování efektivnosti. Jedna se o strategické rozhodnutí zkušební laboratoře, které je ovlivněné stále se měnícími potřebami, konkrétními cíly, poskytováníми produkty, využívanými procesy, velikostí a strukturou laboratoře apod. [1]

### 4.2 Požadavky na způsobilost zkušebních laboratoří.

Všeobecné požadavky na způsobilost provádění zkoušek, včetně kalibrací, jsou daný normou ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Tato norma se obecně týká zkoušení a kalibrací, které jsou prováděny jak normalizovanými metodami, tak i nenormalizovanými a metodami laboratořemi speciálně vyvinutými. Nás zajímá jak problematika týkající se vlastního nedestruktivního zkoušení, tak i kalibrace nedestruktivního zařízení, vybavení a pomůcek.

Vytvořením a zavedením systému managementu kvality ve zkušební laboratoři, dle požadavku ČSN EN ISO/IEC 17025, splněním uvedených požadavků, dochází k usnadnění prokazování způsobilosti, usnadnění spolupráce mezi laboratořemi a dalšími orgány a celý přístup napomáhá při harmonizaci norem a postupů. [1]

Uvedená norma je použitelná ve všech organizacích, které provádějí nedestruktivní zkoušky anebo kalibrace. Zkušebními laboratořemi je tato norma využívána při rozvoji jejich systémů managementu v oblasti kvality a administrativních a technických systémů, kterými své činnosti řídí. V normě jsou požadavky rozděleny do dvou významných kapitol a to kapitoly 4, která definuje požadavky na management a kapitoly 5, která definuje technické požadavky. [1]

### 4.3 Akreditace NDT zkušební laboratoře

Akreditací se rozumí oficiální uznání, že subjekt akreditace je způsobilý provádět specifické činnosti v rozsahu, který je vymezen v „Osvědčení o akreditaci“. V oblasti činnosti NDT zkušebních laboratoří se tedy jedná o uznání, že laboratoř je způsobilá provádět definované NDT zkoušky. Při posuzování způsobilosti akreditační orgán posuzuje, zda-li laboratoř splňuje akreditační kritéria definovaná příslušnými normami a požadavky akreditačního orgánu. Akreditační systém je vybudován takovým způsobem, aby v něm byly jasně definované funkce, pravidla, organizační uspořádání, aby byly vymezeny vztahy mezi jednotlivými účastníky procesu a zejména aby splňoval základní požadavky k prohlášení vzájemné důvěry mezi jednotlivými národními akreditačními systémy a vzájemné uznávání výsledku zkoušek. Účelem a cílem je na jedné straně zajištění nestrannosti a objektivnosti při provádění akreditace a zároveň na druhé straně zabezpečení technické způsobilosti zkušební laboratoře. [1]

### 4.4 Kvalifikace a certifikace NDT personálu dle EN ISO 9712 (EN 473)

Kvalifikace a certifikace NDT pracovníku dle požadavku normy EN ISO 9712 je typickým požadavkem na certifikaci v systému certifikace nezávislé, neboli certifikace nezávislým certifikačním orgánem.

Kvalifikace i certifikace nezávislým certifikačním orgánem znamená, že celý proces probíhá pod řízením certifikačního orgánu a ve smyslu nezávislého lze chápat nezávislost na zaměstnavateli.

V normě EN ISO 9712 jsou přesně definované minimální požadavky na kvalifikaci NDT personálu pro vymezené a případně další certifikačním orgánem zavedené NDT metody.

Z pohledu uchazeče o certifikaci jsou v normě pevně definovány:

- pravomoci a odpovědnosti pracovníku jednotlivých kvalifikačních stupňů
- požadavky na rozsah školení
- požadavky na průmyslovou praxi
- požadavky na zrakové schopnosti
- kvalifikační zkoušky (rozsah, obsah, podmínky průběhu, hodnocení,...)
- požadavky na certifikaci, prodloužení platnosti a recertifikaci [1]

### 4.5 Kvalifikace a certifikace zaměstnavatelem, SNT-TC-1A

Kvalifikace a certifikace zaměstnavatelem tvoří další nejvíce požadovaný přístup. Je jakýmsi protípolem k předchozímu systému. Na rozdíl od certifikace nezávislé, je zde kvalifikace a certifikace plně řízená a prováděná pod konkrétním zaměstnavatelem, u kterého se vlastní výkon NDT prací provádí. [1]

Na světě nejrozšířenější kvalifikací tohoto typu je systém SNT-TC-1A. Dalšími velmi dobře známými zaměstnavatelskými kvalifikacemi jsou např. kvalifikace dle normy NAS 410 nebo EN 4179. Systém SNT-TC-1A oproti certifikaci nezávislé EN ISO 9712 je vybudování tohoto systému a jeho udržování mnohem flexibilnější i cenově přijatelnější a je zaměřeno přesně na požadavky konkrétního podniku. [1]

Zavedení celého firemního NDT systému je závislé na instituci pracovníka třetího stupně – NDT Level III. Výhodou při vytváření NDT legislativního zabezpečení dle navrhovaného řešení je možnost využití vnější agentury (OUTSIDE AGENCY), která disponuje NDT personálem kvalifikovaným ve třetím stupni. [1]

Systém SNT-TC-1A je založen na certifikaci zaměstnavatelem, tudíž zaměstnavatel si certifikuje svůj personál sám. Školení a celá kvalifikace se v tomto systému zaměřují přesně dle potřeby a rozsahu jednotlivých činností a přitom lze, pro potřeby certifikací, s výhodou částečně využít a již dříve absolvovaná školení v jiných systémech NDT. Táto zaměstnavatelská certifikace je často požadována pro potřeby splnění požadavků zejména amerických předpisů (ASME Code, AWS, API, ...). [1]

#### **4.6 Systém NDT dokumentace – obsah základní dokumenty**

Podmínkou pro kvalitní fungování systému kvality v procesu NDT zkoušek je vybudování a zavedení systému NDT dokumentace. Neméně důležité je ovšem i vyškolení a informování pracovníků na jednotlivých stupních řízení a v jednotlivých oblastech provádění činnosti NDT i v oblastech souvisejících.

Zkušební laboratoř musí vytvořit a udržovat postupy pro řízení všech dokumentů, které jsou součástí jejího systému managementu. Dokumenty požadované systémem managementu kvality musí být řízený. Dokumentace smí být zaznamenána na jakémkoli druhu médiu, ať již jako trvalá kopie, tak i záznam na elektronických médiích. [2]

Systém NDT legislativy/dokumentace ve zkušební laboratoři tvoří následující základní dokumenty:

- příručka kvality, související politika kvality a její cíle
- kvalifikační a certifikační předpisy pro NDT pracovníky
- písemné postupy
- organizační směrnice
- systém metrologického zabezpečení
- písemné instrukce (návodky)
- záznamy o jakosti



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo provedení vybraných nedestruktivních zkoušek na připravených zkušebních vzorcích (svařené součásti). Nedestruktivní zkouškou dle ČSN EN ISO 9712 (vizuální kontrola, kapilární zkouška, magnetická zkouška a radiologická zkouška) byl proveden test vždy na dvou zkušebních vzorcích. Materiály použité pro výrobu svařovaných zkušebních vzorků byly ocel ČSN 411503, ČSN 411480, ČSN 411313, ČSN 424400. Výsledky zkoušek byly zaznamenány a vyhodnoceny.

Cíle bakalářské práce byly následující:

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

### 5.1 Vizuální kontrola – VT.

Vizuální zkouška (VT) byla provedena na dvou zkušebních vzorcích dle ČSN EN ISO 17637.

**Vzorek č. 1** byl svařen z dvou plechů z materiálu S355J2+N (ČSN 11 503) o tloušťce 12 mm metodou svařování MAG (135), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. Zkratka MAG pochází z anglického *Metall Active Gas* a označuje poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu (CO<sub>2</sub>). Svařování proběhlo svisle nahoru (poloha PF), jako přídatný materiál byl použit poměděný drát Ø 1,2 mm OK Autrod 12.56 od firmy ESAB. Byla použita svářečka KITin 220 Synergic, parametry svařování byly 200A svařovacího proudu a 25 V svařovacího napětí.

**Vzorek č. 2** byl svařen ze dvou plechu z materiálu S355J2+N (ČSN 11 503) o tloušťce 10mm metodou svařování MAG (135), byl vytvořen koutový svár. Svařování proběhlo svisle nahoru (poloha PF), jako přídatný materiál byl použit poměděný drát Ø 1,2 mm OK Autrod 12.56 od firmy ESAB. Byla použita svářečka KITin 220 Synergic, parametry svařování byly 220A svařovacího proudu a 27 V svařovacího napětí.

Samotná vizuální kontrola byla provedena dle ČSN EN ISO 17637, kde první krok spočíval v očištění prohlíženého povrchu sváru. K očištění a odstranění všech nečistot, rozstříku, uvolněných okují, rzi a ostatních nečistot, které by mohly ovlivnit výsledek vizuální kontroly byl použit kartáč. Po očištění následovala prohlídka sváru a kořene při osvětlení víc jak 350 luxů. Za použití zraku a v některých případech i za pomoci lupy (pro detailní pohled) byly zaznamenány vady svaru, které

byly proměřeny víceúčelovou měrkou (obr. 5.7) a posuvnou měrkou pro ploché a koutové svary (vlaštovka).

V průběhu vizuální kontroly vzorku číslo 1 bylo objeveno na povrchu sváru vadné napojení sváru obr. 5.6, neúplné vyplnění sváru a proláklina obr. 5.8. Při prohlídce kořene byl zaznamenán neprovařený kořen obr. 5.12 a obr. 5.13.

Při vizuální kontrole vzorku číslo 2 bylo zaznamenáno podkročení velikosti koutového sváru obr. 5.19 a nesouvislé zápaly obr. 5.21.

Po vyhodnocení jsem vystavil protokoly viz. přílohy P1 a P2. Nalezené nepřijatelné vady jsou uvedené v tab. 5.1.

Vzorek číslo 1		Vzorek číslo 2	
Pořadové číslo vady	Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO – 65200-1	Pořadové číslo vady	Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO – 65200-1
1	517 – vadné napojení	1	5214 – podkročení velikosti koutového sváru
2	511 – neúplné vyplnění sváru	2	5012 – nesouvislé zápaly
3	5094 – proláklina		
4	502 – nadměrné převýšení		
5	4021 – neprovařený kořen		
6	4021 – neprovařený kořen		

Tab. 5.1 Nalezené nepřijatelné vady vzorek 1 & 2

Vzorek č. 1 VT

Obr. 5.1 Vytyčení délky sváru pro vyhodnocování



Obr.5.2 Měření vzorku číslo 1



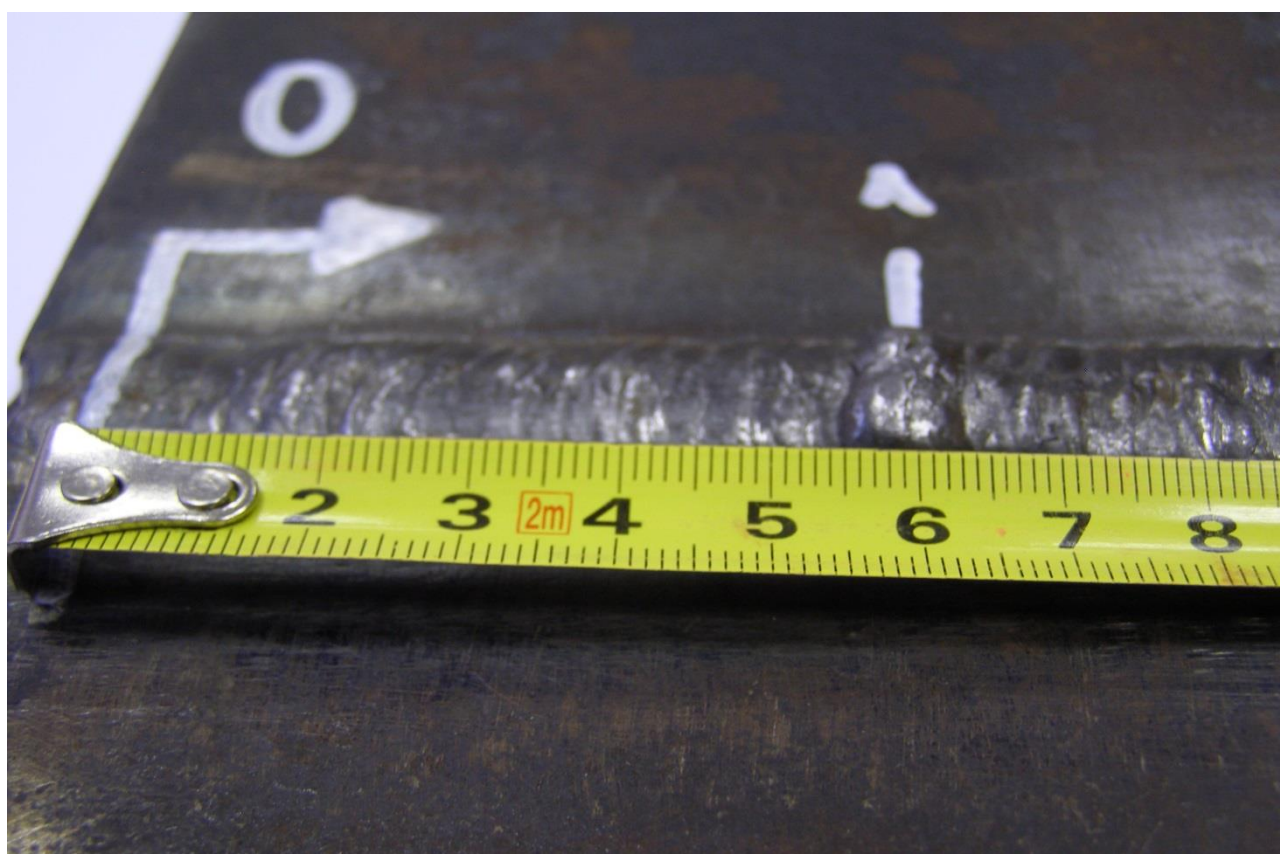
Obr. 5.3 Tloušťka vzorku číslo 1



Obr. 5.4 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu (světlo musí být min.350 luxů)



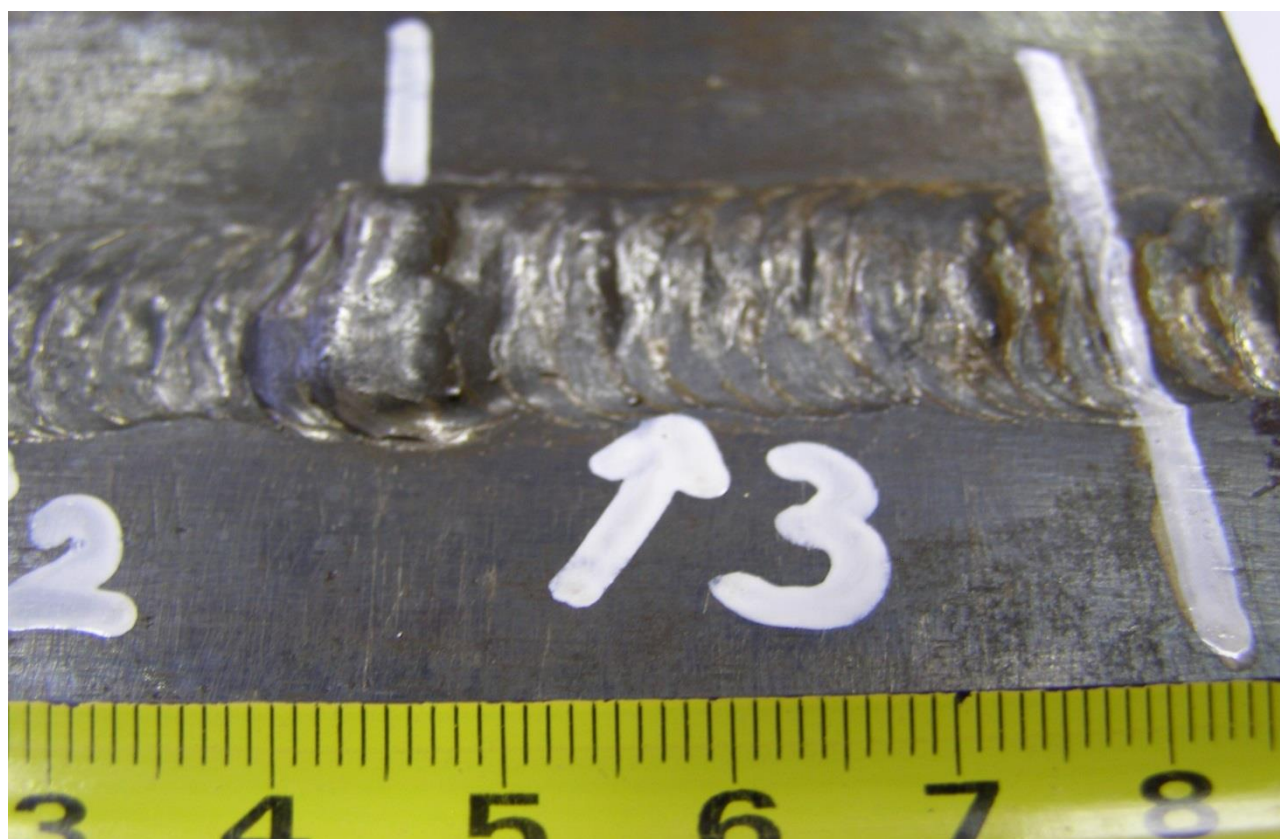
Obr. 5.5 Vizuální kontrola - vyhodnocování a označování vad (povrch sváru)



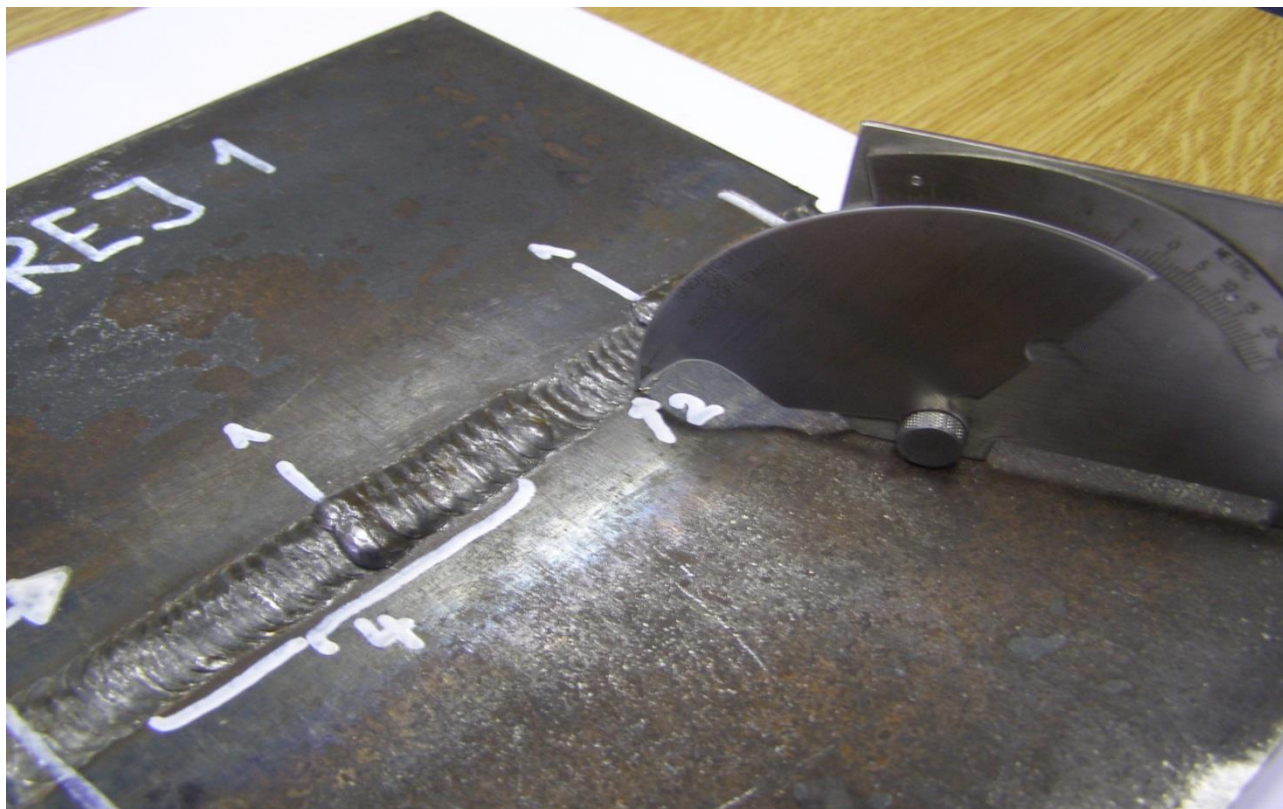
Obr. 5.6 Detail vady sváru – vadné napojení



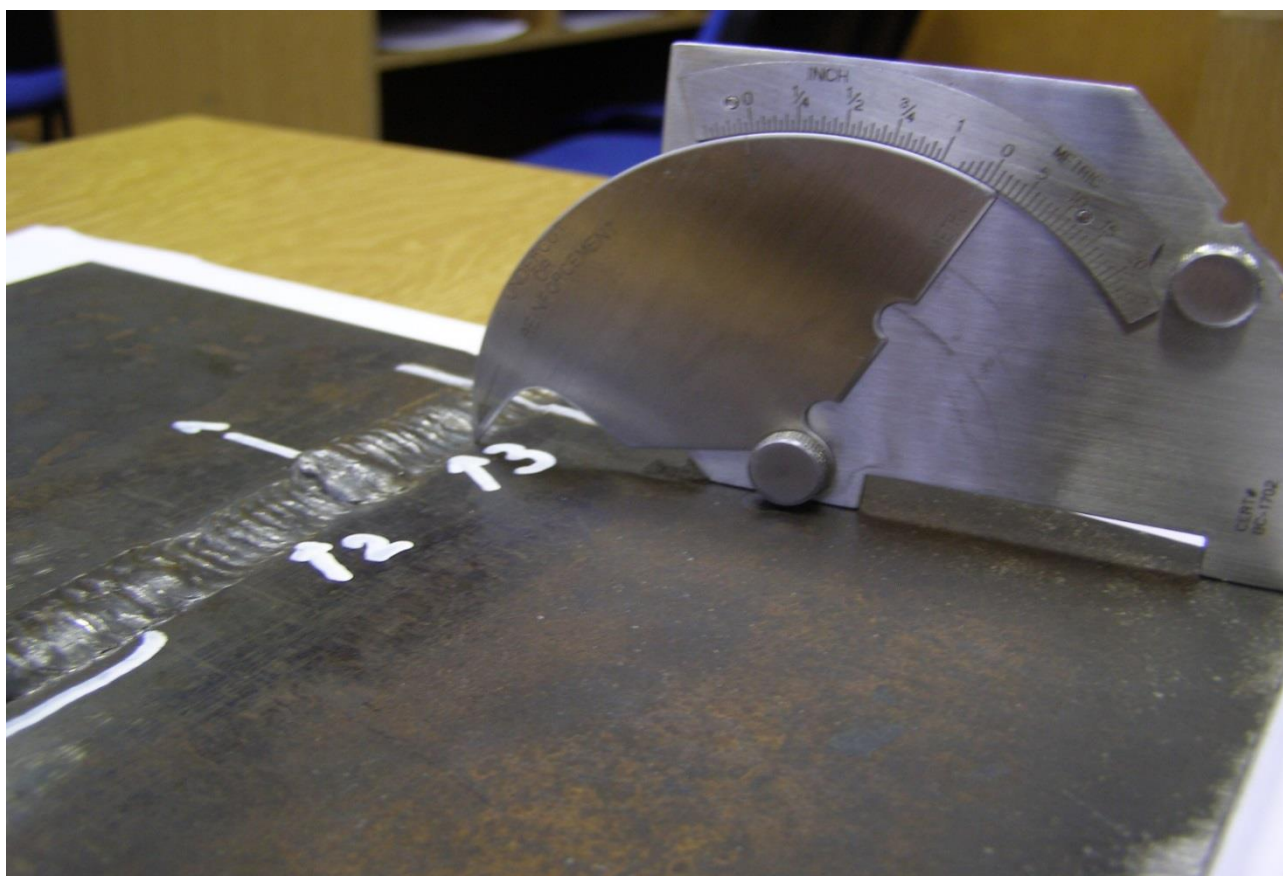
Obr. 5.7 Měření nadměrného převýšení sváru pomoci víceúhelové měřky



Obr. 5.8 Detail vady sváru – proláklina na okraji sváru



Obr. 5.9 Měření hloubky zápalu (vada č. 2) sváru pomoci univerzální VT měrky

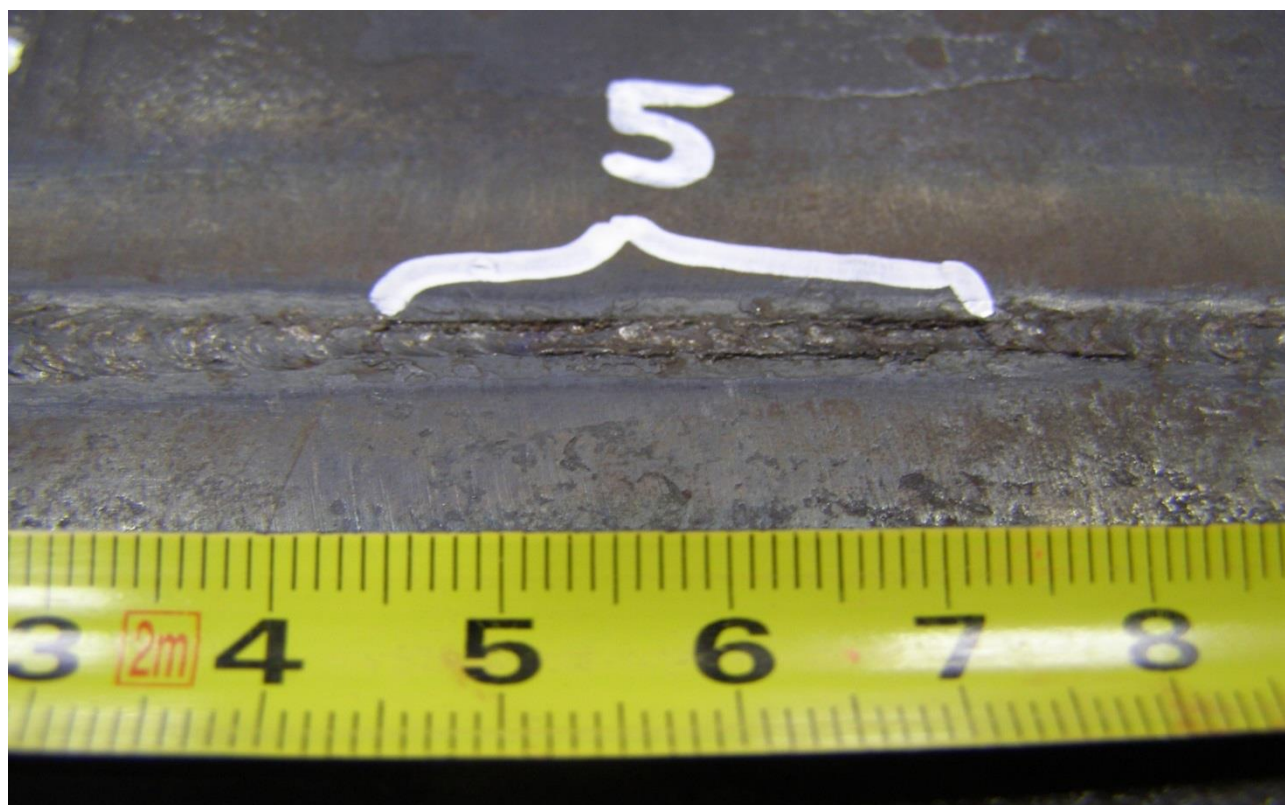


Obr. 5.10 Měření hloubky zápalu (vada č. 3) sváru pomoci univerzální VT měrky.





Obr. 5.11 Vizuální kontrola sváru - vyhodnocování a označování vad (kořen sváru)



Obr. 5.12 Detail vady sváru – neprovařený kořen

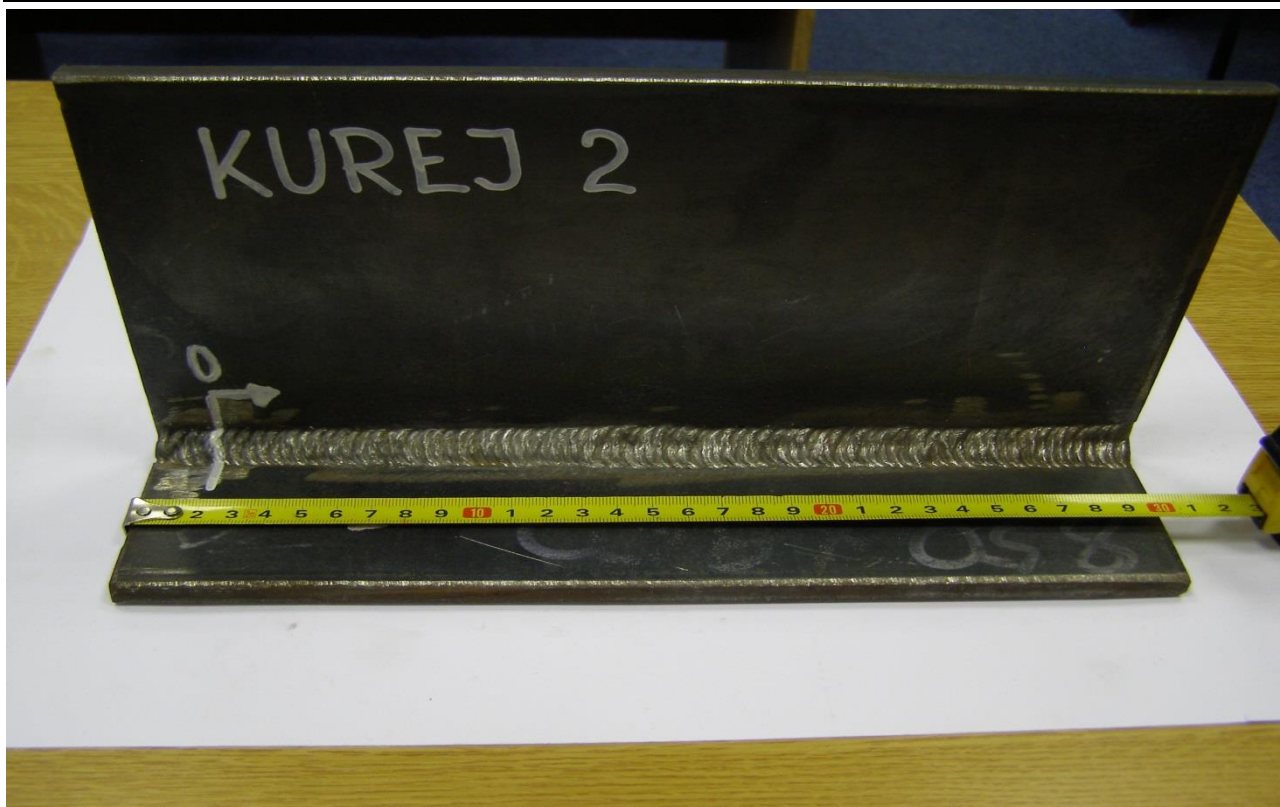


Obr. 5.13 Detail vady sváru – neprovařený kořen

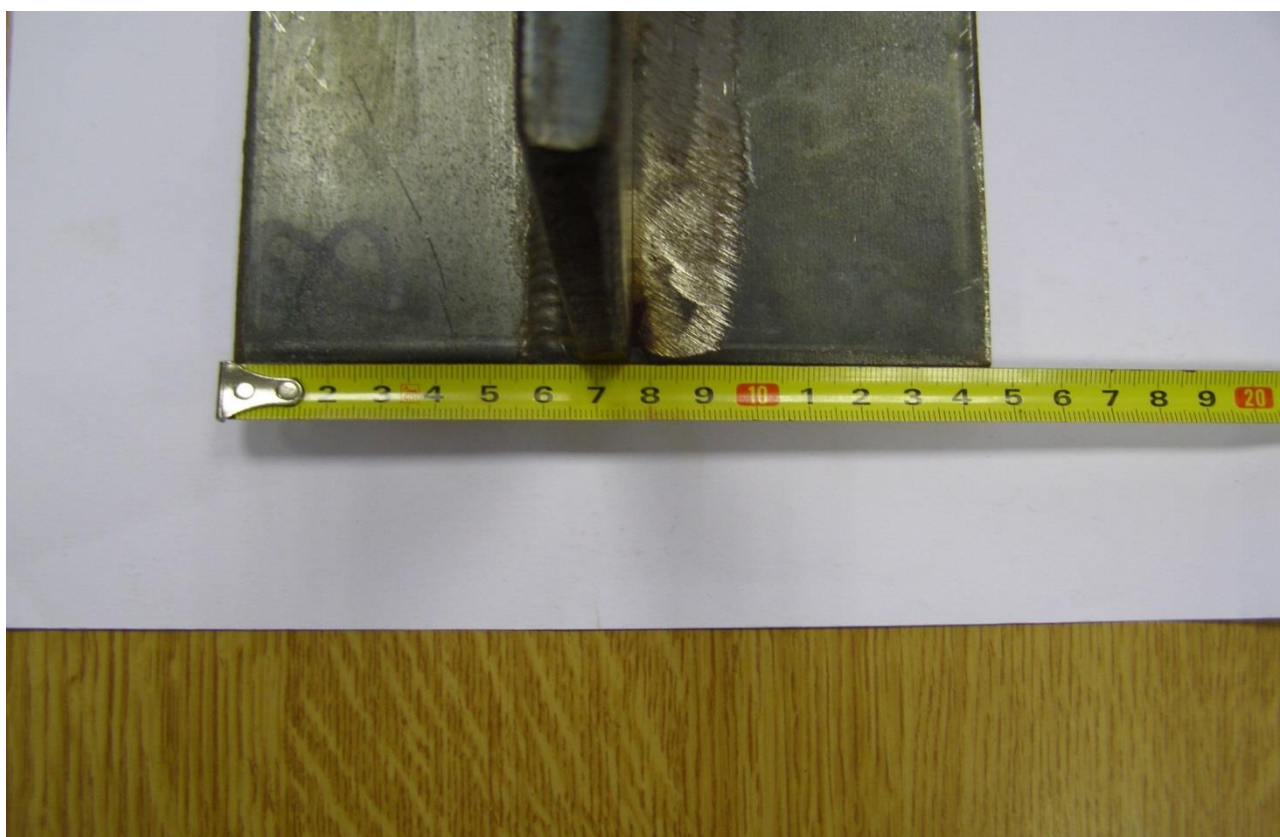
Vzorek č. 2 VT



Obr. 5.13 Vytyčení délky sváru pro vyhodnocování



Obr. 5.14 Měření délky zkušebního vzorku vzorku číslo 2



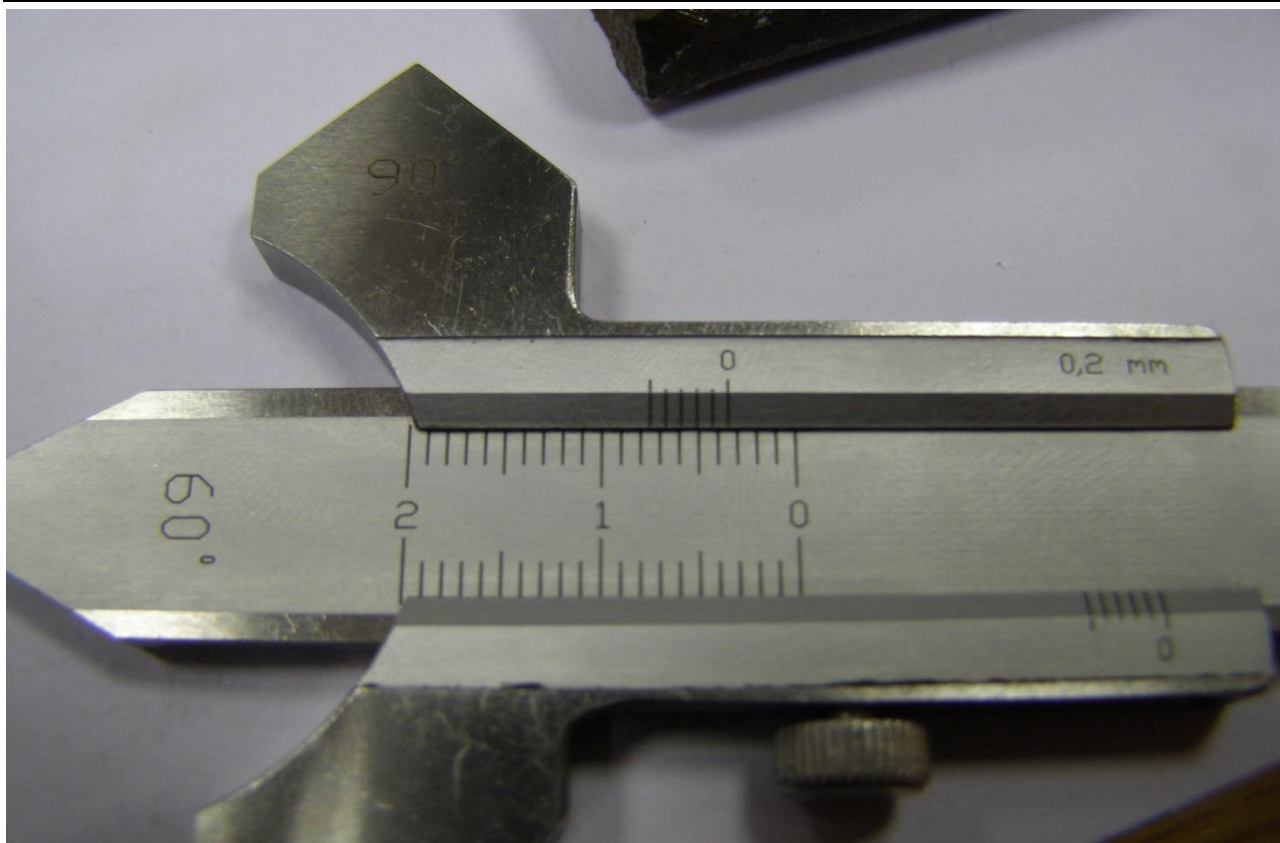
Obr. 5.15 Měření šířky zkušebního vzorku číslo 2



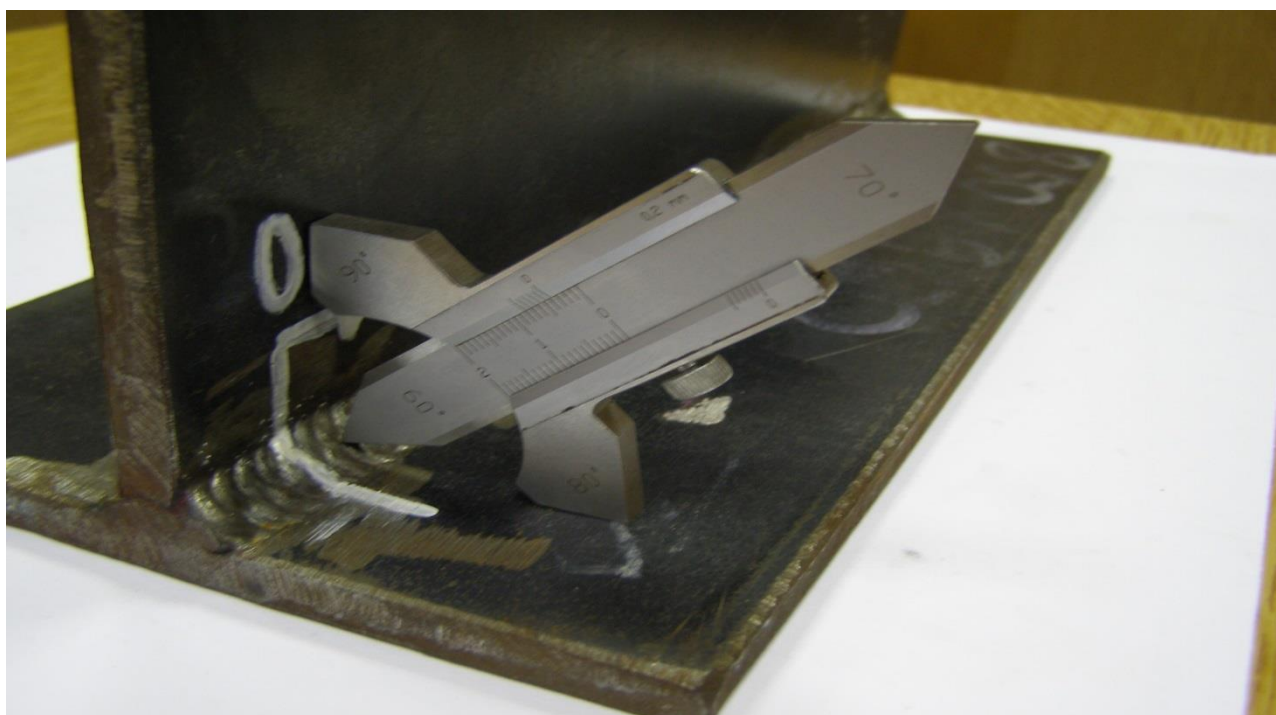
Obr. 5.16 Měření tloušťky zkušební vzorku číslo 2



Obr.5.17 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu(světlo musí být min.350 luxů)



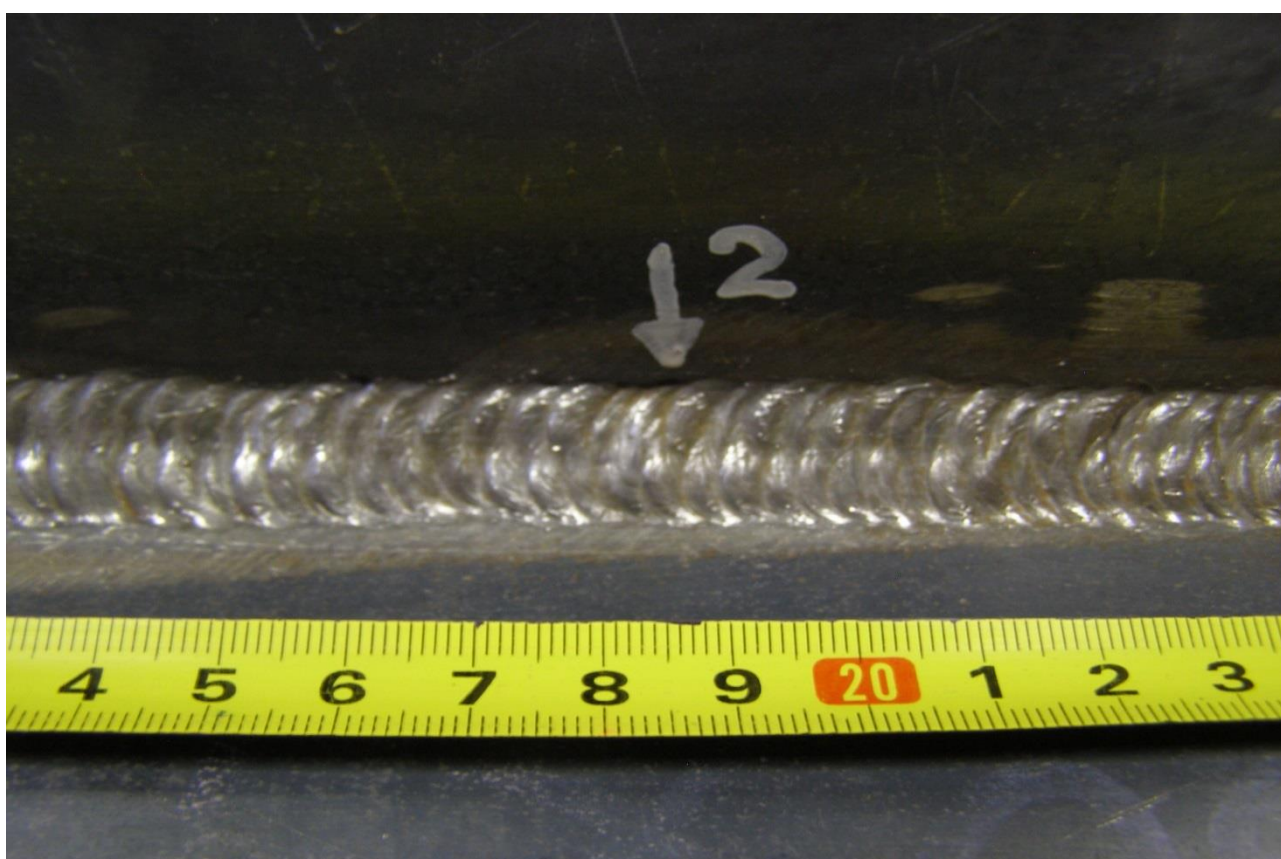
Obr. 5.18 Posuvná měrka pro ploché a koutové svary (vlaštovka)



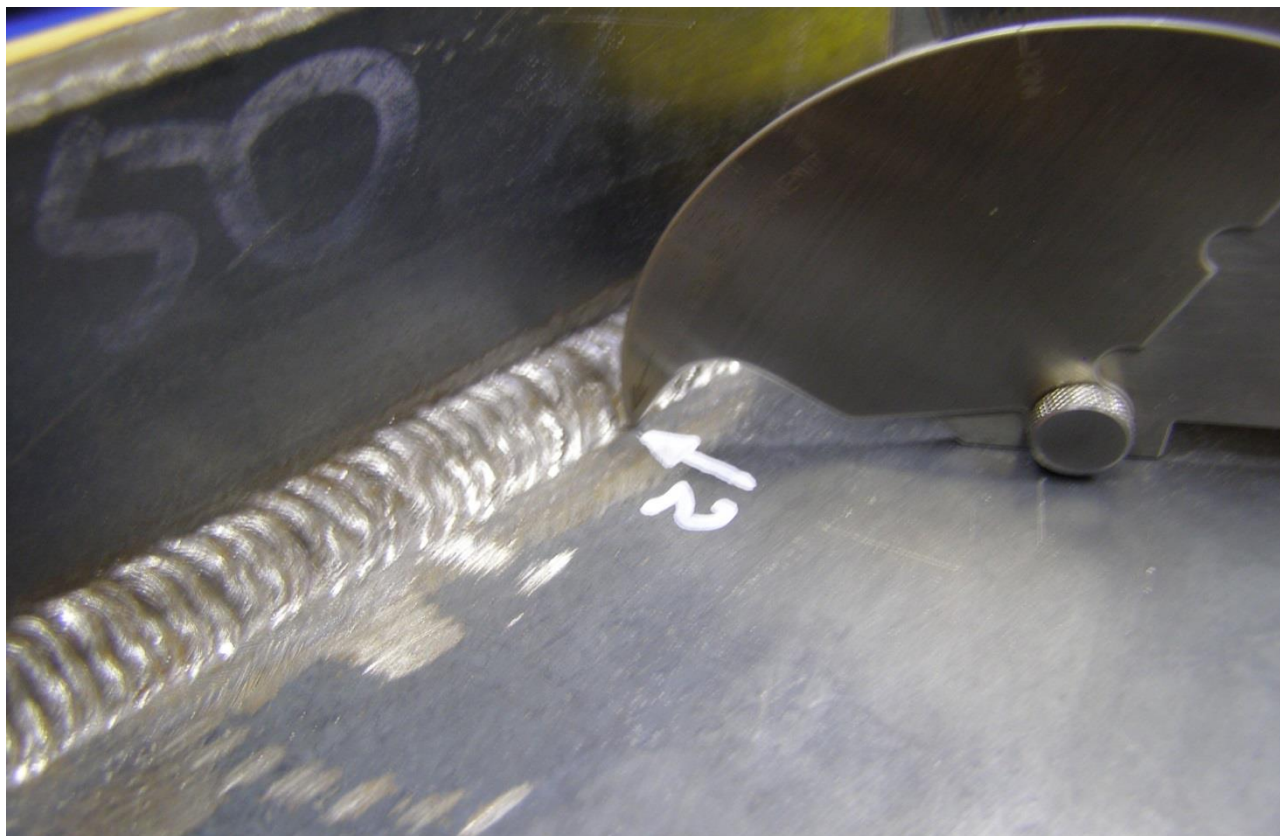
Obr. 5.19 Měření výšky koutového svaru posuvnou měrkou pro ploché a koutové svary (vlaštovka)



Obr. 5.20 Vizuální kontrola - vyhodnocování a označování vad



Obr. 5.21 Detail vady – nesouvislý zápal



Obr. 5.22 Měření hloubky zápalu (vada č.3) sváru pomocí univerzální VT měrky.

## 5.2 Kapilární zkouška - PT

Kapilární zkouška (PT) byla provedena na dvou vzorcích dle ČSN EN ISO 3452 - 1.

**Vzorek č. 3** byl svařen z dvou plechů z materiálu P265GH (ČSN 11 480) o tloušťce 10 mm elektrickým obloukem obalenou elektrodou MMA (111), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. Svařování proběhlo vodorovně z horní strany (poloha PA), jako přídatný materiál byly použity bazické obalované elektrody o  $\varnothing$  3,2 mm OK 74.46 od firmy ESAB. Byla použita svářečka – invertor Kühtreiber FÉNIX 200, parametry svařování byly 150A svařovacího proudu a 20 V svařovacího napětí.

**Vzorek č. 4** byl svařen ze dvou trubek z materiálu AW 6082 (ČSN 424400)  $\varnothing$  42 x 3 mm metodou svařování TIG (141), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. TIG obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (Ar). Svařování trubky proběhlo zdola nahoru svisle nahoru (poloha PH), jako přídatný materiál byl použit drát  $\varnothing$  0,8 mm OK Union AlSi 5 od firmy Böhler Welding. Byla použita svářečka – invertor Kühtreiber FÉNIX 200, parametry svařování byly 90A svařovacího proudu a 15 V svařovacího napětí.

Kapilární zkoušku byla provedena následovně:

1.) Předčištění - před samotnou zkouškou byl povrch zbaven nečistot jako olej, rez, tuky, okuje, rozstřík pomocí drátěného kartáče a odmašťovačem.

2.) Sušení proběhlo přirozeným odpařením

3.) Nanesení penetrantu – Penetrant byl aplikován nástřikem, tak, aby penetrantem byl pokryt svar a tepelná ovlivněná oblast. Penetrant byl nanesen po celou penetrační dobu 15 minut.

4.) Odstranění přebytku penetrantu – penetrant byl odstraněn rozpouštědlem. Nejprve byl setřen přebytek penetrantu tkaninou, která neuvolňuje vlákna, a potom byl povrch očištěn tkaninou navlhčenou rozpouštědlem.

5.) Nanesení vývojky – po odstranění penetrantu z povrchu byla nanesena vývojka. Doba vyvíjení byla 15 minut.

6.) Prohlídka - první kontrolu byla provedena hned po nanesení a vysušení vývojky. Další kontrola byla realizována po uplynutí vyvíjecí doby. Vyvíjecí čas byl 15 minut. Kontrola proběhla při umělém světle o intenzitě 898 luxů. Celá kapilární zkouška byla provedená při teplotě 19° C.

- V průběhu kapilární zkoušky vzorku číslo 3 byla zaznamenána na povrchu sváru nepřijatelná indikace a to: nelineární indikace o rozměrech 6,55mm (obr. 5.32), 8,25mm (obr. 5.33) a 15,44mm (obr. 5.34).
- Dále při kapilární zkoušce vzorku číslo 4 byla objevena nepřijatelná lineární indikaci o délce  $l = 20,1\text{mm}$  (obr. 5.42)

Po prohlídce byly vystaveny protokoly viz. přílohy P4 a P5. Nalezené nepřijatelné indikace jsou uvedené v tab. 5.2.

Vzorek číslo 3		Vzorek číslo 4	
Pořadové číslo indikace	Druh a rozměr indikace	Pořadové číslo indikace	Druh a Rozměr indikace
1	Nelineární indikace d = 6,58mm	1	Lineární indikace l = 20,1mm
2	Nelineární indikace (seskupená) d = 8,25mm		
3	Nelineární indikace (seskupená) d = 15,44mm		

Tab. 5.2 Nalezené nepřijatelné indikace vzorek 3 & 4



**Vzorek č. 3 PT**

Obr. 5.23 Měření šířky zkušebního vzorku číslo 3



Obr. 5.24 Měření délky zkušebního vzorku číslo 3



Obr. 5.25 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu, světlo musí být min.500luxů.



Obr. 5.26 Kapilární sada MR Chemie



Obr. 5.27 Očištění povrchu zkušebního vzorku před nanesením penetrantu



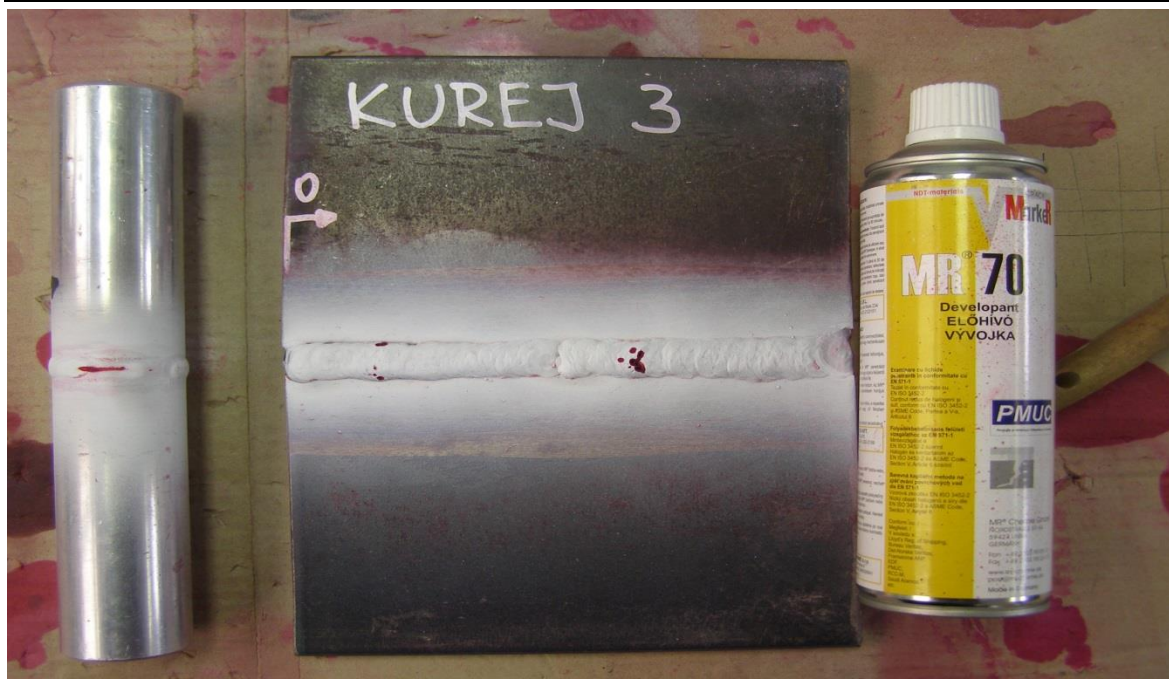
Obr. 5.28 Nanesení penetrantu na zkušební vzorek č. 3. Penetrační čas 15 min



Obr. 5.29 Očištění přebytečného penetrantu, po uplynutí penetračního času



Obr. 5.30 Očištění pentrantu ze zkušebního vzorku tkaninou navlhčenou rozpouštědlem



Obr. 5.31 Nanesení vývojky, Vyvolávací čas 15 min, Zkušební vzorek se musí pozorovat v průběhu vyvolávání – Začátek vyvolávání



Obr. 5.32 Měření indikace č. 1



Obr. 5.33 Měření indikace číslo 2



Obr. 5.34 Měření indikace číslo 3



Obr. 5.35 Měření rozestupu indikací

**Vzorek č. 4 PT**



Obr. 5.36 Zkušební vzorek číslo 4



Obr. 5.37 Měření tloušťky zkušební vzorku číslo 4



Obr. 5.38 Nanesení penetrantu na zkušební vzorek č. 4. Penetrační čas 15 min

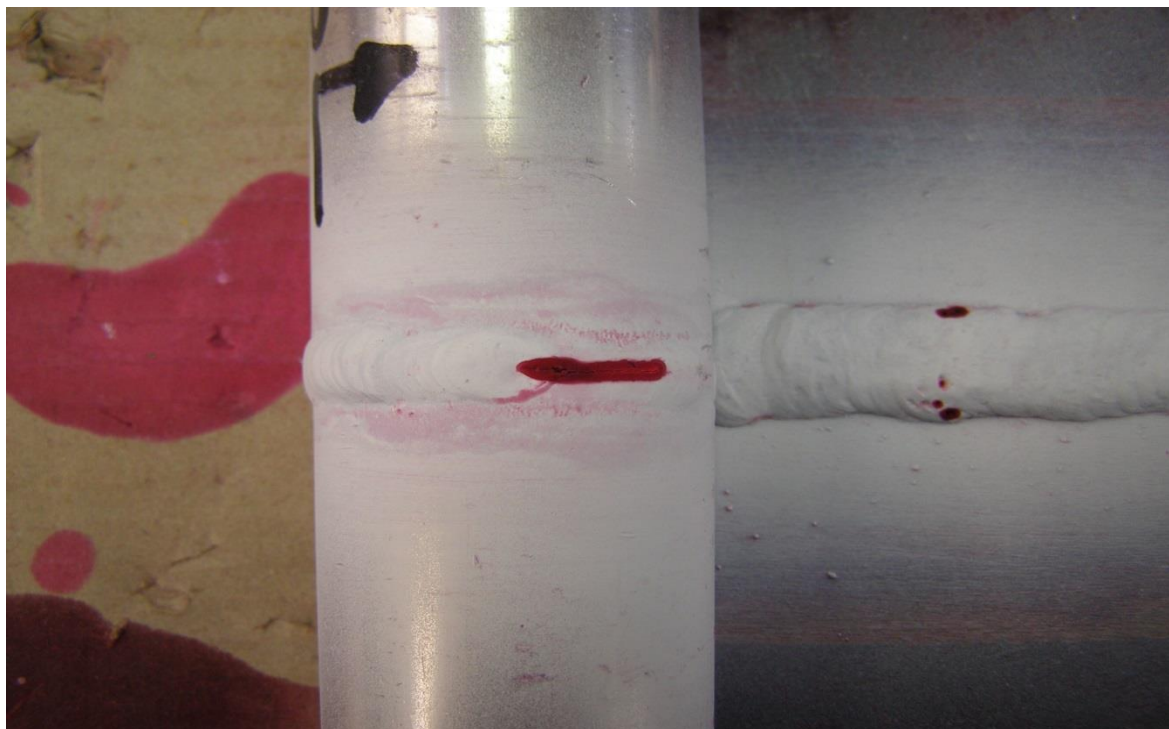




Obr. 5.39 Očištění povrchu zkušební vzorku od penetrantu, ihned po uplynutí penetračního času



Obr. 5.40 Nanesení vývojky, začátek vyvolávání



Obr. 5.41 Konec vyvolávání po 15 minutách



Obr. 5.42 měření indikace

### 5.3 Magnetická zkouška práškovou metodou. - MT

Magnetická zkouška práškovou metodou (MT) byla provedena na dvou vzorcích dle ČSN EN ISO 17638.

**Vzorek č. 5** byl svařen z dvou plechů z materiálu P265GH (ČSN 11 480) o tloušťce 5 mm metodou svařování MAG (135), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. Zkratka MAG pochází z anglického *Metal Active Gas* a označuje poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu (CO<sub>2</sub>). Svařování proběhlo svisle nahoru (poloha PF), jako přídatný materiál byl použit poměděný drát Ø 1,2 mm OK Autrod 12.56 od firmy ESAB. Byla použita svářečka KITin 220 Synergic, parametry svařování byly 150A svařovacího proudu a 21 V svařovacího napětí.

**Vzorek č. 6** byl svařen ze dvou plechu z materiálu S355J2+N (ČSN 11 503) o tloušťce 10mm metodou svařování MAG (135), byl vytvořen koutový svár. Svařování proběhlo svisle nahoru (poloha PF), jako přídatný materiál byl použit poměděný drát Ø 1,2 mm OK Autrod 12.56 od firmy ESAB. Byla použita svářečka KITin 220 Synergic, parametry svařování byly 220A svařovacího proudu a 27 V svařovacího napětí.

Magnetická prášková zkouška jsem provedl následovně:

- 1.) Předčištění - před provedením magnetické práškové zkoušky byl povrch zbaven nečistot jako olej, rez, tuky, okuje, rozstřík pomocí drátěného kartáčů a odmašťovačem.
- 2.) Přezkoušení zkušebních prostředků – ověřování bylo provedeno na součásti, která má umělé vady, šlo o měrku MTU č.3.
- 3.) Ověření funkce ručního magnetu – bylo provedeno odtrhovou zkouškou. Nosnost magnetu je měřítkem elektromagnetické síly jha. Elelektromagnetická síla musí být větší než 44N-zvednutí zkušebního závaží o hmotnosti 10 liber (4.536kg).
- 4.) Nanesení podkladové barvy – na zkoušený povrch svárů byla nanесena bílá podkladová barva, tato barva musí dávat přiměřený kontrast se zkoušeným povrchem.
- 5.) Ověření směru a intenzity magnetického pole – bylo provedeno se zkušební Bertholdovou měrkou a to umístěním na zkoušený povrch mezi póly magnetického jha. Tok nebo intenzita magnetického pole se indikují tak, že se vytvoří zřetelně rozlišitelná linie magnetického prášku na měděné straně indikátoru,
- 6.) Magnetizace jhem – byl magnetizován ve 2 směrech na sebe kolmých, přičemž, uhel dvou magnetizačních směrů nesmí být menší než 50° a větší než 130°.

7.) Zkoušení – bylo realizováno nástřikem magnetického prášku a současnou magnetizací při rozptýleném bílém světle, jehož intenzita na zkoušeném povrchu byla 631 luxů. Světelný zdroj nesmí vytvářet na zkoušeném povrchu ostré stíny a odlesky.

6.) Vyhodnocení indikací bylo provedeno v průběhu magnetizace.

- V průběhu magnetické zkoušky vzorku číslo 5 byla zaznamenána na povrchu sváru nepřipustná indikace a to, lineární indikace o rozměru  $l = 28\text{mm}$  (obr. 5.54).
- Dále při magnetické zkoušce vzorku číslo 6 byla zaregistrována povolená nelineární indikace o rozměru  $d = 1\text{mm}$  (obr. 5.60)

Po prohlídce byla vystaveny protokoly viz. přílohy P7 a P8. Nalezené nepřipustné indikace jsou uvedené v tab. 5.3.

Vzorek číslo 5		Vzorek číslo 6	
Pořadové číslo indikace	Druh a rozměr indikace	Pořadové číslo indikace	Druh a Rozměr indikace
1	Lineární indikace $l = 28\text{mm}$	1	Nelineární indikace $d = 1\text{mm}$

Tab. 5.3 Nalezené nepřipustné indikace vzorek 5 & 6

Vzorek č. 5 MT

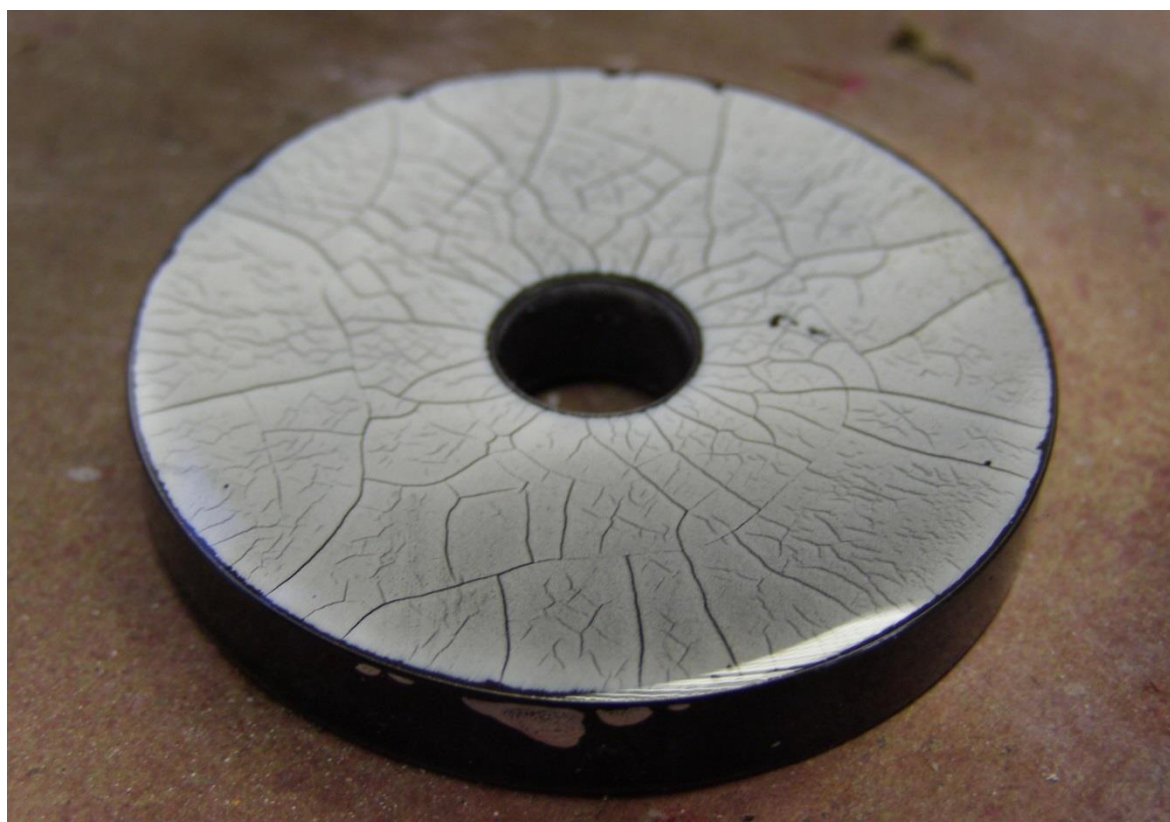
Obr. 5.43 Vzorek č. 5



Obr. 5.44 Sada pro Magnetickou metodu práškovou



Obr. 5.45 Nanesení magnetického prášku na Měrku MTU č. 3



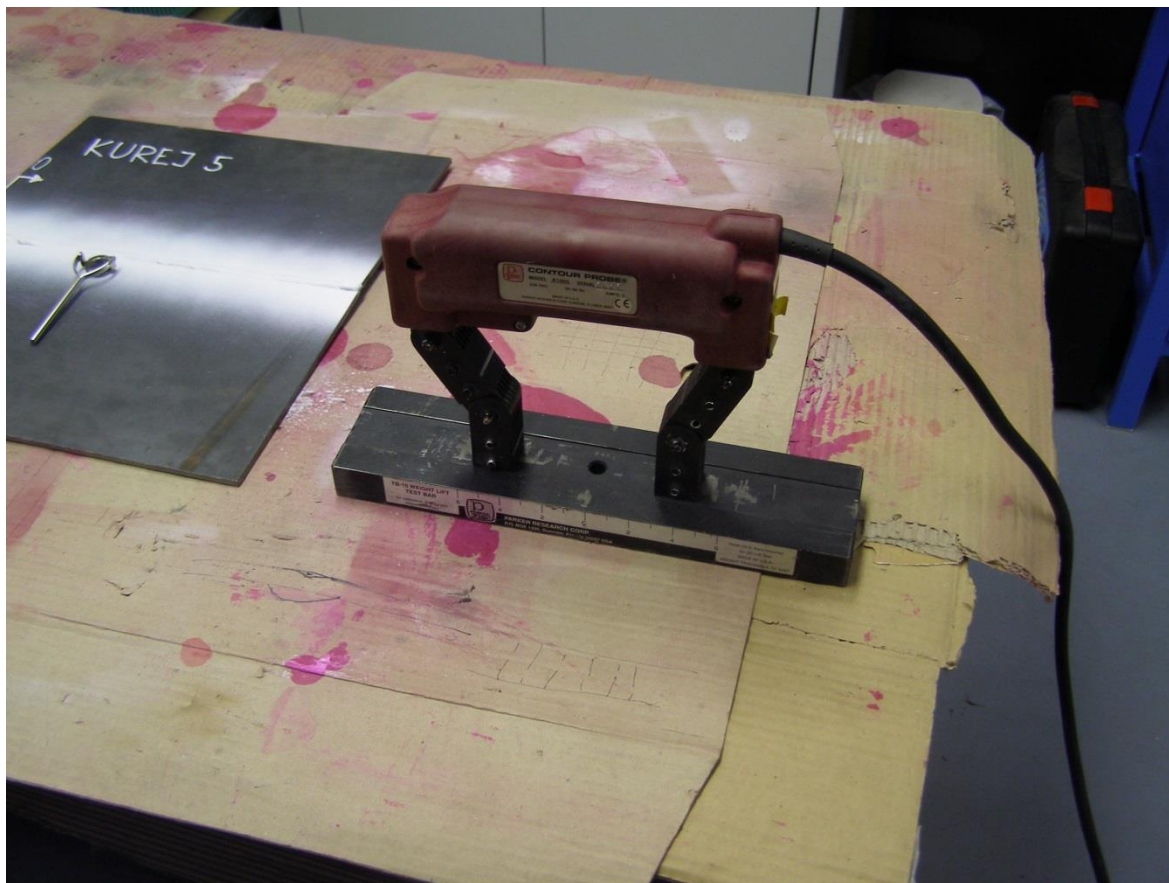
Obr. 5.46 Ověření zkušebních prostředků pomocí měrky MTU č. 3



Obr. 5.47 Magnetické Jho – Parker B100S



Obr. 5.48 Nastavení rozteče pólu



Obr. 5.49 Ověření funkce ručního magnetu

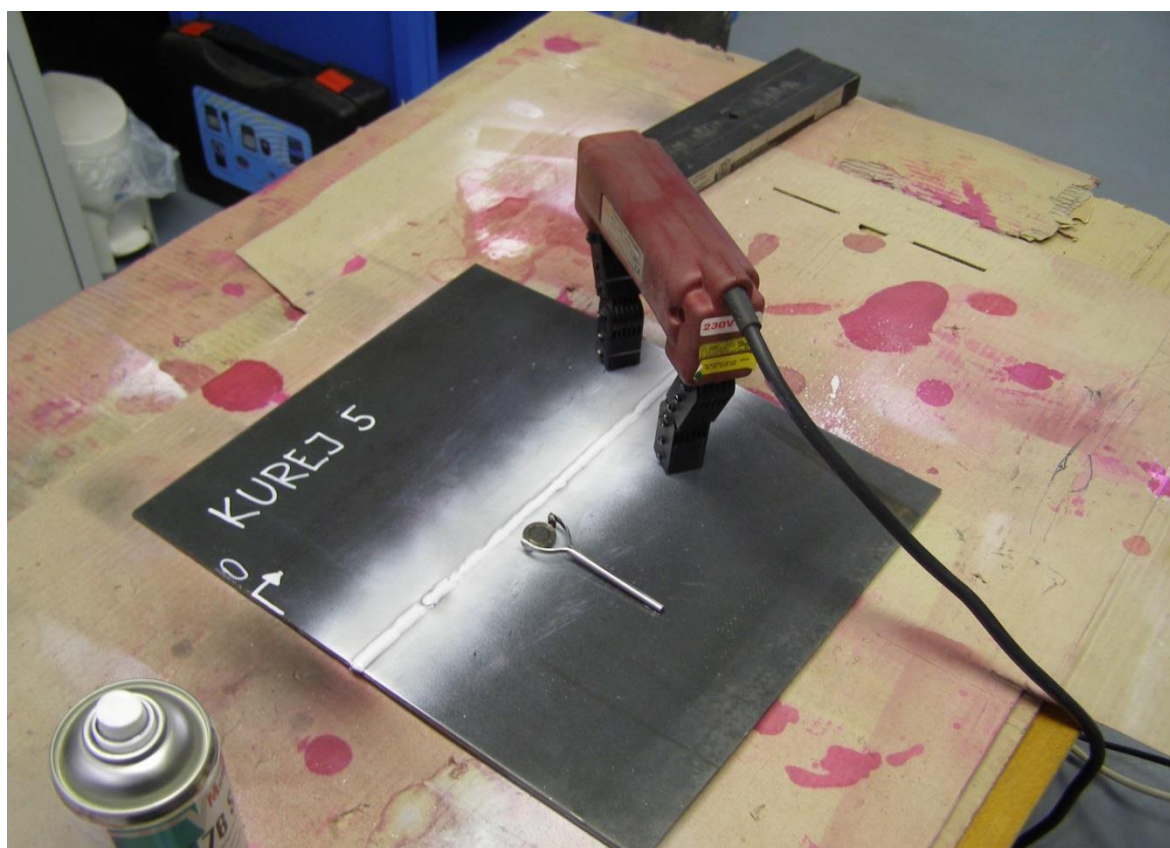


Obr. 5.50 Ověření směru a intenzity magnetického pole pomocí Bertholdové měřky u vzorku číslo 5

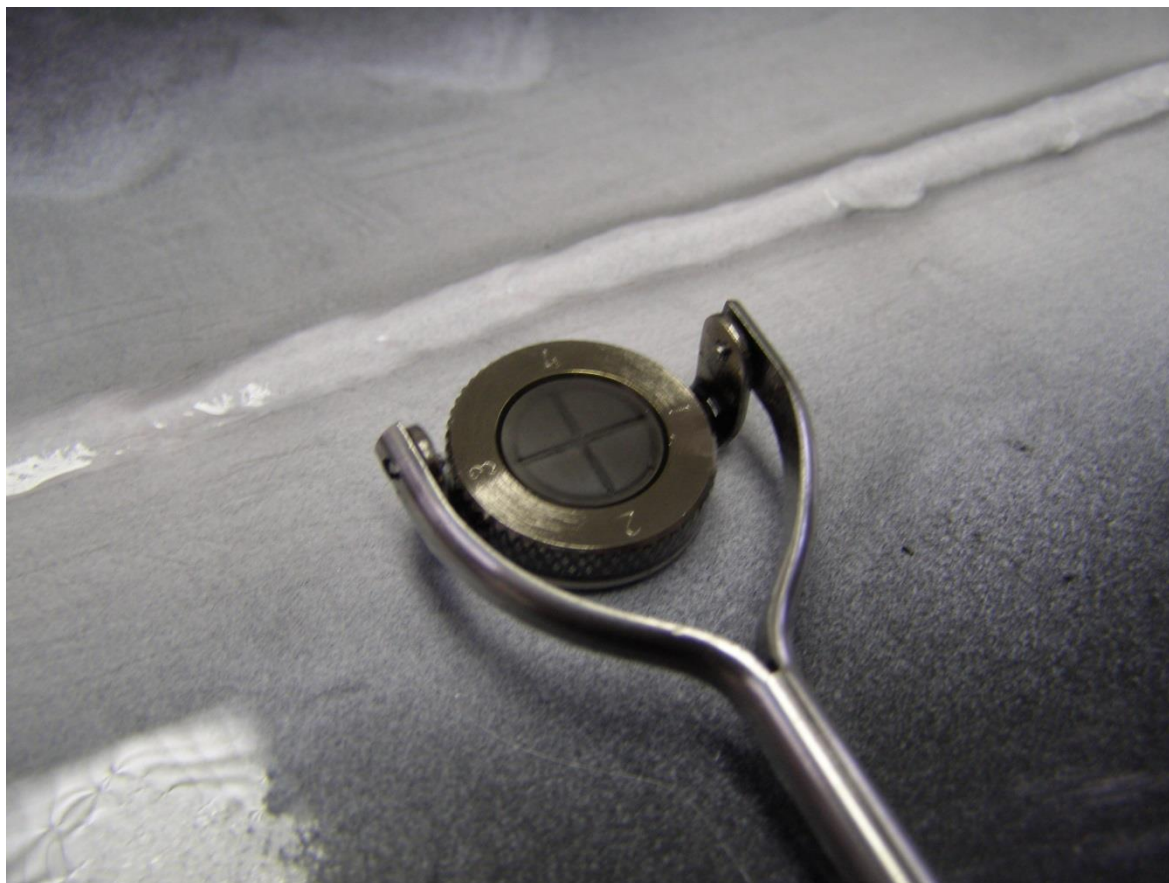




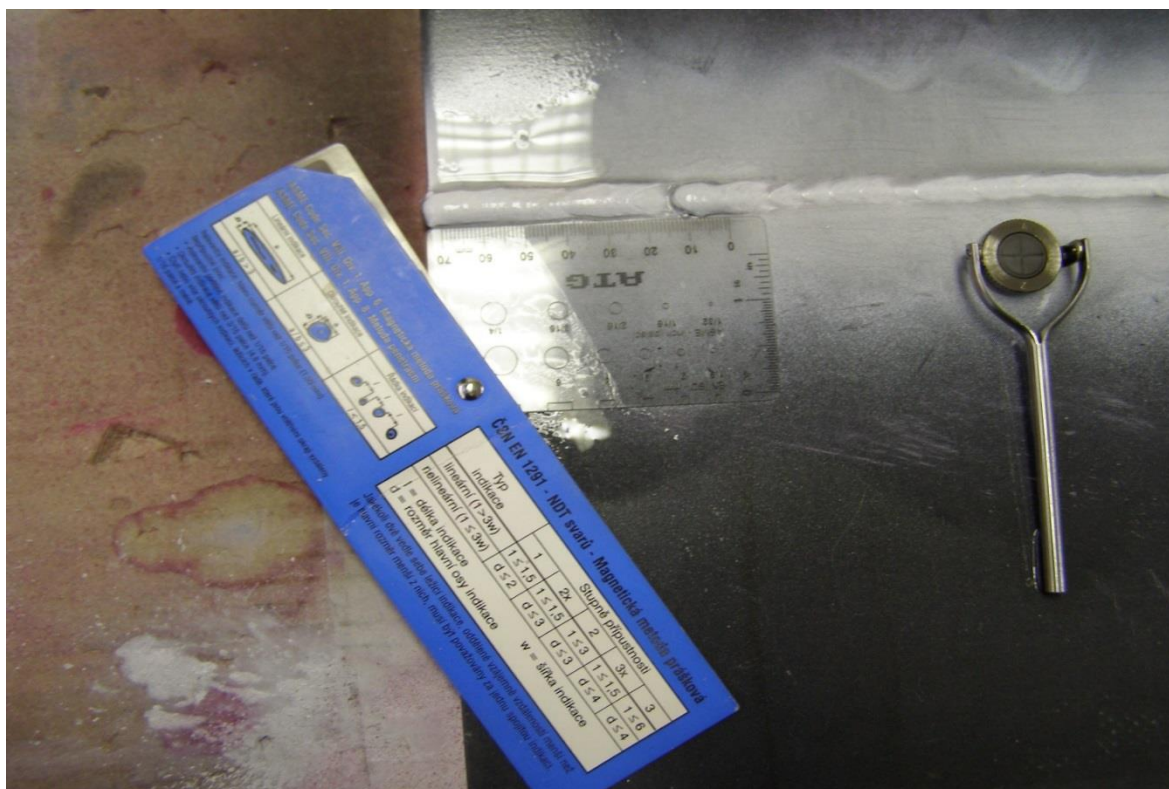
Obr. 5.51 Měření intenzity světla dopadající na zkoušený povrch



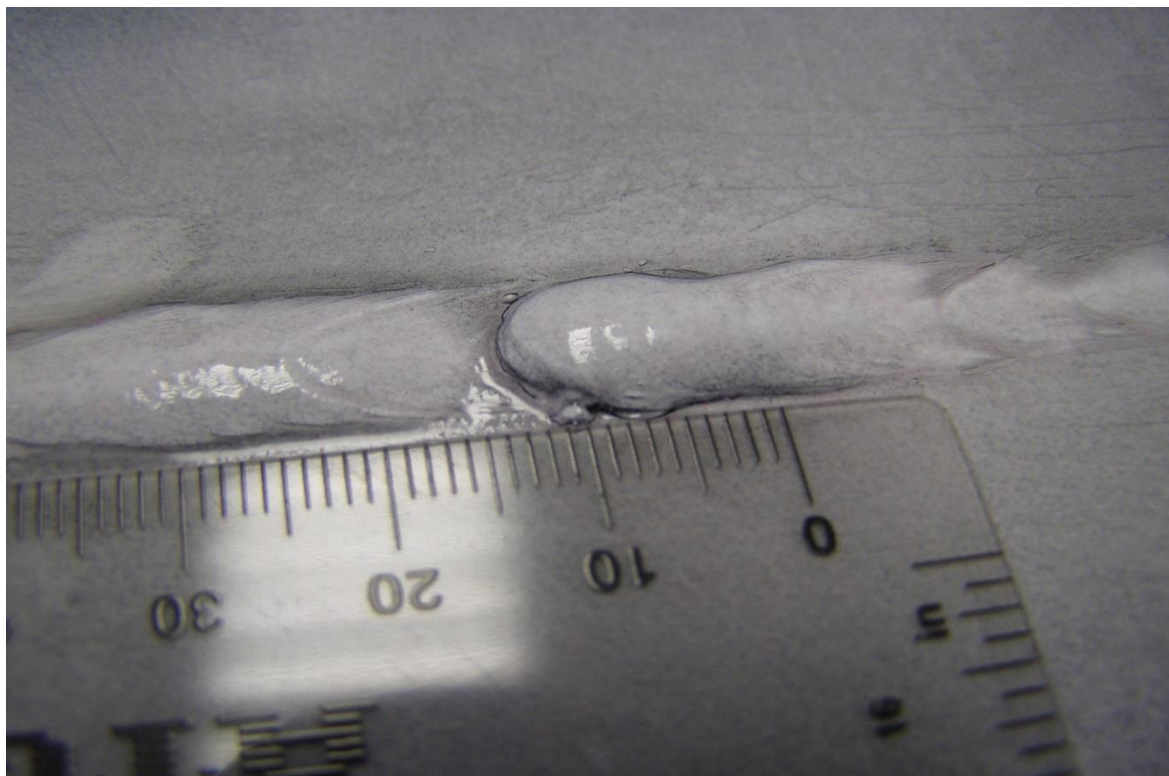
Obr. 5.52 Magnetizace vzorku č. 5



Obr. 5.53 Detail na Bertholdovou měrku



Obr. 5.53 Rozměřování indikace číslo 1 na vzorku č.5



Obr. 5.54 Detail indikace číslo 1 na vzorku č.5

### Vzorek č. 6 MT



Obr. 5.55 Měření intenzity dopadající na zkoušený povrch



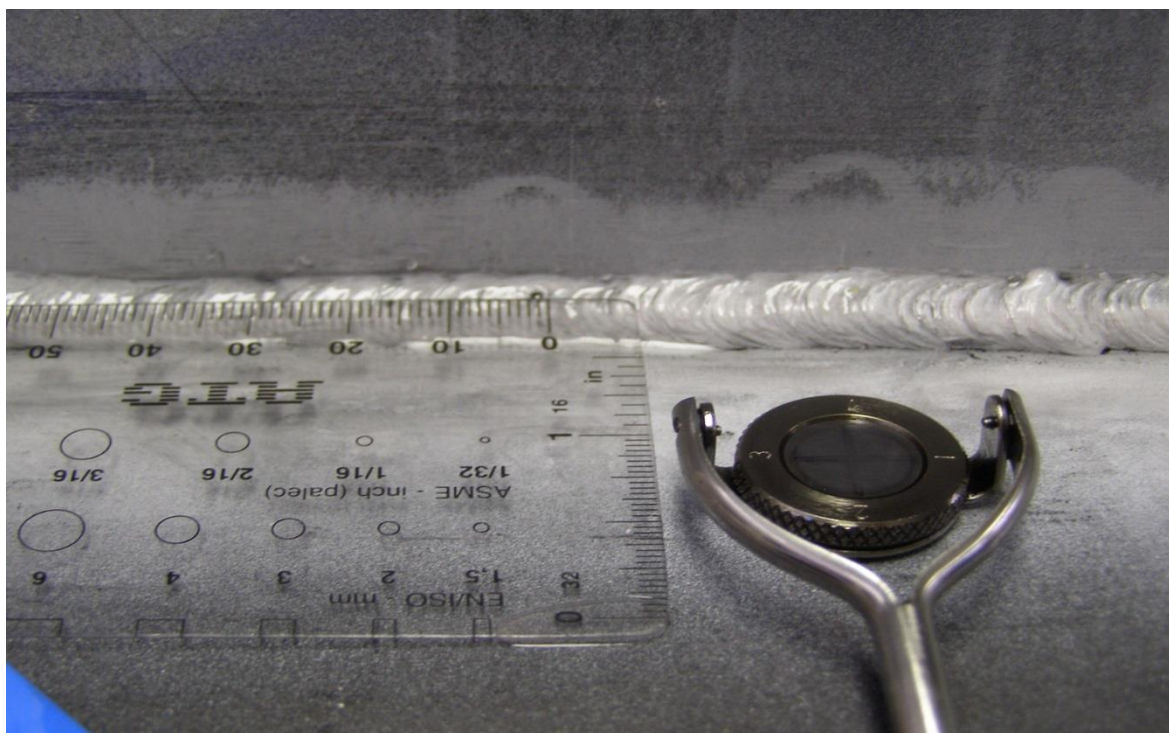
Obr. 5.56 Ověření směru a intenzity magnetického pole pomocí Bertholdové měrky u vzorku číslo 6



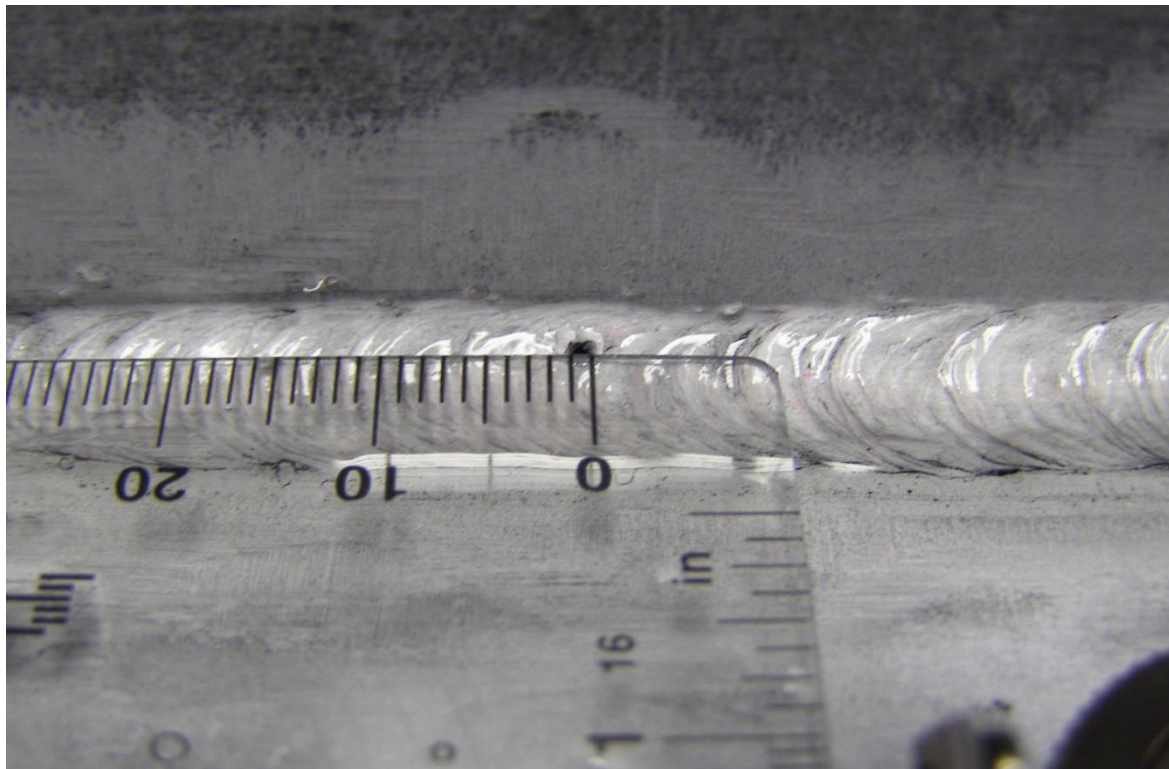
Obr. 5.57 Magnetizace vzorku č. 6



Obr. 5.58 Magnetizace vzorku č. 6



Obr. 5.59 Rozměřování indikace číslo 1 na vzorku č. 6



Obr. 5.60 Detail indikace číslo 1 na vzorku č. 6

#### 5.4 Radiografická zkouška - RT

Radiografická zkouška (RT) byla realizována na dvou vzorcích dle ČSN EN ISO 17636 - 1

1. **Vzorek č. 7 RT** – svár plech / plech,  $t = 2$  mm, metoda svařování 141, poloha PA, tupý svár BW, materiál skupina 23.1 (AW 6082)

**Vzorek č. 7** byl svařen ze dvou plechů z materiálu AW 6082 (ČSN 424400) o tloušťce 2mm metodou svařování TIG (141), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. TIG obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (Ar). Svařování proběhlo vodorovně s hora (poloha PA), jako přídavný materiál byl použit drát  $\varnothing 0,6$  mm OK Union AlSi 5 od firmy Böhler Welding. Byla použita svářečka – invertor Kühtreiber FÉNIX 200, parametry svařování byly 120A svařovacího proudu a 15 V svařovacího napětí.

**Vzorek č. 8** byl svařen ze dvou trubek z materiálu 10CrMo9-10 (ČSN 15 313)  $\varnothing 48 \times 5$  mm metodou svařování TIG (141), byl vytvořen tupý svár ve tvaru V. TIG obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (Ar). Před svařováním musel proběhnout předehřev na  $150^\circ - 200^\circ\text{C}$ . Svařování trubky proběhlo zdola nahoru při sklonu  $45^\circ$  (poloha H-L045), jako přídavný materiál byl použit drát  $\varnothing 1,8$  mm Union I CrMo 910 od firmy Böhler Welding. Kde teplota interpassu byla  $200 - 300^\circ\text{C}$ . Byla použita svářečka – invertor Kühtreiber FÉNIX 200, pa-

parametry svařování byly 150A svařovacího proudu a 20 V svařovacího napětí. Po svařování byl svár žihán. Parametry žihání 720°C (690-730°C) / min. 1/2 hod. (2 hod.), ochlazení do 300°C v peci, pak na vzduchu.

Radiografická zkouška byla provedena následovně:

- 1.) Zvolení radiografické techniky – byla zvolena citlivější radiografická technika Třídy B
- 2.) Volba zdroje záření – z důvodu, že tloušťka materiálu u obou vzorku nepřesahuje 20 mm, byla použita rentgenová lampa GE Seifert ERESKO 42 MF4.
- 3.) Volba filmu – byl zvolen typ filmu s ohledem na zkoušený vzorek, citlivost metody a způsobu zkoušení. Pro vzorek č. 7 byl použit film Kodak Industrex T200 (100x240) s Pb foliemi o tloušťce 0,027mm a pro vzorek č. 8 byl použit film AGFA D5 (100x480) s Pb foliemi 0,027mm.
- 4.) Příprava vzorku - před vlastní zkouškou bylo nutné výrobek zbavit všech nečistot a indikací, zjištěných vizuální kontrolou, které by mohly nepříznivě ovlivnit zkoušku.
- 5.) Označení radiogramu - radiogram byl jasně označen tak, aby mohl být zpětně identifikovatelný. Na značení byla použita olověná písmena. Značení nesmí zasahovat do oblasti zájmu vyhodnocovaného předmětu. Na radiogramu byla umístěna radiografická drátková měrka, která určuje, jakost radiogramu. U vzorku č. 7 měrku EN Al 13, kde je požadované vidět na radiogramu drátek číslo W18 a pro vzorek č.8, měrku EN Fe 10, kde je požadováno vidět drátek číslo W14.
- 6.) Způsob prozařování - při volbě způsobu prozařování se upřednostňuje prozařování materiálu přes jednu stěnu. Kde to není možné je nutno prozařovat zkoušený předmět elipticky nebo přes dvě i více stěn. U vzorku č. 7 byl použit způsob prozařování přes jednu stěnu a vzorek č. 8 byl prozařován eliptickým způsobem. Při prozařování eliptickým způsobem je svar prozařován ze dvou na sebe kolmých pozic, nebo ze tří pozic pootočených o 60° (120°). Toto platí zejména pro trubky do průměru 85 mm a tloušťky stěny nad 5 mm.
- 7.) Geometrické podmínky – byla vypočtena minimální vzdálenost zdroj k zkoušenému předmětu ( $f$  min. ), která je závislá na rozměru zdroje ( $d$ ) a vzdálenosti zkoušeného předmětu k filmu. ( $b$ ). Tato vzdálenost musí být volena tak, aby poměr  $f/d$  nebyl menší než následující hodnota pro třídu B :  $f/d$  větší  $7,5 \times (b/\text{mm})$  . Takže jsem zvolil pro vzorek č.7 vzdálenost 700 mm a pro vzorek č. 8 vzdálenost 745mm.
- 8.) Parametry rentgenové lampy – parametry jsem určil náhodně. Pro vzorek č. 7 to bylo 50kV; 4,6 A a expoziční čas 57 sekund. Pro vzorek č.8 to bylo 140kV; 6,4A a expoziční čas 87 sekund.

9.) Vyvolání filmu – filmy byly vyvolány ručně a to následovně:

a.) Vyvolávání

b.) Přerušení

c.) Ustalování

d.) Praní

e.) Sušení

6.) Vyhodnocování radiogramů – vyhodnocování bylo provedeno v temné místnosti a na negatoskopu. Před započítím vyhodnocování jsem zůstal v temné místnosti 20 min., aby se adaptoval zrak.

- V průběhu prohlížení radiogramu pro vzorek číslo 7 byla zaznamenána přípustná vada pór, ale také nepřípustné vady protáhlý pór a příčná trhlina.
- Při prohlížení radiogramu pro vzorek číslo 8 byly objeveny nepřípustné vady shluk póru a kovový vměstek.

Po vyhodnocení byl vytvořen záznam formou protokolu. Protokoly jsou příloh P10 a P 11. Nalezené nepřípustné indikace jsou uvedené v tab. 5.4.

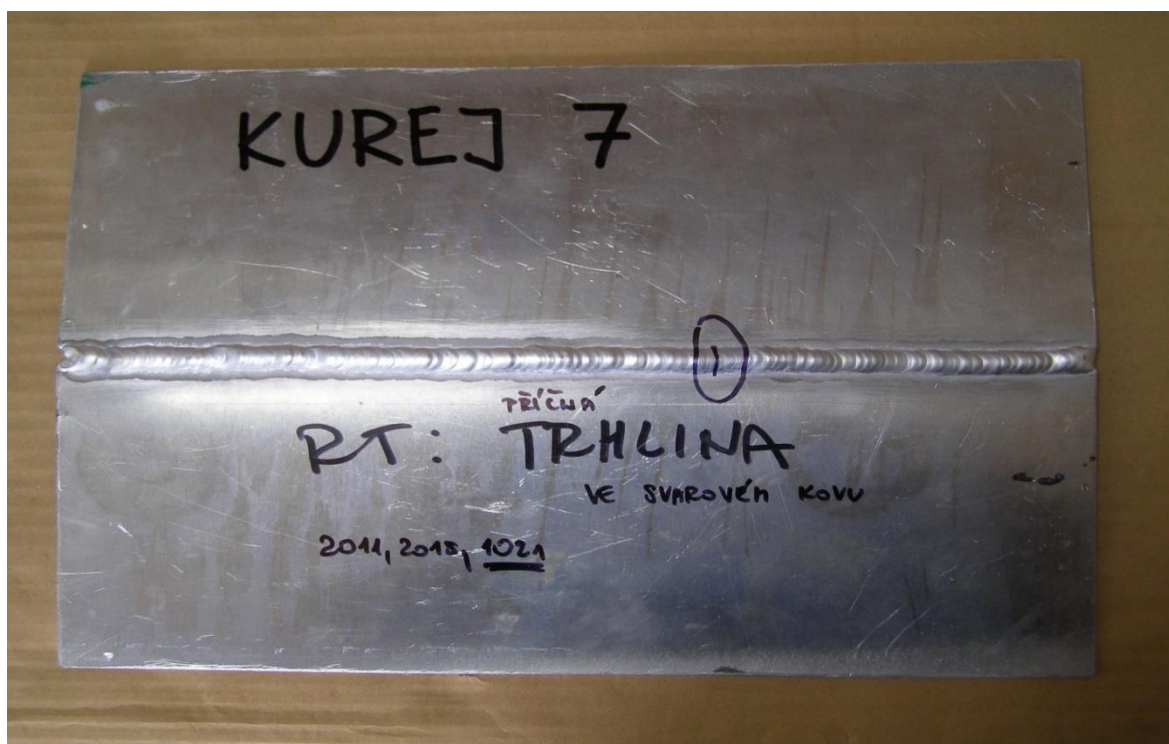
<b>Vzorek číslo 7</b>	<b>Vzorek číslo 8</b>
Druh vady	Druh vady
2011 – pór 2015 – protáhlý pór 1021 – příčná trhlina	201 – pór 2013 – shluk póru 3041 – kovový vměstek

Tab. 5.4 Nalezené nepřípustné vady vzorek 7 & 8

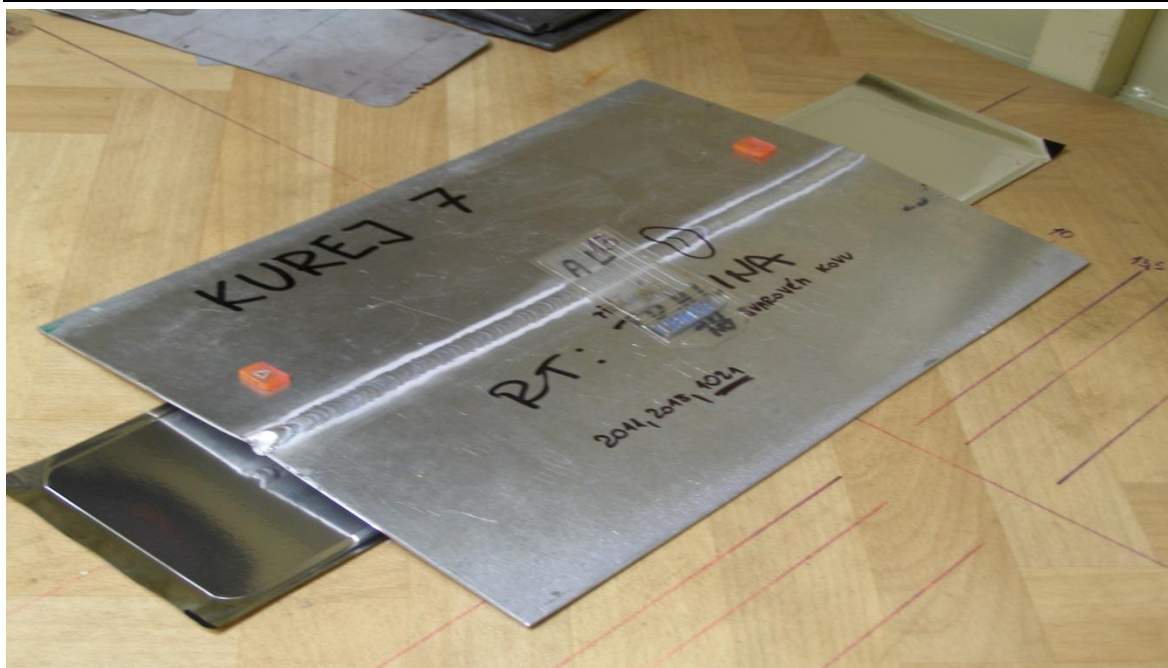


Vzorek č. 7 RT

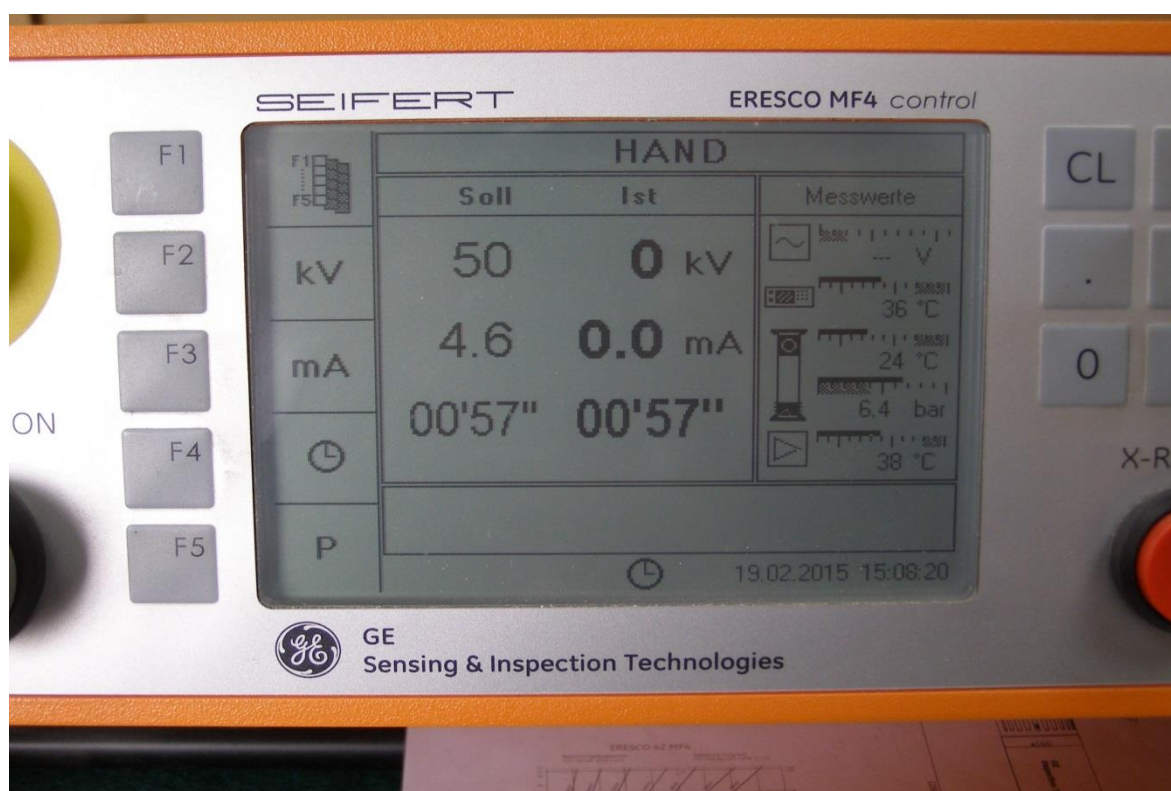
Obr. 5.61 RTG přístroj: GE Seifert ERESKO 42 MF4



Obr. 5.62 Vzorek číslo 7



Obr. 5.63 Příprava vzorku č. 7 pro rentgenování



Obr. 5.64 Parametry pro rentgenování vzorku č. 7

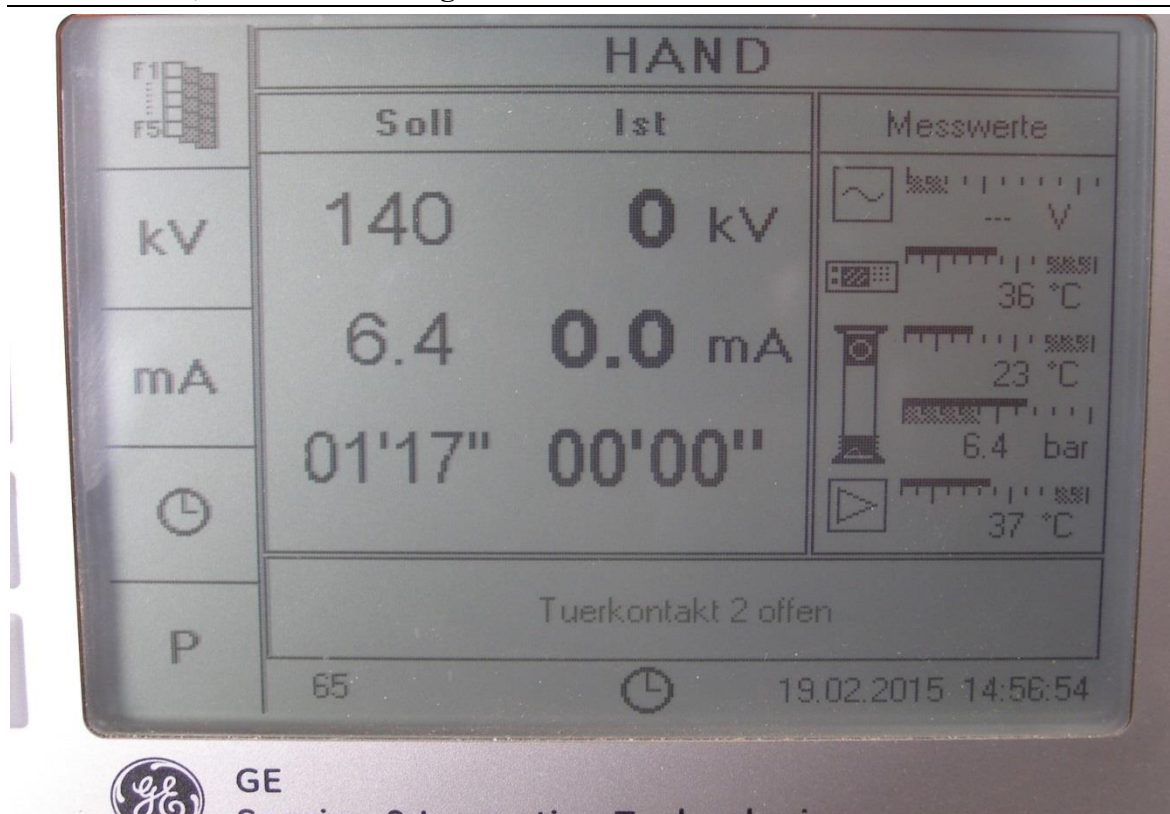
Vzorek č. 8 RT



Obr. 5.65 Vzorek číslo 8



Obr. 5.66 Příprava vzorku č. 8 pro rentgenování



Obr. 5.67 Parametry pro rentgenování vzorku č. 8

## DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo provedení vybraných nedestruktivních zkoušek na připravených zkušebních vzorcích (svažené součásti). Nedestruktivními zkouškami dle ČSN EN ISO 9712 (vizuální kontrola, kapilární zkouška, magnetická zkouška a radiologická zkouška) byl proveden test vždy na dvou zkušebních vzorcích. Materiály použité pro výrobu svařovaných zkušebních vzorků byly ocel ČSN 411503, ČSN 411480, ČSN 411313, ČSN 424400. Výsledky zkoušek byly zaznamenány a vyhodnoceny.

Z výsledků zkoušek vyplynulo, že vizuální zkouška odhalila u zkušebního vzorku č. 1 špatné napojení sváru a jeho neúplné vyplnění. Při další kontrole sváru byla odhalena proláklina. V případě vizuální kontroly kořene sváru vyšlo najevo, že došlo při svařování k neprovaření samotného kořene. U zkušebního vzorku č. 2 bylo vizuální kontrolou odhaleno podkročení koutového sváru a byly rovněž objeveny nesouvislé zápaly.

Kapilární zkouška u testovaných zkušebních vzorků odhalila, že zkušební vzorek č. 3 vykazoval na svém povrchu nepřipustnou indikaci (nelineární indikace o délce 6,55 mm, 8,25 mm a 15,44 mm), jak je patrné z obrázků 5.32, 5.33 a 5.34. U zkušebního vzorku č. 4 byla dále lokalizována nepřipustná lineární indikace o délce 20,1 mm).

Výsledky magnetické zkoušky ukázaly, že na povrchu sváru kontrolovaného zkušebního vzorku č. 5 byly objeveny nepřipustné indikace (lineární indikace o délce 28 mm (Obr. 5.54). U zkušebního vzorku č. 6 kontrolovaného magnetickou zkouškou byla zjištěna nelineární indikace, která však byla dle normy v toleranci (přípustná indikace o délce 1 mm), jak je patrné z obrázku 5.60.

Výsledky radiologické zkoušky ukázaly, že u zkušebního vzorku č. 7 byly objeveny příčné trhliny a póry, které svými rozměry byly mimo toleranci (nepřipustné vady). Během zkoušky byly lokalizovány i menší vady (póry), které však byly ještě v toleranci (přípustné vady). U kontrolovaného zkušebního vzorku č. 8 byly zjištěny vady, které byly mimo toleranci (nepřipustné vady) a to shluk pórů a vměstek.

Výsledky nedestruktivních zkoušek odhalily vady způsobené obsluhou při procesu svařování. Tyto zkoušky jsou velmi cenným pomocníkem při odhalování vad při samotné výrobě svařovaných celků a tím mají výrazný vliv na zmetkovitost výroby.

## ZÁVĚR

Bakalářské práce řeší problém použití vybraných nedestruktivních zkoušek pro testování (kontrolu) připravených zkušebních vzorků (svařené součásti). Nedestruktivními zkouškami dle ČSN EN ISO 9712 (vizuální kontrola, kapilární zkouška, magnetická zkouška a radiologická zkouška) byl proveden test vždy na dvou zkušebních vzorcích. Materiály použité pro výrobu svařovaných zkušebních vzorků byly ocel ČSN 411503, ČSN 411480, ČSN 411313, ČSN 424400. Výsledky zkoušek byly zaznamenány a vyhodnoceny.

Výsledky provedených nedestruktivních zkoušek odhalily ve všech případech vnitřní a povrchové vady na kontrolovaných zkušebních vzorcích. Ne všechny typy nedestruktivních zkoušek je možné v široké míře aplikovat na všechny typy testovaných materiálů.

Volba optimální metody nebo jejich kombinace je klíčový prvek pro získání defektoskopického signálu, který je kritériem pro zjištění stavu objektu. Nedestruktivní defektoskopie je soubor diagnostických metod, které tvoří nedílnou část kontroly jakosti výrobku jak v předvýrobní a výrobní etapě, tak v provozu.

Kontrola vybraných zkušebních vzorků všemi použitými nedestruktivními metodami zkoušení by mělo být pokračováním započaté práce.

---

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KOPEC, B. a kol.: Nedeštruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí (Nauka o materiálu IV), CERN Akademické nakladatelství, 2004. ISBN: 978-80-7204-591-4
- [2] LEITNER, B.: Nedeštruktívne skúšanie materiálov – účel, metódy a podniková dokumentácia. In: Slovgas č. 4/2005, SPNZ, Bratislava 2005.
- [3] LEITNER, B.: Nedeštruktívne skúšanie materiálov – kontrola prežiaréním. In: Slovgas č.6/2005, SPNZ, Bratislava 2005.

---

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

NDT Nedestruktivní zkoušení

VT Vizuální kontrola

PT Kapilární zkouška

MT Magnetická zkouška

RT Rentgenová zkouška

MAG – poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu

MIG - poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře inertního plynu

MMA – Ruční Obloukové svařování obalovanou elektrodou

TIG – svařování wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu

AC – Střídavý proud

DC – Stejnoseměrný proud

HWDC – Jednocestně usměrněný proud

FWDC – Dvoucestně usměrněný proud

3FWDC – Dvoucestně usměrněný třífázový proud



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1.1 Snímek ruky Berthy Röntgenové [1]
- Obr. 2.1 Podmínky pro vizuální kontrolu [http //www.google.cz/](http://www.google.cz/)
- Obr. 2.2 Ohybný endoskop [//www.google.cz/](http://www.google.cz/)
- Obr. 2.3 princip kapilární metody
- Obr. 2.4 Kapilární zkouška: a) povrch po očištění, b) povrch po nanesení penetrantu, c) povrch po otření d) povrch po nanesení vývojky
- Obr. 2.5 Identifikace vady práškovou metodou
- Obr. 2.6 Zobrazení magnetického pole kolem tyčového magnetu
- Obr. 2.7 Pravidlo pravé ruky
- Obr. 2.8 Pole kruhového závitů
- Obr. 2.9 Válcová cívka – solenoid
- Obr. 2.10 Magnetování magnetizačním jhem [1]
- Obr. 2.11 Pólová magnetizace cívkou
- Obr. 2.12 Cirkulární (příčná) magnetizace Google a) průchodem proudu, b) pomocným vodičem, c) indukci proudu  $\Phi$  – magnetický tok, I – proud, 1 – zkoušený objekt, 2 – pomocné jho
- Obr. 2.13 Kombinovaná magnetizace pomocným vodičem a indukci proudu v součásti
- Obr. 2.14 Jho - Ruční magnet PTS MagMAX-130 <http://www.ptsndt.com>
- Obr. 2.15 Mobilní Magnetizační zdroj ZP - 1000 AC <http://www.ptsndt.com>
- Obr. 2.16 Stacionární magnetovací stůl INKAR MAS 500P <http://www.ptsndt.com>
- Obr. 2.17 Schéma radiografie
- Obr. 2.18 Rentgenotelevizní systém
- Obr. 2.19 Rentgenová lampa
- Obr. 2.20 Lineární urychlovač
- Obr. 2.21 Ochranný kryt radioizotopu Ir 192
- Obr. 2.22. Drátová a otvorové měřky
- Obr. 3.1 Soustředná staženina a plynové bubliny v ocelovém ingotu

Obr. 3.2 Makrovýbrus příčného řezu kolejnice se stopami staženiny

Obr. 3.3 Vodíková bublina (označena šipkou) v odlitku ze slitiny AlSi10 [5]

Obr. 3.4 Vločková trhlina v hlavě kolejnice, která se porušila za provozu [1]

Obr. 3.5 Vločky, zjištěné v kolejnici detekčním ultrazvukovým vozem

Obr. 3.6 Podélná trhlina, která vznikla pnutím v drátu  $\varnothing$  2,5 mm [1]

Obr. 3.8 Příčná trhlina, která vznikla pnutím v pružinovém drátu [1]

Obr. 3.9 Příklady vměstků: a) keramický vměstek (tmavý) ve slitině AlSi10, b) oxidické vměstky (označeny šipkami) ve slitině AlSi7, c) podpovrchové vměstky (vady vzniklé z povrchových vměstků na povrchu plechů [5]

Obr. 3.10 Widmannstättenova struktura v materiálu železniční nápravy a vzhled oscilogramu při zkoušení ultrazvukem [1]

Obr. 3.11 Řádkovitá struktura v materiálu železniční nápravy a vzhled oscilogramu při zkoušení ultrazvukem [1]

Obr. 5.1 Vytyčení délky sváru pro vyhodnocování

Obr. 5.2 Měření vzorku číslo 1

Obr. 5.3 Tloušťka vzorku číslo 1

Obr. 5.4 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu, světlo musí být min. 350luxů

Obr. 5.5 Vizuální kontrola - vyhodnocování a označování vad (povrch sváru)

Obr. 5.6 Detail vady – vadné napojení

Obr. 5.7 Měření nadměrného převýšení sváru pomocí víceúčelové měřky

Obr. 5.8 Detail vady – proláklina na okraji svaru

Obr. 5.9 Měření hloubky zápalu (vada č. 2) sváru pomocí univerzální VT měřky

Obr. 5.10 Měření hloubky zápalu (vada č. 3) sváru pomocí univerzální VT měřky.

Obr. 5.11 Vizuální kontrola - vyhodnocování a označování vad (kořen sváru)

Obr. 5.12 Detail vady – neprovařený kořen

Obr. 5.13 Detail vady – neprovařený kořen

Obr. 5.13 Vytyčení délky sváru pro vyhodnocování

Obr. 5.14 Měření délky vzorku číslo 2

Obr. 5.15 Měření šířky vzorku číslo 2

Obr. 5.16 Měření tloušťky vzorku číslo 1

Obr. 5.17 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu, světlo musí být min. 350luxů.

Obr. 5.18 Posuvná měrka pro ploché a koutové svary (vlastovka)

Obr. 5.19 Měření výšky koutového svaru posuvnou měrkou pro ploché a koutové svary (vlastovka)

Obr. 5.20 Vizuální kontrola - vyhodnocování a označování vad

Obr. 5.21 Detail vady – nesouvislý zápal

Obr. 5.22 Měření hloubky zápalu (vada č. 3) sváru pomocí univerzální VT měrky.

Obr. 5.23 Měření šířky vzorku číslo 3

Obr. 5.24 Měření délky vzorku číslo 3

Obr. 5.25 Měření světla, které dopadá na povrch zkoušeného povrchu, světlo musí být min. 500luxů

Obr. 5.26 Kapilární sada MR Chemie

Obr. 5.27 Očištění povrchu před nanesením penetrantu

Obr. 5.28 Nanesení penetrantu na vzorek č. 3. Penetrační čas 15 min

Obr. 5.29 Očištění přebytečného penetrantu, po uplynutí penetračního času

Obr. 5.30 Očištění penetrantu tkaninou navlhčenou rozpouštědlem

Obr. 5.31 Nanesení vývojky. Vyvolávací čas 15 min. Zkušební vzorek se musí pozorovat v průběhu vyvolávání – Začátek vyvolávání

Obr. 5.32 Po ukončení vyvolávacího času, se proměřili všechny indikace-Indikace číslo 1

Obr. 5.33 Měření indikace číslo 2

Obr. 5.34 Měření indikace číslo 3

Obr. 5.35 Měření rozestupu indikací

Obr. 5.36 Vzorek číslo 4

Obr. 5.37 Měření tloušťky vzorku číslo 4

Obr. 5.38 Nanesení penetrantu na vzorek č. 4. Penetrační čas 15 min

- Obr. 5.39 Očištění povrchu od penetrantu, ihned po uplynutí penetračního času
- Obr. 5.40 Nanesení vývojky, začátek vyvolávání
- Obr. 5.41 Konec vyvolávání po 15 minutách
- Obr. 5.42 Po ukončení vyvolávacího času, se proměří všechny indikace a zanesou se do protokolu
- Obr. 5.43 Vzorek č. 5
- Obr. 5.44 Sada pro Magnetickou metodu práškovou
- Obr. 5.45 Nanesení magnetického prášku na Měrku MTU č. 3
- Obr. 5.46 Ověření zkušebních prostředků pomocí měrky MTU č. 3
- Obr. 5.47 Magnetické Jho – Parker B100S
- Obr. 5.48 Nastavení rozteče pólu
- Obr. 5.49 Ověření funkce ručního magnetu
- Obr. 5.50 Ověření směru a intenzity magnetického pole pomocí Bertholdové měrky u vzorku číslo 5
- Obr. 5.51 Měření intenzity světla dopadající na zkoušený povrch
- Obr. 5.52 Magnetizace vzorku č. 5
- Obr. 5.53 Detail na Bertholdovou měrku
- Obr. 5.53 Rozměřování indikace číslo 1 na vzorku č. 5
- Obr. 5.54 Detail indikace číslo 1 na vzorku č. 5
- Obr. 5.55 Měření intenzity dopadající na zkoušený povrch
- Obr. 5.56 Ověření směru a intenzity magnetického pole pomocí Bertholdové měrky u vzorku číslo 6
- Obr. 5.57 Magnetizace vzorku č. 6
- Obr. 5.58 Magnetizace vzorku č. 6
- Obr. 5.59 Rozměřování indikace číslo 1 na vzorku č. 6
- Obr. 5.60 Detail indikace číslo 1 na vzorku č. 6
- Obr. 5.61 RTG přístroj: GE Seifert ERESKO 42 MF4
- Obr. 5.62 Vzorek číslo 7

Obr. 5.63 Příprava vzorku č. 7 pro rentgenování

Obr. 5.64 Parametry pro rentgenování vzorku č. 7

Obr. 5.65 Vzorek číslo 8

Obr. 5.66 Příprava vzorku č. 8 pro rentgenování

Obr. 5.67 Parametry pro rentgenování vzorku č. 8

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 2.1 Typy filmů podle ASTM-49 [1]

Tab. 3.1 Základní třídění vad do skupin a jejich všeobecný popis

Tab. 5.1 Nalezené nepřípustné vady vzorek 1 & 2

Tab. 5.2 Nalezené nepřípustné indikace vzorek 3 & 4

Tab. 5.3 Nalezené nepřípustné indikace vzorek 5 & 6

Tab. 5.4 Nalezené nepřípustné vady vzorek 5 & 6

## SEZNAM PŘÍLOH

# PŘÍLOHA P I: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE - 1VT.



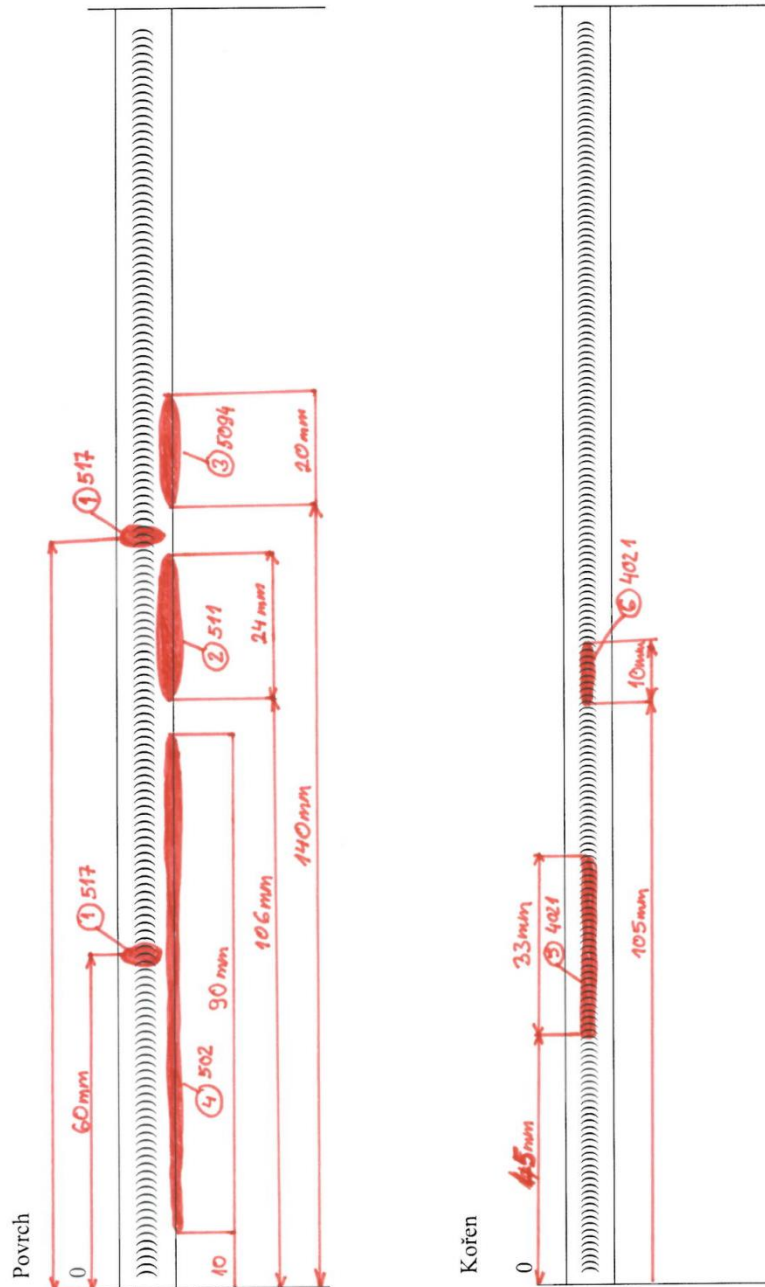
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01		
	<b>Protokol o vizuální kontrole</b> dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/2		
1. Zákazník : <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b> <b>Fakulta technologická</b> náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.			
		7. Protokol č.		1 VT	
		8. WPS č.		01/2014	
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PF, KUREJ 1		9. WPQR č.		2444 – 2014	
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		10. Rozměr :		t = 12,0 mm	
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2		11. Rozměr :		t = 12,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj, povrch i kořen		12. Výkres č.		—	
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce – Pavol Kurej					
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 135		
17. Specifikace zkušebního systému					
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637					
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení :		přímá	
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítidly		24. Intenzita osvětlení [lux] :		507	
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti:		B	
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4 x zvětšující			
26. Charakteristika nálezu vad					
27. Pořad. číslo vady	28. Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO 6520-1	29. Zjištěná velikost		30. Vyhodnocení nálezu vady	
		h [mm]	d [mm]	stupeň jakosti	vyhovuje/ nevyhovuje
1	517 – vadné napojení	—	—	—	nevyhovuje
2	511 – neúplné vyplnění svaru	0,8	—	—	nevyhovuje l = 24 mm
3	5094 – proláklina na okraji svaru	0,8	—	—	nevyhovuje l = 20 mm
4	502 – nadměrné převýšení	2,8	—	—	vyhovuje b = 18 mm
5	4021- neprovařený kořen	—	—	—	nevyhovuje
6	4021- neprovařený kořen	—	—	—	nevyhovuje
31. Celkové hodnocení / závěr:					
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje					
33. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje		<b>Nevyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b>			
34. Zkoušku provedl : Pavol Kurej		39. Řešitel podpis 		40. Inspekční organizace	
35. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078					
36. Vyhodnotil : Pavol Kurej					
37. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078					
38. Datum vyhodnocení: 2. 3. 2015					



Schéma umístění vad svarů:



## PŘÍLOHA P II: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTORLE - 2VT.


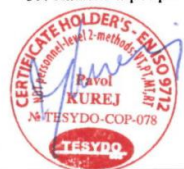
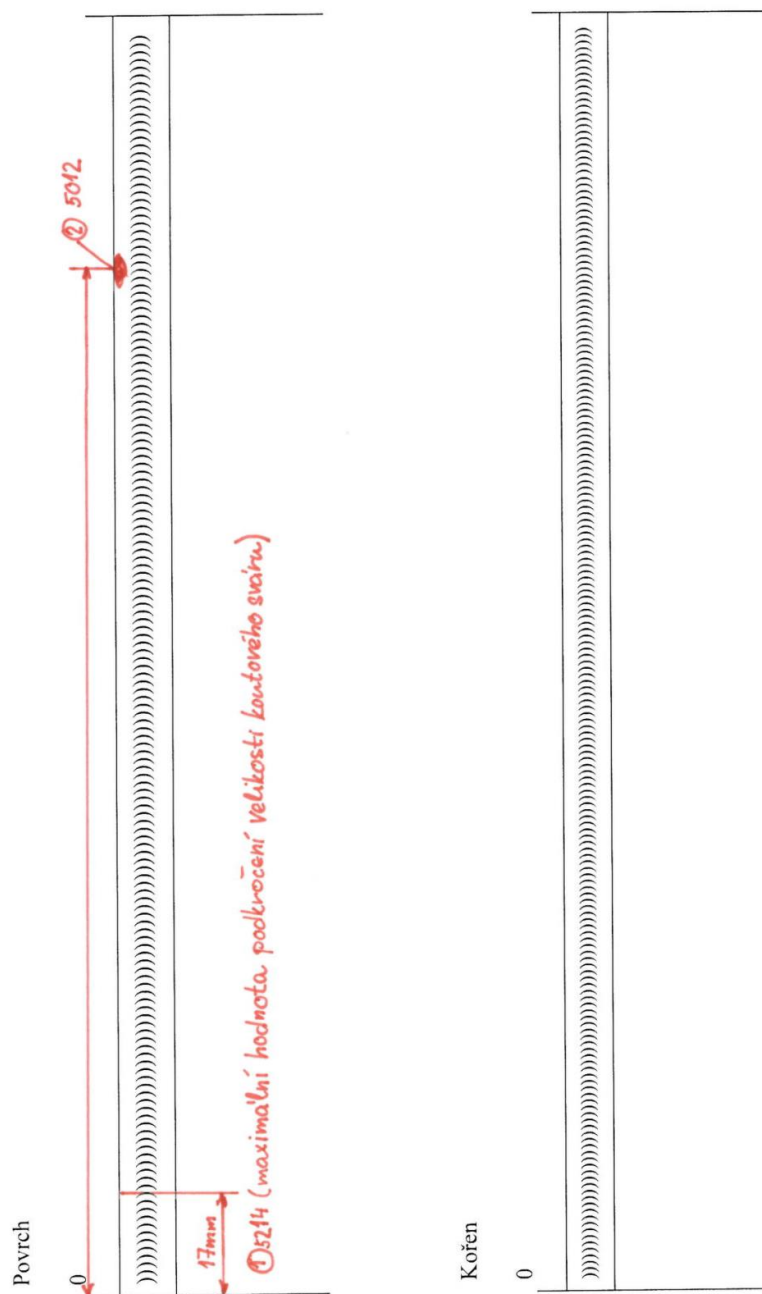
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01			
	<b>Protokol o vizuální kontrole</b> dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/2			
1. Zákazník : <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b> <b>Fakulta technologická</b> náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.				
		7. Protokol č.		2 VT		
		8. WPS č.		135 FW PF		
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PF, KUREJ 2		9. WPQR č.		2363-2014		
3. Základní materiál 1: S235JR+N, skupina 1.1		10. Rozměr :		t = 10,0 mm		
4. Základní materiál 2: S235JR+N, skupina 1.1		11. Rozměr :		t = 10,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj + TOO		12. Výkres č.		—		
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce – Pavol Kurej						
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru : FW (a=5mm)	16. Metoda svařování : 135			
17. Specifikace zkušebního systému						
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637						
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení :		přímá		
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítilny		24. Intenzita osvětlení [lux] :		446		
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti:		B		
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4 x zvětšující				
26. Charakteristika nálezu vad						
27. Pořad. číslo vady	28. Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO 6520-1	29. Zjištěná velikost		30. Vyhodnocení nálezu vady		
		h [mm]	d [mm]	stupeň jakosti	vyhovuje/ nevyhovuje	poznámka
1	5214 – podkročení velikosti koutového svaru	1,5	—	—	nevyhovuje	V celé délce
2	5012 – nesouvislé zápaly	1,0	—	—	nevyhovuje	
31. Celkové hodnocení / závěr:						
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje						
33. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Nevyhovuje</b> <span style="float: right; text-align: center;"><b>Nevyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b></span>						
34. Zkoušku provedl : Pavol Kurej		39. Razítko a podpis		40. Inspekční organizace		
35. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078						
36. Vyhodnotil : Pavol Kurej						
37. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078						
38. Datum vyhodnocení: 2. 3. 2015						

Schéma umístění vad svarů:



# PŘÍLOHA P III: OSOBNÍ CERTIFIKÁT VT - LEVELII.



**TESYDO, s.r.o.**

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Česká republika (CZ)

\*I Člen AIO, HK, TNK, CWS ANB (člen EWF, IIW a IAB) I\*

\*I Member of AIO, HK, TNK, CWS ANB (member of EWF, IIW a IAB) I\*

Technická, školicí, zkušební, certifikační a inspekční činnost

Technical, training, testing, certification and inspection activity

Autorizovaná osoba / Notifikovaná osoba, Authorized Body / Notified Body

**TESYDO-COP, certifikační orgán pro certifikaci osob č. 3201,  
akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17024:2003**

TESYDO-COP, Certification Body for personal № 3201,  
accredited by Czech Accreditation Institute, Public Service Company according to ISO/IEC 17024:2003

tímto uděluje / hereby issues

## CERTIFIKÁT CERTIFICATE

**pro pracovníka nedestruktivního zkoušení (NDT) dle ČSN EN ISO 9712:2013**  
for nondestructive testing personnel according to EN ISO 9712:2012

**Titul, jméno, příjmení / Title, name, surname : Pavol Kurej**

**Datum a místo narození / Date and place of birth : 12.1.1975, Humenné**

**Rozsah certifikace (NDT metoda, sektor a stupeň) :**

Scope of certification (NDT-Method, Sector and Level) :

<b>VT</b>	<b>Zkoušení vizuální</b>	<b>Sektor w</b>	<b>Stupeň 2</b>
	Visual testing	Sector w	Level 2

Datum vystavení prvotního certifikátu / Date of the primary certificate issuance: 21.3.2013

Datum vystavení posledního certifikátu / Date of the latest certificate issuance: 21.3.2013

**Certifikát je platný do / Certificate is valid untill: 20.3.2018**

**Číslo certifikátu / № of certificate: TESYDO-COP-078-VT2**

Tento certifikát je vydán na základě splnění požadavků v specifikovaných ve výše uvedené normě ČSN EN ISO 9712.

Platnost certifikátu je podmíněna pravidelným dozorem ze strany certifikačního orgánu.

Nedílnou součástí tohoto certifikátu je Dohoda o součinnosti certifikačního orgánu a certifikované osoby.

Tento dokument je možno reprodukovat pouze jako celek.


This certificate has been issued on the grounds of meeting the requirements specified in the above mentioned standard EN ISO 9712.

The certificate validity is conditioned by periodical surveillance by the above mentioned Certification Body.

The Agreement of interaction Certification Body and certified person is integral parts of this certificate. This certificate can only be reproduced in full.



  
.....  
podpis držitele certifikátu  
Certificate holder's signature



  
.....  
Ing. Zdeněk Balej  
vedoucí certifikačního orgánu  
Head of Certification Body

PRO OVĚŘENÍ PLATNOSTI CERTIFIKÁTU VOLEJTE / TO AUTHENTICATE OF CERTIFICATE CALL: +420 511 188 901 500-F14 - rev.5

# PŘÍLOHA P IV: PROTOKOL O KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE – 3PT.

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	<b>Protokol o kapilární zkoušce</b> dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2		Revize 3 Strana 1/2
1. Zákazník : <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b> <b>Fakulta technologická</b> náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. <hr/> 7. Protokol č. <b>3 PT</b>	
		8. WPS č. 4-135/121-1.1-001	
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, KUREJ 3		9. WPQR č. 2499 – 2014	
3. Základní materiál 1: P265GH, skupina 1.1		10. Rozměr : t = 10,0 mm	
4. Základní materiál 2: P265GH, skupina 1.1		11. Rozměr : t = 10,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —	
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce – Pavol Kurej			
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 111
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: MR Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení - číslo šarže - způsob nanášení		<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent	
20. Penetrant : MR 311-R B:311-R/1027A spray		26. Penetrační čas [min] : 15	
21. Čistič : MR 79 B:79/1075A textil		27. Vyvolávací čas [min] : 15	
22. Emulgátor —		28. Zkušební teplota [°C] : 19	
23. Vývojka : MR 70 B:70/1132A spray		29. Povrch : Hladký povrch	
24. Zdroj osvětlení : Stropní svítidlo		30. Intenzita osvětlení [lux] : 898	
31. Hodnocení dle : ČSN EN ISO 23277, stupeň 2X			
32. Výsledky zkoušky : Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky byly zjištěny tři nelineární indikace o velikostech : č.1 d = 6,58 mm č.2 d = 8,25 mm (seskupená indikace) č.3 d = 15,44 mm (seskupená indikace)			
33. Celkové hodnocení / závěr:			
<input type="checkbox"/> 34. Bez záznamu vad		<input checked="" type="checkbox"/> 35. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input checked="" type="checkbox"/> 36. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 37. Vyhovuje po opravě	
<input type="checkbox"/> 38. Vyhovuje			
39. Zkoušku provedl : Pavol Kurej		44. Razítka a podpis 	
40. Číslo certifikátu : TESI-COP 078			
41. Vyhodnotil : Pavol Kurej			
42. Číslo certifikátu : TESI-COP 078			
43. Datum vyhodnocení: 2. 3. 2015			
45. Inspekční organizace			


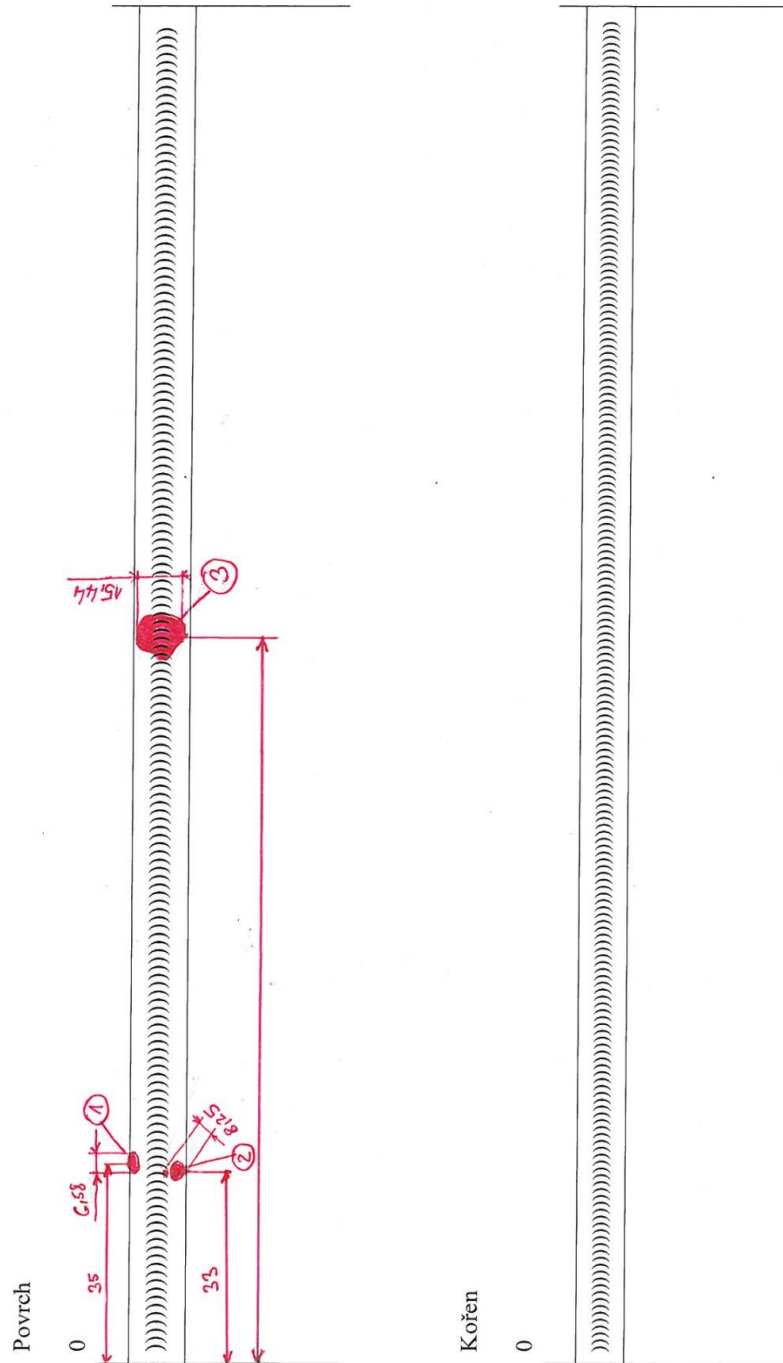
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	<b>Protokol o kapilární zkoušce</b> dle ČSN EN ISO 3452-1, II Ce stupeň 2	Revize ... 3 Strana 2/2

Schéma umístění vad svarů:






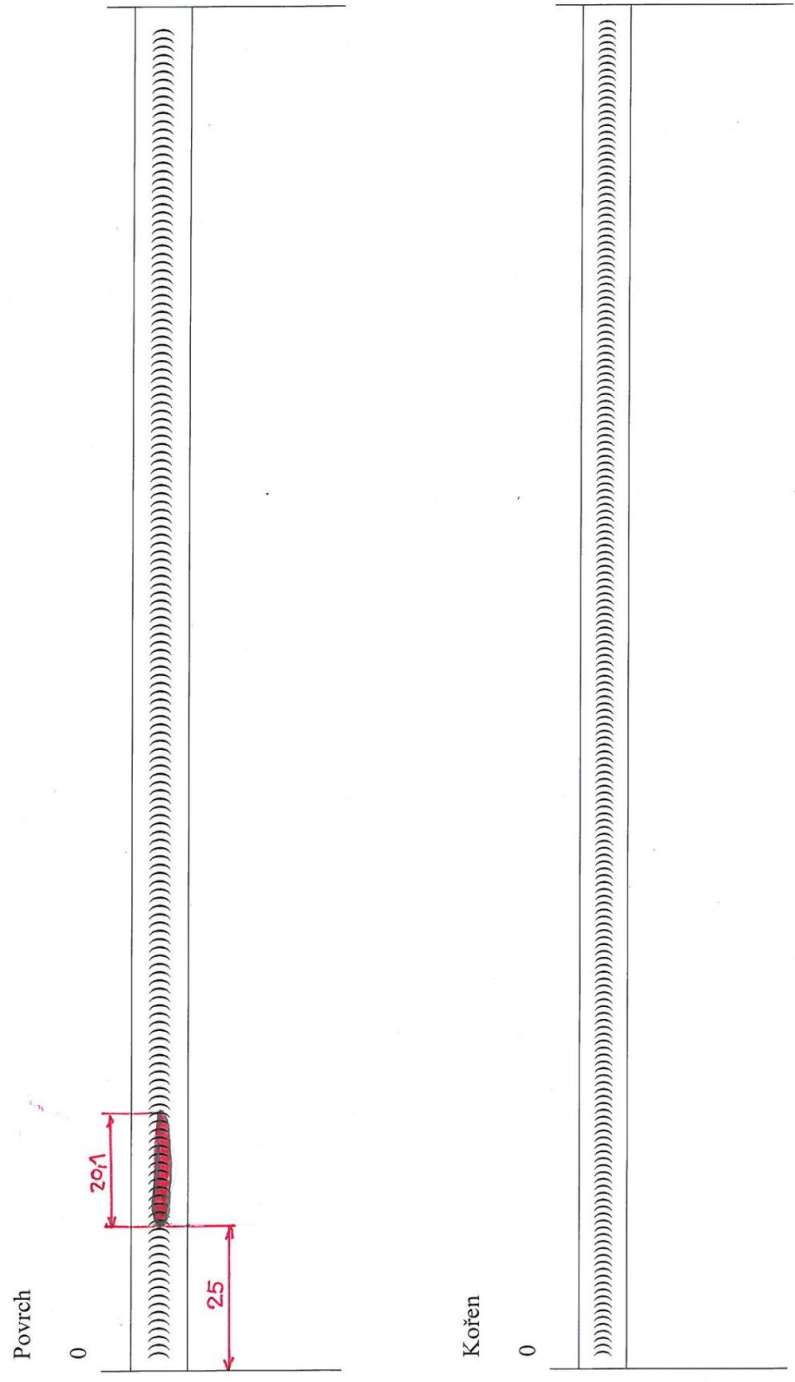
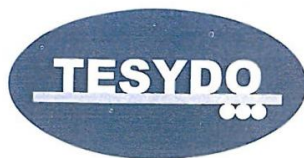
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	<b>Protokol o kapilární zkoušce</b> dle ČSN EN ISO 3452-1, IIcE stupeň 2	Revize ... 3 Strana 2/2

Schéma umístění vad svarů:





# PŘÍLOHA P VI: OSOBNÍ CERTIFIKÁT PT - LEVELII.



**TESYDO, s.r.o.**

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Česká republika (CZ)

\* / Člen AIO, HK, TNK, CWS ANB (člen EWF, IIW a IAB) /\*

\* / Member of AIO, HK, TNK, CWS ANB (member of EWF, IIW a IAB) /\*

**Technická, školicí, zkušební, certifikační a inspekční činnost**  
Technical, training, testing, certification and inspection activity

**Autorizovaná osoba / Notifikovaná osoba, Authorized Body / Notified Body**

**TESYDO-COP, certifikační orgán pro certifikaci osob č. 3201,  
akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17024:2003**

TESYDO-COP, Certification Body for personal № 3201,  
accredited by Czech Accreditation Institute, Public Service Company according to ISO/IEC 17024:2003

tímto uděluje / hereby issues

## CERTIFIKÁT CERTIFICATE

**pro pracovníka nedestruktivního zkoušení (NDT) dle ČSN EN ISO 9712:2013**  
for nondestructive testing personnel according to EN ISO 9712:2012

**Titul, jméno, příjmení / Title, name, surname : Pavol Kurej**

**Datum a místo narození / Date and place of birth : 12.1.1975, Humenné**

**Rozsah certifikace (NDT metoda, sektor a stupeň) :**

Scope of certification (NDT-Method, Sector and Level) :

<b>PT</b>	<b>Zkoušení kapilární</b> Penetrant testing	<b>Sektor w</b> Sector w	<b>Stupeň 2</b> Level 2
-----------	--	-----------------------------	----------------------------

**Datum vystavení certifikátu / Date of the certificate issuance:**

3.12.2014

**Datum zkoušky / Date of the test :**

15.12.2009

**Certifikát je platný do / Certificate is valid untill:**

14.12.2019

**Číslo certifikátu / № of certificate: TESYDO-COP-078-PT2**

Tento certifikát je vydán na základě splnění požadavků v specifikovaných ve výše uvedené normě ČSN EN ISO 9712.

Platnost certifikátu je podmíněna pravidelným dozorem ze strany certifikačního orgánu.

Nedílnou součástí tohoto certifikátu je Dohoda o součinnosti certifikačního orgánu a certifikované osoby.

Tento dokument je možno reprodukovat pouze jako celek.

This certificate has been issued on the grounds of meeting the requirements specified in the above mentioned standard EN ISO 9712.

The certificate validity is conditioned by periodical surveillance by the above mentioned Certification Body.

The Agreement of interaction Certification Body and certified person is integral parts of this certificate. This certificate can only be reproduced in full.


.....  
podpis držitele certifikátu  
Certificate holder's signature



.....  
Ing. Zdeněk Balej  
vedoucí certifikačního orgánu  
Head of Certification Body

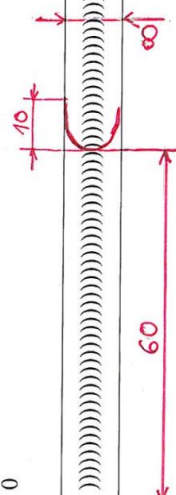
PRO OVĚŘENÍ PLATNOSTI CERTIFIKÁTU VOLEJTE / TO AUTHENTICATE OF CERTIFICATE CALL: +420 511 188 901 500-F14 - rev.6



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	<b>Protokol o zkoušce</b> <b>magnetickou metodou práškovou dle</b> <b>ČSN EN ISO 17638</b>	Revize 1 Strana 2/2

Povrch

0



Kořen

0

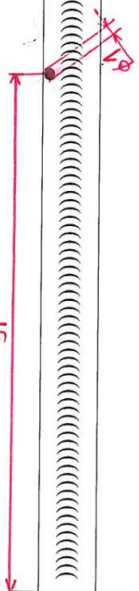


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	<b>Protokol o zkoušce</b> <b>magnetickou metodou práškovou dle</b> <b>ČSN EN ISO 17638</b>	Revize 1 Strana 2/2

Povrch

0

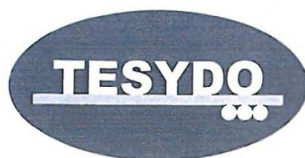
91



Kořen

0

# PŘÍLOHA P IX: OSOBNÍ CERTIFIKÁT MT - LEVELII.



## TESYDO, s.r.o.

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Česká republika (CZ)

\*I Člen AIO, HK, TNK, CWS ANB (člen EWF, IIV a IAB) /\*

\*I Member of AIO, HK, TNK, CWS ANB (member of EWF, IIV a IAB) /\*

Technická, školicí, zkušební, certifikační a inspekční činnost  
Technical, training, testing, certification and inspection activity

Autorizovaná osoba / Notifikovaná osoba, Authorized Body / Notified Body

TESYDO-COP, certifikační orgán pro certifikaci osob č. 3201,  
akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17024:2003

TESYDO-COP, Certification Body for personal № 3201,  
accredited by Czech Accreditation Institute, Public Service Company according to ISO/IEC 17024:2003

tímto uděluje / hereby issues

## CERTIFIKÁT CERTIFICATE

pro pracovníka nedestruktivního zkoušení (NDT) dle ČSN EN 473:2009 / ISO 9712:2005  
for nondestructive testing personnel according to EN 473:2008 / ISO 9712:2005

Titul, jméno, příjmení / Title, name, surname : **Pavol Kurej**

Datum a místo narození / Date and place of birth : **12.1.1975, Humenné**

Rozsah certifikace (metoda NDT, sektor a stupeň) :

Scope of certification (NDT-Method, Sector and Level) :

<b>MT</b>	<b>Zkoušení magnetickou metodou práškovou</b>	<b>Sektor w</b>	<b>Stupeň 2</b>
	Magnetic particle testing	Sector w	Level 2

Datum vystavení prvotního certifikátu / Date of the primary certificate issuance: 20.11.2012

Datum vystavení posledního certifikátu / Date of the latest certificate issuance: 20.11.2012

Certifikát je platný do / Certificate is valid until: 19.11.2017

Číslo certifikátu / № of certificate: **TESYDO-COP-078-MT2**

Tento certifikát je vydán na základě splnění požadavků v specifikovaných ve výše uvedené normě ČSN EN 473 / ISO 9712.

Platnost certifikátu je podmíněna pravidelným dozorem ze strany certifikačního orgánu.


Nedílnou součástí tohoto certifikátu je Dohoda o součinnosti certifikačního orgánu a certifikované osoby.

Tento dokument je možno reprodukovat pouze jako celek.

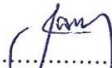
This certificate has been issued on the grounds of meeting the requirements specified in the above mentioned standard EN 473 / ISO 9712.

The certificate validity is conditioned by periodical surveillance by the above mentioned Certification Body.

The Agreement of interaction Certification Body and certified person is integral parts of this certificate. This certificate can only be reproduced in full.

  
.....  
podpis držitele certifikátu  
Certificate holder's signature





  
.....  
Ing. Zdeněk Balej  
vedoucí certifikačního orgánu  
Head of Certification Body



PRO OVĚŘENÍ PLATNOSTI CERTIFIKÁTU VOLEJTE / TO AUTHENTICATE OF CERTIFICATE CALL: +420 545 129 470 500-F14 - rev.5

TECHNICKÉ SYSTÉMOVÉ DOZORY • TECHNICAL SYSTEM INSPECTIONS

# PŘÍLOHA P X: PROTOKOL O RADIOGRAFICKÉ ZKOUŠCE – 7RT.

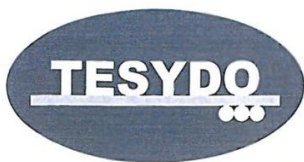
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F03							
	Název: <b>Protokol o radiografické zkoušce</b>		Revize 1 Strana: 1/1							
1. Zákazník: <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín</b>		6. Zakázka č. _____ 7. Protokol č. <b>7 RT</b> 8. WPS č. 01/14								
2. Výrobek: Zkušební kus – plech, poloha PA, KUREJ 7		9. WPQR č. 2469 – 2014								
3. Základní materiál 1: AW 6082, skupina 23.1		10. Rozměr: plech t = 2,0 mm								
4. Základní materiál 2: AW 6082, skupina 23.1		11. Rozměr: plech t = 2,0 mm								
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č. —								
13. Účel zkoušky: Bakalářská práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 141							
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ: GE Seifert ERESKO 42 MF4		27. Vzdálenost zdroj - film: 700 mm								
19. Napětí [kV]: 50		28. Expoziční čas: 57 sec.								
20. Proud: [mA]: 4,6		29. Značka filmu: AGFA D5								
21. Druh zářiče: ---		30. Folie: Pb 0,027								
22. Aktivita [Ci]: ---		31. Vyvolání: ruční								
23. Typ měrky: EN Al 13		32. Umístění měrky: Na straně zdroje								
24. Vyhodnocení dle: EN ISO 10675-2		33. Klasifikační stupeň: 1								
25. Specifikace zkoušky: ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika: Třída B								
26. Tepelné zpracování: ne		35. Číslo snímku: KUREJ 7								
36. Výsledek										
37. Svar číslo	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozeznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
KUREJ 7	BW	---	2,0	10 x 48	> 2,3	W18	20. 2. 2015	2011, 2015, 1021	Ano	Ne
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Nevyhovuje</b> <span style="float: right;"><b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-2, stupeň 1</b></span>										
50. Zkoušku provedl: Pavol Kurej						55. Razítko a podpis 		56. Inspekční organizace		
51. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078										
52. Vyhodnotil: Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 20. 2. 2015										

# PŘÍLOHA P XI: PROTOKOL O RADIOGRAFICKÉ ZKOUŠCE – 8RT.

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F03								
	Protokol o radiografické zkoušce		Revize 1 Strana: 1/1								
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.									
		7. Protokol č. <b>8 RT</b>									
		8. WPS č. 91A-T									
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, poloha H-L045		9. WPQR č.									
3. Základní materiál 1: 10CrMo9-10, skupina 6		10. Rozměr : ø 48,0 x 5,0 mm									
4. Základní materiál 2: 10CrMo9-10, skupina 6		11. Rozměr : ø 48,0 x 5,0 mm									
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —									
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce – Pavol Kurej											
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 141								
17. Technické údaje											
18. RTG přístroj typ : GE Seifert ERESKO 42 MF4		27. Vzdálenost zdroj - film : 745 mm									
19. Napětí [kV] : 140		28. Expoziční čas : 1 min. 17 sec.									
20. Proud: [mA] : 6,4		29. Značka filmu : KODAK INDUSTREX T200									
21. Druh zářiče : ---		30. Folie : Pb 0,027									
22. Aktivita [Ci] : ---		31. Vyvolání : ruční									
23. Typ měřky : EN Fe 10		32. Umístění měřky : Na straně filmu									
24. Vyhodnocení dle : ČSN EN 12517-1		33. Klasifikační stupeň : 1									
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B									
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: KUREJ 8									
36. Výsledek											
37. Svar číslo	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozeznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení		
									Ano	Ne	
1	BW	48,0	5,0	10 x 24	> 2,3	W14	20. 2. 2015	2011, 2013, 3041		X	
1A	BW	48,0	5,0	10 x 24	> 2,3	W14	20. 2. 2015	2011, 2013		X	
47. Celkové hodnocení / závěr:											
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje											
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje <b>Nevyhovuje dle ČSN EN 12517-1, stupeň 1</b>											
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej		51. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078		52. Vyhodnotil : Pavol Kurej		53. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078		54. Datum vyhodnocení: 20. 2. 2015		55. Razítko a podpis 	
										56. Inspekční organizace	



# PŘÍLOHA P XII: OSOBNÍ CERTIFIKÁT RT - LEVELII.



**TESYDO, s.r.o.**

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Česká republika (CZ)

\*I Člen AIO, HK, TNK, CWS ANB (člen EWF, IIW a IAB) /\*

\*I Member of AIO, HK, TNK, CWS ANB (member of EWF, IIW a IAB) /\*

**Technická, školicí, zkušební, certifikační a inspekční činnost**  
Technical, training, testing, certification and inspection activity

**Autorizovaná osoba / Notifikovaná osoba, Authorized Body / Notified Body**

**TESYDO-COP, certifikační orgán pro certifikaci osob č. 3201,  
akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17024:2003**

TESYDO-COP, Certification Body for personal № 3201,  
accredited by Czech Accreditation Institute, Public Service Company according to ISO/IEC 17024:2003

tímto uděluje / hereby issues

## CERTIFIKÁT CERTIFICATE

**pro pracovníka nedestruktivního zkoušení (NDT) dle ČSN EN 473:2009 / ISO 9712:2005**  
for nondestructive testing personnel according to EN 473:2008 / ISO 9712:2005

**Titul, jméno, příjmení / Title, name, surname :** Pavol Kurej

**Datum a místo narození / Date and place of birth :** 12.1.1975, Humenné

**Rozsah certifikace (metoda NDT, sektor a stupeň) :**

Scope of certification (NDT-Method, Sector and Level) :

<b>RT*</b>	<b>Radiografické zkoušení - vyhodnocování radiogramů</b>	<b>Sektor w</b>	<b>Stupeň 2</b>
	Radiographic testing - evaluation radiographs	Sector w	Level 2

**Datum vystavení prvotního certifikátu / Date of the primary certificate issuance:** 9.9.2010

**Datum vystavení posledního certifikátu / Date of the latest certificate issuance:** 9.9.2010

**Certifikát je platný do / Certificate is valid until:** 8.9.2015

**Číslo certifikátu / № of certificate:** TESYDO-COP-078-RT2

Tento certifikát je vydán na základě splnění požadavků v specifikovaných ve výše uvedené normě ČSN EN 473 / ISO 9712.  
Platnost certifikátu je podmíněna pravidelným dozorem ze strany certifikačního orgánu.

Nedílnou součástí tohoto certifikátu je Dohoda o součinnosti certifikačního orgánu a certifikované osoby.

Tento dokument je možno reprodukovat pouze jako celek.

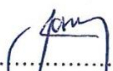
This certificate has been issued on the grounds of meeting the requirements specified in the above mentioned standard EN 473 / ISO 9712.

The certificate validity is conditioned by periodical surveillance by the above mentioned Certification Body.

The Agreement of interaction Certification Body and certified person is integral parts of this certificate. This certificate can only be reproduced in full.

  
.....  
podpis držitele certifikátu  
Certificate holder's signature



  
.....  
Ing. Zdeněk Balej  
vedoucí certifikačního orgánu  
Head of Certification Body

PRO OVĚŘENÍ PLATNOSTI CERTIFIKÁTU VOLEJTE / TO AUTHENTICATE OF CERTIFICATE CALL: +420 545 129 470 500-F14 - rev.5

TECHNICKÉ SYSTÉMOVÉ DOZORY • TECHNICAL SYSTEM INSPECTIONS

**PŘÍLOHA P XIII: RADIOGRAM PRO VZOREK Č. 7.**

**PŘÍLOHA P XIV: RADIOGRAM PRO VZOREK Č. 8.**