

# Zjišťování skrytých vad materiálů pomocí NDT metod.

Bc. Pavol Kurej

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavol Kurej**

Osobní číslo: **T15420**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Zjišťování skrytých vad materiálu pomocí NDT metod**

Zásady pro vypracování:

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



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. David Mañas, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

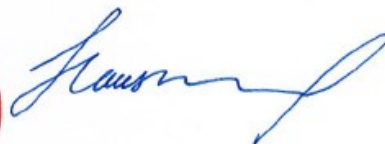
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2017**

Ve Zlíně dne 26. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: Pavol Kurej

Obor: Řízení jakosti

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové 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 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 užit své dílo – diplomovou 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 práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12. 05. 2017



<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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Táto práca sa zaoberá využitím nedeštruktívneho skúšania materiálov. Sú tu popísané metódy nedeštruktívneho skúšania materiálov a typy vad zistiteľných týmito nedeštruktívnymi metódami. Praktická časť zahŕňa praktické príklady vybraných metód nedeštruktívneho skúšania a porovnanie týchto metód.

Kľúčové slová:

nedeštruktívne skúšanie, vizuálna metóda, kapilárna metóda, magnetická prášková metóda, prežarovacia metóda, ultrazvuková metóda, vady materiálov, 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 and comparison of these methods.

Keywords:

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

Na tomto mieste patrí moje poďakovanie mojej manželke, mojim deťom a všetkým známym, za ich podporu a pomoc v priebehu celého štúdia, tak i pri písaní tejto diplomovej práce. Ďalej patrí moje poďakovanie Doc. Ing. Davidovi Maňasovi Ph.D. za jeho odborné vedenie, cenné rady a pripomienky, ktorými prispel k realizácii mojej diplomovej práce.

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracoval samostatne a všetky zdroje, z ktorých som v priebehu písania čerpal, sú uvedené v zozname literatúry. Zároveň prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronicky nahraná do IS/STAG sú totožné.

## Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1 NEDEŠTRUKTÍVNE SKÚŠANIE AKO INFORMAČNÍ ZDROJ KVALITY V SYSTÉMU MANAGEMENTU KVALITY.</b> ....	<b>10</b>
<b>1.2 DEFINÍCIA NEDEŠTRUKTÍVNEHO SKÚŠANIA</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>12</b>
<b>2 ZÁKLADNÉ METODY A TECHNIKY</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 VIZUÁLNA METÓDA</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 PRIAMA VIZUÁLNA KONTROLA.....	14
2.1.2 NEPRIAMA VIZUÁLNA KONTROLA .....	14
2.1.3 PREVEDENIE VIZUÁLNEJ KONTROLY.....	15
2.1.4 FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE PREVEDENIE VIZUÁLNEJ KONTROLY .....	16
2.1.5 2.1.5 HODNOTENIE VAD PRI VIZUÁLNEJ KONTROLE.....	16
<b>2.2 KAPILÁRNA METÓDA</b> .....	<b>16</b>
2.2.1 PRINCÍP KAPILÁRNEJ METÓDY .....	17
2.2.2 ROZDELENIE KAPILÁRNYCH METÓD .....	17
2.2.3 KAPILÁRNE PROSTRIEDKY .....	18
2.2.4 POSTUP KAPILÁRNE SKÚŠKY .....	18
<b>2.3 MAGNETICKÁ METÓDA PRÁŠKOVÁ</b> .....	<b>20</b>
2.3.1 PRINCÍP METÓDY .....	20
2.3.2 ZÁKLADY TEÓRIE MAGNETICKEJ METÓDY.....	21
2.3.3 SPÔSOBY MAGNETIZÁCIE .....	23
2.3.4 DRUHY MAGNETIZAČNÉHO PRÚDU [1].....	25
<b>2.3.5 DRUHY DETEKČNÝCH PROSTRIEDKOV</b> .....	<b>27</b>
2.3.5 DRUHY MAGNETOVACÍCH ZARIADENÍ. ....	28
2.3.6 SKÚŠOBNÝ POSTUP A HODNOTENIE VÝSLEDKOV .....	30
<b>2.4 METODA PREŽAROVANÍM [1,3]</b> .....	<b>31</b>
2.4.1 PRINCÍP PREŽAROVANEJ METÓDY.....	32
2.4.2 VZNIK RÖNTGENOVÉHO ŽIARENIA A GAMA ŽIARENIA .....	33
2.4.3 TEÓRIA RADIOGRAFICKÉHO KONTRASTU.....	35
2.4.4 VLASTNOSTI FILMU A TYPY FILMU .....	36
2.4.5 SPRACOVANIE FILMOV A PREHLIADANIE .....	37
2.4.6 ZISTITELNOSŤ VAD NA RÁDIOGRAME .....	39
2.4.7 VYHODNOTENIE RADIOGRAMU .....	41
<b>2.5 ULTRAZVUKOVÁ METODA (UT)</b> .....	<b>41</b>

2.5.1	PRINCÍP ULTRAZVUKOVÝCH SKÚŠOK .....	41
2.5.2	FYZIKÁLNE ZÁKLADY .....	42
2.5.3	DRUHY ULTRAZVUKOVÝCH VĹN [1] .....	43
2.5.4	ZDROJE ULTRAZVUKU .....	45
2.5.5	DRUHY ULTRAZVUKOVÝCH SOND. ....	46
2.5.6	METÓDY ULTRAZVUKOVÉ DEFECTOSKOPE .....	47
2.5.7	POSTUP PRI ULTRAZVUKOVEJ SKÚŠKE .....	49
<b>3</b>	<b>VADY MATERIÁLOV A VÝROBKOU .....</b>	<b>50</b>
3.1	DEFINÍCIA VAD VÝROBKOV .....	50
3.2	NÁZVOSLOVIE A TRIEDENIE VAD .....	50
3.3	CHARAKTERISTIKA NECELISTVOSTI A MAKROSKOPICKÝCH VAD, VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....	51
3.3.1	DUTINY .....	51
3.3.2	TRHLINY .....	52
3.3.3	MAKROSKOPICKÉ NEKOVOVÉ VMESTKY .....	55
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>PRAKTICKÉ PREVEDENIE NDT METÓD NA ZKUŠOBNÝCH VZORKOCH A POROVNANIE POUŽITÝCH METÓD. ....</b>	<b>59</b>
4.1	PRÍPRAVA VZORIEK .....	59
4.2	SKÚŠANIE VZORIEK.....	59
4.3	DISKUZIA VÝSLEDKOV .....	152
4.4	POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH METÓD PRE VNÚTORNÉ VADY .....	155
4.5	POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH METÓD PRE VONKAJŠIE VADY .....	156
	ZÁVER .....	157
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....	159
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	160
	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	161
	ZOZNAM TABULIEK .....	165
	SEZNAM PRÍLOH.....	166



## 1 ÚVOD

### 1.1 NEDEŠTRUKTÍVNE SKÚŠANIE AKO INFORMAČNÍ ZDROJ KVALITY V SYSTÉMU MANAGEMENTU KVALITY.

Veľkí vedci 18. a 19. storočia nám objavili veľa fyzikálnych zákonov, ktoré dnes využívame v nedeštruktívnom skúšaní. Boli to ľudia čestní a bezúhonní, ktorí hľadali vedeckú pravdu a preverovali jej platnosť. Fourier, Newton, Hughes, Faraday, Maxwell, Rayleigh, Röntgen, Currieovi, Hertz, Einstein a vedci začiatku 20. storočia, napr. Rutheford, Edison, Lungmuir, Coolidge, Sperry, Fermi a fyzici z doby ešte nedávnejšej nám poskytli bohaté zdroje a teórie, ktoré sú základom nedeštruktívneho skúšania. [1]



Obr. 1.1 Manželia Pierre a Maria Curieovi //www.google.cz/

Rozhodujúci význam majú tzv. defektoskopické skúšky, prostredníctvom ktorých možno v priebehu výrobného procesu alebo priamo v prevádzke detekovať neprípustné chyby výrobku narušujúce celistvosť materiálov. Nedeštruktívne skúšanie materiálov má významnú úlohu v systéme managementu kvality výrobného procesu a jeho cieľom je hlavne včasné zistenie neprípustných chýb vo výrobku, ktoré by mohli znemožniť alebo významne ovplyvniť jeho optimálne využitie, alebo vyvolať po určitej dobe prevádzky poruchu alebo dokonca haváriu konštrukcie.[2]





Obr. 1.2 Jeden z prvých röntgenových snímokou ruka manželky Wilhelma Conrada Röntgena //www.google.cz/

## 1.2 Definícia nedeštruktívneho skúšania

NDT zahŕňa metódy používané pre skúšanie určitého produktu alebo materiálu alebo systému, bez toho aby sa narušila ich budúca použiteľnosť alebo ovplyvnila schopnosť plniť predpokladanú funkciu. Hlavným cieľom je zisťovanie vonkajších alebo vnútorných závad. [1]

Nedeštruktívne skúšanie je súčasťou kontroly kvality výrobku a to ako v predvýrobnej fázy a výrobné fázy, tak i v prevádzke. Slúži k zaisteniu bezpečnosti a spoľahlivosti v rôznych odvetviach priemyslu, ako napr. v energetike, v chemickom priemysle, doprave, v leteckom priemysle atd. [1]

## I TEORETICKÁ ČASŤ

## 2 ZÁKLADNÉ METODY A TECHNIKY

NDT je väčšinou definované zostavením zoznamu metód alebo klasifikovaním rôznych techník. Tento prístup k NDT je praktický v tom, že príznačné vyzdvihuje do popredia metódy používané v priemysle. Vo väčšine príručiek NDT sa slova metóda používa pre skupinu skúšobných techník, ktoré zdieľajú určitú formu sondovania. Ultrazvuková skúšobná metóda napr. využíva akustické vlny rýchlejšie ako zvuk. Infračervené, termálne a radiografické skúšanie sú dve skúšobné metódy, ktoré využívajú elektromagnetickú radiáciu, každá v určenom rozsahu vlnovej dĺžky. [1]

### Rozdelenie NDT metód:

#### a) Pre zisťovanie povrchových väd:

- Vizuálna metóda VT
- Kapilárna metóda PT
- Magnetická metóda MT
- Metoda vírivých prúdov MPI

#### b) Pre zisťovanie vnútorných zavad:

- Rádiologická metóda RT
- Ultrazvuková metóda UT
- Metoda vírivých prúdov MPI
- Magnetická metóda MT.

My sa budeme zaoberať týmito základnými metódami: vizuálna metóda, kapilárna metóda, magnetické prášková metóda, metóda prežarováním a ultrazvuková metóda. K jednotlivým týmto metódam sa budeme venovať podrobnejšie.

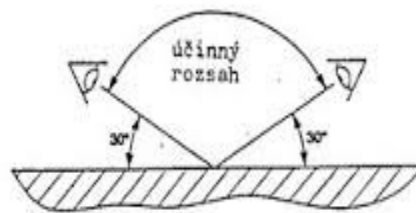
### 2.1 Vizuálna metóda

Vizuálna kontrola je najstaršia a najjednoduchšia nedeštruktívna kontrola. Vizuálna kontrola je základnou metódou pre zisťovanie povrchových väd a odchýliek tvaru. Slúži na vyhľadávanie a vyhodnocovanie viditeľných kvalitatívnych vlastností a nehomogenit skúšaného povrchu prostredníctvom ľudského oka. Vizuálna kontrola spravidla predchádza skúškam inými metódami. Výhodou metódy je skutočnosť že informácie o vadách materiálov a výrobkov sa získavajú bezprostredne. Metóda VT je využívaná pri klasickej NDT kontrole, kedy hľadáme vady ako napríklad trhliny, zápaly, povrchové póry, ďalej zisťujeme tvarové odchýlky - meriame a hodnotíme lineárne presadenie, prevýšenie koreňa zvaru, presadenie foriem u odliatku, ďalej

kontrolujeme stav povrchu. Jedná sa o NDT metódu, ktorá je plnohodnotná v porovnaní s ostatnými NDT metódami (napr. RT, PT,...) a vo svojom rozsahu dokonca prekračuje rámec použitia ostatných NDT metód. Všeobecne je možné vizuálnu kontrolu rozdeliť do dvoch základných kategórii pre jej prevedenie a to na priamu a nepriamu, pokiaľ sa používa pre stanovenie zhody výrobku so špecifikovanými požiadavkami. [1], [2]

### 2.1.1 Priama vizuálna kontrola

Je definovaná ako kontrola, pri ktorej nie je prerušená optická dráha medzi okom pozorovateľa a kontrolovanou plochou. Vykonáva sa bez pomôcok alebo pri použití jednoduchých optických pomôcok (napr. lupa, zrkadielko, endoskop s pozorovaním obrazu priamo v okuláre prístroja). Používa sa v prípade, keď je dostatočný prístup ku kontrolovanému povrchu pre oči vo vzdialenosti menej ako 600 mm a pod uhlom nie menším ako  $30^\circ$  (obr. 1.2). Podmienkou pre použitie je dobrá zraková schopnosť pracovníka, dostatočné osvetlenie kontrolovaného povrchu o minimálnej intenzite 500 luxov.[1]



Obr. 2.1 Podmienky pre vizuálnu kontrolu //www.google.cz/

### 2.1.2 Nepriama vizuálna kontrola

Nepriama vizuálna kontrola sa používa v prípade, keď nie je možné vykonať priamu vizuálnu kontrolu a to jednak z dôvodu neprístupnosti alebo z dôvodu bezpečnosti. Nepriama vizuálna kontrola je definovaná ako kontrola, pri ktorej je optická dráha medzi okom pozorovateľa a kontrolovanou plochou prerušená. [1] Táto metóda vyžaduje špeciálne zariadenie - optické alebo optoelektrické prístroje a zariadenia endoskopy, optická zariadenia a to v spojení s kamerou, foto prístrojom. Musí sa však potvrdiť, že použitý systém pre nepriamu vizuálnu kontrolu je vhodný. [1]



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

### 2.1.3 Prevedenie vizuálnej kontroly

Spoľahlivé prevedenie vizuálnej kontroly je dané viditeľnosťou detailu, to znamená stupňom rozlíšiteľnosti objektov a ich vnímania. Pri vizuálnej kontrole je tento pojem myslený predovšetkým z hľadiska rozlíšiteľnosti blízko seba ležiacich objektov. Viditeľnosť detailu závisí okrem psychickej a fyzickej vlastnosti videnia na nasledujúcich faktoroch:

- kontrast
- jas
- doba prehliadania
- farba
- rozmery objektu
- ostrosť obrysov objektu
- podmienky osvetlenia

Každý z týchto faktorov má svoj absolútny prah videnia. Pod týmto prahom však nemôže byť objekt videný i v prípade, že ostatné faktory sú priaznivé. Napríklad pri nízkom jasu alebo kontraste nie je možné objekt učiniť viditeľným žiadnym zväčšením alebo predĺžením doby prehliadky. [1]

Viditeľnosť blízko seba ležiacich objektov však závisí tiež na umiestnení zdroja svetla, spektrálnym zložením ich svetla, únave pracovníka, stupni adaptácie očí na dané osvetlenie a podmienkach na pracovisku. [1]

Aby ľudské oko mohlo anomálie na povrchu rozlíšiť, musí byť na kontrolovanom povrchu zaistený dostatočný kontrast medzi hľadanými vadami a povrchom objektu. Kontrast môže byť vyvolaný

bud' rozdielmi v jase, alebo rozdielmi vo farbe. Pri rozdielu v jase sa dve žiarenia, ktoré vyvolávajú vnem videnia farebne zhodujú, ale líšia sa iba jasom. Pri rozdieli vo farbe, sa rozlišujú svojou farebnosťou.

#### 2.1.4 Faktory ovplyvňujúce prevedenie vizuálnej kontroly

- **vlastnosti materiálu:** čistota povrchu, základnou požiadavkou je čistota povrchu, tzn. odstránenie všetkých nečistôt z pozorovaného povrchu, ktoré môžu zakryť prípadné povrchové vady.
- **farba svetla:** pre zistenie vad má významnú rolu farba dopadajúceho svetla, farba svetla môže zvýšiť kontrast a naopak tlmené svetlo svetelného zdroja môže znížiť farbu
- **textúra povrchu:** textúra povrchu kontrolovaného materiálu je dôležitá pre množstvo a kvalitu odrážaného svetla do očí kontrolóra. Veľmi hladký povrch môže neprijateľne oslňovať a naopak značne drsný povrch môže vyžadovať špeciálne osvetlenie
- **únava pracovníka**

#### 2.1.5 2.1.5 Hodnotenie vad pri vizuálnej kontrole

Hodnotenie vad pri vizuálnej kontrole akéhokoľvek výrobku je subjektívne a vyžaduje skúsenosti.

Pri vizuálnej kontrole akéhokoľvek výrobku sa hodnotenie vad väčšinou prevádza: prehliadkou a porovnávaním podľa vonkajších znakov vad, napr. porovnaním s reprezentatívnymi vadami, alebo podľa katalógu vad, porovnávacích etalonov vad, prehliadkou a meraním parametrov vad podľa stanovených pravidiel (norma, predpis, špecifikácia apod. [1])

## 2.2 Kapilárna metóda

Kapilárna metóda sa používa ako nedeštruktívny spôsob skúšania k zisťovaniu necelistvostí otvorených na povrch skúšaného predmetu, ako sú trhliny, praskliny, preložky, zavaleniny, zdvojeniny, póry a iné. Vhodná kvapalina (penetrant) sa naniesie na skúšaný povrch a nechá sa vniknúť do necelistvostí. Po vniknutí do necelistvostí sa prebytočný penetrant z povrchu odstráni a naniesie sa vývojka. Vývojka pôsobí ako absorbent, ten nasáva penetrant, ktorý vnikol do necelistvosti. Tato metóda umožňuje zistiť povrchové vady len zrakom neviditeľné. [1]

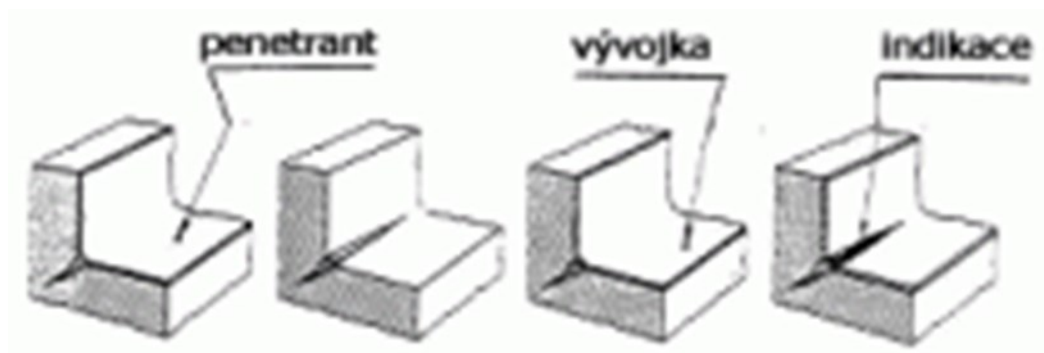
Kapilárne metódy využívajú kapilárne vlastnosti určitých kvapalín (penetrantou) k zisťovaniu otvorených povrchových vad materiálov, ako sú napr. trhliny, póry, a pod. Použitie týchto metód na zistenie vnútorných vad, ktoré nie sú spojené so skúšaným povrchom, nie je možné. Výhodou metódy je použiteľnosť pre všetky nesavé materiály bez povrchovej vrstvy, citlivosť na malé necelistvosti, požiadavka minimálnych skúsenosti na skúšobného pracovníka. Nevýhodou metódy

je, že môžeme vyhodnocovať iba otvorené povrchové nečelistvosti, nutnosť prípravy skúšaného objektu, zdĺhavosť metódy. [1]

### 2.2.1 Princíp kapilárnej metódy

Princíp kapilárnej metódy je založený na využití namáčavosti a vzĺínivosti vhodných detekčných kvapalín (penetrantou), a ďalej na ich farebnosti či fluorescencii.

Na pripravený (očistený, odmastený a vysušený) skúšaný povrch súčasti sa naniesie kvapalina vhodných vlastností - penetrant. V priebehu určitej doby sa ponechá tento penetrant pôsobiť - vniká do prípadných nečelistvostí. Po ukončení penetračného času sa prebytok penetrantu za skúšaného povrchu odstráni a naniesie sa tzv. vývojka. Vývojka pôsobí ako absorbent ("pijak"), nasáva penetrant, ktorý vnikol do nečelistvostí a zároveň vytvára kontrastné pozadie. Pri následnej inšpekcii sú posudzované dvojrozmerné indikácie zistených nečelistvostí. Táto metóda umožňuje zistiť povrchové vady, ktoré sú zrakom neviditeľné. Indikácie sa hodnotia na základe vizuálneho vnemu farebného alebo jasového kontrastu. Detekčná schopnosť metódy začína pri šírke vady jednotiek tisícín milimetrov (v závislosti na drsnosti povrchu, druhu prítomných vad, použitej citlivosti skúšobného procesu apod. [1])



Obr. 2.3 princíp kapilárnej metódy

### 2.2.2 Rozdelenie kapilárnych metód

Kapilárne metódy sa rozdeľujú z hľadiska druhu vytvorenej indikácie a spôsobu jeho hodnotenia na:

- a) indikácie (väčšinou červené na bielom podklade).
- b) Metoda fluorescenčná – prítomnosť vady sa po ožiarení skúšaného povrchu ultrafialovým žiarením (tzv. čiernym svetlom) prejavuje svetielkujúcou indikáciou (žltozelené alebo modrozelené svetielkovanie).

c) Metoda dvojúčelová – prítomnosť vady sa prejavuje v závislosti na druhu použitého osvetlenia (biele alebo UV svetlo) buď farebnou, alebo fluorescenčnou indikáciou.

d) Metoda farebnej indikácie – prítomnosť vady sa prejavuje vytvorením kontrastnej farby [1]

### 2.2.3 Kapilárne prostriedky

Kapilárne prostriedky sú činidlá, ktoré sú potrebné pre prevedenie kapilárnej skúšky. Rozdeľujú sa na:

- 1) Penetranty (detekčné kvapaliny) – kvapaliny, ktoré sú nanášané na skúšaný povrch, aby vnikali do jeho povrchových vad a po odstránení ich prebytočného množstva z povrchu materiálu, potom kvapalina ktorá zostala vo vadách vzlína a tieto vady zviditeľňuje.
- 2) Vývojky – činidlá, ktoré sú po odstránení prebytočného množstva penetrantu nanášané na skúšaný povrch, kde napomáhajú penetrantu vzlínať z vad a potom s ním spoločne vytvárajú kapilárnu indikáciu.
- 3) Čističe a odmasťovače - čističe sú kvapaliny slúžiace k odstráneniu penetrantu zo skúšaného povrchu. Ich základ tvorí organické rozpúšťadla, ktoré býva kombinované s ďalšími látkami (napr. emulgátormi). Odmasťovače sú činidlá, slúžiace pre odstránenie mastnoty (tuku alebo oleja) zo skúšaného povrchu pred nanosením penetrantu. Ako odmasťovače sa používajú rôzne organické rozpúšťadla (benzín, acetón a iné.) alebo anorganické chemikálie (vhodné zriedený sodný alebo draselný lúh).
- 4) Emulgátory – povrchovo účinné látky, umožňujúce zmiešanie látok, ktoré sú inak ne miesiteľné. U kapilárnych skúšok emulgátory uľahčujú odstránenie prebytočného penetrantu zo skúšaného povrchu. [1]

### 2.2.4 Postup kapilárnej skúšky

Postup pri kapilárnej skúške sa prevádza v nasledujúcich základných krokoch:

- 1) Príprava povrchu – spočíva v odstránení všetkých tuhých i kvapalných nečistôt zo skúšaného povrchu a z nečelivostí, ktoré sa na ňom nachádzajú. Odstránenie nečistôt sa dosahuje použitím ocelevej kefy, brusných papierov, brúsením apod. Následne sa skúšaný povrch odmastí a dôkladne osuší, či sa uľahčí vnikanie detekčnej kvapaliny do povrchových nečelivostí. [1]
- 2) Nanosenie detekčnej kvapaliny (penetrácia) – spôsob nanášania detekčnej kvapaliny závisí na rozmeroch skúšaného objektu. Pri kontrole rozmernejších objektov sa kvapalina nanášajú

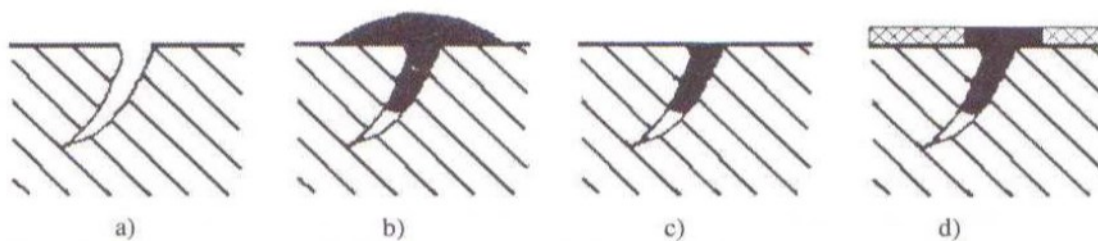


nástrekom vzduchovou pištoľou, sprejom vo forme aerosólu, fixírkou. Ďalšou možnosťou je natieranie penetrantu štetcami alebo polieváním. Objekty menších rozmerov sa ponárajú do penetračnej kúpeľa. Doba penetrácie potrebná pre vniknutie detekčnej kvapaliny do prípadných necelistvostí sa pohybuje v rozmedzí 5 až 20 minút, v mimoriadnych prípadoch (napr. detekcia jemných trhlín) až niekoľko hodín. [1]

3) Odstránenie prebytku detekčnej kvapaliny – prebytočná detekčná kvapalina musí byť odstránená zo skúšaného povrchu z dôvodu, aby nevytvárала farebné alebo fluoreskujúce pozadie, ktoré by malo nepriaznivý vplyv na rozoznateľnosť indikácii vad. Voľba spôsobu odstránenia závisí na chemickom zložení detekčnej kvapaliny a nesmie pri ňom dôjsť k vyplaveniu detekčnej kvapaliny z necelistvostí. U detekčnej kvapaliny obsahujúcej emulgátor sa prebytok odstráni oplachom jemným prúdom vody, prípadne sa povrch otrie vlhkou hubou. Pri použití penetrantu neobsahujúceho emulgátor sa najprv prebytočné množstvo zotrie dobre sajúcou látkou a potom sa povrch opláchnie vodou alebo špeciálnymi čistiacimi prostriedkami. Po opláchnutí sa povrch osuší textilnou látkou, teplým vzduchom alebo použitím sálavého tepla. [1]

4) Aplikácia vývojky – pracovná fáza, pri ktorej sa na skúšaný povrch nanáša farebne kontrastná látka (vývojka). Podľa formy, v akej sa vývojka nanáša, sa rozlišuje i spôsob aplikácie. Vývojka vo forme prášku sa nanáša buď ručným rozprašovaním, alebo pomocou elektroakustickej pištole. Tieto spôsoby sú používané najmä u fluorescenčných postupov. Vývojka vo forme suspenzie z vývojkového prášku, ktorý je rozptýlený v prchavej kvapaline alebo vo vode, sa nanášajú nástrekom. Používajú sa pri hromadnom skúšaní. [1]

5) Vyhodnotenie skúšky – prevádza sa okom alebo pomocou lupy. Pri vyhodnocovaní skúšky sa povrch skúšaného objektu prehliada dvakrát. Po prvý krát sa prehliada ihneď po nanesení vývojky, kedy sa indikujú veľké vady. Po druhý krát po uplynutí určitého času (obvykle 10 – 30 minút), kedy sa zisťujú jemné vady, ktoré potrebujú k vytvoreniu indikácie dlhšiu dobu. U metódy farebnej indikácie sa povrch skúšaného predmetu prehliada v rozptýlenom bielom svetle a prípadná vada sa prejaví vznikom farebnej indikácie (červenej na bielom pozadí). Vyhodnotenie fluorescenčnej metódy sa prevádza v zatemnenom priestore, kedy sa skúšaný povrch prehliada pod čiernym svetlom ultrafialovej lampy. Prítomné vady sa prejavujú svetielkovaním, pričom neporušený povrch sa javí ako tmavo modrofialový. [1]



Obr. 2.4 Kapilárna skúška: a) povrch po očistení, b) povrch po nanesení penetrantu, c) povrch po otreaní penetrantu, d) povrch po nanesení vývojky

## 2.3 Magnetická metóda prášková

MT je najpoužívanejšou metódou nedeštruktívneho skúšania materiálu (NDT). Hlavné aplikácie sú v automobilovom a leteckom priemysle, ďalej v energetike a doprave. Vzhľadom k svojej relatívnej jednoduchosti a nenáročnosti na implementáciu je jednou z najdôležitejších metód pri servise prevádzkovaných zariadení. MT sú zisťované povrchové a pod povrchové vady typu trhlín, prasklín, pórov, vmestkou apod. feromagnetických materiálov (Fe). Pre iné materiály ako feromagnetické nemožno MT použiť. [1]

### 2.3.1 Princíp metódy

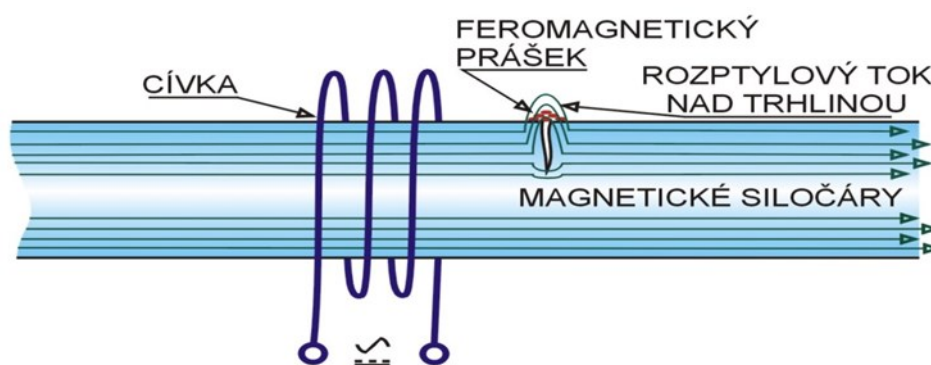
Metoda rozptylových tokov tak tiež často označovaná Magnetická metóda prášková (z angl. Magnetic Particle Inspection – MPI) je principiálne veľmi jednoduchá metóda. Ak máme feromagnetický materiál, v ktorom sa vyskytujú povrchové (alebo v blízkosti povrchu lokalizované trhliny), potom sa pri magnetovaní tohto materiálu magnetickým poľom vytvorí v mieste trhlín magnetický rozptylový tok, vystupujúci z materiálu nad jeho povrch, a tento rozptylový tok je možné indikovať buď magnetickým práškom, alebo sondami. [1]

Výhodou tejto metódy je jednoduchosť, citlivosť na malé nečistosti, jednoduchá obsluha. Nevýhodou je jej použiteľnosť iba na feromagnetické materiály a nie je ju teda možné aplikovať na materiály, ako sú meď, hliník, titan apod. Ďalšou nevýhodou je, že citlivosť metódy je závislá na orientácii magnetického poľa voči vade. [1]

Vhodným magnetovaním feromagnetického materiálu dôjde k jeho magnetickému nasýteniu. Prípadná vada v materiálu má iné magnetické vlastnosti - väčšinou býva nemagnetická (vzduch v trhline, struska, plyn v póre). V mieste vady dochádza k deformácii magnetického poľa, jeho siločiar vystupujú nad povrch. Vzniká tzv. rozptylový magnetický tok, ktorý je nositeľom informácie o miestnej zmene magnetických vlastností. Na povrch materiálu sa nanáša jemný feromagnetický prášok, ktorý sa magneticky prichytí na povrch, avšak iba v mieste rozptylového toku. Prášok na povrchu vytvára indikáciu, zobrazujúcu reliéf rozptylového toku spôsobeného

vadou. Indikácie sa hodnotia na základe vizuálneho vnemu farebného alebo jasového kontrastu. Detekčná schopnosť metódy začína pri šírke vady jednotiek tisícín milimetrov. [1]

Takto vytvorený magnetický rozptylový tok sa indikuje buď pomocou suchého feromagnetického prášku (farebný, fluorescenčný) alebo detekčnou suspenziou, ktorú tvorí feromagnetický prášok rozptýlený vo vhodnej kvapaline (riedky olej, voda alebo iná kvapalina). V mieste, kde rozptylový tok vystupuje nad povrch materiálu, dochádza k zachycovaniu (hromadeniu) prášku a vykresľovaniu obrysu vady (obr. 2.5). V oblastiach mimo vadu sa prášok nezachycuje, takže sa vada lepšie zviditeľní. Výsledok skúšky sa vyhodnocuje vizuálne. [1]

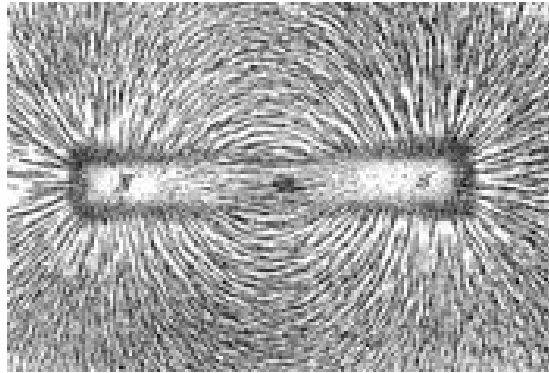


Obr. 2.5 Identifikácia vady práškovou metódou

### 2.3.2 Základy teórie magnetickej metódy

Dnes vieme, že vznik magnetického poľa je spojený s prítomnosťou pohybujúcich sa elektrických nábojov a že je teda všade tam, kde sa vyskytuje elektrické pole. [1]

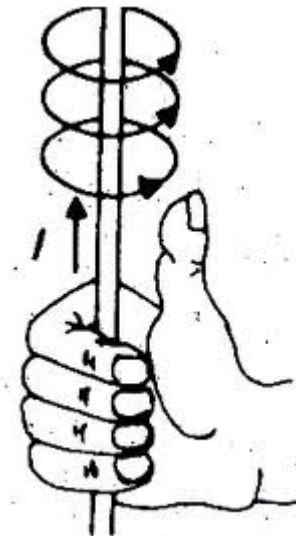
Magnetické pole okolo permanentných magnetov alebo okolo vodičov, kde preteká elektrický prúd zobrazujeme pomocou magnetických indukčných čiar. Sú to spojnice miest s rovnakým silovým účinkom magnetického poľa na magnetické častice napr. magnetický prášok alebo na prúdový element. Magnetické pole je pole vírové, na rozdiel od poľa elektrostatického, tj. magnetické indukčné čiary (niekedy tiež nazývané magnetické siločiar) sú vždy uzavreté krivky, nikdy sa nepretínajú, nikde nezačínajú a nikde nekončia. Napr. u permanentných magnetov vystupujú zo severného pólu, rozprestierajú sa vo vonkajšom priestore okolo magnetu, vstupujú do južného pólu a uzatvárajú sa vo vnútornej časti materiálu magnetu. Pohľad na rozprestreté pole okolo tyčového magnetu, zobrazené pomocou piliniek je na (obr. 2.6). [1]



Obr. 2.6 Zobrazenie magnetického pola okolo tyčového magnetu

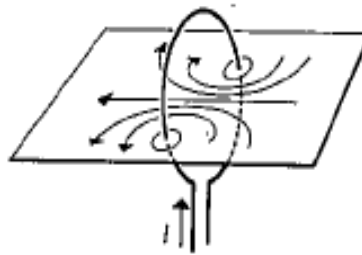
Magnetické pole priameho vodiča – vzájomná väzba medzi polaritou pretekajúceho prúdu  $I$  a orientáciou vzniknutého magnetického pola sa riadi dohodnutými pravidlami. Používa sa tzv. pravidlo pravej ruky.

Toto pravidlo pre priamy vodič znie: ak položíme palec na vodič v smere pretekajúceho prúdu, potom zahnuté prsty ukazujú orientáciu (smer šípok na indukčných čiarach) magnetického pola, tak ako je ukázané na (obr. 2.7). Magnetické pole má v tomto prípade tvar koncentrických kružníc so stredom v ose vodiča. [1]



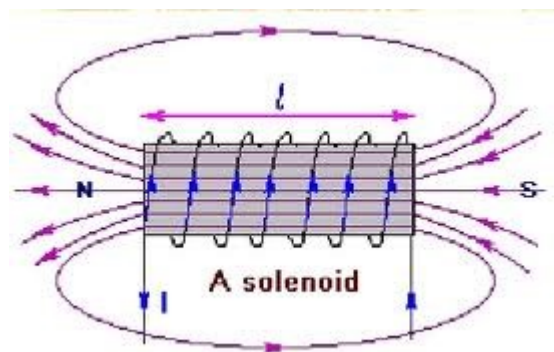
Obr. 2.7 pravidlo pravej ruky

Magnetické pole kruhového závitú – magnetické pole v okolí závitú nie je rovnomerne rozložené, ako je parné z ( obr. 2.8)



Obr. 2.8 Pole kruhového závitu

Magnetické pole solenoidu – ako stelenoid sa označuje dlhá valcová cievka, kde je dĺžka omnoho väčšia ako jej priemer  $l \gg 2a$ , a ktorá je opatrená iba jednou vrstvou vinutia. Je zobrazená na (obr. 2.9).



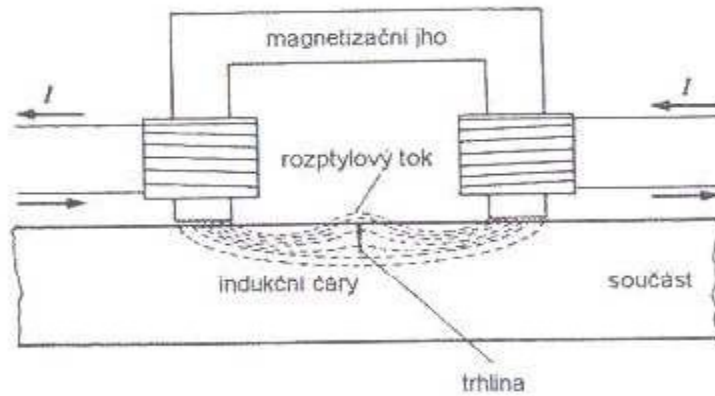
Obr. 2.9 Valcová cievka - solenoid

Pole má najvyššiu hodnotu uprostred cievky, v pomerne dlhom úseku okolo stredu sa príliš nemení a u krajov cievky klesá na polovicu.[1]

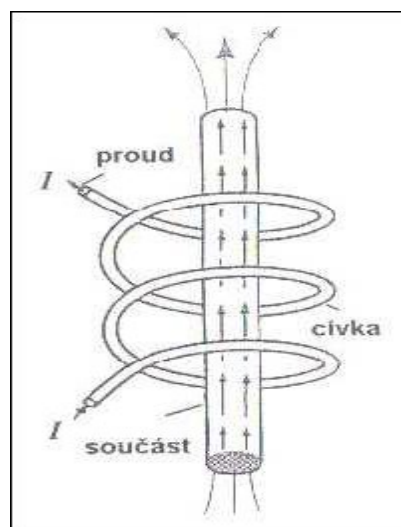
### 2.3.3 Spôsoby magnetizácie

Magnetizácia skúšaného objektu – aby sa v mieste vady vytvorilo rozptyľové pole, musí sa skúšaný objekt z magnetovať a to najlepšie v smere kolmom na smer zisťovanej nečelivosti. Nečelivosti, ktoré sú rovnobežné so smerom pôsobiaceho magnetického pola nie je možné zistiť, pretože nenarušujú magnetické pole. Z tohto dôvodu je potrebné použiť viac spôsobov magnetovania, aby sa dosiahlo čo najkolmejšieho smeru magnetického pole k smeru predpokladaných vad. Rozoznávajú sa tieto tri základné spôsoby magnetizácie:

- a) Pólová (pozdĺžna) magnetizácia – magnetický tok prechádza skúšaným objektom i mimo neho. V miestach vstupu a výstupu magnetických siločiar vznikajú magnetické póly. Tento spôsob magnetizácie slúži k zisťovaniu priečne orientovaných vad a realizuje sa buď pomocou magnetizačného JHA (permanentní magnet, elektromagnet), (obr. 2.10) alebo cievkou (obr. 2.11). [1]

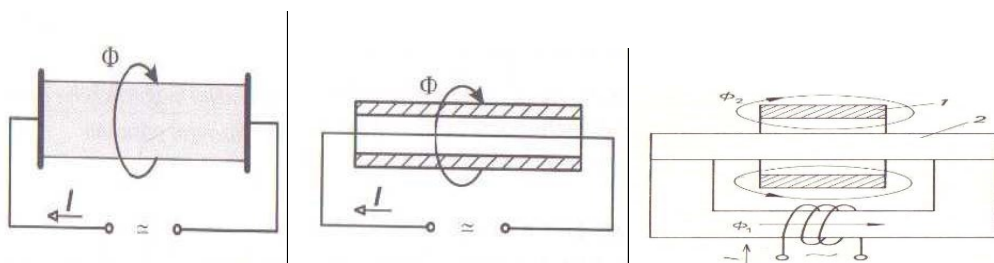


Obr. 2.10 Magnetovanie magnetizačným jhom [1]



Obr. 2.11 Pólová magnetizácia cievkou

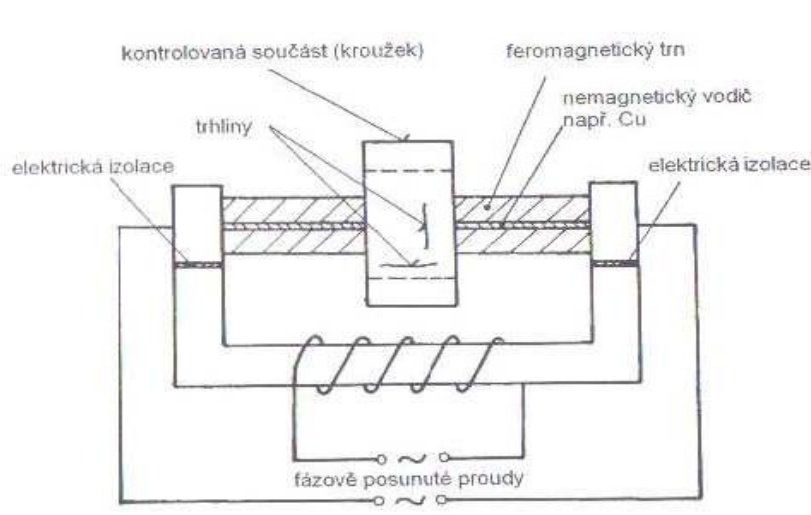
- a) Cirkulárna (pričná) magnetizácia – magnetický tok je uzavretý v skúšanom objekte a nedochádza teda k vzniku výrazných magnetických pólov. Slúži k indikovaní pozdĺžne orientovaných vad. Cirkulárna magnetizácia môže vzniknúť priamym prechodom prúdu skúšaným objektom (obr.2 .12 a, b) alebo indukciou prúdu v skúšanom objekte (obr. 2.12 c).



Obr. 2.12 – Cirkulárna (pričná) magnetizácia

- a) prechodom prúdu, b) pomocným vodičom, c) indukciou prúdu,  
 $\Phi$  – magnetický tok, I – prúd, 1 – skúšaný objekt, 2 – pomocné jho

- b) Kombinovaná magnetizácia – spočíva v súčasnej magnetizácii skúšaného predmetu dvoma na seba priestorovo kolmými magnetickými poľami. Pomocou kombinovanej magnetizácie môžeme indikovať ľubovoľne priestorovo orientované vady jedinou pracovnou operáciou. Kombinovanú magnetizáciu môžeme dosiahnuť napr. kombináciou indukcie prúdu v súčasti a pomocného vodiča (obr. 2.13).



Obr. 2.13 Kombinovaná magnetizácia pomocným vodičom a indukciou prúdu v súčasti

- d) Impulzná magnetizácia – jedná sa o zvláštny spôsob magnetizácie, pri ktorom sa magnetické pole v skúšanom objekte vytvára buď prúdovými impulzmi, alebo sa objekt vkladá do cievky budenej prúdovými impulzmi. Rozptyľové pole je v mieste vady vyvolané zostatkovým magnetizmom. [1]

### 2.3.4 Druhy magnetizačného prúdu [1]

Pre budenie magnetického pola v kontrolovanom objekte sa používa striedavý i jednosmerný elektrický prúd. Na druhu prúdu závisí prienik magnetického pola do materiálu, s čím súvisí jak zistiteľnosť pod povrchových nečelivostí, tak nároky na odmagnetovávanie. [1]

- a) Striedavý prúd AC je používaný takmer u všetkých druhou magnetizačných zariadení. Prienik pola pod povrch je obmedzený. U ocelových výrobkov dosahuje hĺbka vniku hodnoty cca 2 mm, preto ne z magnetuje väčšie časť prierezu a odmagnetovanie nie je obťažné. Nevýhodou je, že pod povrchové nečelivosti sú zistiteľné obťažnejšie, pri uložení hlbšie pod povrchom nie sú zistiteľné vôbec.
- b) J jednosmerný prúd DC získaný z akumulátora. Tento spôsob sa používa zriedka. Magnetovanie prechádza celým prierezom telesa, čo vytvára predpoklad pre zistiteľnosť i

hlbšie uložených necelistvosti. Nevýhodou je obťažnejšie odmagnetovanie, väčšia hmotnosť zdroja prúdu a tým i robustnosť celého prístroja.

c) Usmernené prúdy:

- Jednocestne usmernený prúd HWDC (half wave direct current) je s obľubou používaný ako u prenosných prúdových zdrojov, tak i univerzálnych i automatizovaných prístrojov. Prienik pola zasahuje približne 30% pod povrch telesa, môžeme teda indikovať necelistvosti uložené v blízkosti pod povrchom. Usmernený prúd sa získava usmernením striedavého napätia z transformátora jednou usmerňovacou diódou. Tým je dosiahnuté prepúšťanie v jednej pol vlne, v druhej pol vlne je usmerňovacia dióda uzavretá.
- Dvoj cestne usmernený prúd FWDC (full wave direct current) sa používa u stacionárnych univerzálnych i automatizovaných prístrojov, prípadne i u veľkých mobilných prúdových zdrojov. Prienik vytvoreného magnetického pola zasahuje cca do dvoch tretín pod povrch. Je vhodný pre zisťovanie pod povrchových väd. Získava sa napr. mostovým zapojením usmerňovacích diód, čím dosiahneme usmernenie oboch pol vln striedavého prúdu. Nevýhodou usmernených prúdom je obťažnejšie odmagnetovanie.
- Dvoj cestné usmernený trojfázový prúd 3FWDC (three-phase full wave direct current) sa svojimi magnetovacími vlastnosťami blíži k jednosmernému prúdu z akumulátora. Získava sa mostovým usmernením trojfázového prúdu pomocou šiestich usmerňovacích diód. Fázové prúdy trojfázovej sústavy sú voči sebe fázovo posunuté o  $120^\circ$ , čím sa po ich usmernení dosiahne malého zvlnenia, iba 5%. Jeho prienik predstavuje 95% prierezu telesa, môžeme teda zachytiť i vady hlbšie pod povrchom. Využíva sa iba u výkonových mobilných prúdových zdrojov a stacionárnych prístrojov. Dá sa použiť i pre kontrolu zostatkovým poľom. Nevýhodou je obťažné odmagnetovanie výrobku.

- d) Impulzný prúd sa používa k tzv. impulznému magnetovaniu. Je to špecifický spôsob, vhodný pre kontrolu výrobku s dostatočne vysokými hodnotami remanentnej indukcie (min.  $B_r = 0,9T$ ) a koercitivity (min.  $H_c = 1$  až  $2,5$  kA/m). Takto vykonávané magnetovanie má bezpochyby niektoré výhody ako napr. ne náchylnosť k tvoreniu opálov na kontaktných miestach, nižšiu celkovú energetickú spotrebu pri magnetovaní. Vrcholové hodnoty impulzného prúdu dosahujú úroveň až 10kA, trvanie impulzu sa pohybuje v medziach 0,1 až 0,01s. Prúdový impulz získavame najčastejšie výbojom elektricky nabitého kondenzátora do záťažovej impedancie, čo môže byť magnetizačná cievka, pomocný vodič alebo samotný kontrolovaný objekt. Ako spínací prvok slúžia elektricky ovládané spínače – tyristory. [1]



### 2.3.5 Druhy detekčných prostriedkov

Detekčným prostriedkom pri magnetickej práškovej kontrole je najčastejšie feromagnetický prášok, ktorý sa používa buď suchý alebo rozptýlený vo vhodnej kvapaline. Pri automatizovanej kontrole môže byť rozptylový tok indikovaný pomocou sond. Ako použiteľné sondy prichádzajú do úvahy: vzduchová cievka, v ktorej sa pri pohybe nad rozptylovým tokom indukuje napätie, alebo feromagnetická sonda, alebo Hallová sonda. [1]

Magnetické prášky rozdeľujeme podľa tvorby indikácii a ich hodnotenia vo viditeľnom alebo ultrafialovom svetle na prášky:

- a) Prášky farebné – sú buď čierne, šedé alebo červenohnedé, v závislosti na spôsobe výroby a druhu východiskového materiálu. Východiskovým materiálom pre výrobu je čisté železo alebo jeho oxidy  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oxid železitý) alebo  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (oxid železnato-železitý).
- b) Prášky fluorescenčné: majú na povrchu feromagnetických zŕn nanesenú luminiscenčnú farbu (lumogen), ktorá pri ožiarení neviditeľným ultrafialovým svetlom žiari najčastejšie žltozelené, ojedinele modrozelené alebo oranžovo.

Ďalšie delenie indikačných prostriedkov je podľa nanášania magnetického prášku na kontrolovaný povrch. A to na:

- a) suché prášky
- b) olejové suspenzie
- c) vodné suspenzie
- d) magnetické farby
- e) polymérové prostriedky

**Vlastnosti magnetických práškov:** od dobrého magnetického prášku sa vyžaduje jednoduchá tvorba dobre viditeľných a ostro vykreslených indikácii necelistvosti. Magnetický prášok by sa teda mal, za predpokladu správneho magnetovania, presne usadiť na lokalite s vystupujúcim rozptylovým tokom a nemal by ulpiť na drobných nerovnostiach povrchu. Pre dosiahnutie kvalitnej indikácie sledujeme:

- a) Magnetické vlastnosti – prášok musí byť vyrobený z magnetický mäkkého materiálu, teda aby pri magnetizácii sa dal ľahko z magnetovať a po ukončení magnetizácie nezostal z magnetovaný.
- b) Optické vlastnosti – farba musí byť kontrastná voči pozadiu tzn. čierna, šedá a červená farba odvedie rozptylový tok mimo povrch.
- c) Veľkosť a tvar zrna prášku – veľkosť zŕn má byť o niečo väčšia než je šírka zisťovaných trhlín. Ak je veľkosť zrna príliš veľká a rozptylový tok slabý, tak tok toto zrno neudrží. Ak

je zrno naopak príliš malé, môže preniknúť do trhliny, vytvorí tak magnetický mostík.

Veľkosť zrn býva u práškov suchých 40 – 400  $\mu\text{m}$  a u práškov v suspenziách 0,1 - 20  $\mu\text{m}$ .

- d) Fluorescenčný koeficient  $\beta$  magnetického prášku – udáva intenzitu fluorescencie magnetického prášku
- e) prevádzková trvanlivosť fluorescenčného prášku – pri použití fluorescenčného prášku v magnetizačných prístrojoch s čerpadlovým núteným obehom detekčnej kvapaliny je treba počítat' s postupným znižovaním hodnoty fluorescenčného koeficientu  $\beta$ . Je to spôsobené oderom lumogenu s feromagnetických častíc následkom hydromechanického namáhania v čerpadle. [1]

### 2.3.5 Druhy magnetovacích zariadení.

Prístrojovú techniku pre vytvorenie dostatočnej vysokej intenzity magnetického poľa o hodnote 3,5 až 5 kA/m v kontrolovanom výrobku môžeme rozdeliť do troch základných skupín:

1. prenosné prístroje
  - ručné magnety
  - prenosné prúdové zdroje
2. mobilné prúdové zdroje
3. stacionárne prístroje
  - univerzálne
  - pre automatizovanú kontrolu

**Prenosné prostriedky** – ručné magnety sú malé jha (obr. 2.14), opatrené jednou alebo dvoma budiacimi cievkami, napájanými najčastejšie striedavým prúdom. Týmito magnetmi sa prevádza tzv. pólová magnetizácia. Pre jednoduché prispôsobenie jha zakriveniu skúšaného povrchu sú vybavované rôznymi typmi pohyblivých pólových nástavcov alebo nadstavcov s úkosom 45° pre skúšanie kútových zvarov. Pretože ručné magnety nebývajú vybavené meradlom prúdu, ich funkcia sa kontroluje pomocou závažia z feromagnetického materiálu, ktoré musí zdvihnúť. [1]



Obr. 2.14 Jho - Ručný magnet PTS MagMAX-130

<http://www.ptsndt.com>

Zvláštnym typom ručných magnetov sú jha s permanentnými magnetmi. Najjednoduchším zariadením toho to typu je jho tvorené oceľovým lanom, na ktorého koncoch sú valcovité permanentné magnety. Nevýhodou ručných magnetov s permanentnými magnetmi je pomerne nízka intenzita magnetického poľa a veľká námaha, ktorú musí obsluha vynakladať pri odtrhovaní magnetu od kontrolovaného povrchu. [1]

**Mobilné prúdové zdroje** – sú výkonnejšou obdobou prenosných prúdových zdrojov. Vyrábajú sa pre magnetovacie prúdy od 4000 do 10000A, ich hmotnosť sa pohybuje od 100 do 700 kg. K regulácii prúdu sa používa tyristorová regulácia. Môžu poskytovať striedavé, jednosmerné alebo impulzné magnetovanie. [1]



Obr. 2.15 Mobilný magnetizačný zdroj ZP - 1000 AC

<http://www.ptsndt.com>

**Stacionárny prístroje – univerzálne** – sú to zariadenia určené pre sériovú prevádzkovú kontrolu s kompletným vybavením pre skúšanie magnetickou metódou práškovou. Obsahujú tieto časti:

- zariadenie pre cirkulárnu magnetizáciu
- zariadenie pre pólovú magnetizáciu
- upínacie zariadenie
- čerpadlo detekčnej tekutiny a zariadenie pre polievanie
- vaňu pre zachycovanie detekčnej tekutiny
- osvetľovacie zariadenie



Obr. 2.16 Stacionárny magnetovací stůl INKAR MAS 500P

<http://www.ptsndt.com>

Automatizované přístroje – sú to jednoúčelové zariadenia pre hromadnú kontrolu rovnakých alebo tvarovo len málo odlišných súčasti. Sú skonštruované s vysokým stupňom mechanizácie a automatizácie, takže konečná úloha defektoskopického pracovníka sa omeďuje väčšinou len na konečné vizuálne hodnotenie indikácie. [1]

Automaty sa rozlišujú podľa spôsobu dopravy skúšanej súčasti na:

- pásové
- krokovacie
- s otočným kruhovým stolom

### 2.3.6 Skúšobný postup a hodnotenie výsledkov

**Skúšobný postup** pri kontrole magnetickou metódou práškovou sa skladá z týchto hlavných operácií:

- úprava povrchu pre skúšku
- magnetizácia kontrolovaného výrobku
- vyvolanie indikácie (nanášanie indikačného prostriedku)
- vyhodnotenie indikácie
- odmagnetovanie

Na kvalite povrchu priamo závisí citlivosť metódy. Pre citlivú indikáciu malých trhliniek musí byť povrch kovovo čistý, zbavený nečistôt, mastnoty a okuj a bez ostrých rýh. Skúškami prevádzanými na povrchu z okujenom, zhrdzavenom, znečistenom alebo natrenom farbou sa dajú zistiť iba hrubšie necelistvosti. Predmety pozinkované, kadmiované, chromované alebo s inou vrstvou na povrchu sa pripúšťajú ku kontrole iba vtedy, keď hrúbka vrstvy nepresahuje v skúšanom mieste 20 až 30 $\mu$ m. Pri väčšej hrúbke klesá rozpoznateľnosť zavad. Pri použití suchého prášku a olejovej suspenzie nesmie byť povrch vlhký. Indikačný prostriedok musí byť kontrastný voči skúšanému povrchu, kontrast je možné zlepšiť tenkým náterom povrchu špeciálnou bielou farbou. Pri skúšaní zvarov je nutné povrch očistiť a odstrániť rozstreky nie len na zvare, ale aj v tepelne ovplyvnenej zóne. [1]

### Hodnotenie výsledku

proces vyhodnotenia skúšky môžeme rozdeliť do dvoch základných krokov:

- inšpekcia tzn. vyhľadávanie indikácii, spravidla hneď po ukončení magnetizácie a nanosenie indikačného prostriedku. Pracovné podmienky pri inšpekcii sú predpísané normou. Týkajú sa predpísaného osvetlenia (min. 500 Lx) u detekčných prostriedkov bez luminoforov, max. 20 Lx v zatemnenom priestore pri fluorescenčných indikačných suspenziách, času adaptácie oka operátora na zatemnenú prevádzku. Operátor musí preukázať zrakovú spôsobilosť.
- Interpretácia indikácii tzn. rozhodnutie o tom či nájdená indikácia odpovedá vadám a to buď prípustným, alebo neprípustným, alebo sa jedná o irelevantné indikácie. Irelevantné indikácie môžu vzniknúť všade tam, kde sa vyskytne magnetický rozptylový tok, pri čom nejde o rozptylový tok nad necelistvosťou. Tieto indikácie sa niekedy nazývajú „nepravé“. Príčinou vzniku „nepravých“ indikácii môže byť: náhla zmena magnetických vlastností, náhla zmena prierezu, zmena štruktúry materiálu, nadmerná intenzita magnetizácie súčasti, zachytenie nečistôt na povrchu.

Mnoho nepravých indikácii zmizne po demagnetizácii kontrolovaného objektu a pri opakovanej skúške sa už neobjavia. V opačnom prípade je možné indikáciu overiť inou metódou. [1]

## 2.4 Metoda prežarováním [1,3]

Existuje mnoho metód nedeštruktívneho skúšania, ale iba niektoré z nich je možné využiť pre skúšanie vzorkou alebo hotových výrobkov v celom ich objeme – z hľadiska výskytu tzv. objemových (vnútorných) vad. Jednou z metód vhodných na ich lokalizáciu a kvantifikáciu je kontrola prežiarením.

Kontrola prežiarením (RT) je jednou z najvýznamnejších metód nedeštruktívneho skúšania a jej cieľom je odhalenie vnútorných vad takmer pre všetky druhy materiálov. Ide hlavne o vady typu pórov, vnútorných trhlín, bublín, neprevarov, rozličných geometrických odchýliek atd.. [1]

#### 2.4.1 Princíp prežarovanej metódy

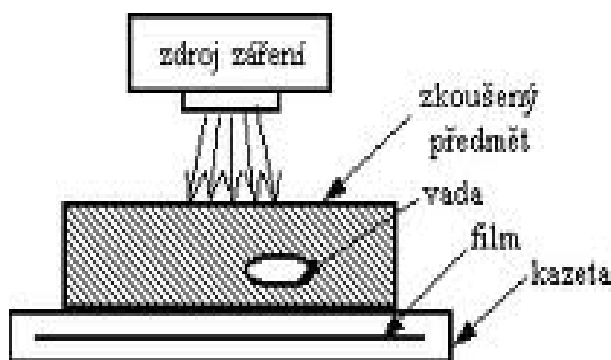
Priemyslová rádiológia využíva pre nedeštruktívne skúšanie materiálov röntgenové žiarenie, gama žiarenie alebo tok neutrónov.

Princíp tejto metódy spočíva v prežarovaní materiálu jedným z uvedených typov žiarenia a v následnom zviditeľnení prejdeho zoslabeného žiarenia pomocou vhodného detektoru intenzity žiarenia, ktorý je umiestnený za skúšaným materiálom. Zoslabenie intenzity žiarenia závisí na hustote materiálu a na jeho hrúbke. Ak je hrúbka skúšaného materiálu zoslabená v smere žiarenia vadou o určitej veľkosti a vhodnej orientácii, dopadne v priemete vady na použitý detektor žiarenia o väčšej intenzite než v ostatných častiach. Vytvára sa reliéf intenzity (reliéf kontrastu), z ktorého je možné usudzovať typové a rozmerové charakteristiky vad. [1]

V závislosti na použítom detektore žiarenia sa vada zobrazí buď ako tmavšia škvrna na svetlejšom pozadí (pri použití radiografického filmu) alebo ako svetlejší bod na tmavšom pozadí (pri zobrazení na obrazovke monitoru).

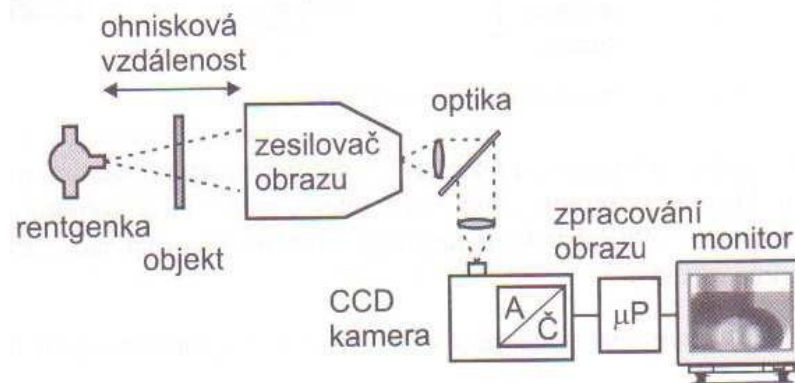
Podľa druhu použitého detektoru žiarenia sa rádiologické metódy delia na:

- a) **radiografická metóda** – najpoužívanější metóda, kde prechádzajúce žiarenie kontrolovaným materiálom je zachytené na špeciálny radiografický film (obr. 2.17). Pôsobením žiarenia vzniká v citlivej vrstve filmu latentný (neviditeľný) obraz. Následným fotochemickým spracovaním filmu sa získa viditeľný negatívny obraz (rádiogram), ktorý je možno prehliadať presvetľovaním pomocou tzv. negatoskopom. V súčasnej dobe sa začína využívať digitálna radiografia s použitím pamäťových fólií. Tieto fólie sú uložené v kazetách a používajú sa obdobne ako röntgenové filmy. [1]



Obr. 2.17 Schéma radiografie

- b) **radioskopická metoda** – princípom tejto metódy je zobrazenie žiarenia prejdeneho skúšaným materiálom na fluorescenčnom tienítku alebo na obrazovke monitoru (röntgeno - televízny systém). Röntgenotelevízny systém ( obr.2.18) využíva detektory žiarenia, ktoré prevádzajú dopadajúce žiarenie na elektrický alebo optický signál. Signál je zosilený a po analógovo – číslicovom prevode ďalej číslicovo spracovaný a zobrazený na monitore.[1]



Obr. 2.18 - Röntgenotelevízny systém

- c) **radiometrická metoda** – pri radiometrickej meracej metóde sa nezíska obraz reliéfu žiarenia ako u predchádzajúcich spôsobov, ale sa merajú lokálne zmeny intenzity žiarenia, ktoré prejde iba určitou časťou skúšaného materiálu. K detekcii prejdeneho žiarenia sa používajú špeciálne dozimetrické prístroje, ktoré sú citlivé na zmeny intenzity prenikavého žiarenia. Radiometrická metoda sa používa i pre meranie hrúbky materiálu. [1]

#### 2.4.2 Vznik röntgenového žiarenia a gama žiarenia

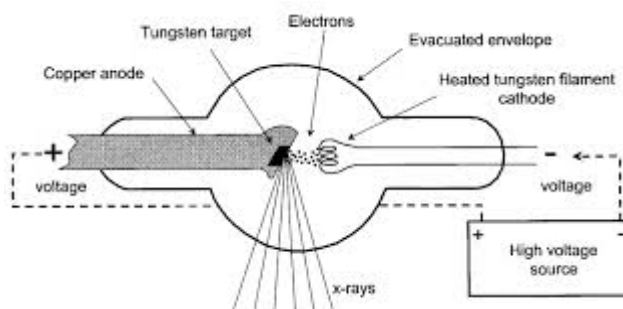
**Röntgenové žiarenia** je ionizujúce elektromagnetické žiarenie, prúd fotónov s energiou rádovo desiatok až stoviek keV. Vzniká pri náhlom zabrzdení elektrónov s vysokou energiou nárazu na kovový terčik vo vákuovanej trubici. Typické rozmedzie vlnových dĺžok je cca  $10^{-12}$  až  $10^{-8}$  m. Prirodzenými zdrojmi sú hlavne hviezdy. Umelo možno röntgenové žiarenie získať v röntgenovej trubici, dopadom urýchlených elektrónov na anódu röntgenky, tak zvané primárne röntgenové žiarenie. Ožarovaním látok primárnym žiarením X je budené tak zvané sekundárne röntgenové žiarenie. [1]

**Vlastnosti röntgenového žiarenia** – röntgenové žiarenie je ionizujúcim žiarením, jeho pôsobením sa v hmote uvoľňujú elektróny, je neviditeľné a šíri sa priamočiario, paprsky žiarenia sa nedajú vychyľovať pomocou šošoviek alebo hranolov, ich dráhu však možno odkloniť kryštalickou mriežkou (difrakciou), prechádza hmotou a pri prechode je ňou čiastočne absorbovaná, spôsobuje

druhotné žiarenie látok v optickom obore, spôsobuje sčernenie fotografickej emulzie, ovplyvňuje živú i neživú hmotu.

**Zdroje röntgenového žiarenia** sú najčastejšie röntgenky. Základom je samotná röntgenová lampa.

Moderné röntgeny sú obvykle vákuované kovovo–keramické trubice, ktoré sú zložené z anódy a katódy. Urýchlenie elektrónov je zabezpečené pripojením vysokého napätia 10 až 10000kV medzi katódu a anódu. Vysoká teplota katódy umožňuje termoemisiu elektrónov, ktoré sú privádzaním napätím vysoko urýchľované a dopadajú na anódu. Tam prudko strácajú svoju kinetickú energiu, z ktorej sa 0,1% mení na energiu emitovaných fotónov röntgenového žiarenia a 99,9% na teplo. Anóda musí byť intenzívne chladená vodou alebo rotáciou, pri ktorej sa neustále mení miesto dopadu elektrónového zväzku. Na anóde je umiestnený terčik obvykle z wolframu alebo platiny. Zabrzdením urýchlených elektrónov na povrchu terčika vzniká röntgenové žiarenie rôznych vlnových dĺžok. Preto má žiarenie vznikajúce v röntgenke spojité spektrum energie podobné ako spektrum viditeľné. Intenzita röntgenového žiarenia závisí od počtu elektrónov dopadajúcich na anódu a možno ju meniť nastavením veľkosti elektrického prúdu pretekajúceho röntgenkou (obr. 2.19).[1]



Obr. 2.19 Röntgenová lampa

**Žiarenie gama** – žiarenie gama je elektromagnetické žiarenie s rovnakou fyzikálnou podstatou ako žiarenie X. Má podobné vlastnosti, ale nie je generované v elektrických prístrojoch. Gama paprsky vznikajú pri dopade jadier atómu v rádioaktívnych látkach. Energiu gama žiarenia emitovanou niektorou rádioaktívnou látkou, nie je možné riadiť, pretože jeho energia je závislá hlavne na pôvode rádioaktívneho zdroja. Podobne ako žiarenie X sa prechodom cez materiál čiastočne absorbuje, a preto je vhodné na vytvorenie radiografického žiarenia. Žiarenie gama sa obvykle skladá z niekoľkých izolovaných vlnových dĺžok, ide o čiarové spektrum určitého rádioizotopu. Môže byť s jednou vlnovou dĺžkou (napr. Cesium 137), s niekoľkými čiarami (napr. Ir 192) alebo sa prekrýva so spojitým spektrom (napr. Thulium 170).



Zdrojom žiarenia gama sú rozpady rádioaktívnych jadier. Energiu röntgenového žiarenia a jeho intenzitu možno v röntgenovom prístroji v určitom rozsahu regulovať, pri zdrojoch žiarenia gama takáto možnosť neexistuje. Väčšina technických zdrojov je vyrobená umelo a najčastejšie používané rádioizotopy sú CO-60 a Ir-192. Z hľadiska bezpečnosti ich aplikácie sú kontaktované rôzne ochranné kryty (obr. 2.21) na odtienenie žiaričov v čase, keď sa neprežaruje.[2]



Obr. 2.20 Ochranný kryt rádioizotopu Ir 192

### 2.4.3 Teória radiografického kontrastu

Röntgenové a gama žiarenie môže prenikať materiálom. Pri prenikaní sa zoslabuje intenzita. Veľkosť zoslabenia bude tým väčšie čím žiarenie preniká hustejším materiálom o väčšej hrúbke. Princíp radiografie spočíva v detekcii rozdielne veľkých intenzít spôsobených rozdielnou hrúbkou stien výrobku alebo vnútornou vadou v prežarovanom materiály. [1]

**Definícia: zoslabenie žiarenia predstavuje znižovanie jeho intenzity pri prenikaní materiálom**

Rozdiely v intenzitách vystupujúcich z prežarovaného výrobku sú v praxi najlepšie detegované vtedy keď je k prežarovaniu použitá optimálna energia žiarenia pre daný materiál a jeho hrúbku steny. Voľba optimálnej energie je jedným z najdôležitejších požiadaviek pri stanovení podmienok prežarovania. [1]

**Primárne a rozptýlené žiarenie** – pri prenikaní ionizujúceho žiarenia kontrolovaným výrobkom sa len časť ionizujúceho žiarenia dostane cez výrobok priamočiaro, nazýva sa primárne žiarenie. Druhá časť je materiálom výrobku odchýlená od priameho smeru, a nazýva sa žiarenie rozptýlené.

Vada na rádiogramu je zobrazená len primárnym zväzkom žiarenia. Rozptýlené žiarenie potom pôsobí vždy ako „rušivé pozadie“, pretože nemôže vadu vo výrobku zobrazit'. Preto sa primárnemu žiareniu hovorí „žiarenie registrujúce obraz“ a rozptýlenému žiareniu „žiarenie neregistrujúce

obraz“. V priemyslovej radiografii sa teda snažíme, aby primárne žiarenie dopadlo na detektor žiarenia čo najviac a rozptýleného žiarenia čo najmenej. Preto sa používajú kovové filtri rozptýleného žiarenia polohované medzi výrobkom a filmom. [1]

Predmetný (subjektívny) kontrast žiarenia - rozdelenie intenzity žiarenia za vzorkou závisí na zoslabení primárneho žiarenia, na veľkosti rozptýleného žiarenia a rozdieloch hrúbok stien v prežarovanom výrobku.

Z uvedeného je možné odvodiť závery pre voľbu optimálnej energie žiarenia, ktorá je prvým krokom pri stanovení podmienok prežarovania. [1]

- Pri malých hrúbkach stien sa používa Ir 192 (pod 10-20mm oceli) a Co 60 (pod cca 40mm oceli) ne doporučuje
- Nad 80mm oceli by sa nemalo používať konvenčné röntgenové žiarenia
- Pod cca 100 kV röntgenového žiarenia a pri tenkých stenách resp. u málo absorbujúcich materiálu (napr. hliníkové zliatiny)

#### 2.4.4 Vlastnosti filmu a typy filmu

Vlastnosti filmu sú znázornené charakteristickou krivkou alebo krivkou sčernenia. Ako charakteristická krivka sa označuje diagram, v ktorom je vynesené sčernenie filmu proti logaritmu relatívnej intenzity ožiarenia. Býva uvedená v prospektoch a katalógoch výrobcov radiografických filmov.

**Citlivosť filmu** je definovaná ako dávka, ktorú potrebuje film k dosiahnutiu sčernenia = 1. Iná definícia: ak vykonáme predĺženie priamkovej časti charakteristickej krivky sčernenia tak, aby došlo k pretnutiu vodorovnej osy x, je potom citlivosť filmu vyjadrená odpočtom hodnoty ožiarenia. V USA je tento spôsob označovaný ako rýchlosť filmu. [1]

Rôzne citlivé filmy vyžadujú rôznu dĺžku dobu expozície, aby pri daných podmienkach a rovnakom druhu žiarenia reagovali určitou hodnotou sčernenia.

Podľa granulácie (zrnitosti) filmu je citlivosť rôzna a tým i priebeh krivky sčernenia rozdielne. Hrubo-zrnné filmy majú najväčšiu citlivosť, zatiaľ čo najmenšiu citlivosť majú filmy jemnozrnné. Tvar krivky sčernenia zostávajú zhruba rovnaké.

Gradácia – stúpanie krivky sčernenia sa označuje ako gradácia alebo gradient. Čím je priebeh krivky sčernenia strmší, tým je určitá hrúbková zmena (alebo vada) zobrazená na filme vo vyššej hodnote kontrastu.

Výber typu filmu – rôzni výrobcovia priemyslových filmov vyrába v zásade štyri typy filmov pod rôznym označením.

V amerických normách a predpisoch najme podľa ASTM E-49 sa filmy rozdeľujú iným spôsobom (podľa svojich vlastností vid tab. 2.1)

Tab. 2.1 Typy filmov podľa ASTM-49 [1]

Typ filmu	Citlivosť	Kontrast	Zrornosť
1	nízka	veľmi vysoký	veľmi jemná
2	stredná	vysoký	jemná
3	Vysoká	stredný	hrubá
4A	veľmi vysoká	veľmi vysoký /A/	veľmi hrubá /B/

Podľa ASTM E-945 alebo DIN 5411, ale i podľa ČSN EN 444, je výber filmov závislý na:

- materiály
- hrúbke
- energii žiarenia

## 2.4.5 Spracovanie filmov a prehliadanie

### 2.4.5.1 Ručné vyvolávanie filmov

Ručné vyvolávanie sa prevádza v temných komorách. Existujú temné komory rôznych prevedení a veľkosti. V zásade ale majú byť vždy dve oddelené pracovné priestory, a to na časť suchú a mokrá.

Osvetlenie komory musí byť neaktinické, to znamená, že sa používajú vhodné filtri ktorých svetelné spektrum nepôsobí na röntgenový film. V radiografickej praxi sa osvedčilo rubínové svetlo. Zvláštnu pozornosť je treba venovať pri nabíjaní filmových kaziet. [1]

Vyvolávanie – emulzná vrstva filmu je tvorená zrnami AgBr. Ak sú tieto zrna osvetlené stanú sa pre oko viditeľné, po vyvolaní ako „čierne“.

Pred vyvolaním nie je na filme nič vidieť, je tam iba latentný obraz, vytvorený ožiarením. Jeho reálne zviditeľnenie zaistí proces vyvolania, pri ktorom sa ionizované kryštály AgBr premenia v kovové striebro. Pri vyvolaní s čierne vždy celé zrno. Hodnota sčernenia filmu potom závisí na počte osvetlených a vyvolaných zrn.

Pri vyvolávaní sa najprv film ponorí do vývojky, potom nasleduje prerušovacia kúpeľ, nasleduje ustaľovanie a na koniec pranie a usušenie.

Vývojka je kombinácia viacerých chemikálií, ktoré v podstate obsahuje akcelerátor a redukčný prostriedok. Akcelerátor odstráni ochrannú vrstvu, prevlhčí želatínu a tvorí zásaditý roztok

vývojky. Redukčný prostriedok redukuje AgBr na Ag. Pritom rozlišuje ožiarené a neožiarené zrno AgBr. Prednostne redukuje ožiarené zrna. Pokiaľ film zostane dlho vo vývojke začínajú sa redukovať i zrna neožiarené. Tým sa tvorí závoj na filmu, znižuje sa kontrast. Čas a teplota vývojky sú najdôležitejšie parametre vyvolávacieho procesu. Tieto údaje sú serióznym výrobcom filmu vždy uvádzané. Normálne teploty sú 20°C a čas 5 minút. Ak stúpa teplota kúpeľa, stúpa i vyvolávacia schopnosť alkalického média. Preto bude mať film vyvolaný pri 25°C a 5 minútach väčšie sčernenie, než film vyvolaný pri 20°C. [1]

**Vývojka** sa časom vyčerpá, pričom záleží na celkovej ploche filmu ktorý bol vyvolaný. Kontrola vyvolávacích schopností sa prevádza prehliadnutím kontrolných prúžkov na negatoskopu, nasledujúcim postupom:

- film v kazete sa na exponuje
- po expozícii sa rozstrihá na prúžky
- prúžky sa svetlo tesne zabalia, jeden sa vyvolá
- po vopred stanovenej dobe slúžia ostatné prúžky ako kontrolné – porovnávacie

**Prerušovacia kúpeľ** – po vybratí filmu z vývojky, zostáva malé množstvo alkálií vo filme. Prerušovaná kúpeľ má dve úlohy:

- zastaviť účinok vyvolávacích látok neutralizáciu
- odstrániť alkálie pred ustáľovaním a chrániť ustáľovač

Ustáľovanie – ustáľovač fixuje obraz v želatíne filmu. Pri vyvolávaní vznikajú zrna striebra z osvetleného zrna bromidu strieborného. Neosvetlené zrna bromidu strieborného nachádzajúce sa ešte v emulzii sú ustáľovačom rozpustené a film sa stáva v týchto miestach priehľadným.

Ustáľovač má teda dve funkcie:

- spriehľadnenie – rozpustenie neosvetlených zrn AgBr. Čas ustáľovania je cca dvojnásobok doby spriehľadnenia. Dlhší čas sa nedoporučuje.
- vytvrdenie – rovnomerné vytvrdenie želatínovej vrstvy aby sa zabránilo poškrabaniu filmu pri ďalších operáciách

**Pranie** – prevádza sa po predchádzajúcich chemických operáciách v tečúcej vode. Po praní nasleduje spravidla oplach pre odstránenie škvŕn od nečistej vody a záverom sušenie filmu. [1]

#### 2.4.5.2 Automatické vyvolávanie filmov.

Pri väčšom množstve rádiogramov je výhodnejšie automatické vyvolávanie filmov. Má prednosť predovšetkým v tom, že výsledky vyvolávania sú pri porovnaní s ručným spracovaním rovnomernejšie.

Film prechádza radom valčekov koncentrovanými kúpeľmi pri teplote  $25 \div 30^{\circ}\text{C}$  a vychádza z vyvolávacieho automatu už usušený. Pri automatickom vyvolávaní je najdôležitejšie kontrolovať koncentráciu kúpeľov, teplotu a rýchlosť pohybu filmu v zariadení. [1]

### **Vady snímkou**

Pri spracovaní filmov neopatrnosťou a nedodržaním podmienok môžu vzniknúť vady filmu. V podstate sú to nehomogenity v obraze rádiogramu, ktoré môžu byť ako artefakty mylné vyhodnotenú ako vady. [1]

Najčastejšou vadou sú prachové častice, nečistoty spôsobené nedostatočným uprataním temnej komory a nevyhovujúcou ochrannou kúpeľou. Medzi typické vady filmu patria tlakové značky, nechty, výboje atd.

### **Prezeranie rádiogramov**

Prehliadka filmov má zabezpečiť skutočnosť, že podmienky pre zhotovenie rádiogramu boli optimálne a rádiogram reprezentujúci skúšaný výrobok môže byť použitý k vyhodnoteniu kvality prežiareného výrobku. Prehliadka sa zameriava na zistenie prípadných vad zobrazených na filme spôsobených negatívnym procesom a nesprávnymi podmienkami prežarovania.

Pred vyhodnotením rádiogramu je potrebné overiť:

- či je na rádiogramu zobrazený predpísaný rozsah výrobku
- či boli dodržané podmienky prežarovania
- či sa nevyskytli vady negatívneho procesu
- či má rádiogram predpísané zčernanie
- či má rádiogram požadovanú kvalitu

**Operátor v stupni II má právo pri nedodržaní niektorých z týchto podmienok nariadiť opakovanie kontroly prežiarením a vyhotovenie nového snímku. [1]**

### **2.4.6 Zistiteľnosť vad na rádiograme**

Definícia vady: v prežarovaní sa pod pojmom vada rozumejú všetky necelistvosti nachádzajúce sa v kontrolovanej oblasti výrobku, vrátane necelistvosti ležiacich na povrchu. Ide o defekty, ktoré môžu byť podľa svojej charakteristiky klasifikované ako vady priestorové alebo plošné. Prežarovanie je nedeštruktívna kontrola objemová, na rozdiel od kapilárnej alebo magnetickej metódy.

Na rádiograme je vada zviditeľnená ako dvojrozmerný útvar, ktorý sa odlišuje svojou optickou hustotou od svojho okolia. Zo skutočnosti, že vyhodnocovanie obrazu vad je prevádzané

subjektívne zrakom hodnotiteľa, môžeme k popisu základných parametrov obrazu vad na rádiogramu použiť nasledujúce tri kritéria ich zistiteľnosti. [1]

Zistiteľnosť danej vady bude lepšie, ak:

- a) Zviditeľnený rozdiel intenzity žiarenia prejdeného v mieste vady a jeho okolia bude väčší
- b) Rozhranie obrazu vady a jeho okolia bude ostré
- c) Zrornosť filmu bude menšia

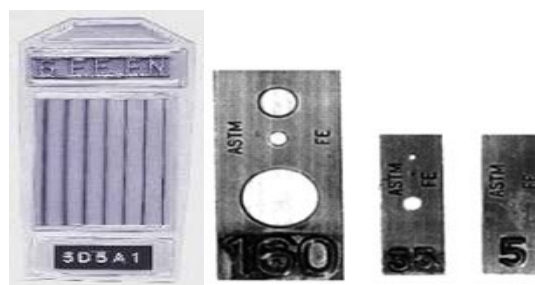
Rozlišovacia schopnosť akéhosi systému zobrazenia sa udáva počtom párov čiar (čierny a biela) na dĺžkovú jednotku. [1]

Radiografické mierky. Rádiogram, na ktorého základe sa hodnotí kvalita skúšaného výrobku, musí byť zhotovený pri dodržaní určitých, v predpisoch uvádzaných podmienkach prežarovania. Tieto podmienky vychádzajú z výpočtov, skúsenosti a ich dodržiavanie je nutné v praxi kontrolovať. Ten pracovník, ktorý na záver rádiogram vyhodnocuje, musí mať istotu, že bola dodržaná predpísaná citlivosť (kvalita) metódy. V začiatkoch radiografie sa citlivosť metódy určovala z rádiogramu na podklade obrazu umelých vad. Neskôr, najmä s rozvojom lomové mechaniky, sa objavil pojem radiografická citlivosť, v stanovení najmenej zistiteľnej vady.

Schopnosť detekcie vady je závislá nie len na parametroch prežarovania, ale i na veľkosti, polohe, typu a geometrii vady. V princípe by bolo nutné pre každý kontrolovaný diel vyhotoviť typické vady a prežarovať ich spolu s výrobkom. Pri predstave koľko existuje druhov a typov vad, veľkosti a možnosti ich geometrickej a polohovej konfigurácie, by nebolo toto riešenie jednoduché. Preto sa do predpisov zaviedol pojem radiografická mierka – penetrometer, alebo označenie IQI alebo BPK. Ktoré reprezentujú iba jednu typickú vadu.

Aby obraz mierky vyjadroval dodržanie parametrov prežarovania, musí byť mierka a prežarovaný výrobok pokiaľ možno z rovnakého materiálu.

Mierky rozdeľujeme do troch najpoužívanejších typov, a to mierky drôťkové, otvorové (obr. 2.22) a stupienkové. [1]



Obr. 2.21. Drôťová a otvorové mierky

### 2.4.7 Vyhodnotenie radiogramu

Vyhodnotenie radiogramu sa skladá zo štyroch pracovných krokov:

- prehliadka radiogramu
- výklad
- klasifikacia
- posudenie

## 2.5 Ultrazvuková metoda (UT)

Ultrazvuková metoda patrí medzi najvýznamnejšie nedeštruktívne skúšky a slúži k zisťovaniu vnútorných neceľstivosti. Tato metóda umožňuje nielen zisťovanie prítomnosti vady, ale určuje i jej polohu a veľkosť. Výhodou metódy je veľká citlivosť na vnútorné neceľstivosti, možnosť testovania väčšiny materiálov, minimálna príprava skúšaného objektu, okamžité výsledky skúšky. Medzi nevýhody patria nutnosť zaistenia hladkého povrchu pre umiestnenie sondy, citlivosť metódy je závislá na orientácii vady voči ultrazvukovej vlne, požiadavky veľkej skúsenosti pre nastavenie ultrazvukového prístroja a vyhodnocovania výsledkov. [1, 5]

Ultrazvuk je jednou zo základných metód nedeštruktívneho skúšania. Ultrazvuková metóda umožňuje zistiť prítomnosť vnútorných vad materiálov, a to i vo veľkej hĺbke pod povrchom. UT metóda ma najväčší dosah zo všetkých NDT metód. Je využívaná predovšetkým pre skúšanie tvárnených polotovarov (plechy, výkovky, tyče,...), zvarov a odliatkov. Uplatňuje sa však významne i pri skúšaní rôznych typov nekovových materiálov, ako sú niektoré typy plastov a kompozitov. Výhodou tejto metódy je možnosť automatizácie procesu kontroly, predovšetkým u polotovarov jednoduchého tvaru (trubky, plechy, tyče apod.). Okrem vnútorných vad typu trhlín, dvojivosti, dutín apod. je možné zisťovať i vady povrchové. Medzi ďalšie výhody patrí napr. okamžité zobrazenie výsledkov skúšky.

### 2.5.1 Princíp ultrazvukových skúšok

Ultrazvukové skúšky sú založené na šírenie akustického vlnenia skúšaným objektom a registrácii jeho zmien, vyvolaných v skúšanom prostredí jeho interakcii na rozhraní medzi dvoma prostrediami, ktoré majú rozdielne akustické vlastnosti, tj. homogénnym prostredím a nehomogenitou (vadou). Princíp ultrazvukovej metódy využíva skutočnosť, že pevné materiály (kovové i nekovové) sú dobrými vodičmi zvukových vln. Ultrazvukové vlny vyslané do materiálu

sa odrážajú od každého rozhrania, a teda i od vnútorných vad (ne homogenít). Čím vyššia je frekvencia vlnenia, tým menšie vady je možné detegovať. Pre skúšanie sa využívajú frekvencie od 0,5 MHz do 25 MHz. Skúšanie materiálov pomocou ultrazvuku sa neustále vyvíjajú. Zdokonaľujú sa jednak metódy už zavedené, či už ide o použitie napríklad digitálnych prístrojov, prepojenie skúšobného prístroja priamo s počítačom a následné vyhodnotenie, alebo použitie špeciálnych sond. Objavujú sa ale i celkom nové prístupy k skúšaniam.

Jedným z nových prístupov k skúšaniam materiálov ultrazvukom je technika PHASED ARRAY. Metóda je založená na použití sady meničov a elektronike, ktorá "tvorí" zväzok. Sonda phased array je zložená zo sústavy miniatúrnych piezoelektrických meničov, pričom riadiacou elektronikou je ovládaný každý menič zvlášť, takže je možné formovať tvar zväzku. Výstupom z riadiacej elektroniky je štandardný signál ekvivalentný k A-zobrazeniu.

Medzi výhody tejto techniky patrí možnosť vygenerovať meniteľný uhol zväzku iba jednou sondou a tým pokryť oveľa väčšiu oblasť skúšaného predmetu bez posuvu sondy. Tým sa zlepšuje priestorové rozlíšenie a hodnotenie vad je presnejšie.

### 2.5.2 Fyzikálne základy

Podstatou akustických metód sú obecné akustické vlny, čo sú elastické kmity častíc prostredia. Vplyvom súdržných síl pôsobiacich medzi časticami sa postupne tento pohyb prenáša z jednej častice na všetky okolité častice, čo sa navonok prejavuje ako vlna (vlnenie), ktoré sa šíri priestorom určitou rýchlosťou, závislou na mechanických vlastnostiach prostredia.

Hlavnou charakteristickou veličinou vlnenia je dĺžka vlny  $\lambda$ . Je to vzdialenosť, ktorú urazí vlna za dobu jednej periódy  $T$  [1].

$$\lambda = c \cdot T = c / f$$

kde:  $\lambda$  - je vlnová dĺžka

$C$  - je rýchlosť šírenia vln

$T$  - je perióda (doba kmitu)

$F$  - je frekvencia

$T$  - perióda,  $U$  - amplitúda,  $t$  - čas,  $\varphi$  - fázový uhol,  $\omega$  - uhlová rýchlosť

Ultrazvuk je kmitavý pohyb častíc prostredím okolo ich rovnovážnych polôh, ktorých frekvencia (kmitočet) je vyššia než 20 kHz. Kmitočtová hranica počuteľnosti zvuku leží v rozmedzí od 16 Hz do 20 kHz. Pod kmitočtovou hranicou 16 Hz sa jedná o infrazvuk. Pre účely nedeštruktívneho skúšania sa využíva ultrazvuk vo frekvenčnom rozsahu od 100 kHz do 50 MHz. Pre skúšanie



materiálu ultrazvukom je podstatný akustický tlak  $p$ , ktorý vyvoláva vlnenie v prostredí a je úmerný elektrickému napätiu na elektródach piezoelektrickej sondy. [1]

$$p = z \cdot v$$

kde:  $p$  – je akustický tlak

$z$  – je akustická impedancia prostredia

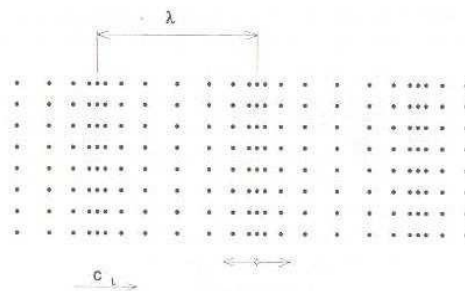
$v$  – je rýchlosť kmitania častíc okolo ich rovnovážnej polohy

### 2.5.3 Druhy ultrazvukových vln [1]

Podľa spôsobu, akým častice prostredia kmitajú vzhľadom k smeru šírenia ultrazvukovej vlny sa môžu v pevných látkach šíriť ultrazvukové vlny v štyroch základných režimoch:

#### 1. Pozdĺžne (longitudinálne) ultrazvukové vlny

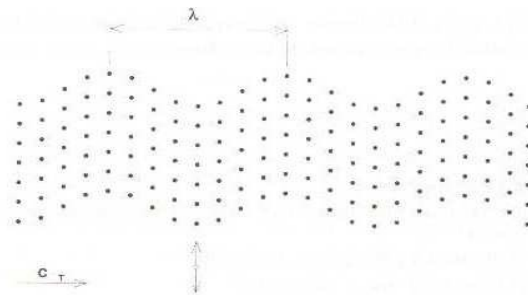
U pozdĺžnych ultrazvukových vln kmitajú častice prostredia v smere šírenia vlny (obr. 2.19). Tieto vlny sa môžu šíriť pevným, kvapalným i plynným prostredím. Rýchlosť šírenia pozdĺžnych vln sa označuje  $c_L$ .



Obr. 2.22 – pozdĺžne vlny [1]

#### 2. Priechne (transverzálne) ultrazvukové vlny

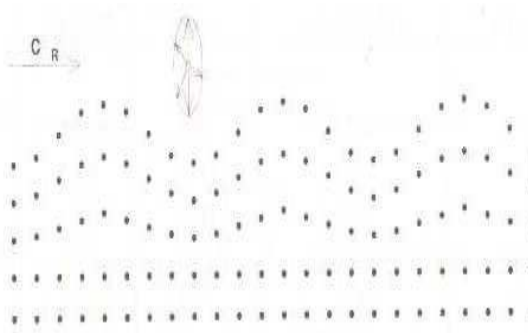
U priečných ultrazvukových vln kmitajú častice prostredia kolmo na smer šírenia vln (obr.2.20). Tieto vlny sa môžu šíriť iba prostredím, ktoré umožňuje prenášať šmykové sily, teda iba tuhými látkami. Rýchlosť šírenia priečnej vlny sa označuje  $c_T$  a jej hodnota je vždy menšia než rýchlosť pozdĺžnej vlny.



Obr. 2.23 Priečne vlny [1]

### 3. Povrchové (Rayleighové) ultrazvukové vlny

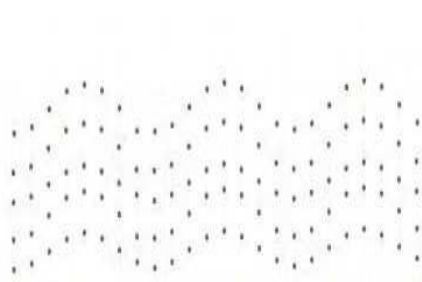
U povrchových vln kmitajú častice prostredia po eliptickej dráhe (obr. 2.21). Tieto vlny sa šíria na povrchu a tesne pod ním a to do hĺbky jednej vlnovej dĺžky. Rýchlosť šírenia povrchovej vlny sa označuje  $c_R$  a jej hodnota je 0,8 až 0,9 krát menšia než rýchlosť pozdĺžnej vlny.



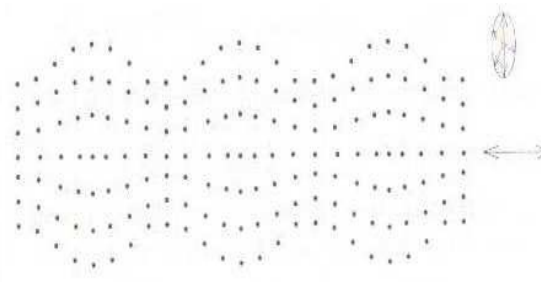
Obr. 2.24 Povrchové vlny [1]

### 4. Doskové (Lambové) ultrazvukové vlny

V materiáloch ktorých hrúbka je zrovnateľná s dĺžkou vlny, môžu vznikajú tzv. doskové vlny. Rozlišujú sa na doskové vlny ohybové (obr.2.22) a dilatačné (obr. 2.23). U oboch druhov vln kmitajú častice na povrchu rovnako ako u povrchových vln. Rozdielne je kmitanie častíc v strede hrúbky. Pri ohybových vlnách kmitajú ako u priečných vln, ale u dilatačných ako u vln pozdĺžnych.



Obr. 2.25 Doskové ( ohybové) vlny [1]



Obr. 2.26 Doskové (dilatační) vlny [1]

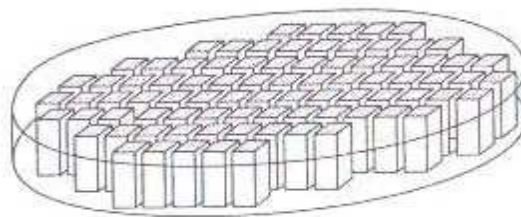
### 2.5.4 Zdroje ultrazvuku

Zdroje, ktoré do skúšaného materiálu vysielajú ultrazvukové vlnenie, sú ultrazvukové sondy. Jedná sa o elektroakustické zariadenia obsahujúce jeden alebo viac meničov, ktoré transformujú elektrickú energiu na energiu mechanickú (ultrazvukovú) a naopak (vysielacia sonda / prijímacia sonda). V defektoskopmi kovových materiálov sú zdrojom ultrazvuku väčšinou piezoelektrické meniče tvaru tenkej doštičky kmitajúcej „hrúbkovými“ kmitmi a v niektorých prípadoch aj sondy s magnetostrikčným meničom.

#### Piezoelektrické meniče.

Piezoelektrické meniče sú založené na princípe priameho a nepriameho piezoelektrického javu. Priamy jav popisuje vznik elektrického napätia na elektródach meniča pri jeho mechanickej deformácii. Doštička je deformovaná tlakom vplyvom dopadajúcich ultrazvukových vln. Nepriamy jav popisuje vznik deformácie doštičky meniča pri privedení elektrického napätia na jeho elektródy.

Piezoelektrický menič (obr. 2.24) tvorí tenká kruhová alebo obdĺžniková doštička, vytvorená z malých pravouhlých elementov z piezoelektrického materiálu (najčastejšie piezokeramika). Táto doštička je opatrená elektródami. Po privedení elektrického napätia na elektródy dochádza k deformácii doštičky (k jej kmitnutiu) v smere jej hrúbky, čím dochádza k generovaniu ultrazvukových vln. V opačnej situácii pri mechanickej deformácii doštičky vplyvom dopadajúcich ultrazvukových vln, vzniká na elektródach meniča elektrické napätie.



Obr. 2.27 Schematické znázornenie piezoelektrického meniča [1]

### 2.5.5 Druhy ultrazvukových sond.

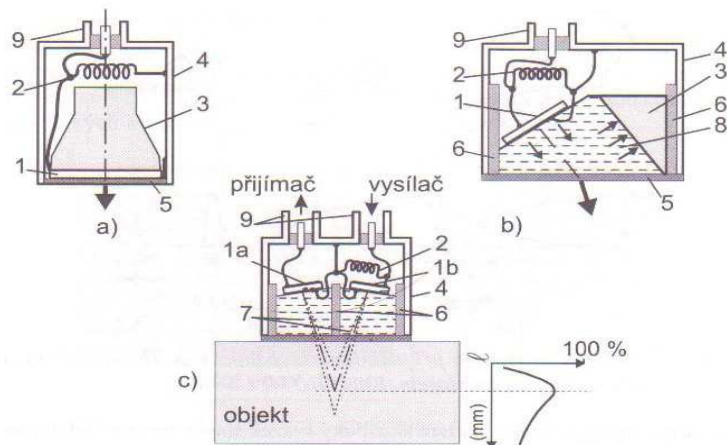
Podľa stupňa tlmenia a citlivosti sa rozlišujú sondy na širokopásmové a úzkopásmové. Širokopásmové sondy majú veľký stupeň tlmenia, tzn., že sú veľmi tlmené a tým majú horšiu citlivosť. okrem toho sa vyznačujú dobrou hĺbkovou rozlišovacou schopnosťou. Úzkopásmové sondy majú menší stupeň tlmení, lepšiu citlivosť, ale oproti tomu majú horšiu rozlišovaciu schopnosť.

Podľa konštrukčného prevedenia sa rozlišujú tri základné typy sond:

- a) priame – vysielajú ultrazvukové (obvykle pozdĺžne) vlny kolmo k povrchu skúšaného materiálu. Tieto sondy (obr. 2.25a) sú vhodné na skúšanie objektov s dostatočne rovným povrchom.
- b) uhlové – vysielajú priečne ultrazvukové vlny do skúšaného materiálu pod určitým uhlom. Obsahujú lomový klin, ktorého dosadacia plocha tvorí s povrchom skúšaného materiálu akustické rozhranie, na ktorom dochádza k lomu ultrazvukových vln. Uhlové sondy (obr. 2.25b) sa vyrábajú s uhlami lomu  $35^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  a  $70^\circ$ . Používajú sa predovšetkým na skúšanie zvarových spojov.

Priame i uhlové sondy môžu byť konštruované buď ako jednomeničové alebo dvojité. Spoločnou nevýhodou oboch typov jednomeničových sond je, že majú značné tzv. mŕtve pásmo. To je vzdialenosť od sondy, v ktorej nie je možné zistiť výskyt vady.

- c) dvojité – sú tvorené dvoma akusticky oddelenými meničmi (obr. 2.25c), ktoré sú uložené v jednom telese. Jeden menič slúži ako vysielateľ a druhý ako prijímač ultrazvukových vln. Výhodou dvojitých sond je, že majú teoreticky nulové mŕtve pásmo. Preto sa používajú na zisťovanie vad nachádzajúcich sa blízko pod povrchom skúšaného materiálu a na meranie hrúbky materiálu.



Obr. 2.28 Ultrazvukové piezoelektrické sondy [2 ]

a) priama sonda, b) uhlová sonda, c) dvojitá sonda, 1 – piezoelektrický menič, 1a – prijímací menič, 1b – vysielací menič, 2 – prispôsobovací menič, 3 – tlmiace teleso, 4 – puzdro sondy, 5 – ochranná vrstva, 6 – akustická izolácia, 7 – predsádka, 8 – lomový klin, 9 - konektor

### 2.5.6 Metódy ultrazvukové defektoskope

Pre zisťovanie vad v materiálu alebo výrobku sa používajú dve základné skúšobné metódy a to:

- odrazová metóda
- priechodová metóda

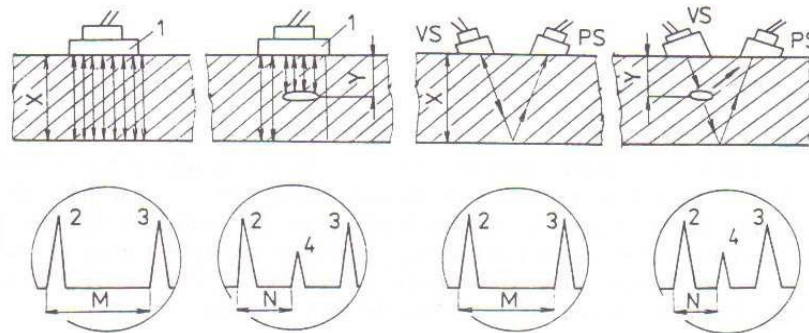
#### 2.5.6.1 Odrazová metóda

Princípom odrazovej metódy (obr. 2.26) je zisťovanie odrazov ultrazvukových impulzov (tzv. ech), ktoré sú spôsobené vadami materiálov. Vysielacou sondou vyslané krátke ultrazvukové impulzy sa odrážajú od protíľahlého povrchu skúšaného objektu a vracajú sa späť do vysielacej sondy, ktorá je súčasne i prijímačom (jedno sondová prevádzka), alebo do samostatnej prijímacej sondy (dvoj sondová prevádzka), kde vytvára echo o rozpätí  $M$ , ktoré je úmerné hrúbke skúšaného objektu  $X$ . Ak skúšaný objekt obsahuje vadu, objaví sa medzi počiatočným (2) a koncovým (3) echom echo poruchové (4). Vzdialenosť vady od povrchu ( $Y$ ) skúšaného objektu sa určuje z doby príchodu echa po vyslaní ultrazvukového impulzu a je teda úmerná vzdialenosti ( $N$ ) medzi počiatočným (2) a poruchovým echom (4). Veľkosť vady sa určuje z veľkosti amplitúdy echa.

Nevýhodou odrazovej metódy je obmedzenie zisťovania vad nachádzajúcich sa v blízkosti povrchu skúšaného materiálu. To je spôsobené mŕtvym pásmom. Preto nie je tato metóda vhodná pre kontrolu tenkých materiálov. V prípade použitia dvojitej sondy je možné dosiahnuť zlepšenie zistiteľnosti vad nachádzajúcich sa v blízkosti povrchu materiálu, pretože teoreticky nezisťuje mŕtve pásmo spôsobené vysielacím impulzom.

Výhodou odrazovej metódy je jej značná citlivosť, ďalej pomerne presné určenie miesta vady materiálu. Ďalšou výhodou je, že pre prevedenie skúšky stačí prístupnosť iba z jednej strany objektu.

Odrazová metóda je vhodná pre kontrolu materiálov o hrúbke viac ako 10 mm a k meraniu hrúbky materiálu. [1]



Obr. 2.29 Princíp odrazovej metódy

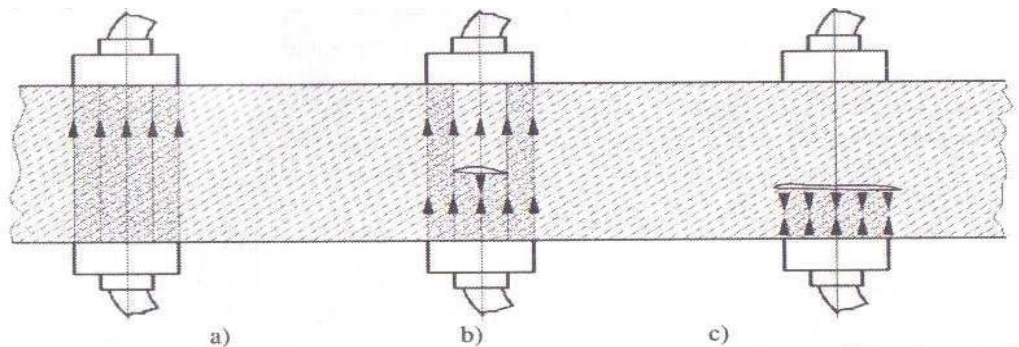
### 2.5.6.2 Priechodová metóda

Základom tejto metódy je meranie hodnoty ultrazvukovej energie, ktorá prejde skúšaným objektom. Pri meraní sa pracuje s dvoma sondami umiestnenými sousovo na protiľahlých stranách skúšaného objektu. Jedna sonda vysiela ultrazvukové vlnenie a na protiľahlých stranách skúšaného objektu druhá sonda prijíma. Jedna sonda vysiela ultrazvukové vlnenie a druhá sonda prijíma jeho časť prejdenou materiálom (obr. 2. 27). Ak sa vyskytuje v materiály vada, dochádza na jej ploche k odrazu vysielaných ultrazvukových vln a za vadou vzniká tieň. Do prijímacej sondy potom prichádza menšia hodnota energie. Výskyt vady sa zisťuje porovnaním hodnôt energie ktorá prešla neporušeným materiálom a materiálom s vadou.

Použitelnosť tejto metódy je obmedzená iba na súčasti s vhodnými protiľahlými povrchmi. Ďalšou nevýhodou je menšia rozlišovacia schopnosť. Rozoznanie vady je závislé na jej hĺbke a na ohybu ultrazvukových vln za vadou. V prípade, že sa vada nachádza vo väčšej vzdialenosti od prijímacej sondy a jej prierez je menší ako prierez zväzku ultrazvukových vln, potom dochádza následkom ohybu vlnenia v určitej vzdialenosti za vadou k uzatvoreniu akustického tieňa a prijímacia sonda zaznamená rovnakú hodnotu energie ako v mieste bez vady.

Výhodou priechodovej metódy je, že ultrazvuk v porovnaní s odrazovou metódou prechádza polovičnú dráhu a tým sa teda menej zoslabuje. Preto je tato metóda vhodná pre skúšanie ťažko

prozvukiteľných materiálov, ako je napríklad guma. Ďalej sa používa pri kontrole materiálov menších hrúbok (tenkých plechov, plátovaných materiálov, ložiskových panvíc a pod). [1]



Obr. 2.30 Identifikácia vady priechodovou metódou [1]

- a) materiál bez vady, b) materiál s vadou menšou ako je zväzok ultrazvukových vln,  
c) materiál s vadou väčšou než je zväzok ultrazvukových vln

### 2.5.7 Postup pri ultrazvukovej skúške

**Postup skúšky sa skladá z týchto krokov:**

- 1) úprava povrchu skúšaného objektu
- 2) voľba spôsobu skúšky
- 3) voľba typu sondy
- 4) kalibrácia ultrazvukového prístroja
- 5) vlastné meranie
- 6) vyhodnotenie

### 3 VADY MATERIÁLOV A VÝROBKOU

#### 3.1 Definícia vad výrobkov

Technické normy, technické podmienky a iné technicko – obchodné dokumenty, upravujúce odberateľsky- dodávateľské vzťahy pri dodávaní hutných a strojárnských oceľových výrobkov, stanovujú okrem ostatných údajov menovité vlastnosti dodávaného výrobku. Špecifikuje jeho tvar, rozmery a podobne a sú doplnené údajmi o dovolených odchýlkach od týchto menovitých vlastností. Výrobok, ktorého vlastnosti sú v rozmedzí dovolených odchýliek, nepovažujeme za valný. Pojem vada má v tomto prípade iba symbolizujúci a názvoslovný charakter. [1]

#### 3.2 Názvoslovie a triedenie vad

Vada (necelistvosť, nehomogenita, diskontinuita apod.) materiálov alebo výrobkov je každá odchýlka rozmerov, tvaru, hmotnosti, vzhľadu, makroštruktúry, mikroštruktúry a iných veličín od vlastností predpísaných technickými normami, technickými podmienkami, prípadne zmluvným vzorom. Vady materiálov a výrobkov môžeme triediť podľa rôznych hľadísk: druhov vad, príčin vzniku, spôsobu a štádia ich zisťovania a ďalších kritérií. [1]

Tu je použité triedenie vad podľa ich druhu, pretože tento spôsob triedenia je možné považovať za priehľadný a v technickej dokumentácii za obvyklý (tab. 3.1). Charakteristiky vad jednotlivých výrobkov sú uvádzané v príslušných štátnych, európskych a svetových normách.

Tab. 3.1 Základné triedenie vad do skupín a ich všeobecný popis

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 makroštruktury, mikroštruktury apod.



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

Príčiny mnohých vad hutných a strojných výrobkov je jednoznačná a dá sa zistiť v ktorej koľ vek výrobnéj fázy. Typickým príkladom sú vycedenie, makroskopické vmestky, vločkové trhliny. Iné vady s rovnakým konečným vzhľadom na výrobku môžu mať však mnoho odlišných príčin. To platí hlavne o vadách povrchových, trhlinách, plénach, do určitej miery i o dutinách a dvojitosiach, ktoré často menia svoj charakter tvárnením za tepla i za studena, určenie zdroja vady je potom veľmi obtiažne. Z toho to hľadiska je významné zhrnutie spoločných znakov hlavných typov väd, ich zisťovanie a vplyv na vlastnosti a technologickú spracovateľnosť. [1]

#### 3.3.1 Dutiny

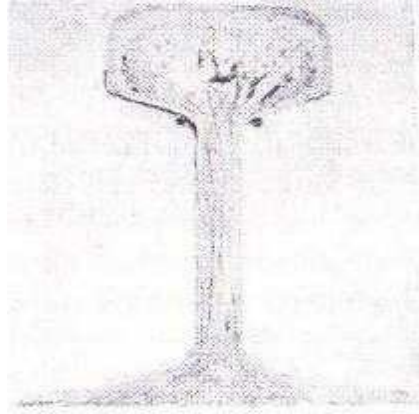
Medzi dutiny patria najmä: - zrazeniny  
- bubliny

##### Zrazeniny

Zrazeniny vznikajú pri tuhnutí ocele v kokilách vplyvom znižovania objemu. Vo valcových výrobkoch majú tvar rozsiahlej necelistvosti, prebiehajúcej obvykle v osovej oblasti vývalku v pozdĺžnom smere. Na priečnom reze vývalku majú vzhľad nepravidelnej dutiny (u vývalkov veľkých prierezov) alebo nepravidelne rozvetvené i tvarované trhliny (u vývalkov malých prierezov ako sú tyče a drôty). U plochej oceli a hrubých plechov sa zrazeniny prejavujú ako rozdvojenie. Na lomovej ploche je možné zrazeninu rozoznať podľa výstupkovitej nepravidelnosti lomovej plochy v osovej oblasti, niekedy tiež dochádza k pozdĺžnemu rozštiepeniu lámavej tyče. U tvarových vývalkov dochádza následkom zrazeniny k ich vybuleniu alebo inej deformácii. Zrazeniny môžu byť celkom ale aj z časti vyplnené struskou (obr. 3.1, 3.2). [1]



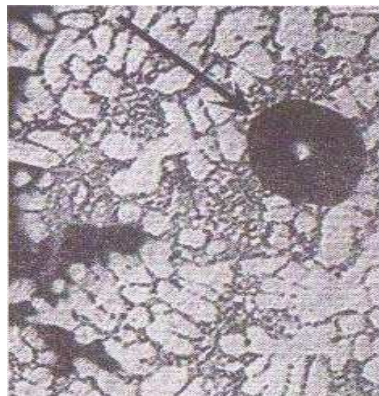
Obr. 3.1 Sústredená zrazenina a plynové bubliny v ocelovom ingote



Obr. 3.2 Makro výbrus priečneho rezu koľajnice so stopami zrazeniny

### Bubliny

Bubliny sú dutiny rôznych tvarov a veľkosti, ktoré vznikajú prítomnosťou plynu (napr. vzduch, vodík apod.) v odliatkoch. Bublina plynu sa nestačí uvoľniť z taveniny a zostane v stuhnutom odliatku (obr. 3.3).



Obr. 3.3 Vodíková bublina (označená šípkou) v odliatku zo zliatiny AlSi10 [5]

### Spôsob zisťovania nedeštruktívnymi skúškami:

Ak zasahuje vada až do čelnej plochy vývalku, je zistiteľná zrakom, teda vizuálnou metódou. Je možné ju tiež zistiť pri delení vývalku na úpichy alebo prírezy. U kompaktných vývalkov, ktoré sa nedelia, sú zrazeniny zistiteľné prežiarovacími alebo ultrazvukovými metódami. [1]

### 3.3.2 Trhliny

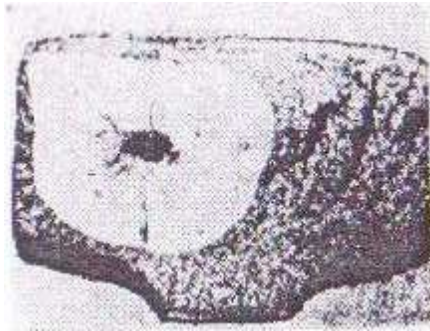
Rozoznávajú sa tieto druhy trhlín: - vložkové

- pozdĺžne

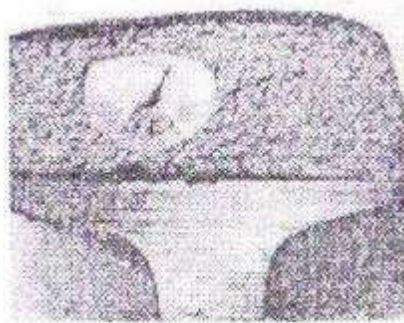
- priečne

### Vločkové trhliny

Vločkové trhliny - vločky - sú vnútorné plošné necelistvosti o veľkosti iba niekoľko desiat' tisícín milimetra. Na lomovej ploche majú vločky vzhľad striebrite lesklých plošiek obvykle eliptického alebo kruhového obrysu, ostro ohraničených od okolitej plochy lomu. Príklady vzhľadu vločkových trhlín sú na obr. 3.4 a obr. 3.5. [1]



Obr. 3.4 Vločková trhlina v hlave koľajnice, ktorá sa porušila za prevádzky [1]



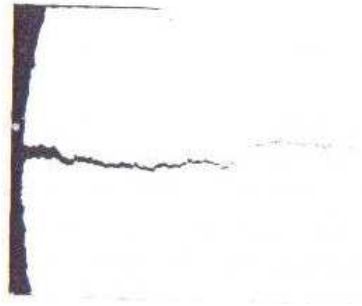
Obr. 3.5 Vločky, zistené v koľajnici detekčným ultrazvukovým vozom

### Spôsob zisťovania nedeštruktívnymi skúškami

Vločky ako plošné necelistvosti sa spoľahlivo detegujú ultrazvukovými skúškami pomocou impulzných defektoskopov. Na obrazovke defektoskopu sa vločky prejavujú ako výrazné vadové echa v stredovej oblasti materiálu, pre ktoré je typická ostro ohraničená plocha. Pri pohybu skúšobnou sondou (najčastejšie sa používajú dvojité čelné sondy) pozdĺž vývalkov sa objavujú i miznú skokovo. Tým sa odlišujú od povrchových ech zmrštenín alebo tvárnených trhlín, ktoré majú na obrazovke defektoskopu pri pohybe sondou dlhšie trvanie. [1]

**Pozdĺžne trhliny (praskliny)**

Pozdĺžne trhliny sú povrchové necelistvosti výrobkov prebiehajúce priamočiarno a rovnobežne s pozdĺžnou osou vývalku. Môžu sa vyskytovať v najrôznejších rozmeroch, od vlasových až po široko roztvorené, s hĺbkou od stotín do desiatok milimetrov. Vo väčšine prípadov sú orientované kolmo alebo šikmo k povrchu. Vyskytujú sa na stenách i hranách vývalkov. Ukážky trhlín, ktoré vznikli následkom materiálového pnutia, sú na obr. 3.6 a obr. 3.7. [1]



Obr. 3.6 Pozdĺžna trhlina, ktorá vznikla pnutím v drôte  $\varnothing$  2,5 mm [1]



Obr. 3.7 Pozdĺžna prasklina z pnutia na železničnej náprave [1]

**Spôsobý zisťovania nedeštruktívnymi skúškami**

Podľa rozmerov je možné trhliny (praskliny) odhaliť vizuálnou kontrolou a roztvorené trhliny i kapilárnymi metódami. Najčastejšie sa prítomnosť trhlín zisťuje magnetickými a indukčnými metódami. Magnetické metódy sa používajú iba na feromagnetický materiál. [1]

**Priečne trhliny (praskliny)**

Priečne trhliny sú povrchové necelistvosti rôzneho rozsahu a hĺbky, ktoré majú boky vláknité, zrnité i zložitejšie členené, a ktoré sú orientované kolmo na smer tvárnenia (vlákien). Vyskytujú sa



rovnako ako pozdĺžne trhliny na hranách i stenách výrobkov. Typický vzhľad priečnej trhliny je zobrazený na obr. 3. 8. [1]



Obr. 3.8 Priečna trhlina, ktorá vznikla pnutím v pružinovom drôte [1]

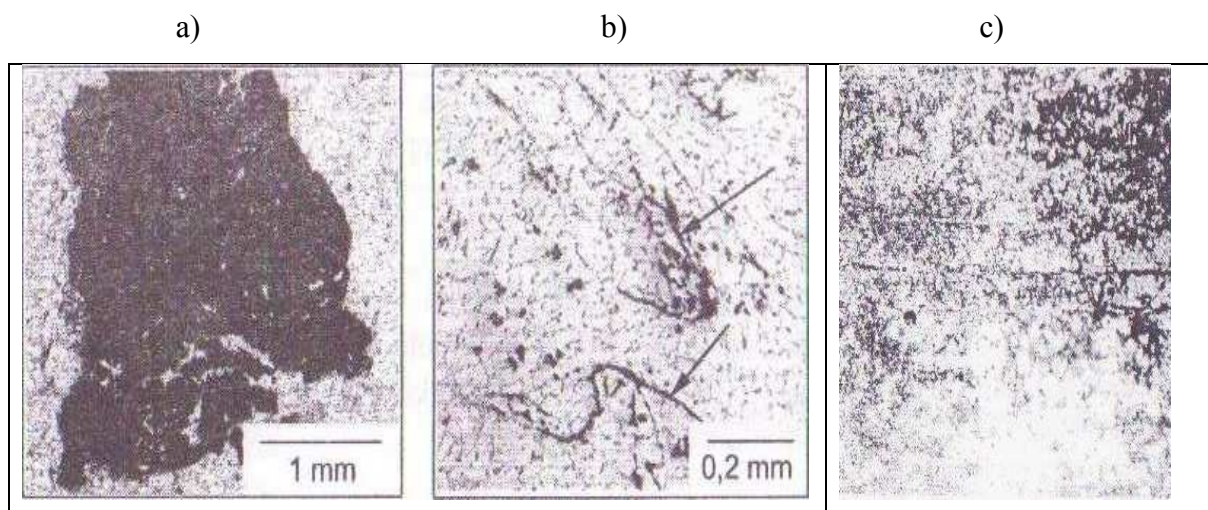
### Spôsoby zisťovania nedeštruktívnymi skúškami

Priečne trhliny sa zisťujú rovnakými metódami ako trhliny pozdĺžne.

#### 3.3.3 Makroskopické nekovové vmestky

Za makroskopické nekovové vmestky sa označujú nežiaduce cudzorodé nekovové častice, zhluky, žily alebo reťazce častíc, ktoré sú viditeľné i okom. V priereze sa vyskytujú na rôznych miestach a to jednotlivito i hromadne. Sú biele, žlté, šedé až čierne.

Na obr. 3.9a, b sú uvedené príklady vmestkov v hliníkových zliatinách, na obr. 3.9 c je vzhľad pod povrchových vmestkov. [1]



Obr. 3.9 Príklady vmestkov: a) keramický vmestok (tmavý) v zliatine AlSi10, b) oxidické vmestky (označené šípkami) v zliatine AlSi7, c) pod povrchové vmestky (vady vzniknuté z povrchových vmestkov na povrchu plechov [5])



## II PRAKTICKÁ ČÁST

Cieľom diplomovej práce bolo zisťovanie skrytých vad materiálov pomocou NDT metód. Pre zisťovanie skrytých vad boli vybrané nasledujúce NDT metódy : vizuálna kontrola, kapilárna metóda, magnetická metóda, röntgenová metóda a ultrazvuková metóda. Pro testování byly vybrány zkušební vzorky, které jsou průmyslově vyráběny a zpracovávány.

Materiály pre testovanie NDT metódami boli zvolené oceli:

- **P235GH** (podľa ČSN trieda 11) nelegovaná žiaruvzdorná oceľ pre tlakové nádoby a bezšvové trubky, s medzou klzu 235 MPa,
- **X10 CrA17** (podľa ČSN trieda 17) žiaruvzdorná feritická nerezová oceľ

Vybrané zvary uvedených oceli obsahovali skryté vady, ktoré boli zisťované vybranými NDT metódami. Zistené výsledky merania boli grafický znázornené a vyhodnotené. Každá vada bola hodnotená 3 krát.

Ciele diplomovej práce sú nasledujúce:

1. Vypracovanie literárnej štúdie na dané téma
2. Príprava skúšobných vzoriek pre experimentálnu časť
3. Prevedenie experimentu
4. Vyhodnotenie nameraných výsledkov



## 4 PRAKTICKÉ PREVEDENIE NDT METOD NA ZKUŠOBNÝCH VZORKOCH A POROVNANIE POUŽITÝCH METOD.

### 4.1 Príprava vzoriek

Prvých 12 vzoriek bolo vyhotovené z trubiek o  $\varnothing$  114 mm a hrúbke 8mm, materiál P235GH. Boli pozvárané metódou zvárania TIG (141), ide o tupé zvary v tvare V. Skratka TIG pochádza z anglického Tungsten Inert Gas a označuje zváranie kovov wolframovou elektródou v ochrannej atmosfére inertného plynu (Ar). Zváranie trubky prebehlo zdola hore (poloha PH), ako prídavný materiál bol použitý pomedený drôt  $\varnothing$  1,2 mm OK Autrod 12.56 od firmy ESAB. Bola použitá zváračka KITin 220 Synergic, parametri zvárania boli 200 A zváracieho prúdu a 25 V zváracieho napätia. Vzorka číslo 13 bola tiež vyhotovená metódou zvárania TIG (141), je z materiálu X10CrA17, Ide o tupý zvar dvoch plechov o hrúbke 8 mm. Zváranie s predohrevom 200° prebehlo z hora (poloha PA), ako prídavný materiál bol použitý drôt o  $\varnothing$  1,2 mm OK Autrod 16.70 od firmy ESAB. Bola použitá zváračka KITin 220 Synergic, parametri zvárania boli 250 A zváracieho prúdu a 27 V zváracieho napätia.

### 4.2 Skúšanie vzoriek.

Skúšanie vzorky prebehlo nasledovne:

1. Najprv bola vykonaná vizuálnu kontrola zvarov podľa ČSN EN ISO 17637. Pre kontrolu boli použité: lupa, zrkadielko, vizuálne mierky. Vyhodnocovalo sa podľa normy EN ISO 5817 stupeň akosti B.
2. Ďalšia prevedená skúška bola skúška kapilárnou metódou podľa ČSN EN ISO 3452-1. Na prevedenie sa použila farebná penetračná set od firmy PFINDER Chemie. Vyhodnocovalo sa podľa normy EN ISO 232777 stupeň 2X.



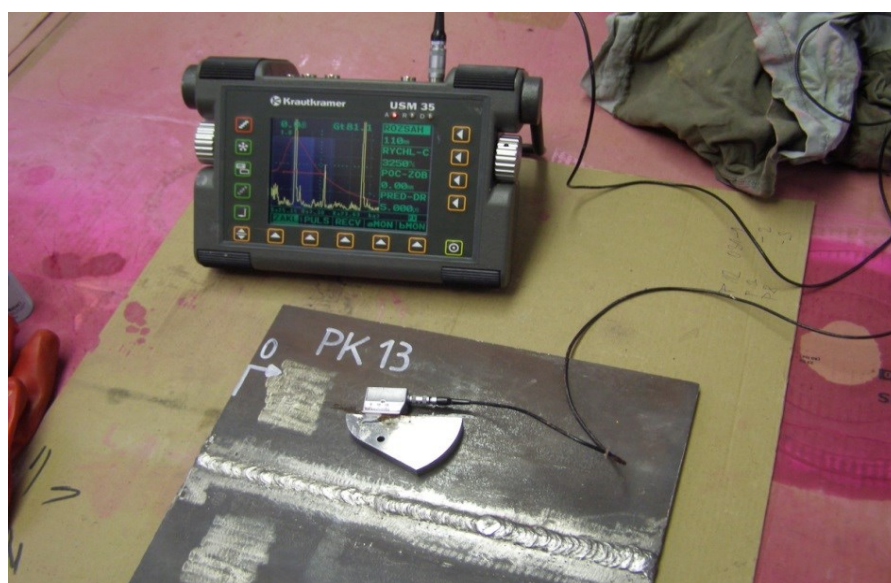
Obr.4.1 Set pre kapilárne skúšanie

- Po penetračnej skúške sa musel dôkladne vyčistiť povrch zvaru od zvyškoch po penetračnej skúške a nasledovala skúška magnetická podľa normy EN ISO 17638. Tu na bolo použité jho PARKER a set sprejov pre farebnú magnetickú metódu od firmy Marker. Vyhodnocovalo sa podľa normy EN ISO 23278.



Obr.4.2 Set pre magnetickú metódu

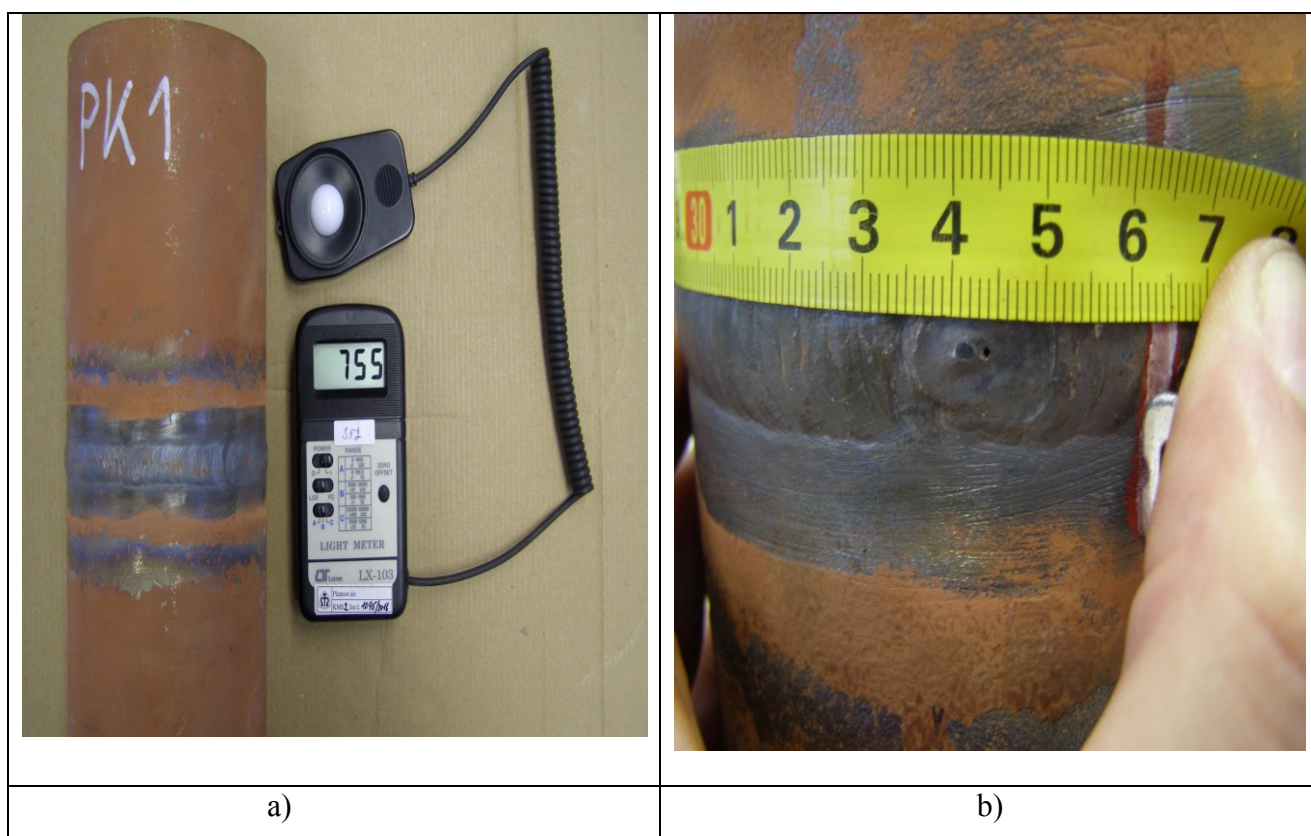
- Nasledujúca skúška bola zameraná na vnútorne defekty a to skúška prežarováním podľa normy EN ISO 17636-1. Ako zdroj bol použitý zdroj gama žiarenia izotop Se 75 (selén), radiografická mierka 10 EN FE, filmy AGFA s citlivosťou D5. Vyhodnocovalo sa podľa normy EN ISO 10675-1 kvalifikačný stupeň 1.
- Posledná skúška bola prevedená skúška ultrazvukom podľa normy EN ISO 17640. Ultrazvuková metóda bola prevedená prístrojom Krautkrämer USM 35 a sondami MB4F, MWB70. Vyhodnocovalo sa podľa normy EN ISO 11666 kvalifikačný stupeň 2.



Obr.4.3 Kalibrácia ultrazvukového prístroja

**Vzorka č. 1** bola vyrobená z materiálu P235GH skupina 1.1, na ktorej bol prevedený zvar. V mieste zvaru bola vytvorená povrchový pór, ktorý bol najprv zmapovaný vizuálnou kontrolou. Pri vizuálnej kontrole, bolo zistené, že veľkosť povrchového póru bola  $d = \phi 1,15\text{mm}$ . Nasledovne bola povrchová vada preverená ďalšími metódami na určovanie povrchových vad, a to magnetickou skúškou a kapilárnou skúškou.


**Vizuálna skúška (VT)** – pred touto skúškou musel byť povrch dôkladne očistený od nečistôt, strusky atd. Pri tejto skúške nebola prerušená optická dráha medzi okom a kontrolovanou plochou. Boli použité jednoduché optické pomôcky lupa, zrkadielko a vizuálne mierky. Skúška prebehla tak, aby bol dodržaný dostatočný prístup ku kontrolovanému povrchu pre oči vo vzdialenosti menej ako 600 mm a pod uhlom nie menším ako  $30^\circ$ . Tak isto musela byť dodržaná minimálna intenzita osvetlenia 500 luxov.



Obr. 4.4 Vizuálna kontrola vzorky PK1: a) overenie osvetlenia pre vizuálnu kontrolu, b) zaznamenanie póru pri vizuálnej kontrole

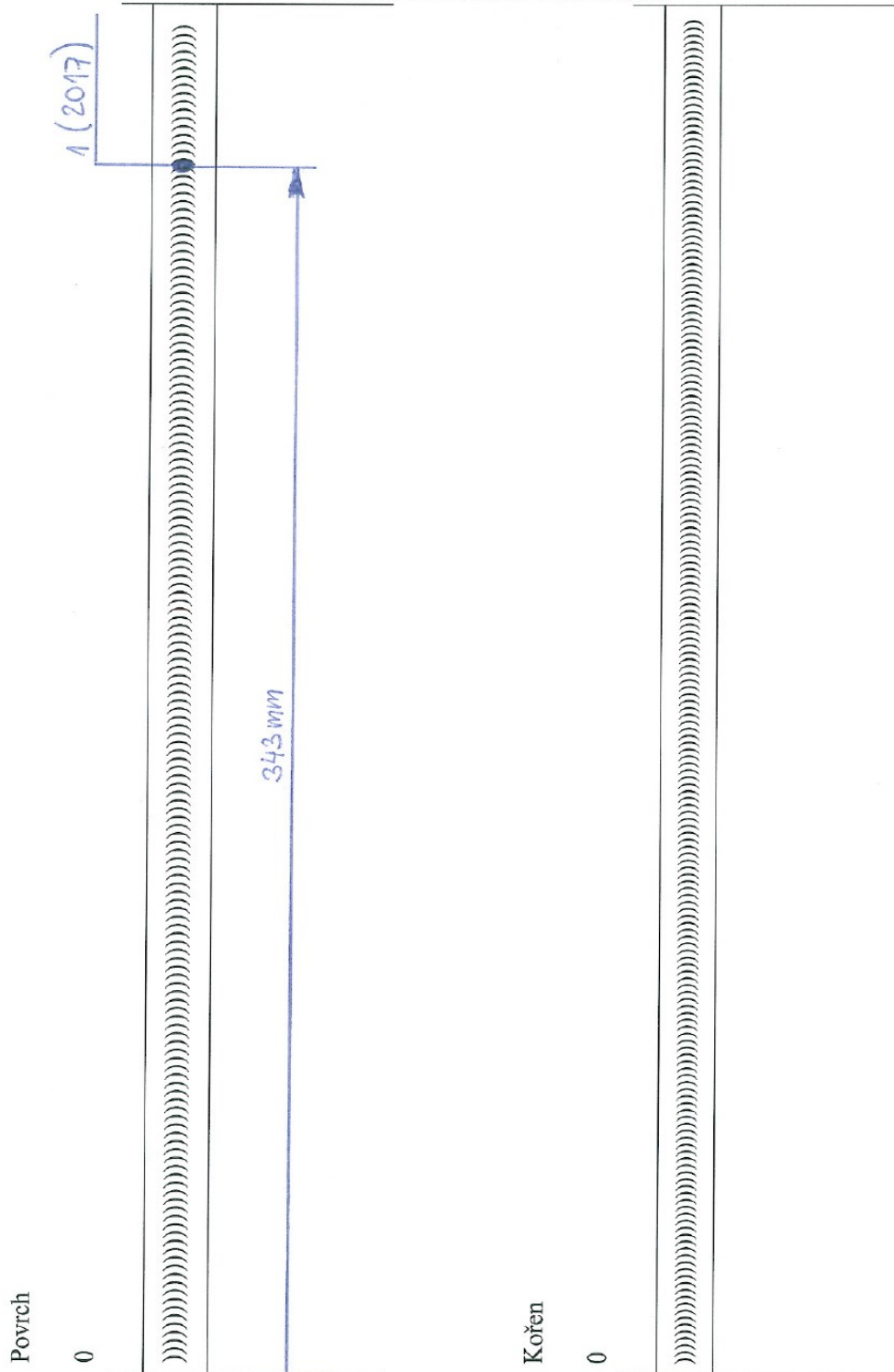


		TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01	
		<b>Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637</b>			
1. Zákazník : <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín</b>			6. Zakázka č. —		
			7. Protokol č. <b>1 VT</b>		
			8. WPS č. —		
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 1			9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm		
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj - povrch			12. Výkres č. —		
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141	
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] : 755		
21. Kritéria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817			25. Požadovaný stupeň jakosti: B		
22. Měrky, měřidla a pomůcky: Měrka na převýšení svarů Ev. č.15/15, měřidlo hloubky vady Ev. č.16/15, posuvné měřítko Ev. č.018/07, svinovací metr Ev. č.015/05, luxmetr Výr. č.D42312, lupa 4 x zvětšující, ruční svítidla					
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	2017 – povrchový pór	—	1,15	—	nevyhovuje
31. Celkové hodnocení / závěr:					
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje					
33. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje					
<b>Ne vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b>					
34. Zkoušku provedl : Pavol Kurej			39. Razítka a podpis 		40. Inspekční organizace
35. Číslo certifikátu : TESI DO-COP 078					
36. Vyhodnotil : Pavol Kurej					
37. Číslo certifikátu : TESI DO-COP 078					
38. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017					

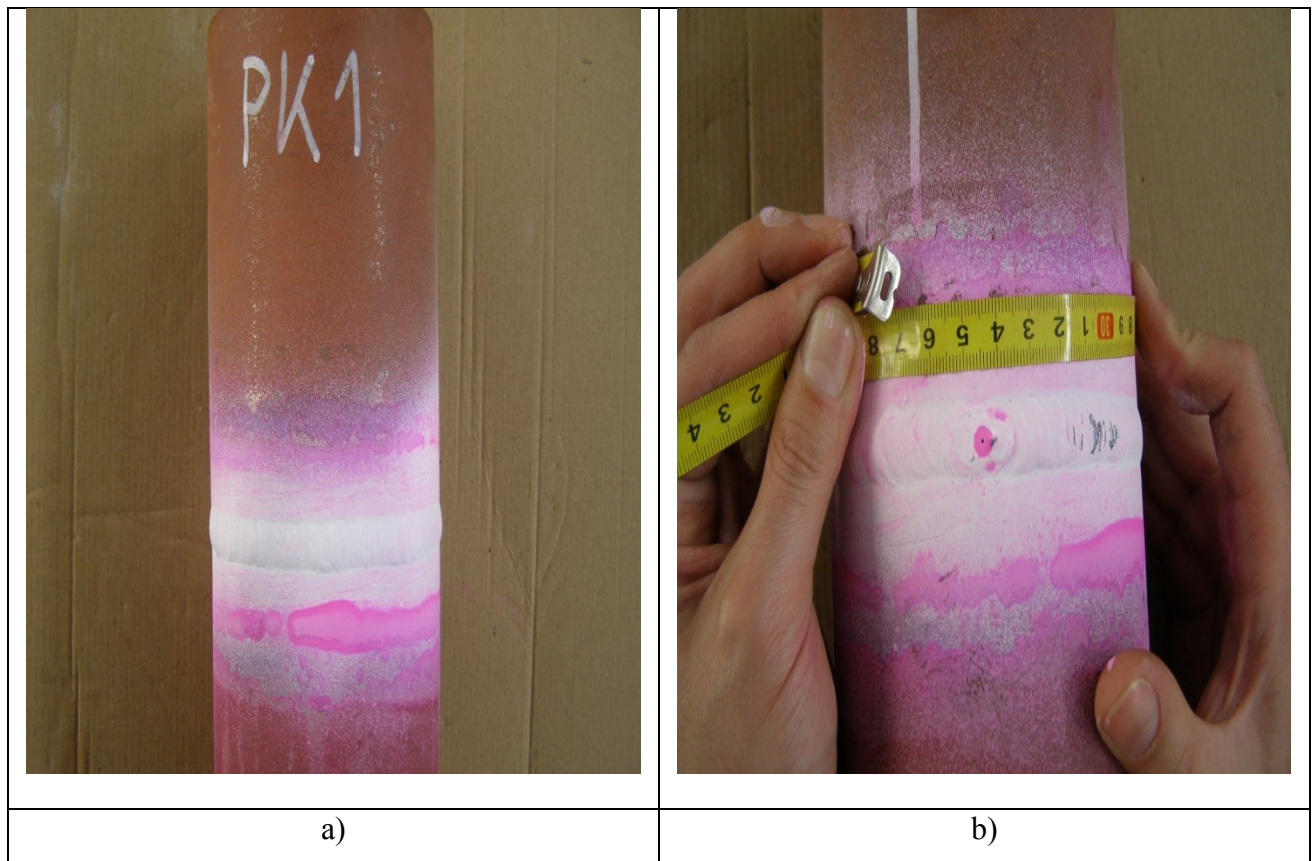
	TESHDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F01
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637	Revize 1 Strana 2/2

PK1

Schéma umístění vad svarů:



**Kapilárna skúška (PT)** – Kapilárna skúška prebiehala nasledovne: najprv sa musel očistiť povrch zvaru od všetkých nečistôt a mastnôt, po očistení sa naniesol na povrch zvaru penetrant, ktorý sme nechali pôsobiť 15 minút. Po uplynutí daného času sa povrch očistil od prebytočného penetrantu čističom, nasledovne sa naniesla vývojka a hneď po nanosení začalo vyhodnocovanie kapilárnej skúšky v trvaní 15minut.



Obr. 4.5 Penetračná skúška vzorka PK1: a) nanosenie vývojky, b) meranie pozície indikácie

Z vyhodnotenia kapilárnej skúšky vyplynulo, že priemer povrchovej indikácie bol nameraný  $d=\phi$  6,15mm. Táto nameraná hodnota, bola mimo tolerancie danou zadávateľom a testovaný kus bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr.4.5.



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, II Ce stupeň 2		Revize 3 Strana 1/2
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. —	
		7. Protokol č. 1 PT	
		8. WPS č. —	
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 1		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —	
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 141
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: PFINDER Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant : PFINDER 860	CH:L1101546	spray	26. Penetrační čas [min] : 15
21. Čistič : PFINDER 895	CH:L1101845	textil	27. Vyvolávací čas [min] : 20
22. Emulgátor —			28. Zkušební teplota [°C] : 20
23. Vývojka : PFINDER 871	CH:L1101867	spray	29. Povrch : Hladký povrch
24. Zdroj osvětlení : Stropní svítidly		30. Intenzita osvětlení [lux]:	807, Ev.č luxmetru D42312
31. Hodnocení dle : ČSN EN ISO 23277, stupeň 2X			
32. Výsledky zkoušky : Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 6,15 mm			
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. Razítko a podpis 	45. Inspekční organizace
40. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078			
41. Vyhodnotil : Pavol Kurej			
42. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078			
43. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			


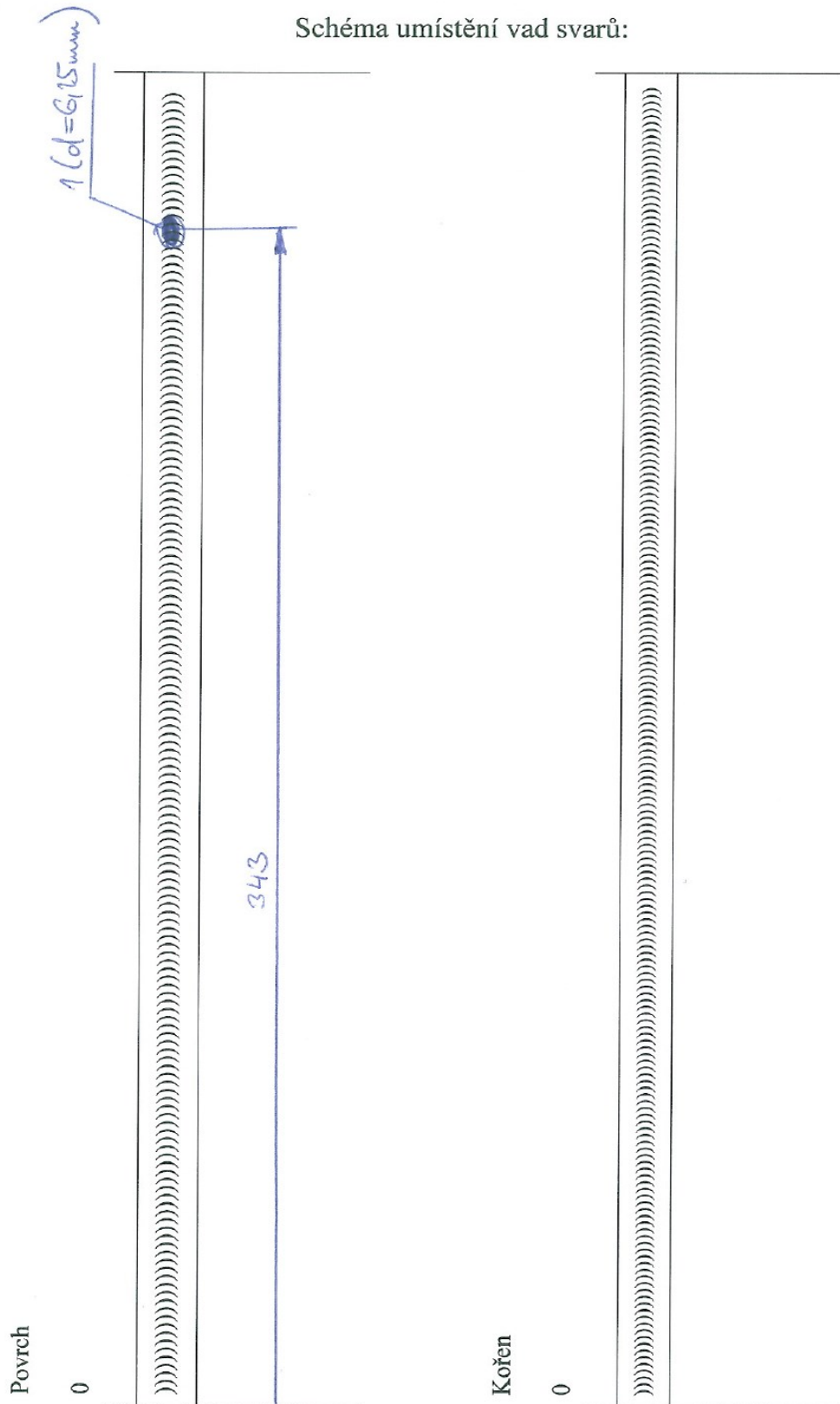
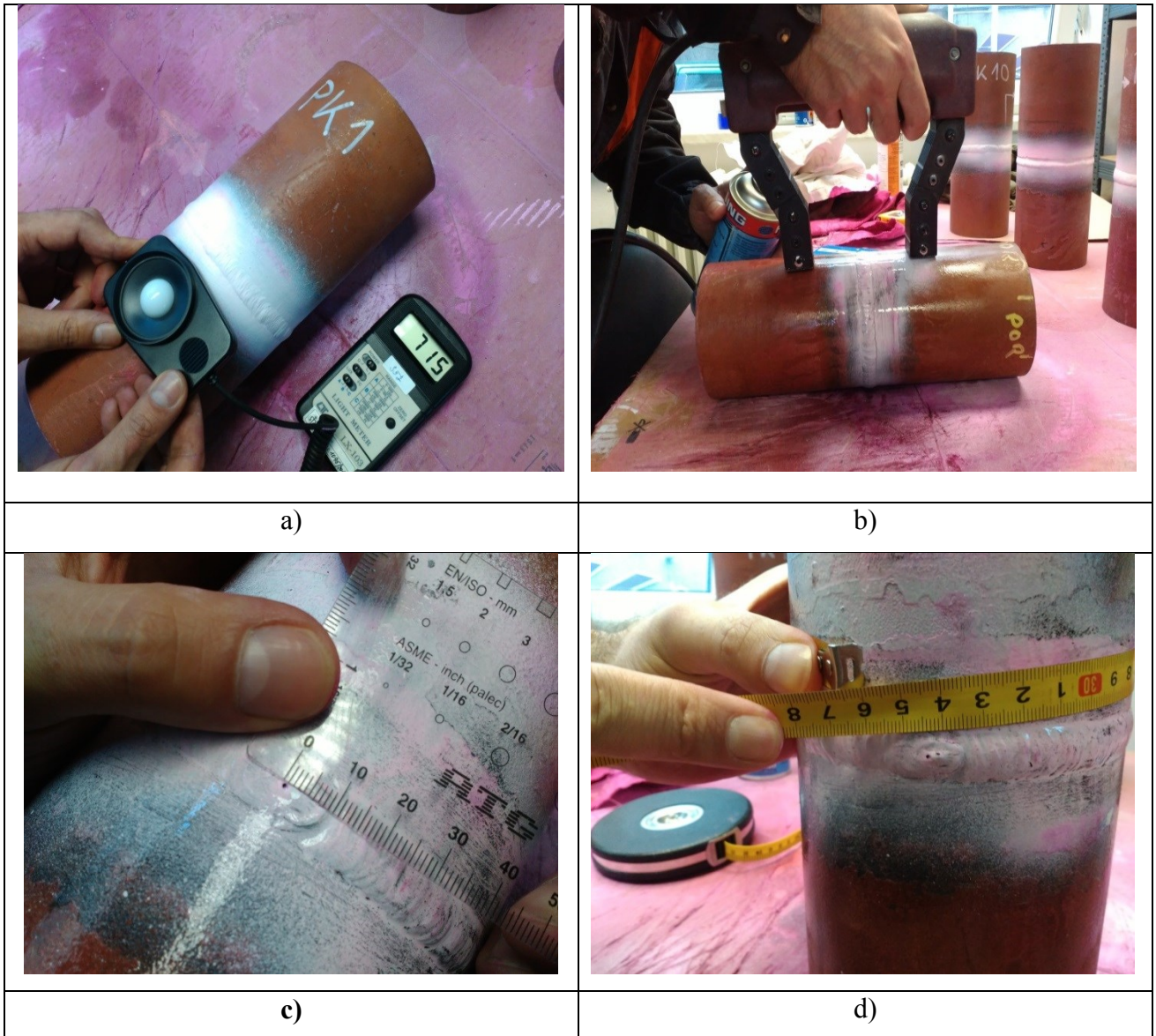
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	<b>Protokol o kapilární zkoušce</b> dle ČSN EN ISO 3452-1, IIcE stupeň 2	Revize 3 Strana 2/2

Schéma umístění vad svarů:








**Magnetická skúška (MT)** – Magnetická skúška prebiehala nasledovne: najprv sa musel očistiť povrch zvaru od všetkých nečistôt a mastnôt, po očistení sa naniesla na povrch zvaru podkladová (kontrastná) látka. Po nanesení podkladovej látky sa začalo magnetovanie spôsobom do kríža a zároveň sa striekal magnetický prášok na miesto, ktoré bolo magnetované. V priebehu magnetovania sa zároveň sa vyhodnocovalo

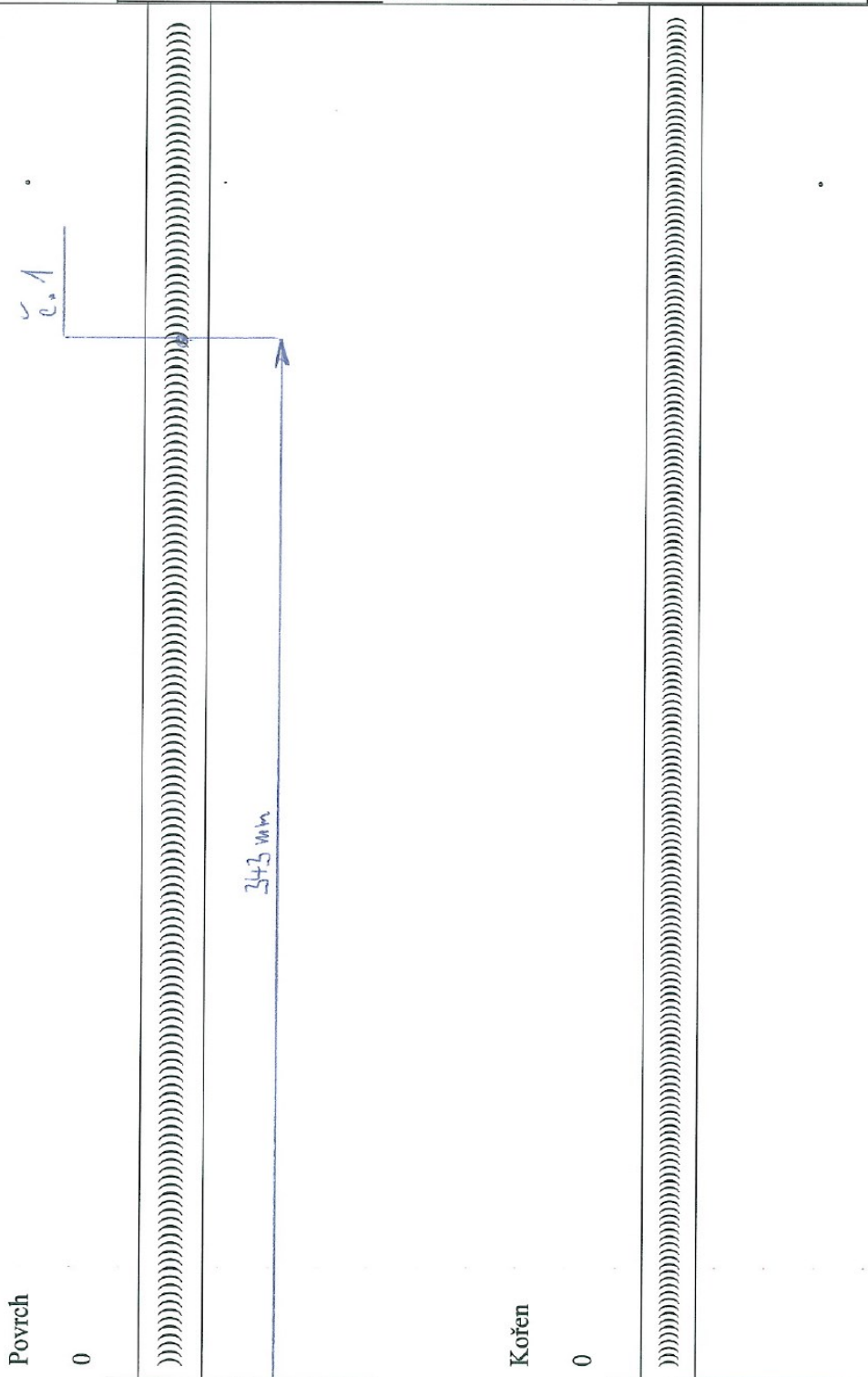


Obr. 4.6 Magnetická skúška vzorky PK1: a) overenie dostatočného osvetlenia, b) magnetovanie vzorky, c) meranie veľkosti indikácie, d) meranie polohy indikácie

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej vady bola nameraná hodnota  $d = \phi 1 \text{ mm}$ , veľkosť nameranej hodnoty je v tolerancii danou zadávateľ, ako je viditeľné z obr. 4.6

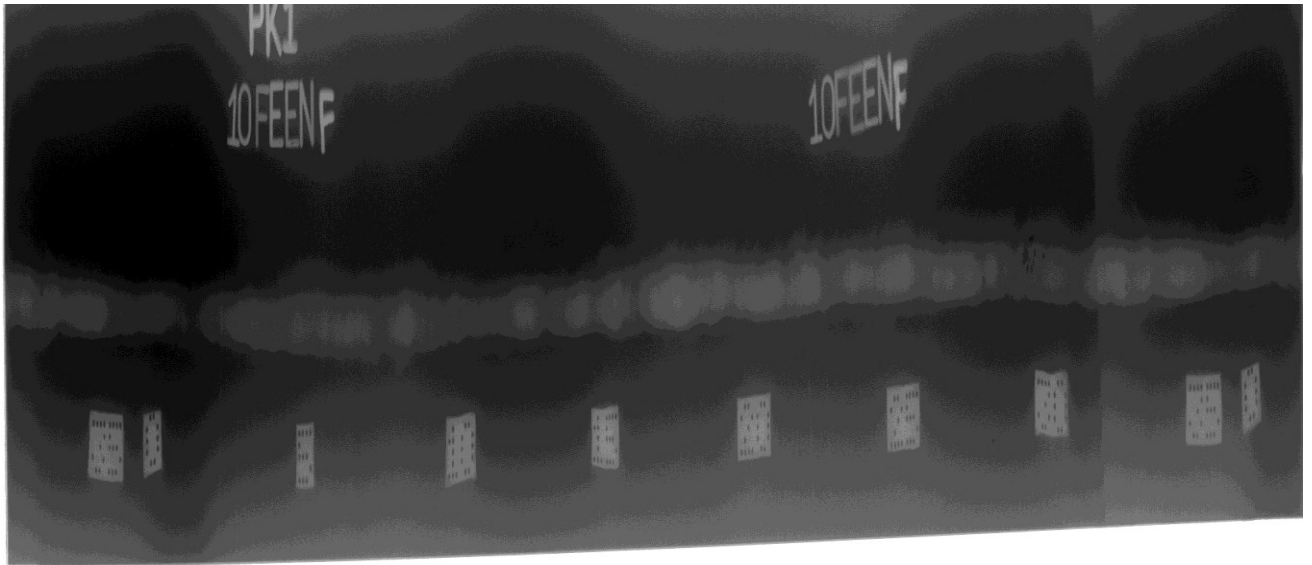
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
1. Zákazník: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.: —	7. Protokol č.: 1 MT
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 1		8. WPS č.: —	9. WPQR č.: —
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.: —	
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23278		17. Klasifikační stupeň: 2x	
15. Rozsah zkoušení [%]: 100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141	
19. Technické údaje			
20. Magnetizace: <input checked="" type="checkbox"/> Podkova <input type="checkbox"/> Průchod proudem <input type="checkbox"/> Kombinovaná	21. Přístroj - typ : PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,		22. Detekční prášek: <input type="checkbox"/> Fluorescenční <input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Suchý <input checked="" type="checkbox"/> Suspenze
23. Typ detekčního prášku: MR 76S, šarže: 76S/1142A			
24. Kontrolní měrka: MTU č.3, Bertholdova		26. Proud [A]: >2,4kA/m	28. Druh: AC
25. Povrch: Hladký (kartáčován)		27. Teplota povrchu [°C]: 20	
29. Výsledek			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 1 mm			
30. Celkové hodnocení / závěr:			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad		<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	
		<input checked="" type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl: Pavol Kurej	41. Razítko a podpis 		42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu: TESIYDO-COP 078			
38. Vyhodnotil: Pavol Kurej			
39. Číslo certifikátu: TESIYDO-COP 078			
40. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	<b>Protokol o zkoušce</b> <b>magnetickou metodou práškovou dle</b> PK1 <b>ČSN EN ISO 17638</b>	Revize 1 Strana 2/2





**Skúška prežiarením (RT)** – V priebehu tejto metódy sa materiál prežiaril gama žiarením, zdroj gama žiarenia bol Selén (Se 75) a toto prežiarenie sa zviditeľnilo prejdením zoslabeného žiarenia na radiografickom filme (radiograme), ktorý bol umiestnený za skúšaným materiálom. Tento film sa ručne vyvolal a potom vysušil. Po vysušení sa vyhodnotilo dodržanie správneho prežiarenia a zčernanie radiogramu a až potom sa film vyhodnotil na negadoskope. Vady sa zobrazili buď ako tmavšie (pór, trhlina) alebo svetlejšie (vmestok, nadmerné prevyšenie koreňa) škvvrny.

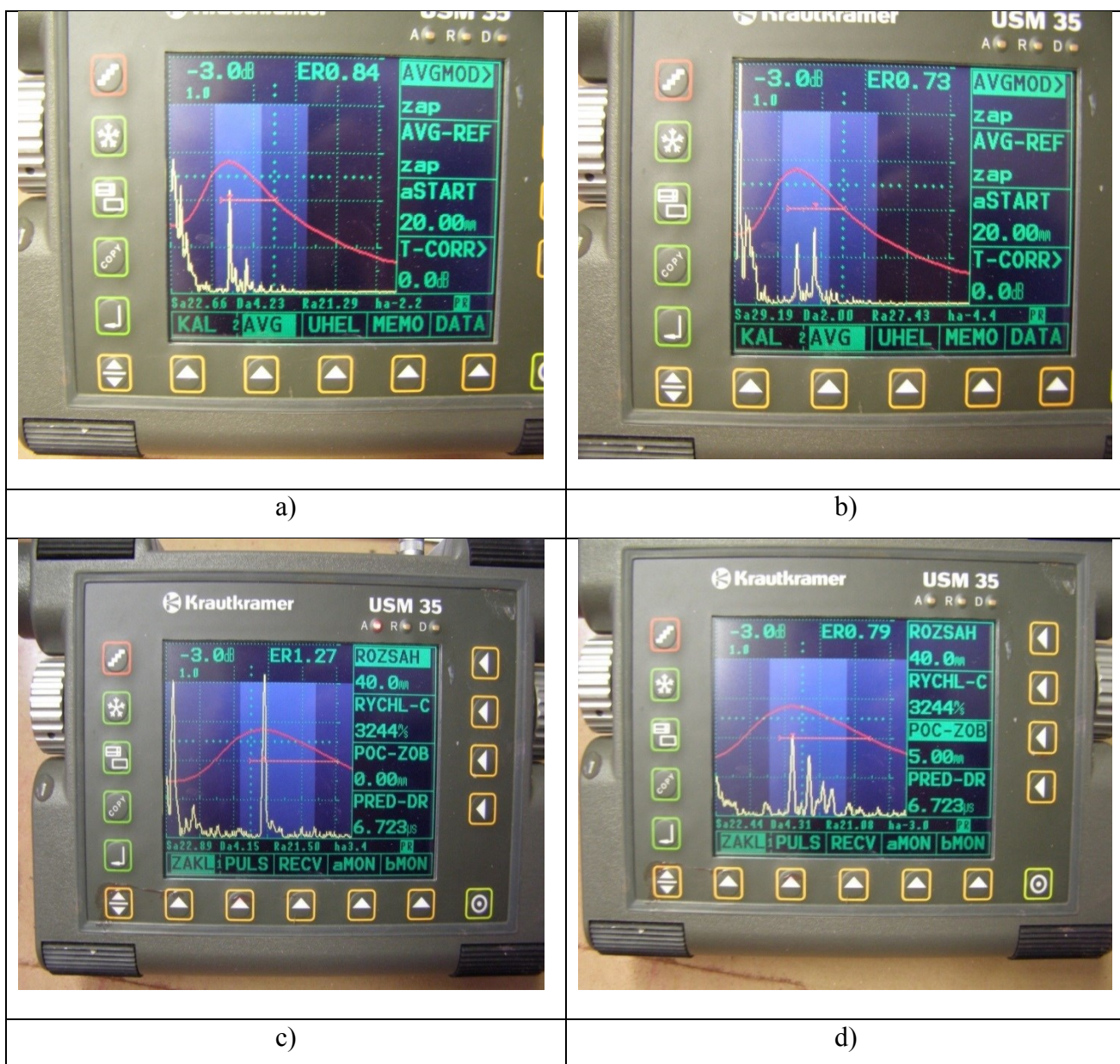


Obr.4.7 Radiogram vzorky PK1

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 1, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené pór o veľkosti 1mm a zhľuky pórov o veľkosti 16mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.7.



**Ultrazvuková skúška (UT)** – Pred ultrazvukovou metódou sa musel dôkladne očistiť povrch okolo zvaru. Na očistený povrch sa naniesol viazací prostriedok po ktorom sa pohybovala sonda. V priebehu odrazovej metódy bolo zisťovanie odrazov ultrazvukových impulzov (tzv. ech), ktoré boli spôsobené vadami materiálov. Vysielačom sondou vyslané krátke ultrazvukové impulzy sa odrážali od protiahlého povrchu skúšaného objektu a vracali sa späť do vysielačnej sondy, ktorá je súčasne i prijímačom ( jedno sondová prevádzka) kde vytvára echo o rozpätí M, ktoré je úmerné hrúbke skúšaného objektu . Ak skúšaný objekt obsahoval vadu, objavil sa medzi počiatočným a koncovým echom echo poruchové. Vzďialenosť vady od povrchu skúšaného objektu sa určovalo z doby príchodu echa po vyslaní ultrazvukového impulzu a je teda úmerná vzdialenosti medzi počiatočným a poruchovým echom. Veľkosť vady sa určovala z veľkosti amplitúdy echa.





Obr. 4.8 Zaznamenanie indikácie ultrazvukom pre vzorku PK1



Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.8 sú póry a zhluky pórov:

- a) Vo vzdialenosti 190 mm od začiatku v dĺžke 8 mm, 2 mm pod povrchom a 2 mm široká
- b) Vo Vzdialenosti 270 mm od začiatku v dĺžke 8 mm, 1 mm pod povrchom a 2 mm široká
- c) Vo vzdialenosti 300 mm od začiatku v dĺžke 15 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 2 mm široká
- d) Vo vzdialenosti 330 mm od začiatku v dĺžke 12 mm, 3 mm pod povrchom a 3 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05			
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			Revize 1 Strana 1/1		
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zákázka č. PK1		7. Protokol č. 1 UT		
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 1		8. WPS č. ---		9. WPQR č. ---		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm				
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm				
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. ---				
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň : 2			
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW	18. Metoda svařování : 141			
19. Technické údaje						
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100	27. Rozsah [mm] : 125			
		24. Frekvence [MHz] : 4	28. Zesílení [dB] : 45/64			
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : ---	29. Útlum [dB/m] : ---			
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : ---	30. Dksr [mm] : 1			
31. Výsledek						
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y) N (n)	36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt	
PK1	141	---	X	x=190 h=4 l=8 z=2	Náčrt viz. ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2	
PK1	141	---	X	x=270 h=2 l=8 z=1		
PK1	141	---		X		x= 300 h=4 l=15 z=0
PK1	141	---	X	x= 330 h=4 l=12 z=3		
38. Celkové hodnocení / závěr:						
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)				
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje		
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace		
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
46. Vyhodnotil : Václav Huňář						
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně						



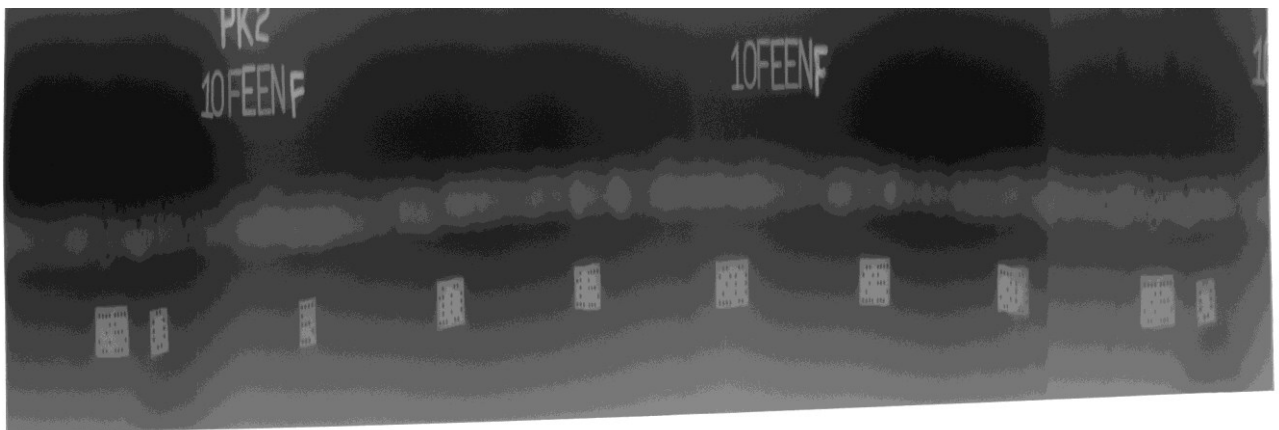
**Vzorka č. 2** bola vyrobená z materiálu P235GH skupina 1.1, na ktorej bol prevedený zvar. V mieste zvaru neboli nájdene žiadne povrchové defekty.

**Vizuálna kontrola (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne povrchové vady

**Magnetická skúška (MT)** – pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli zaznamenané žiadne povrchové vady

**Skúška prežiarením (RT)**

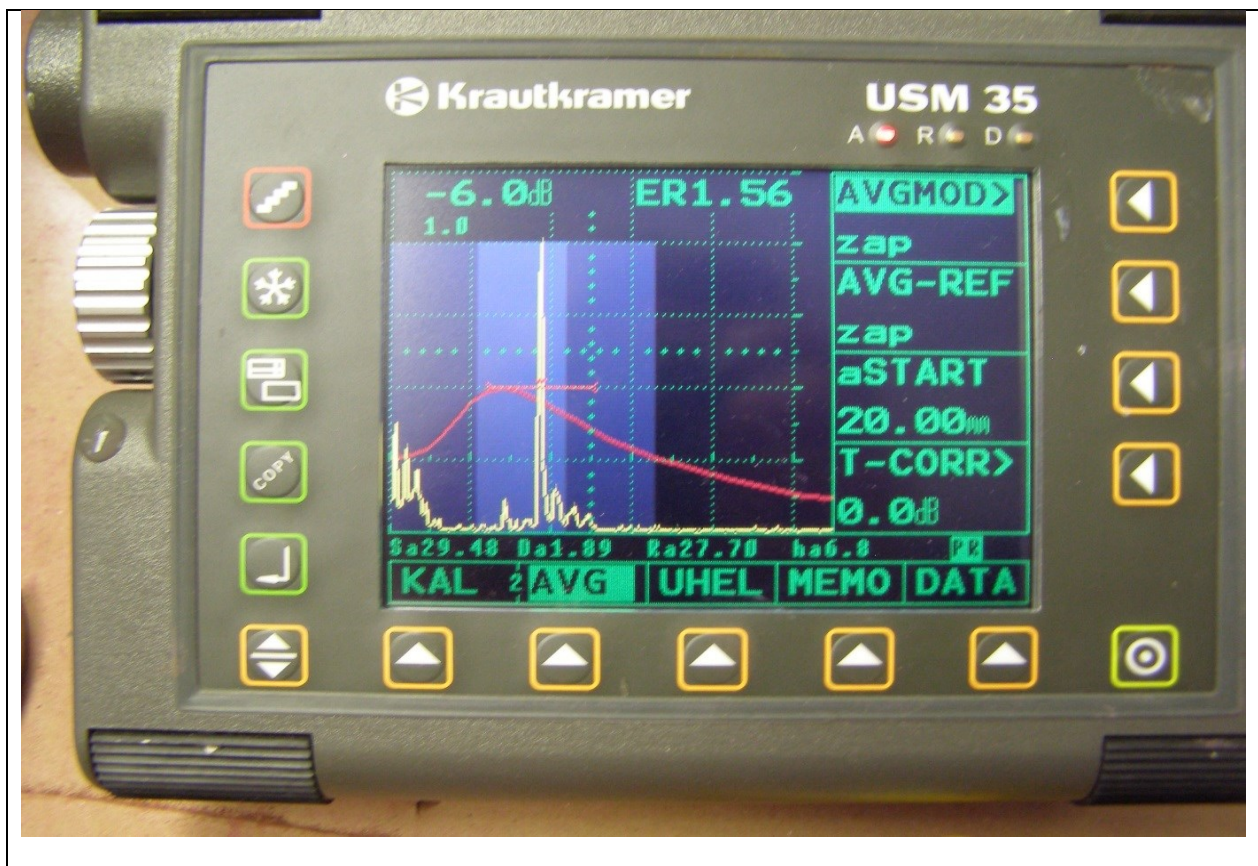


Obr. 4.9 Radiogram vzorky PK2

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 2, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené por o veľkosti 2 mm a zhluky pórov o veľkosti 15mm. Nájdene vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok je viditeľné z obr. 4.9.



## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.10 Ultrazvuková zkouška vzorky PK2

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.10 sú póry a zhluky pórov:

- Vo vzdialenosti 330 mm od začiatku v dĺžke 16 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 2 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok



		TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
		<b>Protokol o zkoušce ultrazvukem</b> dle ČSN EN ISO 17 640 B				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. PK2			
			7. Protokol č. 2 UT			
			8. WPS č. ---			
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 2			9. WPQR č. —			
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj			12. Výkres č. —			
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666				17. Klasifikační stupeň : 2		
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW		18. Metoda svařování : 141		
19. Technické údaje						
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100		27. Rozsah [mm] : 125		
		24. Frekvence [MHz] : 4		28. Zesílení [dB] : 45/64		
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : —		29. Útlum [dB/m] : —		
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : —		30. Dksr [mm] : 1		
31. Výsledek						
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení		36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt  Náčrt viz. ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK2	141	---	V (y)	N (n)	x=300 h=2 l=16 z=0	
				X		
38. Celkové hodnocení / závěr:						
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)				
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje		
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář			49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace	
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
46. Vyhodnotil : Václav Huňář						
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně						

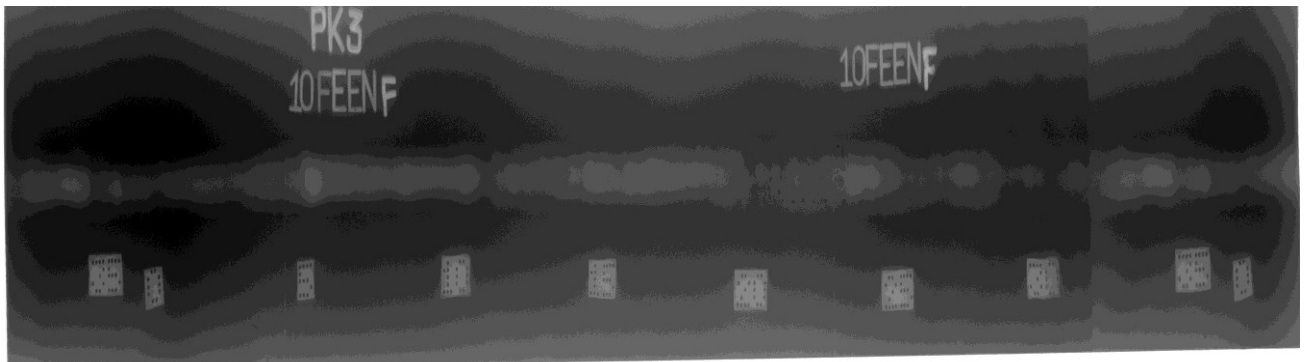
**Vzorka č.3**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne indikácie



**Magnetická skúška (MT)** – pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli nájdené žiadne indikácie

**Skúška prežiarením (RT)** – pri vyhodnocovaní radiogramu, bol objavený vo vzdialenosti 200 až 235mm od začiatku zhluk pórov.

**Skúška prežiarením (RT)**

Obr. 4.11 Radiogram vzorky PK3

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 3, nachádzajú vnútorné vady. Ide o zhluky pórov o veľkosti 35mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr.. 4.11.

		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. 3 RT						
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 3		8. WPS č. —		9. WPQR č. —						
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm						
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —		5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj						
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---		27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm								
19. Napětí [kV] : ---		28. Expoziční čas : 20 sec.								
20. Proud: [mA] : ---		29. Značka filmu : Agfa D5								
21. Druh zářiče : Se 75		30. Folie : Pb 0,027								
22. Aktivita [Bq] : 930		31. Vyvolání : ruční								
23. Typ měrky : EN Fe 10		32. Umístění měrky : Na straně filmu								
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň : 1								
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B								
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: PK 3								
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozezetelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
20 až 23,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	2013	Ano	Ne
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje		-----								
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje		<b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>								
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej						56. Inspekční organizace				
51. Číslo certifikátu : Tesydo-COP 078										
52. Vyhodnotil : Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu : Tesydo-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017										



## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.12 Ultrazvuková skúška vzorky PK3

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.12 sú póry a zhluky pórov:

- Vo vzdialenosti 200 mm od začiatku v dĺžke 4 mm, 0 až 1mm pod povrchom a 4 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN-EN ISO 17 640 B		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. PK3		7. Protokol č. 3 UT	
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 3		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm			
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —			
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň : 2		
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW	18. Metoda svařování : 141		
19. Technické údaje					
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100	27. Rozsah [mm] : 125		
		24. Frekvence [MHz] : 4	28. zesílení [dB] : 45/64		
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : —	29. Útlum [dB/m] : —		
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : —	30. Dksr [mm] : 1		
31. Výsledek					
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení		37. Poznámka, náčrt
PK3	141	---	V (y)	N (n)	
				X	
				x=200 h=4 l=40 z=0	
38. Celkové hodnocení / závěr:					
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace	
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
46. Vyhodnotil : Václav Huňář					
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně					

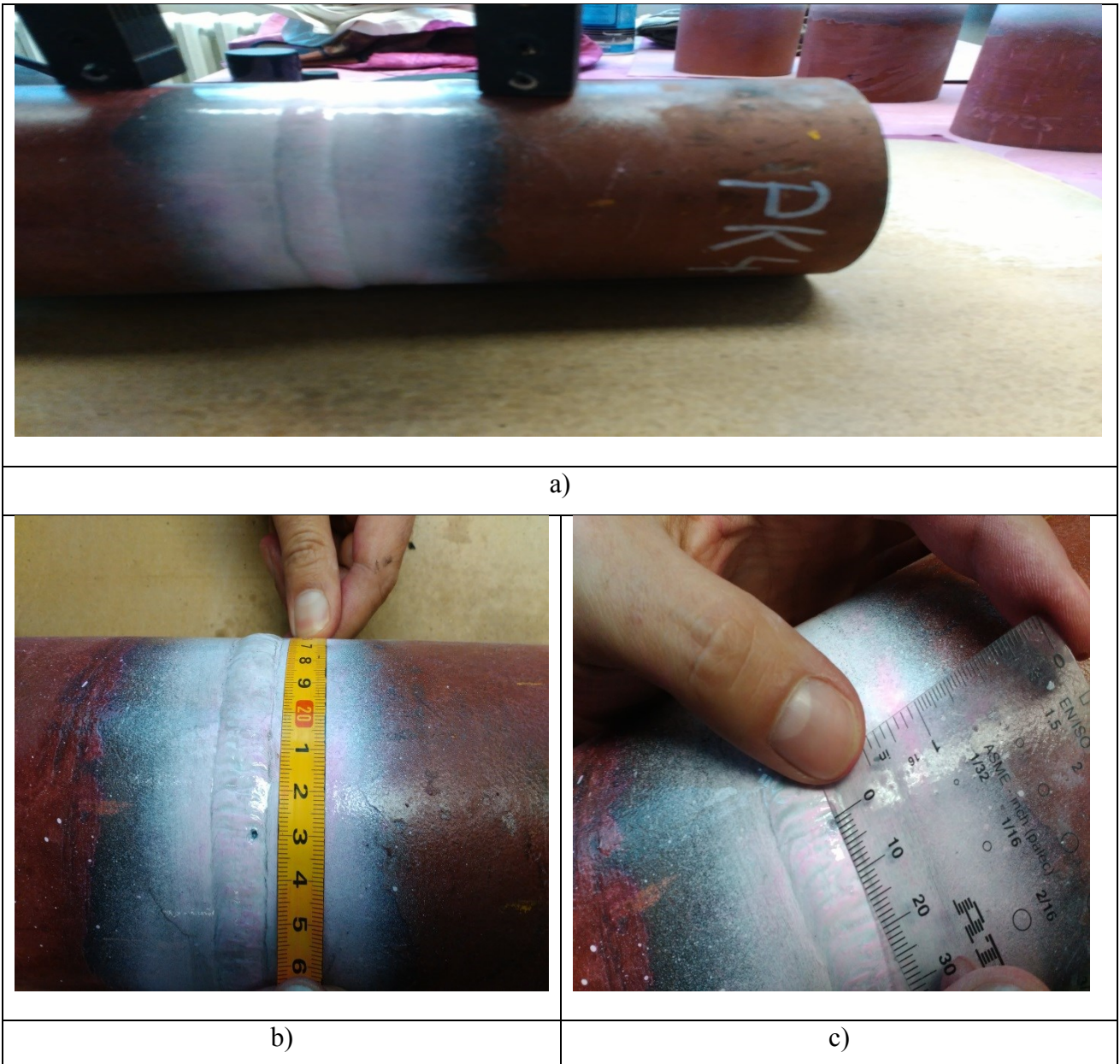


**Vzorka č.4**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady



**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne indikácie


**Magnetická skúška (MT)**

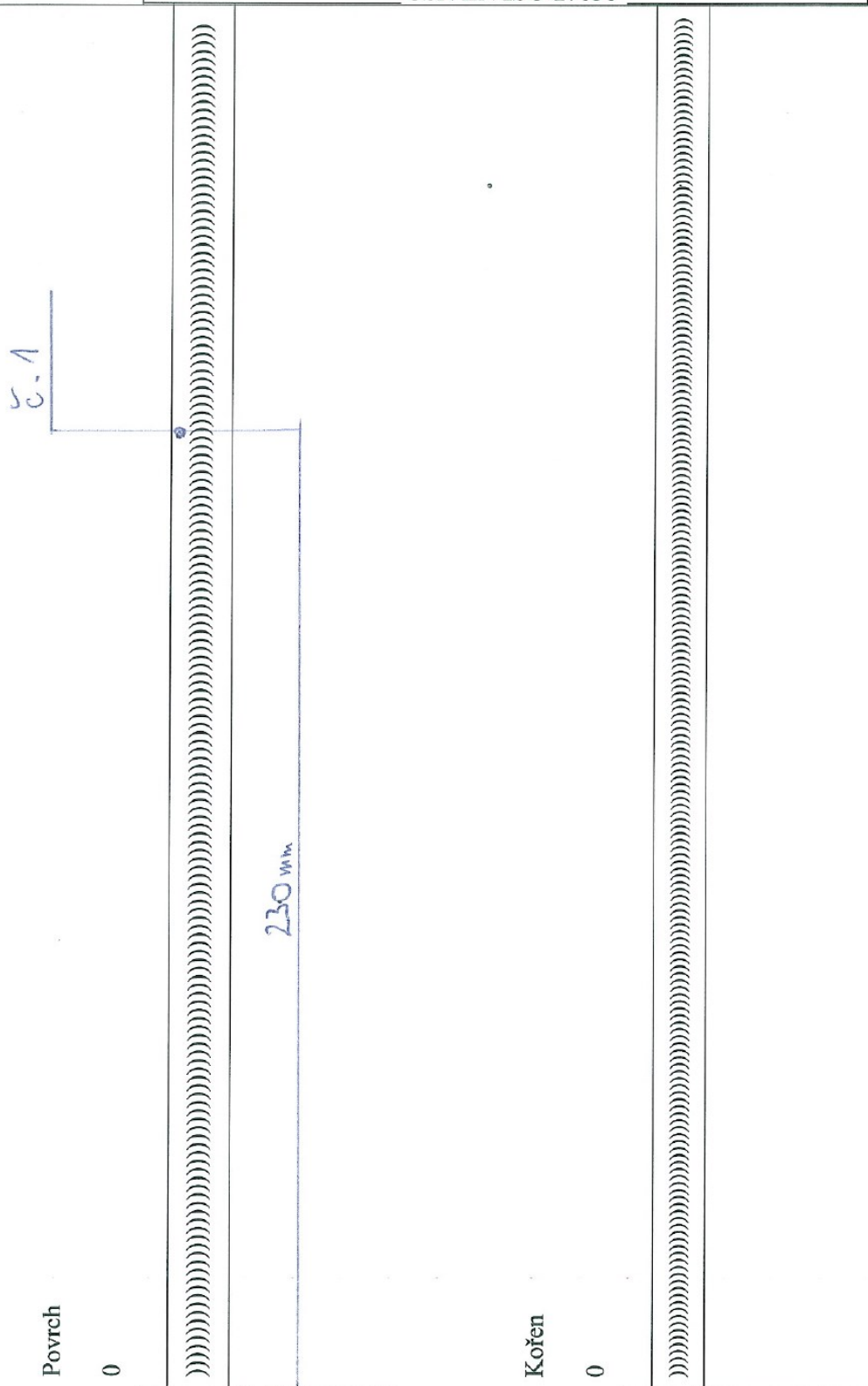


Obr. 4.13 Magnetická skúška vzorky PK4: a)magnetovanie, b) meranie polohy indikácie, c) meranie veľkosti indikácie

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej vady bola nameraná hodnota  $d = \phi 1,5$  mm, veľkosť nameranej hodnoty je v tolerancii danou zadávateľom, ako je vidieť na obr. 4.13.

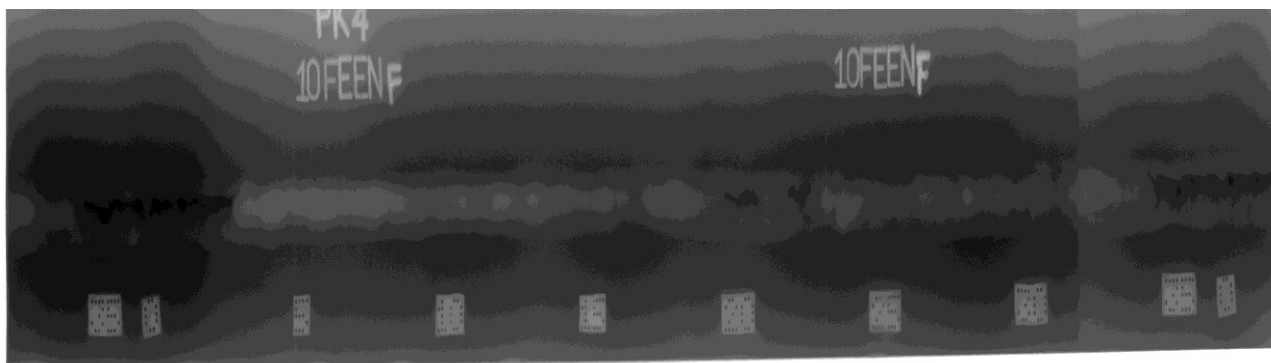
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
1. Zákazník:	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.: —
			7. Protokol č.: 4 MT
			8. WPS č.: —
2. Výrobek:	Zkušební kus – trubka, PK 4		9. WPQR č.: —
3. Základní materiál 1:	P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm
4. Základní materiál 2:	P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm
5. Zkoušená část/oblast:	Svarový spoj		12. Výkres č.: —
13. Účel zkoušky:	Diplomová práce – Pavol Kurej		
14. Hodnocení dle:	ČSN EN ISO 23278		17. Klasifikační stupeň: 2x
15. Rozsah zkoušení [%]:	100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141
<b>19. Technické údaje</b>			
20. Magnetizace:	21. Přístroj - typ :		22. Detekční prášek:
<input checked="" type="checkbox"/> Podkova	PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,		<input type="checkbox"/> Fluorescenční
<input type="checkbox"/> Průchod proudem			<input checked="" type="checkbox"/> Barevný
<input type="checkbox"/> Kombinovaná			<input type="checkbox"/> Suchý
			<input checked="" type="checkbox"/> Suspenze
23. Typ detekčního prášku: MR 76S, šarže: 76S/1142A			
24. Kontrolní měrka:	MTU č.3, Bertholdova	26. Proud [A]: >2,4kA/m	28. Druh: AC
25. Povrch:	Hladký (kartáčován)	27. Teplota povrchu [°C]:	20
<b>29. Výsledek</b>			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 1,5 mm			
<b>30. Celkové hodnocení / závěr:</b>			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad	<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)		
<input type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje	<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	<input checked="" type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl:	Pavol Kurej	41. Razítko a podpis	42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
38. Vyhodnotil:	Pavol Kurej		
39. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
40. Datum vyhodnocení:	28. 3. 2017		

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle <span style="float: right;">PK4</span> ČSN EN ISO 17638	







## Skúška prežiarením (RT)



Obr. 4.14 Radiogram vzorky PK4

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 4, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené póry o veľkosti 0,6 až 1 mm a neprevarený koreň v úsekoch 0 až 30mm, 195 až 210mm, 220 až 225mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmatok, ako je viditeľné z obr. 4.14.

		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>4 RT</b>							
			8. WPS č. —							
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 4			9. WPQR č. —							
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm							
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm							
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj			12. Výkres č. —							
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---			27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm							
19. Napětí [kV] : ---			28. Expoziční čas : 20 sec.							
20. Proud: [mA] : ---			29. Značka filmu : Agfa D5							
21. Druh zářiče : Se 75			30. Folie : Pb 0,027							
22. Aktivita [Bq] : 930			31. Vyvolání : ruční							
23. Typ měrky : EN Fe 10			32. Umístění měrky : Na straně filmu							
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1			33. Klasifikační stupeň : 1							
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1			34. Radiograf. technika : Třída B							
26. Tepelné zpracování : ne			35. Číslo snímku: PK 4							
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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
21,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	2011	X	
23	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	2011	X	
33,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	2011	X	
0 až 3	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	515		X
19,5 až 21	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	515		X
22 až 22,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	515		X
34 až 0	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,9	W14	6. 3. 2017	515		X
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje										
<b>Ne vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej			53. Razítko a podpis			56. Inspekční organizace				
51. Číslo certifikátu : TESIYO-COP 078										
52. Vyhodnotil : Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu : TESIYO-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017										

## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.15 Ultrazvuková skúška vzorky PK4

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.15 sú póry a neprevarený koreň:

- Vo vzdialenosti 0 mm od začiatku v dĺžke 30 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 6 mm široká
- Vo vzdialenosti 230 mm od začiatku v dĺžke 15 mm, 0 až 1mm pod povrchom a 1,6mm
- Vo vzdialenosti 190 mm od začiatku v dĺžke 25 mm, 3 mm pod povrchom a 5 mm široká
- Vo vzdialenosti 330 mm od začiatku v dĺžke 5 mm, 2mm pod povrchom a 2 mm široká

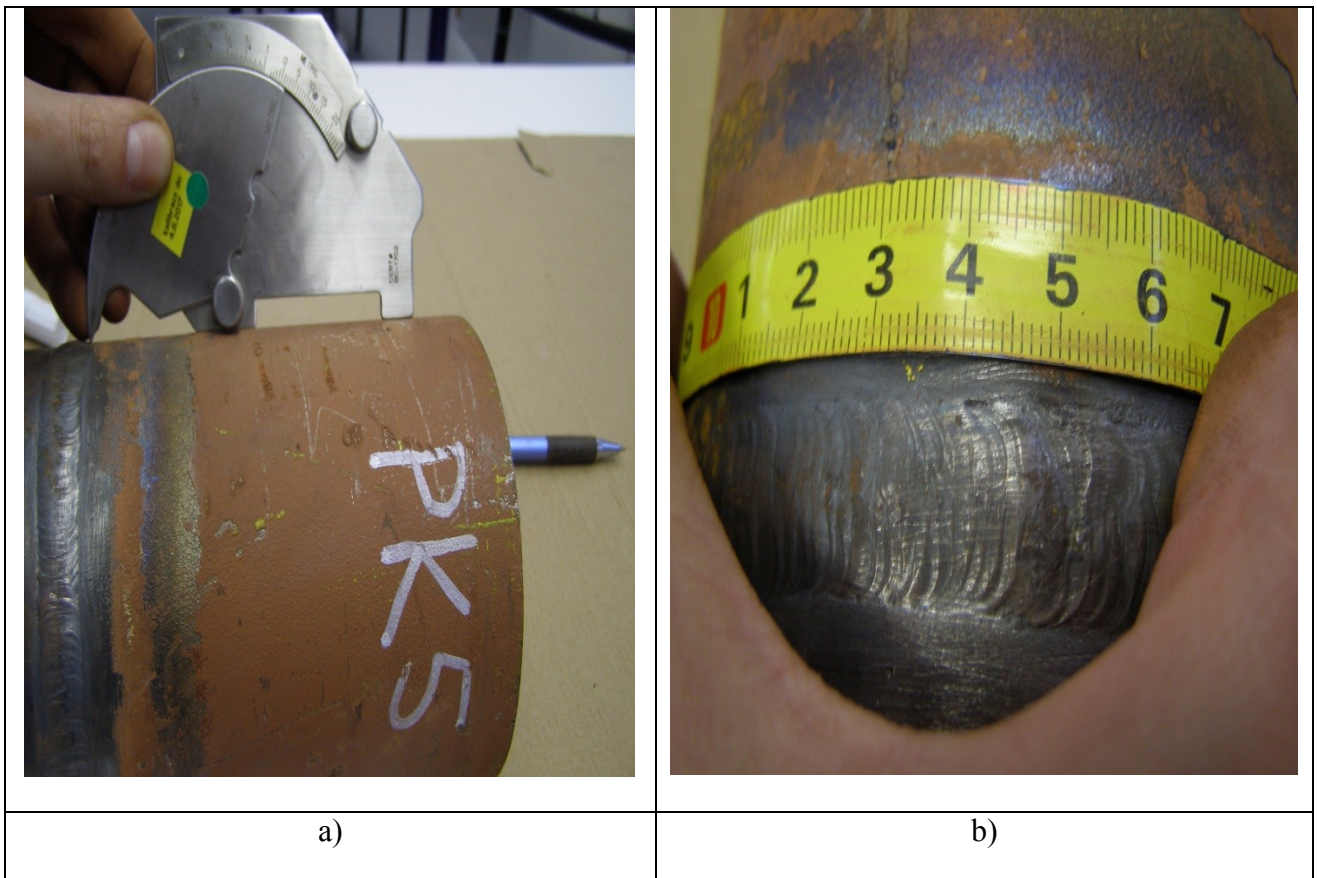
Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerance danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			Revize 1 Strana 1/1	
1. Zákazník: <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b> <b>Fakulta technologická</b> náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. PK4		7. Protokol č. 4 UT	
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 4		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Růzměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Hodnocení dle: EN ISO 11 666		17. Klasifikační stupeň: 2			
15. Rozsah zkoušení [%]: 100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141			
19. Technické údaje					
20. Přístroj - typ: Krautkrämer USM 35		23. Časová základna: 100	27. Rozsah [mm]: 125		
		24. Frekvence [MHz]: 4	28. Zesílení [dB]: 45/64		
21. Sonda: MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB]: —	29. Útlum [dB/m]: —		
22. Vazební prostředek: gel		26. Povrch: —	30. Dksr [mm]: 1		
31. Výsledek					
32. Označení zkušebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y) N (n)	36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt
PK4	141	---	X	x=0 h=6 l=30 z=0	Náčrt viz. ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK4	141	---	X	x=230 h=1,6 l=15 z=-3	
PK4	141	---	X	x=190 h=5 l=25 z=0	
PK4	141	---	X	x=330 h=3,5 l=5 z=2	
38. Celkové hodnocení / závěr:					
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl:	Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace
45. Číslo certifikátu:	ATG-C-14880				
46. Vyhodnotil:	Václav Huňář				
47. Číslo certifikátu:	ATG-C-14880				
48. Datum vyhodnocení:	28. 3. 2017 v Brně				

Vzorka č.5



## Vizuálna skúška (VT)




Obr. 4.16 Vizuálna kontrola vzorky PK5: a)meranie hĺbky zápalu Univerzálnou VT mierkou, b) meranie polohy a veľkosti vady

Pri vizuálnej kontrole, bolo zistené, že hĺbka zápalu bola 0,5mm.a dĺžka bola 2 mm. Nasledovné bola povrchová vada preverená ďalšími metódami na určovanie povrchových vad, a to magnetickou skúškou a kapilárnou skúškou.

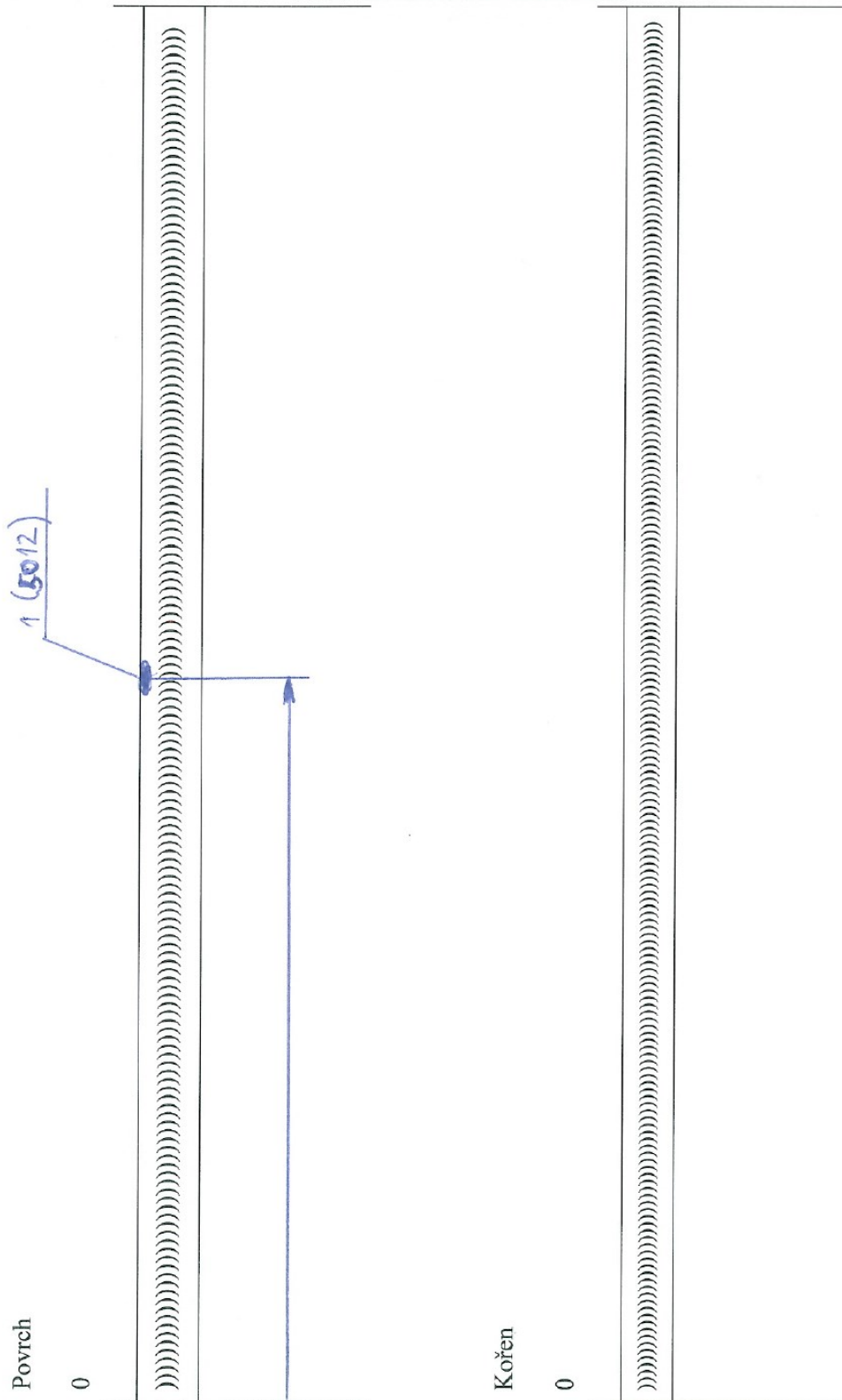


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01		
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/2		
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. —			
		7. Protokol č. 5 VT			
		8. WPS č. —			
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 5		9. WPQR č. —			
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj - povrch		12. Výkres č. —			
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141	
17. Specifikace zkušebního systému					
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637					
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení : přímá			
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítidlo		24. Intenzita osvětlení [lux] : 755			
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti: B			
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů Ev. č.15/15, měřidlo hloubky vady Ev. č.16/15, posuvné měřítko Ev. č.018/07, svinovací metr Ev. č.015/05, luxmetr Vyr. č.D42312, lupa 4 x zvětšující, ruční svítilna			
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	5012 – nesouvislé zápalý	0,5	—	—	nevyhovuje
31. Celkové hodnocení / závěr:					
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje					
33. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje					
<b>Ne vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b>					
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: 28. 3. 2017					

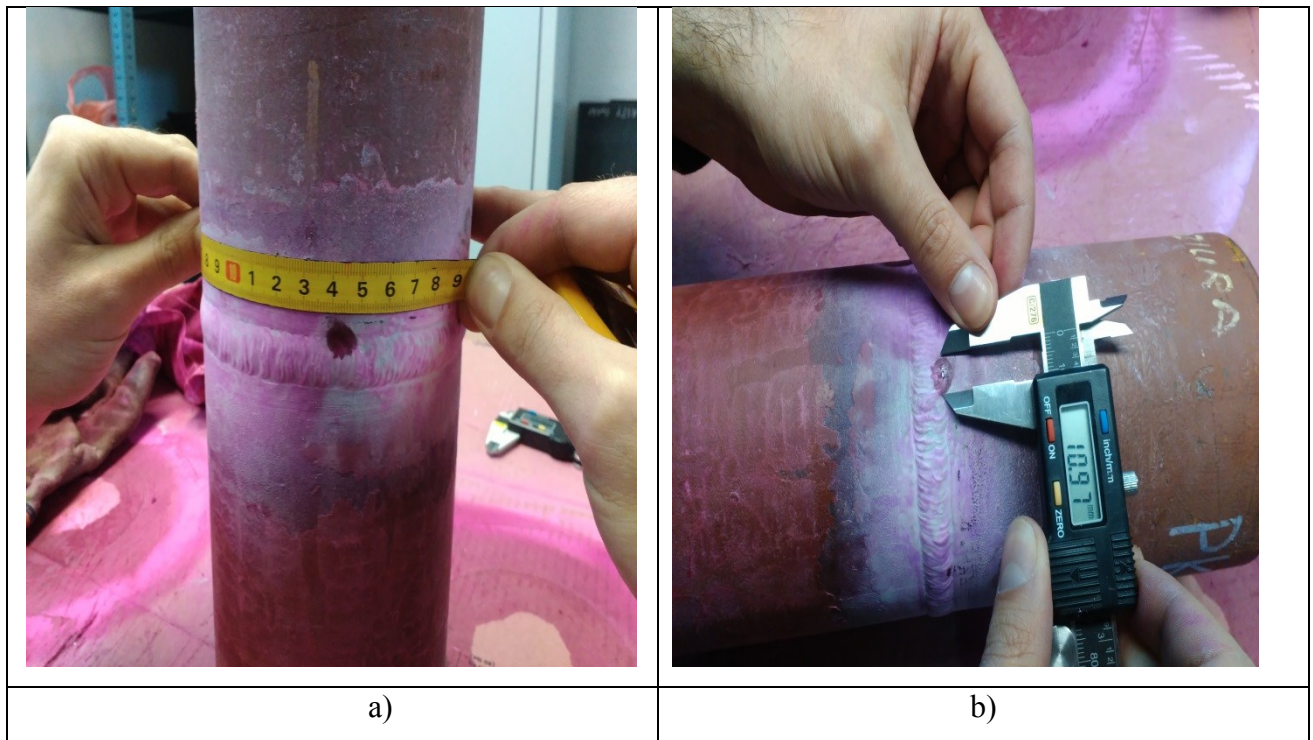
	TESHDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F01
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637	Revize 1 Strana 2/2

PK5

Schéma umístění vad svarů:





## Kapilárna skúška (PT)



Obr. 4.17 Kapilárna skúška vzorky PK5: a)zameranie polohy indikácie,  
b) meranie veľkosti indikácie

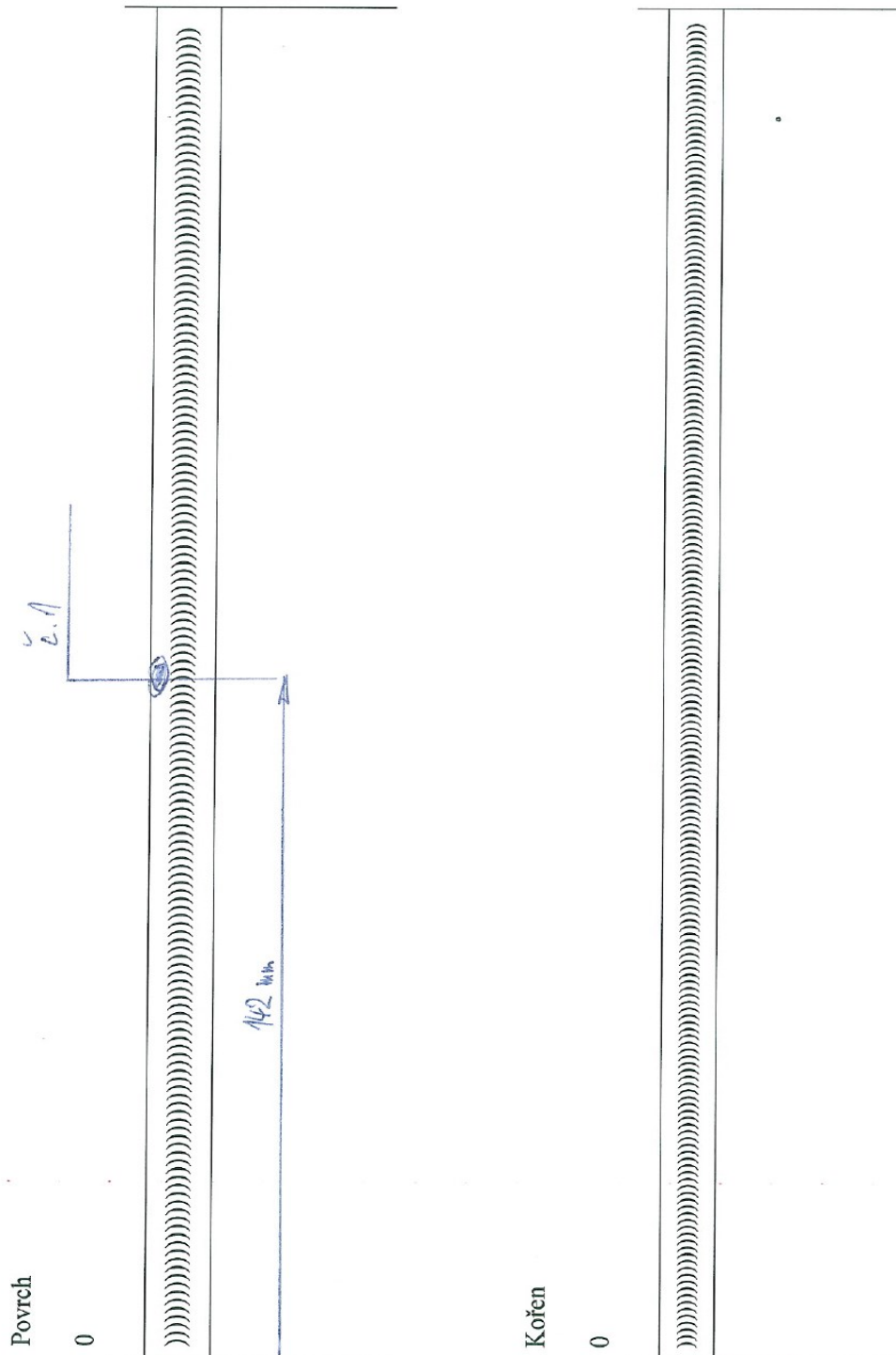
Z vyhodnotenia kapilárnej skúšky vyplynulo, že priemer povrchovej indikácie bol nameraný  $d = \phi$  10,19mm. Táto nameraná hodnota, bola mimo tolerancie danou zadávateľom a testovaný kus bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.17.



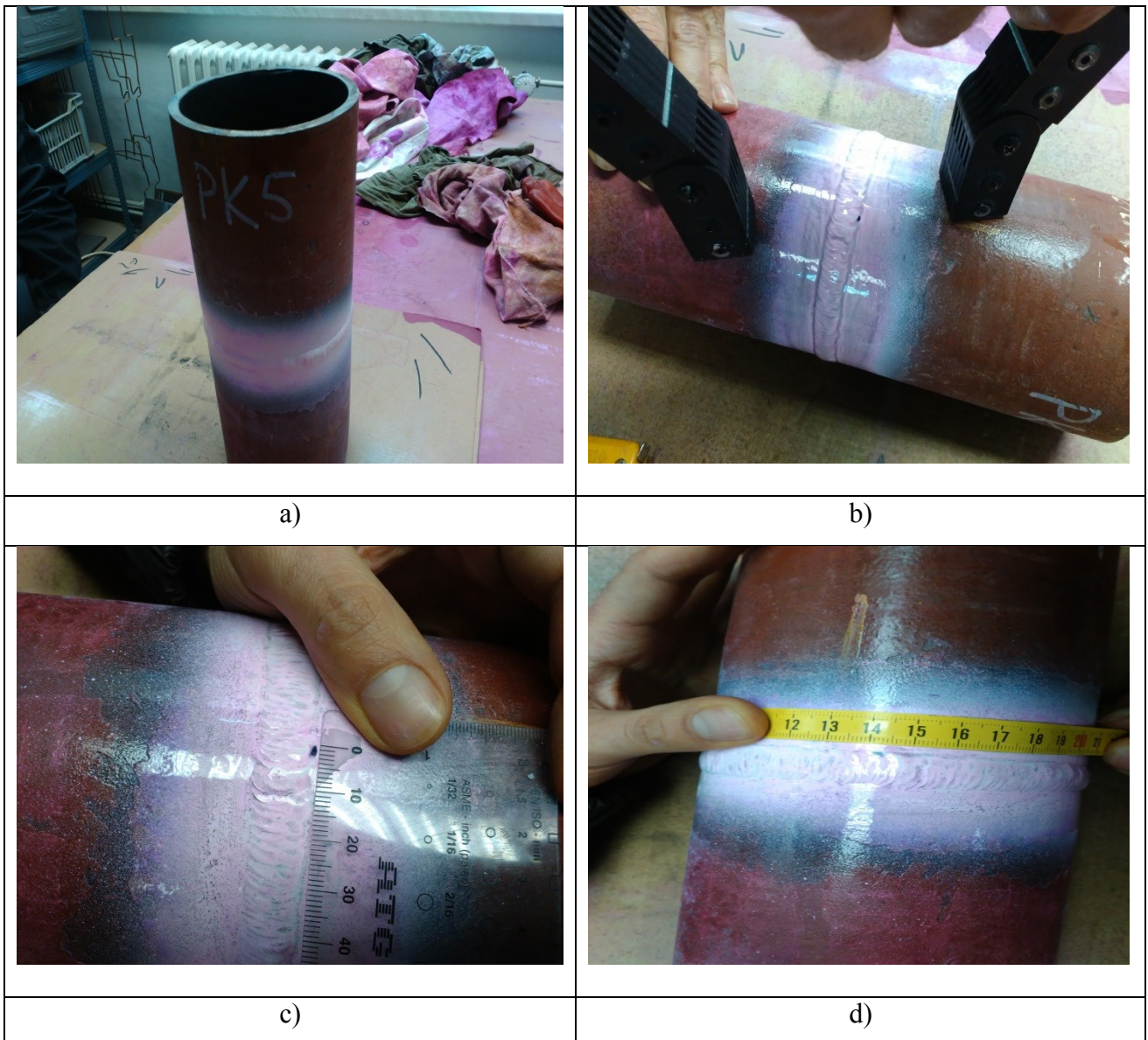
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2		Revize 3 Strana 1/2
1. Zákazník: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.	—
		7. Protokol č.	5 PT
		8. WPS č.	—
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 5		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr:	ø 114,0 x 8,0 mm
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr:	ø 114,0 x 8,0 mm
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.	—
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 141
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: PFINDER Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant: PFINDER 860	CH:L1101546	spray	26. Penetrační čas [min]: 15
21. Čistič: PFINDER 895	CH:L1101845	textil	27. Vyvolávací čas [min]: 20
22. Emulgátor: —			28. Zkušební teplota [°C]: 20
23. Vývojka: PFINDER 871	CH:L1101867	spray	29. Povrch: Hladký povrch
24. Zdroj osvětlení: Stropní svítidly		30. Intenzita osvětlení [lux]:	807, Ev.č luxmetru D42312
31. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23277, stupeň 2X			
32. Výsledky zkoušky: Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 10,19 mm			
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. Razítko a podpis	
40. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
41. Vyhodnotil:	Pavol Kurej		
42. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
43. Datum vyhodnocení:	28. 3. 2017		
		45. Inspekční organizace	

	TESHDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, II Ce stupeň 2	PK5

Schéma umístění vad svarů:





## Magnetická skúška (MT)




Obr. 4.18 Magnetická skúška vzorky PK5: a) nanesenie podkladu, b) magnetovanie, c) meranie veľkosti indikácie, d) meranie polohy indikácie

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej vady bola nameraná hodnota  $d = \phi 2 \text{ mm}$ , veľkosť nameranej hodnoty je v tolerancii danou zadávateľom, ako je vidieť na obr. 4.18.

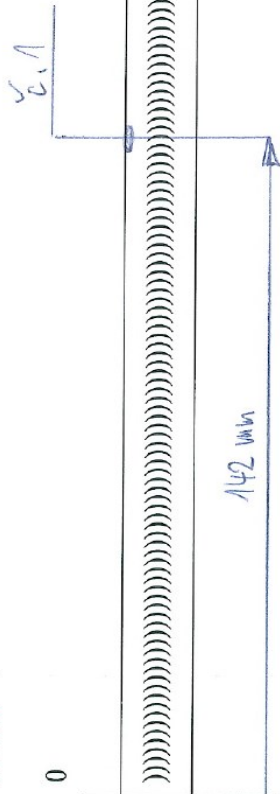


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
1. Zákazník: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín	6. Zakázka č.: —	7. Protokol č.: <b>5 MT</b>	8. WPS č.: —
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 5	9. WPQR č.: —	10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1	10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	12. Výkres č.: —
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1	11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	12. Výkres č.: —	
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj	12. Výkres č.: —		
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23278		17. Klasifikační stupeň: 2x	
15. Rozsah zkoušení [%]: 100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141	
19. Technické údaje			
20. Magnetizace: <input checked="" type="checkbox"/> Podkova <input type="checkbox"/> Průchod proudu <input type="checkbox"/> Kombinovaná	21. Příklad - typ : PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,	22. Detekční prášek: <input type="checkbox"/> Fluorescenční <input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Suchý <input checked="" type="checkbox"/> Suspenze	
23. Typ detekčního prášku: MR 76S, šarže: 76S/1142A			
24. Kontrolní měrka: MTU č.3, Bertholdova	26. Proud [A]: >2,4kA/m	28. Druh: AC	
25. Povrch: Hladký (kartáčován)	27. Teplota povrchu [°C]: 20		
29. Výsledek			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 2 mm			
30. Celkové hodnocení / závěr:			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad	<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)		
<input type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje	<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	<input checked="" type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl: Pavol Kurej	41. Razítka a podpis	42. Inspekční organizace	
37. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078			
38. Vyhodnotil: Pavol Kurej			
39. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078			
40. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			

	TESHDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638	PK5 Revize 1 Strana 2/2

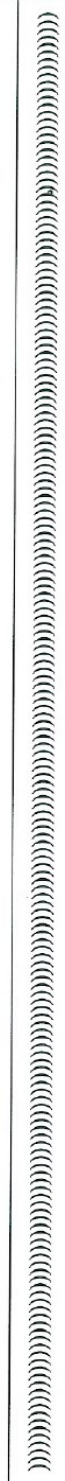
Povrch

0

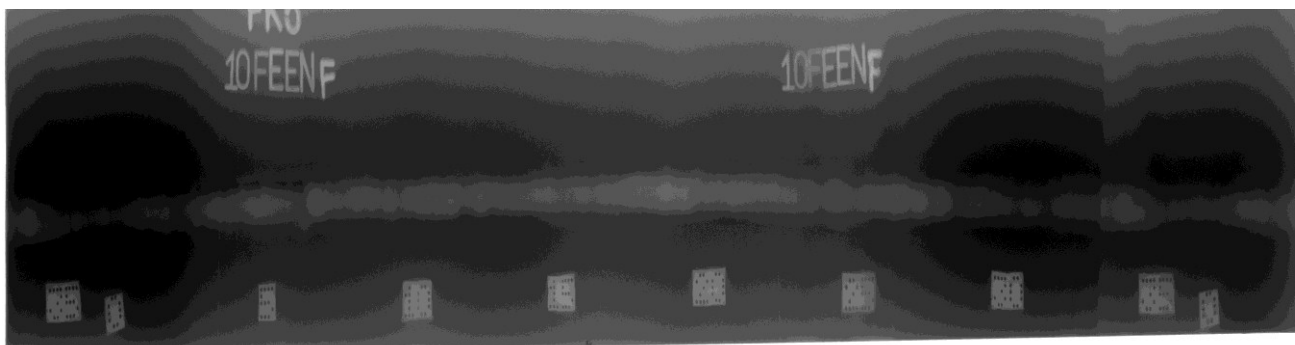


Kořen

0





## Skúška prežiarením (RT)



Obr. 4.19 Radiogram vzorky PK5

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 5, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené póry o veľkosti 0,7 až 1 mm a vruby v koreňu v úseku 20 až 75mm. Nájdene vnútorné vady sú defekty výrobku v tolerancii danou zadávateľom, ako je viditeľné z obr. 4.19.

	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. 5 RT								
		8. WPS č. —								
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 5		9. WPQR č. —								
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm								
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm								
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —								
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---		27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm								
19. Napětí [kV] : ---		28. Expoziční čas : 20 sec.								
20. Proud: [mA] : ---		29. Značka filmu : Agfa D5								
21. Druh zářiče : Se 75		30. Folie : Pb 0,027								
22. Aktivita [Bq] : 930		31. Vyvolání : ruční								
23. Typ měrky : EN Fe 10		32. Umístění měrky : Na straně filmu								
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň : 1								
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B								
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: PK 5								
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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	114,0	8,0	5 x 48	2,5	W14	6. 3. 2017	2011	X	
9	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,5	W14	6. 3. 2017	2011	X	
10	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,5	W14	6. 3. 2017	2011	X	
2 až 7,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,5	W14	6. 3. 2017	5013	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1								
49. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej		55. Razítka a podpis		56. Inspekční organizace						
51. Číslo certifikátu : TESIYO-COP 078										
52. Vyhodnotil : Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu : TESIYO-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017										



## Ultrazvuková skúška (UT)




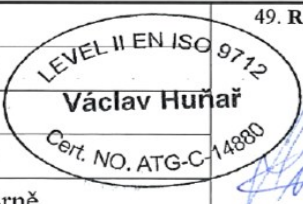

Obr. 4.20 Ultrazvuková skúška vzorky PK5

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.20 sú póry a vruby v koreňu:

- Vo vzdialenosti 10 mm od začiatku v dĺžke 3 mm, 1 mm pod povrchom a 4 mm široká
- Vo vzdialenosti 95 mm od začiatku v dĺžke 15 mm, 4 mm pod povrchom a 1,9mm
- Vo vzdialenosti 20 mm od začiatku v dĺžke 55 mm, 7 mm pod povrchom a 6 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmatok..

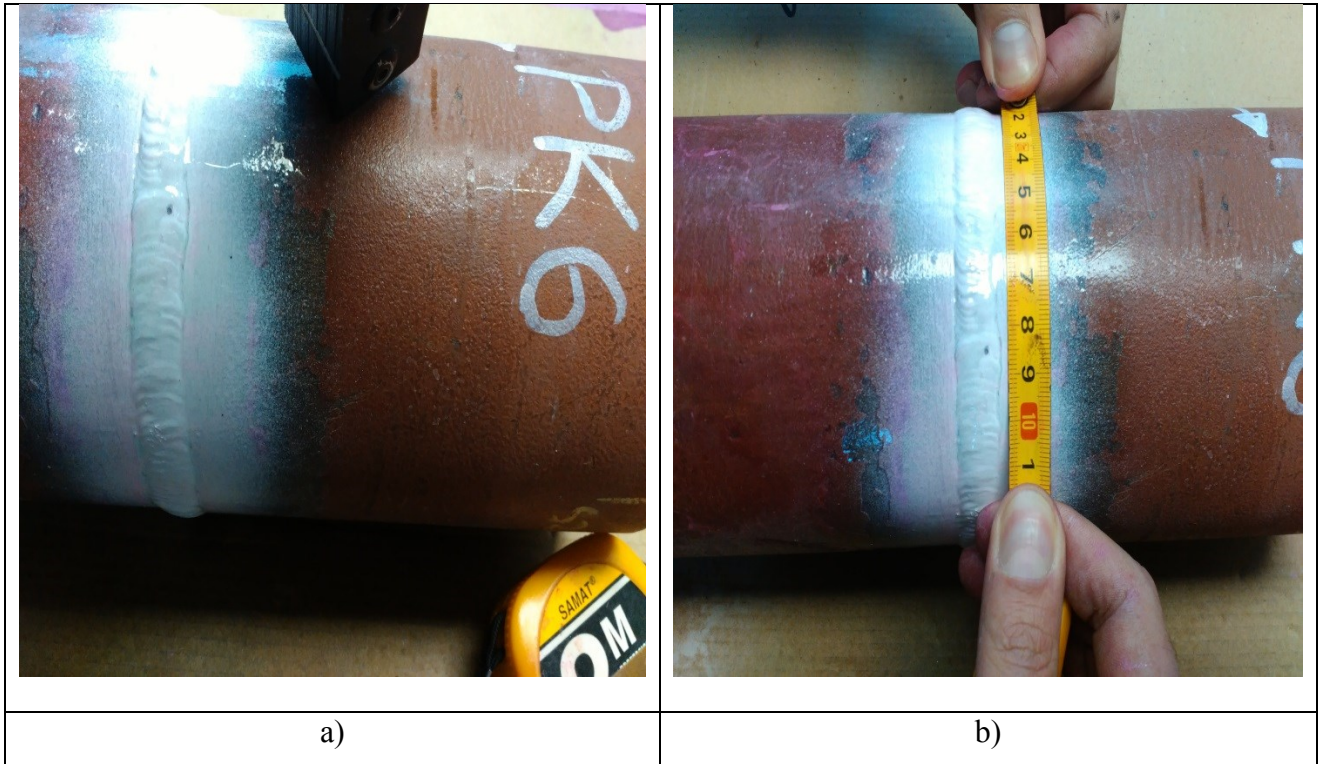


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05			
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			Revize 1 Strana 1/1		
1. Zákazník: <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b> <b>Fakulta technologická</b> náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. PK5		7. Protokol č. <b>5 UT</b>		
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 5		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm				
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm				
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č. —				
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Hodnocení dle: EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň: 2			
15. Rozsah zkoušení [%]: 100		16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141			
19. Technické údaje						
20. Přístroj - typ: Krautkrämer USM 35		23. Časová základna: 100	27. Rozsah [mm]: 125			
		24. Frekvence [MHz]: 4	28. Zesílení [dB]: 45/64			
21. Sonda: MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB]: —	29. Útlum [dB/m]: —			
22. Vazební prostředek: gel		26. Povrch: —	30. Dksr [mm]: 1			
31. Výsledek						
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y)   N (n)		36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt  Náčrt viz. ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK5	141	---	X		x=10 h=4 l=3 z=1	
PK5	141	---	X		x=95 h=1,9 l=15 z=4	
PK5	141	---	X		x=20 h=6 l=55 z=0	
38. Celkové hodnocení / závěr:						
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)				
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje		
44. Zkoušku provedl: Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace		
45. Číslo certifikátu: ATG-C-14880						
46. Vyhodnotil: Václav Huňář						
47. Číslo certifikátu: ATG-C-14880						
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně						

**Vzorka č.6**



**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne povrchové vady


**Magnetická skúška (MT)**

Obr. 4.21 Magnetická skúška vzorky PK6: a) magnetovanie vzorky, b) zameranie polohy indikácie

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej vady bola nameraná hodnota  $d = \phi 1,5 \text{ mm}$ , veľkosť nameranej hodnoty je v tolerancii danou zadávateľom, ako je vidieť na obr. 4.21.

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
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>6 MT</b>	
	8. WPS č.:	—	
2. Výrobek: <b>Zkušební kus – trubka, PK 6</b>	9. WPQR č.:	—	
3. Základní materiál 1: <b>P235GH, skupina 1.1</b>	10. Rozměr:	ø 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: <b>P235GH, skupina 1.1</b>	11. Rozměr:	ø 114,0 x 8,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast: <b>Svarový spoj</b>	12. Výkres č.:	—	
13. Účel zkoušky: <b>Diplomová práce – Pavol Kurej</b>			
14. Hodnocení dle: <b>ČSN EN ISO 23278</b>		17. Klasifikační stupeň: <b>2x</b>	
15. Rozsah zkoušení [%]: <b>100</b>	16. Typ svaru: <b>BW</b>	18. Metoda svařování: <b>141</b>	
19. Technické údaje			
20. Magnetizace: <input checked="" type="checkbox"/> Podkova <input type="checkbox"/> Průchod proudu <input type="checkbox"/> Kombinovaná	21. Přístroj - typ : <b>PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,</b>		22. Detekční prášek: <input type="checkbox"/> Fluorescenční <input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Suchý <input checked="" type="checkbox"/> Suspenze
23. Typ detekčního prášku: <b>MR 76S, šarže: 76S/1142A</b>			
24. Kontrolní měrka: <b>MTU č.3, Bertholdova</b>	26. Proud [A]: <b>&gt;2,4kA/m</b>	28. Druh: <b>AC</b>	
25. Povrch: <b>Hladký (kartáčován)</b>	27. Teplota povrchu [°C]: <b>20</b>		
29. Výsledek			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 1,5 mm			
30. Celkové hodnocení / závěr:			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad		<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	
		<input checked="" type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl: <b>Pavol Kurej</b>	41. Razítko a podpis		42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu: <b>TESYDO-COP 078</b>			
38. Vyhodnotil: <b>Pavol Kurej</b>			
39. Číslo certifikátu: <b>TESYDO-COP 078</b>			
40. Datum vyhodnocení: <b>28. 3. 2017</b>			

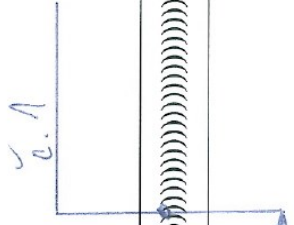


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	<b>Protokol o zkoušce</b> <b>magnetickou metodou práškovou dle</b> ČSN EN ISO 17638	Revize 1 Strana 2/2

PKG

Povrch

0

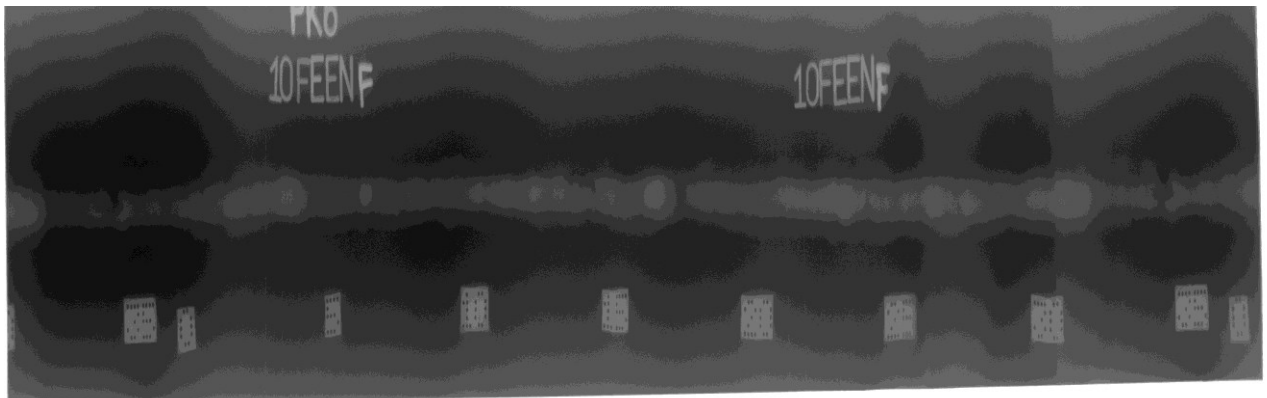


85 mm

Kořen

0



## Skúška prežiarením (RT)



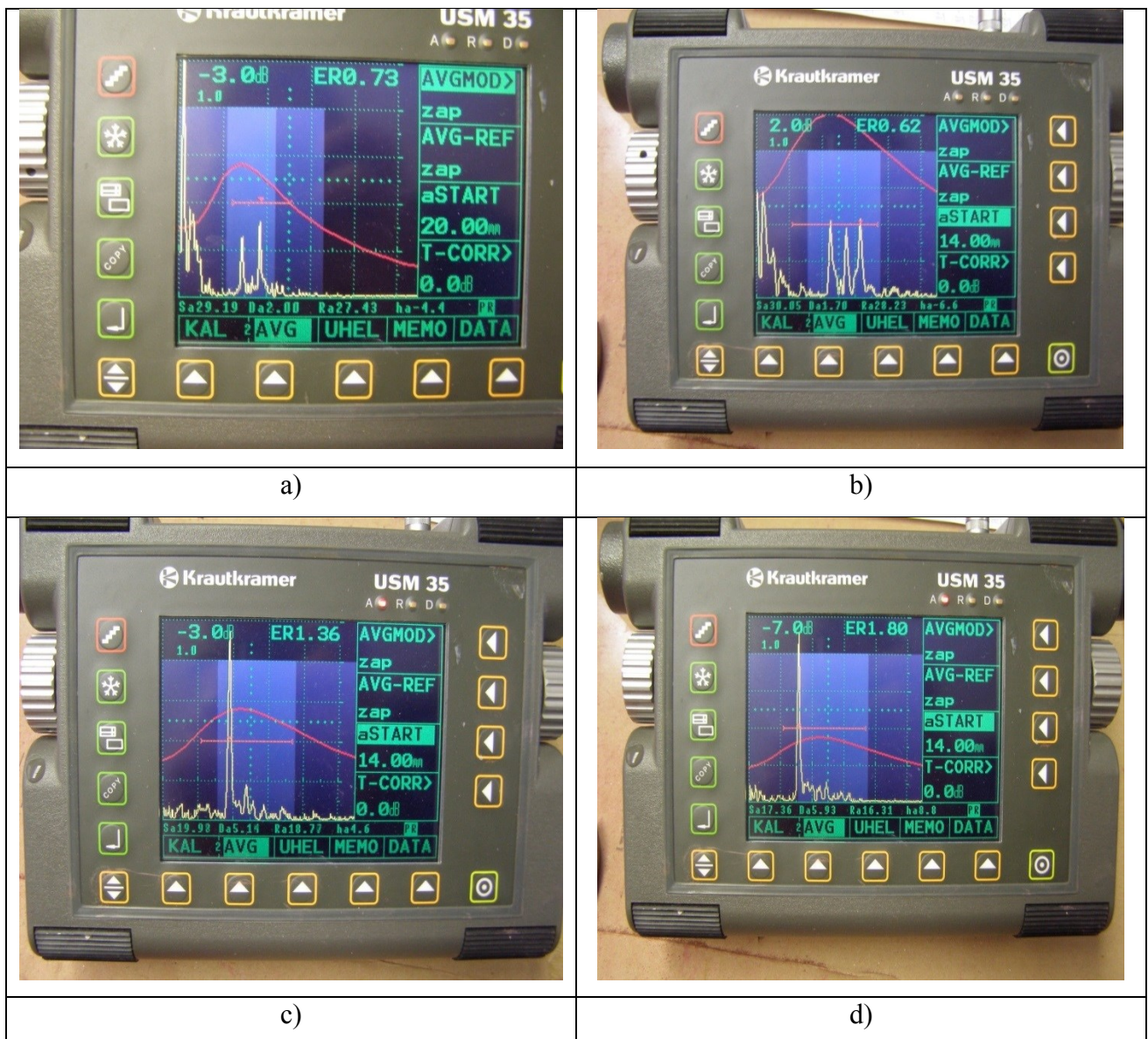
Obr. 4.22 Radiogram vzorky PK6

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 6, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené póry o veľkosti 0,5 až 0,8 mm, neprevarený koreň v úsekoch 175mm a 335 až 345 mm a chudý koreň vo vzdialenosti 130 až 140mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.22.



		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. 6 RT							
			8. WPS č. —							
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 6			9. WPQR č. —							
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm							
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm							
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj			12. Výkres č. —							
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---			27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm							
19. Napětí [kV] : ---			28. Expoziční čas : 20 sec.							
20. Proud [mA] : ---			29. Značka filmu : Agfa D5							
21. Druh zářiče : Se 75			30. Folie : Pb 0,027							
22. Aktivita [Bq] : 930			31. Vyvolání : ruční							
23. Typ měrky : EN Fe 10			32. Umístění měrky : Na straně filmu							
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1			33. Klasifikační stupeň : 1							
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1			34. Radiograf. technika : Třída B							
26. Tepelné zpracování : ne			35. Číslo snímku: PK 6							
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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
0	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	2011	X	
8,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	2011	X	
12,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	2011	X	
17,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	402		X
33,5 až 34,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	402		X
13 až 14	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	515	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje <b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej						56. Inspekční organizace				
51. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078										
52. Vyhodnotil : Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu : TESYDO-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017										

## Ultrazvuková skúška (UT)




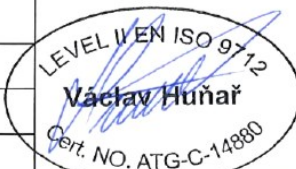
Obr. 4.23 Ultrazvuková skúška PK6

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky, ako je zjavné z obr. 4.23 sú póry a neprevarený koreň:

- Vo vzdialenosti 0 mm od začiatku v dĺžke 2 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 12 mm široká
- Vo vzdialenosti 85 mm od začiatku v dĺžke 7 mm, 6 mm pod povrchom a 1,7mm
- Vo vzdialenosti 175 mm od začiatku v dĺžke 5 mm, 4 mm pod povrchom a 5 mm široká
- Vo vzdialenosti 335 mm od začiatku v dĺžke 10 mm, 0 až 1mm pod povrchom a 6 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			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. PK6		7. Protokol č. 6 UT	
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 6		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj					
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Hodnocení dle: EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň: 2		
15. Rozsah zkoušení [%]: 100		16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141		
19. Technické údaje					
20. Přístroj - typ: Krautkrämer USM 35		23. Časová základna: 100	27. Rozsah [mm]: 125		
		24. Frekvence [MHz]: 4	28. zesílení [dB]: 45/64		
21. Sonda: MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB]: —	29. Útlum [dB/m]: —		
22. Vazební prostředek: gel		26. Povrch: —	30. Dksr [mm]: 1		
31. Výsledek					
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y)   N (n)	36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt
PK6	141	---	X	x=0 h=12 l=2 z=0	Náčrt viz. ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK6	141	---	X	x=85 h=1,7 l=7 z=-2	
PK6	141	---		x=175 h=5 l=5 z=4	
PK6	141	---		x=335 h=6 l=10 z=0	
38. Celkové hodnocení / závěr:					
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl: Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace	
45. Číslo certifikátu: ATG-C-14880					
46. Vyhodnotil: Václav Huňář					
47. Číslo certifikátu: ATG-C-14880					
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně					

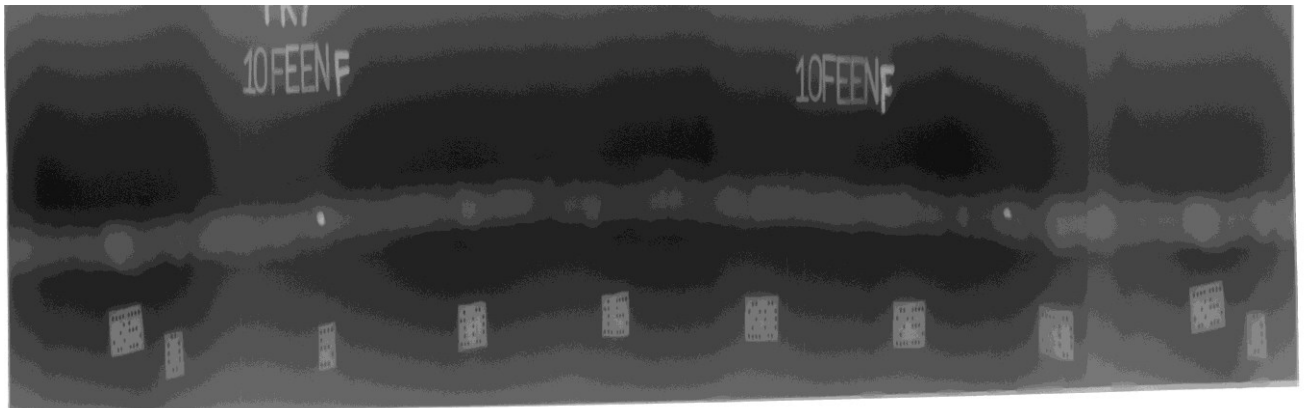
**Vzorka č.7**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli nájdené žiadne povrchové vady



**Magnetická skúška (MT)** – pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli zaznamenané žiadne povrchové indikácie

**Skúška prežiarením (RT)**



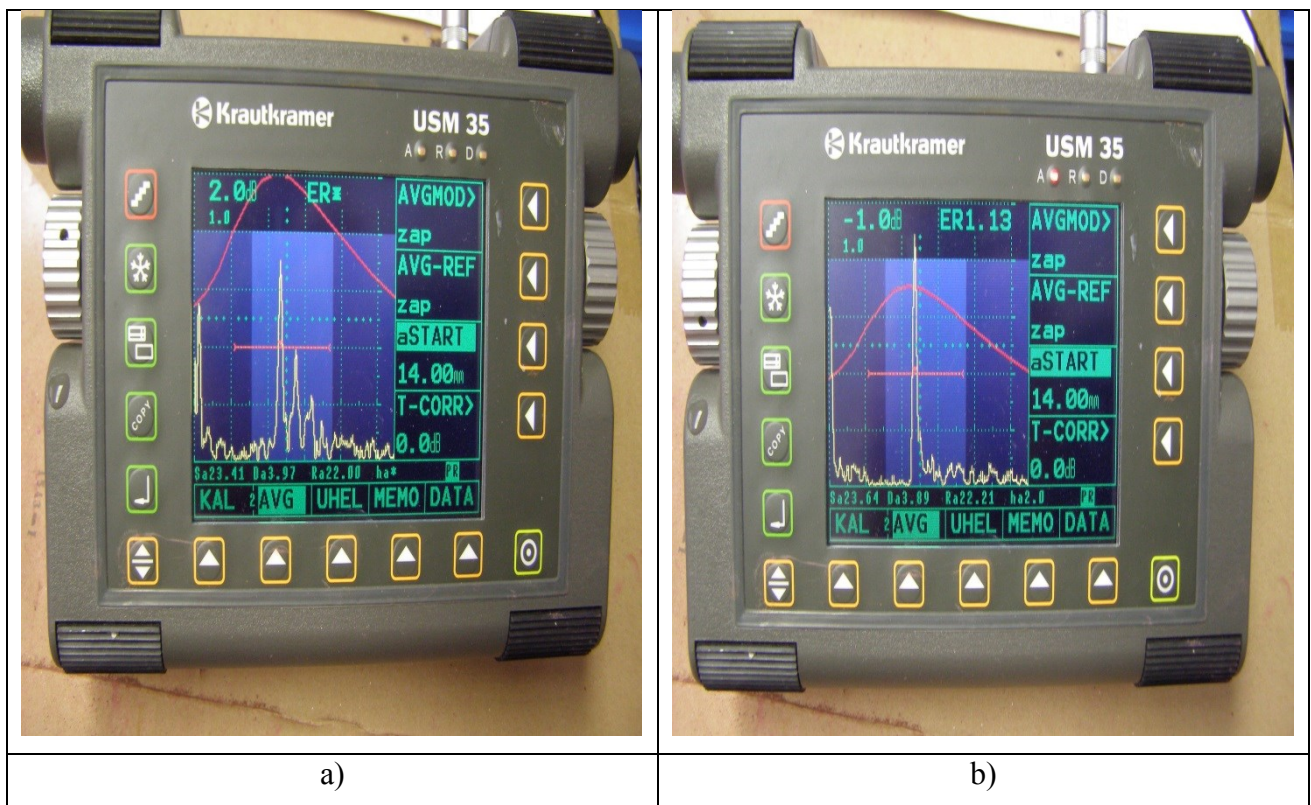
Obr. 4.24 Radiogram vzorky PK7

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č.7 nachádzajú vnútorné vady. Ide o volfrámové vmestky, ktoré sa nachádzajú vo vzdialenosti 50 a 285 mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.24.

		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. 7 RT							
			8. WPS č. —							
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 7			9. WPQR č. —							
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm							
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm							
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj			12. Výkres č. —							
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---			27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm							
19. Napětí [kV] : ---			28. Expoziční čas : 20 sec.							
20. Proud: [mA] : ---			29. Značka filmu : Agfa D5							
21. Druh zářiče : Se 75			30. Folie : Pb 0,027							
22. Aktivita [Bq] : 930			31. Vyvolání : ruční							
23. Typ měrky : EN Fe 10			32. Umístění měrky : Na straně filmu							
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1			33. Klasifikační stupeň : 1							
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1			34. Radiograf. technika : Třída B							
26. Tepelné zpracování : ne			35. Číslo snímku: PK 7							
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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
5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	3041		X
28,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,8	W14	6. 3. 2017	3041		X
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje										
<b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
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: 28. 3. 2017										



## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.25 Ultrazvuková skúška vzorky PK7

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.25 sú volfrámové vmestky:

- Vo vzdialenosti 50 mm od začiatku v dĺžke 3 mm, 1 mm pod povrchom a 4 mm široká
- Vo vzdialenosti 285 mm od začiatku v dĺžke 2 mm, 2 mm pod povrchom a 4mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05			
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			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. PK7		7. Protokol č. 7 UT		
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 7		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr: ∅ 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr: ∅ 114,0 x 8,0 mm		
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —		5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Hodnocení dle: EN ISO 11 666				17. Klasifikační stupeň: 2		
15. Rozsah zkoušení [%]: 100		16. Typ svaru: BW		18. Metoda svařování: 141		
19. Technické údaje						
20. Přístroj - typ: Krautkrämer USM 35		23. Časová základna: 100		27. Rozsah [mm]: 125		
		24. Frekvence [MHz]: 4		28. zesílení [dB]: 45/64		
21. Sonda: MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB]: —		29. Útlum [dB/m]: —		
22. Vazební prostředek: gel		26. Povrch: —		30. Dksr [mm]: 1		
31. Výsledek						
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y)   N (n)		36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt  Náčrt viz . ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK7	141	---	X		x=50 h=4 l=3 z=1	
PK7	141	---	X		x=285 h=4 l=2 z=2	
38. Celkové hodnocení / závěr:						
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)				
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje		
44. Zkoušku provedl: Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace		
45. Číslo certifikátu: ATG-C-14880						
46. Vyhodnotil: Václav Huňář						
47. Číslo certifikátu: ATG-C-14880						
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně						

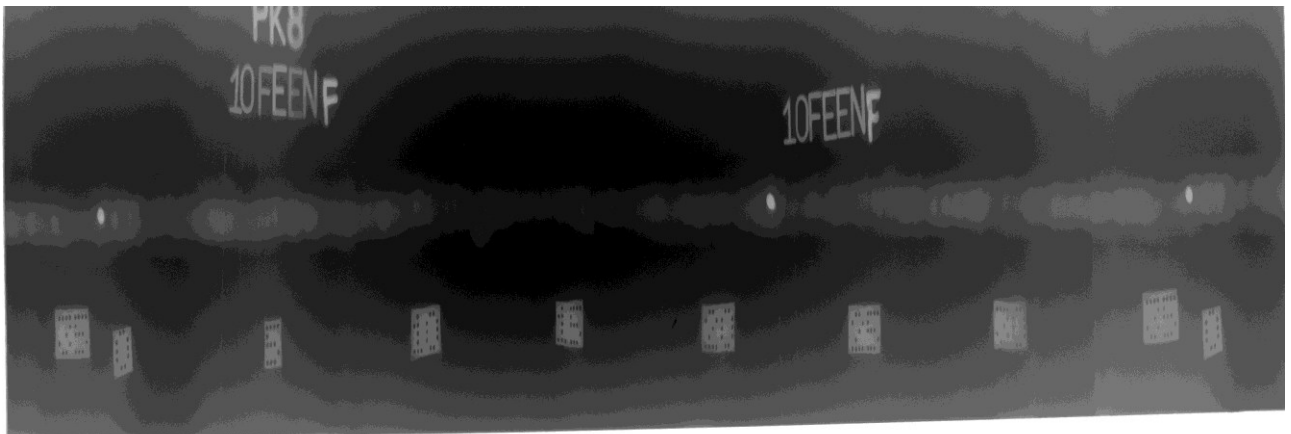
**Vzorka č.8**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli nájdené žiadne povrchové indikácie

**Magnetická skúška (MT)** – pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli zaznamenané žiadne povrchové indikácie

**Skúška prežiarením (RT)**



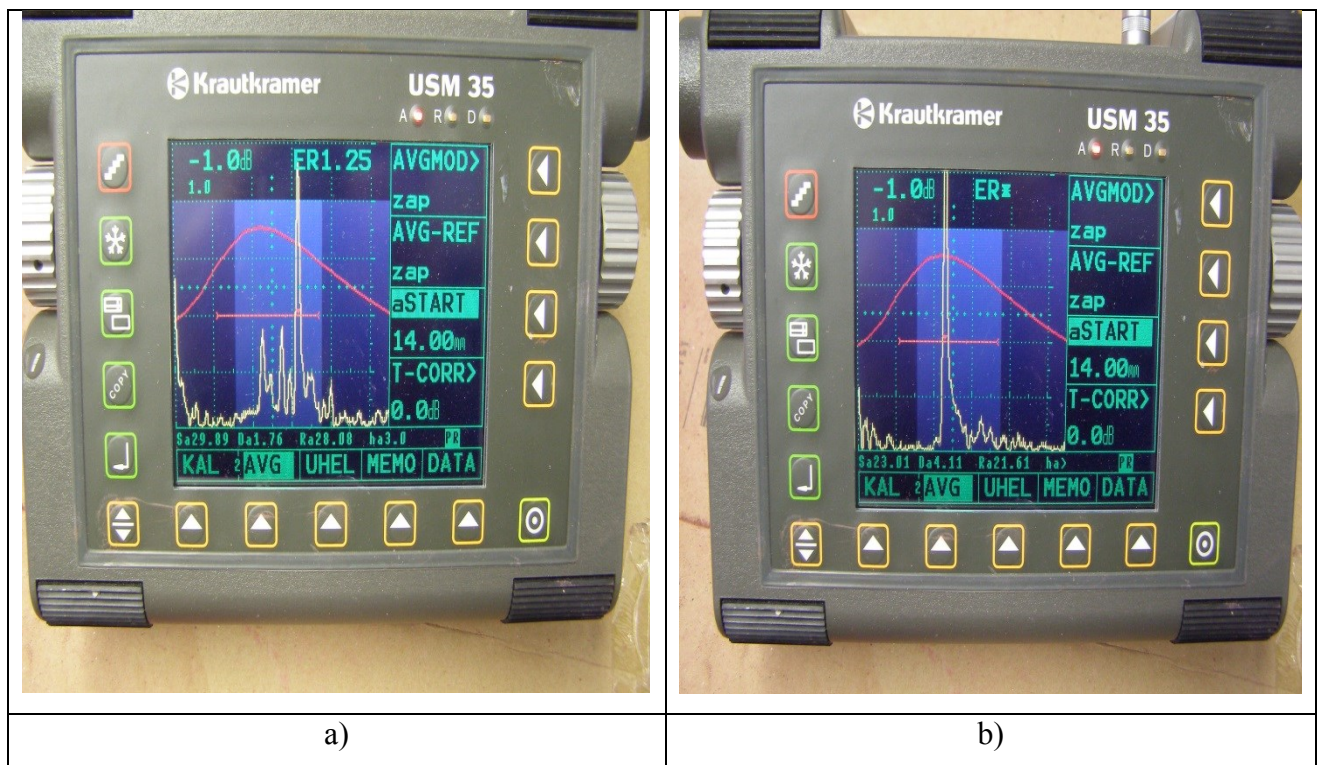
Obr. 4.26 Radiogram vzorky PK8

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č.8 nachádzajú vnútorné vady. Ide o wolfrámové vmestky, ktoré sa nachádzajú vo vzdialenosti 220 a 360 mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.26.

		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>						
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 8		8. WPS č. —		9. WPQR č. —						
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm						
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —		13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej						
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW						
		16. Metoda svařování : 141		17. Technické údaje						
18. RTG přístroj typ : ---		27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm		28. Expoziční čas : 20 sec.						
19. Napětí [kV] : ---		29. Značka filmu : Agfa D5		30. Folie : Pb 0,027						
20. Proud [mA] : ---		31. Vyvolání : ruční		32. Umístění měrky : Na straně filmu						
21. Druh zářiče : Se 75		33. Klasifikační stupeň : 1		34. Radiograf. technika : Třída B						
22. Aktivita [Bq] : 930		35. Číslo snímku: PK 8		26. Tepelné zpracování : ne						
23. Typ měrky : EN Fe 10				24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1						
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1				25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1						
26. Tepelné zpracování : ne				35. Číslo snímku: PK 8						
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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
22	BW	114,0	8,0	5 x 48	3,4	W14	6. 3. 2017	3041		X
36	BW	114,0	8,0	5 x 48	3,4	W14	6. 3. 2017	3041		X
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Nevyhovuje</b> <b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
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: 28. 3. 2017										



## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.27 Ultrazvuková skúška PK8

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.27 sú póry a neprevarený koreň:

- a) Vo vzdialenosti 220 mm od začiatku v dĺžke 3 mm, 1 mm pod povrchom a 2 mm široká
- b) Vo vzdialenosti 360 mm od začiatku v dĺžke 2 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 4 mm široká

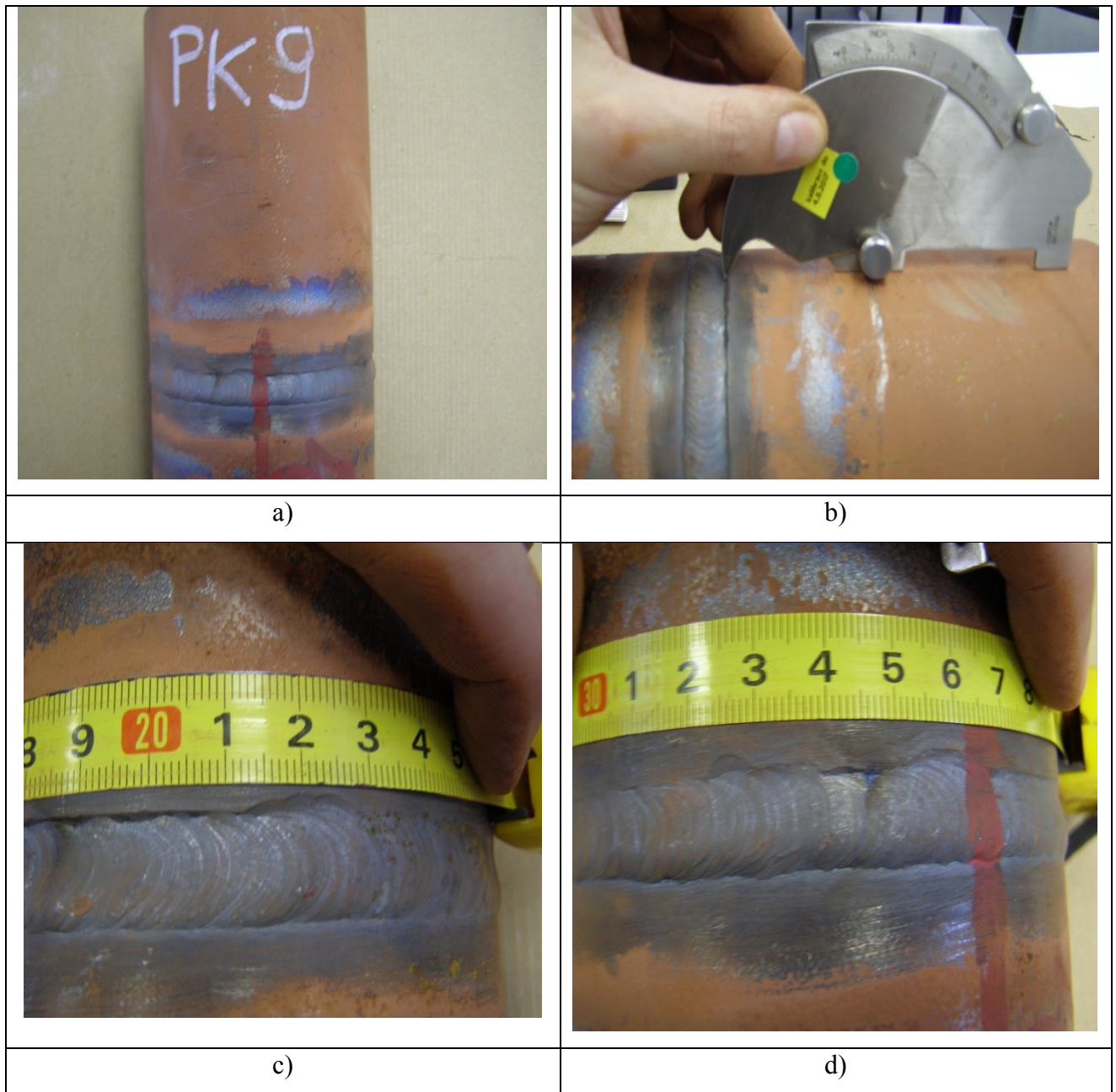
Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok.



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B		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. PK8			
		7. Protokol č. 8 UT			
		8. WPS č. ---			
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 8		9. WPQR č. —			
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —			
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň : 2		
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW	18. Metoda svařování : 141		
19. Technické údaje					
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100	27. Rozsah [mm] : 125		
		24. Frekvence [MHz] : 4	28. zesílení [dB] : 45/64		
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : —	29. Útlum [dB/m] : —		
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : —	30. Dksr [mm] : 1		
31. Výsledek					
32. Označení zkoušeného kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y) N (n)	36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt  Náčrt viz . ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
PK8	141	---	X	x=220 h=2 l=3 z=1	
PK8	141	---	X	x=360 h=4 l=2 z=0	
38. Celkové hodnocení / závěr:					
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace	
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
46. Vyhodnotil : Václav Huňář					
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně					

Vzorka č.9

## Vizuálna kontrola (VT)




Obr. 4.28 Vizuálna kontrola vzorky PK9: a) prehliadka vzorky, b) meranie hĺbky vady univerzálnou VT mierkou, c), d) meranie polôh vad

Pri vizuálnej kontrole, bolo objavené neúplné vyplnenie zvaru a to vo vzdialenosti 0 až 225mm a 325 až 358mm. Nasledovné bola povrchová vada preverená ďalšími metódami na určovanie povrchových vad, a to magnetickou skúškou a kapilárnou skúškou.

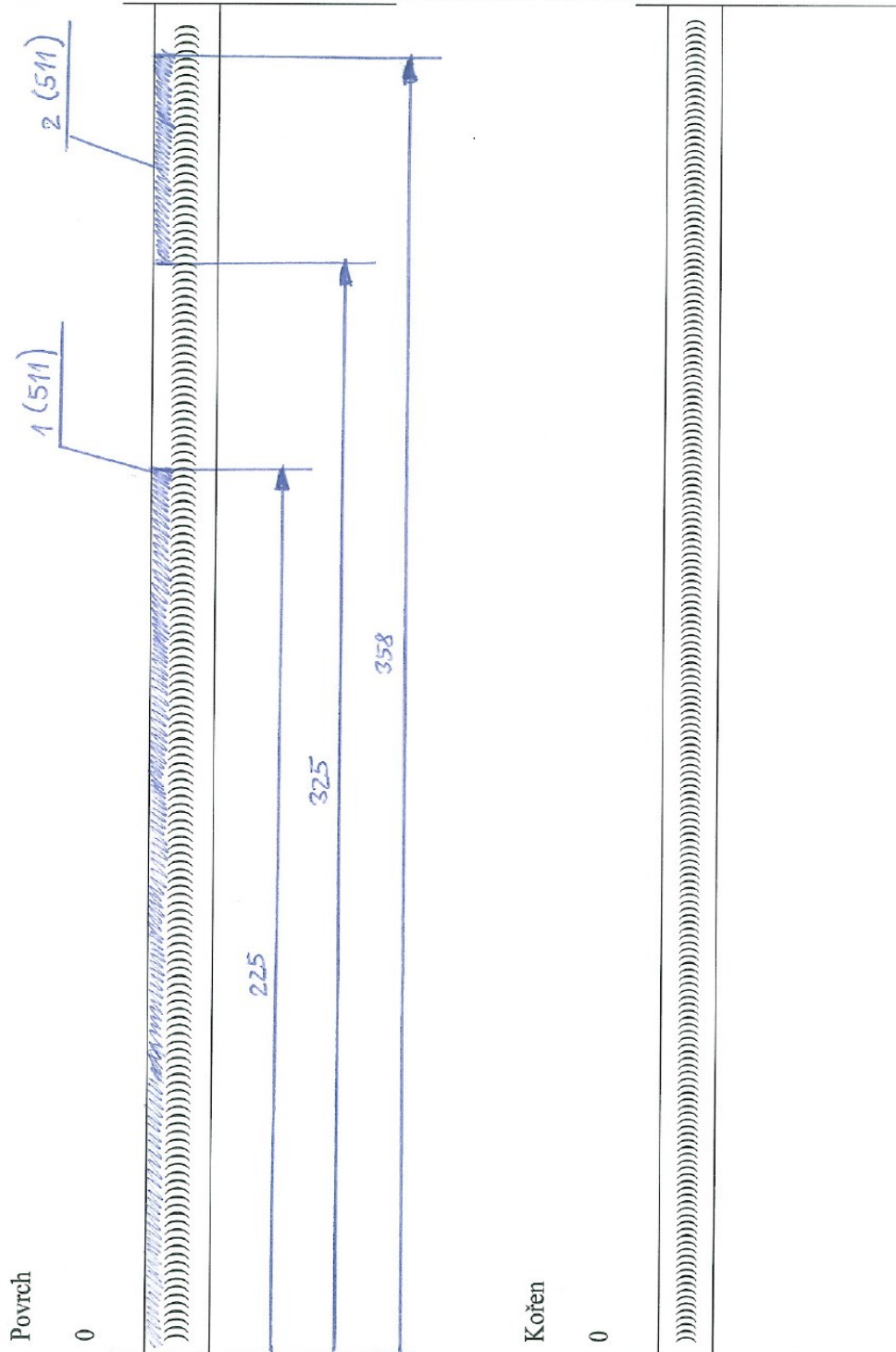


	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01			
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637		Revize 1	Strana 1/2		
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. —		7. Protokol č. 9 VT		
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 9		8. WPS č. —		9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm				
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : ø 114,0 x 8,0 mm				
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj - povrch		12. Výkres č. —				
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141		
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] :		755		
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti:		B		
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů Ev. č.15/15, měřidlo hloubky vady Ev. č.16/15, posuvné měřítko Ev. č.018/07, svinovací metr Ev. č.015/05, luxmetr Výr. č.D42312, lupa 4 x zvětšující, ruční svítlna				
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	511 – neúplné vyplnění svaru	2,0	—	—	nevyhovuje	0 až 225 mm
2	511 – neúplné vyplnění svaru	2,0	—	—	nevyhovuje	325 až 358 mm
31. Celkové hodnocení / závěr:						
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje						
33. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje <b>Ne vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b>						
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: 28. 3. 2017						

	Tesydo, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F01
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637	Revize 1 Strana 2/2

PK9

Schéma umístění vad svarů:





## Kapilárna skúška (PT)



Obr. 4.29 Kapilárna skúška vzorky PK9: a), b) vyvolávanie penetrantu, c), d) meranie veľkosti a polohy indikácie

Z vyhodnotenia kapilárnej skúšky vyplynulo, že boli zaznamenané indikácie vo vzdialenosti 0 až 37mm, 55 až 230mm a 335 až 347mm. Tieto namerané hodnoty, boli mimo tolerance danou zadávateľom a testovaný kus bol označený ako zmlatok, ako je viditeľné z obr. 4.29.



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, II Ce stupeň 2		Revize 3 Strana - 1/2
1. Zákazník: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č.	—
		7. Protokol č.	9 PT
		8. WPS č.	—
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 9		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr:	∅ 114,0 x 8,0 mm
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr:	∅ 114,0 x 8,0 mm
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.	—
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 141
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: PFINDER Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant: PFINDER 860 CH:L1101546 spray		26. Penetrační čas [min]: 15	
21. Čistič: PFINDER 895 CH:L1101845 textil		27. Vyvolávací čas [min]: 20	
22. Emulgátor: —		28. Zkušební teplota [°C]: 20	
23. Vývojka: PFINDER 871 CH:L1101867 spray		29. Povrch: Hladký povrch	
24. Zdroj osvětlení: Stropní svítidly		30. Intenzita osvětlení [lux]:	807, Ev.č luxmetru D42312
31. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23277, stupeň 2X			
32. Výsledky zkoušky: Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky byly zjištěny tři lineární indikace o velikosti: č.1 l = 37 mm, č.2 l = 175 mm, č.3 l = 12 mm			
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. Razítko a podpis	
40. Číslo certifikátu: TESIYDO-COP 078			
41. Vyhodnotil: Pavol Kurej			
42. Číslo certifikátu: TESIYDO-COP 078			
43. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			
45. Inspekční organizace			


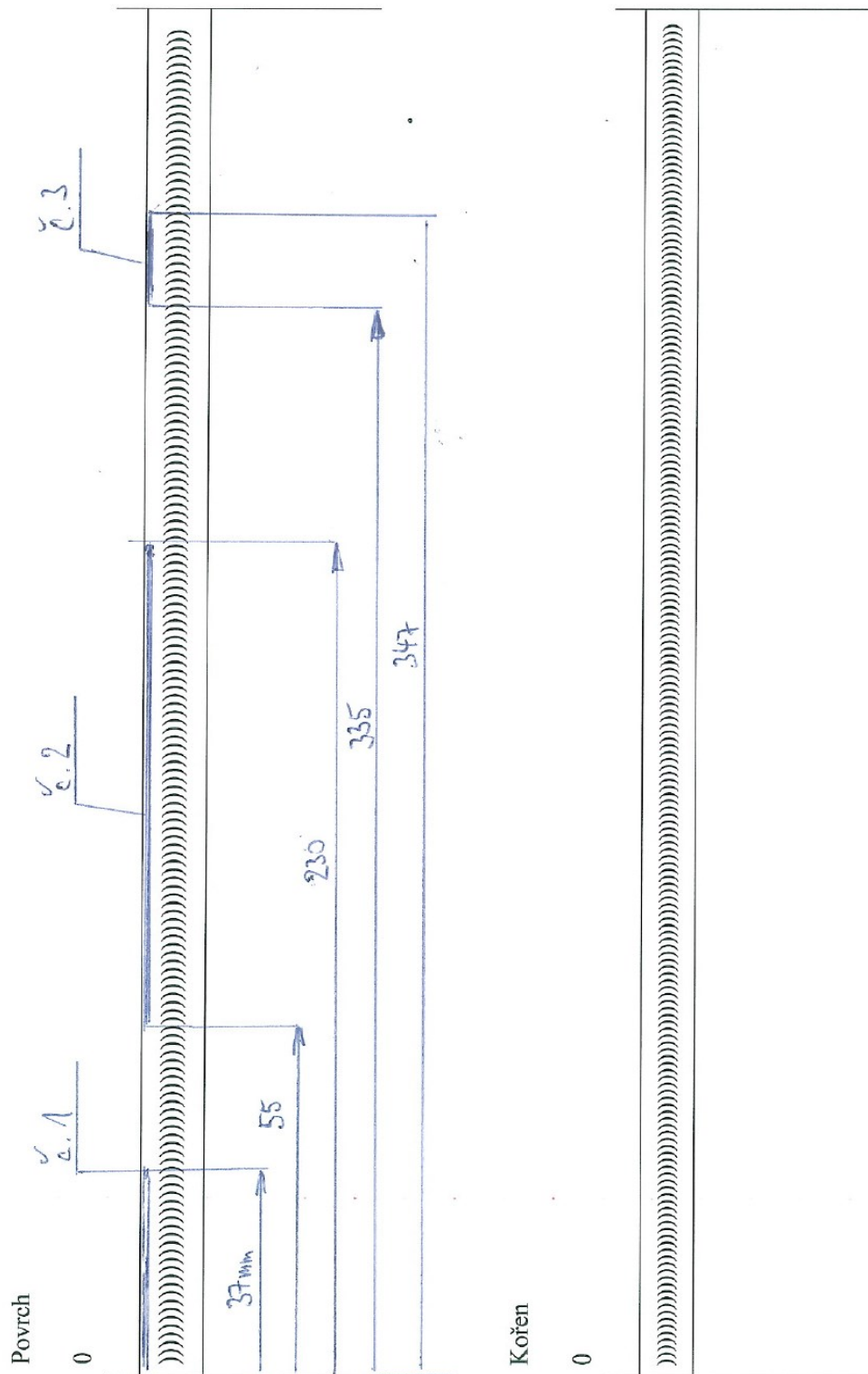
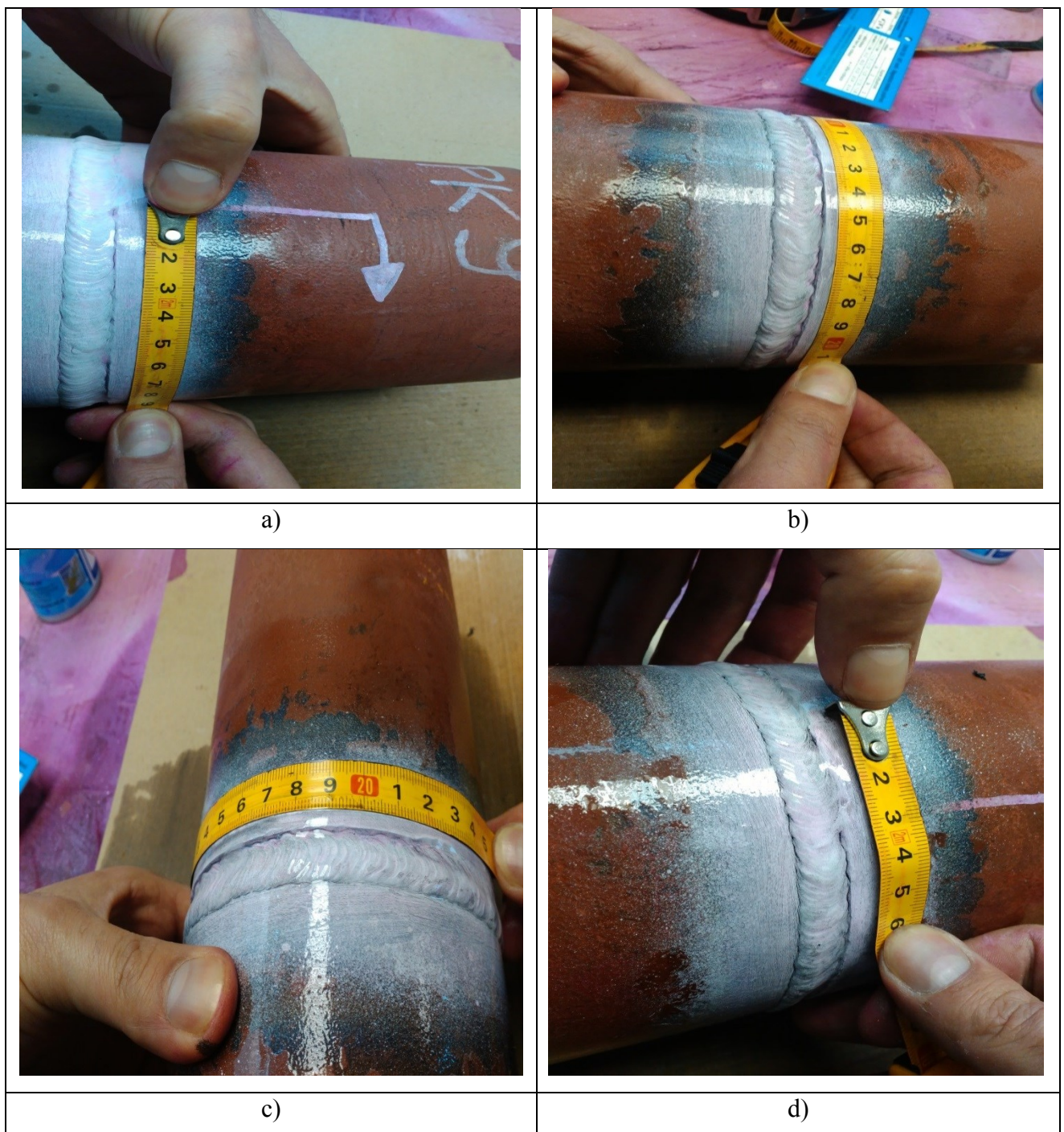
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2	PK9 Revize 3 Strana 2/2

Schéma umístění vad svarů:







## Magnetická skúška (MT)




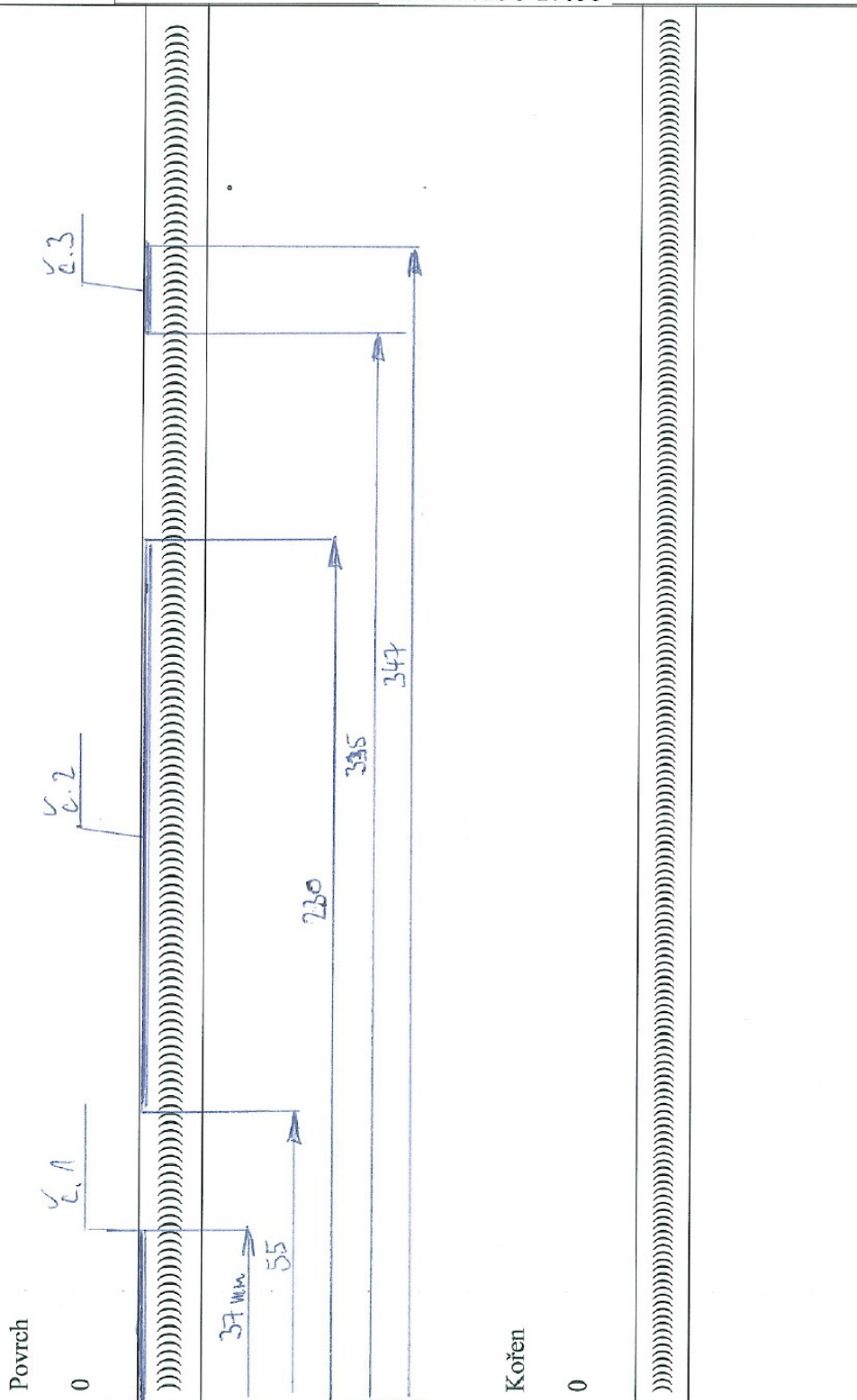
Obr. 4.30 Magnetická skúška vzorky PK9 – a),b)c)d) meranie veľkosti a polohy indikácii

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že poloha indikácii bola nameraná vo vzdialenosti 0 až 37mm, 55 až 230mm a 335 až 347mm. Veľkosť nameranej hodnoty je mimo tolerance danou zadávateľom, a testovaný kus bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.30.

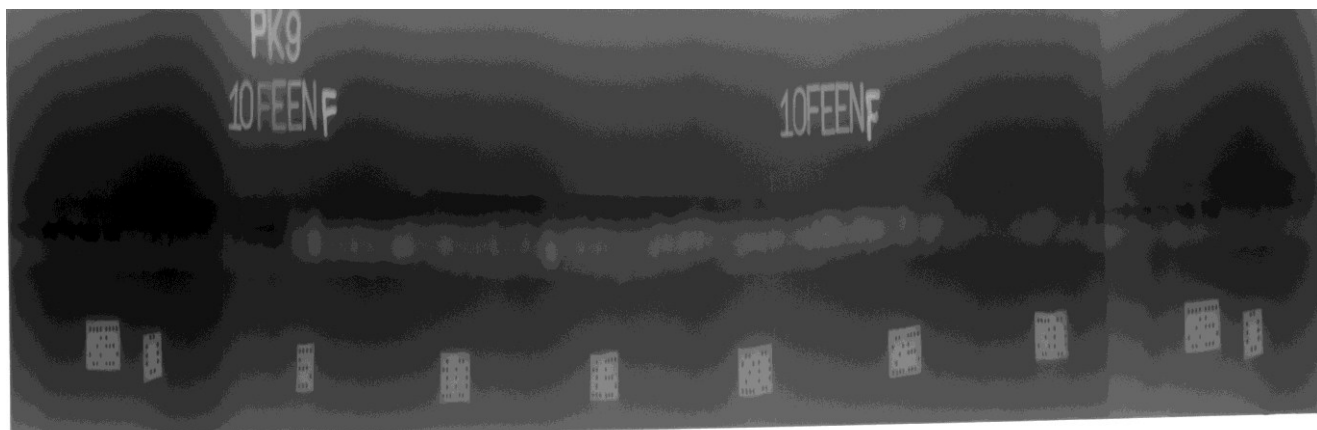
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
1. Zákazník: <b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín</b>	6. Zakázka č.: —	7. Protokol č.: <b>9 MT</b>	8. WPS č.: —
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 9	9. WPQR č.: —	10. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm	11. Rozměr: $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1	12. Výkres č.: —	13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1	14. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23278	17. Klasifikační stupeň: 2x	
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj	15. Rozsah zkoušení [%]: 100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141
<b>19. Technické údaje</b>			
20. Magnetizace: <input checked="" type="checkbox"/> Podkova <input type="checkbox"/> Průchod proudu <input type="checkbox"/> Kombinovaná	21. Přístroj - typ : PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,	22. Detekční prášek: <input type="checkbox"/> Fluorescenční <input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Suchý <input checked="" type="checkbox"/> Suspenze	
23. Typ detekčního prášku: MR 76S, šarže: 76S/1142A		24. Kontrolní měrka: MTU č.3, Bertholdova	26. Proud [A]: >2,4kA/m 28. Druh: AC
25. Povrch: Hladký (kartáčován)		27. Teplota povrchu [°C]: 20	
<b>29. Výsledek</b>			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byly zjištěny tři lineární indikace o velikosti : č.1 l = 37 mm, č.2 l = 175 mm, č.3 l = 12 mm			
<b>30. Celkové hodnocení / závěr:</b>			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad		<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input checked="" type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	
		<input type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl: Pavol Kurej	41. Razítko a podpis		42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078			
38. Vyhodnotil: Pavol Kurej			
39. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078			
40. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638	PK9 Revize 1 Strana 2/2





## Skúška prežiarením (RT)



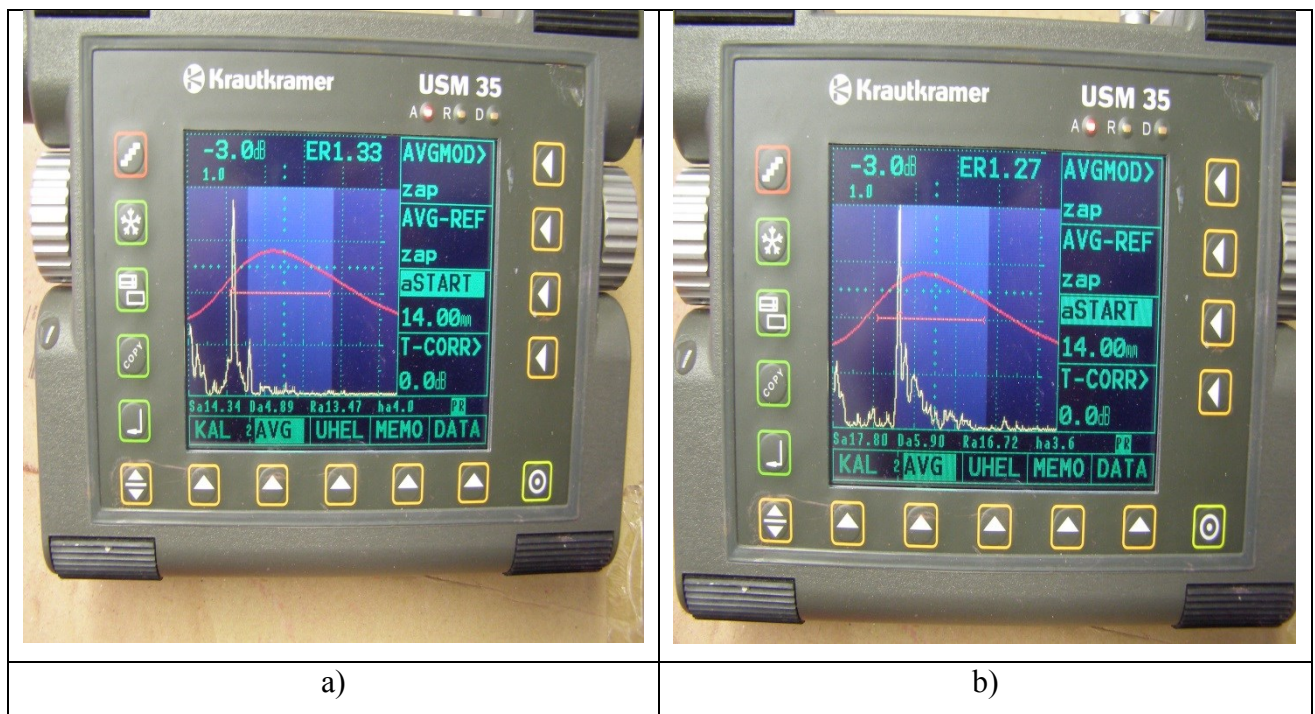
Obr. 4.31 Radiogram vzorky PK9

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 9, nachádza celá rada vnútorných vad. Najzasadenejšie vady boli zistené póry o veľkosti 0,6 až 0,8 mm, neprevary v úsekoch 10 a 20mm, 30 až 45mm a 310 až 355mm. Nájdené vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.31.

		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. 9 RT						
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 9		8. WPS č. —		9. WPQR č. —						
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm		11. Rozměr : $\varnothing$ 114,0 x 8,0 mm						
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		12. Výkres č. —		5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj						
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : ---		27. Vzdálenost zdroj - film : 57 mm								
19. Napětí [kV] : ---		28. Expoziční čas : 20 sec.								
20. Proud [mA] : ---		29. Značka filmu : Agfa D5								
21. Druh zářiče : Se 75		30. Folie : Pb 0,027								
22. Aktivita [Bq] : 930		31. Vyvolání : ruční								
23. Typ měrky : EN Fe 10		32. Umístění měrky : Na straně filmu								
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň : 1								
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B								
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: PK 9								
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozoznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
									Ano	Ne
0	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	2011	X	
0,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	2011	X	
1 až 2	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	402		X
3 až 4,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	402		X
31 až 35,5	BW	114,0	8,0	5 x 48	2,6	W14	6. 3. 2017	402		X
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input type="checkbox"/> Vyhovuje										
49. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje										
<b>Nevyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
50. Zkoušku provedl : Pavol Kurej						56. Inspekční organizace				
51. Číslo certifikátu : TESIYDO-COP 078										
52. Vyhodnotil : Pavol Kurej										
53. Číslo certifikátu : TESIYDO-COP 078										
54. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017										



## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.32 Ultrazvuková skúška vzorky PK9

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.32 sú neprievary:

- a) Vo vzdialenosti 5 mm od začiatku v dĺžke 7 mm, 3 mm pod povrchom a 5 mm široká
- b) Vo vzdialenosti 310 mm od začiatku v dĺžke 42 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 6 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok



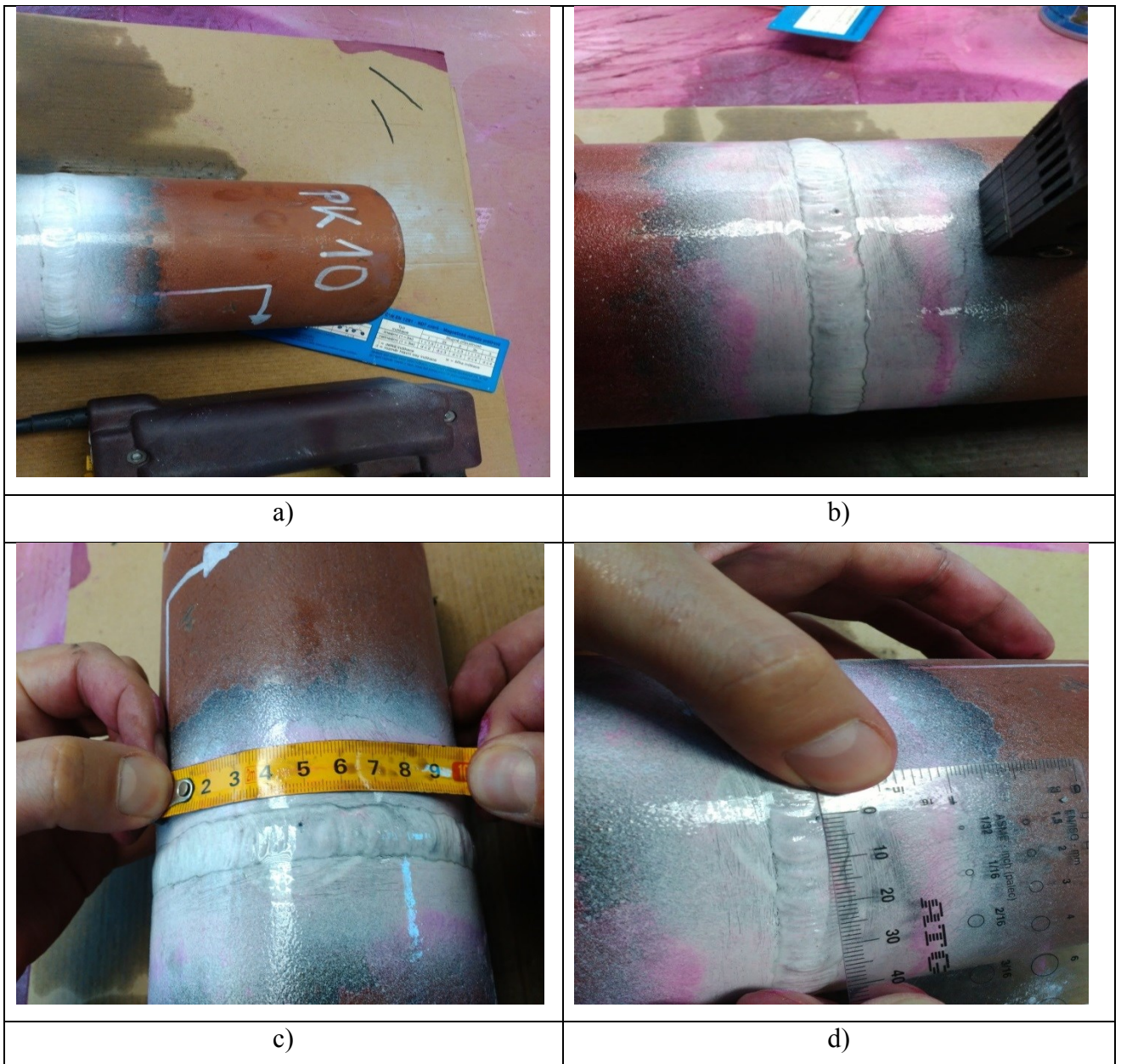
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B		Revize 1 Strana 1/1
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. PK9	
		7. Protokol č. 9 UT	
		8. WPS č. ---	
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 9		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : ∅ 114,0 x 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : ∅ 114,0 x 8,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —	
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666		17. Klasifikační stupeň : 2	
15. Rozsah zkoušení [%] : 100	16. Typ svaru : BW	18. Metoda svařování : 141	
19. Technické údaje			
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100	27. Rozsah [mm] : 125
		24. Frekvence [MHz] : 4	28. Zesílení [dB] : 45/64
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : —	29. Útlum [dB/m] : —
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : —	30. Dksr [mm] : 1
31. Výsledek			
32. Označení zkušebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y) N (n)
PK9	141	---	X
PK9	141	---	X
		36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt
		x=5 h=5 l=7 z=3	Náčrt viz . ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
		x=310 h=6 l=42 z=0	
38. Celkové hodnocení / závěr:			
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad <input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje <input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě <input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje			
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář		49. Razítko a podpis	
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880			
46. Vyhodnotil : Václav Huňář			
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880			
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně			
50. Inspekční organizace			

Vzorka č.10

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli nájdené žiadne povrchové vady



**Magnetická skúška (MT)**




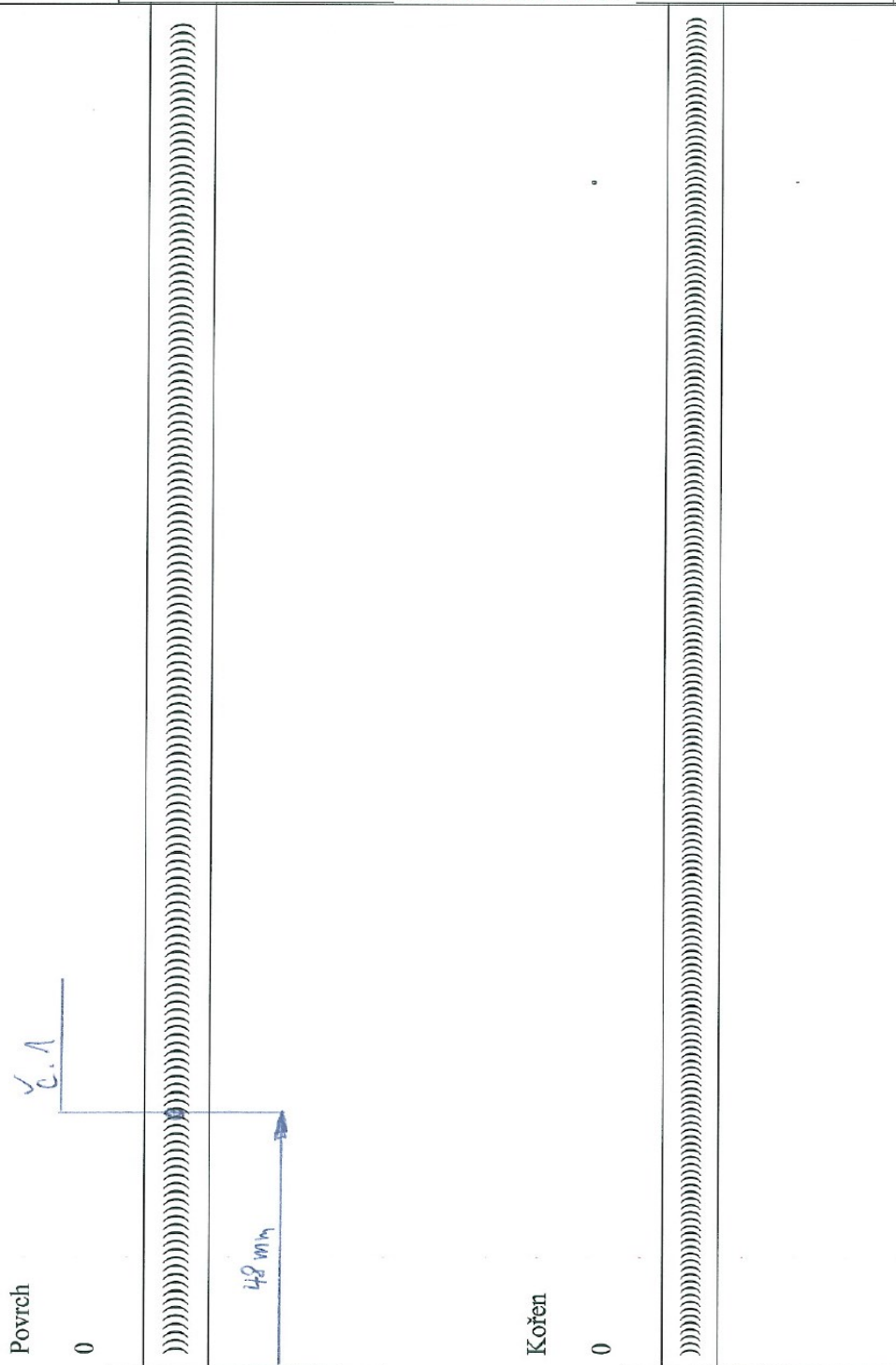
Obr. 4.33 Magnetická skúška vzorky PK10: a) Nanesená podklad, b) magnetovanie, c) zameranie polohy indikácie, d) meranie veľkosti indikácie

Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej vady bola nameraná hodnota  $d = \phi 1 \text{ mm}$ , veľkosť nameranej hodnoty je v tolerancii danou zadávateľom, ako je vidieť na obr. 4.33.



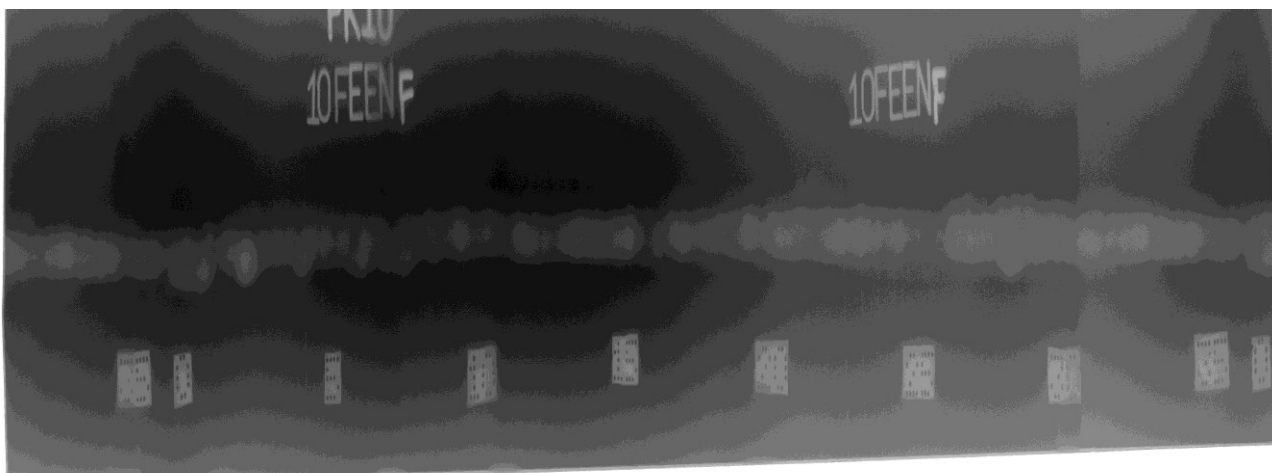
	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce</b> <b>magnetickou metodou práškovou dle</b> <b>ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
1. Zákazník:	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín	6. Zakázka č.:	—
		7. Protokol č.:	10 MT
		8. WPS č.:	—
2. Výrobek:	Zkušební kus – trubka, PK 10	9. WPQR č.:	—
3. Základní materiál 1:	P235GH, skupina 1.1	10. Rozměr:	∅ 114,0 x 8,0 mm
4. Základní materiál 2:	P235GH, skupina 1.1	11. Rozměr:	∅ 114,0 x 8,0 mm
5. Zkoušená část/oblast:	Svarový spoj	12. Výkres č.:	—
13. Účel zkoušky:	Diplomová práce – Pavol Kurej		
14. Hodnocení dle:	ČSN EN ISO 23278	17. Klasifikační stupeň:	2X
15. Rozsah zkoušení [%]:	100	16. Typ svaru:	BW
		18. Metoda svařování:	141
19. Technické údaje			
20. Magnetizace:	21. Přístroj - typ :	22. Detekční prášek:	
<input checked="" type="checkbox"/> Podkova	PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,	<input type="checkbox"/> Fluorescenční	
<input type="checkbox"/> Průchod proudu		<input checked="" type="checkbox"/> Barevný	
<input type="checkbox"/> Kombinovaná		<input type="checkbox"/> Suchý	
23. Typ detekčního prášku:	MR 76S, šarže: 76S/1142A	<input checked="" type="checkbox"/> Suspenze	
24. Kontrolní měrka:	MTU č.3, Bertholdova	26. Proud [A]:	>2,4kA/m
25. Povrch:	Hladký (kartáčován)	28. Druh:	AC
		27. Teplota povrchu [°C]:	20
29. Výsledek			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 715 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna nelineární indikace o velikosti : č.1 d = 1 mm			
30. Celkové hodnocení / závěr:			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad	<input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)		
<input type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje	<input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě	<input checked="" type="checkbox"/> 35. Vyhovuje	
36. Zkoušku provedl:	Pavol Kurej	41. Razítko a podpis	42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
38. Vyhodnotil:	Pavol Kurej		
39. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP 078		
40. Datum vyhodnocení:	28. 3. 2017		

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638	PK10 Revize 1 Strana 2/2






## Skúška prežiarením (RT)

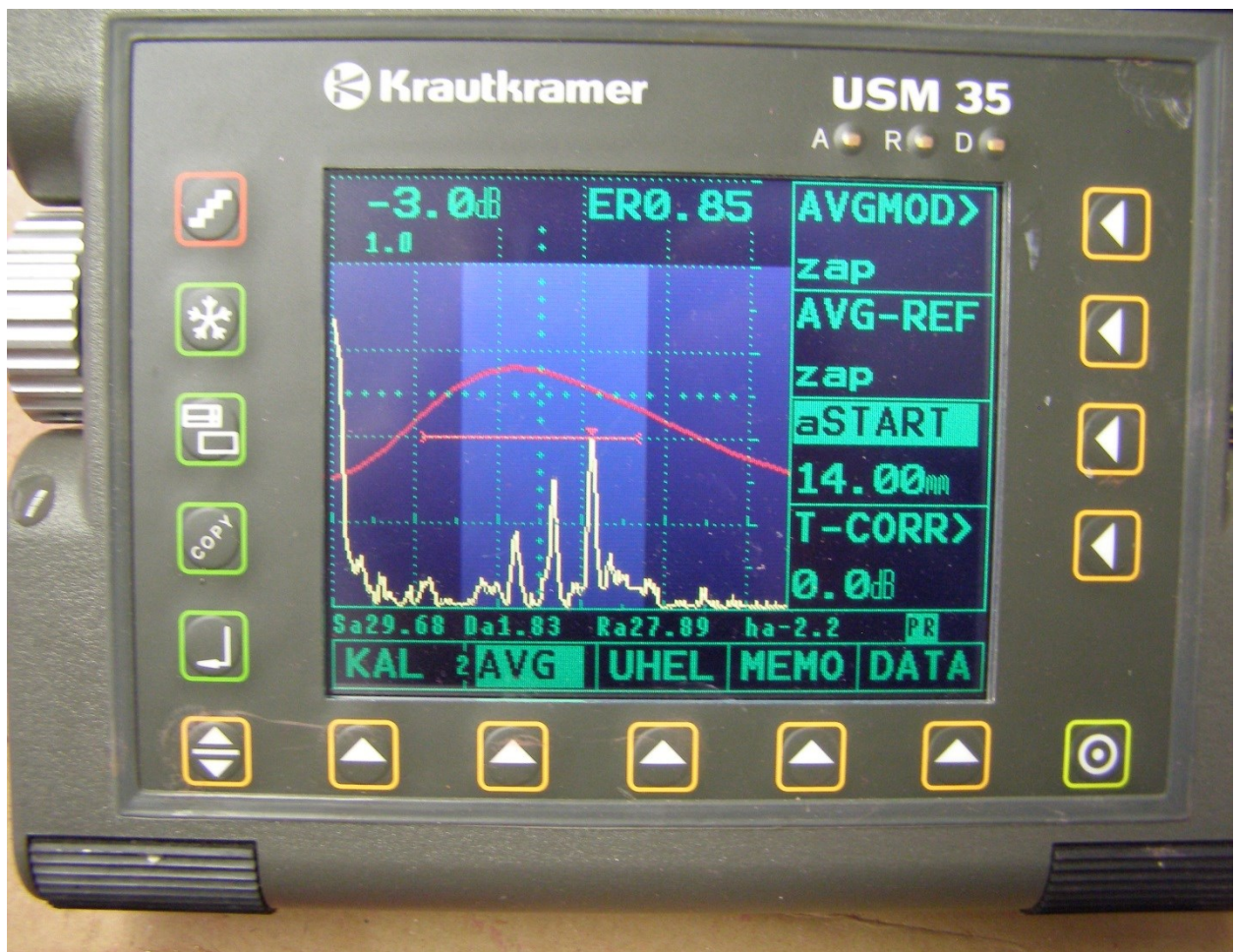


Obr. 4.34 Radiogram vzorky PK10

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 10, nachádza vnútorná vada, jedná sa o pór veľkosti 0,9 mm. Nájdená vnútorná vada je v tolerancii danou zadávateľom, ako je viditeľné z obr. 4.34.

	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>10 RT</b>							
			8. WPS č. —							
2. Výrobek: Zkušební kus – trubka, PK 10			9. WPQR č. —							
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1			10. Rozměr: ø 114,0 x 8,0 mm							
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1			11. Rozměr: ø 114,0 x 8,0 mm							
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj			12. Výkres č. —							
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej										
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 141						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ: ---			27. Vzdálenost zdroj - film: 57 mm							
19. Napětí [kV]: ---			28. Expoziční čas: 20 sec.							
20. Proud [mA]: ---			29. Značka filmu: Agfa D5							
21. Druh zářiče: Se 75			30. Folie: Pb 0,027							
22. Aktivita [Bq]: 930			31. Vyvolání: ruční							
23. Typ měrky: EN Fe 10			32. Umístění měrky: Na straně filmu							
24. Vyhodnocení dle: EN ISO 10675-1			33. Klasifikační stupeň: 1							
25. Specifikace zkoušky: ČSN EN ISO 17636-1			34. Radiograf. technika: Třída B							
26. Tepelné zpracování: ne			35. Číslo snímku: PK 10							
36. Výsledek										
37. Úsek [cm]	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	
	BW	114,0	8,0	5 x 48	3,3	W14	6. 3. 2017	---	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje <b>Vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1</b>										
49. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
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: 28. 3. 2017										

## Ultrazvuková skúška (UT)





Obr. 4.35 Ultrazvuková skúška vzorky PK10

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorná vada testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.35 je pór:

Vo vzdialenosti 48 mm od začiatku v dĺžke 7 mm, 0 až 1 mm pod povrchom a 1 mm široká

Vnútorná vada je v tolerancii danou zadávateľom.



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F05		
	Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			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. PK10		7. Protokol č. 10 UT	
2. Výrobek : Zkušební kus – trubka, PK 10		8. WPS č. ---		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1		10. Rozměr : * ∅ 114,0 x 8,0 mm			
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1		11. Rozměr : ∅ 114,0 x 8,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —			
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej					
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666			17. Klasifikační stupeň : 2		
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW	18. Metoda svařování : 141		
19. Technické údaje					
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35		23. Časová základna : 100	27. Rozsah [mm] : 125		
		24. Frekvence [MHz] : 4	28. zesílení [dB] : 45/64		
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°		25. Přech. ztráty [dB] : —	29. Útlum [dB/m] : —		
22. Vazební prostředek : gel		26. Povrch : —	30. Dksr [mm] : 1		
31. Výsledek					
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení V (y) N (n)	36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt
PK10	141	---	X	x=48 h=1,8 l=7 z=2	Náčrt viz . ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
38. Celkové hodnocení / závěr:					
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)			
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář		49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace	
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
46. Vyhodnotil : Václav Huňář					
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880					
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně					



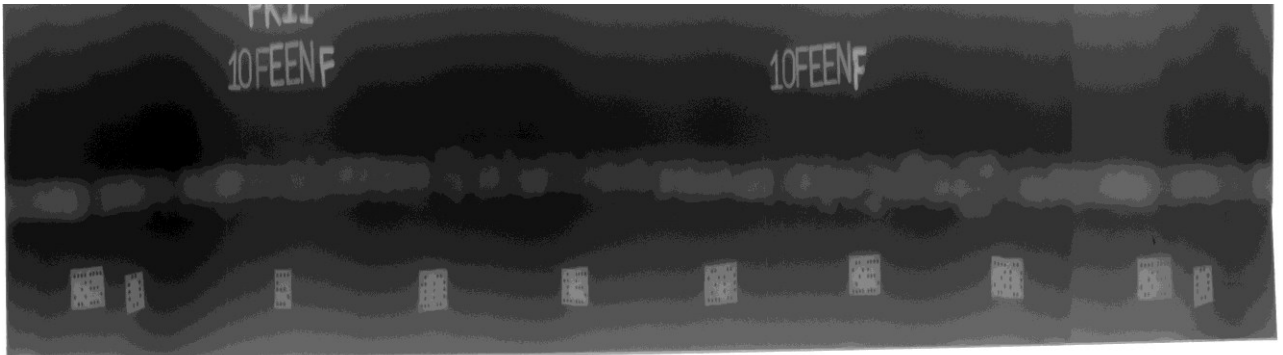
**Vzorka č.11**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne indikácie

**Magnetická skúška (MT)** - pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli nájdené žiadne indikácie

**Skúška prežiarením (RT)** – pri vyhodnocovaní radiogamu, neboli objavené žiadne vady



Obr. 4.36 Radiogram vzorky PK11

**Ultrazvuková skúška (UT)** – pri vykonávaní ultrazvukovej skúške neboli zaznamenané žiadne vady

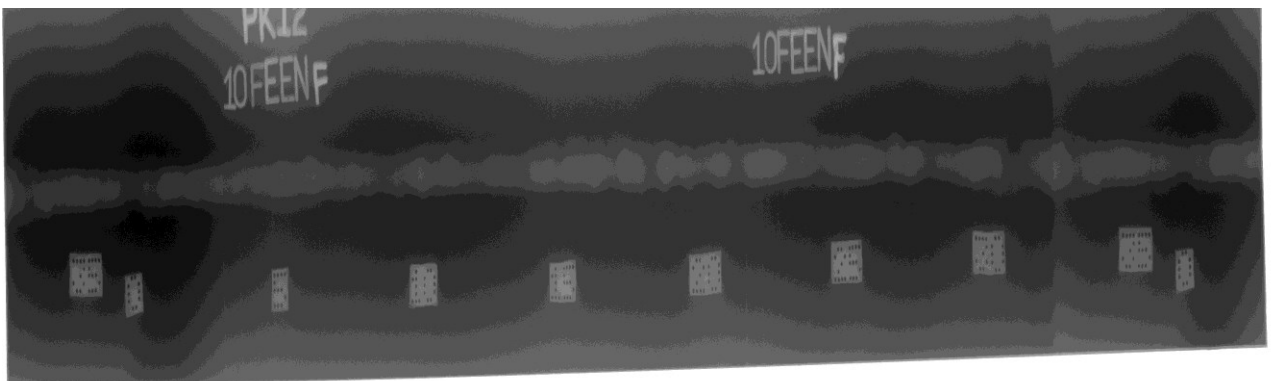
**Vzorka č.12**

**Vizuálna skúška (VT)** - pri vykonávaní vizuálnej kontroly neboli zaevidované žiadne vady

**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, neboli zaznamenané žiadne indikácie

**Magnetická skúška (MT)** - pri vykonaní magnetickej skúšky, neboli nájdené žiadne indikácie

**Skúška prežiarením (RT)** – pri vyhodnocovaní radiogamu, neboli objavené žiadne vady

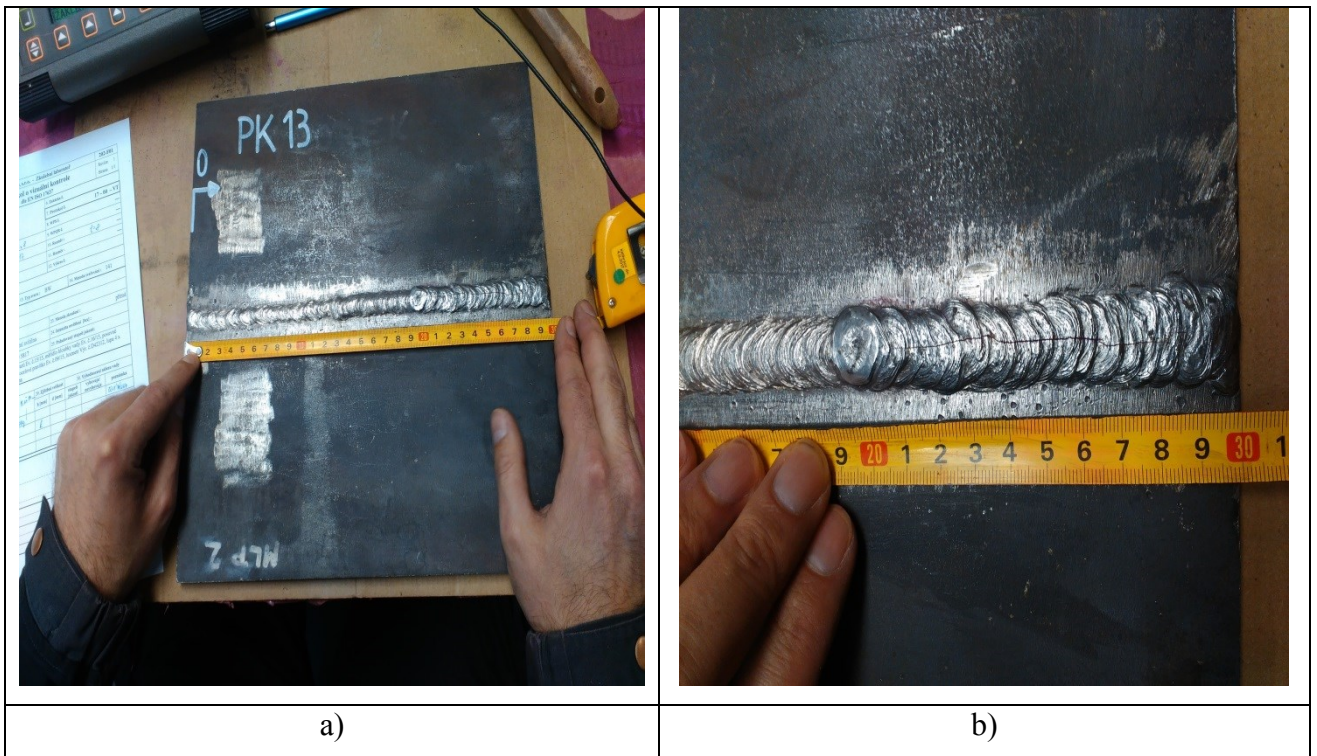


Obr. 4.37 – Radiogram vzorky PK12

**Ultrazvuková skúška (UT)** – pri vykonávaní ultrazvukovej skúške neboli zaznamenané žiadne náhradné vady


Vzorka č.13


## Vizuálna kontrola (VT)



Obr. 4.38 Vizuálna kontrola vzorky PK13: a),b) meranie veľkosti a polohy vady

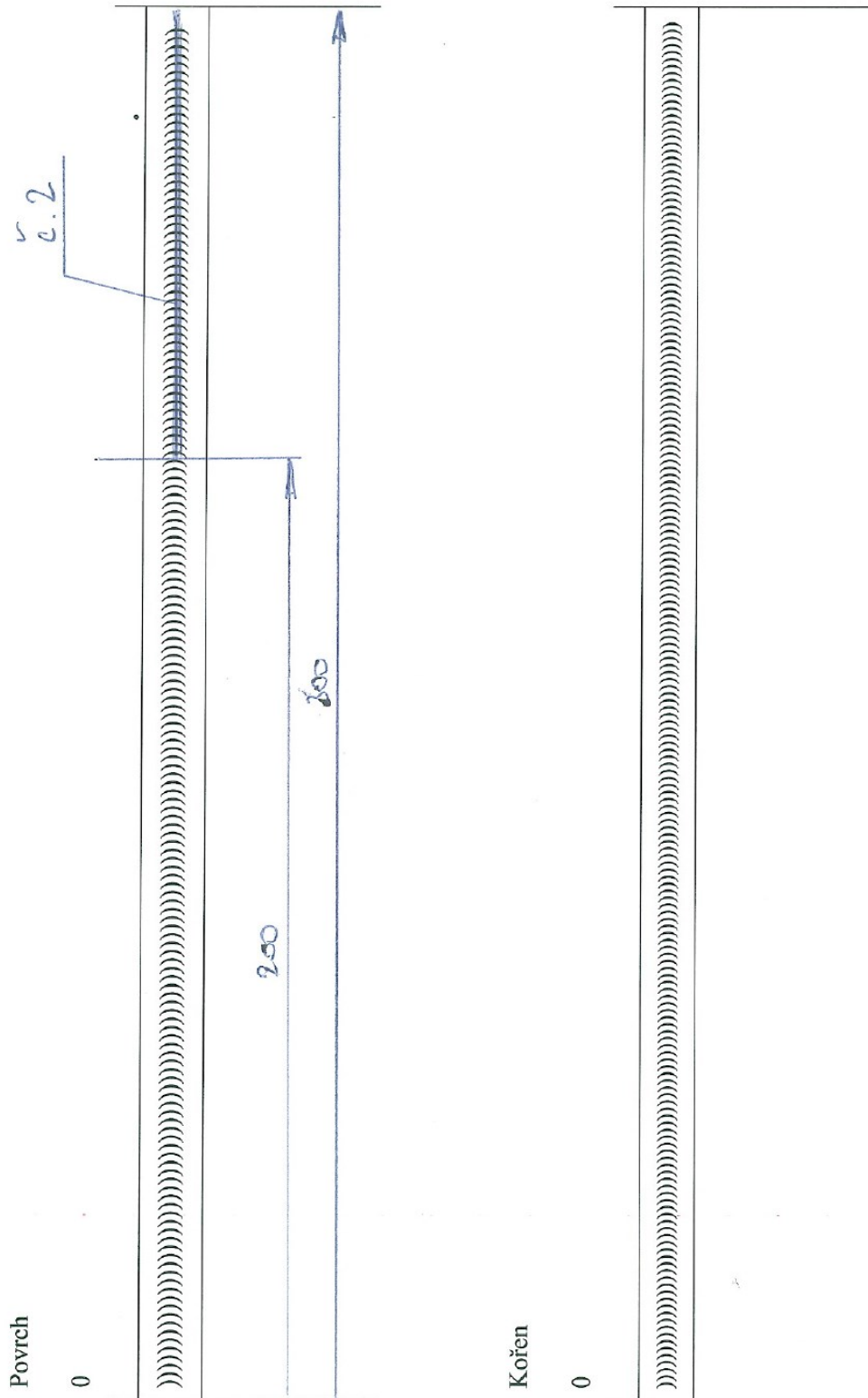
Pri vizuálnej kontrole, bolo zistené, že dĺžka trhliny bola 100 mm.. Nasledovné bola povrchová trhlina preverená ďalšími metódami na určovanie povrchových väd, a to magnetickou skúškou a kapilárnou skúškou.

	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 : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. —		7. Protokol č. <b>13 VT</b>
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, PK 13, 300 x 300 x 8 mm		8. WPS č. —		9. WPQR č. —
3. Základní materiál 1: X10CrA17		10. Rozměr : t = 8,0 mm		
4. Základní materiál 2: X10CrA17		11. Rozměr : t = 8,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj - povrch		12. Výkres č. —		
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej				
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 141
17. Specifikace zkušebního systému				
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637				
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení : přímá		
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítidla		24. Intenzita osvětlení [lux] : 579		
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti: B		
22. Měrky, měřidla a pomůcky: Měrka na převýšení svarů Ev. č.15/15, měřidlo hloubky vady Ev. č.16/15, posuvné měřítko Ev. č.018/07, svinovací metr Ev. č.015/05, luxmetr Výr. č.D42312, lupa 4 x zvětšující, ruční svítidla				
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	513 – nepravidelná šířka (11 až 19 mm)	—	—	—    nevyhovuje    celá délka svaru
2	1011 – podélná trhлина	L=100	—	—    nevyhovuje
3	605 – stopa po sekání	—	—	—    nevyhovuje    celá délka svaru
31. Celkové hodnocení / závěr:				
32. <input type="checkbox"/> Vyhovuje				
33. <input checked="" type="checkbox"/> Nevyhovuje <b>Ne vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B</b>				
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: 28. 3. 2017				

	Tesydo, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F01
	Protokol o vizuální kontrole dle EN-ISO 17637	Revize 1 Strana 2/2

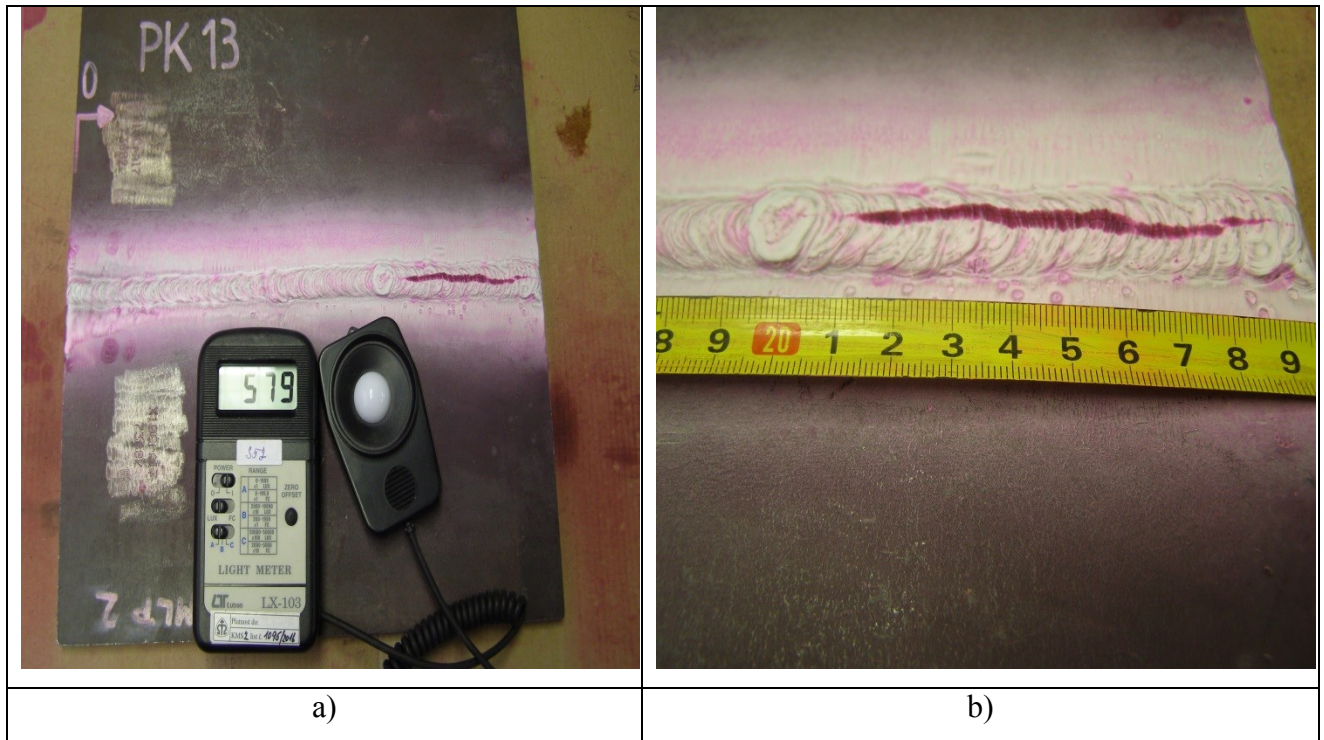
PK 13

Schéma umístění vad svarů:





**Kapilárna skúška (PT)** – pri vykonaní penetračnej skúšky, boli zaznamenané indikácie vo vzdialenosti 200 až 300mm, 55 až 230mm a 335 až 347mm.



Obr. 4.39 Kapilárna skúška vzorky PK13: a) overovanie osvetlenia pre VT, b) meranie veľkosti a polohy indikácie

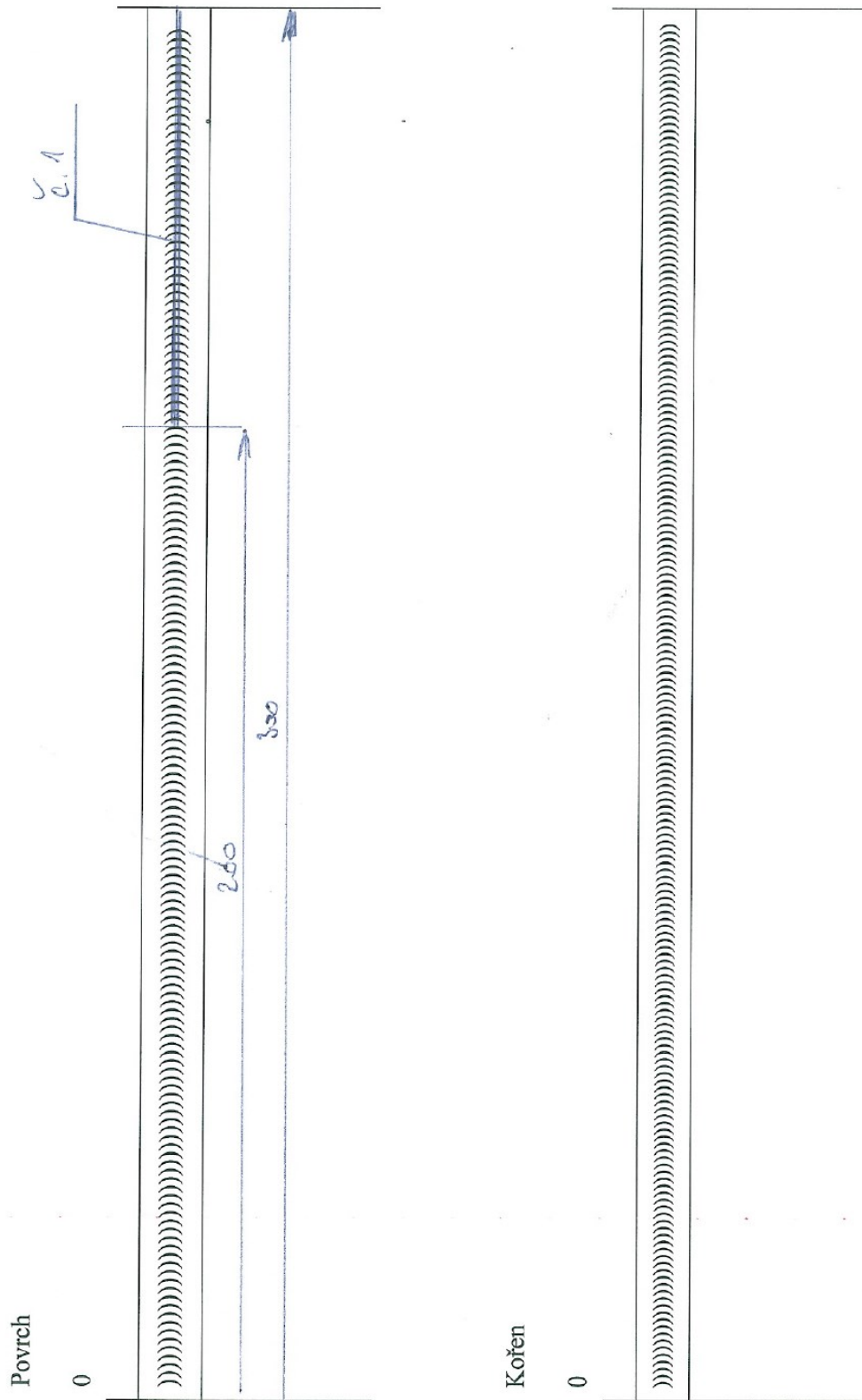
Z vyhodnotenia kapilárnej skúšky vyplynulo, že dĺžka povrchovej indikácie bola nameraná  $l = 100$  mm. Táto nameraná hodnota, bola mimo tolerancie danou zadávateľom a testovaný kus bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.40.

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2		Revize 3 Strana 1/2
1. Zákazník : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín		6. Zakázka č. —	
		7. Protokol č. 13 PT	
		8. WPS č. —	
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, PK 13, 300 x 300 x 8 mm		9. WPQR č. —	
3. Základní materiál 1: X10CrA17		10. Rozměr : t = 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: X10CrA17		11. Rozměr : t = 8,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj - povrch		12. Výkres č. —	
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 141
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: PFINDER Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant : PFINDER 860	CH:L1101546	spray	26. Penetrační čas [min] : 15
21. Čistič : PFINDER 895	CH:L1101845	textil	27. Vyvolávací čas [min] : 20
22. Emulgátor —			28. Zkušební teplota [°C] : 20
23. Vývojka : PFINDER 871	CH:L1101867	spray	29. Povrch : Hladký povrch
24. Zdroj osvětlení : Stropní svítidly		30. Intenzita osvětlení [lux]:	579, Ev.č luxmetru D42312
31. Hodnocení dle : ČSN EN ISO 23277, stupeň 2X			
32. Výsledky zkoušky : Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna lineární indikace o velikosti : č.1 l = 100 mm			
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 : TESIYDO-COP 078			
41. Vyhodnotil : Pavol Kurej			
42. Číslo certifikátu : TESIYDO-COP 078			
43. Datum vyhodnocení : 28. 3. 2017			
45. Inspekční organizace			

	TESHDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2	Revize 3 Strana 2/2

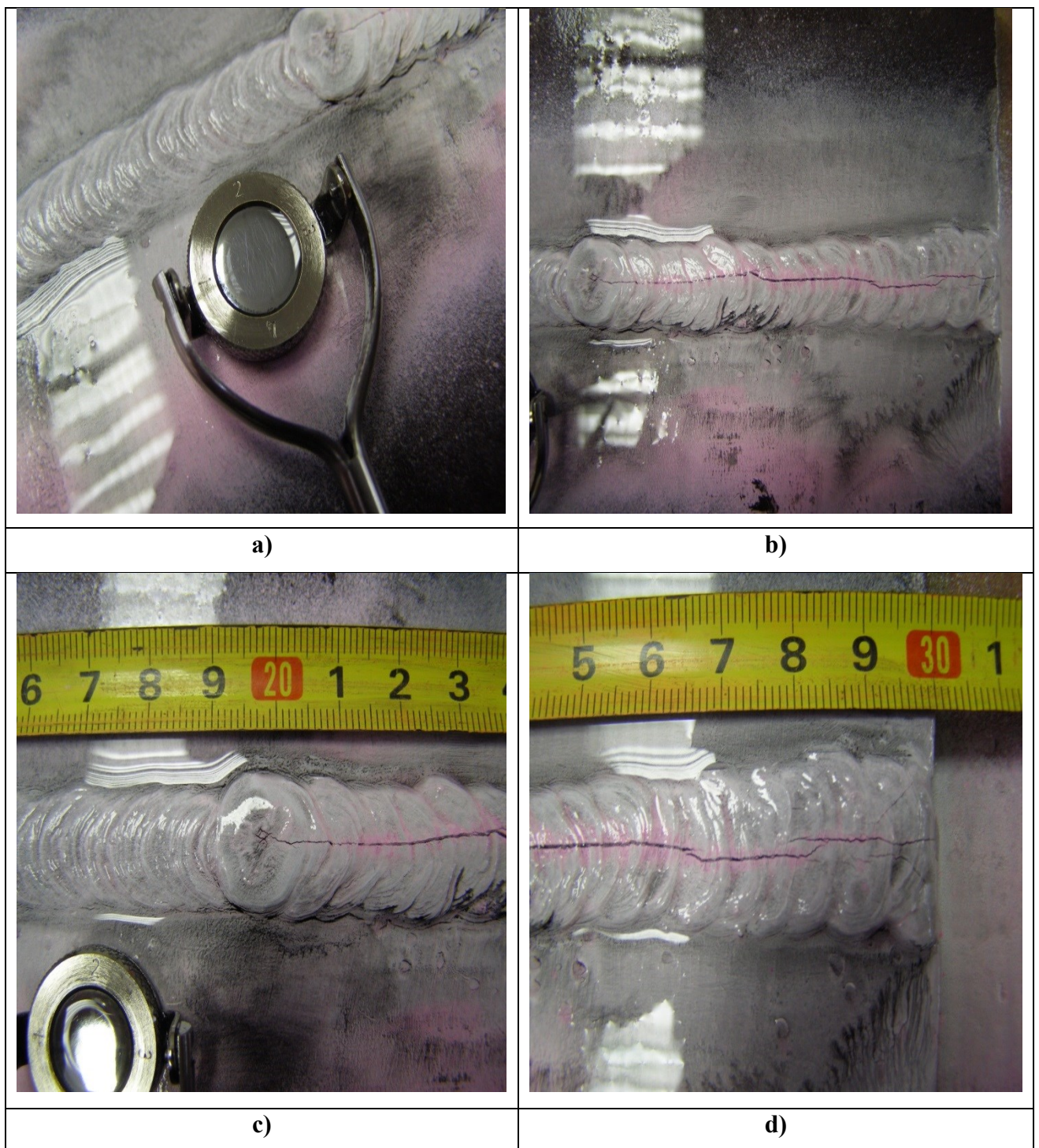
PK13

Schéma umístění vad svarů:







## Magnetická skúška (MT)




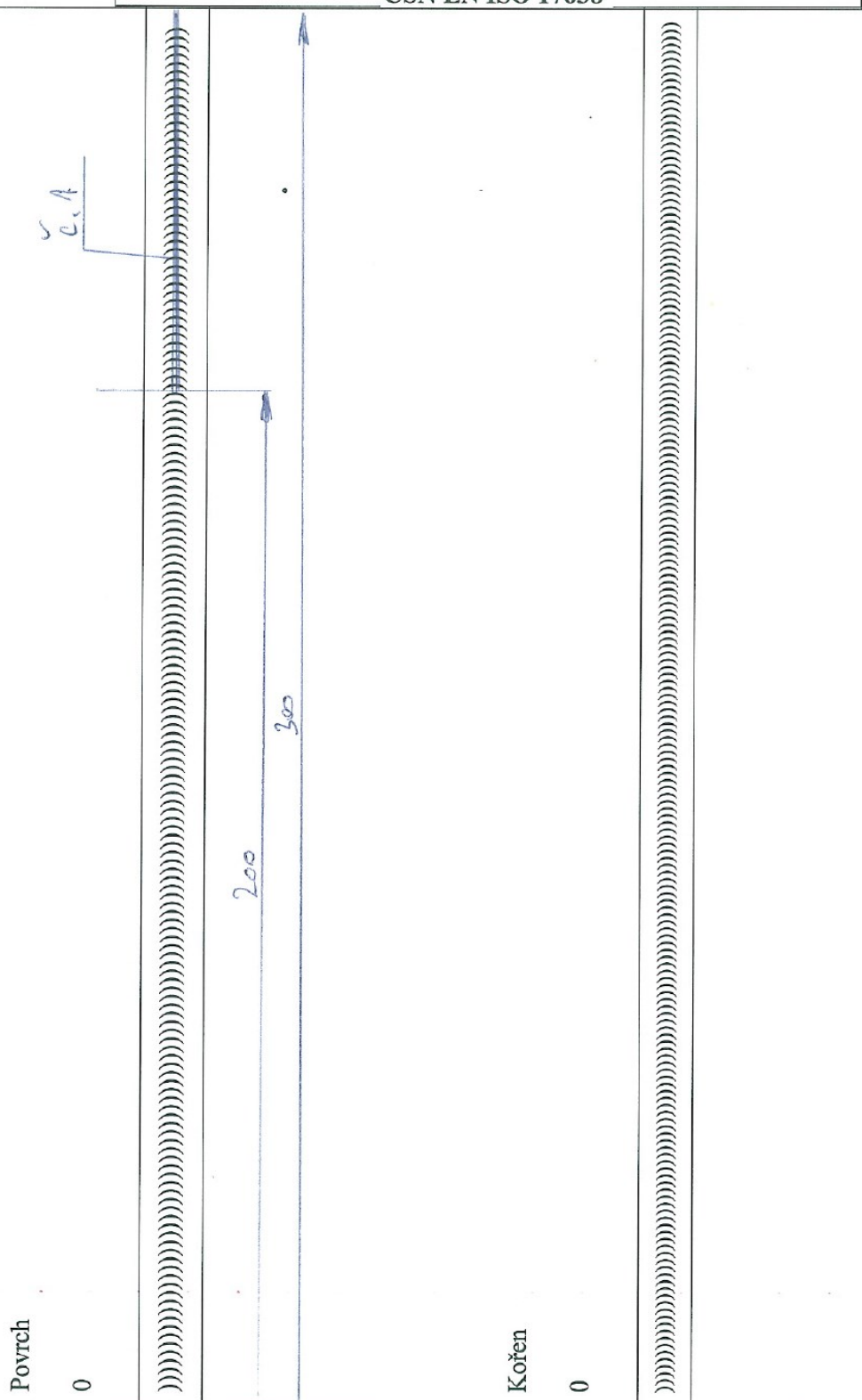
Obr. 4.40 Magnetická skúška vzorky PK13: a)overovanie metódy, b)magnetovanie c),d) meranie polohy a veľkosti indikácie

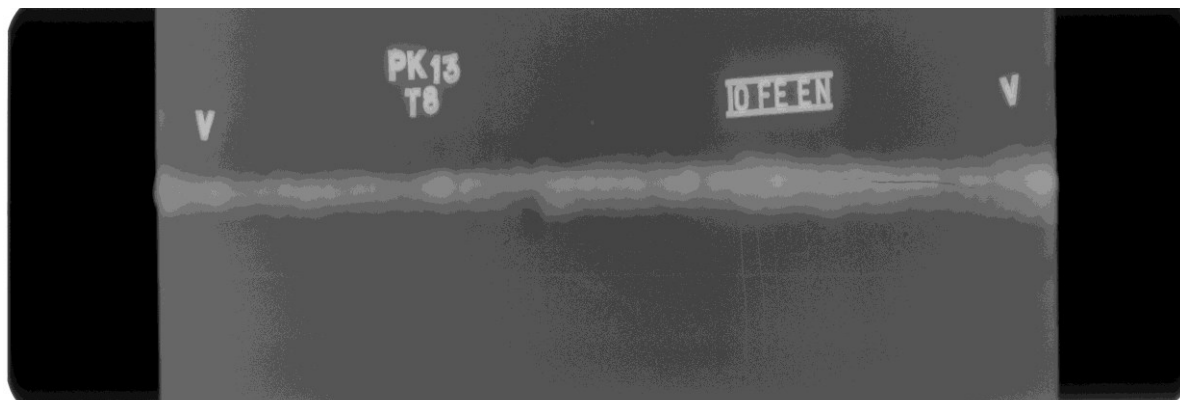
Z výsledku merania magnetickou skúškou vyplynulo, že veľkosť povrchovej indikácie bola nameraná hodnota  $L = 100$  mm, veľkosť nameranej hodnoty je mimo tolerancie testovaný kus bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.41.



	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F04
	<b>Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638</b>		Revize 1 Strana 1/2
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>13 MT</b>	
2. Výrobek: Zkušební kus – plech, PK 13, 300 x 300 x 8 mm	8. WPS č.: —	9. WPQR č.: —	
3. Základní materiál 1: X10CrA17	10. Rozměr: t = 8,0 mm	11. Rozměr: t = 8,0 mm	
4. Základní materiál 2: X10CrA17	12. Výkres č.: —	5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj - povrch	
13. Účel zkoušky: Diplomová práce – Pavol Kurej			
14. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23278		17. Klasifikační stupeň: 2x	
15. Rozsah zkoušení [%]: 100	16. Typ svaru: BW	18. Metoda svařování: 141	
<b>19. Technické údaje</b>			
20. Magnetizace: <input checked="" type="checkbox"/> Podkova <input type="checkbox"/> Průchod proudu <input type="checkbox"/> Kombinovaná	21. Přístroj - typ : PARKER B100S, výr. č 3958, rozteč pólů d = 90 mm,	22. Detekční prášek: <input type="checkbox"/> Fluorescenční <input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Suchý <input checked="" type="checkbox"/> Suspenze	
23. Typ detekčního prášku: MR 76S, šarže: 76S/1142A			
24. Kontrolní měrka: MTU č.3, Bertholdova	26. Proud [A]: >2,4kA/m	28. Druh: AC	
25. Povrch: Hladký (kartáčován)	27. Teplota povrchu [°C]: 20		
<b>29. Výsledek</b>			
Zkoušen povrch svarového spoje + TOO, osvětlení 579 lux, Ev.č luxmetru D42312 Během trvání zkoušky byla zjištěna jedna lineární indikace o velikosti : č.1 l = 100 mm			
<b>30. Celkové hodnocení / závěr:</b>			
<input type="checkbox"/> 31. Bez záznamu vad <input checked="" type="checkbox"/> 33. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu) <input checked="" type="checkbox"/> 32. Nevyhovuje <input type="checkbox"/> 34. Vyhovuje po opravě <input type="checkbox"/> 35. Vyhovuje			
36. Zkoušku provedl: Pavol Kurej	41. Razítko a podpis		42. Inspekční organizace
37. Číslo certifikátu: TESYDO-COP 078			
38. Vyhodnotil: Pavol Kurej			
39. Číslo certifikátu: TESIYO-COP-078			
40. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017			

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř	202-F04
	Protokol o zkoušce magnetickou metodou práškovou dle ČSN EN ISO 17638	PK13 Revize 1 Strana 2/2



**Skúška prežiarením (RT)**

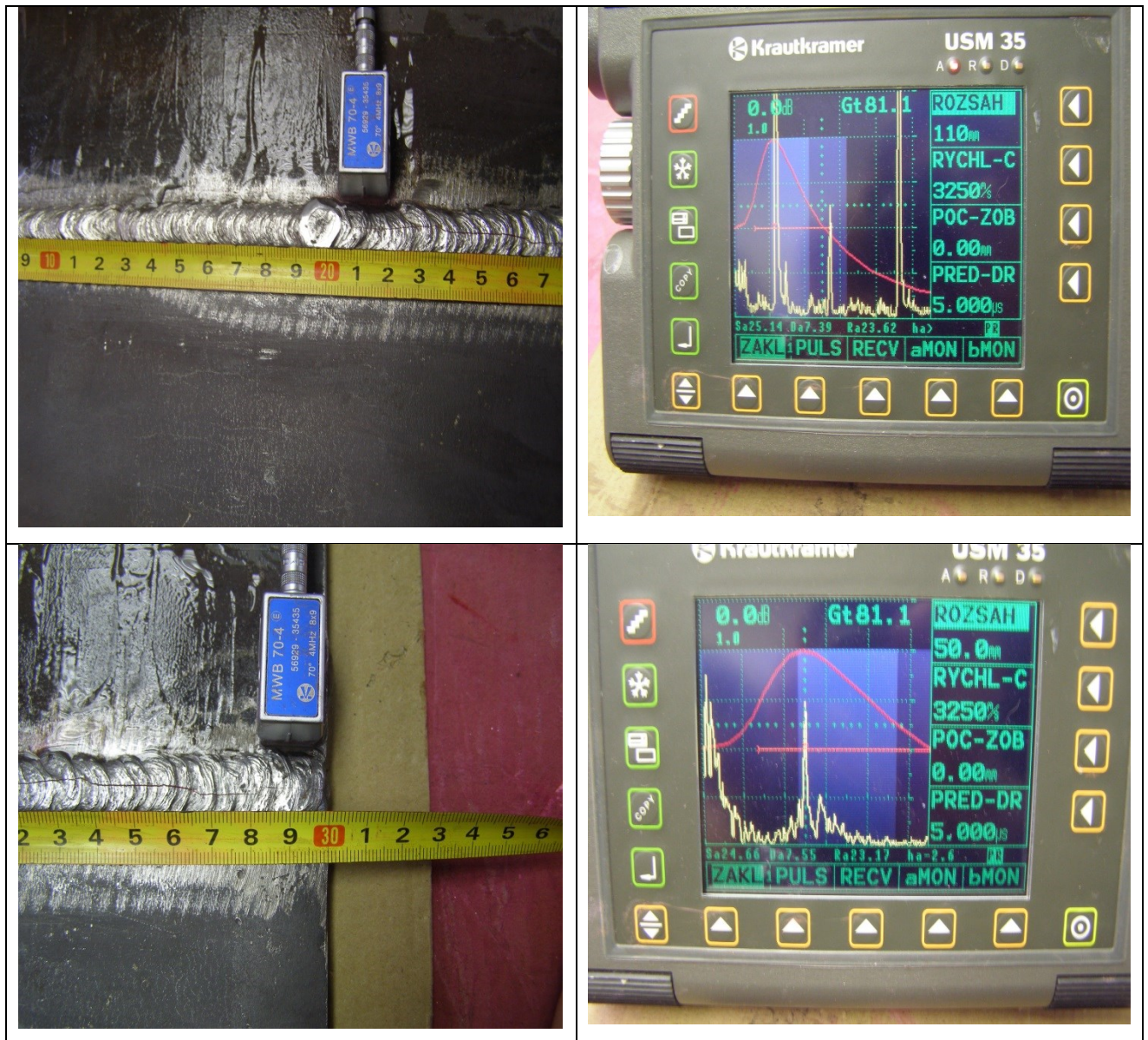
Obr. 4.41 Radiogram vzorky PK13

Z výsledku merania RT bolo zistené, že sa vo vnútri vzorky č. 13, nachádza zásadná vnútorná vada, ide o trhlinu v úseku 200 a 300 mm. Nájdené vnútorná vada je defekt výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok, ako je viditeľné z obr. 4.42.





### Ultrazvuková skúška (UT)



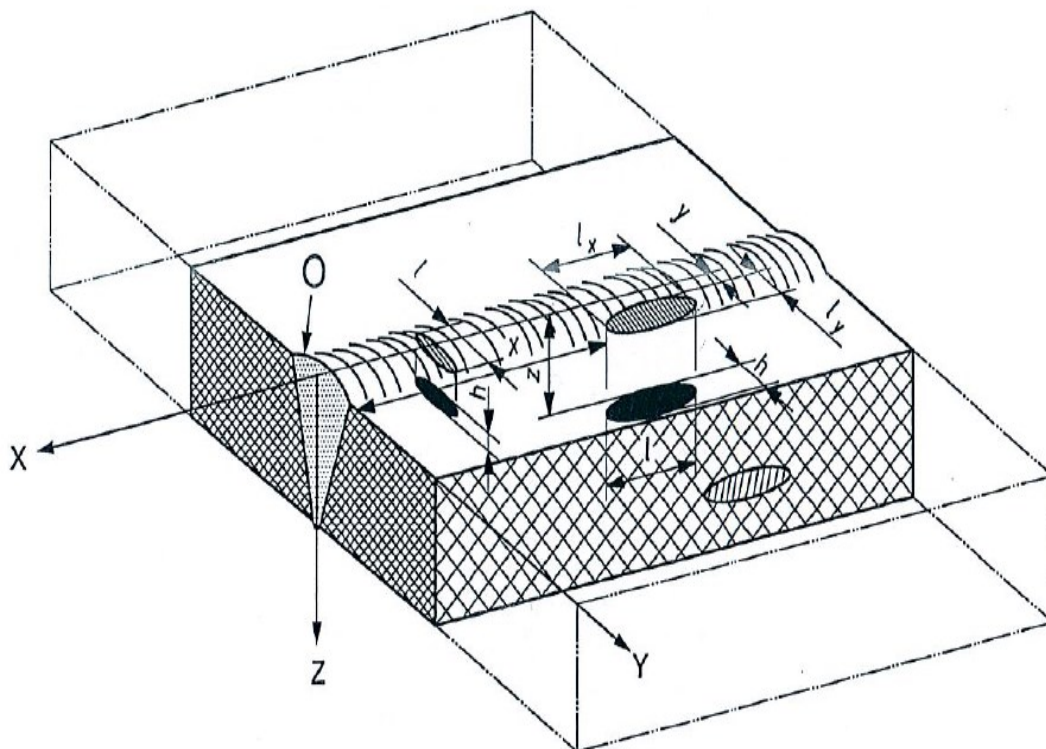
Obr. 4.42 Ultrazvuková skúška vzorky PK13

Pri skúške ultrazvukom bolo zistené, že vnútorné vady testovanej vzorky ako je zjavné z obr. 4.43 je trhlina o dĺžke 100 mm.

- a) Vo vzdialenosti 200 mm od začiatku v dĺžke 100 mm, so začiatkom na povrchu a 6 mm široká

Vnútorné vady sú defekty výrobku mimo tolerancie danou zadávateľom a z tohto dôvodu bol označený ako zmätok

		TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř			202-F05	
		Protokol o zkoušce ultrazvukem dle ČSN EN ISO 17 640 B			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. PK13		
				7. Protokol č. 13 UT		
				8. WPS č. ---		
2. Výrobek : Zkušební kus – plech P8, PK 13				9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: P235GH, skupina 1.1				10. Rozměr : 300,0 x 150,0 x 8,0 mm		
4. Základní materiál 2: P235GH, skupina 1.1				11. Rozměr : 300,0 x 150,0 x 8,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj				12. Výkres č. —		
13. Účel zkoušky : Diplomová práce – Pavol Kurej						
14. Hodnocení dle : EN ISO 11 666				17. Klasifikační stupeň : 2		
15. Rozsah zkoušení [%] : 100		16. Typ svaru : BW		18. Metoda svařování : 141		
19. Technické údaje						
20. Přístroj - typ : Krautkrämer USM 35			23. Časová základna : 100		27. Rozsah [mm] : 100	
			24. Frekvence [MHz] : 4		28. zesílení [dB] : 54/79	
21. Sonda : MB 4F; MWB 70, 70°			25. Přech. ztráty [dB] : —		29. Útlum [dB/m] : —	
22. Vazební prostředek : gel			26. Povrch : —		30. Dksr [mm] : 1,5	
31. Výsledek						
32. Označení zkšebního kusu	33. Metoda	34. Číslo svářeče	35. Hodnocení		36. Označení místa zkoušky	37. Poznámka, náčrt
PK13	141	---	V (y)	N (n)	x=200 h=6 l=100 z=0	Náčrt viz . ČSN EN ISO 17 640 obrázek 2
38. Celkové hodnocení / závěr:						
<input checked="" type="checkbox"/> 39. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 41. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)				
<input checked="" type="checkbox"/> 40. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 42. Vyhovuje po opravě			<input type="checkbox"/> 43. Vyhovuje	
44. Zkoušku provedl : Václav Huňář				49. Razítko a podpis		50. Inspekční organizace
45. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
46. Vyhodnotil : Václav Huňář						
47. Číslo certifikátu : ATG-C-14880						
48. Datum vyhodnocení: 28. 3. 2017 v Brně						



Obr. 4.43 Sústava súradníc pre definovanie polôh  
indikácii podľa normy EN ISO 17640 [8]

### 4.3 Diskuzia výsledkov

Diplomová práca rieši problém zisťovania skrytých vad pomocou NDT metód. Boli vybrané metódy zisťovania skrytých vad Vizuálna kontrola, Kapilárna metóda, Magnetická metóda, Röntgenová metóda a Ultrazvuková metóda. Pomocou vybraných metód boli kontrolované vady na skúšobných vzorkách, ktoré sú priemyslovo vyrábané a spracovávané. Materiály testovaných skúšobných vzoriek boli:

- **P235GH** (podľa ČSN trieda 11) nelegovaná žiaruvzdorná oceľ pre tlakové nádoby a bezšvové trubky, s medzou klzu 235 MPa,
- **X10 CrA17** (podľa ČSN trieda 17) žiaruvzdorná feritická nerezová oceľ

Vybrané zvary uvedených oceli obsahovali skryté vady, ktoré boli zisťované vybranými NDT metódami. Zistené výsledky merania boli graficky znázornené a vyhodnotené. Každá vada bola hodnotená 3 krát.

**Vzorka č.1** – Pri testovaní skúšobnej vzorky č. 1 bolo zistené, že obsahuje povrchové i vnútorné vady. Povrchové vady boli veľmi presne lokalizované metódami, ktoré sa používajú pre detekciu povrchových vad. Boli to metódy VT, PT, MT. U povrchovej vady bola presne určená jej veľkosť a miesto, kde sa na skúšobnej vzorke nachádzala. Povrchová vada (pór) bola taktiež lokalizovaná na radiograme.

Pokiaľ hovoríme o vnútorných vadách u skúšobnej vzorky č. 1, tie boli veľmi presne zachytené metódami rádiologickými a ultrazvukovými. Zmienenými metódami bola zistená ako poloha, tak i veľkosť vnútornej vady. U vnútorných vad hrá zásadnú úlohu orientácia vady, ktorá môže spôsobiť problém pri samotnej detekcii vady a jej premerania.

**Vzorka č.2** – V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 2 bolo zistené, že pri aplikácii povrchových NDT metód neboli zaznamenané žiadne povrchové vady. Pri aplikácii metód pre zisťovanie vnútorných vad bolo zistené, že sa vo vnútri skúšobnej vzorky č. 2 nachádzajú vnútorné vady, ktorých poloha a rozmery boli presne detekované tak ako metódou rádiologickou, tak i ultrazvukovou metódou.

**Vzorka č. 3** – V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 3 boli zistené podobné výsledky merania, ako tomu bolo u skúšobnej vzorky č. 2. Neboli tu nájdené žiadne povrchové vady. Pri aplikácii metód pre zisťovanie vnútorných vad bolo zistené, že sa vo vnútri skúšobnej vzorky č. 3 nachádzajú vnútorné vady, ktorých poloha a rozmery boli presne detekované tak ako metódou rádiologickou, tak aj ultrazvukovou metódou.

**Vzorka č. 4** – U skúšobnej vzorky č. 4 boli objavené vnútorné vady, ktoré boli zaznamenané rádiologickou metódou a ultrazvukovou metódou. Pomocou týchto metód boli presne stanovené, jak poloha, tak veľkosť a tvar vnútornej vady skúšobnej vzorky č. 4. Pretože sa vnútorná vada nachádzala tesne pod povrchom testovanej skúšobnej vzorky č. 4, bola tak isto jej detekcia prevedená magnetickou skúšobňou metódou.

**Vzorka č.5** – Testovaná skúšobná vzorka č. 5 obsahovala jak povrchové, tak vnútorné vady. Povrchové vady boli veľmi presne lokalizované metódami pre meranie povrchových vad ako sú VT a PT. Povrchová vada (zápal) bol tak isto veľmi presne zaznamenaný tiež metódami pre meranie vnútorných vad a to rádiologickou a ultrazvukovou.



Vnútorné vady u skúšobnej testovanej vzorky č. 5 boli lokalizované metódami rádiologickou a ultrazvukovou. Boli presne lokalizované miesta, kde sa vnútorné vady nachádzajú, a hlavne ich tvar a veľkosť.

**Vzorka č.6** - U skúšobnej vzorky č. 6 boli objavené vnútorné vady, ktoré boli zaznamenané rádiologickou metódou a ultrazvukovou metódou. Pomocou týchto metód boli presne stanovené, jak poloha, tak veľkosť a tvar vnútornej vady skúšobnej vzorky č. 6. Pretože sa vnútorná vada nachádzala tesne pod povrchom testovanej skúšobnej vzorky č. 6, bola tak isto jej detekcia prevedená magnetickou skúšobňou metódou..

**Vzorka č.7** - V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 7 bolo zistené, že pri aplikácii povrchových NDT metód neboli zaznamenané žiadne povrchové vady. Pri aplikácii metód pre zisťovanie vnútorných vad bolo zistené, že sa vo vnútri skúšobnej vzorky č. 7 nachádzajú vnútorné vady, ktorých poloha a rozmery boli presne detekované tak ako metódou rádiologickou, tak i ultrazvukovou metódou.

**Vzorek č.8** - V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 8 boli zistené podobné výsledky merania, ako tomu bolo u skúšobnej vzorky č. 7. Neboli tu nájdené žiadne povrchové vady. Pri aplikácii metód pre zisťovanie vnútorných vad bolo zistené, že sa vo vnútri skúšobnej vzorky č. 7 nachádzajú vnútorné vady, ktorých poloha a rozmery boli presne detekované tak ako metódou rádiologickou, tak aj ultrazvukovou metódou.

**Vzorka č. 9** - V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 9 bolo zistené, že pri aplikácii povrchových NDT metód neboli zaznamenané žiadne povrchové vady. Pri aplikácii metód pre zisťovanie vnútorných vad bolo zistené, že sa vo vnútri skúšobnej vzorky č. 9 nachádzajú vnútorné vady, ktorých poloha a rozmery boli presne detekované tak ako metódou rádiologickou, tak i ultrazvukovou metódou

**Vzorka č. 10** - Pro skúšobnej vzorky č. 10 boli objavené vnútorné vady, ktoré boli zaznamenané rádiologickou metódou a ultrazvukovou metódou. Pomocou týchto metód boli presne stanovené, jak poloha, tak veľkosť a tvar vnútornej vady skúšobnej vzorky č. 10. Pretože sa vnútorná vada nachádzala tesne pod povrchom testovanej skúšobnej vzorky č. 10, bola tak isto jej detekcia prevedená magnetickou skúšobňou metódou.

**Vzorka č.11** – V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 11 bolo zistené, že pri aplikácii NDT metód pre povrchové a vnútorné vady neboli zaznamenané žiadne povrchové vady.





















**Vzorka č. 12** – V prípade testovania skúšobnej vzorky č. 12 bolo zistené, že pri aplikácii NDT metód pre povrchové a vnútorné vady neboli zaznamenané žiadne povrchové vady.

**Vzorka č.13** - Pri testovaní skúšobnej vzorky č. 13 bola zistené, že obsahuje povrchovú trhlínu. Povrchová trhlína bola veľmi presne lokalizovaná metódami, ktoré sa používajú pre detekciu povrchových vad. Boli to metódy VT, PT, MT. U povrchovej trhlíny bola presne určená jej veľkosť a miesto, kde sa na skúšobnej vzorke nachádzala.

Pokiaľ hovoríme o vnútorných vadách u skúšobnej vzorky č. 13, tak objavená trhlína zasahovala hlboko do vnútra a bola veľmi presne zachytená metódami rádiologickými a ultrazvukovými. Zmienými metódami bola zistená ako poloha, tak i veľkosť tejto trhlíny. U takejto trhlíny hrá zásadnú úlohu orientácia, ktorá môže spôsobiť problém pri samotnej detekcii vady a jej premeraníu.

#### 4.4 Porovnanie jednotlivých metód pre vnútorné vady

Tab. 5.1 Porovnanie metód pre vnútorné vady

Defektoskopická metóda	Druhy vnútorných vád			
	Vnútorné póry a bubliny	kovové a nekovové vmestky	nenavarené hrany a neprevarené spoje	Trhlíny
Prežiarením				
Ultrazvukom				
Magnetická				
Kapilárna				
Vizuálna				

Zistiteľnosť Vad: dobré



čiastočné























žiadne



## 4.5 Porovnanie jednotlivých metód pre vonkajšie vady

Tab. 5.1 Porovnanie metód pre vonkajšie vady

Defektoskopická metóda	Druhy vonkajších vád			
	póry a bubliny	kovové a nekovové vmestky	nnavarené hrany a neprevarené spoje	trhliny
Prežiarením				
Ultrazvukom				
Magnetická				
Kapilárna				
Vizuálna				

Zistiteľnosť vad: dobré



častočné



žiadne



## ZÁVER

Diplomová práca rieši problém zisťovania skrytých vád pomocou NDT metód. Boli vybrané metódy zisťovania skrytých vád vizuálna kontrola, kapilárna metóda, magnetická metóda, röntgenová metóda a ultrazvuková metóda. Pomocou vybraných metód boli kontrolované vady na skúšobných vzorkách, ktoré sú priemyslovo vyrábané a spracovávané. Materiály testovaných skúšobných vzoriek boli:

- **P235GH** (podľa ČSN trieda 11) nelegovaná žiaruvzdorná oceľ pre tlakové nádoby a bezšvové trubky, s medzou klzu 235 MPa,
- **X10 CrA17** (podľa ČSN trieda 17) žiaruvzdorná feritická nerezová oceľ

Vybrané zvary uvedených oceli obsahovali skryté vady, ktoré boli zisťované vybranými NDT metódami. Zistené výsledky merania boli graficky znázornené a vyhodnotené. Každá vada bola hodnotená 3 krát.

**Vzorka č.1** - Všetky vnútorné vady boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. Išlo o póry a zhľuky pórov. V prípade povrchového póru, tak ten nebol zaznamenaný ultrazvukom, ale bol zaznamenaný všetkými metódami slúžiacimi pre detekciu povrchových vad VT, PT, MT a bol zachytený i na radiograme.

**Vzorka č.2-** Všetky vnútorné vady – póry a zhľuky pórov, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V prípade povrchu, neboli zaznamenané žiadne defekty.

**Vzorka č. 3** -Všetky vnútorné vady – zhľuky pórov boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V prípade povrchu, neboli zaznamenané žiadne defekty.

**Vzorka č. 4** - Všetky vnútorné vady – póry a neprevarený koreň, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom a jeden pór vo vzdialenosti 230 mm od začiatku, bol zaznamenaný aj magnetickou metódou. Tento pór sa nachádza tesne pod povrchom a nebol zaznamenaný VT a PT.

**Vzorek č.5** - Všetky vnútorné vady – póry a vruby v koreňu, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V prípade povrchovej vady - zápal, ten bol zaznamenaný všetkými metódami slúžiacimi pre detekciu vonkajších vád.

**Vzorka č.6** - Všetky vnútorné vady - póry a neprevarený koreň, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V prípade povrchového (tesne pod povrchom) póru, ten nebol zaznamenaný VT a PT, ale bol zaznamenaný všetkými metódami slúžiacimi pre detekciu vnútorných vad RT, UT a bol zaznamenaný i MT.

**Vzorka č.7** - Všetky vnútorné vady – volfrámové vmestky, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V tomto prípade nie sú povrchové vady prítomné..



**Vzorek č.8** - Všetky vnútorné vady – volfrámové vmestky, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V tomto prípade nie sú povrchové vady prítomné

**Vzorka č. 9** - Všetky vnútorné vady – póry a neprievary, boli zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom. V prípade povrchového vad – neúplné vyplnený zvar a zápal, tak boli zaznamenané všetkými metódami.

**Vzorka č. 10** – Jediná vnútorná vada – pór, bola zaznamenané ako na radiograme , tak i ultrazvukom a dokonca i magnetickou metódou. V tomto prípade nie sú povrchové vady prítomné.

**Vzorka č.11** – bez závad

**Vzorka č. 12** – bez závad

**Vzorka č.13** - V tomto prípade máme otvorenú trhlinu na povrch, a táto trhlina bola zaznamenaná všetkými použitými metódami.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

- [1] KOPEC, B. a kol.: Nedeštruktivní skoušení materiálů a konstrukcí (Nauka o materiálu IV), CERN Akademické nakladatelství, 2004. ISBN: 978-80-7204-591-4
- [2] LEITNER, B.: Nedeštruktivne skúšanie materiálov – účel, metódy a podniková dokumentácia. In: Slovgas č. 4/2005, SPNZ, Bratislava 2005.
- [3] LEITNER, B.: Nedeštruktivne skúšanie materiálov – kontrola prežiaréním. In: Slovgas č.6/2005, SPNZ, Bratislava 2005.
- [4] LEŽDÍK, Viliam. Nedeštruktivne kontroly v plynárenskom priemysle v rámci systému kvality vo zvaraní. 2004.
- [5] KREIDL, M., Šmíd, R., Matz, V., & Štarman, S. (2011). Ultrazvuková defektoskopie.
- [6] ŠIMEČEK, Radek. "Moderní metody v nedeštruktivním zkoušení pomocí ul-trazvuku." BAKALÁŘSKÁ PRÁCE, VUT, BRNO (2011).
- [7] RAJ, Baldev; SUBRAMANIAN, C. V.; JAYAKUMAR, T. Non-destructive testing of welds. 2000.
- [8] ČSN ISO 17640. Nedeštruktivní zkoušení svarů - Zkoušení ultrazvukem - Techniky, třídy zkoušení a hodnocení, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušnictví Praha 2011.

---

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

NDT Nedeštruktívne skúšanie

VT Vizuálna kontrola

PT Kapilárna skúška

MT Magnetická skúška

RT Röntgenová skúška

MAG – poloautomatické zváranie kovov v ochrannej atmosfére aktívneho plynu

MIG - poloautomatické zváranie kovov v ochranné atmosfére inertného plynu

MMA – Ručné oblúkové zváranie obalovanou elektródou

TIG – zváranie wolframovou elektródou v ochranné atmosfére inertného plynu

AC – Striedavý prúd

DC – Jednosmerný prúd

HWDC – Jednocestne usmernený prúd

FWDC – Dvojcestne usmernený prúd

3FWDC – Dvojcestne usmernený trojfázový prúd

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1.1 Manželia Pierre a Maria Curieovi //www.google.cz/.....	10
Obr. 1.2 Jeden z prvých röntgenových snímkou ruka manželky Wilhelma Conrada Röntgena //www.google.cz/.....	11
Obr. 2.1 Podmienky pre vizuálnu kontrolu //www.google.cz/.....	14
Obr. 2.2 Ohybný endoskop //www.google.cz/.....	15
Obr. 2.3 Princíp kapilárnej metódy.....	17
Obr. 2.4 Kapilárna skúška: a)povrch po očistení, b) povrch po nanosení penetrantu, c) povrch po otreaní penetrantu, d) povrch po nanosení vývojky.....	20
Obr. 2.5 Identifikácia vady práškovou metódou.....	21
Obr. 2.6 Zobrazenie magnetického pola okolo tyčového magnetu.....	22
Obr. 2.7 Pravidlo pravej ruky.....	22
Obr. 2.8 Pole kruhového závit.....	23
Obr. 2.9 Valcová cievka – solenoid.....	23
Obr. 2.10 Magnetovanie magnetizačným jhom [1].....	24
Obr. 2.11 Pólová magnetizácia cievkou.....	24
Obr. 2.12 – Cirkulárna (pričná) magnetizácia a) prechodom prúdu, b) pomocným vodičom, c) indukciou prúdu.....	24
Obr. 2.13 Kombinovaná magnetizácia pomocným vodičom a indukciou prúdu v súčasť.....	25
Obr. 2.14 Jho - Ručný magnet PTS MagMAX-130.....	28
Obr. 2.15 Mobilný magnetizačný zdroj ZP - 1000 AC <a href="http://www.ptsndt.com">http://www.ptsndt.com</a> .....	29
Obr. 2.16 Stacionárny magnetovaní stôl INKAR MAS 500P <a href="http://www.ptsndt.com">http://www.ptsndt.com</a> .....	30
Obr. 2.17 Schéma radiografie.....	32
Obr. 2.18 - Röntgenotelevizný systém.....	33
Obr. 2.19 Röntgenová lampa.....	34
Obr. 2.20 Ochranný kryt rádioizotopu Ir 192.....	35
Obr. 2.21. Drôtová a otvorové mierky.....	40



Obr. 2.22 – Pozdĺžne vlny [1].....	43
Obr. 2.23 Priečne vlny [1].....	44
Obr. 2.24 Povrchové vlny [1].....	44
Obr. 2.25 Doskové ( ohybové) vlny [1].....	44
Obr. 2.26 Doskové (dilatační) vlny [1].....	44
Obr. 2.27 Schematické znázornenie piezoelektrického meniča [1].....	45
Obr. 2.28 Ultrazvukové piezoelektrické sondy [2 ].....	47
Obr. 2.29 Princíp odrazovej metódy [1].....	48
Obr. 2.30 Identifikácia vady priechodovou metódou [1] a) materiál bez vady, b) materiál s vadou menšou ako je zväzok ultrazvukových vĺn, c) materiál s vadou väčšou než je zväzok ultrazvukových vĺn [1].....	49
Obr. 3.1 Sústredená zrazenina a plynové bubliny v oceľovom ingote [1].....	51
Obr. 3.2 Makro výbrus priečneho rezu koľajnice so stopami zrazeniny [1].....	52
Obr. 3.3 Vodíková bublina (označená šípkou) v odliatku zo zliatiny AlSi10 [5].....	52
Obr. 3.4 Vločková trhlina v hlave koľajnice, ktorá sa porušila za prevádzky [1].....	53
Obr. 3.5 Vločky, zistené v koľajnici detekčným ultrazvukovým vozom.....	53
Obr. 3.6 Pozdĺžna trhlina, ktorá vznikla pnutím v drôte $\varnothing$ 2,5 mm [1].....	54
Obr. 3.7 Pozdĺžna prasklina z pnutia na železničnej náprave [1].....	54
Obr. 3.8 Priečna trhlina, ktorá vznikla pnutím v pružinovom drôte [1].....	55
Obr. 3.9 Príklady vmestkov: a) keramický vmestok (tmavý)v zliatine AlSi10, b) oxidické vmestky (označené šípkami) v zliatine AlSi7, c) pod povrchové vmestky (vady vzniknuté z povrchových vmestkov na povrchu plechov [5].....	55
Obr.4.1 Set pre kapilárne skúšanie.....	59
Obr.4.2 Set pre magnetickú metódu.....	60
Obr.4.3 Kalibrácia ultrazvukového prístroja.....	60
Obr. 4.4 Vizualna kontrola vzorky PK1: a) overenie osvetlenia pre vizualnu kontrolu, b) zaznamenanie póru pri vizualnej kontrole.....	61

---

Obr. 4.5 Penetračná skúška vzorka PK1: a) nanosenie vývojky, b) meranie pozície	
Indikácie.....	64
Obr. 4.6 Magnetická skúška vzorky PK1: a) overenie dostatočného osvetlenia, b) magnetovanie vzorky, c) meranie veľkosti indikácie, d) meranie polohy indikácie.....	67
Obr.4.7 Radiogram vzorky PK1.....	70
Obr. 4.8 Zaznamenanie indikácie ultrazvukom pre vzorku PK1.....	72
Obr. 4.9 Radiogram vzorky vzorky PK2.....	75
Obr. 4.10 Ultrazvuková zkouška PK2.....	77
Obr. 4.11 Radiogram vzorky PK3.....	79
Obr. 4.12 Ultrazvuková skúška vzorky PK3.....	81
Obr. 4.13 Magnetická skúška vzorky PK4: a)magnetovanie, b) meranie polohy indikácie, c) meranie veľkosti indikácie.....	83
Obr. 4.14 Radiogram vzorky PK4.....	86
Obr. 4.15 Ultrazvuková skúška vzorky PK4.....	88
Obr. 4.16 Vizuálna kontrola vzorky PK5: a)meranie hĺbky zápalu Univerzálnou VT mierkou, b) meranie polohy a veľkosti vady.....	90
Obr. 4.17 Kapilárna skúška vzorky PK5: a)zameranie polohy indikácie, b) meranie veľkosti indikácie.....	93
Obr. 4.18 Magnetická skúška vzorky PK5: a) nanosenie podkladu, b)magnetovanie, c) meranie veľkosti indikácie, d) meranie polohy indikácie.....	96
Obr. 4.19 Radiogram vzorky PK5.....	99
Obr. 4.20 Ultrazvuková skúška vzorky PK5.....	101
Obr. 4.21 Magnetická skúška vzorky PK6: a) magnetovanie vzorky, b) zameranie polohy Indikácie.....	103
Obr. 4.22 Radiogram vzorky PK6.....	106
Obr. 4.23 Ultrazvuková skúška PK6.....	108
Obr. 4.24 Radiogram vzorky PK7.....	110
Obr. 4.25 Ultrazvuková skúška vzorky PK7.....	112

---

Obr. 4.26 Radiogram vzorky PK8.....	114
Obr. 4.27 Ultrazvuková skúška PK8.....	116
Obr. 4.28 Vizuálna kontrola vzorky PK9: a) prehliadka vzorky, b) meranie hĺbky vady univerzálnou VT mierkou, c), d) meranie polôh vad.....	118
Obr. 4.29 Kapilárna skúška vzorky PK9: a), b) vyvolávanie penetrantu,,c), d) meranie veľkosti a polohy indikácie.....	121
Obr. 4.30 Magnetická skúška vzorky PK9 – a), b), c), d) meranie veľkosti a polohy Indikácii.....	124
Obr. 4.31 Radiogram vzorky PK9.....	127
Obr. 4.32 Ultrazvuková skúška vzorky PK9.....	129
Obr. 4.33 Magnetická skúška vzorky PK10: a) Nanesená podklad, b) magnetovanie, c) zameranie polohy indikácie, d) meranie veľkosti indikácie.....	131
Obr. 4.34 Radiogram vzorky PK10.....	134
Obr. 4.35 Ultrazvuková skúška vzorky PK10.....	136
Obr. 4.36 Radiogram vzorky PK11.....	138
Obr. 4.37 – Radiogram vzorky PK12.....	138
Obr. 4.38 Vizuálna kontrola vzorky PK13: a),b) meranie veľkosti a polohy vady.....	139
Obr. 4.39 Kapilárna skúška vzorky PK13: a) overovanie osvetlenia pre VT, b) meranie veľkosti a polohy indikácie.....	142
Obr. 4.40 Magnetická skúška vzorky PK13: a)overovanie metódy, b)magnetovanie c),d) meranie polohy a veľkosti indikácie.....	145
Obr. 4.41 Radiogram vzorky PK13.....	148
Obr. 4.42 Ultrazvuková skúška vzorky PK13.....	150
Obr. 4.43 Sústava súradníc pre definovanie polôh indikácii podľa normy EN ISO 17640 [8].....	152

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 2.1 Typy filmov podľa ASTM-49 [1].....	37
Tab. 3.1 Základné triedenie vad do skupín a ich všeobecný popis.....	50
Tab. 5.1 Porovnanie metód pre vnútorné vady.....	155
Tab. 5.1 Porovnanie metód pre vonkajšie vady.....	156



## SEZNAM PRÍLOH