

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Svařování kovů a zkoušení svarů podle normy NTD - A. S. I.

Vedoucí seminární práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor seminární práce: Bc. Miroslav Holý

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav HOLÝ**
Osobní číslo: **Z16274**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Svařování kovů a zkoušení svarů podle normy NTD - A. S. I.**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je provedení, popis a vyhodnocení způsobů svařování kovů a odpověď na otázky:

1. Je zvolená metoda svařování vhodná pro svařování potrubí JE Temelín?
2. Vyhovuje způsob zkoušení svarů požadavkům v jaderné energetice?

V práci se zaměřte:

1. Popište používané metody svařování kovů.
2. Provedte konkrétní svary.
3. Vyzkoušejte svary zvolenou metodou.
4. Odpovězte na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnoťte.
6. Uveďte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

AMBROŽ O., KANDUS B., KUBÍČEK J. (2001): Technologie svařování a zařízení. recenzent Václav Minařík. 1. vyd. Ostrava: Česká svářečská společnost ANB, ZEROSS - svářečské nakladatelství, 395 s. ISBN 80-85771-81-0.
KMEC J., KUČERKA D., GOMBÁR M., HRMO R. a BIČEJOVÁ Ľ (2014): Delenie materiálov. 1. vyd. Košice, Technická univerzita v Košicích, 287 s. ISBN 978-80-553-1872-1.

KUBÍČEK J. (1994): Technologie svařování. Ústav strojírenské technologie, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně.

LAIK A., SHIRZADI A., TEWARI R., KUMAR A., JAYAKUMAR T., DEY G.K. (2013): Microstructure and interfacial reactions during active metal brazing of stainless steel to titanium, Metallurgical and Materials Transactions A. Volume 44 ,Issue 5, Pages 2212-2225, ISSN: 1073-5623 (Print), 1543-1940 (Online).

PIERRE J., BERGMANN A., REGENSBURG R. S., PETZOLDT F., HERB A. (2017): Effect of the interface characteristics on the joint properties and diffusion mechanisms during ultrasonic metal welding of Al/Cu. Welding in the World. Vol. 16, Issue 92, p. 1-8, ISSN: 0043-2288 (Print) 1878-6669 (Online).

SHIRZADI A. (2010): Diffusion Bonding. University of Cambridge, Department of Materials Science & Metallurgy, rev. 2010-07-07.

Firemní literatura.

Omezeně internetové zdroje:

<https://scholar.google.cz/>

https://books.google.com/advanced_book_search

<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: 13. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018


prof. Ing. Miroslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Budeňská 1988, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2017

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vypracování této diplomové práce. Také bych rád poděkoval mému kolegovi Milanu Kuchyňkovi za umožnění výzkumu, a poskytnutí potřebných informací.

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....

Datum

.....

Bc. Miroslav Holý

Abstrakt

Práce se zabývá způsoby spojování materiálů pomocí svařování. V úvodní části se diplomová práce zabývá historií tohoto oboru. Další část popisuje metody svařování a zkoušky svarů. V poslední části diplomové práce je reálné zavaření kontrolního svarového spoje a jeho vyhodnocení.

Cílem diplomové práce je vytvořit možný přehled svařování kovů, jaké jsou metody a způsoby svařování a zkoušky svarů a možnost těchto metod využít v praxi. Popsány jsou metody teoreticky a zároveň ukázky z praxe.

Klíčová slova: svařování; kontrolní svarový spoj; zkoušení svarů

Abstract

The paper deals with methods of welding material bonding. In the introductory part the diploma thesis deals with the history of this field. The next part describes welding and welding methods. The last part of the diploma thesis is the real welding of the control weld joint and its evaluation.

The aim of this diploma thesis is to create a possible overview of metal welding, such as methods and methods of welding and welding tests and the possibility of using these methods in practice. Describe both theoretical and practical examples of practice.

Keywords: welding; control welding joint; welding testing

Obsah

1. Úvod	10
2. Literární rešerše.....	11
2.1 Historie svařování	11
2.2 Teorie vzniku svarového spoje	13
2.3 Rozdělení metod svařování	15
2.4 Základní pojmy svařování	16
2.5 Deformace a typy svarů	18
2.6 Druhy svarových spojů.....	19
2.6.1 Tupé svarové spoje.....	20
2.6.2 Koutové a rohové svarové spoje.....	21
2.6.3 Přeplátované svarové spoje.....	22
2.6.4 Děrové a žlábkové svary	22
2.6.5 Bodové a švové svary	22
2.7 Vady svarů	22
2.7.1 Základní NDT metody kontroly svaru, volba vhodné metody ...	24
2.8 Vizualní kontrola	26
2.9 Kapilární zkoušení	30
2.9.1 Fyzikální podstata kapilárního zkoušení	31
2.9.2 Metody a prostředky použité ke zkoušení	32
2.9.3 Postup realizace kapilární zkoušky	34
2.10 Metoda prozařovací	37
2.10.1 Podstata pronikavého záření	38
2.10.2 Postup při zkoušení svarů prozářením.....	39
2.11 Korozní zkoušky	42
2.11.1 Druhy korozních zkoušek.....	43
2.11.2 Principy korozních zkoušek.....	43
2.12 Metalografické zkoušky	46
2.12.1 Příprava výbrusů	46
2.12.2 Makroskopická a mikroskopická kontrola.....	48
2.13 Postupy a rozsah s technickými požadavky	48
2.14 Kategorie svarových spojů.....	50
2.15 Kontrolní svarový spoj	50

2.16	Zhotovení kontrolních svarových spojů	52
2.17	Nedestruktivní kontroly kontrolních svarových spojů	54
2.18	Destruktivní kontroly kontrolních svarových spojů	55
2.19	Platnost kontrolních svarových spojů	56
3.	Cíl práce	57
4.	Metodika	58
4.1	Výstupní dokumentace	58
4.2	Praktická část	58
5.	Výsledky	65
5.1	Výsledná dokumentace kontrolního svarového spoje	65
6.	Diskuze	72
7.	Závěr	75
8.	Použitá literatura	77
9.	Použité obrázky	78
10.	Použité tabulky	80

1. Úvod

Svařování je definováno jako nerozebíratelné spojování dvou částí kovů pomocí tepla při teplotě tavení obou materiálů nebo tlaku vyvolávající deformaci kontaktních ploch. Při tavném svařování může nebo nemusí být použitý přídavný materiál s tavící teplotou stejnou nebo blízkou teplotě tavení základních materiálů.

Svařování je podle statistických údajů jednou z nejrozšířenějších technologií ve strojírenské výrobě. Nahradilo nýtované spoje a svařování nevytlačily ani lepené spoje. Odhaduje se, že v současnosti je celkový podíl tohoto odvětví okolo 10 % celkového objemu prací, které jsou ve strojírenské výrobě. Používání svářecích zařízení ve strojírenství neustále narůstá.

2. Literární rešerše

2.1 Historie svařování

Historie svařování sahá až do starověku, kdy se šperky a drobné předměty ze zlata a drahých kovů vyráběly pomocí tlaku na přeplátované okraje spoje, nebo pájením. V době železné se lidé v severní Africe a z východního středomoří naučili svařovat železo, pomocí kovářského svařování. To potvrzuje nález takto vyrobených železných nástrojů, pocházejících z doby kolem roku 1 000 př. n. 1. Avšak vynález svařování se připisuje Řeku Glaukovi Žijícímu kolem r. 688 - 600 př. n. 1.

Ve středověku, kdy se výrazně rozvinulo kovářství, bylo vyrobeno mnoho předmětů kovářským svařováním, kdy se oba spojované železné předměty ohřejí na teplotu kolem 1200°C a tlakem pomocí rázů kladiva se spojí dohromady. Svařování, tak jak je známe dnes, bylo objeveno až v 19. století a jeho výrazný rozvoj se datuje do 20. století. V té době v roce 1836 byl objeven Edmundem Davym z Anglie acetylen a tím začalo využití acetylenu pro spojování kovů. Vytvoření elektrického oblouku mezi dvěma uhlíkovými elektrodami využívající zdroje je přisuzováno panu Humphrymu Davysovi v roce 1800. Svařování elektrickým obloukem bylo podmíněno vynálezem elektrického generátoru. V r. 1881 Auguste De Meritens ve Francii, použil teplo elektrického oblouku ke svařování olověných desek pro akumulátory. Patent na svařování elektrickým obloukem však podali Rus Nikolaj Nikolajevič Benardos pracující ve Francii a Stanislav Olsewský a obdrželi britský patent roku 1885 a americký roku 1887 na svařování uhlíkovými elektrodami.

Roku 1890, C. L. Coffin z Detroitu obdržel první americký patent pro svařování elektrickým obloukem za použití kovové elektrody. Toto byl první záznam toho, že roztavený kov z elektrody byl přenesen pomocí oblouku do svarového kovu pro vytvoření svaru. Z dnešního pohledu byl nejdůležitější objev obalené elektrody se stabilním hořením oblouku Švédem Oscarem Kjellbergem v letech 1907- 1914. Původně byly ocelové dráty namáčené do vodní směsi oxidů a křemičitanů. Dále proběhlo vysušení a vznikl obal, který již ovlivňoval chemické složení svarového kovu. Současně bylo také objeveno

Thompsonem 1885 1910 odporové svařování a v roce 1903 vynalezl němec Goldschmidt svařování termitem.

Svařování aluminotermické bylo poprvé použito na spojování železničních kolejí. V roce 1937 byla vynalezena metoda svařování pod tavidlem, přičemž první pokusy byly realizovány již po roce 1900 a v roce 1944 je vynalezeno svařování metodou TIG (Tungsten Inert Gas Welding) s názvem héliový oblouk nejprve pro svařování hliníku střídavým proudem.

V roce 1950 bylo v svářečském institutu E. O. Paton, na Ukrajině, SSSR vyvinuto elektrostruskové svařování a v roce 1953 došlo k význačnému objevu, když Ljubavskij a Novošilov oznámili použití ocelových drátových elektrod odtavovaných obloukem v atmosféře plynného CO₂. Tato metoda svařování se velmi rychle rozšířila díky výhodnému kompromisu mezi kvalitou a ekonomikou. V roce 1957 R. F. Gage vynalezl plazmové svařování s vyšším stupněm ionizace a vyšší teplotou oblouku.

Elektronové svařování ve vakuu vyvinul J. A. Stohr ve Francii roku 1950. V roce 1960 americký fyzik T. Maiman (Hughes Aircraft Compeny) zkonstruoval první rubínový laser a laserový paprsek se začal využívat v celé řadě odvětví včetně svařování a od r. 1971, kdy Britský svářečský institut připojil trysku s oxidačním plynem okolo laserového paprsku i laserové řezání. Svařování třením rotujícím nástrojem bylo vynalezeno, patentováno a rozvinuto pro použití v průmyslu Svařovacím institutem TWI v Cambridge, Velká Británie v roce 1991.

V Izraeli r. 2000 byla představena metoda magneticko-pulsního svařování, využívající kapacitní síly kondenzátorů generující magnetické pole jako pevné fáze svařovacího procesu (AMBROŽ et al., 2001).

2.2 Teorie vzniku svarového spoje

Svařováním kovů a jejich slitin je definováno jako nerozebíratelná spojení s využitím tepelné, mechanické nebo radiační energie. Spojení nastane působením meziatomových sil, a adhezních vazeb na teplem nebo tlakem aktivovaných kontaktních plochách. Pevné látky mohou mít různý typ vazby, která odpovídá různým typům rozložení elektronů a iontů. Ionty jsou v atomu uspořádány tak, aby potenciální energie krystalu byla co možná nejmenší. Základem vazby je mrak valenčních elektronů, které mohou volně přecházet od atomu k atomu. Ke kovové vazbě tedy dochází, pokud přitažlivé síly mezi kovovými ionty a elektronovým mrakem převyšují odpudivé síly elektronů v tomto mraku. Ionty jsou uspořádány podle přesně definovaného rozložení, podle něhož v pevných látkách existují mezi ionty síly přitažlivé a odpudivé.

Proces svařování vyžaduje aktivaci kontaktních ploch, tj. dodání energie aktivace pro překonání bariery potenciální energie povrchových atomů.

Pro svařování lze použít následující formy aktivační energie:

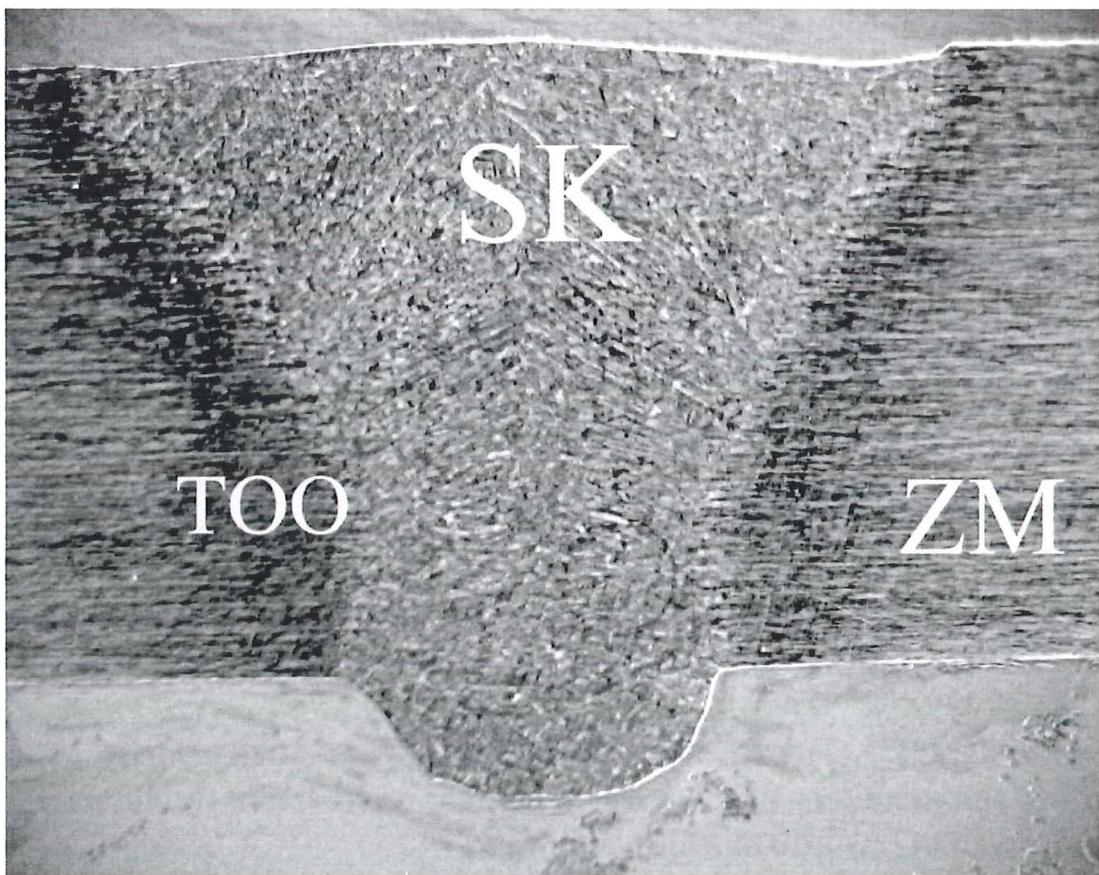
- termická aktivace - **tavné svařování** plamenem, obloukem, termitem a elektrickým odporem strusky
- mechanická aktivace (plastické deformace) - **tlakové svařování** elektrickým odporem, třením, ultrazvukem, výbuchem, difuzní, tlakem za studena, vysokofrekvenční
- radiační aktivace - elektronové, fotonové nebo iontové ozáření — **tavné svařování** svazkem elektronů, laserem, svazkem iontů

Všechny běžné metody svařování lze rozdělit na dvě velké skupiny: tavné svařování a tlakové svařování. U tavného svařování je vytvoření spoje dosaženo přívodem tepelné energie do oblasti svaru, kdy dochází k natavení základního, případně přídavného materiálu. Tekutá fáze je vázána na povrch tuhé fáze adhezními silami a při tuhnutí taveniny se slabé adhezní síly mění na chemickou vazbu ve formě krystalové mřížky. Rostou nová zrna a původní rozhraní tavenina a tuhá fáze zaniká. Růst zrn je orientován proti směru odvodu tepla a kolmo na izotermy. Svarový kov je charakterizován

tzv. dendritickou krystalizací, přičemž velikost dendritů závisí na množství přivedeného tepla na jednotku délky svaru.

Tlakové metody svařování jsou založeny na působení mechanické energie. Přeměnou mechanické energie na plastickou deformaci se vyvolají na kontaktních plochách čistící pochody, které zajišťují odstranění oxidů a nečistot. Aktivací povrchových atomů pomocí mechanické energie se přiblíží spojované povrchy na vzdálenost působení meziatomových sil, přičemž vznikne vlastní spoj. Pro snížení zatěžovací síly lze kontaktní místo ohřát pod teplotu tavení. U obou způsobů svařování je třeba překonat nebo snížit energetickou hladinu potenciální energie na rozhraní spojovaných ploch.

U tavných metod svařování je kolem roztaveného svarového kovu pásmo, kde dosáhla teplota hodnoty překrytizačních pochodů a proběhla alespoň částečná překrytizaace, tato oblast se nazývá tepelně ovlivněná oblast (TOO) (viz obrázek č. 1), (AMBROŽ et al., 2001).



Obrázek č. 1 – Struktura svarového spoje: svarový kov - SK, tepelně ovlivněná oblast - TOO, základní materiál – ZM, zdroj: AMBROŽ et al., (2001)

2.3 Rozdělení metod svařování

Rozdělení metod svařování je uvedeno v normě ČSN EN ISO 4063 Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování (viz obrázek č. 2).

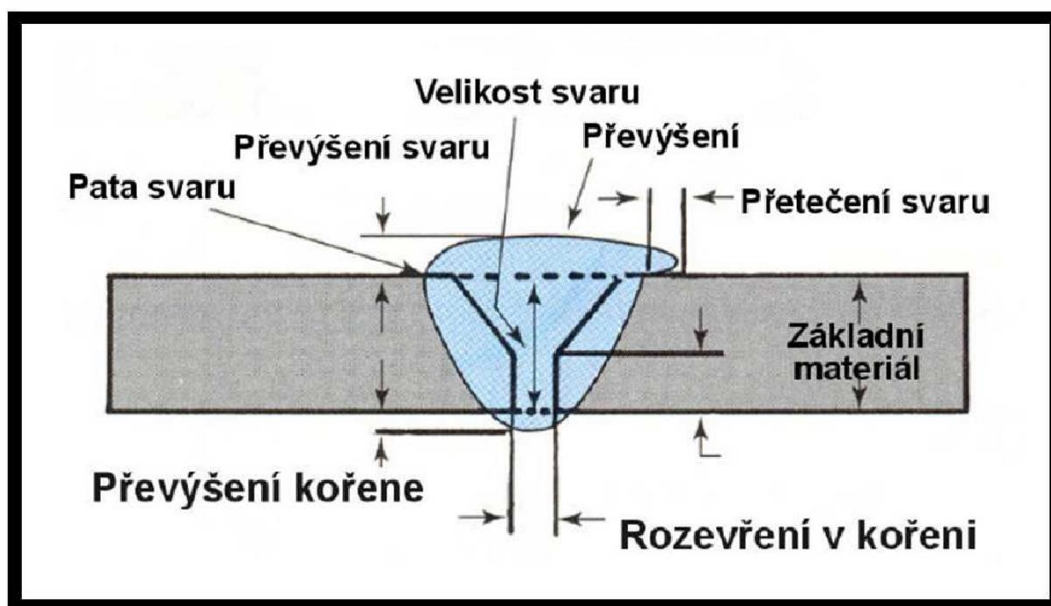


Obrázek č. 2 – Rozdělení metod svařování – ZM, zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

2.4 Základní pojmy svařování

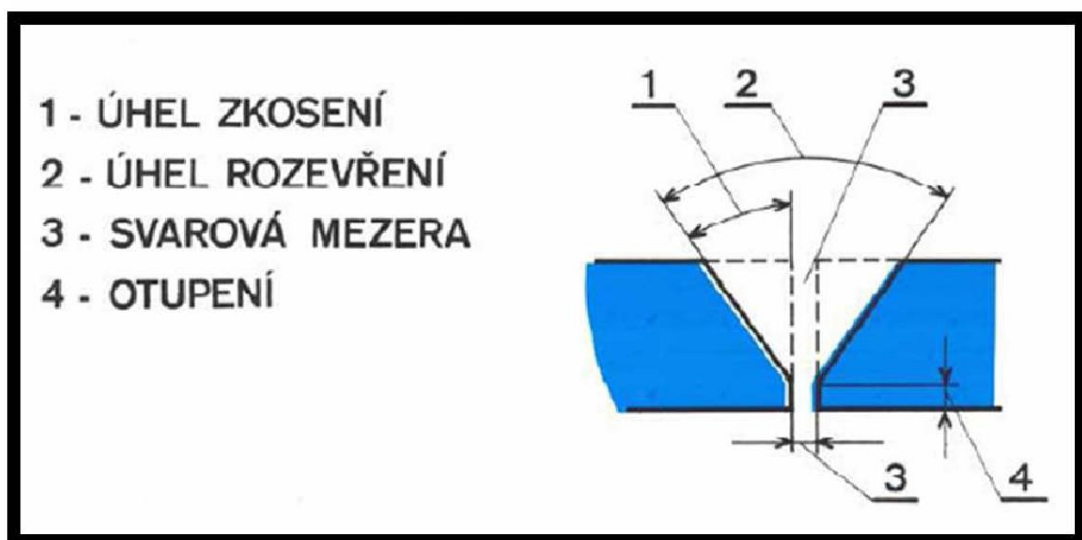
- **Svařování** - spojování materiálu v nerozebíratelný celek
- **Navařování** - nanášení roztaveného kovu na danou součást pro zvýšení objemu, změnu vlastností, opravu vylomené či opotřebené části apod.
- **Základní materiál** - materiál, který svařujeme nebo na který navařujeme
- **Přídavný materiál** - materiál, který se přidává do svarové lázně
- **Svarek** - montážní jednotka zhotovená svařováním
- **Svarový kov** - kov odtavený z přídavného materiálu bez promísení se základním materiálem
- **Svarový kov spoje** - kov odtavený z přídavného materiálu promísený se základním materiálem
- **Popis svarového spoje** (viz obrázek č. 3)



Obrázek č. 3 - Popis svarového spoje, zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

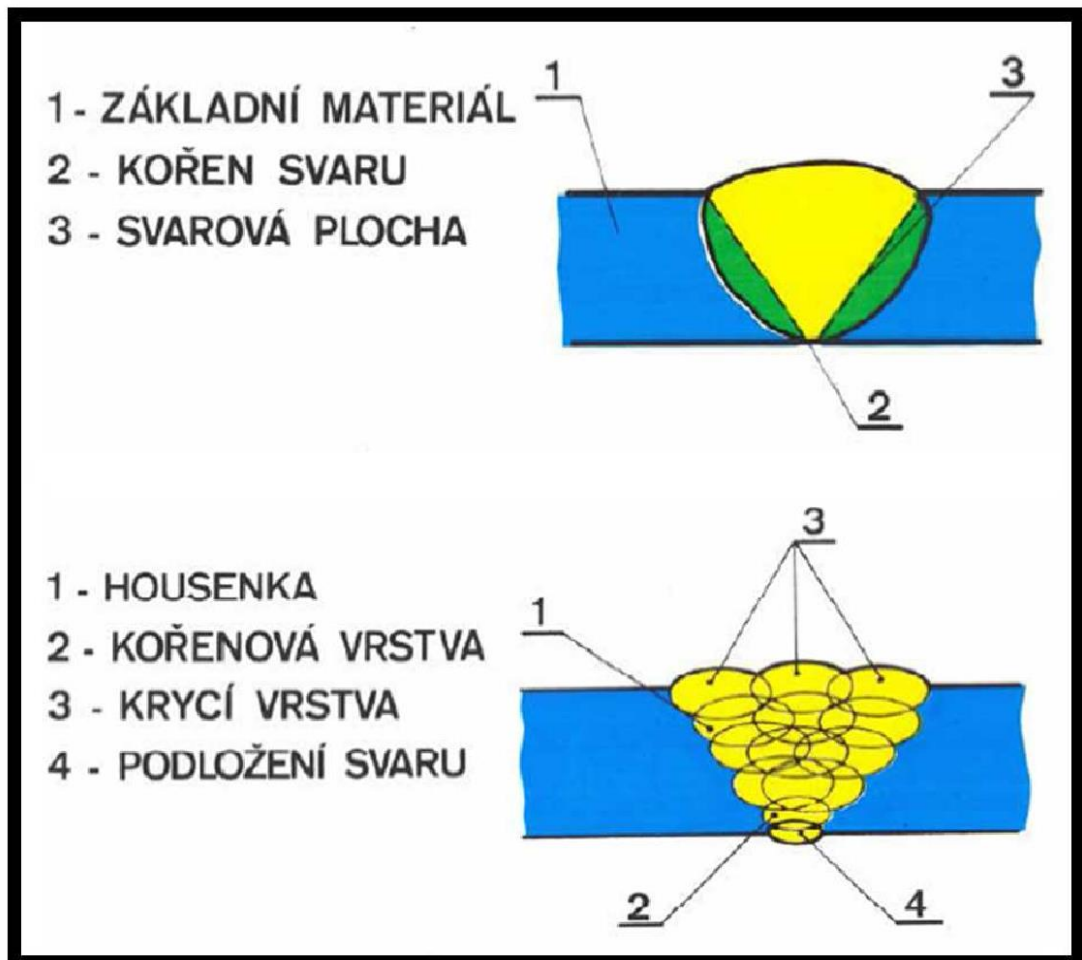
- Příprava svarových ploch (viz obrázek č. 4)



Obrázek č. 4 – Příprava svarových ploch, zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

- **Jednovrstvý a vícevrstvý svarový spoj** (viz obrázek č. 5)



Obrázek č. 5 – Jednovrstvý a vícevrstvý svarový spoj, zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

2.5 Deformace a typy svarů

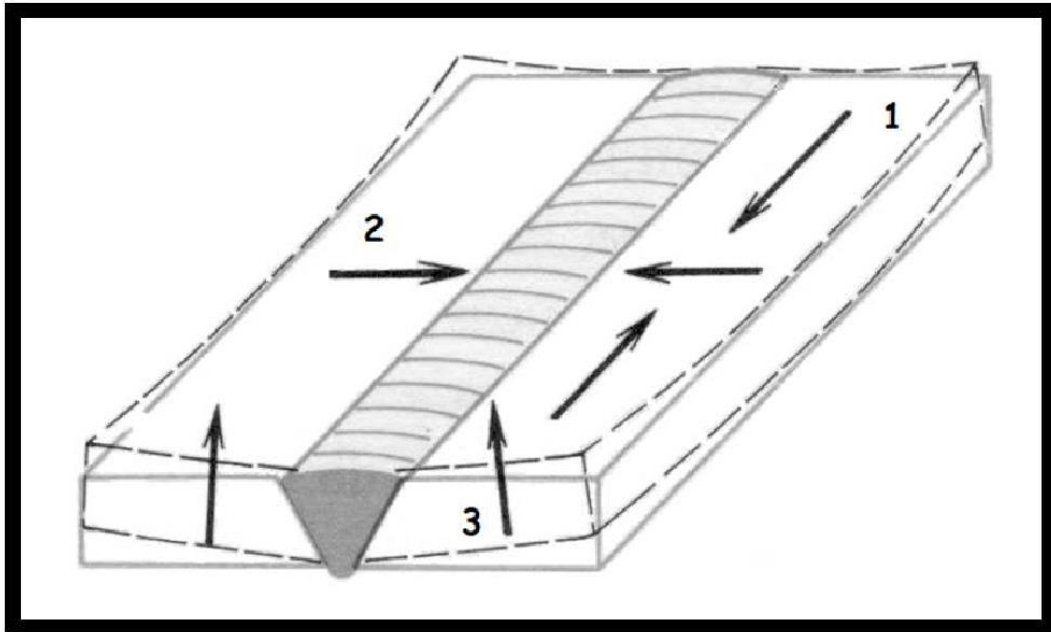
Deformace, které vznikají během svařování, jsou přímým důsledkem smršťování svarového kovu při tuhnutí a chladnutí. Základní materiál brání smršťování svarového kovu a tím vzniká tahové napětí. Vzhledem k tomu, že se svarový kov smršťuje ve všech směrech stejně, vnitřní pnutí působí obdobně.

Pro praxi mají význam tato pnutí:

- **podélné pnutí:** vzniká smršťováním délky svaru
- **příčné pnutí:** vzniká smršťováním šířky svaru

- **úhlové pnutí:** vzniká proto, že v horní části svaru je více svarového kovu než u jeho kořene a proto tam bude i větší smrštění, které způsobí zkroucení materiálu

Obecně platí, že čím rychleji svarová lázeň chladne, tím větší deformace vznikají a dochází k většímu pnutí (viz obrázek č. 6).



Obrázek č. 6 – Pnutí v tupém svaru 1 - Podélné pnutí, 2 – Příčné pnutí, 3 – Úhlové pnutí, zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

2.6 Druhy svarových spojů

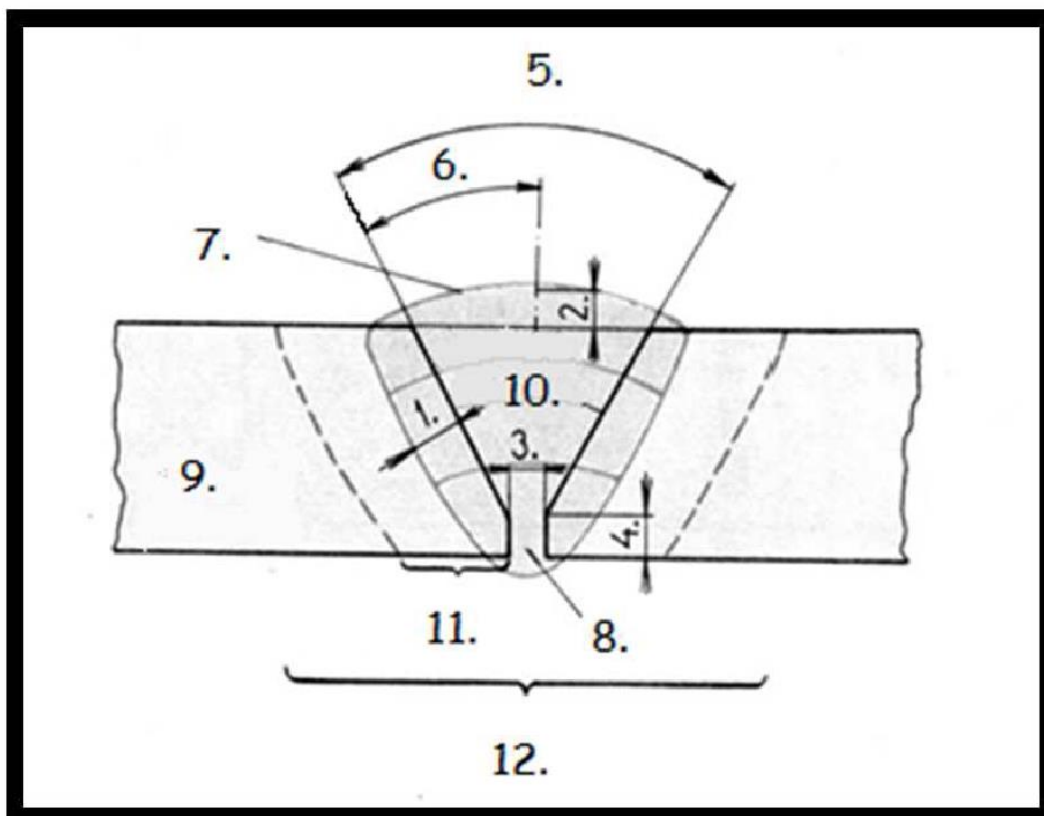
Při konstrukci svaru, nebo svařené konstrukce volí konstruktér vhodný svarový spoj dle následujících hledisek:

- podle polohy průřezu svaru** vzhledem k zátěžným silám. Podle tohoto hlediska se provádějí svary celní, boční a šikmé;
- podle účelu** se provádějí svary spínací (u velkých průměrů potrubí), svary těsnící (nádrže) a svary nosné (ocelové konstrukce). Ve zvláštních případech je nutné provést svary těsnící a nosné (tlakové nádoby, parní generátory, tlaková potrubí). Tyto druhy a typy svarových spojů mohou být předepsány výrobními normami, např. ČSN 69 0010

podle tvaru svaru (svarové plochy) se provádějí svary tupé, koutové a rohové svary, přeplátované spoje, žlábkové a děrové svary, bodové a švové svary. Volba tvaru svaru závisí na konstrukčním provedení svarku, či svařované konstrukce, na tvaru a tloušťce svařovaných dílců, na charakteru zátěžných sil, na zvolené technologii svařování, na výrobních podmínkách, dobré přístupnosti k místu svaru a minimální spotřebě přídavného materiálu (MAJER, 1999).

2.6.1 Tupé svarové spoje

Tupé svarové spoje jsou nejvhodnějším druhem spojů. Jsou vhodné především pro svařované strojní součásti a konstrukce, namáhané dynamicky. U tupých svarů je zachován plynulý silový tok. Obrobením převýšené svarové housenky do úrovně základního materiálu lze docílit výrazného snížení vrubového účinku. Tupé svarové spoje vznikají svařením dvou dílců, přiložených na tupo k sobě, zpravidla za použití přídavného materiálu. S výjimkou svaru tvaru I je nutno svarové plochy vhodným způsobem upravit pro svar (viz obrázek č. 7), (MAJER, 1999).



Obrázek č. 7 – Tupý svar 1 – Hloubka závarku, 2 – Převýšení svaru, 3 – Kořenová mezera, 4 – Výška otupení, 5 – Úhel rozevření, 6 – Úhel zkosení, 7 – Líc svaru, 8 – Kořen svaru, 9 – Základní materiál, 10 – Svarová plocha, 11 – Tepelně ovlivněná oblast, 12 – Svarový nerozebíratelný spoj pnutí,

zdroj:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> („staženo dne: 1. 2. 2018“)

2.6.2 Koutové a rohové svarové spoje

Koutové a rohové svarové spoje jsou z pevnostního hlediska méně únosné, než svarové spoje tupé. Svařované dílce se přikládají kolmo k sobě a svarové plochy se běžně neupravují. Pouze v mimořádných případech se přechody u koutových svarů opracují. Pokud možno se svarové spoje svařují dvěma koutovými svary, aby se vyloučil vliv ohybového momentu na svar. V případě vyššího zatížení svarového spoje je účelné kombinovat koutové stavy s tupými. Úpravu svarové plochy je nutno u tupého svaru provést podle tloušťky svařovaného dílce, podle pevnostních požadavků a způsobu namáhání (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.6.3 Přeplátované svarové spoje

Přeplátované svarové spoje se vytváří pomocí koutových svarů. Podle rozměrů svařovaných dílců se tyto svaří bočními, čelními svary, případně kombinací obou provedení. Používají se na méně namáhané svařované konstrukce s malými tloušťkami materiálu svařovaných dílců (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.6.4 Děrové a žlábkové svary

Děrový nebo žlábkový svar vznikne zavařením otvorů nebo žlábků v horní části materiálu se spodním dílcem. Uvedené svary nejsou vhodné pro přenášení velkých sil, neboť jejich únosnost není spolehlivá, zejména při cyklickém zatěžování. Žlábkové svary jsou z hlediska namáhání výhodnější, neboť u nich lze dosáhnout bezpečnějšího závaru (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.6.5 Bodové a švové svary

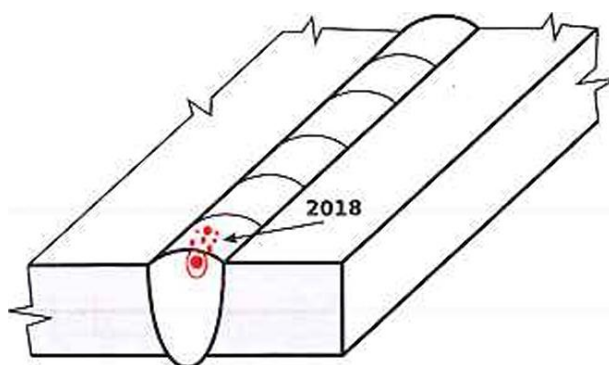
Bodové a švové svary se provádějí odporovým svařováním na tupo. Svarové plochy se k sobě přitlačují speciálními elektrodami (ve tvaru tyčí nebo kladek). Používají se převážně v automobilovém průmyslu (svařování karosérií), nebo v trubkárnách (výroba švových trubek). Tloušťky materiálů, vhodné pro svařování tímto způsobem se pohybují v rozmezí od 0,5 do 8 mm (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.7 Vady svarů

Při použití všech technologií svařování a pájení můžeme očekávat vznik vad ve svarovém nebo pájeném spoji. Vadou svarového nebo pájeného spoje rozumíme nespojitost ve svarovém nebo pájeném spoji nebo odchylku od zamýšlené geometrie svarového nebo pájeného spoje. Vada svarového spoje nemusí být nutně umístěna přímo ve svarovém kovu, ale vady mohou vlivem teplotního nebo jiného vlivu svařování vznikat i v tepelně ovlivněné oblasti nebo v základním materiálu. Vady ve svarových nebo pájených spojích jsou obecně považovány za místa zvýšené koncentrace napětí, která zmenšují nosný průřez svaru a snižují hodnotu meze únavy. Dále mohou být vady místem iniciace křehkého lomu, který vede k havárii nebo nutnosti vyřazení svařovaného dílu z provozu

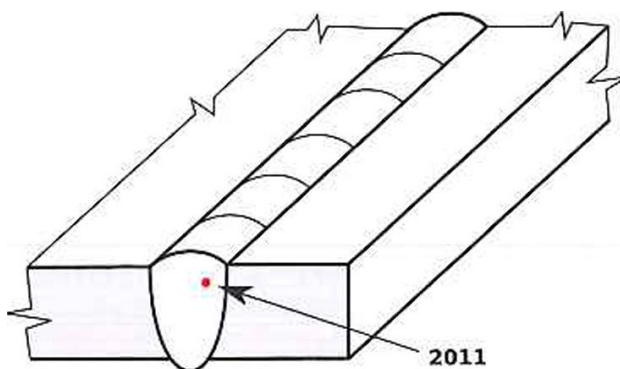
Vady svarových a pájených spojů rozdělujeme do dvou hlavních skupin a to na vady povrchové a vnitřní.

• **Vady povrchové** jsou vady, které vystupují na povrch svaru a dají se tedy většinou zjistit vizuální kontrolou nebo některou z NDT kontrol pro zjišťování povrchových vad (např. kapilární zkouška nebo magnetická prášková zkouška). Příklad na obrázku vada 2018 - Povrchová pórovitost.



Obrázek č. 8 – Povrchové vady, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

• **Vady vnitřní** jsou vady, které nekomunikují s povrchem. Jsou to vady vznikající nejčastěji na rozhraní základní materiál - svarový kov, na rozhraní dvou housenek svarového kovu nebo přímo ve svarovém kovu jednotlivé housenky. Tyto vady jsou většinou zjistitelné pouze některou z objemových NDT kontrol (např. ultrazvukové zkoušení nebo prozařování) nebo destruktivní zkouškou (např. zkouškou rozlomením, zkouškou makro struktury, zkouškou mi kro struktury, zkouškou ohybem). Příklad na obrázku č. 9 - vada 2011 - pór (MUSIL a MORAVEC, 2017).



Obrázek č. 9 – Vnitřní vady, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Nedestruktivní testování (NDT - Non-destructive testing) známé také pod označením defektoskopie, v sobě zahrnuje široký soubor postupů

využívaných ve výzkumu i průmyslové praxi ke zjištění necelistvostí ve zkoušeném materiálu. Tyto metody umožňují na základě měřitelných, nebo sledovatelných fyzikálních jevů, odhalit vady ve výrobku bez jeho porušení nebo poškození.

Výsledky nedestruktivních zkoušek jsou velmi důležité nejen při kontrole kvality již probíhající výroby, ale mají rozhodující význam již v přípravné fázi při ověřování správnosti navržených technologických postupů, případně při ověření vhodnosti navržených materiálů pro konkrétní aplikace. Upozorňují na výrobní, materiálové či konstrukční nedostatky a napomáhají k odstranění příčin jejich vzniku. Díky tomu je možné snižovat výrobní náklady i čas (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.7.1 Základní NDT metody kontroly svaru, volba vhodné metody

Jedinou přímou NDT metodou je vizuální kontrola, kdy máme výsledek ve formě typu, pozice a velikosti případných vad. Ostatní NDT metody jsou nepřímé a výsledkem kontroly není zjištění vady, ale indikace. Indikace obecně může být pravá (vyvolaná vadou) nebo falešná (vyvolaná jinak než vadou).

K nedestruktivní kontrole jakosti svarových spojů lze použít různé metody pracující na rozdílných fyzikálních principech. Proto má každá z používaných nedestruktivních metod svá omezení jak z hlediska rozlišitelnosti, velikosti, případně typu vad, tak také z hlediska svého dosahu a aplikovatelnosti na různé druhy materiálů. Mezi nejčastěji využívané nedestruktivní metody patří metody uvedené v tabulce č. 1. V tabulce je kromě zkratky označení metody uvedeno také, zda je metoda určena pro detekci povrchových, nebo vnitřních vad (BARTÁK et al., 2001).

Tabulka č. 1 – Základní používané nedestruktivní metody

Název metody	Označení zkratkou	Typ detekovaných vad
Vizuální metoda	VT (Visual Testing)	povrchové vady
Kapilární zkoušení	PT (Penetrant Testing)	vady otevřené na povrch
Magnetická prášková metoda	MT (Magnetic Testing)	povrchové a částečně podpovrchové vady
Metoda vířivých proudů	ET (Eddy Testing)	povrchové vady
Prozařovací metoda	RT (Radiography Testing)	Vnitřní vady
Ultrazvuková metoda	UT (Ultrasonic Testing)	Vnitřní vady

zdroj: ČSN EN ISO 17635

Pokud je pomocí některé z nedestruktivních metod kontroly zjištěna ve zkoušené dávce nepřijatelná indikace, je dle normy ČSN EN ISO 17635 možné použít ještě dodatečné zkoušky, které by měly být zhotoveny stejným způsobem, jako v prvním případě (stejný svářeč, postup svařování atd.). Díky tomu může být nalezena příčina vzniku vady. Pro doplňkové, zkoušky pak mohou být použity následující postupy:

- a) Použit dva doplňkové vzorky, nebo úseky téhož svaru, pokud jsou podrobeny stejnému typu zkoušení.
- b) V případě, že doplňkovými zkouškami nejsou indikovány vady, potom je možné opravit úsek obsahující vadu s následně provedenou NDT kontrolou. Všechny oblasti reprezentované uvedenými dvěma doplňkovými vzorky jsou pak považovány za vyhovující.
- c) V případě, že jsou objeveny vady také v doplňkových vzorcích uvedených v bodě a), doporučuje se vyzkoušet další dva vzorky nebo úseky svaru, v němž byla indikována vada.
- d) Pokud jsou vzorky nebo úseky téhož svaru definovaného v bodě c) vyhovující, pak se oblast (oblasti) obsahující vady mohou opravit, nebo nahradit s opětovnou NDT kontrolou.

Pokud však kterýkoliv vzorek nebo úsek téhož svaru zkoušeného dle požadavků v bodě c) vykazuje nepřijatelnou indikaci, pak všechny oblasti reprezentované tímto progresivním odběrem vzorků, musí být opraveny nebo nahrazeny a znova vyzkoušeny, nebo je nutno provést 100% kontrolu

s následnou opravou indikovaných vad a novým přezkoušením opravovaných míst (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.8 Vizuální kontrola

Vizuální kontrola patří mezi nejjednodušší, nejlevnější a nejčastěji využívané metody nedestruktivní kontroly kvality svarových spojů a to jak při vlastní výrobě, tak také při opravách a renovacích. Je určena ke zjišťování výskytu povrchových vad, jako jsou například zápaly, trhliny, póry, případně geometrické odchylky od požadovaného tvaru. K zobrazení vad se využívá optické části spektra elektromagnetického záření, přičemž jsou jasně předepsány podmínky a způsob osvětlení zkoušeného povrchu.

Stejně jako u ostatních nedestruktivních metod zkoušení je i při vizuální kontrole třeba vycházet z norem a předpisů určených pro tuto metodu. Norma ČSN EN ISO 17635 definuje vztah mezi stupni kvality stanovenými v normách ČSN EN ISO 5817 nebo ČSN EN ISO 10042 a technikami zkoušení, třídami zkoušení a stupni přípustnosti. Jak ukazuje (tabulka č. 2), v případě vizuální kontroly (VT) jsou stupně přípustnosti shodné.

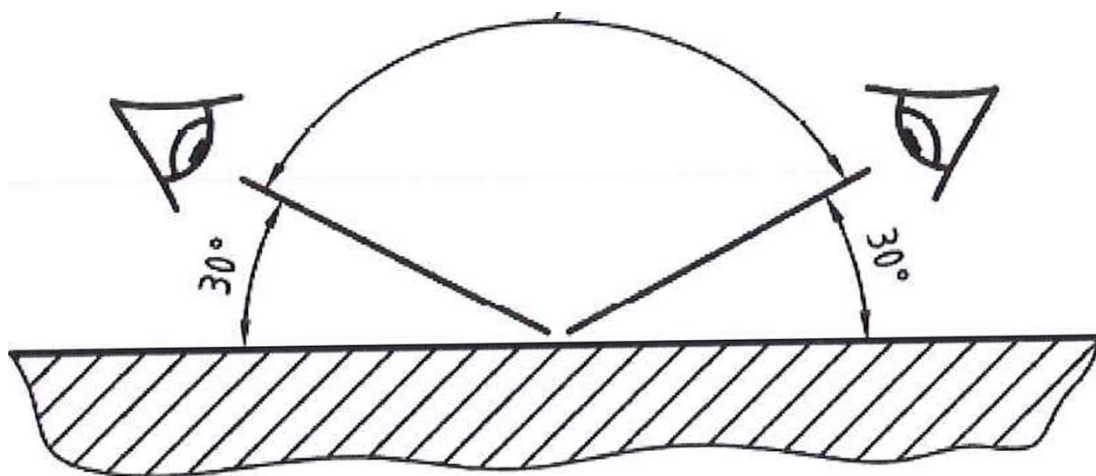
Tabulka č. 2 – Zkoušení vizuální metodou (VT) zdroj: norma ČSN EN ISO 17637

Stupně kvality podle ISO 5817 nebo ISO 10042	Techniky zkoušení a třídy podle ČSN EN ISO 17637	Stupně přípustnosti ^a
B	Třída není stanovena	B
C		C
D		D
^a Stupně přípustnosti pro VT jsou shodné se stupni kvality dle ČSN EN ISO 5817 a ČSN EN ISO 10042		

Vizuální kontrola tavných svarů je obecně popsána a definována v normě ČSN EN ISO 17637, přičemž zjištěné vady jsou zařazeny do stupňů přípustnosti podle norem ISO 5817 nebo ČSN EN ISO 10042.

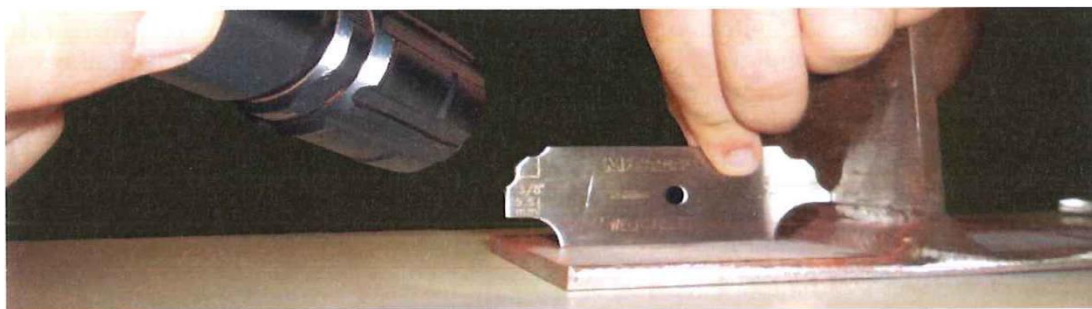
Vizuální kontrolu lze podle použitých kontrolních prostředků rozdělit na **přímou** a **nepřímou**. Přímá je taková vizuální kontrola, kdy není přerušena optická dráha mezi okem pozorovatele a zkoušenou oblastí. Zkoušení přímou vizuální kontrolou se provádí bez pomůcek, nebo s pomůckami například

zrcadlo, lupy, endoskop nebo přístroje používající vláknovou optiku. Při přímé místní vizuální kontrole svarů je požadována dostatečná přístupnost pro oči, přičemž vzdálenost od kontrolovaného povrchu nesmí být větší než 600 mm a úhel pohledu nesmí být menší než 30° tak, jak je schematicky ukázáno na následujícím obrázku č. 10. Základním požadavkem u této metody je dobrá zraková schopnost pracovníka, ověřená a potvrzená testem zrakové rozlišitelnosti. Při vizuální kontrole je požadavek na minimální intenzitu osvětlení povrchu 350 luxů, doporučuje se však osvětlení intenzity alespoň 500 luxů.



Obrázek č. 10 – Požadavky na přístupnost povrchu pro vizuální kontrolu, zdroj: norma ČSN EN ISO 17637

Z důvodu požadavku na kvantifikaci a zařazení zkoušených svarů do příslušných stupňů jakosti je třeba při vizuální kontrole používat zkušební zařízení ve formě posuvných měřítek, spárových a radiusových měrek, pravítek, úhломěrů, případně univerzálních měrek. Typická zařízení a měrky ke stanovení rozměrů a základních geometrií povrchů svarů jsou také uvedeny v normě ČSN EN ISO 17637. Na následujících obrázcích je ukázán příklad univerzálních měrek rozměrů svaru a způsob přímé vizuální kontroly koutového svaru.



Obrázek č. 11 – Ukázka přímé vizuální kontroly koutového svaru, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Pokud není možná přístupnost pro kontrolu bez použití pomůcek, potom může být přímá vizuální kontrola prováděna pomocí zrcadel a optických přístrojů. Nepřímá vizuální kontrola se provádí pomocí optoelektronických přístrojů a zařízení, kdy je přerušena optická dráha mezi zkoušeným povrchem a okem. To se týká například kontroly vnitřních povrchů svarů v trubkách, nádobách, případně v místech ohrožujících zdraví pracovníků (chemicky, případně radioaktivně zamořené prostory).

Pro zvýšení kontrastu a plastické rozlišitelnosti mezi vadami a pozadím je doporučeno používat doplňkové zdroje světla. V případě, že i potom je výsledek vizuální kontroly nepřesvědčivý, doporučuje se vizuální kontrolu doplnit jinou NDT metodou určenou pro kontrolu povrchu. Na následujících obrázcích je ukázán pevný a ohebný endoskop (obrázek č. 12) a digitální videoskop (obrázek č. 13).



Obrázek č. 12 – Endoskop pro přímou vizuální kontrolu, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)



Obrázek č. 13 – Videoskop pro nepřímou vizuální kontrolu, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Vizuální kontrola může být provedena v jakékoliv fázi výroby, případně opravy (před, v průběhu, případně po ukončení svařování). Pracovník vykonávající tuto kontrolu musí být vzdělán a certifikován v některém ze stupňů definovaných normou ČSN EN ISO 9712, případně musí být kvalifikován podle srovnatelné normy v relevantním průmyslovém sektoru.

V případě, že je provedení vizuální kontroly požadováno před vlastním svařováním, kontroluje se zejména shoda tvaru a rozměrů přípravy svaru s požadavky specifikovanými v postupu svařování, dále pak čistota svarových ploch a také správné sestavení svařovaných dílů.

Jsou-li požadavky na vizuální kontrolu v průběhu svařování, pak je třeba kontrolovat každou svarovou housenku a její očištění před svařováním housenky následně, dále kontrolovat přítomnost případných povrchových vad po každé housence, případně kontrolovat, zda je přechod mezi svarem a základním materiálem proveden tak, aby došlo k dostatečnému natavení před svařováním další housenky.

Při realizaci vizuální kontroly dokončeného svaru se pak kontroluje splnění požadavků a kritérií pro předepsaný stupeň přípustnosti. To znamená například, zda je odstraněna struska (která by mohla zakrývat případné vady), zda je vyhovující profil, rovnoměrnost a rozměry svaru (převýšení, protečení kořene, zápaly) a samozřejmě také zda nejsou přítomny nepřipustné povrchové vady.

V případě, že jsou vizuální kontrolou objeveny nepřijatelné defekty, nebo svar nesplňuje kritéria požadovaného stupně jakosti, je nezbytné provést opravu. Ta může být realizována buď částečným, nebo úplným odstraněním původního svaru obsahujícího vady. V obou případech se musí svarový spoj před novým svařováním překontrolovat. Také po realizaci opravy musí být svar znovu překontrolován a to za stejných podmínek, jako svar původní.

Je-li vyžadován protokol o provedené vizuální kontrole, pak by měl obsahovat alespoň následující informace:

- Název výrobce svařovaných, součástí;
- název zkušebny, pokud je jiná než v předchozím bodě;
- identifikaci kontrolovaných součástí;
- použitý typ materiálu;
- tloušťku materiálu;
- druh svaru;
- metodu svařování;
- kritéria přípustnosti;
- popis vad, které překračují mezní hodnoty kritérií pro přípustnost
- rozsah kontroly s odkazem na vhodné výkresy;
- zařízení použitá pro kontrolu;
- výsledek kontroly s odkazem na kritéria přípustnosti;
- jméno zkoušejícího a datum kontroly (MUSIL a MORAVEC, 2017).

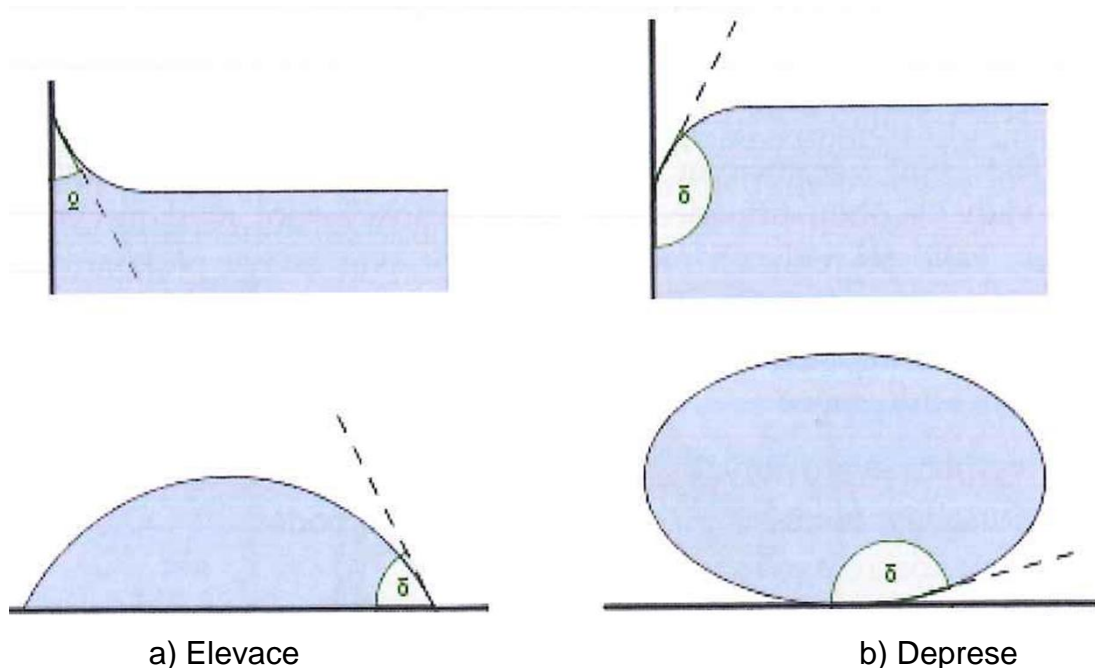
2.9 Kapilární zkoušení

Kapilární zkoušení je součástí zkušebních metod určených k identifikaci povrchových, případně podpovrchových vad souvisejících s povrchem. Zjištění uzavřených, třeba i těsně podpovrchových vad však není touto metodou možné. Po vizuální zkoušce patří kapilární zkoušení mezi nejčastěji realizované NDT metody využívané v průmyslové praxi přímo během výroby ve výrobních halách. Lze je aplikovat i na zařízení během jejich provozního zatížení. Důvodem oblíbenosti této metody zkoušení jsou zejména velmi nízké náklady, vysoká citlivost a poměrně snadné vyhodnocení výsledků.

Uvedený způsob zkoušení může být aplikován na všechny neporézní železné i neželezné materiály. Mezi nej častěji detekované vady tak patří defekty typu trhlin, povrchová porozita, netěsnost u svarů malých tlouštěk, případně únavové trhliny u provozovaných dílů (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.9.1 Fyzikální podstata kapilárního zkoušení

Kapilární zkoušení je založeno na kapilárním jevu úzce souvisejícím s **povrchovým napětím** detekčních kapalin a jejich **viskozitou**. Při kapilárních dějích se uplatňují jak vlastnosti povrchu kapiláry (drsnot, mastnota), tak vlastnosti penetrační kapaliny. Kapilarita v sobě zahrnuje interakci mezi adhezními silami působícími mezi kapalinou a povrchem kapiláry a silami kohezními, působícími mezi molekulami penetrační kapaliny. V případě, že jsou v daném systému adhezní síly větší než kohezní, kapalina dobře smáčí stěnu kapiláry a dochází k jejímu vzlínání. Takový jev je nazýván **elevací** a je ukázán na (obrázku č. 14). Naopak jsou-li kohezní síly v kapalině větší než působící síly adhezní, pak taková kapalina špatně smáčí stěnu a vzniká jev nazvaný **deprese** (obrázku č. 14),



Obrázek č. 14 – Vliv adhezních a kohezních sil v kapalině, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Povrchové napětí způsobuje, že se povrch kapaliny chová jako elastická fólie, snažící se dosáhnout co nejmenší plochy, tedy stavu s co

nejmenší energií. Čím vyšší je hodnota povrchového napětí, tím „kulatější“ bude kapička použité kapaliny. To vše však platí pouze pro ideální stav. Ve skutečnosti na kapalinu působí vnější a vnitřní síly a situace je tak složitější. Budou-li působící vnější síly velmi malé oproti silám povrchového napětí, bude se kapalina snažit zaujmout přibližně kulový tvar. To se děje např. u drobných kapiček vody, nebo u rtuti.

Povrchové napětí je definováno jako síla působící na jednotku délky povrchu kapaliny a jeho rozměr je $[N.n^{-1}]$. Povrchové napětí ovlivňuje smáčivost použité kapaliny na zkoušeném povrchu. Optimální hodnoty povrchového napětí penetrantů leží v rozmezí od 0,022 do 0,032 $[N.m^{-1}]$. Viskozita detekční kapaliny pak ovlivňuje rychlost, jakou bude penetrační kapalina vnikat do nečelistvostí, případně rychlost, kterou bude kapalina vzlínat zpět na povrch. Pro popis chování penetrantů je používána kinematická viskozita ν , udávající hodnotu vnitřního tření a závisující přitažlivých silách mezi částicemi kapaliny.

Na rozdíl od povrchového napětí je viskozita závislá na teplotě a částečně i na tlaku. S rostoucí teplotou hodnota viskozity penetrantů klesá přibližně o dvě procenta na každý stupeň celsia. S rostoucím tlakem viskozita naopak roste. Oproti vlivu teploty je však možné vliv tlaku zanedbat. Kapalina s vyšší viskozitou vniká do nečelistvostí pomalu. Naopak vysoké hodnoty viskozity způsobují velkou rozlékavost kapaliny, přičemž ta tvoří na povrchu pouze tenký film. Vzhledem k uvedeným skutečnostem je pro běžné penetranty omezena použitelnost na rozsah teplot od 10 do 50°C (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.9.2 Metody a prostředky použité ke zkoušení

Základní rozdělení kapilárních metod je na základě typu vytvořené indikace a na základě způsobu jejího hodnocení. Podle použitých penetrantů jsou metody rozděleny na **metodu kontrastní barevné indikace** zobrazující zjištěné vady pomocí barevného kontrastu a při běžném osvětlení, **metodu fluorescenční** zobrazující vady ve filtrovaném UV záření a **metodu dvouúčelovou** využívající jako penetrant fluorescenční látku, která je zároveň barvivem. V takovém případě může být vyhodnocení provedeno jak pod UV lampou, tak při běžném osvětlení.

Volba vhodné metody pak závisí na mnoha vstupních proměnných, mezi něž patří například druh zkoušeného materiálu, stav jeho povrchu, podmínky prostředí (teplota, vlhkost), a samozřejmě typ předpokládaných vad a očekávaná citlivost metody. K provedení kapilární zkoušky jsou u všech tří uvedených metod používána činidla běžně označovaná jako penetrační prostředky. Tyto prostředky lze rozdělit na:

- **Odmašťovače**, jimiž jsou myšlena činidla určená k odstranění povrchových nečistot a mastnot na povrchu před vlastním nanesením penetrantů. Účelem použití penetrantů je dosažení dobré smáčivosti zkoušeného povrchu. Mezi nejběžnější patří odmašťovače na bázi organických rozpouštědel, například aceton a technický benzín.
- **Penetranty**, tedy detekční kapaliny s vhodnou viskozitou a hodnotami povrchového napětí. Podle použité metody mohou být penetranty barevné (nejčastěji se používá červená barva), fluorescenční (využívající luminiscenčního spontánního vyzařování v dané spektrální oblasti a při dané teplotě okolí), případně penetranty dvouúčelové.
- **Čističe a emulgátory**, určené k odstraňování přebytku penetrantů ze zkoušeného povrchu. Jako čističe se používají kapaliny také na organické bázi jako v případě odmašťovačů, někdy doplněné emulgátory. Pod pojmem emulgátor se skrývá povrchově aktivní látka určená ke snížení povrchového napětí kapalin.
- **Vývojky**, tedy činidla nanášená na zkoušený povrch po odstranění přebytku penetrantu. Základem vývojek je jemný bílý prášek využitelný buď v suchém stavu, nebo smíchaný s těkavým rozpouštědlem, které se po nanesení velice rychle odpaří. Na prášek do vývojky se používají bílé oxidy (např. ZnO, MgO) a jako rozpouštědlo může být použit například aceton.

Činidla (odmašťovače) určená k přípravě povrchu před vlastní kapilární zkouškou se zpravidla pořizují samostatně. Oproti tomu prostředky využitelné k realizaci vlastní zkoušky je možné zakoupit v ucelených sadách, tak jak je to ukázáno například na (obrázku č. 15), kde jsou zleva čistič, vývojka a vlastní

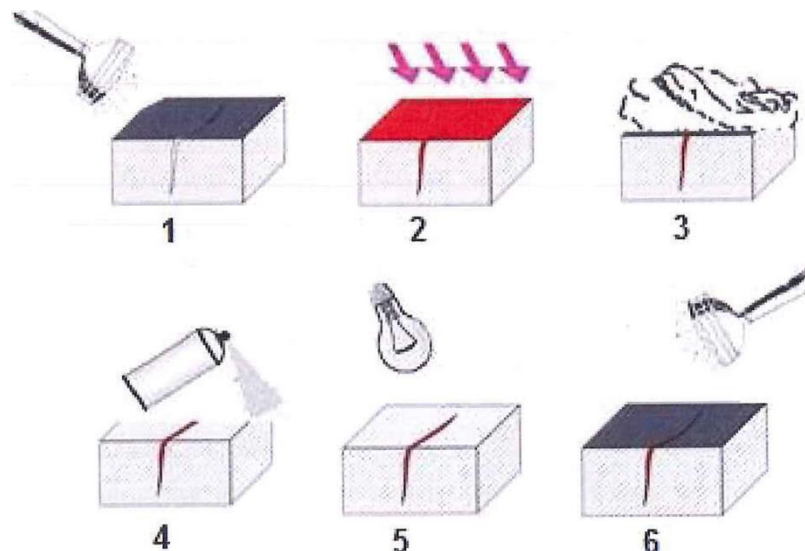
penetrant. Vedle je pak ukázán prášek tvořený oxidem zinečnatým použitým na vývojku (MUSIL a MORAVEC, 2017).



Obrázek č. 15 – Sada prostředků k realizaci kapilární zkoušky, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

2.9.3 Postup realizace kapilární zkoušky

Vlastní provedení zkoušky lze obecně rozdělit do šesti základních operací, tak jak je ukázáno na obrázku č. 16. Jedná se o přípravu povrchu před zkouškou, nanesení penetrantu na zkoušený povrch, odstranění přebytku penetrantu, vyvolání indikace použitím vývojky, vyhodnocení kapilární zkoušky a finální očištění povrchu.



Obrázek č. 16 – Posloupnost operací při provedení kapilární zkoušky, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

- 1) **Příprava povrchu** (na obrázku č. 16 - 1). Při přípravě povrchu pro kapilární zkoušku je třeba ze zkoušeného povrchu odstranit všechny nečistoty a mastnotu, které by mohly bránit vniknutí penetrantu do případných vad. Zpravidla postačuje použití čističů s následným osušením, ale může být vyžadováno také mechanické očištění. To se týká především povrchů s ulpělým rozstříkem kovu, který brání dobrému odstranění penetrantu, případně hodně ulpělých vrstev při kapilárních zkoušení provozovaných dílů. Při mechanickém čištění nesmí být diskontinuity zakryty plastickou deformací, nebo ucpány brusivém.
- 2) **Nanesení penetrantu** (na obrázku 16 - 2). Penetrant je možné na zkoušený povrch nanášet různými způsoby. Mezi nejběžnější způsoby patří nástřik pomocí sprejů a v případě malých součástí také nanášení ponorem. To je realizováno zejména při mechanizovaném zkoušení s využitím fluorescenčních penetrantů. Dalším způsobem nanášení může být natírání penetrantu na zkoušený povrch. Teplota zkoušeného povrchu musí být v rozmezí 10 až 50°C (vyjma sušícího procesu), jinak se zkouška musí provést v souladu s ČSN EN ISO 3452-5 a ČSN EN ISO 3452-6. Penetrační čas musí být v rozmezí od 5 do 60 min a nesmí být kratší, než je výrobce doporučený čas pro požadovanou citlivost detekce.

- 3) Odstranění přebytečného penetrantu** (na obrázku 16 - 3). Použijí-li se omyvatelné penetranty, stačí k jejich odstranění ze zkoušeného povrchu oplach vodní sprchou, případně otření vlhkou houbičkou. Odstranění neomyvatelných penetrantů je obtížnější. V takovém případě se nejprve přebytek penetrantu otře sající textilií a poté se použije čistič. Po jeho aplikaci je povrch opět osušen čistou textilií. Je důležité, aby použité textilie nezanechávali na zkoušeném povrchu vlákna. Také nesmí při odstraňování přebytku penetrantu dojít k vymytí penetrantu z vad.
- 4) Vyvolání indikace** (na obrázku 16 - 4). K vyvolání indikace dochází po nanesení vývojky na povrch připravený podle bodů 1) až 3). Nanášení vývojky může být provedeno suchou, nebo mokrou cestou. Suchou práškovou vývojku lze použít pouze s fluorescenčními penetranty, při mokrému způsobu je vývojka nanášena nástřikem, ponorem, případně natíráním. Po určité době dochází díky kapilárnímu jevu ke vzlínání penetrantu z nečelivostí ven. Vztlínající penetrant pak zanechává ve vývojce zřetelnou stopu buď barevnou indikací, nebo fluorescenční stopou.
- 5) Vyhodnocení zkoušky** (na obrázku 16 - 5). Vyhodnocení zkoušky se provádí vizuálně, přičemž podmínky prohlížení musí být v souladu s ČSN EN ISO 3059. Vyvíjecí čas má být v rozmezí 10 až 30 minut, přičemž čas se začíná počítat bezprostředně po aplikaci suché vývojky, nebo bezprostředně po osušení mokré vývojky. Barevné indikace jsou vyhodnocovány při rozptýleném bílém světle intenzity alespoň 500 luxů, indikace tvořené fluorescenčními penetranty jsou pak vyhodnoceny v zatemněném prostoru pod UV lampou při intenzitě osvětlení nejméně 10 W.m². Vlastní záznam indikace může být proveden libovolnou metodou (písemný popis, skica, fotografie). Při opakování zkoušky se musí opakovat celý zkušební postup počínaje čištěním.
- 6) Očištění povrchu po vyhodnocení zkoušky** (na obrázku 16 - 6). Čištění povrchů po provedeném kapilárním zkoušení je většinou nezbytné.

Na obrázku č. 17 je ukázán způsob nanášení penetrantu nástřikem při metodě barevné indikace a nanášení ponořením v případě použití fluorescenčního penetrantu. Na obrázku č. 18 jsou pak ukázány zjištěné barevné indikace a indikace zvýrazněné pod UV lampou při použití fluorescenčního penetrantu (MUSIL a MORAVEC, 2017).



Obrázek č. 17 – Způsob nanášení penetrantu, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)



Obrázek č. 18 – Výsledky kapilární zkoušky, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

2.10 Metoda prozařovací

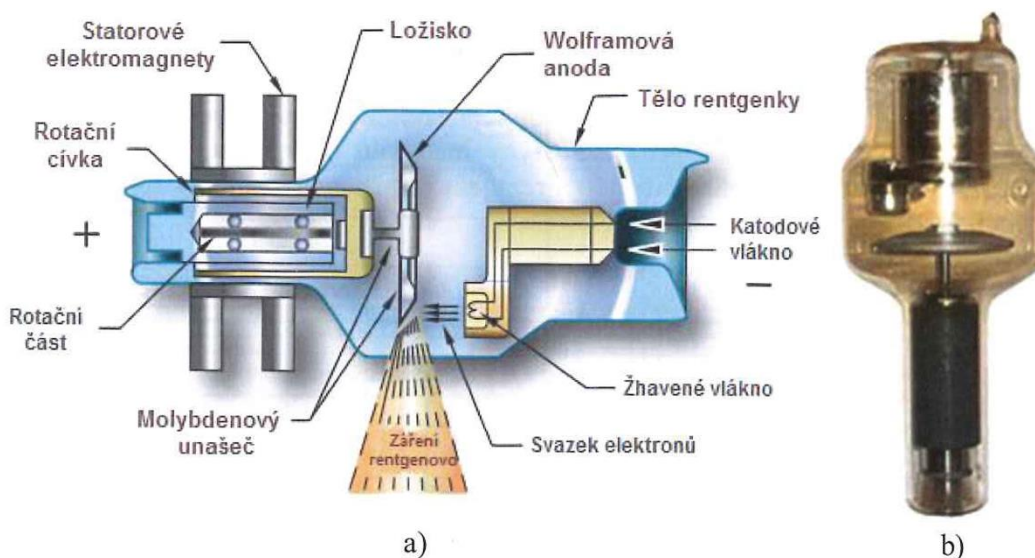
Prozařování je jednou ze základních metod nedestruktivní kontroly materiálů a svarových spojů. Princip prozařování je založen na sledování lokální změny intenzity pronikavého záření prošlého předmětem. Změna intenzity záření je registrována vhodnými detektory, zpravidla speciálními filmy, nebo digitálními snímači. Zkouška prozařováním je zaměřena zejména na zjišťování objemových vnitřních vad a lze ji aplikovat na kovové i nekovové materiály.

Rozsah použití metody je poměrně značný, takže lze kontrolovat vzorky o tloušťkách řádově jednotek, desítek a dokonce i stovek milimetrů (více než 300 mm). Při průchodu pronikavého záření materiálem dochází ke snižování intenzity tohoto záření úměrně tloušťce a absorpčním vlastnostem materiálu. Je-li záření aplikováno na homogenní materiál, intenzita zeslabení je rovnoměrná. V případě nehomogenit (zpravidla vad) má však intenzita prošlého záření nerovnoměrný průběh, díky čemuž je možné posoudit charakter a geometrii uvedených nehomogenit. Podle typu použitého detektoru záření je možné prozařovací metody rozdělit do tří základních skupin na metody **radiografické**, **radioskopické** a **radiometrické**. Radiografické metody patří mezi nejrozšířenější a k zobrazování intenzity prošlého záření zpravidla používají speciální fotografický film. Jeho vyvoláním pak vzniká trvalý záznam obrazu vnitřních nehomogenit nazvaný **radiogram**. Jsou-li případné nehomogenity zobrazovány pomocí různých vizualizačních zařízení (fluorescenční stínítka, rengenotelevizní systémy atd.) mluvíme o tzv. radioskopii. Posledním způsobem detekování intenzity prošlého záření je lokální měření pomocí dozimetrických přístrojů patřící do skupiny radiometrických metod. V současné době je pozornost věnována zejména zobrazování pomocí radiogramů, případně pomocí digitálních detektorů. Proto se při použití prozařovacích metod hovoří především o radiografii, případně o digitální radiografii a radioskopii (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.10.1 Podstata pronikavého záření

Rentgenové záření, někdy nazývané také jako záření nebo paprsky X, je formou elektromagnetického vlnění s vlnovou délkou v rozsahu od 10 do 0,01 nm. Jedná se o formu ionizujícího záření, které může být nebezpečné z hlediska lidského zdraví. Ionizující je takové záření, které má dostatečnou energii k ionizaci atomů nebo molekul ozařované látky. Za energetickou hranici ionizujícího záření se obvykle považuje energie 5 eV. Záření s vlnovými délkami většími než 0,1 nm, je nazýváno zářením měkkým. Vlnové délky kratší než 0,1 nm jsou pak nazývány tvrdým rentgenovým zářením a v nejenergičtější části spektra se již částečně překrývají se zářením Gama. Rentgenové záření vzniká například v rentgence na principu katodového záření. Jde v podstatě o skleněnou vakuovou trubici se zabudovanou katodou

a anodou. Katoda je zpravidla tvořena spirálově navinutým wolframovým vláknem (s příměsí Th zvyšujícího emisivitu elektronů a prodlužujícího životnost) a je žhavana průchodem elektrického proudu, díky čemuž dochází k termoemisi elektronů. Ty jsou následně urychleny vysokým napětím (25 až 600 kV) k anodě, přičemž pronikají do materiálu anody. Je-li anodou kov s velkou relativní atomovou hmotností, dochází k brždění elektronů v anodě za vzniku rentgenového záření. Ke vzniku rentgenového záření je však využita pouze velmi malá část energie dopadajících elektronů, zbytek se přemění na teplo. Proto je vhodné používat na anodu materiály s vyšší teplotou tání a také odvádět nepotřebné teplo. Anody mohou být buď pevné, nebo rotační. U rotační anody dopadá svazek elektronů na rotující plošku terčíku. Díky rotaci je teplo rozloženo na větší plochu, což umožňuje větší zatížení rentgenky. Na obrázku č. 19 je ukázán princip rentgenky (MUSIL a MORAVEC, 2017).



Obrázek č. 19 – Rentgenka s rotační anodou a) Princip b) Reálná renjenka, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

2.10.2 Postup při zkoušení svarů prozářením

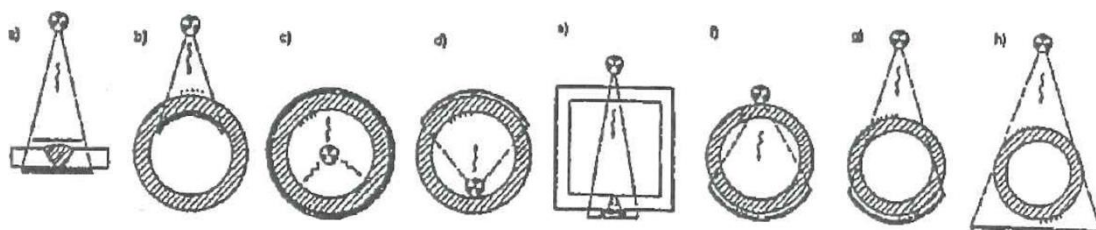
Zkoušení svarů prozařováním je součástí kontroly výrobního procesu a musí být definováno v pracovním postupu jak z hlediska rozsahu, tak z hlediska časové posloupnosti. Zpravidla se zařazuje ve finální fázi, kdy již nedochází ke změnám ve svaru, tedy po případném tepelném zpracování. Pokud se však jedná o svary větších tloušťky (převyšujících 100 mm),

může být zkoušení prozařováním zařazeno již v průběhu výroby, aby byla ověřena správnost aplikované technologie. Postup zkoušení prozařováním lze rozdělit do následujících etap:

- Úprava povrchu prozařovaného svaru.
- Expoziční uspořádání zkoušky a volba způsobu prozařování.
- Označení prováděné zkoušky a identifikace radiogramů.
- Rozlišitelnost obrazu stanovená pomocí radio grafických měrek.
- Provedení vlastní expozice.
- Zpracování exponovaných filmů a posouzení jakosti radiogramů
- Vyhodnocení získaných radiogramů a stanovení případných vad ve svaru.

Nejprve je třeba posoudit **stav povrchu prozařovaných svarů**. Úprava těchto povrchů není bezpodmínečně nutná, ale tam kde by povrchové vady, povlaky nebo rozstřík mohly způsobit potíže při detekování defektů je požadavek na jejich hladké vybroušení, nebo jiný způsob odstranění. Ve zvláštních případech může vyvstat požadavek na odstranění například nadměrné drsnosti povrchů.

Druhým krokem je návrh **expozičního uspořádání zkoušky a volba způsobu prozařování**. Celkové uspořádání je závislé na tvaru a rozměrech zkoušeného předmětu a na přístupnosti prozařované oblasti. Na obrázku č. 20 jsou ukázána některá ze základních expozičních uspořádání zkoušky při prozařování.

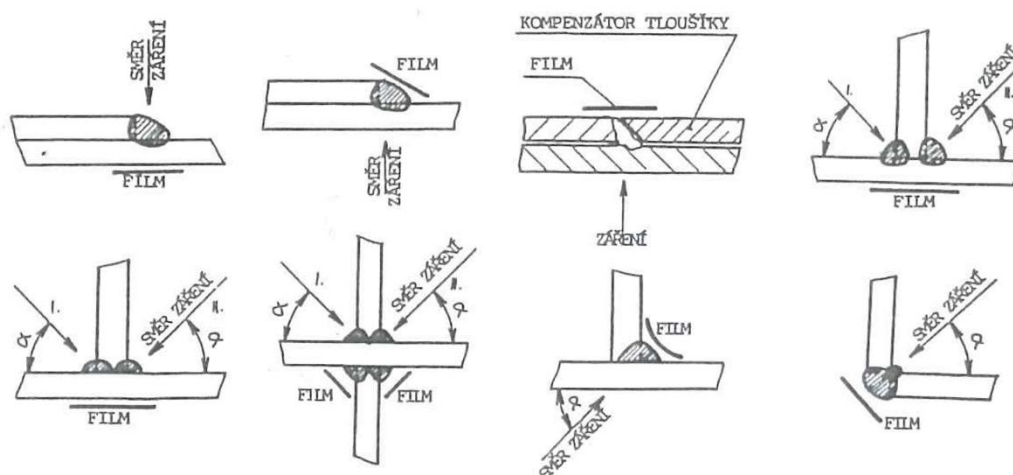


Obrázek č. 20 – Vybraná základní expoziční uspořádání zkoušky prozářením, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Jak je uvedeno v normě ČSN EN ISO 17635, pro každé expoziční uspořádání se svazek záření musí umístit do středu zkoušené oblasti,

příčemž má být směřován kolmo k povrchu objektu. Výjimku ve směřování paprsku pak lze udělat tam, kde je možné prokázat, že určité vady se nejlépe zjistí při odlišném směru svazku záření.

Pro prozařování přes dvě stěny potom platí, že se použije pouze tam, kde prokazatelně není možné aplikovat prozařování pouze přes jednu stěnu. Norma ČSN EN ISO 17635 dále definuje požadavky na vzájemnou vzdálenost zdroje záření od snímaného objektu a také maximální oblast jedné expozice. Podle ní je třeba dbát na to, aby na radiogramu byla znázorněna nejen celá šířka svaru a tepelně ovlivněná oblast, ale také část základního materiálu v šířce alespoň 10 mm z každé strany. Na obrázku č. 21 je schematicky ukázáno expoziční uspořádání prozařovací zkoušky pro různé typy svarových spojů.



Obrázek č. 21 - Schematické znázornění expozičního uspořádání prozařovací zkoušky pro různé typy svarových spojů, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Před vlastní expozicí musí být provedeno **označení prováděné zkoušky** sloužící k identifikaci radiogramu. Jako značky jsou používána písmena, čísla, nebo symboly. Obraz těchto značek se musí na radiogramu objevovat, pokud možno mimo oblast zájmu. Trvalé značení zkoušeného objektu se musí provést tak, aby se lokalizovala poloha každého radiogramu (např. nulový bod, směr, identifikace, rozsah). V případě, že vlastní svar není viditelný, musí být na každé straně svaru umístěny značky o vysoké hustotě. Také v případě použití více samostatných filmů se filmy musí dostatečně překrývat, aby bylo zaručeno prozáření celé oblasti zájmu. Překrytí pak musí

být identifikováno značkou umístěnou na povrchu objektu, která se objeví na každém filmu. Na obrázku č. 22 je již ukázána aplikace značek na prozařované trubce průměru 101,6 mm.



Obrázek č. 22 – Aplikace značek na prozařované trubce, zdroj: MUSIL a MORAVEC (2017)

Pro posouzení, zda svarový spoj splňuje požadavky specifikované pro daný stupeň kvality svaru, se porovnávají velikosti vad dovolené normou s rozměry indikací zjištěných pomocí radiogramu. Přitom se doporučuje, aby svarové spoje byly před radiografickou zkouškou podrobeny vizuální kontrole a vyhodnoceny v souladu s ČSN EN ISO 17637. Stupně přípustnosti definované v normě ČSN EN ISO 10675 jsou určeny pouze k hodnocení vad, které nemohou být zjištěny při vizuální zkoušce (MUSIL a MORAVEC, 2017).

2.11 Korozní zkoušky

Většinu informací o korozní odolnosti je nutné získávat experimentálně. Příčina je ve složitosti korozního procesu a jeho možném ovlivnění celou řadou náhodných faktorů. Experimentální činnost, vedoucí k získávání informací o korozi, ať už v laboratorních nebo provozních podmínkách, lze shrnout pod pojem korozní zkoušky. Tak jako neexistuje univerzální postup předpovědi korozní odolnosti bez zkoušení, tak také neexistuje univerzální korozní zkouška. Druh korozní zkoušky je vždy vázán, na typ korozního systému

(materiál/ výrobek/prostředí) a na druh koroze, který je příčinou možného nebo skutečného selhání. Mnoho postupů korozních zkoušek je normováno.

Korozní průmyslový monitoring je založen na technikách, které dovolují získat informaci o korozi relativně rychle, pokud možno průběžně. Rychlou odezvu na intenzifikaci koroze potřebujeme pro operativní zásah, který buď upraví podmínky vlastní technologie, nebo protikorozní ochrany tak, aby došlo k snížení koroze na přijatelnou úroveň, nebo který vede ke včasné odstávce před vážným poškozením objektu, nebo před havárií (KOUKAL, 2016).

2.11.1 Druhy korozních zkoušek

Korozní zkoušky můžeme rozdělit na dvě základní skupiny:

- zkoušky laboratorní,
- zkoušky provozní

Při laboratorních zkouškách se pracuje většinou s malými vzorky a malými objemy korozního prostředí a lze měřit přesně za dobře definovaných podmínek.

Tyto zkoušky mají charakter **simulačních (napodobujících) zkoušek**.

Velmi často potřebujeme informaci o korozní odolnosti rychle a pak uskutečňujeme tzv. **zrychlené korozní zkoušky**. Při nich je zvyrazněn rozhodující faktor korozní agresivity (např. teplota, koncentrace agresivní složky, mechanické namáhání apod.), ale tak, aby se nezměnil mechanismus korozního procesu.

Zkoušky v provozních podmínkách se uskutečňují buď se vzorky materiálů nebo s částmi zařízení či přímo na celém provozním zařízení. Společným znakem provozních zkoušek je většinou dlouhodobá expozice bez urychlení (KOUKAL, 2016).

2.11.2 Principy korozních zkoušek

a) Hodnocení vzhledových změn

Povrch, na kterém došlo ke korozi, je vizuálně hodnocen jak s korozními produkty, tak po jejich odstranění. Nerovnoměrné napadení (trhliny, body) je možno zviditelnit barevnými nebo fluorescenčními látkami, magnetickými prášky, otisky. V některých případech lze tímto způsobem určit i kvantitativně

rozsah a četnost korozního napadení. Hodnotí se buď prostým okem nebo při zvětšení pod lupou či mikroskopem. Pro nepřístupná místa se využívají různé optické systémy (zrcátka, skleněná vlákna, endoskopy). Pro dokumentaci lze využít fotografický záznam, náčrtky nebo videozáznam.

b) Hodnocení rozměrových změn

Nejčastěji je určována změna tloušťky vzorku nebo stěny zařízení. Používají se mechanická měřidla nebo postupy běžné v defektoskopii (ultrazvuk, radiační měřidla, indukční měřidla) a odporové metody. Použít lze i senzory na principu piezoelektrického jevu. U nerovnoměrného napadení je možno měřit hloubku napadení. K indikaci kritického zeslabení na provozním zařízení slouží i úmyslné zeslabení v místech, kde bývá korozní přídavek tloušťky vyčerpán nejdříve.

c) Hodnocení hmotnostních změn

Způsob se používá na vzorcích materiálů a rychlost koroze je určována z rozdílu hmotnosti před a po expozici. Metoda je vhodná hlavně při rovnoměrné korozi. Citlivost metody vzrůstá s dobou expozice a se vzrůstem poměru povrchu vzorku k jeho hmotnosti. Tímto způsobem se určuje časová závislost koroze. Před expozicí jsou tvar, velikost i povrch vzorku upraveny tak, aby vyhovovaly účelu a typu zkoušky, po expozici jsou vzorky zbavovány korozních produktů, nejčastěji chemickými postupy, které nenarušují základní kovový materiál.

d) Metalografické hodnocení

Je to způsob vizuálního hodnocení, užívaný k určení charakteru a hloubky korozního napadení na exponovaných vzorcích nebo vzorcích odebraných z částí provozního zařízení po zvětšení na mikroskopu. Je to vhodný postup pro kvalitativní a kvantitativní hodnocení nerovnoměrné koroze.

e) Hodnocení změn mechanických vlastností

Hodnoceny jsou změny mechanických vlastností vzorků, samostatně exponovaných, případně zhotovených z částí exponovaného výrobního zařízení, po expozici v korozním prostředí.

f) Hodnocení změn složení korozního prostředí a rozbor produktů koroze

Analýzou korozního prostředí lze stanovit rozpustné produkty koroze (ionty kovu), látky stimulující nebo brzdící korozní proces a množství látek, které vystupují v depolarizační reakci (např. úbytek O₂, množství vyloučeného H₂). Na příčiny korozního napadení lze usoudit i ze vzhledu a analýzy pevných korozních produktů (složení, oxidační stupeň, přítomnost látek stimulujících korozi, pH atd.). Sondy pro stanovení množství vyloučeného vodíku pracují buď na elektrochemickém principu, nebo na základě vzrůstu tlaku vodíku, který prodifundoval stěnou zařízení do uzavřeného prostoru.

g) Elektrochemické metody

Elektrochemické postupy využívají závislostí mezi korozním potenciálem a proudem procházejícím přes kovový povrch a jejich časové změny. Měřítkem oxidačních podmínek na kovovém povrchu v elektrolytu je samovolný korozní potenciál. Je to měřitelná hodnota napětí proti srovnávací (referenční) elektrodě. Potenciál kovu se průchodem proudu mění a z této závislosti lze určit korozní rychlost, pasivovatelnost kovu, hraniční potenciálové podmínky použití.

h) Metody elektrochemického šumu (EN - electrochemical noise).

Povrch kovu, s množstvím strukturních defektů a chemických nehomogenit, nelze ani po dosažení stacionárního stavu charakterizovat konstantní hodnotou potenciálu nebo korozního proudu a při použití citlivé měřicí techniky je možno zjistit fluktuace, které jsou důsledkem okamžitého nepoměru mezi anodickou a katodickou reakcí. Pro hodnocení povahy a intenzity probíhajících korozních dějů je analyzován vzniklý šumový signál a to jak jeho amplituda, tak i jeho frekvence. Tímto způsobem může být získána rychlost rovnoměrné koroze a zaznamenán výskyt lokalizovaných korozních napadení (štěrbínové a bodové koroze a korozního praskání za napětí).

i) Elektrochemická impedanční měření

Využívají na rozdíl od lineární polarizace budící signál střídavý, obvykle o frekvenci 0,05 Hz až 10 kHz. Podle povahy budícího signálu lze impedanční

spektroskopii rozdělit na klasickou, budící signál má charakter sinusoidy o různých frekvencích a Fourierovskou, kdy budící signál je šum o známé charakteristice nebo např. jednotkový skok. Komplexní monitorovací systémy hodnotí korozní děje pomocí sondy s víceprvkovým čidlem (v kontaktu s korozním prostředím), kontinuálně vyhodnocuje elektrochemickou impedanci, elektrochemický potenciálový i proudový šum a bezodporový amperometrický signál. Systém je schopen vyhodnotit nejen rychlost rovnoměrné koroze kovových materiálů, ale např. i iniciaci nerovnoměrné koroze s určením rychlosti jejich šíření.

Místo a způsob odebrání vzorků z polotovarů pro zkoušky musí být voleny tak, aby materiál vzorku představoval typický zpracovaný materiál o známém složení. Je třeba zajistit údaje o jeho celkové analýze, které by ho bezpečně identifikovaly. Podrobně je také třeba popsat úpravy, které byly na něm uskutečněny po odběru (tepelné a mechanické zpracování, způsob svařování atd.).

Velikost a tvar vzorků nejsou přesně předepsány, je to věc individuálního výběru, ale pro vzorky z plechů se doporučují velikosti od 150 x 100 mm do 80 x 30 mm. Cílem je, aby plocha vzorku byla co největší, zvláště je-li předpoklad výskytu nerovnoměrných forem koroze. Rozměrový a tvarový kompromis je dán také nutností stanovit přesně hmotnost. Proto je většinou hmotnost vzorku omezena na 200 g. Poměr povrchu vzorku k jeho hmotnosti by měl být co největší. Všechny vzorky musí být číselně označeny.

Typická minimální doba trvání korozní zkoušky je 10 dní. Při zkouškách je nutné vést podrobné záznamy o všech okolnostech a podmínkách zkoušky včetně údajů o změnách technologických parametrů během zkoušky (KOUKAL, 2016).

2.12 Metalografické zkoušky

2.12.1 Příprava výbrusů

Vzorky potřebné velikosti se odeberou ze zkoušeného předmětu v oblasti, kterou je potřeba posuzovat. Důležité je, aby při odebrání zkušebních vzorků a jejich mechanickém opracování nedošlo ke změně

struktury vlivem deformace nebo tepelným ovlivněním. Nejčastěji se používá řezání pilou, soustružení, frézování a rozbrušování. Oblast řezu je nutné intenzivně chladit. Důležitá je identifikace vzorku - popis vyražením označení, popis elektrojiskrovou jehlou, apod.

Někdy stačí pozorovat plochu makro výbrusu bez další úpravy buď přímo, nebo po naleptání. Ve většině případů po obroušení na brusce se však dále plocha vzorku brousí na brusných papírech. Pro makro výbrus postačuje broušení na brusném papíru se zrněním 1/0.

Po broušení se vzorek opláchne a odmastí a po osušení se leptá v misce s leptadlem. Po naleptání se vzorek opláchne v lihu a usuší teplým vzduchem.

Výbrusy pro studium mikrostruktury je nutné upnout do svěrek, zalít do dentacrylu nebo zalisovat do pryskyřice a pak brousit na sadě brusných papírů se zmenšující se velikostí zrna.

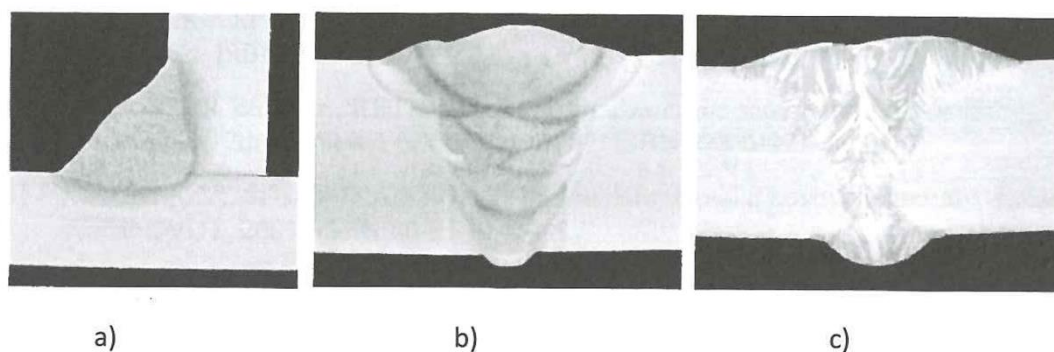
Používají se brusivá - diamant, karbid bóru, karbid křemíku, oxid hlinitý. Při ručním broušení se používají u ocelí brusné papíry se zrněním 100,150,220,0,2/0,4/0 a 6/0 za sucha. Za mokra se používá obdobná sada brusných papírů označením waterproof, které jsou určeny pro broušení ve vodě. Ručně se brousí vždy v jednom směru. Po odstranění všech rýh kolmých ke směru broušení se vzorek pečlivě očistí a v broušení se pokračuje na jemnějším brusném papíru ve směru kolmém k rýhám vytvořeným v předchozím stupni broušení. Po broušení na brusném papíru se změním 6/0 se výbrus leští za mokra na vhodné tkanině při použití brusné suspenze Al_2O_3 . Po vyleštění se vzorek opláchne proudem vody, pak se opláchne alkoholem a usuší teplým vzduchem.

Leptá se různými leptadly podle druhu zkoumaného materiálu a zkoumané strukturní složky. Nejčastějším leptadlem je 2 - 5 % roztok kyseliny dusičné v alkoholu. Kromě chemického leptání se používá i elektrolytické leptání.

Moderní technologie přípravy výbrusů využívají diamantové pasty s různým zrněním na litinových kotoučích. Výrazně se tím urychlí příprava výbrusů. Další postup je obdobný jako u přípravy výbrusů klasickým postupem (KOUKAL, 2009).

2.12.2 Makroskopická a mikroskopická kontrola

Makroskopické a mikroskopické zkoušky se provádějí podle normy ČSN EN ISO 17639. Účelem makroskopické kontroly je pozorování vzorků či součástí ve skutečné velikosti nebo při malém zvětšení (max. 30x). V případě svarových spojů se po vybroušení, vyleštění a případně naleptání povrchu vzorku často používá jak pro hodnocení tvaru svaru, způsobu kladení svarových vrstev, odmíšení svarového kovu, tvaru, šířky a charakteru tepelně ovlivněné zóny, hranice ztavení, spojení jednotlivých svarových housenek atd. Obvykle se zkušební vzorek prohlíží na příčném řezu a zahrnuje svarový kov, tepelně ovlivněnou oblast (TOO) a základní materiál (viz obrázek č. 23).



Obrázek č. 23 – Makrostruktura a) b) nelegovaný materiál, c) austenitický materiál, zdroj: KOUKAL (2016)

Mikroskopická kontrola stejně jako makroskopická zkouška je prováděna na zkušebních vzorcích orientovaných příčně k ose svaru a slouží k pozorování vhodně připraveného povrchu vzorku odebraného ze zkušebního materiálu pod mikroskopem při největším zvětšení až 2 000 x. Touto kontrolou lze pozorovat jednotlivá zrna materiálu, hranice zrn, strukturní složky materiálu svaru a tepelně ovlivněné oblasti (KOUKAL, 2016).

2.13 Postupy a rozsah s technickými požadavky

Posouzení shody musí být provedeno před použitím vybraného zařízení v jaderném zařízení.

Autorizovaná osoba provádí posouzení shody u vybraných zařízení zařazených do bezpečnostní třídy 1, která tvoří hranici primárního okruhu chlazení jaderného reaktoru a to u:

- 1) Tlakových nádob, nádrží a chladičů, včetně tlakové nádoby jaderného reaktoru a parogenerátorů, pracujících s radioaktivními látkami s nejvyšším pracovním tlakem přesahujícím 0,05 MPa, jejichž objem je větší než 10 l
- 2) Čerpadel, potrubí a armatur pracujících s radioaktivními látkami s nejvyšším pracovním tlakem přesahujícím 0,05 MPa, jejichž jmenovitá světlost je větší než DN 70
- 3) Tlakových zařízení tvořících systém ochranné obálky, včetně zařízení zajišťujících hermetičnost ochranné obálky
- 4) Tlakových zařízení sekundárního okruhu chlazení jaderného reaktoru, u nichž nejvyšší pracovní tlak pracovního média při pracovní teplotě vyšší než 100°C přesahuje 4 MPa a jejichž jmenovitá světlost je větší než DN 200,
- 5) obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání vyhořelého jaderného paliva a železobetonové konstrukce stavby budovy jaderného reaktoru, včetně obrysu montážního poklopu budovy jaderného reaktoru, a ocelové výstelky vymežujících hermetický prostor

V rámci posouzení shody vybraných zařízení musí být provedeny kontroly ověřující, že navržený technologický postup provedení nerozebíratelného spoje je v souladu s technickými požadavky na nerozebíratelné spoje, včetně požadavků technických norem pro provádění kontrol nerozebíratelných spojů, nebo musí být proveden kontrolní svarový spoj, jde-li o vybrané zařízení.

Dohled nad prováděním kontrol podle bodu a kontrolního svarového spoje, včetně dohledu nad prováděním příslušných kontrol k vyhodnocení tohoto spoje a přenášením značení, musí být prováděn autorizovanou osobou, (NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.).

2.14 Kategorie svarových spojů

Pro účely dokumentu NTD A.S.I. Sekce I se svarový spoj (SS) podle druhu a tlaku pracovního media zařazují do kategorií SS podle tabulky č. 3.

Tabulka č. 3 - Zařazení svarového spoje do kategorií

Kategorie SS	Charakteristika SS podle druhu a tlaku media
I	SS pracující s radioaktivním mediem nepřístupné pro opravy po montáži nebo za provozu Jaderného zařízení (JZ).
IIa	SS pracující trvale nebo periodicky s radioaktivním mediem při tlaku $P > 5$ MPa přístupné pro opravy po montáži nebo za provozu JZ
IIb	SS pracující trvale nebo periodicky s radioaktivním mediem při tlaku $P \leq 5$ MPa nebo s podtlakem
IIIa	SS nepracující s radioaktivním mediem při tlaku $P > 5$ MPa
IIIb	SS nepracující s radioaktivním mediem při tlaku $1,7 \leq P \leq 5$ MPa
IIIc	SS nepracující s radioaktivním mediem při tlaku $P \leq 1,7$ MPa nebo s podtlakem

zdroj: NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.

2.15 Kontrolní svarový spoj

a) Kontrolní svarový spoj je samostatný kus, který slouží k ověření, zda vlastnosti výrobních, montážních nebo opravovaných svarů odpovídají požadavkům příslušné technické dokumentace. Kontrolní svarový spoj při výrobě JZ musí být svařen z materiálu stejné jakosti, čísla tavby jako svar na výrobku a musí být dodržen i směr vláken po válcování. Neliší-li se mechanické vlastnosti v inspekčních certifikátech 3.1 taveb o více než 5 % považují se pro účely KSS za jednu tavbu. KSS při montáži JZ musí být svařen z materiálu stejné jakosti jako montované JZ a musí být použita nejméně jedna tavba použitá při jeho výrobě. Kontrolní svarový spoj při údržbě a opravách JZ musí být svařen z materiálu stejné jakosti jako svar na původním JZ, nebo je možné použít jejich schválené ekvivalenty podle seznamu přípustných materiálů uvedeném v NTD A.S.I. Sekce II. Jako přídatný materiál musí být použit přídatný materiál stejné značky jako přídatný materiál použitý při výrobě, údržbě, rekonstrukci nebo opravě JZ. Může to být buď původní přídatný materiál, nebo přídatný materiál zařazený do seznamu přípustných přídatných materiálů v NTD A.S.I. Sekce I. Musí mít

stejnou tavbu (LOT) jako PM použitý při opravě. Pro svaření kontrolních svarových spojů pro VZ podle § 12 odst.2 písmeno a) a b) vyhlášky č. 358/2016 Sb. musí být dodán přídatný materiál s inspekčním certifikátem 3.2. Pro ostatní kontrolní spoje je dostačující inspekční certifikát 3.1. Základní materiály pro kontrolní svarové spoje se dodávají s inspekčním certifikátem 3.1. Pro provádění KSS mezi litými nebo kovanými materiály je možné použít místo kovaného nebo litého materiálu tvářený materiál stejné značky, nebo jeho schválenou náhradu podle NTD A.S.I. Sekce II, který má v inspekčním certifikátu 3.1 hodnoty mechanických vlastností stejné, nebo max. o 5 %

- b) Nutnost zhotovení kontrolního svarového spoje musí být vždy vyznačena v technické dokumentaci (projektové, konstrukční, technologické, kontrolní), přičemž pro SS kategorií I a II se zhotovují povinně. KSS pro SS kategorie III se zhotovují pouze pokud to je předepsáno ve VTD. Při návrhu KSS je také nutné zohlednit bezpečnostní třídu SS podle vyhlášky SÚJB č. 358/2016 Sb.

Zhotovení a způsob vyhodnocení kontrolního svarového spoje může předepsat:

- projektant,
- konstruktér výrobce,
- držitel povolení,
- svářečský dozor výrobce

- c) V technické dokumentaci musí být uvedeny rozměry, poloha a orientace dělení dílů pro přípravu kontrolních svarových spojů s ohledem na dělení polotovarů pro vyráběný komponent, na směr válcování apod. Zadávací dokumentace KSS musí obsahovat minimálně:

- Program KSS v provozu JE schválený výrobcem a držitelem povolení. Při výrobě JZ schválený výrobcem a AO (VZ)
- PKZ v provozu JE schválený výrobcem a držitelem povolení. Při výrobě JZ schválený výrobcem a AO (VZ)
- Doklad o kvalifikaci svářeče.

- WPS (V provozu JE WPS schválená výrobcem a držitelem povolení v případě, že není dosud platná kvalifikovaná WPS)
 - Inspekční certifikát ZM
 - Inspekční certifikát PM
 - Pokud to vyžaduje složitost KSS pak také výkresovou dokumentaci
- d) Jako kontrolní svarový spoj může sloužit svarový spoj svářeče při ověřování jeho kvalifikace pro JZ nebo svarový spoj pro kvalifikaci postupu svařování. V těchto případech kumulace je však podmínkou souhlas AO (VZ podle vyhlášky č. 358/2016 Sb. odst. 2 , písm a) a b)) nebo v ostatních případech akreditované organizace. Tento případ je možné uplatnit pouze při provádění KSS před vlastním procesem svařování na VZ nebo jiném zařízení.

U KSS kategorie SS I a II, provádí kompletní dohled nad prováděním a vyhodnocováním kontrolních svarových spojů AO. Akreditovaná organizace může připravovat technickou dokumentaci a provádět předepsané zkoušky pro schválení KSS pod dohledem AO. U ostatních zařízení může kontrolní svarové spoje provádět a vyhodnocovat akreditovaná organizace, zdroj: **NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.**

2.16 Zhotovení kontrolních svarových spojů

- a) Svařování nebo navařování KSS se provádí v podmínkách obdobných s podmínkami při svařování výrobních, montážních svarových spojů nebo svarových spojů při údržbě, opravách nebo rekonstrukci JZ s použitím stejných režimů svařování a tepelného zpracování.
- b) Kontrolní svarový spoj musí mít s výrobním svarovým spojem (svarový spoj při výrobě JZ a jeho montáži):
- stejný typ svarového spoje (platí i pro KSS při údržbě a opravách JZ)
 - stejnou jakost ZM, číslo tavby, směr vláken po válcování
 - stejnou značku, rozměr a tavbu (LOT) přídavného materiálu

- shodnou jmenovitou tloušťku a vnější průměr u obvodových svarů rotačních útvarů (Odchylka rozměrů kontrolního svarového spoje od rozměrů příslušného výrobního svarového spoje je povolena s podmínkou, že poměr maximálních k minimálním tloušťkám a vnějším průměrům výrobního a kontrolního svarového spoje nesmí přesáhnout hodnotu 1,25 pro SS kategorie I a hodnotu 2,0 u ostatních kategorií SS. Pro elektrostruskové svarové spoje je tato hodnota vždy 1,25. Pro svařování podélných svarů se s poměrem průměrů nemusí uvažovat. U svarových spojů plochých prvků a také u válcových prvků s nominálním vnějším průměrem nad 750 mm se uvažuje pouze poměr tlouštěk max. 1,25 pro SS kategorie I a 2,0 u ostatních kategorií SS. U koutových a T-spojů stejného typu se uvedený maximální poměr tlouštěk a vnějších průměrů vztahuje pouze k přivařeným prvkům (dílům). U základních prvků poměr maximální a minimální tloušťky nesmí přesahovat 2 a poměr průměrů není nutno uvažovat (platí i pro KSS při údržbě a opravách JZ)
 - shodný postup a tepelný režim svařování (platí i pro KSS při údržbě a opravách JZ)
 - shodné tepelné zpracování, (platí i pro KSS při údržbě a opravách JZ).
- c) U tupých svarů zařízení a u tupých svarů trub svařuje každý svářeč nejméně 1 kontrolní spoj pro všechny svarové spoje stejného typu pro každý výrobek nebo potrubí prováděné v daném podniku, nebo na daném montážním úseku. V případě SS vyžadujících skupinu svářečů je kontrolní svarový spoj platný pouze pro danou skupinu svářečů.
- d) U koutových a T spojů svařuje každý svářeč (skupina svářečů) nejméně 1 kontrolní svarový spoj pro všechny svarové spoje stejného typu pro každý výrobek nebo potrubí prováděné v daném podniku nebo na daném montážním úseku.

- e) Za svarové spoje stejného typu se považují svarové spoje stejné konstrukce, které mají analogický tvar úkosu, jsou prováděné podle stejného technologického postupu, stejnou metodou svařování, ve stejných polohách, přídatnými materiály stejné značky a průměru, stejnými teplotními režimy při svařování s aplikací stejných metod a režimů tepelného zpracování. Pro potrubní celky, které obsahují dle schváleného postupu svařování více poloh při svařování, lze kontrolní svarový spoj provádět v nejobtížnější poloze H-L045. Počet kontrolních svarových spojů musí být dostatečný pro provedení laboratorních zkoušek ve dvojnásobném rozsahu s ohledem na opakované zkoušky.
- f) U kontrolních svarových spojů trub z austenitických korozivzdorných ocelí se namísto mechanických zkoušek zkouší odolnost proti MKK. Ve zvláštních případech, kdy je požadována i zkouška mechanických vlastností, musí být tato skutečnost uvedena v projektové dokumentaci a na výkresech. Počet kontrolních svarových spojů musí být v tomto případě úměrně zvýšen.

Tepelný režim musí být stanoven WPS a technologickým postupem, který musí stanovit způsob ohřevu, gradient ohřevu, min. a max. teplotu předeřevu a dohřevu, šířku předeřevu a dohřevu, resp. křivku průběhu teplot v okolí svaru, umístění měřících bodů, čas dohřevu, materiál, tloušťku a rozsah tepelné izolace okolí svaru apod. Předeřev svarových spojů se provádí v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO 13916, (NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.).

2.17 Nedestruktivní kontroly kontrolních svarových spojů

Kontrolní svarové spoje jsou kontrolovány všemi metodami předepsanými pro výrobní svarový spoj.

Jsou kontrolovány v rozsahu 100% délek a platí pro ně shodná kritéria kvality jako pro výrobní svarové spoje. Metodika provádění NDT zkoušek je uvedena v kapitole 11. Zkoušky se vyhodnotí podle ČSN EN ISO norem a podle požadavků kapitoly 11, (NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.).

2.18 Destruktivní kontroly kontrolních svarových spojů

- a) Druhy destruktivních kontrol stanoví technická dokumentace. U KSS ocelí perlitické třídy se provádí zkoušky při normální a je-li to předepsáno projektantem nebo technickou dokumentací na dané JZ i při zvýšené pracovní teplotě.
- b) Destruktivní zkoušky kontrolních svarových spojů jsou obvykle následující:
- příčná zkouška tahem svarového spoje rovnoběžně s povrchem přes všechny oblasti svarového spoje (R_m a místo poškození)
 - zkouška ohybem v ohybu svarového spoje při pokojové teplotě Tyto zkoušky lze nahradit zkouškou bočním ohybem přes celou tloušťku svarového spoje
 - zkouška odolnosti proti mezikrystalové korozi u austenitických ocelí (ČSN EN ISO 3651-2, metoda A). V odůvodněných případech při provádění KSS je povoleno prokázat odolnost proti MKK metalografickou metodou podle GOST 6032-84, metody AM.
 - zkouška rázem v ohybu Charpy V svarového kovu a TOO.
 - kontrola makrostruktury a měření tvrdosti základního materiálu, TOO a svarového kovu
- c) Měření tvrdosti u svarových spojů z austenitických ocelí se provádí pouze v případech, kdy je výrobek podroben tepelnému zpracování nebo ohřevu před ohýbáním či lisováním a kdy to vyžaduje technická dokumentace.
- d) Měření tvrdosti u svarových spojů z austenitických ocelí se provádí pouze v případech, kdy je výrobek podroben tepelnému zpracování nebo ohřevu před ohýbáním či lisováním a kdy to vyžaduje technická dokumentace.
- e) Metodika provádění destruktivních zkoušek je uvedena v kapitole 12.

Pro stanovení kritérií hodnocení jsou určujícími hodnoty požadované pro výrobní svarové spoje (NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.).

2.19 Platnost kontrolních svarových spojů

- Kategorie I - 18 měsíců
- Kategorie II - 24 měsíců
- Kategorie III - 36 měsíců (NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.).

3. Cíl práce

Cílem práce je provedení, popis, vyhodnocení způsobu svařování kovů a zkoušení svarů podle normy NDT – A. S. I.

1. Je zvolená metoda svařování vhodná pro svařování pro svařování potrubí JE Temelín?
2. Vyhovuje způsob zkoušení svarů požadavkům v jaderné energetice?

V práci se zaměřím:

1. Popis používaných metod svařování kovů.
2. Provedu konkrétní svary.
3. Vyzkouším svary zvolenou metodou.
4. Odpovím na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotím.
6. Uvedu závěry pro praxi.

4. Metodika

4.1 Výstupní dokumentace

Výstupní dokumentace KSS musí obsahovat minimálně:

- Zadávací dokumentaci podle čl. 9.6.1 c)
- Protokoly z NDT a DT zkoušek
- Radiogramy nebo digitální formu záznamu pokud lze RT zkoušku provést
- Pokud je plánována v zadávací dokumentaci KSS - WPQR, WPS a kvalifikace svářeče
- Protokol KSS/ Inspekční zprávu vystavenou AO nebo akreditovanou organizací. Pro KSS VZ kategorií I a II musí být tyto dokumenty potvrzeny AO.
- Pro archivaci dokumentace KSS a fotografických filmů platí požadavky. Doba archivace radiogramu, nebo digitálního záznamu je dána dobou platnosti KSS.

4.2 Praktická část

Před začátkem svařování musí být zkontrolován navrhovaný technologický postup č. KSS – 2016/ICE/01, včetně požadavků svařovacího postupu výrobce WPS č. 26/2016-ETE. Dohled nad provedení této kontroly provádí autorizovaná osoba. Kontroluje se jakost základního materiálu, přídatného materiálu a jejich tavby.

PROGRAM KONTROLNÍHO SVAROVÉHO SPOJE č.: KSS-2016/ICE/01

ANO* NE*

Program KSS sloučit se schvalováním WPS dle normy ČSN EN*.....		X
Program KSS sloučit s kvalifikací svářeče pro JZ dle NTD A.S.I sekce 1	X	
Vyhláška 309/2005 Sb.	X	
Vyhláška 132/2008 Sb. / Bezpečnostní třída BT*...1.....	X	
Svařování KSS provádět za účasti zástupce I.O. ČEZ, a. s. č.4043	X	
Technický kód* : ČSN-EN-13480 / TPE 10-40/1771/ (A) / PK 1514-72 / NTD A.S.I sekce 1/		
Technický kód* : ČSN EN ISO 15614-1		

POLOŽKA	TEXT / KRITÉRIUM / POZNÁMKA
DODAVATEL	I&C Energo a.s. , Pražská 684/49, 67401 Třebíč
SOD č. / PNK č. / PP č.	4101256469/SD000007693
Svářeč (Jméno/č.razidla)	Šachl Richard/ S-272 *oprave 21.2.2017 Chuperka-Vasilij/T-022- Milan Kuchynka Studený Milan / S-299
Kořen/výplň svařoval (č.razidla)	S-272 / S-272 T-022 / T-022 * S-299 / S-299
Kvalifikace svářeče	EN 287-1 nebo ČSN EN ISO 9606-1
WPS č.	WPS 26/2016-ETE
Metoda svařování	141
Typ spoje	BW s podložkou
Základní materiál/tavba	08CH18N10T / A01511; 474738;
Přidavný materiál/tavba	Sv - 04Ch19N11M3 ø 2,0mm/34607 ø 3,0mm/163029 * ø 2,5mm/223964
Rozměr vzorku (Ø D x t x L) mm	245x19x100 + 245x19x85
Tvar kontrolního spoje	Trubka/dno
Poloha spoje - PH / Vzorek č.	S-272/16/1 T-022/16/2 * S-299/16/3
Poloha spoje - HL-045 / Vzorek č.	-----
Rozřezový plán KSS č.	ČSN EN ISO 15614-1 čl. 7.2 obrázek 6
Datum svaření spoje	-----

Zkoušky NDT:




NDT provede :		
VT (%)	ČSN EN ISO 15614-1 čl.7.3 ČSN EN ISO 17637, PK 1514-72 kat. I	100%
Rozměrová kontrola	ZE06090/TD/B752_V003	
PT(%)	ČSN EN ISO 15614-1 čl.7.3 ČSN EN ISO 3452-1, PK 1514-72 kat. I	100%
UT(%)	-----	
RT (%)	ČSN EN ISO 15614-1 čl.7.3 ČSN EN ISO 17636-1, PK 1514-72 kat. I	100%

Zkoušky laboratorní:

Laboratorní zkoušky provede:	
Statický tah	-----
Statický ohyb	-----
Vrubová houževnatost	-----
Metalografická	ČSN EN ISO 15614-1 čl. 7.4.4, ČSN EN ISO 17 639, foto
Tvrdości	-----
MKK	ČSN EN ISO 3651-2,metoda A
Delta ferit	-----

Požadovaný termín ukončení laboratorních zkoušek: 30.4.2017

* Požadované označit X, doplnit nebo vypustit (přeškrtnout) text

 Ing. Milan Kuchynka CZ EWE 1830 Osvědčený svářeč dle ME 1592 a dle A 309/2005 Sb. v platném znění 50218/01	REALIZACI SCHVÁLENO V TIPDM DNE: 2.2.2017 PŘI BYL (ZTP) MJK	 Jindřich Mil Osvědčený svářeč dle ME 1592 a dle A 309/2005 Sb. v platném znění 0150226/02	13-02-2017  Marcel Beňo, Ph.D. Osvědčený svářeč dle ME 1592 a dle A 309/2005 Sb. v platném znění 0150226/02
	Dodavatel Schválil dozor svařování	Dodavatel LC Schválil dozor svařování	ČEZ, a. s. Přezkoumal za TKaD JE

SWAŘOVACÍ POSTUP VÝROBCE – WPS č. 26/2016-ETE

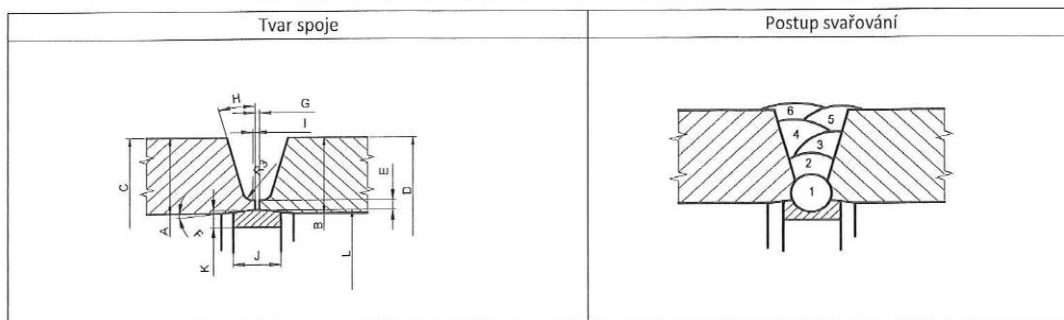
dle ČSN EN ISO 15609-1

Místo:	ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Temelín	Zkušební organizace:	ČSÚ Ostrava
WPQR číslo:	1P-2789	Metoda svařování:	141 (TIG)
Základní materiál:	08CH18N10T	Výrobce:	I&C Energo a.s.
Materiál podložního kroužku	08CH18N10T	Typ spoje:	BW
Skupina materiálů:	8.1	Druh podložení	Kuželový podložný kroužek
dle ČSN CR ISO 15608		Poloha svařování:	PC; PH
		EN ISO 6947:2011	

Druh přípravy a čištění: Úkosovat bez podložky, po úkosování na kónickou část úkosu nasadit podložku a přisadit druhý svařovaný kus. Svarové plochy opracovány třískovým obráběním, nebo broušením. Přilehlá oblast opracována na čistý kov. Odmaštění technickým lihem. Jednotlivé vrstvy čistit kartáčkem - dle požadavku ČEZ SD_0020 v platném znění

(A)	19,0	mm	(B)	19,0	mm
(C)	245,0	mm	(D)	245,0	mm
(E)	2,0 ^{+0,5}	mm	(F)	10	°
(G)	2 ^{+0,5}	mm	(H)	15 ^{+0,5}	°
(I)	2	mm	(J)	15	--
(K)	5	mm	(L)	211 ^{+0,5}	mm

PODROBNOSTI PŘÍPRAVY SWAŘOVÝCH PLOCH (NÁKRES)



PARAMETRY SWAŘOVÁNÍ

Svarová vrstva	Metoda svařování	Ø přídavného materiálu	Proud (A)	Napětí (V)	Druh proudu/polarita	Rychlost svařování (mm/s)	Teplotný příkon. (kJ/mm)
1	141	2,0	135-145	11-13	DC/-	0,5-0,7	1,3-2,3
2-4	141	2,5	145-165	12,0-14,0	DC/-	1,0-1,2	0,9-1,4
5-n	141	2,5 (3,0)	165-190	12,0-14,0	DC/-	1,0-1,2	1,0-1,6

Svařovací materiál, označení: Sv - 04Cr19Ni11M3
GOST 2246-70

Ochranný plyn / tavidlo: ARGON 4.6
ČSN EN ISO 14175 - I1

Typ wolframové elektrody/průměr: WC20 2,4

Teplota předehřevu: 20 °C

Tepelné zpracování po svaření: neprovádí se

Svařovací materiál, rozměry: ø 2,0mm ø 2,5mm
Průtočné množství plynu: - ochranný plyn: 10-17 litrů/min
- ochrana kořene: 5-7 litrů/min

Podrobnosti o drážkování kořene: neprovádí se

Mezihouseňková teplota (Interpass): Max.100°C

Postup tepelného zpracování: neprovádí se

Rychlost ohřevu, chladnutí: neprovádí se



Odběratel
Razítko, datum a podpis
17.1.2017

Milt 90010430
D 150 226102




Poté se zkontrolují rozměry, poloha a orientace dělení dílů pro zhotovení kontrolních spojů s výkresovou dokumentací (viz obrázek č. 24).



Obrázek č. 24 – Rozměrová kontrola

Dalším bodem bude, že pracovníci svářečského dohledu zkontrolují kvalifikaci svářeče jestli splňuje předepsaná kvalifikační kritéria, který bude vykonávat kontrolní svarový spoj.

Pokud vše vyhovuje, přechází se do části praktické, zkontrolují se návarové plochy (viz obrázek č. 25).



Obrázek č. 25 – Kontrola svarových ploch

Vizuální a penetrační zkoušku provede Holý Miroslav, zda nejsou na plochách nepřipustné vady (viz obrázek č. 26).



Obrázek č. 26 – Vyhodnocení vad

Pokud nejsou, přebírá základní materiál svářeč, který si připraví trubku v poloze PC a nastehuje daný svarový spoj (viz obrázek č. 27)., pro sváření

na požadovaný typ spoje BW s podložkou a na předepsanou mezeru mezi trubkami.



Obrázek č. 27 – Stehování materiálu

Po nastehování se vzorek přemístí do polohy PH (viz obrázek č. 28). Následně po zhotovení těchto úkolů je přivolán pracovník svářečského dozoru a vše zkontroluje dle programu kontrolního svarového spoje č. KSS – 2016/ICE/01 a svařovacího postupu výrobce WPS č. 26/2016-ETE. Pokud je vše v pořádku, pokračují kontrolou svařovacího zařízení, zda je platná revize a kontrola přídavného materiálu.



Obrázek č. 28 – Poloha PH

Po všech těchto vyhovujících kontrolách může začít svařování metodou 141 obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (TIG, WIG svařování). Během svařování se musí kontrolovat parametry svařování proudu a napětí podle WPS č. 26/2016-ETE a mezihousenková teplota nesmí překročit maximálně 100°C (Interpass).

Po dokončení svařování se podrobí svarový spoj kontrole pracovníkům svářečského dohledu (viz obrázek č. 29), kteří zkontrolují vyhotovení svarové housenky a po kladném závěru se kontrolní svarový spoj zašle na přezkoumání do Českého svářečského ústavu na zhotovení všech kontrolních zkoušek, které jsou zadané v programu kontrolního svarového spoje č. KSS-2016/ICE/01.



Obrázek č. 29 – Zhotovený svarový spoj

5. Výsledky

5.1 Výsledná dokumentace kontrolního svarového spoje

- Výsledná inspekční zpráva od Českého svářečského ústavu, s výsledky všech zkoušek.



Český svářečský ústav s.r.o.

Divize inspekce - inspekční orgán č. 4005

Areál VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15
708 33 Ostrava Poruba



Protokol kontrolního svarového spoje

Inspekční zpráva č.: KSS-2016/ICE/01B

Akreditační postup:	IMP č.2
Výrobce:	I&C Energo a.s. Pražská 684/49, Borovina 674 01 Třebíč
Pracovní příkaz:	-
Svářeč (jméno / č.razidla):	Studený Milan / S-299
Kvalifikace svářeče:	ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t1,5 D12,0 H-L045 ss nb ČSN EN 287-1 141 T BW 8 S t12,0 D50,0 H-L045 ss nb
WPS č.:	26/2016-E TE
Metoda svařování:	141
Typ svarového spoje:	BW s podložkou
Základní materiál / tavba:	08CH18N10T / T: A01511, 474738
Přídavný materiál / tavba:	Sv 04Ch19N11M3 Ø2,0 mm / T: 34607, Ø2,5 mm / T: 223964, Ø3,0 mm / T: 163029
Rozměr zkušebního svarového spoje (d x t x L) mm:	Ø 245 x 19 x 100 + Ø 245 x 19 x 85
Označení spoje/poloha svařování:	S-299/16/3 / PH
Předpis / zkušební norma:	PK 1514-72, kat.I, NTD A.S.I. sekce 1
Datum svařování:	21.02.2017
Počet výtisků: 2	Počet stránek: 3
Výtisk č.:	Počet příloh: 20



VÝSLEDKY ZKOUŠEK

A. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

1. Vizuální kontrola -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 17637 / PK 1514-72, kat.I
	Protokol č.:	ETE/VT/17/00376
	Výsledek:	Vyhovující
2. Vizuální kontrola -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 17637 / PK 1514-72, kat.I
	Protokol č.:	VT/01B/PK/16
	Výsledek:	Vyhovující
3. Vizuální kontrola -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 17637, ČSN EN ISO 5817, st.B
	Protokol č.:	VT/01B/EN/16
	Výsledek:	Vyhovující
4. Kapilární zkouška -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 3452-1(B) / PK 1514-72, kat.I
	Protokol č.:	ETE/PT/17/00496
	Výsledek:	Vyhovující
5. Kapilární zkouška -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 3452-1(B) / PK 1514-72, kat.I
	Protokol č.:	ČSÚ/025-PT/2017
	Výsledek:	Vyhovující
6. Kapilární zkouška -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 3452-1(B) / ČSN EN 23277, st.1
	Protokol č.:	ČSÚ/024-PT/2017
	Výsledek:	Vyhovující
7. Zkouška prozářením -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 17636-1(B) / PK 1514-72, kat.I
	Protokol č.:	ČSÚ/096-RT/2017
	Výsledek:	Vyhovující
8. Zkouška prozářením -	Metoda zkoušení / hodnocení :	ČSN EN ISO 17636 -1(B) / ČSN EN ISO 10675-1 st.1
	Protokol č.:	ČSÚ/095-RT/2017
	Výsledek:	Vyhovující

B. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

1 . Kontrola odolnosti proti MKK -	Metoda zkoušení :	ČSN EN ISO 3651-2, metoda A
	Hodnocení zkušebních vzorků:	Materiál je odolný proti MKK
	Protokol č.:	P/486/17
	Výsledek:	Vyhovující



Český svářečský ústav s.r.o.

Divize inspekce - inspekční orgán č. 4005

Areál VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15
708 33 Ostrava Poruba



2 . Kontrola makrostruktury -

Metoda zkoušení :

ČSN EN ISO 17639, PK 1514-72, kat.I

Hodnocení zkušebních vzorků:

ČSN ISO 5817 st.B, PK 1514-72, kat.I

Protokol č.:

P/486/17

Výsledek:

Vyhovující

PŘÍLOHY č.:	1) Program kontrolního svarového spoje č. KSS-2016/ICE/01
	2) WPS č. 26/2016-ETE
	3) Protokol č.: ETE/VT/17/00376
	4) Protokol č.: VT/01B/PK/16
	5) Protokol č.: VT/01B/EN/16
	6) Protokol č.: ETE/PT/17/00496
	7) Protokol č.: ČSÚ/025-PT/2017
	8) Protokol č.: ČSÚ/024-PT/2017
	9) Protokol č.: ČSÚ/096-RT/2017
	10) Protokol č.: ČSÚ/095-RT/2017
	11) Protokol č.: P/486/17
	12) Výkres č.: ZE06090/TD/B752_V003
	13) Inspekční certifikát 3.1 č.: 2016/966
	14) Inspekční certifikát 3.2 č.: 5716018/05
	15) Inspekční certifikát 3.2 č.: 08.399.333
	16) Inspekční certifikát 3.2 č.: 06.058.076
	17) Inspekční certifikát 3.2 č.: 08.630.952
	18) Certifikát svářeče č.: 15/073668-69
	19) Schválení svářeče JZ č.: ČSÚ 2283/15
	20) Plán kontrol a zkoušek č.: KSS/2016/01/DN225p

28.04.2017

Datum vystavení



Inspekční orgán č.4005

Ing. David Schwarz

Vypracoval, jméno, podpis, razítko



Ing. Martin Sondel, Ph.D.

Schválil, jméno, podpis, razítko



doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

vedoucí AO č. 267

Český svářečský ústav s.r.o.

Tento dokument je možno reprodukovat pouze jako celek.
Výsledky inspekce se týkají pouze předmětu inspekce : KSS-2016/ICE/01

- Protokol o vizuální zkoušce a vyhodnocení svarových ploch.



ZKOUŠKA VIZUÁLNÍ PŘÍMÁ

PROTOKOL č. ETEVT/17/00376

Identifikace zkoušeného objektu:

Název: KSS
 Zařízení, Systém, DPS, výrobní číslo: KSS, -, -, -
 Zkoušená část: svarové plochy
 Blok, Objekt, Místnost, Podlaží: -, -, -, -
 Materiál: Austenit
 Požadavky na jakost: -
 Závazné předpisy a vyhlášky: vyhl. č. 309/2005 Sb.
 Číslo zakázky: KSS/2016
 Význam kontroly: Operativní kontrola

Specifikace zkoušky:

Datum provedení zkoušky: 20.2.2017
 Číslo pracovního příkazu: instrukce ČSN EN ISO 17 637/ČSN EN ISO 17 637 / PK 1514-72 kat. I
 Normy a předpisy pro provedení / hodnocení: WPS: 26/2016-ETE
 Odchylky od platných norem: Nejsou
 Stav povrchu při zkoušce: Kovově čistý
 Druh osvětlení: umělé osvětlení
 Intenzita osvětlení povrchu: 900 lx
 Vzdálenost prohlížení: 300 mm
 Rozsah zkoušky: 100%
 Zkoušený povrch: -

Zařízení a prostředky pro zkoušku:

Název / Typ / Výrobní číslo / Poznámka: Led světlo / - / - / -
 Zrcátko / - / - / -
 Luxmetr / LX - 1102 / EV.č. - R.000163 / -

Výsledek zkoušky:

Číslo svaru	Svářec	Rozměr svaru	Umístění	Druh vady Souřadnice	Kód vady	Mezní hodnota	Velikost indikace*	Typ svaru	Materiál	Požadovaná jakost
S-272/16/1	S-272	245x19						BW	A	kat.I
S-299/16/3	S-299	245x19						BW	A	kat.I
S-272/16/4	S-272	245x19						BW	A	kat.I
S-299/16/6	S-299	245x19						BW	A	kat.I
S-272/16/9	S-272	133x14						BW	A	kat.I
S-272/16/10	S-272	133x14						BW	A	kat.I
T-022/16/11	T-022	133x14						BW	A	kat.I
T-022/16/12	T-022	133x14						BW	A	kat.I
S-299/16/13	S-299	133x14						BW	A	kat.I
S-272/16/15	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/16	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/17	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/18	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/19	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/20	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/21	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/22	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/23	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/24	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/25	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/26	S-272	38x4						BW	A	kat.I
T-022/16/27	T-022	38x4						BW	A	kat.I
T-022/16/28	T-022	38x4						BW	A	kat.I
T-022/16/29	T-022	38x4						BW	A	kat.I



ZKOUŠKA VIZUÁLNÍ PŘÍMA

PROTOKOL č. ETE/VT/17/00376

Číslo svaru	Svářeč	Rozměr svaru	Umístění	Druh vady Souřadnice	Kód vady	Mezní hodnota	Velikost indikace*	Typ svaru	Materiál	Požadovaná jakost
S-299/16/91	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/92	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/93	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/94	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/95	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/96	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/97	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/98	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I

Celkové hodnocení:**VYHOVUJE**

Zkoušel:

Bc. Miroslav Holý / TESYDO-COP-638-VT2

Vyhodnotil:

Bc. Miroslav Holý / TESYDO-COP-638-VT2

Rozdělovník:

Vlastní; PLC; Archiv KK

Počet příloh:

přílohy nejsou

ETE archivní označení ETE/VT/17/00376



Strana 3

- Protokol o kapilární zkoušce a vyhodnocení svarových ploch.



ZKOUŠKA KAPILÁRNÍ

PROTOKOL č. ETE/PT/17/00496

Identifikace zkoušeného objektu:

Název: KSS
 Zařízení, Systém, DPS, výrobní číslo: KSS, -, —, —
 Zkoušená část: svarové plochy
 Blok, Objekt, Místnost, Podlaží: —, —, —, —
 Materiál: Austenit
 Požadavky na jakost: II, B
 Závazné předpisy a vyhlášky: vyhl. č. 132/2008 Sb.
 Číslo zakázky: KSS/2016
 Význam kontroly: Operativní kontrola

Specifikace zkoušky:

Datum provedení zkoušky: 20.2.2017
 Číslo pracovního příkazu:
 Normy a předpisy pro provedení / hodnocení: instrukce ČSN EN ISO 3452-1/ČSN EN ISO 3452-1 / PK 1514-72 kat. I
 WPS: 26/2016-ETE
 Odchytky od platných norem: Nejsou
 Stav povrchu při zkoušce: Kovově čistý
 Teplota zkoušené části: —
 Druh osvětlení: umělé osvětlení
 Intenzita osvětlení povrchu: 980 lx
 Vzdálenost prohlížení: 300 mm
 Penevrační čas / vyvíjecí čas: 20 minut / 20 minut
 po zaschnutí vývojků / ole patřebny, poslední prohlídka po 20 minutách

Zařízení a prostředky pro zkoušku:

Název / Typ / Výrobní číslo / Poznámka: Led světlo / — / — / —
 Luxmelr / LX - 1102 / EV.č. - R.000163 / —
 Kapilární sada Helling / Nord-Test U87, U88, U89 / — /
 R30521/042016,30795/06/2016,R30811/06/016

Výsledek zkoušky:

Číslo svaru	Svářecí	Rozeř svaru	Umístění	Druh vady Souřadnice	Kód vady	Mezní hloubka	Velikost hářkace*	Typ svaru	Materiál	Požadovaná jakost
S-272/16/1	S-272	245x19						BW	A	kat.I
S-299/16/3	S-299	245x19						BW	A	kat.I
S-272/16/4	S-272	245x19						BW	A	kat.I
S-299/16/6	S-299	245x19						BW	A	kat.I
S-272/16/9	S-272	133x14						BW	A	kat.I
S-272/16/10	S-272	133x14						BW	A	kat.I
T-022/16/11	T-022	133x14						BW	A	kat.I
T-022/16/12	T-022	133x14						BW	A	kat.I
S-299/16/13	S-299	133x14						BW	A	kat.I
S-272/16/15	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/16	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/17	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/18	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/19	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/20	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/21	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/22	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/23	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/24	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/25	S-272	38x4						BW	A	kat.I
S-272/16/26	S-272	38x4						BW	A	kat.I
T-022/16/27	T-022	38x4						BW	A	kat.I
T-022/16/28	T-022	38x4						BW	A	kat.I



ZKOUŠKA KAPILÁRNÍ

PROTOKOL č. ETE/PT/17/00496

Číslo svaru	Svářeč	Rozměr svaru	Umístění	Druh vady Souřadnice	Kód vady	Mezní hodnota	Velikost indikace*	Typ svaru	Materiál	Požadovaná jakost
S-299/16/89	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/90	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/91	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/92	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/93	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/94	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/95	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/96	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/97	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I
S-299/16/98	S-299	18x2,5						BW	A	kat.I

Celkové hodnocení:

VYHOVUJE

Zkoušel:

Vyhodnotil:

Rozdělovník:

Počet příloh:

Bc. Miroslav Holý / TESHDO-COP-638-PT2

Bc. Miroslav Holý / TESHDO-COP-638-PT2

Vlastní; PLC; Archiv KK

přílohy nejsou



ETE archivní označení ETE/PT/17/00496

Strana 3

6. Diskuze

Cílem práce je provedení, popis, vyhodnocení způsobu svařování kovů a zkoušení svarů podle normy NDT – A.S.I.

- Je zvolená metoda svařování vhodná pro svařování pro svařování potrubí JE Temelín?

Ano zvolená metoda je vhodná, protože se jedná o praktickou část, kde se dají nasimulovat a naučit problematiku věci ohledně svařování, jedná se o různé polohy, ve kterých se svařuje, stísněné prostředí a různé překážky se mohou připravit podle reálného prostředí, které budou na dané pozici v JE Temelín a podle výsledků je možnost vybrat nejvhodnějšího svářeče, který je schopen zavařit určitou věc, v nejlepší kvalitě. Navíc tato metoda je v souladu s úvodním projektem, protože normativně technická dokumentace (NTD) splňuje soubor pravidel pro výrobu, montáž rekonstrukce a provoz zařízení a potrubí elektráren typu VVER v podmínkách platné právní Legislativy České republiky.

Současné omezené možnosti kooperace s původními projektanty, event. některými výrobci zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, zavádění norem řady EN a EN ISO do soustavy českých norem, nové vědecké a technické poznatky v oboru svařování a zejména praktické potřeby výroby náhradních dílů a oprav provozovaných jaderných elektráren vyvolaly potřebu poskytnout oprávněným organizacím ve smyslu zákona č. 253/2005 Sb. a držitelům povolení ve smyslu zákona č. 18/1997 Sb. v platném znění ucelená pravidla (národní kód) v oblasti svařování.

NTD A.S.I. „Svařování zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER“ tuto potřebu řeší. Zahrnuje svařování při výrobě a montáži nových zařízení a potrubí, při výrobě a montáži či instalaci náhradních dílů a při opravách a rekonstrukcích zařízení a potrubí provozovaných elektráren.

- Vyhovuje způsob zkoušení svarů požadavkům v jaderné energetice?

Ano zvolený způsob je vhodný, protože se mohou všechny složité operace provést na výcvikovém pracovišti, kde mohou nastat různé problematiku situace, které pak při reálné realizaci mohou zkomplikovat

danou věc. Proto se komplikované a složité věci nacvičují mimo reálné prostředí, aby při realizaci vše proběhlo bez komplikací za co nejkratší čas a také protože splňuje platné technické podmínky pro konkrétní zařízení. Parametry zkoušení a rozlišovací schopnost použitých metod musí splňovat požadavky uvedené v normě ČSN EN ISO 17635, pokud v tomto dokumentu nejsou uvedeny jiné požadavky.

Výsledky zkoušek proběhly v pořádku s vyhovujícím výsledkem od Českého svářečského ústavu, který vypracoval Inspekční zprávu č. KSS-2016/ICE/01B o kladném vyhotovení všech zkoušek.

Můj výsledek jako za technickou kontrolu jakosti svařovacích ploch byl bez nepřipustných vad a tedy s vyhovujícím výsledkem jsem vypracoval protokoly č. ETE/VT/17/00376 a č. ETE/PT/17/00496, které jsou součástí dokumentace.

Celková zkouška je považována za úspěšně provedenou a může se použít svařovací postup na vyhrazeném zařízení JE Temelín. Při splnění rozměrů, základního materiálu, přídavného materiálu a polohy sváření s příslušným svářečem, který svar zhotovil. Může být použit tento svařovací postup a tím pádem jsou zaručeny všechny mechanické vlastnosti svarového spoje.

Pokud by svarový spoj nevyšel, je zde možný způsob odstranění vadných úseků svarů. Přednostně se používají mechanické způsoby například vybroušení. Při mechanickém odstraňování materiálu, nesmí dojít k lokálnímu přehřátí materiálu a jeho okolí.

Přednostně se používá shodná metoda podle schválené WPS, kterou byl proveden původní svar. V případě nemožnosti použití shodné metody. Pro použití jiné než původní metody svařování je nutno mít schválenou WPS pro metodu, použitou pro opravu včetně tepelného režimu svařování, kvalifikace svářeče.

Rozsah metody a kritéria kvality pro kontrolu opravených úseků svarů se kontroluje všemi metodami předepsanými pro výrobní nebo montážní svar, a to v rozsahu 100% délek opravených úseků.

Postup první a druhé opravy může předepsat a dozorovat svářečský dozor výrobce. V případě nutnosti třetí opravy svaru v opravovanému úseku je vždy nutno vyžádat a doložit stanovisko oprávněného pracovníka držitele povolení.

Porovnání:

HAJNÝ (2010) popisuje historii svařování a vývoj svařovacích technologií. Další část práce popisuje normy a předpisy pro svařování, dále ve své práci zkoumá všeobecné seznámení z oblasti sváření kovů, nejprve se také zaměřil na svařování a dále se pokusil popsat metody svařování.

Text je tematicky shodný v části zabývající se zkoušením svarových spojů a velice dobře je zpracována problematika svařitelnosti. Zkoušení svarů a svarových spojů také doplnil o praktické ukázky, které vhodně doplní pohled na kontrolu svařování. Zpracování tohoto tématu bylo provedeno ve stejné koncepci.

Na práci lze především ocenit schopnost autora orientovat se ve zcela nových předpisech, pro svařování podle mezinárodních norem, schopnost osvojit si jejich pojetí i správný výklad. Po odborné stránce je zjevné, že má autor v této oblasti dlouhodobé praktické zkušenosti. Práce má logickou strukturu a kapitoly na sebe chronologicky navazují.

Celkově působí text uceleným a přehledným dojmem a je doplněn o názorné obrázky. Po formální stránce se práce shodují s požadavky kladeným při svařování a kontrole svarových spojů.

7. Závěr

Účelem této diplomové práce bylo všeobecné seznámení s problematikou svařování kovů a zkoušení svarů a možných vad, které mohou vzniknout při svařování. Další část popisuje jednotlivé možné svarové spoje na, které navazuje podrobný přehled možných kontrol provádějících na zhotovených svarech. Jedná se o zkoušení nedestruktivní a destruktivní, podle Asociace NTD A.S.I. (Normativně Technická Dokumentace – asociace strojních inženýrů) je tým expertů na základě dosavadních zkušeností a praxe, jako součást řady doporučení pro hodnocení pevnosti, životnosti a spolehlivosti systémů konstrukcí a komponent, volbou materiálů a řešení provozních problémů českých jaderných elektráren. Účelem NTD A.S.I. je dát k dispozici výsledek dosavadních zkušeností a doporučení dle stanovisek expertních komisí. Zejména pro případy, kdy nelze konkrétní rozhodnutí odkládat, anebo je řešit podle starých představ pod tlakem dosavadní praxe, umožnit řešení zejména spolehlivosti a bezpečnosti provozu současných jaderných elektráren s již vyrobeným technologickým zařízením, rozhodnout u doposud provozovaných elektráren o opatřeních, vyvolaných nebo vynucených vlivem poškození komponent a vydat podklad pro účelná jednání na mezinárodní úrovni, který by obsahoval naše sjednocené stanovisko.

V rámci Interatomenerga byla zpracována Normativně technická dokumentace v r. 1986 (NTD SEV 4201-86 až 4214-86), na jejíž tvorbě se významně účastnili odborníci z bývalého Československa. V r. 1989 byla v bývalém Sovětském svazu vydána nová norma, která je velmi blízká normám NTD SEV. Žádná z těchto nových norem nebyla oficiálně přijata v ČR. Asociace strojních inženýrů v České republice se s vědomím SÚJB (Státního úřadu pro jadernou bezpečnost) rozhodla tuto mezeru vyplnit a vypracovala Normativně technickou dokumentaci A.S.I., která vycházela z „východních norem“, což umožnilo její použití při dostavbě JE Temelín, ale zároveň do sebe převzala nové prvky ze západních norem, zejména z ASME Code. Snahou bylo vytvořit podmínky pro budoucí harmonizaci NTD A.S.I. se západními normami.

Normativně technická dokumentace Asociace strojních inženýrů (dále NTD A.S.I.) tvoří soubor pravidel pro výrobu, montáž, rekonstrukce a provoz (údržbu a opravy) zařízení a potrubí elektráren typu VVER v podmínkách platné právní legislativy České republiky.

Dosavadní vědecká poznání v oboru životnosti a spolehlivosti technických děl, jakými jsou jaderné elektrárny, značně pokročila a přináší zcela nové metody navrhování a hodnocení. Značný rozvoj výrobních a diagnostických zařízení umožňuje při výrobě, montáži, opravách a rekonstrukcích jaderných elektráren aplikovat nové spolehlivé a produktivní postupy.

NTD A.S.I. Sekce I je proto zpracována týmy expertů, a to jak na základě využití dosavadních zkušeností a praxe v tuzemsku a v zemích Evropské unie, tak s využitím nových vědeckých a technických poznatků. Jsou využity postupy norem řady EN a EN ISO implementovaných do české technické normativní základny.

A.S.I. a autoři jednotlivých sekcí jsou si však vědomi, že se celá řada právních a normativních dokumentů průběžně vyvíjí a mění - v souladu s integrací ČR v EU. Na tyto skutečnosti bude A.S.I. reagovat vydáním revizí jednotlivých sekcí této dokumentace.

Certifikační požadavky sekce I se vztahují na výrobce zařízení JE, včetně jejich dodavatelů. Držitel povolení musí v souladu s platnou právní legislativou zajistit spolehlivé posouzení způsobilosti výrobců.

8. Použitá literatura

AMBROŽ O., KANDUS B., KUBÍČEK J. (2001). *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: Zeross, 2001. 395 s. ISBN 80-85771-81-0.

ČSN EN ISO 17635

ČSN EN ISO 17637

ČSN EN ISO 5817

ČSN EN ISO 10675

ČSN EN ISO 4063

KOUKAL J. (2016) *Materiály a jejich chování při svařování, Český svářečský ústav*, učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů, 400 s.

KOUKAL J., SCHWARZ D., HAJDÍK. J. (2009). *Materiály a jejich svařitelnost*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5.

MAJER L. (1999). *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, ISBN 80-85771-70-5.

MUSIL M., MORAVEC J. (2017). *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: výukové materiály pro kurzy Mezinárodní svářečský inženýr IWE, Mezinárodní svářečský technolog IWT*. Česká Třebová: DOM-ZO 13, 333 s. ISBN 978-80-906720-0-0.

NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.

Internetové zdroje:

<https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf> „staženo dne: 1. 2. 2018“

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD> „staženo dne: 1. 2. 2018“

9. Použité obrázky

Obrázek č. 1 – Struktura svarového spoje: svarový kov

Obrázek č. 2 – Rozdělení metod svařování

Obrázek č. 3 - Popis svarového spoje

Obrázek č. 4 – Příprava svarových ploch

Obrázek č. 5 – Jednovrstvý a vícevrstvý svarový spoj

Obrázek č. 6 – Pnutí v tupém svaru

Obrázek č. 7 – Tupý svar

Obrázek č. 8 – Povrchové vady

Obrázek č. 9 – Vnitřní vady

Obrázek č. 10 – Požadavky na přístupnost povrchu pro vizuální kontrolu

Obrázek č. 11 – Ukázka přímé vizuální kontroly koutového svaru

Obrázek č. 12 – Endoskop pro přímou vizuální kontrolu

Obrázek č. 13 – Videoskop pro nepřímou vizuální kontrolu

Obrázek č. 14 – Vliv adhezních a kohezních sil v kapalině

Obrázek č. 15 – Sada prostředků k realizaci kapilární zkoušky

Obrázek č. 16 – Posloupnost operací při provedení kapilární zkoušky

Obrázek č. 17 – Způsob nanášení penetrantu

Obrázek č. 18 – Výsledky kapilární zkoušky

Obrázek č. 19 – Rentgenka s rotační anodou a) Princip b) Reálná rengenka

Obrázek č. 20 – Vybraná základní expoziční uspořádání zkoušky prozářením

Obrázek č. 21 - Schematické znázornění expozičního uspořádání prozařovací zkoušky pro různé typy svarových spojů

Obrázek č. 22 – Aplikace značek na prozařované trubce

Obrázek č. 23 – Makrostruktura

Obrázek č. 24 – Rozměrová kontrola

Obrázek č. 25 – Kontrola svarových ploch

Obrázek č. 26 – Vyhodnocení vad

Obrázek č. 27 – Stehování materiál

Obrázek č. 28 – Poloha PH

Obrázek č. 29 – Zhotovený svarový spoj

10. Použité tabulky

Tabulka č. 1 – Základní používané nedestruktivní metody

Tabulka č. 2 – Zkoušení vizuální metodou (VT)

Tabulka č. 3 – Zařazení svarového spoje do kategorií