

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ A POVRCHOVÝCH ÚPRAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY DEPARTMENT OF
WELDING A SURFACE COATING

SVAŘOVÁNÍ TLAKOVÝCH NÁDOB

WELDING OF PRESSURE VESSELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

STANISLAV KLIKA

VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

DOC. ING. LADISLAV DANĚK, CSC.

BRNO 2012

ABSTRAKT

KLIKA Stanislav: Svařování tlakových nádob

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru Strojírenské technologie předkládá návrh technologie výroby tlakové nádoby svařováním metodou 111 a 135 a porovnání metod. Na základě literární studie problematiky svařování bylo navrženo zaměnění metody 111 za metodu 135 při zachování kvality svaru. Zachování kvality svaru bylo podloženo provedenými zkouškami svarů. Propočty a porovnáním nákladů byla prokázána ekonomická výhodnost využití metody 135.

Klíčová slova: Svařování, metoda 111, metoda 135, tlaková nádoba

ABSTRACT

KLIKA Stanislav: Welding of pressure vessels

This project elaborated as a part of bachelor's study of programme on Institute of Manufacturing Technology provides suggestion of manufacturing technology for welding of pressure vessel by methods 111 and 135 and comparison between these methods. Based on literary study of welding issues, the substitution of method 111 by method 135 was suggested keeping the weld quality. Weld quality was documented by testing of the welds. Economic advantage of implementation of method 135 was proved by the costs calculation and comparison.

Keywords: Welding, method 111, method 135, pressure vessel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLIKA Stanislav: *Svařování tlakových nádob*. Brno, 2012. 64 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Daněk, CSc. Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace>.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 25.5.2012

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Ladislavu Daňkovi, CSc a Ing. Jaroslavě Smrčkové za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD	9
1.1 Profil společnosti	10
2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	11
2.1 Úvod.....	11
2.2 Podmínky výroby a dodávání svařovaných tlakových nádob.....	11
2.2.1 Oprávnění a certifikáty	11
2.2.2 Prověřování společnosti MICO, spol. s r.o. zákazníky	12
2.2.3 Kvalifikace personálu.....	12
2.2.3.1 Kvalifikace svářečského personálu	12
2.2.3.2 Kvalifikace personálu tepelného zpracování.....	14
2.2.3.3 Kvalifikace personálu nedestruktivního zkoušení.....	14
2.2.4 Zařízení pro svařování, přehřev, tepelné zpracování a kontrolu svarů.....	17
2.3 Výrobní dokumentace svařovaných tlakových nádob	18
2.4 Metody svařování tlakových nádob	20
2.5 Přídavné materiály	20
2.5.1 Svařovací materiály	20
2.5.2 Plyny pro svařování.....	21
2.6 Požadavky top managementu	22
2.7 Závěr analýzy současného stavu	22
2.8 Cíl práce	23
3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA ŘEŠENÍ	24
3.1 Výroba tlakových nádob dle EN 13445.....	24
3.2 Výroba tlakových nádob dle ASME CODE	24
3.3 Dělení materiálu.....	24
3.3.1 Dělení kyslíkoacetylenovým plamenem	24
3.3.2 Pálení.....	25
3.3.3 Řezání vodním paprskem	25
3.3.4 Řezání.....	25
3.3.5 Stříhání	25
3.4 Svařování tlakových nádob.....	26
3.4.1 Metoda 141.....	26
3.4.1.1 Wolframové elektrody	26

3.4.1.2	Ochranné plyny.....	27
3.4.1.3	Zdroje pro svařování.....	27
3.4.1.4	Technologie svařování.....	28
3.4.1.5	Závěr (svařování metodou TIG).....	28
3.4.2	Metoda 111.....	29
3.4.2.1	Elektrody pro svařování.....	29
3.4.2.2	Zařízení pro svařování metodou 111.....	30
3.4.2.3	Závěr (svařování metodou 111).....	30
3.4.3	Metoda 121.....	31
3.4.3.1	Příprava před svařováním.....	32
3.4.3.2	Přídavné materiály pro metodu 121.....	32
3.4.3.3	Svařování.....	32
3.4.3.4	Závěr (svařování metoda 121).....	32
3.4.4	Metoda 135.....	33
3.4.4.1	Zařízení pro svařování.....	33
3.4.4.2	Přenos kovu v oblouku.....	34
3.4.4.3	Svařovací materiály.....	35
3.4.4.4	Závěr (svařovací metoda MAG).....	36
3.5	Vady svarových spojů.....	36
3.5.1	Vady vnitřní.....	36
3.5.2	Vady vnější.....	38
3.5.2.1	Vady povrchu.....	38
3.5.2.2	Vady kořenové.....	39
3.6	Kontroly svarů.....	40
3.6.1	Nedestruktivní kontroly.....	41
3.6.2	Destruktivní zkoušky.....	41
3.7	Závěr.....	42
3.8	Výstup z teoretické části pro uplatnění vlastního návrhu řešení.....	43
4.	VLASTNÍ NÁVRH.....	44
4.1	Svařování vzorků.....	45
4.1.1	Základní materiál.....	45
4.1.2	Svařovací materiály.....	45
4.1.3	Osvědčení svářečů a operátora.....	46
4.1.4	Kontrola před svařováním.....	46

4.1.5	Svařování.....	46
4.2	Zkoušky vzorků	46
4.2.1	Nedestruktivní kontroly.....	46
4.2.2	Destruktivní zkoušky.....	47
4.3	Posouzení výsledků zkoušek.....	47
4.3.1	Vzorek č. 250 (WPS č. 250/2012/M).....	47
4.3.1.1	Nedestruktivní kontroly	47
4.3.1.2	Destruktivní zkoušky	47
4.3.2	Vzorek č. 408 (WPS č. 408/2012/M).....	49
4.3.2.1	Nedestruktivní kontroly	49
4.3.2.2	Destruktivní zkoušky.....	49
4.3.3	Posouzení Notifikovanou osobou (NB 1017)	50
4.4	Úprava výrobní dokumentace	50
5.	ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ	51
5.1	Kvalita svarů	51
5.2	Ekonomické zhodnocení	51
6.	ZÁVĚR.....	54
	ZÁKLADNÍ POJMY	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
	SEZNAM ZÁKONŮ, VYHLÁŠEK, NOREM A PŘEDPISŮ.....	58
	SEZNAM ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64

1. ÚVOD

Bakalářskou práci na téma „Svařování tlakových nádob“ jsem si vybral z toho důvodu, že jsem ve společnosti MICO, spol. s r. o. získával praxi již na střední škole a společnost mi nabídla zaměstnání. Mám zájem rozvíjet své teoretické a praktické poznatky ze svařování v oblasti tlakových nádob. Společnost mi rovněž umožní bezplatně absolvovat kurzy svařování dle ČSN 05 0705 a EN 287-1.

Společnost MICO, spol. s r. o. je zapsána u obchodního rejstříku vedeného Krajským soudem v Brně – oddíl C vložka 11774. (Zdroj: Výpis s obchodního rejstříku ze dne 14. 1. 2012)

Datum zápisu: 14. července 1993

Sídlo: Třebíč, Sucheniova 270/6, PSČ 674 01

Identifikační číslo: 494 33 946

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Předmět podnikání:

- vodoinstalatérství, topenářství
- zámečnictví, nástrojářství
- montáž, opravy, revize a zkoušky tlakových zařízení a nádob na plyny
- montáž, opravy, revize a zkoušky plynových zařízení a plnění nádob plyny
- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení
- projektová činnost ve výstavbě
- činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence
- provádění staveb, jejich změna, odstraňování

Statutární orgán:

Jednatel: Karel Denner, den vzniku funkce: 4 června 1998

Jednatel: Jiří Denner, den vzniku funkce: 12. května 2010

Způsob zastupování: jménem společnosti je oprávněn jednat kterýkoli jednatel samostatně.

Podpisování za společnost se děje tak, že k napsanému nebo vytištěnému obchodnímu jménu společnosti připojí svůj podpis kterýkoli jednatel.

Společníci:

Karel Denner, vklad: 9 152 000,-- Kč, splaceno 9 152 000,-- Kč

Jiří Denner, vklad: 100 000,-- Kč, splaceno: 100 000,-- Kč

Základní kapitál: 9 252 000,-- Kč

Velikost obratu: cca 200 mil. Kč

Počet zaměstnanců: 170

1.1 Profil společnosti

Společnost MICo, spol. s r.o. (Moravská průmyslová společnost – Moravian Industrial Company) byla založena v r. 1993. Vznikla delimitací střediska údržby v Jaderné elektrárně Dukovany. Od května r. 2005 je společnost součástí koncernu MICo (viz příloha č. 1: Organizační schéma). Koncern se zabývá jednak výrobou nových tlakových zařízení, tak i servisní a údržbářskou činností, zajišťuje opravy a rekonstrukce vyráběných zařízení. Společnost je též prezentována v mezinárodním katalogu Ministerstva obchodu a průmyslu, včetně zastoupení Czech Trade.

Výroba je ve společnosti soustředěna do areálů v Hrotovicích a Kramolíně. Slouží k zajištění dodávek tlakových zařízení pro klasickou i jadernou energetiku. Zakázky jsou vyráběny pro potřeby zákazníků v tuzemsku i v zahraničí. Výrobu technologických zařízení realizuje společnost kompletně, tj. včetně vypracování projektové a konstrukční dokumentace i výpočtů, dále předvýrobních činností přes materiály, polotovary a díly až po vlastní výrobu a zdokumentování. Společnost disponuje týmem projektantů, konstruktérů, technických pracovníků a dělníků s dlouholetou praxí v energetickém průmyslu, jakož i praxí v jaderně energetických zařízeních. Na kvalitu vyráběných zařízení (tlakových nádob, výměníků a kondenzátorů) v jaderné energetice jsou kladeny vyšší nároky oproti zařízením pro klasickou energetiku.

Servisní a montážní činnosti

Tyto činnosti jsou realizovány především pro jaderně energetická zařízení v ČR a SR.

Jedná se o opravy a rekonstrukce tlakových nádob a výměníků, dále seřizování pojistných a redukčních ventilů, údržbu a opravy servopohonů průmyslových armatur a opravy potrubí svařováním.

2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

2.1 Úvod

Současné postavení firem na trhu je velice napjaté. Prioritou pro udržení na trhu je získávání zakázek. Dnešní svět je postaven především na zahraničním trhu, a proto je nutné splňovat širší spektrum kvalifikací a ocenění, aby daná společnost byla pro zákazníky ta nejvhodnější a nejkvalitnější. Konkurence je dnes obrovská. Celá společnost MICO, spol. s r.o. se musí zdokonalovat tzn., že musí přijmout určitá opatření, aby si postavení na trhu získala a udržela.

2.2 Podmínky výroby a dodávání svařovaných tlakových nádob

2.2.1 Oprávnění a certifikáty

Svařování patří do „zvláštních procesů“, jakož i tepelné zpracování svarových spojů, kontroly svarů a povrchové úpravy tlakových nádob.

Poznámka: *Zvláštní procesy jsou procesy, jejichž soulad s požadavky nelze v plném rozsahu ověřit následnou kontrolou nebo zkouškou. Požadavky musí být stanoveny ve specifikaci výrobku, k jehož výrobě se zvláštní procesy používají. Zvláštní procesy řídí, ověřují i provádějí a hodnotí jen dostatečně kvalifikované osoby, jejichž znalosti a dovednosti musí být pravidelně a prokazatelně prověřovány. Musí být vedeny záznamy.*

Výroba tlakových nádob svařováním je podmíněna splněním příslušných legislativních požadavků, dále specifických požadavků zákazníků a v případě tlakových nádob (nebo jejich částí) v jaderné energetice plnění požadavků atomového zákona č. 18/1997 Sb. a prováděcích vyhlášek SÚJB. Výroba tlakových nádob svařováním, včetně kontrol svarů a zkoušení musí odpovídat konkrétní výrobní normě.

Pro výrobu tlakových nádob svařováním jsou nutná oprávnění dle EN ISO 9001 a systém svařování certifikován dle EN ISO 3834-2 (viz příloha č. 2).

Pro některé zákazníky (především jaderné elektrárny) jsou nutností i certifikáty dle EN ISO 14001 a výhodou je OHSAS 18001.

Vzhledem k tomu, že u tlakových nádob jsou další konstrukční prvky (plošiny, žebříky apod.), je potřebné i oprávnění k výrobě těchto svařovaných konstrukcí, tj. certifikát systému řízení výroby dle EN 1090-2.

Pro výrobu tlakových nádob do jiných než evropských částí, je certifikace dle ASME CODE Sekce VIII (razidlo U).

Pro opravy a rekonstrukce tlakových nádob svařováním jsou ještě nutná oprávnění:

- v ČR: Vyhláška. č. 18/1979 Sb. (včetně součinitele svarového spoje 1.)
- ve SR: oprávnění dle vyhl. č. 508/2009 Z.z. (viz 4 ks oprávnění v příloze č. 2)

Aby společnost MICo, spol. s r.o. mohla provádět opravy a rekonstrukce tlakových nádob pro jaderně energetická zařízení musí mít pro tyto práce vystaveno SÚJB „ROZHODNUTÍ“. Tímto rozhodnutím povoluje úřad společnosti provádět služby významné z hlediska radiační ochrany podle §59 odstavec 1 písmeno d) vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně dle vyhlášky č. 499/2005 Sb., a to provádění služeb v kontrolovaném pásmu (KP) jinou osobou než provozovatel (ČEZ, a.s).

2.2.2 *Prověřování společnosti MICo, spol. s r.o. zákazníky*

Významnými zákazníky společnosti jsou zejména:

- ČEZ, a.s.
- Slovenské elektrárny, a.s.
- ENEL INGENERIA E INNOVAZIONE SpA
- ASLTOM POWER, s. r. o.
- Siemens Industrial Turbomachinery, s.r.o.
- ŠKODA POWER, s. r. o.

Pro tyto zákazníky vyrábí společnost svařované tlakové nádoby, výměníky a kondenzátory, včetně realizace oprav a rekonstrukcí těchto zařízení.

Uvedené společnosti v pravidelných intervalech provádějí v MICo, spol. s r.o. zákaznické audity, vždy se zaměřením na svařování tlakových nádob, personální zabezpečení svařování a kontroly svarových spojů. U všech uvedených firem je spol. MICo, spol. s r.o. na seznamu schválených dodavatelů s dobrými referencemi.

2.2.3 *Kvalifikace personálu*

2.2.3.1 *Kvalifikace svářečského personálu*

a) Kvalifikace dozoru svařování (inženýr a technolog svařování)

Jedná se o kvalifikaci dle EN ISO 14731 a to IWT a IWE (EWT a EWE). Společnost má pro dozoru svařování kvalifikace tří pracovníků IWE a dvou pracovníků IWT. Tyto základní kvalifikace představují školení, zkoušky a získání příslušného diplomu dokladujícího dosaženou

kvalifikaci. Po uplynutí doby potřebné pro vydání certifikátu, je dokladem kvalifikace certifikát. Zkoušky a vydání certifikátů svářečského dozoru mohou provádět pouze akreditované a mezinárodně autorizované organizace.

Speciální kvalifikace – jaderně energetická zařízení

Pracovníci svářečského dozoru, kteří se podílejí na výrobě, opravách a rekonstrukcích svařovaných tlakových nádob, musí být ještě proškoleni z problematiky jaderně energetických zařízení. Zejména norem, předpisů a vyhlášek, vztahujících se k legislativě „držitele povolení“, což je ČEZ, a.s., který školení organizuje. V případě výroby zařízení (nebo jeho částí) podle vyhlášky SÚJB č. 309/2005 Sb. musí být dozor svařování prověřen a schválen AO (Autorizovanou osobou) a přezkoušen v ČEZ, a.s. z uvedené vyhlášky.

Dozor svařování, který provádí fyzické kontroly svarových spojů ve výrobě, musí mít osvědčení dle EN ISO 17637 nebo EN 473 pro vizuální kontrolu.

Vzhledem k tomu, že ve společnosti MICo, spol. s r.o. je větší počet pracovníků s kvalifikací dle EN ISO 14731, mají vymezeny úkoly a činnosti, které jsou součástí systému kvality a systému svařování dle EN ISO 3834-2 v popisu práce každého z nich.

Poznámka:

1) dozor svařování pro jaderně energetická zařízení nemůže vykonávat externí pracovník (požadavky zákazníka).

2) dozor svařování – dle ASME CODE – kvalifikace IWE nebo IWT není kódem stanovena.

b) Kvalifikace svářečů

Operace svařování výrobních nebo montážních svarů tlakových nádob mohou provádět pouze svářeči s kvalifikací dle EN 287-1 a svářečští operátoři dle EN 1418, kteří jsou pro tyto práce způsobilí.

Společnost MICo, spol. s r.o. disponuje desítkami těchto kvalifikací svářečů. Jsou uvedeny v „Seznamu svářečů“ a za platnost kvalifikací odpovídá pověřený IWE. Osvědčení svářečů a operátorů vydává akreditovaná společnost, pro tyto činnosti. Osvědčení svářečů a operátorů dle ASME CODE – Sekce IX - vystavuje pověřený dozor svařování v souladu s požadavky této sekce a rovněž zajišťuje prodloužování kvalifikací svářečů a operátorů.

Svářeči a operátoři pro jaderně energetická zařízení:

Kromě osvědčení dle EN 287-1 nebo EN 1418 musí ještě absolvovat zkoušku svářeče pro jaderná zařízení. Tyto zkoušky jsou požadovány při svařování tlakových nádob (nebo jejich

částí) vybraných zařízení podle zákona č. 18/1997 Sb., vyhlášek SÚJB č. 132/2008 Sb. a č. 309/2005 Sb. Dále pro zařízení projektovaná podle předpisů PK 1514/72 a OP1513/72.

Tyto zkoušky svářečů (operátorů) jsou prováděny za účasti Autorizované osoby v souladu s NDT A.S.I. Sekce I.

Dozor svařování (IWE) ve společnosti vystaví „Průkaz svářeče pro JZ“ a to po úspěšných zkouškách a na základě dokladu AO: „Schválení svářeče JZ“. Všichni svářeči, operátoři a pracovníci zaškoleni dle ČSN 05 0705 musí být jedenkrát za dva roky doškoleni a přezkoušeni z bezpečnostních ustanovení ČSN 05 0600, ČSN 05 0610, ČSN 05 0630 a Vyhlášky Ministerstva vnitra č. 87/2000 Sb. (podle své kvalifikace) pověřeným dozorem svařování.

2.2.3.2 Kvalifikace personálu tepelného zpracování

Předehřev, dohřev a tepelné zpracování mohou provádět pracovníci, kteří mají příslušnou prokazatelnou kvalifikaci, tj. proškolení:

- z obsluhy příslušného zařízení (ČSN 05 0705, dodavatelem zařízení apod.)
- z příslušné technologie provádění předehřevu, dohřevu nebo tepelného zpracování s ohledem na zpracovávaný materiál

Pracovníci společnosti MICo, spol. s r.o. vlastní firemní osvědčení pro tepelné zpracování (místní žíhání, předehřev, dohřev), jakož i osvědčení dle ČSN 05 0705.

2.2.3.3 Kvalifikace personálu nedestruktivního zkoušení

Kvalifikace a certifikace pracovníků nedestruktivních kontrol svarů tlakových nádob:

Společnost MICo, spol. s r.o. provádí kontroly svarových spojů následujícími metodami

a) dle EN 473:

- **VT** (vizuální zkoušení)
- **UT** (zkoušení ultrazvukem)
- **RT** (radiografické zkoušení)
- **PT** (zkoušení kapilární metodou)
- **MT** (zkoušení magnetickou metodou práškovou)
- **LT** (zkoušení těsnosti)

Pro tyto zkušební metody musí mít personál certifikáty dle EN 473, případně pro VT pouze dle EN ISO17637. Před získáním certifikátu ve stupni 1, 2 a 3 musí pracovník absolvovat školení v příslušné metodě dle výukového programu a ve schváleném školícím středisku. Zkoušky vykonává ve zkušebním středisku, které pracuje pod vedením certifikačního orgánu.

Na základě všech požadavků uvedených v EN 473 vystaví certifikační orgán uchazeči certifikát, který má omezenou časovou platnost. Jeho prodloužení (recertifikace) rovněž stanoví norma EN 473. Certifikační orgán musí splňovat požadavky EN ISO/IEC 17024.

Držitel certifikátu musí dodržovat etický kodex zveřejněný certifikačním orgánem. Držitel certifikátu se musí každoročně podrobit testu zrakové schopnosti.

Pro kontrolu svarových spojů tlakových nádob (nebo jejich částí) jsou nutné kvalifikační stupně kontrolních pracovníků 1 až 3.

Ve společnosti MICO, spol. s r.o. jsou tyto požadavky splněny vlastními pracovníky. Pouze kontrola metodou RT je zajišťována subdodavateli.

Kvalifikační stupně:

Osoba, která je certifikována dle EN 473 musí být zařazena do jednoho nebo několika následujících stupňů v závislosti na její kvalifikaci:

a) Stupeň 1 (Level I)

„Tato osoba má prokázat odbornou způsobilost k provádění NDT metod podle písemných instrukcí a pod dohledem osoby certifikované ve stupni 2 nebo 3. V rozsahu odborné způsobilosti, definované v certifikátu, může být osoba certifikována ve stupni 1 pověřena zaměstnavatelem k nastavení NDT zařízení, provádění zkoušení, zaznamenávání a klasifikování výsledků těchto zkoušek na základě písemných kritérií a zaznamenávání výsledků. Osoba certifikovaná jako Level I nesmí být odpovědná za výběr zkušební metody nebo techniky, ani za vyhodnocení výsledků zkoušky“. [1, str. 12]

b) Stupeň 2 (Level II)

„Osoba certifikovaná v tomto stupni má prokázat odbornou způsobilost k provádění NDT podle zavedených nebo uznávaných postupů. V rozsahu odborné způsobilosti definované v certifikátu může tato osoba pověřena zaměstnavatelem k volbě NDT techniky pro zkušební metody, která má být použita, definování omezení při použití zkušební metody, zavedení NDT normy a specifikace do NDT instrukcí, nastavení a ověření nastavení zařízení, provedení a dohledu na zkoušení, vysvětlení a vyhodnocení výsledků podle použitých norem, pravidel nebo specifikací, připravení písemné NDT instrukce, provedení a dohledu všech činností ve stupni 2 nebo nižším, přípravě směrnice pro pracovníky ve stupni 2 nebo v nižším a sestavení a dokumentaci výsledků“. [1, str. 12]

c) Stupeň 3 (Level III)

„Osoba certifikovaná v tomto stupni má prokázat odbornou způsobilost k provádění a přímo řídit činnosti při nedestruktivním zkoušení, pro které je certifikována. V rozsahu odborné způsobilosti definované v certifikátu ve stupni 3 může být pověřena k převzetí plné odpovědnosti za zkušební zařízení nebo zkušební středisko a pracovníky, sestavení a ověření NDT instrukce a postupů, vysvětlení norem, pravidel, specifikací a postupů, určení jednotlivé metody zkoušení, postupů a NDT instrukcí, které se použijí, provedení a dohledu na všechny povinnosti ve stupni 1 a 2 a přípravě směrnice pro pracovníky NDT ve všech stupních. Osoba ve 3. stupni má prokázat způsobilost vyhodnotit a vysvětlit podle platných norem, pravidel a specifikací, dostatečně praktické znalosti s používáním materiálů, výrobních a výrobných technologií při volbě NDT metod, při stanovení NDT techniky a účastnit se stanovení kritérií pro přípustnost v případě, kdy nejsou jinak k dispozici a všeobecné znalosti s používáním ostatních NDT metod“. [1, str. 12 - 13]

Jelikož jsou kontrolní operace prováděny na svarech tlakových nádob vyráběných v souladu s evropskou směrnicí č. 97/23/EC (PED), musí být kontroloři přezkoušení a vlastnit osvědčení dle této směrnice (v rozsahu svých kvalifikací). Kontroly při opravách a rekonstrukcích tlakových nádob mají kontroloři navíc osvědčení dle vyhl. č. 18/1979 Sb.

Další kvalifikace pracovníků pro kontroly a zkoušení tlakových nádob – jaderně energetická zařízení pro elektrárny Dukovany a Temelín - absolvují několikaměsíční školení a přezkoušení v oblasti jaderně energetických zařízení typu VVER 400 a VVER 1000. Poté mají vystaveno osvědčení.

V Jaderné elektrárně Dukovany absolvují školení a přezkoušení z vyhlášky SÚJB č. 309/2005 Sb. a mají vystaveno osvědčení k provádění kontrol a zkoušek pro vybraná speciálně navrhovaná zařízení v rozsahu certifikátů dle EN 473.

Pro kontroly a zkoušky jaderně energetických zařízení ve SR (Mochovce a Jaslovské Bohunice) musí být kvalifikace kontrolního personálu osvědčena dle vyhl. č. 508/2009 Z.z. Technickou inspekcí Bratislava. Svary vyhrazených technických zařízení dle této vyhlášky mohou ve výrobě kontrolovat mistři, kteří mají osvědčení dle § 18 uvedené vyhlášky s tím, že odpovídají za kvalitu svarů ve výrobě. Revizní technik tlakových zařízení má osvědčení dle §16 zmíněné vyhlášky.

K nutné kvalifikaci pracovníků technické kontroly patří i komunikace v anglickém jazyce. Veškerá dokumentace do SR i pro ostatní zmíněné významné zákazníky je v anglickém jazyce.

Společnost MICO, spol. s r.o. disponuje dostatečným množstvím pracovníků technické kontroly, jakož i vyškolenými pracovníky (mistry, vedoucími pracovních čet), kteří jsou všichni vyškoleni v oblasti vizuální kontroly svarů tlakových nádob a vlastní příslušné osvědčení dle EN ISO 17637.

b) dle ASME CODE

Sekce V kódu obsahuje požadavky na kvalifikace a metody nedestruktivního zkoušení. Společnost MICO, spol. s r.o. u zakázek dle ASME CODE provádí pouze vizuální kontrolu svarů tlakových nádob, ostatní kontroly jako PT, MT, UT a RT zajišťuje subdodavatelsky.

Tuto kvalifikaci (VT) má několik pracovníků technické kontroly.

Poznámka: všichni pracovníci dle čl. 2.2.3 mají pro svoje činnosti pověření k výkonu funkce.

2.2.4 Zařízení pro svařování, předehřev, tepelné zpracování a kontrolu svarů

Další z podmínek pro výrobu tlakových svařovaných nádob je dostatečný počet kvalitních zařízení především pro svařování, předehřev, tepelné zpracování, ale i pro kontrolu zhotovených svarů. Požadavky na zařízení jsou uvedeny v EN ISO 3834-2.

Ve společnosti MICO, spol. s r.o. je eviduje správce majetku. Seznam zařízení s jednotlivými parametry průběžně aktualizuje a předává vedoucímu výroby a útvaru technologie. Správce majetku rovněž odpovídá za zajištění kontrol a zkoušek, revizí a oprav jednotlivých zařízení ve stanovených termínech.

Každé svařovací zařízení (pro předehřev, tepelné zpracování a kontrolu svarů) má výrobní a evidenční číslo. Dále datum platnosti předepsaných kontrol, zkoušek a revizí. Návod k obsluze, bezpečnostní a provozní předpisy jsou umístěny u každého zařízení. Je rovněž uveden i odpovědný pracovník obsluhy zařízení.

Požadavky na kontroly a zkoušení svařovacích zařízení v provozu jsou uvedeny v EN 60974-4. Splněním požadavků této normy se považuje na prokázané ustanovení nařízení vlády č. 378/2001 Sb. Norma se zabývá svařovacími zařízeními vyrobenými dle EN 60974-1 až 3 a stanovuje postupy kontrol zařízení. Periodické kontroly svařovacích zařízení jsou uvedeny i v ČSN 05 0601 a ČSN 05 0630.

Ve společnosti MICO, spol. s r.o. se používají svařovací zařízení především společnosti KEMPPI, ale i ESAB a CLOSS. Všechny zdroje mají nastavitelné parametry. Pro předehřev se používají propan-butanové hořáky nebo indukční zařízení RETEP 96s, které slouží i pro tepelné zpracování, tj. místní žíhání svarů. Veškeré používané zařízení pro svařování, předehřev a tepelné zpracování, jakož i kabely, hadice, držáky elektrod a redukční ventily jsou udr-

žovány ve vyhovujícím technickém stavu, který zajišťuje kvalitní a bezpečné provádění svařčských a souvisejících prací.

Měřicí a zkušební zařízení pro kontrolu svarů má v evidenci metrolog společnosti MICo, spol. s r.o. Použití měřících a monitorovacích zařízení, které poskytují důkaz o shodě produktu se stanovenými požadavky, vyplývá z PKZ (Plánu kontrol a zkoušek). Cílem je zabezpečit, aby měřidla a zařízení pro kontroly a zkoušky byla používána a ověřována v souladu se zákony o metrologii. Proces řízení měřících a zkušebních zařízení je realizován dle Metrologického řádu společnosti a garantem je pověřený pracovník – metrolog.

Každé zkušební a měřicí zařízení, které bylo kalibrováno je označeno a je doložen záznam o kalibraci. V případě zjištění nepřijatelné odchylky při periodické kalibraci se zvažují možné dopady na kvalitu svarů. Laboratoře provádějící kalibraci měřidel jsou metrologem prověřeny, jsou akreditovány a jsou v seznamu schválených dodavatelů společnosti MICo, spol. s r.o. Není povoleno používat měřidla s neplatnou kalibrací, případně nekalibrovaná měřidla. Do protokolů o zkouškách svarů tlakových nádob je třeba vždy zaznamenat ke zkušebnímu (měřicímu) zařízení: identifikační číslo, typ, přesnost, rozsah a číslo kalibračního protokolu.

Závěr: Společnost MICo, spol. s r. o. má všechny předpoklady nutné pro výrobu tlakových zařízení.

2.3 Výrobní dokumentace svařovaných tlakových nádob

Pro výrobu tlakových zařízení musí být ve společnosti vypracována dokumentace. Výrobní dokumentace tlakových nádob se skládá z:

- výkresové dokumentace
- kusovníku (pokud není součástí výkresu)
- svařovacího plánu a plánu NDE: WKF
- objednacého návrhu
- plánu kontrol a zkoušek
- technologických postupů (pokud se jedná o složitější tlakové zařízení)
- postupů tepelného zpracování (pokud je aplikováno)

Poznámka: výpočty nejsou součástí výrobní dokumentace, ale jsou předávány s výše uvedenou dokumentací ke schválení Notifikované osobě dle Sm. 97/23/EC a NV č. 26/2003 Sb. a jsou součástí Průvodní technické dokumentace k tlakové nádobě.

Kusovník

Vyplývá z něho: číslo části ve výkresu, název a číslo detailu, označení materiálu, rozměry a další údaje pro nákup, výroková norma, materiálová specifikace, tj. typ, jakost, třída, požadovaná certifikace materiálu (atest dle EN 10204), množství.

WKF: Svařovací plán a plán NDE (nedestruktivních kontrol)

Dokument obsahuje pořadová čísla svarů dle výkresové dokumentace, čísla výkresů, svařované pozice, materiály, typy svarů, metody svařování, svařovací postupy, velikosti a délky svarů, dále kontroly každého svaru a jejich rozsah v procentech. Rovněž prováděcí normy kontrol a normy, podle kterých se svary hodnotí. Inženýr svařování do WKF ještě dopisuje přídatný materiál pro svařování a čísla razidel svářečů, kteří mohou svary provádět, tedy, kteří mají pro konkrétní svar osvědčení dle EN 287-1, resp. EN 1418 (operátoři).

Objednací návrh

Uvádí všechny potřebné informace k objednání materiálu.

Plán kontrol a zkoušek (I & T plán)

Obsahuje všechny kontroly, zkoušky a inspekce tlakové nádoby. Symboly používané v Plánech kontrol a zkoušek:

H – Hold Point – Zádržný bod – vyznačený zádržný bod v průběhu určité činnosti nebo po ní, u níž se vyžaduje inspekce nebo kontrola před pokračováním další operace. Realizátor kontroly má povinnost čekat na uvedený subjekt. Bez jeho účasti nelze kontrolu provést a pokračovat v dalších činnostech. Jeho účast je dokladována.

W – Witness Point – Svědeční (ověřovací) bod odběratelské kontroly (dodavatele, odběratele, třetí strana ...). Subjekt, který si tento bod v I & T plánu označí, musí být informován o termínu kontroly v dostatečném předstihu (je uvedeno ve smlouvě). V případě, že se uvedený subjekt nezúčastní, kontrolor musí tuto neúčast dokumentovat (nemá povinnost čekat, zahájí kontrolu bez něj). Zpětně kontrola není potvrzována ani opakována.

R – Review Point – posuzovací bod. Posouzení záznamů (protokolů) o kontrolách, které provádí subjekt, který je uveden v I & T plánu.

P – je nutno vystavit protokol o kontrolním kroku nebo doložit dokument, například: atest, osvědčení nebo certifikát.

Technologický postup

Je zpracováván ke složitým vyráběným tlakovým zařízením a to především k výměníkům a kondenzátorům. A to k jednotlivým dílům, podsestavám a hlavně k sestavení zařízení. K jednoduchým tlakovým nádobám se nezpracovávají, je to pro výrobu rutinní práce.

Postup tepelného zpracování

U většiny tlakových nádob je realizováno pro některé jejich části (příruby apod.) tepelné zpracování. Postup tepelného zpracování svarů je předepsán IWE dle příslušných norem.

Je zpracován na standardním tiskopise společnosti.

2.4 Metody svařování tlakových nádob

Části tlakové nádoby mohou být spojovány svařováním pouze při splnění následujících podmínek:

- společnost má pro všechny svary schválené postupy svařování (WPS) a každý postup je dokladován schvalovacím dokumentem (WPQR) v souladu s EN ISO 15614-1, případně dalších částí této EN ISO.
- svářeči a svářečtí operátoři mají platné kvalifikace dle EN 287-1 a EN 1418 pro konkrétní svary.

Společnost MICo, spol. s r.o. svařuje tlakové nádoby metodami dle EN ISO 4063 a to:

111 (SMAW): Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou

121 (SAW): Svařování pod tavidlem drátovou elektrodou

135 (GMAW): Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (MAG svařování) – používá se ve společnosti MICo, spol. s r.o. pouze na pomocné svary u tlakových nádob (žebříky, schody, plošiny, „netlakové svary“ apod.)

141 (GTAW): Obloukové svařování wolframovou elektrodou v interním plynu (WIG, TIG svařování netavící se elektrodou)

2.5 Přídavné materiály

2.5.1 Svařovací materiály

Společnost MICo, spol. s r.o. používá pro metody svařování 111, 135, 141 a 121 svařovací materiály převážně od firmy ESAB a částečně od společnosti Böhler. Pro svařování tlakových nádob tyto materiály musí mít dokumenty kontroly dle EN 10204 a to certifikáty (atesty) 2.2 a 3.1, případně 3.2 podle požadavků konstruktéra. Pro jaderně energetická zařízení dle vyhlášek

SÚJB č. 132/2008 Sb. nebo vyhl. č. 309/2005 Sb. dokumenty kvality min. 3.1 a pro bezpečnostní třídu 1 a 2 vždy atest 3.2. Tyto svařovací materiály se odkupují z ČEZ, a.s., poněvadž mají všechny potřebné náležitosti dle NTD A.S.I. Pro jaderná tlaková zařízení ve SR musí splňovat předpisy Úřadu jaderného dozoru SR a to BNS: Bezpečnostní návodky a směrnice.

Tabulka č. 1 – Předpisy pro používání svařovacích materiálů

Metoda svařování	Norma svařovacího materiálu	Použití svařovacího materiálu pro
111	EN ISO 2560	Nelegované a jemnozrné oceli
	EN 1600	Korozivzdorné a žáruvzdorné oceli
121	EN ISO 14171	Nelegované a jemnozrné oceli
	EN ISO 14343	Korozivzdorné a žáruvzdorné oceli
	EN 760	Tavidla
135	EN ISO 14341	Nelegované a jemnozrné oceli
	EN ISO 14343	Korozivzdorné a žáruvzdorné oceli
141	EN ISO 636	Nelegované a jemnozrné oceli
	EN ISO 14343	Korozivzdorné a žáruvzdorné oceli

Zdroj: Vlastní zpracování

2.5.2 Plyny pro svařování

Pro metody svařování 141 a 135 se používají technické ochranné plyny v souladu s EN ISO 14175. Společnost MICo, spol. s r.o. odebírá tyto plyny od společnosti SIAD. Jedná se o:

Tabulka č. 2: Plyny pro svařování

Metoda svařování	Použitý plyn/směs	Složení plynu (označení dle EN ISO 14175)	Použití pro
141	Argon 4.6 Argon 4.8	100% Ar (I-Ar-100)	Nelegované, nízkolegované, jemnozrné oceli, žáruvzdorné a korozivzdorné oceli, heterogenní spoje
135	Stargon C10	90% Ar + 10 % CO ₂ (M20-Ar C-10)	Nelegované, nízkolegované, jemnozrné oceli
	Helistar HP 1	82% Ar + 15% He + 3% CO ₂ (M12-Ar HeC-15/3)	Žáruvzdorné a korozivzdorné austenitické oceli
	Stargon C2	98% Ar + 2% CO ₂ (M12-ArC-2)	Heterogenní spoje

Zdroj: Vlastní zpracování

2.6 Požadavky top managementu

Požadavky vedení společnosti MICo, spol. s r.o. při výrobě svařovaných tlakových nádob spočívají ve zkvalitnění a zefektivnění svářečských prací a to:

- zvýšení kvality svarových spojů (zhotovených jinou metodou svařování než metodou 121)
- zvýšení produktivity práce při svařování tlakových nádob

2.7 Závěr analýzy současného stavu

Analýzou bylo zjištěno, že společnost MICo, spol. s r.o. splňuje všechny požadavky pro výrobu tlakových nádob. Výroba je kusová. S ohledem na požadavky vedení společnosti se nabízí možnost využití jiných metod svařování, než jsou v současné době metody: 141 (pro kořeny svarů a tloušťky materiálů do 5 mm, včetně trubek), dále metoda 111 (jednostranné svary s metodou 141 v kořeni) a kombinace metod 111/121, tj. podélné a obvodové svary tlakových nádob. Vedení společnosti uvažuje o realizaci robotizovaného pracoviště. Za tímto účelem byly poptány některé společnosti, které tato zařízení i pracoviště dodávají: KEMPPI, FRONIUS, CLOSS a HADYNA Ostrava.

Z jejich nabídek a analýzy vyplynulo, že pokud se jedná o kusovou výrobu, je tento způsob málo efektivní. Nicméně vedení společnosti uvažuje v období příštích 5 let nákup této technologie. Produktivita se nezvýší, ale kvalita svarů tlakových nádob zcela jistě.

Za účelem zlepšení kvality svarů a zvýšení efektivity svařování je možno navrhnout využití metody svařování 135 i pro tlakové svary nádob. Nejsou zde využívány proto, že zákazníci ČEZ, a.s, Škoda Power,s.r.o. i Alstom Power, s. r. o., mají vůči této metodě výhrady. Obávají se většího výskytu studených spojů, které jsou pro metodu 135 charakteristické a navíc nemusí být vždy tyto vady odhaleny kontrolou prozářením. Výrobní normy tlakových nádob EN 13445, ani ASME CODE však metodu 135 nevyklučují.

2.8 Cíl práce

Cílem mé práce bude použití metody 135 při svařování tlakových nádob a to jako náhrada metody 111 (ve společnosti MICO, spol. s r.o. se používá metoda 135 pouze pro pomocné svary, jak již bylo uvedeno dříve). Ověření kvality svarů, jak podélných, tak obvodových bude u tlakových nádob pomocí dostupných kontrolních metod nedestruktivních i destruktivních.

Vyhodnocením, včetně schválení postupů svařování Notifikovanou osobou (pro dozor tlakových zařízení) bude prokázána kvalita svarových spojů. Porovnáním nákladů na svařování konkrétní jednoduché nádoby metodami 111 a 135 vyhodnotím efektivitu těchto metod.

Společnost MICO, spol. s r.o. následně předloží výsledky zkoušek zákazníkovi a pokud písemně tento postup změny metod svařování odsouhlasí. Lze ji využít.

Poznámka: *Použití metody 135 pro svary tlakových nádob se nebude vztahovat na zařízení v jaderné energetice.*

3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA ŘEŠENÍ

Společnost MICO, spol. s r.o. vyrábí tlakové svařované nádoby z 80 % dle EN 13445 a z 20 % dle ASME CODE.

3.1 Výroba tlakových nádob dle EN 13445

Tato evropská norma sestává z několika částí, z nichž společnost využívá části 1 - 5:

Část 1: Všeobecně

Část 2: Materiály

Část 3: Konstrukce a výpočet

Část 4: Výroba

Část 5: Kontrola a zkoušení

3.2 Výroba tlakových nádob dle ASME CODE

Jedná se o výrobu dle předpisů, které se využívají především v jiných než evropských zemích. Pokud organizace vyrábí takováto tlaková zařízení, musí vlastnit oprávnění od této organizace (viz příloha č. 2) – „ražené“ ASME. Tým ASME provede kontrolu u výrobce, a pokud ten splňuje požadavky a úspěšně prokáže implementování předpisů ASME Code, je výrobce ze strany ASME certifikován. Výrobce pak může výrobek potvrdit – „orazit“ jako výrobek splňující normy ASME a používat přidělené razidlo. Společnost MICO, spol. s r.o. vlastní razidla a certifikáty pro:

- tlakové nádoby – razidlo U
- kotle – razidlo S

3.3 Dělení materiálu

Dělení materiálu a úpravu svarových ploch provádí společnost stříháním, řezáním, třískovým opracováním (frézováním, soustružením), tepelným dělením (řezání plazmou, kyslíkoacetylenovým plamenem, vodním paprskem), kombinací těchto metod apod.

3.3.1 Dělení kyslíkoacetylenovým plamenem

Je to způsob ručního dělení ocelí, při kterém se nekladou žádné (nebo minimální) nároky na kvalitu řezu. Tento způsob se při výrobě tlakových nádob nepoužívá jako konečná metoda.

3.3.2 Pálení

Název zařízení: pálicí stroj NC CORTINA

Tloušťka řezaného plechu: 1- 350 mm

Rozsah řezání kruhů: 20 – 3500 mm

Řezaná šířka x délka: 3240 x 6000 mm

3.3.3 Řezání vodním paprskem

Název zařízení: WJ 2540

Přesnost řezání: 0,01 mm

Maximální rozměr obrobku: 2500 x 4000 x 300 mm

Maximální nosnost: 5, 5 t

3.3.4 Řezání

Tabulka č. 3: Zařízení pro řezání

Název zařízení	Maximální tloušťka řezu
Plasma 12 S	45 mm (nerez do 25 mm)
Powermax 1650	70 mm (nerez do 50 mm)
Pásová pila BOMAR STG 220	220 mm
Pásová pila ARG 230	230 mm
Pásová pila BAUER	400 mm
Pásová pila PEGAS	440/600 mm

Zdroj: Vlastní zpracování

3.3.5 Střihání

Tabulka č. 4: Zařízení pro střihání

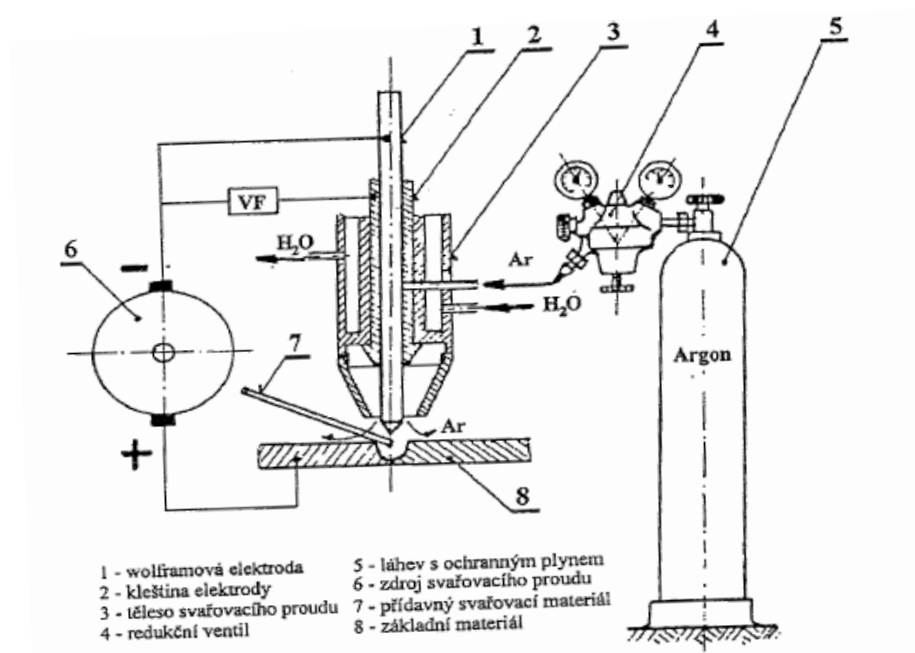
Název zařízení	Maximální síla plechu v mm	Maximální délka střihu v mm
Nůžky NTH3150/16	16	3150
Nůžky NTH3150/10	10	3150
Nůžky JAROMET SL 32-40	40	3150
Nůžky NTE 2500/4B	4	2500

Zdroj: Vlastní zpracování

3.4 Svařování tlakových nádob

3.4.1 Metoda 141

Princip obloukového svařování metodou 141 (TIG) spočívá ve vzniku a hoření elektrického oblouku mezi netavící se elektrodou a základním materiálem, přičemž je svarová lázeň, elektroda a nejbližší okolí svaru chráněno inertním plynem před účinky okolní atmosféry (hlavně kyslíku a dusíku ze vzduchu). Elektroda je vyrobena z wolframu a dalších legujících prvků a jako ochranný inertní (netečný) plyn se používá argon, helium, případně jejich směsi. Svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu se označuje dle EN ISO 4063: TIG (Tungsten-inert-Gas) v anglosaských zemích, WIG (Wolfram-Inert-Gas) v německých zemích a GTAW (Gas-Tungsten-Arc-Welding) v amerických zemích.



Obrázek č. 1 – Schéma principu obloukového svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu [2, str. 4]

3.4.1.1 Wolframové elektrody

Netavící se elektrody jsou vyrobené z čistého wolframu nebo z wolframu obohaceného oxidy (Th, Zr, La, Ce). Wolfram se používá na výrobu elektrod z důvodu jeho vysoké teploty tavení (3400 °C) a jeho velké emisní schopnosti. Legované elektrody (obohacené oxidy) zvyšují

emisi elektronů, čímž se zabezpečí klidné hoření elektrického oblouku. Zvýší se i životnost elektrod.

Na rozdíl od jiných svařovacích elektrod se wolframové elektrody nestávají součástí svarového kovu. Chemické složení wolframových elektrod má důležitý vliv na rozsah jejich použití ve svařování. Z toho důvodu jsou také elektrody na základě složení klasifikovány v normě EN ISO 6848.

3.4.1.2 Ochranné plyny

Ochranné plyny zabezpečují při svařování TIG především ochranu wolframové elektrody, tavné lázně a přilehlého základního materiálu před účinky okolní atmosféry. Zároveň mají vliv na tepelný výkon svařovacího oblouku, jeho zapálení a stabilitu pro celý čas svařovacího procesu.

Pro svařování ocelí metodou TIG se používají inertní ochranné plyny jako je argon (Ar), helium (He) nebo jejich směsi. Z hlediska kvality svarového spoje a vysoké ceny těchto plynů je vždy nutné zvážit, jaký ochranný plyn se pro daný základní materiál použije.

a) ARGON

Pro svařování metodou TIG se používá argon o vysoké čistotě, a to v rozmezí od 99,7 do 99,999 %. [2, str. 25]

Argon se nejčastěji dodává s čistotou:

- Ar 99,996 (označení jako Ar 4.6)
- Ar 99,998 (označení jako Ar 4.8)
- Ar 99,999 (označení jako Ar 5.0)

b) Směsi plynů: He + Ar: HELIUM

Helium se samostatně pro svařování používá minimálně, ale využívá se ve směsích společně především s argonem, případně dalšími plyny. Se stoupajícím obsahem helia se zvyšuje napětí na oblouku a tím roste tepelný výkon oblouku. Z toho důvodu lze použít vyšší svařovací rychlost, což příznivě ovlivní produktivitu práce.

Ve společnosti MICO, spol. s r.o. se pro svařování metodou 141 používá pouze argon (Ar 4.6 a Ar 4.8)

3.4.1.3 Zdroje pro svařování

Pro ruční svařování metodou TIG se ve společnosti MICO, spol. s r.o., používají tyto zdroje:

- společnosti KEMPPI:

MASTERTIG 3500

MASTERTIG 2200

MASTERTIG 1500

KEMPOMIG 5200 SC

- firmy FRONIUS:

FRONIUS (MAGIC WAWE) 2000

Pro spoje trubka-trubkovnice met. 141 zařízení (automatické) POLYSOUDE:

POLYSOUDE TS 25

POLYSOUDE TS 73

3.4.1.4 Technologie svařování

Technologie svařování je uvedena pro každý svar v postupu svařování WPS. Je v něm stanovena úprava svarových ploch (viz. EN ISO 9692-1), očištění materiálu před svařováním, stehování svařovaných částí, přehřev před svařováním, parametry svařování, svařovací materiál, plyn, tepelné zpracování svaru, pokud je aplikováno.

Ve společnosti MICo, spol. s r.o. se při svařování tlakových nádob svařují jak nelegované, tak legované oceli dle EN 1011-1, EN 1011-2 a vysokolegované austenitické oceli dle EN 1011-3.

Při svařování tlakových nádob musí být postupy svařování (WPS) schváleny Notifikovaným místem (NB) dle Sm.97/23EC (PED). Společnost MICo, spol. s r.o. využívá norem pro odzkoušení a schvalování postupů EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-8, případně EN ISO 15614-7. Společnost nejčastěji spolupracuje s NB: TŮV SŮD Czech, s.r.o. Každý použitý WPS pro tlakové nádoby je tak doložen schválením NB, což je WPQR.

Polohy svařování jsou uvedeny v EN ISO 6947.

3.4.1.5 Závěr (svařování metodou TIG)

Při svařování metodou TIG jsou velké tloušťky neekonomické. Příčinou je malá rychlost svařování a z toho důvodu se metoda používá např. v kombinaci (141/111/121). Je vhodná pro svařování kořenů svarů a pro svařování trubek menších průměrů. Metoda má výhody v tom, že se nevyskytují vady svarových spojů např. bubliny nebo póry jako při svařování metodou 111. Kořeny svarů jsou čisté. Tato metoda je preferována (i pro větší tloušťky materiálu) při svařování jaderně energetických zařízení.

3.4.2 Metoda 111

Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou má pro svůj široký sortiment vyráběných elektrod (jakož i kvalitu svarů) nemalé zastoupení při svařování tlakových nádob. Svarový spoj vzniká tavným spojením základního materiálu a svařovacího materiálu (elektrod). Složení svarového kovu závisí na složení obalu elektrody. Tak jako i u dalších metod svařování je kladen velký důraz na čistotu před svařováním.

3.4.2.1 Elektrody pro svařování

Vhodná volba elektrod při svařování tlakových nádob je jedním z hlavních předpokladů úspěšného svařování. U metody 111 se používají obalené elektrody. Elektrody se dělí obecně podle druhů obalů:

- kyselý
- rutilový
- bazický
- bazicko-rutilový
- kyselo-rutilový
- celulózový
- oxidační
- grafitový
- speciální

Při svařování tlakových nádob se ve společnosti MICO, spol. s r.o. využívá pouze obal bazický, případně bazicko-rutilový, který spojuje dobré operativní vlastnosti rutilových elektrod a vysokou jakost svarového kovu z bazických elektrod.

Charakteristika obalů

Bazický obal – je u nás nejrozšířenější druh tlustě obalených elektrod. Elektroda se odtavuje ve velkých kapkách hustšího kovu, a tedy se snadněji ovládá i v polohovém svařování. Je vhodná pro svařování ve všech polohách (kromě svislé shora dolů, pro kterou jsou vhodné jen některé typy). Vyžaduje krátký oblouk při svařování, vedení elektrody pod větším úhlem, téměř kolmo. Bazické elektrody jsou citlivé na velikost svařovacího proudu, svařuje se pouze stejnosměrným proudem nepřímou polaritou (na + pól).

Bazické elektrody je nutné před svařováním podle předepsaného režimu výrobce přesušit, jinak je ve svaru mnoho vodíku – vznikají póry, nebezpečí trhlin. Závar je u těchto elektrod

menší, kresba housenky je hrubší. Vlastnosti svarového kovu, zvláště houževnatost, jsou výborné.

Rutilový obal – obsahuje vždy rutil (přírodní oxid titaničitý) a další struskotvorné látky (živec, křemen, magnezit aj.) a v malém množství se přidává celulóza, dextrin. Složení obalu způsobuje hustě tekoucí a rychle tuhnoucí svarový kov, což umožňuje překlenout větší meze-ry a dobře ovládat lázeň ve všech polohách. Rutilové elektrody nejsou citlivé na použitou intenzitu svařovacího proudu, připojují se na stejnosměrný proud (- pól) nebo na proud střídavý. Závar je poměrně malý, což je vhodné pro svařování tenkých plechů a méně vhodné pro koutové svary. Pro vícevrstvé svary tlustých plechů se rutilové elektrody nepoužívají.

3.4.2.2 Zařízení pro svařování metodou 111

Požadavky na zařízení pro svařování jsou ty, aby při ručním obloukovém svařování bylo co nejmenší kolísání svařovacího proudu. Proto zdroje musí mít strmou charakteristiku. Změnou délky oblouku (vzdálenost elektrody od svařovacího materiálu) se mění napětí na oblouku a tím svařovací proud. Při využití strmé charakteristiky je tato změna proudu malá. Společnost MICo, spol. s r.o. používá svařovací zařízení KEMPPI.

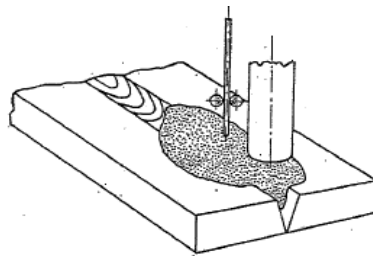
3.4.2.3 Závěr (svařování metodou 111)

Tlakové nádoby se ve společnosti MICo, spol. s r.o. metodou 111 nesvařují v kořenech svaru. U V-svarů se do kořene použije metoda 141 nebo metoda 111, ale s podložením a vybroušením kořene. V případě použití metody 111 u oboustranného svaru (X svar), je vždy kořen rovněž vybroušen. Všechny tyto zásady vyplývají z postupu svařování. Důvod nepoužívání metody 111 při svařování kořenů svarů je ten, že metoda často vykazuje bubliny, póry (špatně vysušené elektrody nebo zvlhlé, natažení oblouku svářečem).

Nevzniká nebezpečí studených spojů. Metoda je však poměrně pomalá a kresba housenky je méně pravidelná než u metod 135, 121 nebo 141.

3.4.3 Metoda 121

Zdrojem tepla pro roztavení svarových ploch i přídavného drátu je elektrický oblouk hořící mezi základním a přídavným materiálem, a to pod vrstvou práškového tavidla. Tavidlo je přiváděno před holým přídavným drátem, který je posouván do svaru kladkami, a to nastavenou stálou rychlostí. Elektrický oblouk není vidět, je zakryt vrstvou tavidla a hoří v dutině vytvořené plyny vzniklými při chemických reakcích. Tímto uspořádáním se sníží podstatně ztráty tepla elektrického oblouku, využije se většina tepla pro tavení materiálu. K tomuto zvýšení výkonu přispívá také přivádění elektrického proudu do svařovacího drátu kontaktní špičkou těsně před elektrickým obloukem. To umožňuje volit toto svařování několikrát větší intenzitu svařovacího proudu než u ručního obloukového svařování.



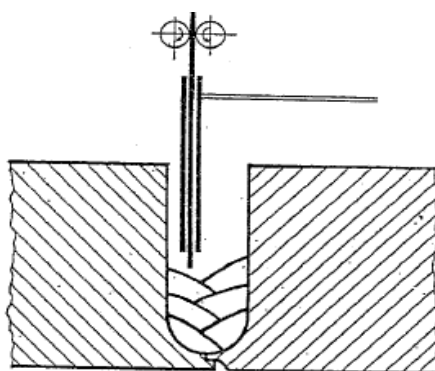
Obrázek č. 2 – Schéma mechanizovaného svařování pod tavidlem [3, str. 16]

Soustředění tepla, malé tepelné ztráty a větší intenzita proudu vede k dobrému a velkému provaření základního materiálu. Výhodou je velká rychlost svařování, čímž se zvyšuje produktivita práce.

Kvalita svarových spojů je velmi dobrá, vrstva tavidla dokonale chrání před vzduchem, tavidlo čistí svarový kov a může mu i dodávat některé prvky, které v elektrickém oblouku shořely. Toto svařování vyžaduje dobrou přípravu svařovaných předmětů a přesné sestavení svaru. Svařování pod tavidlem je automatické. Svařovací hlava je na vozíku, který se nastavenou svařovací rychlostí automaticky posouvá.

Společnost MICO, spol. s r.o. používá svařovací automaty společnosti ESAB řady LAF (1250). Jsou to stejnosměrné svařovací zdroje v kombinaci se zařízením řady A2 až A6. Společnost je používá pro svařování holým drátem.

Metoda 121 je společností MICO, spol. s r.o. využívána kromě svařování tlakových nádob i při svařování rotorů velkých tlouštěk a to svařováním do úzké mezery (viz obrázek č. 3)



Obrázek č. 3 – Svařování do úzké mezery [3, str. 17]

3.4.3.1 Příprava před svařováním

Úprava svarových ploch je v souladu s EN ISO 9692-2. Společnost MICO, spol. s r.o. má svoji tabulku úpravy svarových ploch pro metodu 121 podrobněji rozpracovanou na jednotlivé svařované tloušťky materiálu a nejlépe odzkoušené položky při schvalování svarových spojů touto metodou (i v případě v kombinacích s jinými metodami svařování).

Svarové plochy musí být dokonale čisté, jakož základní materiál přiléhající ke svarové ploše do vzdálenosti cca 50 mm.

3.4.3.2 Přídavné materiály pro metodu 121

Jedná se o holý drát a tavidlo. Dráty jsou používány o \varnothing 2,5 mm, 3 mm a 4 mm navinuté na cívkách o hmotnosti 15 až 30 kg. Při svařování se používají jeden nebo dva dráty.

Sušení tavidel – dle návodu výrobce.

3.4.3.3 Svařování

Metoda se používá ve společnosti MICO, spol. s r.o. pro svařování v poloze vodorovné shora (tupé spoje) a do úžlabí – koutové svary za pomoci polohovadel. Kvalifikace pracovníků, kteří svařovací automaty obsluhují je dle EN 1418 - operátor .

3.4.3.4 Závěr (svařování metoda 121)

Metoda 121 se používá vždy, kdy je to možné z hlediska konstrukčního (průměr nádob, tloušťky).

Výhody svařování:

- jakostní svary (dobrá ochrana svarového kovu)

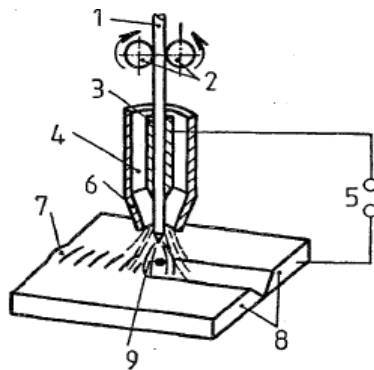
- pěkná kresba housenek (formování svaru)
- vysoká produktivita práce
- při vysokých parametrech svařování je minimum neprůvarů

Nevýhody:

- vyšší požadavky na přípravu svařování (přesné stehování)

3.4.4 Metoda 135

Princip obloukového svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (MAG svařování) spočívá v hoření elektrického oblouku mezi tavící se elektrodou a svarkem, přičemž ochranu vytváří aktivní plyn přiváděný z lahve.



Obrázek č. 4 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu [4, str. 7]

- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 – svařovací drát | 4 – ochranný plyn | 7 - svar |
| 2 – podávací kladky | 5 – zdroj proudu | 8 – svarek |
| 3 – napájecí průvlak | 6 – svařovací hubice | 9 – elektrický oblouk |

3.4.4.1 Zařízení pro svařování

Společnost MICO, spol. s r.o. vlastní dostatečný počet zařízení pro svařování metodou 135. Jedná se především o KEMPPI 4200 (EVOLUTION) a KEMPPI FASTMING SYNERGIE.

Plyny, které se používají pro svařování ve společnosti MICO, spol. s r.o. jsou uvedeny v článku 2.5.2. Jedná se o:

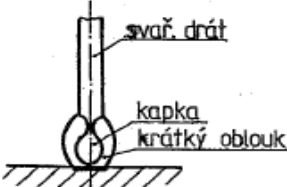
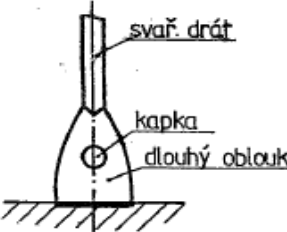
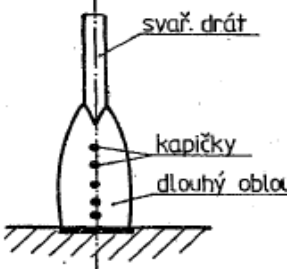
- 90 % Ar + 10 CO₂
- 82 % Ar + 15 % He + 3 % CO₂
- 98 % Ar + 2 % CO₂

Vlastnosti plynů argon a helium jsou v čl. 3. 4. 1. 2

Oxid uhličitý je vhodný pro zkratový přenos kovu v oblouku, ale nevýhodou je velký rozstřík. Proto se používají směsné plyny.

3.4.4.2 Přenos kovu v oblouku

Svařovacími podmínkami je možno měnit vzájemný poměr sil působících na kapky při přenosu svarového kovu do tavné lázně. Základní druhy přenosu – viz obrázek č. 5:

Způsob přenosu svarového kovu, napětí	Znárodnění přenosu	Použití jednotlivých způsobů přenosu svarového kovu
zkratový 18 až 22 V		<ul style="list-style-type: none"> -svařování ve všech polohách -svařování tenkých plechů -svařování kořenů větších tloušťek materiálu -svařovací drát malého průměru
bezzkratový 28 až 40 V		<ul style="list-style-type: none"> -svařování v poloze vodorovné shora -svařování výplňových vrstev a krycí vrstvy -svařovací drát většího průměru
sprchový 28 až 40 V nedá se dosáhnout v CO ₂		<ul style="list-style-type: none"> -svařování ve všech polohách -svařování s velkými výkony roztavení a minimálním rozstříkem -pro dosažení hladkého povrchu svaru -možnost použití vyšších svařovacích parametrů -vysoká kvalita svarového kovu

Obrázek č. 5 – Základní druhy přenosu [4, str. 32]

a) zkratový přenos

- přenos kovu v oblouku, při němž (jednotlivé) kapky tavící se elektrody způsobují zkrat mezi elektrodou a svarovou lázní

b) bezzkratový přenos

- přenos kovu v kapkách, které se oddělují od elektrody bez způsobení zkratu mezi elektrodou a svarovou lázní

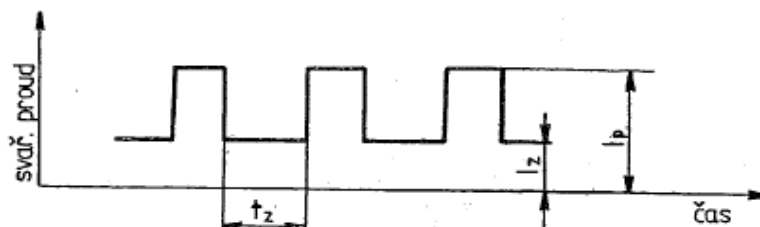
c) sprchový přenos

- bezzkratový přenos kovu v oblouku, při němž kov elektrody přechází do svarové lázně více-
rými jemnými kapkami v ose oblouku

Mezi těmito základními druhy přenosu kovu do tavné lázně se vyskytují přenosy mající jen
částečně charakter základního přenosu, a to v mezioblastech mezi výše uvedenými základními
druhy přenosu kovu do tavné lázně.

Obloukové pulzační svařování je prováděno pulzačním přenosem svarového kovu do tavné
lázně (viz obrázek č. 6).

Pulzační přenos - je vyvolán nastavitelným kolísáním proudu mezi základním proudem I_z a
proudem pulzu I_p v závislosti na času mezi jednotlivými impulzy t_z , kdy svarová lázeň tuhne.



Obrázek č. 6 – Pulzační přenos [4, str. 31]

3.4.4.3 Svařovací materiály

Svařovací materiály pro metodu MAG se standardně dodávají v průměrech 0,6 mm až 1,6 mm na cívkách od 5 do 18 kg. Společnost MICO, spol. s r.o. používá cívky 18 kg a průměr drátu 1 mm. Svařovací materiály jsou uvedeny ve WPS a volí se s ohledem na základní svařovaný materiál.

3.4.4.4 Závěr (svařovací metoda MAG)

Funkcí svařovacího proudu je podávací rychlost drátu, tzn., že čím vyšší je podávací rychlost svařovacího drátu, tím vyšší je svařovací proud. Tímto způsobem se dosahuje při malých průměrech drátu velkých výkonů natavení.

Z dalších výhod této metody svařování je možno uvést:

- nepřerušovaný svařovací proces
- viditelnost tavné lázně
- hlubší závar
- malá deformace svarku
- nízký obsah vodíku ve svarovém kovu
- možnost mechanizace a automatizace svařovacího procesu

Nevýhodou je možnost výskytu studených spojů.

3.5 Vady svarových spojů

Svarový spoj musí být proveden tak, aby měl požadované vlastnosti a nevykazoval vady, které by mohly snížit funkční schopnost tlakové nádoby. Přípustnost jednotlivých vad je pak dána stupněm hodnocení dle příslušných norem. Klasifikace geometrických vad kovových materiálů při tavném svařování je v EN ISO 6520-1. Zde jsou vady identifikovány referenčním číslem, které je pak uvedeno v protokolech při vyhodnocování svarů jednotlivými kontrolními metodami. V normě jsou dále uvedené vady vyobrazeny.

Lze je rozdělit na vady:

- vnitřní
- vnější: vady povrchové a vady kořenové

3.5.1 Vady vnitřní

a) Plynové dutiny

Jsou to dutiny vyplněné plynem, které po ztuhnutí svaru zůstaly ve svarovém kovu, nebo vystupují na povrch svaru.

Bubliny - plynové dutiny kulového tvaru

Póry – plynové dutiny, jejichž délka je větší než 1,5 násobek jejich šířky

Řádka plynových dutin – bubliny nebo póry uspořádané v řádce, vyskytující se zpravidla v kořeni svaru.

Shluk plynových dutin – bubliny nebo póry nahromaděné v jednom místě.

Možné příčiny: většinou nečistoty na povrchu svarových ploch, popř. na povrchu svařovaného materiálu – rez, okuje, barvy, mastnoty včetně vody a vlhkosti. Tyto vady mohou také vzniknout nadměrným přehřátím nebo naopak při malé tekutosti svarové lázně. Dalšími příčinami jsou vlhký nebo poškozený obal elektrody, chybná polarita, nadměrná délka oblouku a tím i nedostatečná ochrana tavné lázně.

b) Vměsky

Struskové vměsky- nepravidelné útvary strusky různých tvarů zavařené ve svarovém kovu.

Řádová struska – nepravidelné útvary strusky zavařené ve svarovém kovu a uspořádané v řádce nebo dvojřádce anebo struska, jejíž délka je větší než 3 násobek její šířky.

Oxidické vměsky – částice oxidů, zpravidla kruhového tvaru, nalézající se ve svarovém kovu.

Kovové vměsky – nežádoucí kovové částice, zpravidla kruhového tvaru, zavařené ve svarovém kovu.

Možné příčiny: Při nevhodném sklonu elektrody, nadměrné délce oblouku a pomalé postupové rychlosti struska předběhne lázeň a je zalita svarovým kovem. Oxidické vměsky mohou vzniknout nedostatečným očištěním okují na povrchu předcházející vrstvy při svařování vícevrstvého svaru.

Při přetížení wolframové elektrody nebo po jejím namočení do tavné lázně vznikají kovové vměsky.

c) Studený spoj

Studený spoj na svarové ploše – nedokonalé tavné spojení svarového kovu se základním materiálem.

Studený spoj mezi vrstvami – nedokonalé tavné spojení jednotlivých vrstev svaru.

Možné příčiny: hrubá nečistota na svarových plochách, příliš pomalá postupová rychlost, kdy nadměrná tavná lázeň zalije nenatavené svarové plochy, nadměrná postupová rychlost, kdy rovněž nedojde k dokonalému nastavení svarových ploch.

d) Trhliny

Podélné trhliny – prasklá místa uvnitř nebo na povrchu svaru orientovaná podél svaru.

Příčné trhliny – prasklá místa uvnitř nebo na povrchu svaru orientovaná napříč svaru.

Rozvětvené trhliny – prasklá místa uvnitř nebo na povrchu svaru vycházející zpravidla z jednoho místa a šířící se v různých směrech.

Možné příčiny: příliš tuhý svarek a nedostatečná opatření k omezení vzniku vnitřních pnutí; přítomnost vodíku ze znečištěných nebo vlhkých svařovacích ploch nebo ze svařovacího materiálu; zkřehnutí materiálu vlivem prudkého chladnutí při nedodržení teploty předehřevu nebo svařování za nepříznivých povětrnostních podmínek.

3.5.2 Vady vnější

3.5.2.1 Vady povrchu

a) Nadměrně převýšený svar

Je to takové místo na povrchu svaru, kde krycí vrstvy vykazují nadměrné převýšení proti úrovni povrchu základního materiálu anebo u koutového svaru proti jeho požadované výšce.

Možné příčiny: u jednovrstvého svaru jsou díly slícovány s malou svařovou mezerou; u vícevrstvého svaru jsou svařové plochy příliš vyplněny předposlední vrstvou; malá postupová rychlost a velký průměr svařovacího materiálu při provádění krycí vrstvy.

b) Proláklý svar na povrchu

Místo tupého svaru, kde krycí housenka vykazuje prohloubení (včetně koncových kráterů) proti úrovni povrchu základního materiálu nebo u koutového svaru proti jeho požadované výšce. Možné příčiny: u jednovrstvých svarů nadměrná svařová mezera; u vícevrstvých svarů nevhodně rozložené vrstvy; krycí vrstva provedená malým průměrem svařovacího materiálu a nadměrnou postupovou rychlostí.

c) Nadměrná strmost převýšení svaru

Je to úhel mezi tečnou k povrchu krycí vrstvy v okraji svaru a rovinou základního materiálu přesahující 15°. Možné příčiny: souvisejí s nadměrným převýšením svaru a s jeho přeteklým povrchem.

d) Nepravidelný povrch svaru

Jsou místa na povrchu svaru, kdy krycí housenka má nepravidelnou šířku s různě velkými převýšeními a prohloubeními. Možné příčiny: nepravidelná postupová rychlost i nepravidelné příčné kývání elektrodou; nestejně udržovaná velikost tavné lázně; chybné napojení svaru.

e) Přeteklý povrch svaru

Místo, kde svarový kov není na povrchu metalicky spojen se základním materiálem a povrch svaru je nadměrně převýšen se známkami přetečení. Možné příčiny: vyskytuje se především u svarů prováděných v poloze vodorovné na svislé stěně, kde lázeň má tendenci stékat. Příčinou mohou být svarové plochy příliš vyplněné předposlední vrstvou; spodní housenka krycí vrstvy provedená velkým průměrem a chybným sklonem elektrody a příliš malou postupovou rychlostí.

f) Zápaly

Jsou to ostré natavené prohlubně na hranici svarové housenky a povrchu materiálu. Možné příčiny: většinou nadměrná intenzita svařovacího proudu.

g) Nedostatečné překrytí hran svarových ploch

Šířka krycí vrstvy svaru je menší nebo stejná jako vzdálenost hran svarových ploch. Možné příčiny: nevhodně rozložené vrstvy ve svaru; krycí vrstva provedená malým průměrem elektrody a nadměrnou postupovou rychlostí.

3.5.2.2 Vady kořenové

a) Neprovařený kořen

Neúplně provařené svarové plochy v kořeni tupého jednostranné, oboustranného anebo koutového svaru. Možné příčiny: příliš sevřený úkos, nadměrné otupení, malá svarová mezera, přesazený materiál, velký průměr svařovacího materiálu pro svařování kořenové vrstvy. Dále excentrický obal elektrody, nevhodný sklon elektrody, nadměrná délka oblouku, malá intenzita proudu, velká postupová rychlost.

b) Krápníky

Místa nadměrných převýšení z proteklého a ztuhlého svarového kovu v kořeni svaru. Možné příčiny: velká svarová mezera, velká intenzita proudu a malá postupová rychlost při provádění kořenové vrstvy.

c) Proláklý svar v kořeni

Svar vykazuje prohloubení v kořeni pod úroveň povrchu základního materiálu. Možné příčiny: vyskytuje se zvláště při svařování v poloze nad hlavou a příčinou může být nízká intenzita svařovacího proudu a nesprávné vedení elektrody nebo hořáku.

d) Přesazení materiálu

Místo, kde styk obou částí základního materiálu stejné tloušťky není svařený v jedné rovině anebo netvoří plynulou a žádoucí křivku. Možné příčiny: nesprávně slícovaný a nedostatečně sestehovaný materiál.

Poznámka: *Nejzávažnější vadou jsou trhliny. Při napětí ve svarech od svařování nebo od vnějšího zatížení mají trhliny tendenci se šířit. Z toho důvodu jsou vždy nepřijatelné.*

3.6 Kontroly svarů

Dělí se na nedestruktivní a destruktivní. Vzhledem k tomu, že svařování je zvláštní proces, nelze provádět pouze kontroly hotových svarů, ale je třeba, aby IWT prováděl kontroly ještě před svařováním a v průběhu svařování.

a) Kontrola před zahájením svařování má zajistit:

- použití předepsaných základních materiálů,
- použití předepsaných přídavných materiálů včetně sušení elektrod a tavidel,
- správné sestavení svarku, jeho geometrii, tvary a rozměry svarových ploch, čistotu svarových ploch a přilehlého okolí, kvalitu stehování,
- bezvadný stav svařovacích zařízení a přípravků,
- nasazení svářečů a operátorů s požadovanou kvalifikací,
- vytvoření předpokladů pro dodržení zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

b) Během svařování se kontrolují:

- parametry svařování dle WPS
- průměry elektrod a drátů, pořadí a způsob nanášení svarových housenek,
- dodržování předepsaného předehřevu a dohřevu,
- dodržování zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

3.6.1 Nedestruktivní kontroly

Po ukončení svařování a očištění svarů jsou prováděny nedestruktivní kontroly svarů. Ve společnosti MICO, spol. s r.o. se kontroly svarů tlakových nádob svarů provádějí dle Plánu kontrol a zkoušek:

- vizuální kontrola (VT)
- kapilární zkouška (PT)
- magnetická zkouška (MT)
- zkouška ultrazvukem (UT)
- zkouška prozářením (RT)

Všechny zkoušky VT, PT, MT, UT realizují dle EN 473 pracovníci společnosti MICO, spol. s r. o. Zkouška RT je subdodavatelsky, rovněž s kvalifikací dle EN 473 a s odpovídajícím zařízením.

Poznámka: *Revizní technik tlakových nádob za účasti NB provádí ještě podle konkrétních postupů MICO, spol. s r.o. (systémové dokumenty) zkoušky těsnosti, konečné posouzení a tlakové zkoušky dle EN 13445-5.*

Tabulka č. 5: Normy pro nedestruktivní zkoušení

Prováděcí	Vyhodnocovací
VT: EN ISO 17637	EN ISO 5817
PT: EN ISO 571-1	EN ISO 23277
RT: EN 1435	EN 12517
UT: EN ISO 17640 EN ISO 23279	EN ISO 11666
MT: EN ISO 17638	EN ISO 23278

Zdroj: Vlastní zpracování

Stupeň vyhodnocení (přípustnosti) je uváděn konstruktérem na výkresech a ve svařovacím plánu WKF a plánu NDE (nedestruktivního zkoušení).

3.6.2 Destruktivní zkoušky

Destruktivní zkoušky svarů tlakových nádob se realizují u každé vyráběné nádoby a to na zkušebních deskách, které se svařují společně s nádobou a za stejných podmínek. Tyto destruktivní zkoušky jsou vyhodnocovány v akreditovaných laboratořích dle EN SIO/IEC

17025. Zkoušky, které společnost MICO, spol. s r.o. při výrobě tlakových nádob v současné době zajišťuje, jsou v tabulce:

Tabulka č. 6: Normy pro destruktivní zkoušení

Název zkoušky	Norma/předpis
Zkouška tahem	EN ISO 6892-1
Zkouška vrubové houževnatosti	ISO 148-1
Zkouška ohybem svarových spojů	EN ISO 5173
Zkouška tahem za zvýšených teplot	EN ISO 6892-2
Zkouška svarových spojů - příčná zkouška tahem	EN ISO 4136
Zkouška svarových spojů - podélná zkouška tahem	EN ISO 5178
Zkouška svarových spojů- zkoušky rázem v ohybu	EN ISO 9016
Zkoušky svarových spojů – zkouška tvrdosti	EN ISO 9015-1
Zkouška makro a mikro struktury	EN 1321
Kontrola obsahu δ -feritu	EN ISO 8249
Zkouška odolnosti proti mezikrystalické korozi (MKK)	EN ISO3651-1 EN ISO 3651-2 GOST 6032-84

Zdroj: Vlastní zpracování

3.7 Závěr

Z uvedených metod svařování tlakových nádob, které se ve společnosti MICO, spol. s r.o. využívají lze konstatovat: nejefektivnější co do produktivity práce i kvality svarů je metoda automatem pod tavidlem (121). Lze ji využít pro podélné a některé obvodové svary z vnější strany, nelze ji použít při svařování hrdel, průlezů, přírub apod. Metoda 141 se využívá pro svařování kořenů svarů a malé průměry trubek. Metoda je pomalá, ale svary jsou kvalitní, nevykazují vady ve svarech, kresba je úhledná. Metoda 111 se používá všude tam, kde nelze svařovat z důvodu rozměru automatem pod tavidlem nebo i v kombinaci s touto metodou. Není vhodná pro kořeny svarů (možnost výskytu bublin, pórů) a kresba se nevyrovná metodě 121. Metoda 135: kresba je velmi pěkná, poměrně velká rychlost svařování. Pro zakázky ČEZ, a.s. – primární část je naprosto nepoužitelná. Důvodem je možnost výskytu studených spojů, které by nebyly identifikovány. Ne vždy jsou kontrolou prozářením odhaleny. Někteří další zákazníci společnosti mají k této metodě rovněž výhrady.

3.8 Výstup z teoretické části pro uplatnění vlastního návrhu řešení

Z popsaných metod svařování a vad svarů se nabízí možnost nahradit u podélných a obvodových svarů tlakových nádob metodu 111 metodou 135 schválit tyto postupy Notifikovanou osobou, provést větší množství zkoušek než požaduje EN 13445 a EN ISO 15614-1 a přesvědčit tak některé zákazníky MICO, spol. s r.o. o použití této metody při svařování tlakových nádob.

4. VLASTNÍ NÁVRH

Jak je patrné z čl. 3.8 bude u vyráběné tlakové nádoby změněna metoda svařování. Aby tato metoda 111 mohla být nahrazena metodou 135 u podélného a obvodových svarů (zákazník pro tyto svary metodu 135 dosud nerespektoval), musí být splněny následující podmínky:

- svařování vzorků za účasti NB (po odzkoušení parametrů svařování a optimálních podmínek ve výrobním závodě Hrotovice
- zkoušení svařených vzorků nedestruktivními a destruktivními metodami
- posouzení výsledků zkoušek a schválení postupů svařování NB
- úprava výrobní dokumentace, tj. zapracování změn do svařovacího plánu WKF a vystavení postupů svařování s metodami svařování 135 místo 111.

K realizaci mého návrhu jsou z výrobní dokumentace zakázky č. 4175-9-04 nutné výkresy - viz příloha č. 3.

a) výkres sestavy č. K1-09454-0: „Expandér provozního kondenzátu 1“

b) výkres pláště č. K1-09454-0 „Plášť – EPK 1“

Materiál pláště je uveden v kusovníku č. K-09454-0 a je to: plech P265GH (1.0425+N) dle EN 10028-2 a EN 10029-A.

Z výkresu sestavy č. K1-09454-0 vyplývá, že se jedná o tlakovou nádobu vyráběnou dle EN 13445 a sm.č. 97/23/EC (PED) – modul G, dozorovanou NB č. 1017: TŮV SŮD Czech s.r.o. Svary tlakové nádoby jsou zkoušeny podle EN 13445-5: zkušební skupina 3b. Ve svařovacím plánu WKF-4175/6 jsou uvedeny zkušební normy (prováděcí i vyhodnocovací) a u každého svaru jsou jednotlivé nedestruktivní zkoušky a jejich procento zkoušení z celkové délky svaru. V tomto případě u skupiny 3b jsou zastoupeny metody VT, PT, MT, UT a RT.

Výkres sestavy je ve výrobní dokumentaci rozkreslen do podsestav a jednotlivých výrobních detailů. Pro můj návrh je podstatný výkres pláště č. K1-09455-0, na kterém jsou uvedeny úpravy svarových ploch (svary SW01, SW02, SW03) podélného a obvodových svarů. Takto upravené svarové plochy budou použity u svařovaných a schvalovaných vzorků.

Metody svařování budou:

1. vzorek – metoda 135/121 pro svar SW01 a SW02. Úprava svarových ploch se nepatrně liší, ale dle EN ISO 15614-1 se oba postupy schválí dle jedné úpravy svarových ploch, poněvadž úprava není rozhodující proměnná.
2. vzorek – metoda 141/135/121 pro svar SW03.

Poznámka: Při svařování expandéru budou ještě svařeny dvě kontrolní desky. Jedna jako svar podélný a druhá stejně jako svar obvodový (SW03). Vyhodnoceny budou dle EN 13445-4, ale tyto desky nejsou součástí mé práce.

4.1 Svařování vzorků

1. vzorek – z číselné řady bylo přiděleno číslo postupu svařování WPS 250/2012/M (vzorek č. 250).
2. vzorek – z číselné řady (podle metod) bylo přiděleno číslo WPS 408/2012/M (vzorek č. 408). Uvedené postupy svařování (WPS) jsou připraveny dle EN ISO 15609-1 jako předběžné (pWPS) na základě odzkoušení ve výrobním závodě (viz příloha č. 4).

4.1.1 Základní materiál

Atest – viz příloha č. 5: Certifikát materiálu P265GH.

Zkušební vzorky č. 250 a 408 jsou z plechu P265GH, tl. 8mm. Rozměry odpovídají dle EN ISO 15614-1, délka je 600 mm [8, str. 11]. Úprava svarových ploch – viz pWPS, příloha č. 4.

4.1.2 Svařovací materiály

Atesty – viz příloha č. 6: Certifikáty svařovacích materiálů.

Níže uvedené svařovací materiály jsou standardní a odzkoušené. Výrobce (ESAB) jsou doporučeny pro svařování tlakových nádob. Ve společnosti MICO, spol. s r.o. se používají opakovaně, i když drát pro metodu svařování 135 OK Aristorod 12.50 se zde používá pro svařování konstrukcí.

Používané svařovací materiály jsou uvedeny v katalogu ESAB

Metoda 141: OK Tigrod 12.61 Ø 2,4 mm

Metoda 135: OK Aristorod 12.50 Ø 1 mm

Metoda 121: OK Autrod 12.22 Ø 2,5 mm + tavidlo OK Flux 10.62 [5]

Ještě přiložen doklad od výrobce wolframové elektrody Ø 2 mm.

4.1.3 Osvědčení svářečů a operátora

Viz příloha č. 7: Osvědčení svářečů a operátora.

Metoda 141 – EN 287-1: Holoubek Milan [6, str. 26]

Metoda 135 – EN 287-1: Mandát Pavel [6, str. 26]

Metoda 121 – operátor dle EN 1418 – Mandát Pavel [7, str. 9]

4.1.4 Kontrola před svařováním

Před vlastním svařováním NB zkontroluje:

- atesty základního materiálu
- atesty svařovacích materiálů
- dokumenty k plynům – argon 4.6 a STARGON C10
- dokument k wolframové elektrodě
- osvědčení svářečů a operátora
- osvědčení kontrolorů (NDT kontroly)
- osvědčení dozoru svařování
- dokumenty ke svařovacím zařízením, včetně jejich kalibrace
- dokumenty k měřícím a kontrolním zařízením (kalibrace měřidel)
- rozměry připravených vzorků
- pWPS č. 250/2012/M a pWPS č. 408/2012/M

4.1.5 Svařování

Bylo realizováno dne 5. 4. 2012 za účasti NB. Předběžné postupy svařování (pWPS) budou po oznámení všech vyhovujících zkoušek upraveny na WPS č. 250/2012/M a WPS č. 408/2012/M. Budou součástí WPQR.

4.2 Zkoušky vzorků

Jsou prováděny za účasti NB. Dle EN ISO 15614-1 a EN 13445 je nutno vzorky odzkoušet nedestruktivními a destruktivními metodami.

4.2.1 Nedestruktivní kontroly

- vizuální (VT)

- kapilární (PT)
- prozářením (RT)

Vzhledem k tomu, že je použita metoda svařování 135, navrhl jsem ještě navíc zkoušky ultrazvukem (UT) a zkoušky magnetické (MT), které normy nepožadují.

Kontroly UT a RT jsou ekvivalentní dle EN ISO 15614-1. NB do WPQR uvádí jen jednu zkoušku, byť u obou vzorků jsou jak RT, tak UT. MT ve WPQR uvedena není. Hodnotí se u všech zkoušek 100% délky svarů. Prováděcí a vyhodnocovací zkoušky jsou uvedeny v čl. 3.6.1.

4.2.2 Destruktivní zkoušky

Z důvodu rychlého vyhodnocení vzorků NB navrhla dvě akreditované laboratoře: Vítkovice TESTING CENTER s.r.o. a DEKRA Industrial s.r.o. Jedná se o zkoušky (z každého vzorku 250 a 408):

- příčná zkouška tahem – 2 zkušební tělíska
- příčná zkouška lámavosti – 4 zkušební tělíska
- zkouška rázem v ohybu – 2 sady
- kontrola makrostruktury – 1 vzorek
- zkouška tvrdosti (pro tuto skupinu ocelí 1.1 dle CR ISO 15608 není požadována, nicméně byla objednána a provedena)

Zkušební tělíska si laboratoře zhotoví dle příslušných norem.

Normy pro provádění destruktivních zkoušek jsou uvedeny v čl. 3.6.2. Protokoly z nedestruktivních a destruktivních kontrol jsou uvedeny v přílohách: č. 8 : vzorek č. 250 a v příloze č. 9 : vzorek č. 408.

4.3 Posouzení výsledků zkoušek

4.3.1 Vzorek č. 250 (WPS č. 250/2012/M)

4.3.1.1 Nedestruktivní kontroly

VT, PT, MT, UT a RT jsou **vyhovující** - viz protokoly ze zkoušek – příloha č. 8.

4.3.1.2 Destruktivní zkoušky

Provádí se a hodnotí dle metodiky v EN ISO 15614-1:

a) Zkouška tahem:

Hodnoty zkoušek dvou zkušebních tyčí se posuzují podle EN 10028-2 a hodnotí se pouze mez pevnosti R_m. Pro materiál P265GH tl. 8 mm je min. požadavek 410 MPa (v normě: 410 - 530 MPa). Skutečnost je: 1. tyč 523 MPa, 2. tyč 515 MPa), což je **vyhovující**.

b) Zkouška lámavosti

Pro tloušťku materiálu 8 mm se zkouší 2 tyče ze strany kořene a 2 tyče ze strany líce. Musí být dosažen úhel ohybu 180°, bez indikací. Zkouška u 4 tyčí je **vyhovující** – viz protokol.

c) Zkouška rázem v ohybu

Norma EN ISO 15614-1 zkoušku rázem v ohybu pro materiál tloušťky 8 mm nepožaduje (až od 12 mm a výše). Norma EN 13445-2 však pro tlakové svary zkoušku rázem v ohybu požaduje již od tlouštěk 5 mm. Pro tyče 10 x 5 mm, což je tento případ, je minimální hodnota nárazové práce 14 J.

Tabulka č. 7: Zkoušky rázem v ohybu – vzorek č. 250 (Skutečnost)

Sada	Hodnota nárazové práce při teplotě okolí + 20 °C v [J]			Střední hodnota v [J]
1.	26	31	41	32,7
2.	69	77	85	77

Zdroj: Vlastní zpracování

Z uvedeného vyplývá, že zkouška rázem v ohybu je **vyhovující**.

d) Kontrola makrostruktury

je **vyhovující** – bez vad – viz popis a fotodokumentace v protokolu. (Příloha č. 8).

e) Zkouška tvrdosti

Normou EN ISO 15614-1 není požadována, ale je u ní uvedena max. hodnota HV10 pro skupinu ocelí 1.1, což je P265GH. Ta je: HV10 – max. 380.

Skutečnost je z protokolu: HV10 – max. 220, což je **vyhovující**. (Příloha č. 8).

4.3.2 Vzorek č. 408 (WPS č. 408/2012/M)

4.3.2.1 Nedestruktivní kontroly

U zkoušek ze vzorku č. 408 vyplývá, že VT, PT, MT, UT a RT jsou vyhovující, viz protokoly – viz příloha č. 9.

4.3.2.2 Destruktivní zkoušky

a) Zkouška tahem

Přestože se hodnotí u dvou zkušebních tyčí pouze mez pevnosti R_m podle EN 10028-2, v laboratoři vyhodnotili i R_{eH} (mez kluzu) a tažnost A.

Tabulka č. 8. Zkoušky tahem (Vyhodnocení)

Zkouška tahem	R_{eH} [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
Požadavek EN 10028-2	min. 265	410 - 530	min. 22
Skutečnost (2 tyče)	358	506	24,5
	352	508	25,0

Zdroj: Vlastní zpracování

Z uvedeného vyplývá, že zkouška tahem je **vyhovující** (příloha č. 9).

b) Zkouška lámavosti

Viz čl. 4. 3. 1. 2 ad b): dle protokolu jsou zkoušky všech 4 tyčí **vyhovující** - viz příloha č. 9

c) Zkouška rázem v ohybu

Viz čl. 4. 3. 1. 2 ad c). Pro tyče rozměrů 10 x 5 mm, což je tento případ, je minimální hodnota nárazové práce 14 J.

Tabulka č. 9: Zkoušení rázem v ohybu – vzorek č. 408 (Skutečnost)

Sada	Hodnota nárazové práce v [J] při teplotě okolí + 20 °C			Střední hodnota v [J]
1.	71	68	62	67
2.	48	45	47	46

Zdroj: Vlastní zpracování

Z uvedeného vyplývá, že zkouška rázem v ohybu je **vyhovující** (Příloha č. 9).

d) Kontrola makrostruktury

Je **vyhovující** – bez vad – viz popis a fotodokumentace v protokolu (Příloha č. 9).

e) Zkouška tvrdosti

Viz č. 4.3.1.2 ad e), z něhož vyplývá, že max. hodnota HV10 je 380. Skutečnost je HV10: 185. Zkouška je **vyhovující** (Příloha č. 9).

Poznámka: Výsledky všech zkoušek u vzorku č. 250 jsou v příloze č. 8. Výsledky všech zkoušek u vzorku č. 408 jsou v příloze č. 9.

Posouzení výsledků zkoušek vzorků č. 250 a č. 408 je nutné ještě odsouhlasit Notifikovanou osobou, aby postupy svařování mohly být použity pro výrobu tlakových nádob.

4.3.3 Posouzení Notifikovanou osobou (NB 1017)

Výsledky zkoušek, včetně všech dokumentů dle čl. 4. 1. 4. byly předány NB a na základě jejich posouzení byly vystaveny Inspekční certifikáty (Schválení postupu svařování – WPQR) č. 05.704.620 a č. 05.704.621 (viz příloha č. 10), kde potvrzují, že postupy: WPS č. 250/2012/M a WPS č. 408/2012/M lze použít pro svařování tlakových nádob dle EN 13445 a sm. č. 97/23/EC (PED).

4.4 Úprava výrobní dokumentace

Ve výrobní dokumentaci ve WKF (viz příloha č. 11) byly změněny metody svařování u svarů SW01, SW02 a SW03: metody 111 za 135. Dále byly vystaveny do výrobní dokumentace konkrétní postupy svařování WPS č. 250/12 a č. 408/12 (viz příloha č. 12).

5. ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

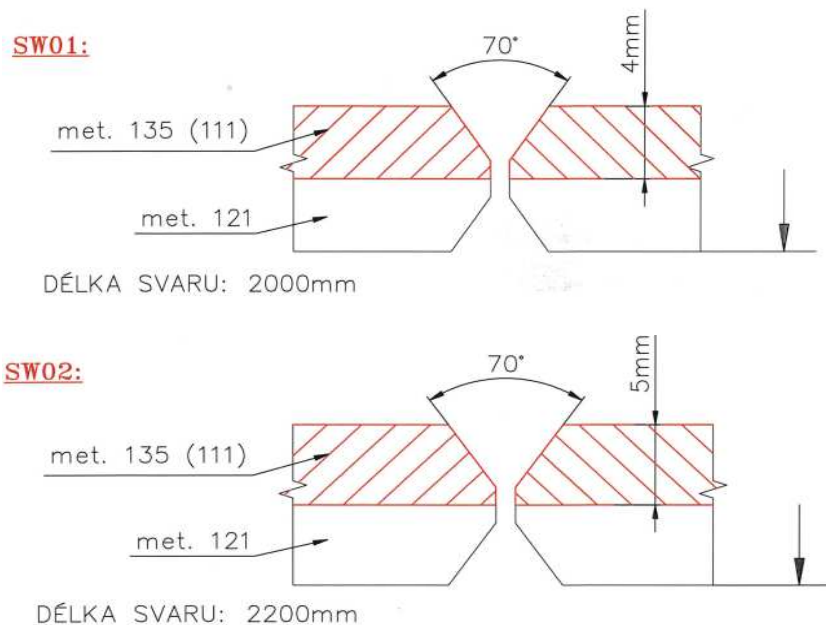
5.1 Kvalita svarů

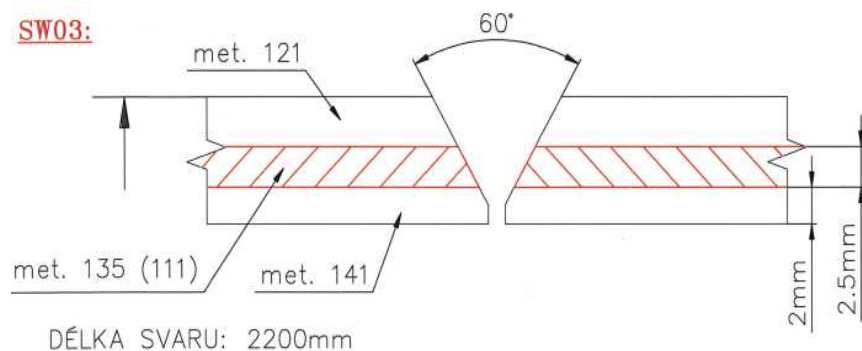
Z hlediska kvality byla změna metod svařování prokazatelně vyhodnocena – viz čl. 4. 3. Ze všech vyhovujících výsledků plyne i schválení postupů svařování č. 250/2012/M a č. 408/2012/M Notifikovanou osobou č. 1017. Zákazník společnosti MICO, spol. s r.o., který měl původně k metodě 135 výhrady pro podélný a obvodové svary, byl s touto změnou seznámen, byly mu předloženy výsledky zkoušek i posouzení NB. Zákazník tuto změnu písemně odsouhlasil.

5.2 Ekonomické zhodnocení

Spočívá v porovnání nákladů na metody 111 a 135. Rozměry svarů pro metody 135 a 111 jsou patrné z obrázku č. 7. U metody 111 byly použity elektrody OK 48.00 Ø 2,5 mm a 3,2 mm.

Spotřeba elektrod u metody 111 byla brána z minulé zakázky, podle odměřené skutečnosti při schvalování WPS. Spotřeba drátů a plynů pro metodu 135 byla změřena při schvalování postupů svařování č. 250/2012/M a č. 408/2012/M. Hodinová sazba svářeče je 350 Kč.





Obrázek č. 7 – Rozměry svarů

Zdroj: Vlastní zpracování

Metoda 111: údaje pro ekonomický rozbor

- cena elektrod \varnothing 2,5 mm je 78,50 Kč/kg
- cena elektrod \varnothing 3,2 mm je 122 Kč/kg
- rychlost svařování elektrodou \varnothing 2,5 mm je 80 mm/min
- rychlost svařování elektrodou \varnothing 3,2 mm je 120 mm/min.
- k času svařování je počítána i doba k výměně elektrody: 0,5 minuty na 1 ks elektrody

Velikost svarů tloušťky 4 a 5 mm (SW01 a SW02) je svařována na 2 vrstvy, svar SW03 – na jednu vrstvu.

Tabulka č. 10 Spotřeba elektrod pro svary

Číslo svaru	Spotřeba
SW01	25 ks elektrod \varnothing 2,5 mm
	13 ks elektrod \varnothing 3,2 mm
SW02	25 ks elektrod \varnothing 2,5 mm
	25 ks elektrod \varnothing 3,2 mm
SW03	48 ks elektrod \varnothing 2,5 mm

Zdroj: Vlastní zpracování

Metoda 135: údaje pro ekonomický rozbor

- cena drátu OK ARISTOROD 12.50 \varnothing 1 mm je 39,- Kč/kg

- rychlost svařování je uvedena ve WPS č. 250/2012/M a v č. 408/2012/M:
pro svary SW01 a SW02: 1. vrstva – 150 mm/min, 2. vrstva – 180 mm/min.
SW03: je rychlost svařování 140 až 160 mm/min. (pro výpočet je uvažována rychlost svařování 140 mm/min)
- Cena plynu STARGON C10 (M20) je 0,11 Kč/ litr.
- Spotřební materiál. špičky, hubice, difuzéry, vedení drátu: podle skutečnosti 199 Kč.

Tabulka č. 11 Porovnání metod svařování

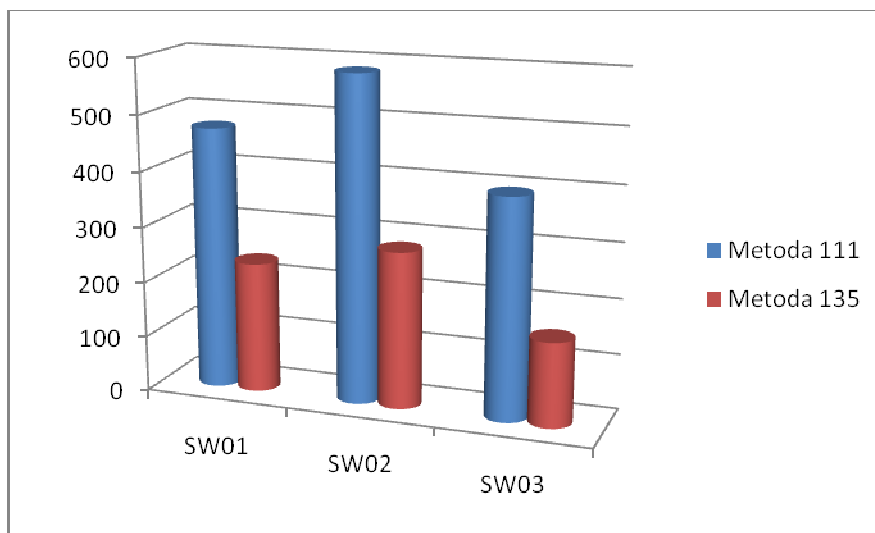
Porovnání celkových nákladů v Kč	Metoda 135	135,40	282,00	152,20
	Metoda 111	473,30	584,40	395,20
Metoda svařování 135	Náklady na spotřební materiál v Kč	35	52	26
	Náklady na plyn M20 v Kč	39	43,20	21,20
	Spotřeba plynů M20 v litrech	352	392	192
	Náklady na svařování dle hodinové sazby v Kč	15,80	163,30	93,30
	Náklady v Kč na svařování dráty	15,60	23,40	11,70
	Doba svařování v minutách	25	28	16
	Spotřeba drátů v kg	0,4	0,6	0,3
Metoda svařování 111	Náklady na sušení elektrod (pec – 3,3 kVA) v Kč	62	87	50
	Náklady na svařování dle hodinové sazby v Kč	361	427	305
	Doba svařování v minutách	62	73	52
	Náklady na elektrody v Kč	50,30	70,40	40,20
	Spotřeba elektrod v kg (Ø 2,5 a 3,2 mm)	0,5	0,7	0,4
Číslo svaru	SW01	SW02	SW03	

Zdroj: Vlastní zpracování

6. ZÁVĚR

Z ekonomického vyhodnocení vyplývá, že metoda svařování 135 je podstatně efektivnější než metoda 111, při zachování požadované kvality svarů. Ekonomická výhodnost využití metody 135 při svařování je znázorněna v grafu č. 1, ze kterého je patrné, že náklady nedosahují ani poloviny nákladů na svařování metodou 111. Bylo dosaženo beze zbytku stanoveného cíle dle bodu 2.

Graf č. 1 - Porovnání nákladů metod svařování 111 a 135



Zdroj: Vlastní zpracování

Další návrh řešení problematiky svařování tlakových nádob na období 1 roku je využití laserového svařování. Za tímto účelem byly poptány některé společnosti. Předpokladem je zvýšení kvality svarových spojů. V průběhu několika let chce i přes některé nevýhody společnost MICO, spol. s r. o. investovat do robotizovaného pracoviště.

ZÁKLADNÍ POJMY

(pro účel této bakalářské práce):

Nejvyšší dovolený tlak (PS)

- nejvyšší tlak, na který je nádoba konstruována podle údajů výrobce.

Nejvyšší/nejnižší dovolená teplota (TS)

- nejvyšší/nejnižší teplota, pro kterou je nádoba konstruována podle údajů výrobce.

Pověřený pracovník – pracovník pověřený písemně ředitelem společnosti, který má odpovídající znalosti, zkušenosti a kvalifikaci pro určitou činnost. V popisu pracovního místa má definovány odpovědnosti a pravomoci.

Přídavné materiály – materiály spotřebované pro zhotovení svaru, zahrnující přídavné kovy, tavidla (tj. svařovací materiály), a plyny, tyče na plasty, pásky ...

Stanovený výrobek – dle zákona č. 22/1997 Sb. – výrobky, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu a u kterých proto musí být posouzena shoda. U tlakových nádob je to prováděcím předpisem NV č. 26/2003 Sb.

Svářeč – osoba provádějící svařování. Pojem „Svářeč“ zahrnuje obvykle i obsluhu svařovacích zařízení, tj. svářečského operátora. Při dokumentování osob, které se podílejí na svařování tlakových nádob, jakož i u operátorů se užívá v dokumentaci pouze pojem „svářeč“

Svařování – pojem pro zvláštní proces, jehož výsledkem je nerozebíratelný spoj, provedený ručně nebo mechanizovaným způsobem, s použitím přídavného materiálu nebo bez něho.

Svařovací materiály – Pro účely této diplomové práce se jedná o svařovací elektrody (met.111), dráty – tyče (mat.141), cívky drátů (mat. 135 a 121) a tavidla pro metodu 121. Číslem LOT u svařovacích materiálů je označen materiál z jedné tavby, ze stejných surovin, daným výrobním postupem, daného průměru, vyrobený v určitém časovém období.

Svařovaný výrobek (svařenec) – jakýkoliv výrobek (nebo jeho část), zhotovený s použitím technologie svařování.

Tlaková zařízení – za tlaková zařízení se považují nádoby, potrubí, bezpečnostní výstroj a tlaková výstroj. Zahrnují také prvky připojené k součástem vystaveným tlaku, jako jsou příruby, hrdla, spojky, závěsná oka dle ustanovení evropské směrnice č. 97/23/EC(PED) a Nařízení vlády (NV) č. 26/2003 Sb.

Tlaková nádoba

- zahrnuje plášť a jeho přímé příslušenství, konstruovaný a vyrobený pro jímání tekutin pod tlakem, až po bod připojení k jinému zařízení. Tlaková nádoba zahrnuje přivaření části až po příruby hrdel (včetně), přišroubované nebo přivařené přípojky nebo hrany, na které má být prvním obvodovým svarem přivařeno připojovací potrubí nebo jiné elementy.

Tlakový svar

- pro účely této práce jsou „tlakovými svary“ míněny svary na tlakové nádobě (viz. předchozí definice). Ostatní svary mimo nádobu jsou uvažovány jako „netlakové“.

Uznaná nezávislá organizace – Notifikovaná osoba dle PED (směrnice č. 97/23/EC), autorizovaný orgán dle NV č. 26/2003 Sb., autorizovaná osoba dle vyhlášky SÚJB č. 309/2005 Sb.

Vyhrazená technická tlaková zařízení – zařízení podléhají zákonu 174/1968 Sb. a vyhlášce č. 18/1979 Sb.

Vybrané zařízení – zařízení, na která se vztahují požadavky jaderné energetiky, dle vyhlášky SÚJB č. 132/2008 Sb.

Vybrané zařízení speciálně navrhované – pro jaderná zařízení, jehož případná porucha může způsobit únik radioaktivních látek nebo ionizujícího záření a ohrozit lidské zdraví ve smyslu vyhlášky SÚJB č. 309/2005 Sb.

Základní materiál – materiál svařovaných částí tlakové nádoby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 473 (01 5004). *Nedestruktivní zkoušení – Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT – Všeobecné požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.28s.
- [2] BALEJ, Z. a kolektiv: *Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu – metoda 141*. Ostrava: ZEROSS, 2000. 96 s. ISBN 80-85771-80-2
- [3] BARTOŠ, J. a kolektiv: *Obloukové svařování*. Ostrava: ZEROSS, 1994. 216 s. ISBN 80-85771-21-7
- [4] MALINA, Z. *Základní kurs svařování Z-M1*. Ostrava: ZEROSS, 1995. 126 s. ISBN 80-85771-27-6
- [5] ESAB. *Katalog přídatných svařovacích materiálů*. 2011. Vydáno u příležitosti konání konference XXX. Dny svařovací techniky
- [6] ČSN EN 287-1. *Zkoušky svářečů – Tavné svařování – Část 1: Oceli*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.35s.
- [7] ČSN EN 1418. *Svářečský personál - Zkoušky svářečských operátorů pro tavné svařování a seřizovačů odporového svařování pro plně mechanizované a automatické svařování kovových materiálů*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997.15s.
- [8] ČSN EN ISO 15614-1. *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.27s.

SEZNAM ZÁKONŮ, VYHLÁŠEK, NOREM A PŘEDPISŮ

Zákon č. 174/1968 Sb.	O státním odborném dozoru nad bezpečností práce
Zákon č. 18/1997 Sb.	Atomový zákon
Zákon č. 22/1997 Sb.	Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů
Vyhl. č. 18/1979 Sb.	Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu, kterou se určují vyhrazená tlaková zařízení a stanoví některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti
Vyhláška č. 132/2008 Sb.	Vyhláška o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd
Vyhláška č. 309/2005 Sb.	Vyhláška o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení
Vyhl. č. 87/2000 Sb.	Vyhláška Ministerstva vnitra, kterou se stanoví podmínky požární bezpečnosti při svařování a nahřívání živců v tavných nádobách
Vyhl. SR č. 508/2009 Z.z.	Vyhláška Ministerstva práce, sociálních věcí a rodiny Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci s technickými zariadeniami tlakovými, zdvíhacími, elektrickými a plynovými a ktorou sa ustanovujú technické zariadenia, ktoré sa považujú za vyhradené technické zariadenia
NV č. 378/2001 Sb.	Požadavky na bezpečný provoz a používání strojů
NV č. 26/2003 Sb.	Technické požadavky na tlaková zařízení
PK 1514-72, PK 1513-72	Předpisy pro výrobu a kontrolu svarových spojů
ČSN 05 0705	Zaškolení pracovníků a základní kurzy svářečů
ČSN 05 0600	Zváranie. Bezpečnostné ustanovenie pre zváranie kovov. Projektovanie a príprava pracovísk
ČSN 05 0601	Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre zváranie kovov. Prevádzka

ČSN 05 0610	Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre plameňové zváranie kovov a rezanie kovov
ČSN 05 0630	Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre oblúkové zváranie kovov
EN 287-1	Zkoušky svářečů - Tavné svařování - Část 1: Oceli
EN ISO 9001	Systémy managementu kvality - Požadavky
EN ISO 3834-2	Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů - Část 2: Vyšší požadavky na jakost
EN ISO 14001	Systémy environmentálního managementu - Požadavky s návodem pro použití
OHSAS 18001	Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci - Požadavky
EN 1090-2	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
EN ISO 14731	Svářečský dozor - Úkoly a odpovědnosti
EN 1418	Svářečský personál - Zkoušky svářečských operátorů pro tavné svařování a seřizovačů odporového svařování pro plně mechanizované a automatické svařování kovových materiálů
EN ISO 17637	Nedestruktivní zkoušení svarů - Vizuální kontrola tavných svarů
EN 473	Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT - Všeobecné zásady
EN ISO/IEC 17024	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na orgány pro certifikaci osob
CR ISO 15608	Zařazení materiálů do skupin
EN 60974:1-4	Zařízení pro obloukové svařování - Část 1: Zdroje svařovacího proudu Zařízení pro obloukové svařování - Část 2: Kapalinové chladicí systémy Zařízení pro obloukové svařování - Část 3: Zařízení pro zapálení a stabilizaci oblouku Zařízení pro obloukové svařování - Část 4: Kontrola a zkoušení svařovacích zařízení v provozu
EN 10204	Kovové výrobky - Druhy dokumentů kontroly

EN ISO 15614-1	Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu
EN ISO 4063	Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování
EN ISO 2560	Svařovací materiály - Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí - Klasifikace
EN ISO 1600	Svařovací materiály - Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování korozivzdorných a žáruvzdorných ocelí - Klasifikace
EN ISO 14171	Svařovací materiály - Drátové elektrody, plněné elektrody a kombinace elektroda-tavidlo pro svařování pod tavidlem nelegovaných a jemnozrnných ocelí - Klasifikace
EN ISO 14343	Svařovací materiály - Drátové elektrody, páskové elektrody, dráty a tyče pro obloukové svařování korozivzdorných a žáruvzdorných ocelí - Klasifikace
EN 760	Svařovací materiály - Tavidla pro obloukové svařování pod tavidlem - Klasifikace
EN ISO 14341	Svařovací materiály - Drátové elektrody pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí v ochranném plynu a jejich svarové kovy - Klasifikace
EN ISO 636	Svařovací materiály - Tyče a dráty pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí wolframovou elektrodou v inertním plynu a jejich svarové kovy - Klasifikace
EN ISO 14175	Svařovací materiály - Plyny a jejich směsi pro tavné svařování a příbuzné procesy
EN 13445	Netopené tlakové nádoby
EN 6848	Obloukové svařování a řezání - Netavící se wolframové elektrody - Klasifikace
EN ISO 9692-1,2	Svařování a příbuzné procesy - Doporučení pro přípravu svarových spojů - Část 1: Svařování ocelí ručně obloukovým svařováním obalenou elektrodou, tavící se elektrodou v ochranném plynu, plamenovým svařováním, svařováním wolframovou elektrodou v inertním plynu a svařováním svazkem paprsků Svařování a příbuzné procesy - Příprava svarových ploch - Část 2: Svařování ocelí pod tavidlem

EN 1011-1,2,3	Svařování - Doporučení pro svařování kovových materiálů - Část 1: Všeobecná směrnice pro obloukové svařování Svařování - Doporučení pro svařování kovových materiálů - Část 2: Obloukové svařování feritických ocelí Svařování - Doporučení pro svařování kovových materiálů - Část 3: Obloukové svařování korozivzdorných ocelí
EN ISO 15614-7	Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 7: Navařování
EN ISO 15614-8	Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 8: Svařování spojů trubek s trubkovicí
EN ISO 6947	Svařování a příbuzné procesy - Polohy svařování
EN ISO 6520-1	Svařování a příbuzné procesy - Klasifikace geometrických vad kovových materiálů - Část 1: Tavné svařování
EN ISO 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zku- šebních a kalibračních laboratoří
NTD A.S.I. Sekce I 97/23/EC (PED)	Svařování zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER Směrnice EU pro tlaková zařízení

SEZNAM ZKRATEK

AO	Autorizovaná osoba
ASME CODE	Předpis americké společnosti strojních inženýrů
BNS	Bezpečnostní návodky a směrnice
ČEZ, a. s.	České energetické závody, a. s.
ČSN	Česká technická norma
NDE	Nedestruktivní zkoušky
EMS	Environmentální management
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
EWE	Evropský svářečský inženýr
EWT	Evropský svářečský technolog
ISO	Anglický výraz pro Mezinárodní organizace pro standardizaci
IWT	Mezinárodní svářečský technolog
IWE	Mezinárodní svářečský inženýr
JZ	Jaderné zařízení
KP	Kontrolované pásmo
NB	Notifikovaná osoba
NTD A.S.I.	Normativně technická dokumentace Asociace strojních inženýrů
NV	Nařízení vlády
OHSAS	Anglický výraz pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci
Sb.	Sbírka zákonů
SR	Slovenská republika
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Z.z.	Sbírka zákonů SR
WKF	Welding Key Form – svařovací plán
WPS	Specifikace postupu svařování
WPQR	Kvalifikace postupu svařování

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek č. 1	Schéma principu obloukového svařování	s. 26
Obrázek č. 2	Schéma mechanizovaného svařování pod tavidlem	s. 31
Obrázek č. 3	Svařování do úzké mezery	s. 32
Obrázek č. 4	Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu	s. 33
Obrázek č. 5	Základní druhy přenosu kovu	s. 34
Obrázek č. 6	Pulzační přenos	s. 35
Obrázek č. 7	Velikosti svarů pro metody 135/121	s. 51, 52
Tabulka č. 1	Předpisy pro používání svařovacích materiálů	s. 21
Tabulka č. 2	Plyny pro svařování	s. 22
Tabulka č. 3	Zařízení pro stříhání	s. 25
Tabulka č. 4	Zařízení pro řezání	s. 25
Tabulka č. 5	Normy pro nedestruktivní zkoušení	s. 41
Tabulka č. 6	Normy pro destruktivní zkoušení	s. 42
Tabulka č. 7	Zkoušky rázem v ohybu – vzorek č. 250	s. 48
Tabulka č. 8	Zkoušky tahem	s. 49
Tabulka č. 9	Zkoušky rázem v ohybu vzorek č. 408	s. 50
Tabulka č. 10	Spotřeba elektrod pro svary	s. 52
Tabulka č. 11	Porovnání metod svařování	s. 53
Graf č. 1	Ekonomické porovnání metod svařování	s. 54

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Organizační schéma
Příloha č. 2	Oprávnění a certifikáty
Příloha č. 3	Výkresová dokumentace (výkres č. K1-09454-0; K1-09455-0)
Příloha č. 4	pWPS č. 250/2012/M pWPS č. 408/2012/M
Příloha č. 5	Certifikát materiálu P265GH
Příloha č. 6	Certifikáty svařovacích materiálů
Příloha č. 7	Osvědčení svářečů a operátora
Příloha č. 8	Protokoly ze zkoušek: Vzorek č. 250
Příloha č. 9	Protokoly ze zkoušek: Vzorek č. 408
Příloha č. 10 a)	WPQR č. 05.704.620
Příloha č. 10 b)	WPQR č. 05.704.621
Příloha č. 11	WKF a plán NDE
Příloha č. 12	WPS č. 250/12 WPS č. 408/12