



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO SVAŘOVÁNÍ TLAKOVÉ NÁDOBY

PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL PROCEDURE FOR WELDING PRESSURE VESSEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Reich

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kubíček

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Martin Reich
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kubíček
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh technologického postupu pro svařování tlakové nádoby

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování a úprava zemního plynu jsou velmi důležité procesy. Tlakové nádoby fitrů a předehřivačů vyžadují svarové spoje s dlouhou životností a spolehlivostí. Cílem BP je navrhnout a experimentem ověřit nové technologie svařování a provést ověření kvality svarových spojů.

Cíle bakalářské práce:

1. Zhodnotit současný stav svařování tlakové nádoby.
2. Vypracovat literární studii možných technologií svařování a navrhnout optimální pro danou tlakovou nádobu.
3. Navrhnout parametry pro experimentální ověření svařitelnosti materiálu tlakové nádoby.
4. Provést a vyhodnotit experiment.
5. Provést a vyhodnotit NDT zkoušení svarového spoje.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan a kol. Technologie II, 2. vyd. CERM Brno, 2004, 237 s. ISBN 80-214-2683-7.

PILOUS, Václav. Materiály a jejich chování při svařování, 1. vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009.

BARTÁK, J. Výroba a aplikované inženýrství, 1. vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009.

KOUKAL, J. a KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1. vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292 s. ISBN 80-85771-85-3.

AMBROŽ, O. a KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1. vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395 s. ISBN 80-85771-81-0.

VEJVODA, S. a KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1. vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249 s. ISBN 80-85771-70-5.

BARTÁK, J. a KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1. vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214 s. ISBN 80-85771-72-1.

ONDREJČEK, P. Zváranie ocelí v ochrane plynov taviacou sa elektródou, 1. vyd. ETERNA PRESS s.r.o. Bratislava 2003, ISBN 80-968359-5-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

REICH Martin Návrh technologického postupu pro svařování tlakové nádoby.

Práce předkládá návrh vhodné technologie pro svařování tlakové nádoby odlučovače plynné fáze LPG. Jsou navrženy tři rozdílné metody svařování tělesa odlučovače a posouzena ekonomika výroby uvedeného odlučovače pro danou sérii kusů. Jedná se o svařování ruční balenou elektrodou, svařování MAG a svařování TIG. Dále je doplněn krátký přehled možných typů nedestruktivních zkoušek a tři vybrané zkoušky jsou řádně provedeny a detailně popsány. Součástí této práce je celkové zhodnocení provedených pokusů a nastíněn možný vývoj v budoucnosti.

Klíčová slova: Svařování, balená elektroda, MMA, TIG, MAG, NTD zkoušky

ABSTRACT

REICH Martin: Proposal of technological procedure for welding pressure vessel.

The work presents a proposal for a suitable technology for the welding of the pressure vessel of the LPG gas phase separator. There are three different methods of welding of the separator body proposed and the economics of producing the separator for a given series of pieces is assessed. There is a comparison of hand electrode welding, MAG welding and TIG welding. Further, a brief overview of possible types of non-destructive testing is added and the three selected tests are properly executed and detailed. An overall evaluation of the experiments performed is included and the possible future development outlined.

Keywords: Welding, packed electrode, MMA, TIG, MAG, NTD testing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

REICH, M. Návrh technologického postupu pro svařování tlakové nádoby.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 49 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kubiček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Blansku dne 7.5.2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkoví za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

	Str.
ÚVOD.....	6
1. HISTORIE SVAŘOVÁNÍ	7
2. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	8
3. NAVRHOVANÉ METODY SVAŘOVÁNÍ	10
3.1 Ruční svařování MMA 111	10
3.2 Ruční svařování MAG 135.....	10
3.3 Ruční svařování TIG 141	10
3.4 Příprava schváleného kvalifikačního certifikátu WPQR.....	10
4. ZÁKLADNÍ POPIS VYBRANÝCH METOD SVAŘOVÁNÍ.....	11
4.1 Ruční svařování MMA 111	11
4.2 Ruční svařování MAG 135.....	13
4.3 Ruční svařování TIG 141	16
5. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ VHODNOSTI VYBRANÝCH METOD SVAŘOVÁNÍ ..	19
5. 1 Značení vzorků	19
5. 2 Příprava vzorků	19
5. 3 Materiál vzorků	19
5. 4 Předehřev základního materiálu	20
5. 5 Čas a jeho rozdělení během svařování	21
5. 5.1 Jednotkový čas práce za chodu svařovacího stroje tA1	21
5. 5.2 Jednotkový čas práce za klidu svařovacího stroje tA2	21
5. 5.3 Jednotkový čas pro technologické odstávky tA3	21
5. 6 Zhotovení vzorku svaru metodou 111	22
5. 7 Zhotovení vzorku svaru metodou 135	27
5. 8 Zhotovení vzorku svaru metodou 141	32
5. 9 Zhodnocení svařovacích experimentů	37
6. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ SVAROVÉHO SPOJE.....	38
6.1 Zkouška vizuální VT	42
6.2 Zkouška kapilární PT	44
6.3 Zkouška prozářením RT	46
6.3 Zhodnocení nedestruktivních zkoušek	48
ZÁVĚRY	49
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratek	
Seznam obrázků	
Seznam grafů	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	

ÚVOD [5], [6], [8], [10]

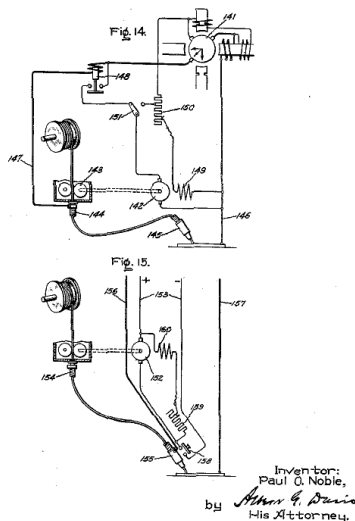
Tato bakalářská práce se zabývá ekonomickým zhodnocením rozdílných metod svařování tlakové nádoby odlučovače plynné fáze propan butanu typu OPF 05 používané ve výdejních stojanech čerpacích stanic LPG. Po krátkém úvodu z historie svařování je proveden stručný rozbor stávajícího stavu výroby. V rámci ověřovacích zkoušek jsou porovnány tři rozdílné metody svařování tupého svaru na zkušebních vzorcích, kdy jsou zaznamenávány a hodnoceny veličiny jako je vlastní čas svařování, čas potřebný na provedení víceprací spojených s čištěním svaru a čas technologických odstávek. Dále jsou také zaznamenány položky jako jsou náklady na přídavný materiál a ochranné plyny. Hodnoty naměřené u jednotlivých metod svařování jsou zpracovány v přehledných tabulkách a v závěru vyhodnoceny z hlediska ekonomické výhodnosti jednotlivých metod svařování. U nově navrhovaných metod svařování MAG a TIG jsou navrženy rozsahy proudů, přídavné materiály a základní svařovací parametry v příložených Specifikacích svařovacího postupu (WPS) pro jednotlivé metody. Vlastní proces svařování je prováděn v menším průmyslovém podniku disponující vlastní svařovnou a plně kvalifikovaným personálem pro provádění svářečských prací dle ČSN EN ISO 9606-1. Pro jednotlivé metody je vypočítána hodnota vneseného tepla dle ČSN EN 1011-1 pro kořenovou i krycí svařovací vrstvu. V závěru bakalářské práce je provedeno zhodnocení daných experimentů jejich celková ekonomická perspektiva a navržení vhodného postupu do budoucna, případně kombinace uvedených metod svařování.

Součástí bakalářské práce je také přehled vhodných nedestruktivních zkoušek svarových spojů aplikovatelných na uvedený výrobek. Vybrané nedestruktivní zkoušky jako je zkouška vizuální, zkouška kapilární a zkouška radiografická jsou provedeny přímo na zkušebních vzorcích a řádně vyhodnoceny. Výsledky zkoušek jsou zaznamenány v samostatných protokolech, které jsou nedílnou součástí této práce.

1. HISTORIE SVAŘOVÁNÍ [1], [5], [6], [11], [12]

Pokud pomineme svařování kovů kovářskou metodou od metalurgických pokusů při prvotním zpracování kovů až po dokonalé spojení ocelí prokováním během výroby zbraní, brnění atd., tak pojem svařování kovů začíná vstupovat na scénu dějin během druhé poloviny 19. století. Svařování kovů pomocí elektrického oblouku prošlo za 150 let existence rychlým a dynamickým vývojem. Začátkem 20. století se začíná prosazovat svařování elektrickým obloukem společně s prozatím dominantním svařování plamenem. Velký skok v obloukovém svařování znamená hlavně postupné objevení funkční balené elektrody v letech 1909 ÷ 1912.

Sept. 16, 1924. P. O. NOBLE 1,508,711
APPARATUS FOR ARC WELDING
Filed July 27, 1921 5 Sheets-Sheet 5



Obr. 1 Paul O. Noble
základ MAG

(svařování probíhá pod vrstvou tavidla) a také nutnost svařovat pouze shora (jedná se o polohu PA podle ČSN EN ISO 6947). Další z významných milníků v historii svařování se odehrává od roku 1940, kdy se začíná svařovat novou metodou netavící se elektrodou v inertním plynu (metoda TIG). Tato metoda umožňující svařovat materiály jako hliník hořčík a nikl v ochranné atmosféře helia se rozvíjí společně s požadavky válečné výroby (válečné letectví a v tomto oboru používané materiály) nastupující II. Světové války. Od roku 1953 se pro svařování metodou MAG začíná používat jako ochranná atmosféra CO₂ který tuto metodu výrazně zlevňuje a tato se stává efektivní i pro svařování nízkolegovaných nebo nelegovaných ocelí.

Na začátku šedesátých let 20. století díky vývoji selenových usměrňovačů je možné použití transformátoru jako zdroje pro vhodný stejnosměrný svařovací proud. Následující vývoj elektronických součástek až do současné doby umožňuje postupnou optimalizaci dynamických charakteristik svařovacích proudů a napětí. V dalším období dochází také k celkovému vývoji jak na poli svařovacích zdrojů, tak i přídavných materiálů a ochranných plynů za účelem zvyšování efektivity svařovacího procesu, komfortu obsluhy a kvality svarového spoje. Výše uvedený přehled je pouze informativní a velice zestručněný úvod do historie svařování. Pečlivější mapování tohoto bezesporu zajímavého vývoje, by mohlo být náplní vlastní bakalářské či diplomové práce. Jedná se o relativně mladý (mysleno v historii lidstva) obor s exponenciálně se vyvíjející dynamikou rozvoje.

2. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU [7], [10], [15]

Tato bakalářská práce posuzuje ekonomický vliv různých metod svařování tlakové nádoby odlučovače plynné fáze LPG pro výdejní stojany čerpacích stanic PHM. Obr. 1

Odlučovač plynné fáze OPF 05 Obr. 2 je zařízení určené k odlučování plynné fáze propan-butanu od fáze kapalné. Vlastní odlučovač je vyměnitelnou součástí stojanu pro výdej LPG u čerpacích stanic pohonných hmot. Jedná se o tlakovou nádobu o objemu 1,95l a celkové hmotnosti 5kg svařovanou z jednotlivých hutních komponentů.



Obr. 2 Výdejní stojan LPG



Obr. 3 Výdejní stojan LPG detail

Odlučovač OPF 05 se skládá z trubkového tělesa ukončeného horním a spodním klenutým dnem. Protékající médium (propan-butan) vstupuje do odlučovače vstupním hrdlem tvořeným trubicí se závitem R $\frac{3}{4}$ " navařenou do spodního dna odlučovače. Uvnitř vlastního odlučovače dochází k výraznému zpomalení rychlosti proudění média a odloučení plynné fáze propan-butanu od fáze kapalné. Kapalná fáze dále proudí výstupním hrdlem s přírubou do následného technologického zařízení. Plynná fáze se pak soustředí v horní části odlučovače. Odvod plynné fáze je vyřešen pomocí návarku se závitem $\frac{1}{4}$ " NPSM pro připojení odfukového šroubení. Do tělesa odlučovače je také navařen návarek pro jímku teplotního čidla a zemnicí návarek pro konečné uzemnění nádoby odlučovače vodičem s rámem výdejního stojanu.

V současné době je tato nádobka odlučovače svařována obalenou ruční elektrodou s bazickým obalem, dle ČSN EN ISO 4063 metodou 111. Uvedená metoda svařování je v současné době již nevýhodná pro svou časovou náročnost vlastního svařovacího procesu, ale zejména pro množství víceprací spojených s důkladným čištěním povrchu jednotlivých svarových housenek po svařování.

Jedním z klíčových aspektů pro změnu této technologie svařování je ale skutečnost, že během následného nedestruktivního zkoušení svarů radiografickým zkoušením dle ČSN EN ISO 17636-1 se ve zvýšeném množství (cca. 10% z celkového množství kontrolovaných svarů) objevují nepřijatelné vady. Jedná se převážně o jednotlivé póry, či shluky pórů ve svarovém kovu, způsobené pravděpodobně zbytkovou vlhkostí v obalech bazických elektrod či nevhodnou technikou vedení elektrody svářečem. Protože výše uvedená zkouška prozářením se provádí pouze na deseti procentech obvodových svarů, jsou v následující kapilární zkoušce prováděné dle ČSN ISO 3452-1 kontrolovány všechny svary tlakové nádoby v celkovém množství 100%. Množství vad indikovaných během kapilární zkoušky je okolo 7% z celkového množství svarů. Odstraňování takto indikovaných vad sebou nese další nežádoucí navyšování výrobních nákladů.

Cílem této bakalářské práce je tedy posoudit ekonomickou výhodnost rozdílných metod svařování na jednotném zkušebním vzorku. Navrhované metody by měly být dostupné pro menší průmyslový podnik, kde je tato výroba realizována, bez nutnosti výrazných investic v oblasti jednak vlastních svařovacích zdrojů a příslušenství, tak ale i v oblasti případného navyšování kapacity výrobních prostor. Navrhované metody svařování vychází z dostupnosti svářecích zdrojů vlastněných výrobní organizací. Jedná se o opakovanou zakázkovou výrobu v sériích cca 50 až 100ks v celkovém ročním objemu do 500 kusů odlučovačů za kalendářní rok.

Veškeré výrobní úkony a postupy jsou prováděny v souladu požadavků standardů Systému managementu kvality dle ČSN EN ISO 9001:2009, Systému environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14001:2005 a Managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle ČSN OHSAS 18001:2008.

Odlučovač plyné fáze OPF 05 je tlakovým zařízením ve smyslu NV č. 219/2016 Sb. v platném znění a směrnice 2014/68/EU.

3. NAVRHOVANÉ METODY SVAŘOVÁNÍ [3], [7], [10], [12], [15]

Jako vybrané metody svařování pro zhotovení série experimentálních vzorků byly vybrány následující s označením dle ČSN EN ISO 4063

3.1 Ruční svařování MMA 111

Současný stav – pro zhotovení zkušební vzorku bude použito nastavení svařovacího proudu a přídavný materiál dle kvalifikovaného postupu svařování WPS č. 123 viz. Příloha č. 01

Výroba tohoto vzorku bude porovnávána s výrobou stejných vzorků svařených následujícími metodami.

3.2 Ruční svařování MAG 135

Jednoznačným kritériem pro tuto metodu svařování je předpokládaná výsledná rychlost svařování okolo $4\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, což by byla téměř dvojnásobná rychlost v porovnání s metodou 111. Dalším očekávaným pozitivem je pravděpodobnost nižší časové náročnosti pro očištění svarových vrstev od rozstříku kovů a strusky. Základní specifikace svařovacího postupu pro tuto metodu je obsažena v návrhu příložené pWPS dle ISO 15609-1 číslo: BP18 01 viz. Příloha č. 02

3.3 Ruční svařování TIG 141

Metoda TIG byla zařazena do zkoušek jednak z dostupnosti svařovacího zdroje, jednak pro vynikající vlastnosti tekutého kovu, zejména během svařování kořenových vrstev, kdy při použití TIG odpadá zvýšená pravděpodobnost vzniku pórů v kořenové vrstvě. Nevýhodou bude pravděpodobně nízká svařovací rychlost a s tím spojená celková nízká produktivita práce. Základní specifikace svařovacího postupu pro tuto metodu je obsažena v návrhu příložené pWPS dle ISO 15609-1 číslo: BP18 02 viz. Příloha č. 03

3.4 Příprava schváleného kvalifikačního certifikátu WRQR

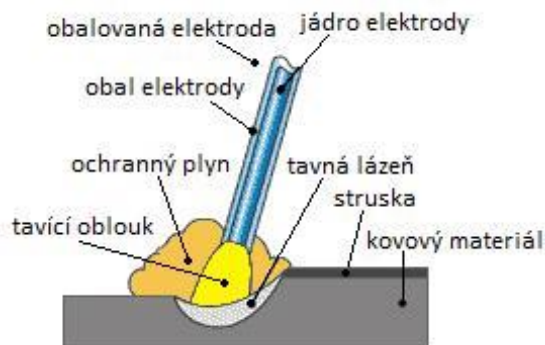
V případě požadavku na zavedení nové metody svařování do výroby bude předběžný postup svařování pWPS č. BO18 01 pro metodu 135 a pWPS č. BP18 02 pro metodu 141 použit pro kvalifikaci metod svařování protokolem WPQR za přítomnosti jmenovaného subjektu.

Teprve na základě WPQR dle ČSN ISO 15614-1 včetně požadovaných zkoušek na svarovém kusu vystaveného patřičným jmenovaným subjektem může výrobce vystavit konečnou WPS a zavést novou metodu svařování do výroby, a uvedenou metodu využít pro svařování tlakových zařízení podle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/69/EU – PED pro zhotovení nerozebíratelných spojů u tlakových zařízení kategorie II., III. a IV.

4. ZÁKLADNÍ POPIS VYBRANÝCH METOD SVAŘOVÁNÍ [1], [9],[12],

4.1 Ruční svařování MMA 111 [13], [11], [12]

Při svařování elektrickým obloukem je jako zdroj tepla používán elektrický oblouk hořící mezi elektrodou a základním materiálem. Svařování metodou 111 obalenou elektrodou je jednou ze základních modifikací svařování elektrickým obloukem, kdy je využívána balená elektroda. Elektrický oblouk lze popsat jako elektrický výboj hořící za normální teploty a normálního tlaku. Metodou 111 lze svařovat téměř jakékoli materiály a to ve všech polohách.



Obr. 4 Princip metody 111

Rozpětí svařovacího proudu 10 až 2000A při použitelném napětí 10 až 50V. Během svařování obalenou elektrodou je ve sloupci elektrického oblouku dosahována teplota okolo 5000 °C.

Zdroje svařovacího proudu:

střídavý proud:

- **Transformátory.** Jednoduchá konstrukce vycházející z podstaty konstrukce transformátoru s primárním a sekundárním vinutím kolem železného jádra. Pro potřeby svařovacích zdrojů můžeme tyto zdroje rozdělit na transformátory s primárním nebo sekundárním přepínačem, transformátory s rozptylovým jádrem a transformátorové zdroje s regulační tlumivkou s předmagnetizací. V současné době jsou tyto zdroje svařovacích proudů na ústupu a v průmyslových podnicích se už téměř nevyskytují.

stejnoseměrný proud:

- **Svařovací dynamo.** Zdrojem stejnosměrného proudu je dynamo, spojkou spojené s třífázovým motorem. (kultovní model rotační svářečky K220 MEZ BROUMOV)

- **Svařovací usměrňovače.** Zdroj stejnosměrného proudu se skládá ze síťového transformátoru a vhodných usměrňovacích prvků zapojených v sekundárním obvodu transformátoru. Jedná se o polovodičové křemikové diody nebo tyristory zapojené do dvoucestného můstkového usměrňovače (jednofázové zdroje) nebo do šesticestného můstkového usměrňovače (trojfázové zdroje). V porovnání s rotačními zdroji mají usměrňovače menší rozměry, bezhlučný provoz a vyšší účinnost. Základními typy usměrňovačů jsou: usměrňovače s regulační tlumivkou, usměrňovače s tyristorovým řízením a usměrňovače s analogovým řízením.

- **Svařovací invertory.** Jedná se neprogresivnější svařovací zdroje, pracující na principu středofrekvenčních měničů. Stejnoseměrné napětí vyhlazené tlumivým kondenzátorem se ještě jednou pomocí tranzistorového spínače změní na střídavé tentokrát o vyšší frekvenci, než síťových 50Hz a znovu se utlumí a vyhladí na stejnosměrné. Tato úprava umožňuje vysoký a stabilní svařovací výkon, jednoduchou obsluhu, možnost použití synergického řízení volitelné proměnné, kombinaci svařování metodami 111/135 nebo 111/141.

Elektrody pro svařování obalenou elektrodou

Při ručním svařování elektrickým obloukem jsou používány jako přídavné materiály obalené elektrody, obsahující základní materiál a obal elektrody. Rozdělují se podle druhu obalu, tloušťky obalu a základního materiálu pro svařování materiálů od základních nelegovaných nízkouhlíkových ocelí, přes vysokolegované oceli, žárupevné oceli až po svařování litin a barevných kovů.

Základní přehled obalů balených elektrod:

Kyselé obal:	- citlivé na čistotu svarových ploch v současné době nahrazovány bazickými a rutilovými obaly
Rutilový obal:	- snadné zapálení oblouku, vhodné na tenké materiály, malý rozstřík svarového kovu
Bazický obal:	- vhodné pro náročné operace, vysoký výkon, nízký obsah difúzního vodíku ve svarovém kovu
Celulóznový obal:	- hustý svarový kov, vhodný pro svařování v polohách,
Speciální obaly:	- elektrody pro svařování barevných kovů, slitin hliníku, speciální aplikace, navařování, drážkování

Elektrody se skladují v neporušených obalech, s min teplotou 10°C a max. vlhkostí 50%. Před použitím se elektrody suší v sušící peci pro eliminaci vlhkosti v obalech elektrod.

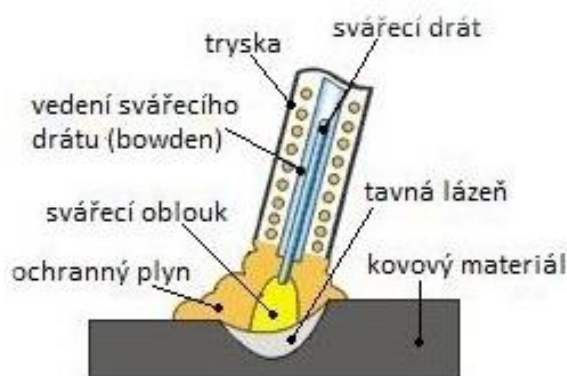
Metoda svařování elektrickým obloukem balenou elektrodou má i přes rychlý progres ostatních metod svoje nezastupitelné místo ve strojírenské praxi. Pro svojí jednoduchost a rychlost je stále využívána zejména při opravách, řešení havarijních stavů nebo při speciálním požadavku při provedení svářečských prací.

Základní přehled výhod a nevýhod metody 111

Výhody:	- vysoce kvalitní spoje - široký výběr přídavných materiálů - nejvyšší flexibilita a rychlost použití - relativně nízká závislost na vlivu prostředí - použitelnost a všestrannost v různých situacích a pozicích - použitelnost pro všechny typy spojů různých velikostí - vysoká spolehlivost používání a nízké investiční náklady
Nevýhody:	- nízká výkonnost svařování oproti metodě MIG /MAG - nutnost čištění strusky - vyšší náchylnost k výskytu chyb (pórovitost) - nemožnost automatizace a mechanizace - zvýšené množství škodlivých látek v ovzduší - nutnost sušení elektrod

4.2 Ruční svařování MAG 135 [1], [11], [12], [14]

Svařování metodou MAG je založeno na hoření elektrického oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře ochranného aktivního plynu. Drát je odvíjen z cívky podávacími kladkami umístěnými v podavači přídatného drátu. Používá se stejnosměrný proud se zapojením kladného pólu na drátovou elektrodu. V počátcích svařování metodou 135 se používaly k získání stejnosměrného proudu usměrňovače střídavého proudu, v dnešní době se jedná většinou již o invertorové zdroje, které zvyšují síťovou frekvenci 50Hz na vyšší $60 \div 100\text{Hz}$ a takto upravenou frekvenci usměrňují na stejnosměrné napětí. Tato drobná změna umožňuje zvýšit účinnost usměrňovačů, zmenšit rozměry zdroje a pomocí aktivního řízení vhodně měnit proudové charakteristiky svařovacího proudu. Tím dostává svářeč k dispozici funkce, které by při použití standardního usměrňovače nebyly ani možné. Samozřejmě je u moderních svařovacích zdrojů funkce "Horký start" pro materiály vysokou tepelnou vodivostí pro zajištění natavení počátku svaru, nebo synergické řízení, kdy pomocí jedné proměnné (proud, tloušťka materiálu, rychlost podávání přídatného materiálu) se automaticky nastavují ostatní svařovací parametry. Metodou 135 lze svařovat nelegované a nízkolegované, oceli ve všech polohách.



Obr. 5 Princip metody 135

Rozdělení podle typů zdrojů:

- Kompaktní zdroje - s podavačem drátu integrovaným do společné skříně se zdrojem, pro ampérovou zátěž $250 \div 300\text{A}$ bez vodního chlazení hořáku.
- Výkonné zdroje - s proudovou zátěží kolem 500A , vodním chlazením hořáku umístěným ve skříni svařovacího zdroje a s většinou samostatně osazeným podavačem drátu, volně přístupným a odnímatelným pro práce na montáži. Pro lepší manipulaci je sestava osazena na pojízdném podvozku doplněna o držáky tlakových lahví.

Podavače drátu:

Při svařování metodou 135 je přídatný materiál nepřetržitě dodáván do hořáku pomocí podavače drátu. Tuto funkci zajišťuje podávací mechanismus a systém kladek v počtu a provedení závislém na délce kabelu k hořáku ale hlavně na mechanických vlastnostech vlastního drátu.

Svařovací hořáky:

Svařovací hořák zabezpečuje přívod přídatného materiálu (drátu) do místa svarového spoje, napájení elektrickým proudem, přívod ochranného plynu, do prostoru svaru a chlazení hořáku (proudícím ochranným plynem pro malé svařovací výkony) případně destilovanou vodou (pro vysoké ampérové zátěže). Součástí hořáku je i spínač svařovacího proudu, fungující v dvoutaktním režimu pro stehy a krátké svary, nebo čtyřtaktní spínač pro dlouhé svary (svářeč nemusí držet stisknuté startovací spínač po celou dobu svařování).

Přenos kovu v oblouku

Volba přenosu kovu v hořícím oblouku je základní charakteristika pro metodu 135, společně s proudovou hodnotou, složením ochranného plynu a použité techniky svařování. Nejvíce užívané základní typy přenosu kovu jsou:

Krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu

Rozsah svařovacích proudů $60 \div 180\text{A}$. Při zkratovém způsobu přenosu dojde k přerušení hoření oblouku zkratem při kterém je následně oddělena částice kovu z elektrody. Oddělení kapky kovu při nejvyšší proudové intenzitě má za následek velký rozstřík kovu při tomto přenosu. Díky zkratovým pulsům a pravidelnému zhasínání elektrického oblouku dochází k vnášení menšího množství tepla do základního materiálu s pozitivním účinkem na případnou deformaci svařence. Tento přenos je vhodný na svařování kořenových vrstev, tenkých plechů, svařování v polohách pro vysokolegované oceli. Zkratový přenos je uskutečnitelný s použitím všech ochranných plynů.

Dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem

Rozsah svařovacích proudů $200 \div 500\text{A}$. Díky snadné ionizaci ochranného plynu dosahuje plasma i na konec tavící se elektrody, který se lépe taví, a drobné kapičky svarového kovu jsou díky intenzitě magnetického pole osově urychlovány do tavné lázně vznikajícího svaru. Hodnota proudu nekolísá tak jako u zkratového přenosu tudíž elektrický oblouk nezhasíná a do základního materiálu se dostává mnohem více tepla oproti zkratovému přenosu. Metody vyniká vysoký svařovacím výkonem, téměř 4x vyšším než u zkratového přenosu. Tyto přednosti jsou hojně využívány pro svařování výplňových vrstev středních a velkých tloušťek svarů, avšak pouze v polohách PA dle ČSN EN ISO 6947. Použití s ochranným plynem na základě argonu (minimálně 80%)

Impulsní bezzkratový oblouk

Rozsah svařovacích proudů $20 \div 50\text{A}$ základ, $200 \div 250\text{A}$ puls. Impulsní způsob přenosu kovu svým způsobem překrývá obě výše uvedené metody. Základní proud složí k udržení ionizace v oblouku a tím i hoření oblouku. Pomocí impulsního proudu předem tvarově i časově definovanému dojde k odtavení kapky kovu z elektrody přídavného materiálu. Frekvence impulsních proudů se pohybuje od 25 od 50Hz. Charakteristiky impulzních proudů jsou definovány použitým přídavným materiálem. Danou závislostí frekvence impulsů na hodnotě proudu jsou vznikající kapky přenášeného kovu téměř stejně veliké pro různé proudové hodnoty. Jako ochranný plyn pro uhlíkové oceli se používá směs Ar + CO₂, pro hliník čistý argon. Díky modulaci impulsního proudu poskytuje metoda široký rozsah použití.

Ochranné plyny

Hlavní úlohou ochranných plynů je zamezit přístupu vzduchu okolní atmosféry do oblasti svařování a ochránit elektrodu, oblouk i tavnou lázeň a její okolí před přítomností účinky vzdušného kyslíku, který způsobuje oxidaci, naplynění a propal prvků. Ochranné plyny ale také svou ionizační schopností přispívají ke stabilnímu hoření elektrického oblouku.

Pro metodu MIG se používají inertní plyny jako argon a helium případně směsi těchto plynů.

Pro metodu MAG se při svařování uhlíkových ocelí používá pro svoji cenovou výhodnost čistý CO₂, ale stále častěji je vytlačován směsnými plyny a základu s argonem tj. Ar + CO₂ případně Ar + CO₂ + He

Přídavné materiály pro svařování metodou 135

Pro široký rozsah použití metody 135 nalezneme stejně široké pole přídavných materiálů. Přídavný drát se dodává v různých velikostech navinut na plastových nebo drátových cívkách. Nejběžnější hmotnost cívky je 16kg, ale pro robotizovaná pracoviště můžeme připojit i pakety o hmotnosti až 200kg. Každá cívka obsahuje označení výrobce, označení přídavného materiálu a jeho průměr a v neposlední řadě také číslo tavby přídavného materiálu. Svařovací dráty se dodávají plné nebo plněné struskotvornými přísadami pro formátování svaru, případně i plněné kovovou náplní se stabilizační přísadou pro vysoko výkonové svařování. Dodávané průměry drátů jsou od 0,6mm do 2,4mm.

Základní přehled výhod a nevýhod metody 135

Výhody:

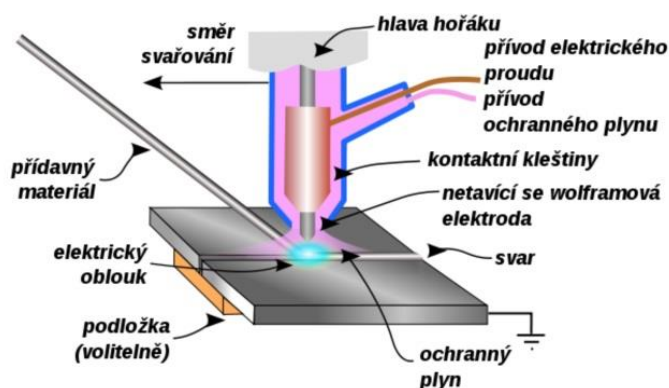
- vysoká výkonnost, hluboký průvar
- nižší náročnost následného čištění povrchu svaru
- možnost mechanizace a automatizace

Nevýhody:

- vyšší nároky na zabezpečení pracoviště při montážních pracích (vítr sfoukávání ochranného plynu)
- potřeba konstantního přívodu ochranného plynu
- manipulace s podavačem drátu na stavbách a montážích
- omezení při svařování v pozicích

4.3 Ruční svařování TIG 141 [1], [11], [12],

Při svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu TIG hoří elektrický oblouk mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem nebo svarovou lázní. Jako ochranné plyny se většinou používají čistý argon nebo hélium či jejich směsi. Dominantním použitím této metody svařování je vedle základního použití pro svařování uhlíkových ocelí také svařování



Obr. 6 Princip metody135

hliníku, hořčíku a jejich slitin, korozivzdorných ocelí, mědi, bronzů,

mosazi, titanu, zirkonu, molybdenu a dalších kovů s vysokou afinitou ke kyslíku. Přídavný materiál se přidává ručně, podobně jako u svařování plamenem.

Svařování stejnosměrným proudem

Svařování stejnosměrným proudem s přímou polaritou (elektroda je připojena na záporný pól je základní zapojení pro svařování všech typů ocelí, mědi, niklu. Rozdělení uvolněného tepla není rovnoměrné, ale 1/3 uvolněného tepla připadá na elektrodu a zbytek je přenášen do základního materiálu.

Svařování střídavým proudem

Svařování střídavým proudem se pro metodu TIG užívá převážně při svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin. Dynamickým účinkem střídavého proudu dochází k rozrušování tenké vrstvy oxidu hlinitého na povrchu a jeho stažení k okraji svarové lázně.

Svařování impulsním proudem

Svařování pomocí impulsního proudu je jedna z nejnovějších forem svařování pro metodu TIG. Základní proud 10 ÷ 15A zajišťuje pouze ionizaci v hořícím oblouku a díky impulsní změně ampérové zátěže dochází k natavení svarové lázně společně s přídavným materiálem. Pomocí vhodné modulace impulsního proudu, (tvar, frekvence, hodnota) dosahujeme přesné regulace svařovacího proudu pro specifické svářečské operace. Celkově je i průměrná hodnota proudu během impulsního svařování menší než při použití konstantní hodnoty proudu a tím i snížení celkového vneseného tepla do základního materiálu. Výsledná rychlost svařování musí odpovídat frekvenci impulsů.

Svařovací hořáky

Svařovací hořák pro metodu TIG je nejvíce zatěžovaná část svařovacího zařízení. Hořáky rozdělujeme na ruční do 150A chlazené proudícím ochranným plynem, ruční chlazené vodou s proudovou zátěží do 500A a strojní vodou chlazené hořáky pro automatizovaná a robotizovaná pracoviště. V tělese hořáku je v kleštině napevno upnuta wolframová elektroda spolu s plynovou tryskou usměřující proudění ochranného plynu. Pro lepší plynovou ochranu je možno použít plynové čočky prodlužující laminární proudění ochranného plynu.

Elektrody pro svařování TIG

Netavící se elektrody pro svařování metodou TIG jsou vyráběny za spékaného wolframu s teplotou tavení 3380°C. K výrobě je používán čistý wolfram o čistotě 99,9% nebo legující oxidy thoria, zirkonu a ceru. Vyráběné průměry jsou 0,5 ÷ 10mm v délkách od 50 do 175mm.

Přehled druhů elektrod pro svařování TIG, jejich číselné a barevné značení v závislosti na obsahu legujících prvků uvádí ČSN EN ISO 6848. Funkční konce elektrod se upravují broušením podle použitého proudu. (Elektroda pro střídavý proud se brousí na „tupo“ s ploškou, pro stejnosměrné proudy je hrot elektrody vybroušen do špičky.

Přídavné materiály

Přídavné materiály během svařování plní funkci doplňování objemu svarového kovu, legují svarový kov a dodávají přísady zajišťující desoxidaci a odplynění svarového kovu. Základní rozdělení přídavných materiálů je podle použití pro ruční svařování (dráty s dostatečnou tuhostí o délce 1m pro lepší manipulovatelnost většinou zkracovány svářečem na délku 0,3 ÷ 0,5m) nebo pro strojní svařování. (svařovací drát je navinutý na cívce a umístěný v podavači drátu) Dodávané průměry svařovacích drátů jsou od 0,6mm do 5mm.

Ochranné inertní plyny

Ochranné plyny během svařovacího procesu zajišťují ochranu netavící se elektrody, vlastní svarové lázně a jejího okolí. Základní inertní plyny pro použití při svařování metodou 141 jsou argon a helium, případně jejich směsi pro svařování mědi a hliníku. Pro svařování vysoce legovaných austenitických ocelí nebo niklu se používá směs argonu a vodíku s podílem max10% vodíku ve směsném plynu.

Základní přehled výhod a nevýhod metody 141

Výhody:

- svařování materiálů bez přídavných materiálů
- možnost automatizace a robotizace pracoviště
- svařování obtížně svařitelných materiálů
- nízká pravděpodobnost vzniku vad, vměstků
- minimální rozstřík kovů

Nevýhody:

- nízká výkonnost svařování při ručním svařování
- potřeba zručného kvalifikovaného personálu při ručním svařování
- intenzivní UV záření vyžadující důsledné krytí těla svářeče

5. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ VHODNOSTI VYBRANÝCH METOD SVAŘOVÁNÍ [3], [5], [7], [9], [15], [16],

5.1 Značení vzorků

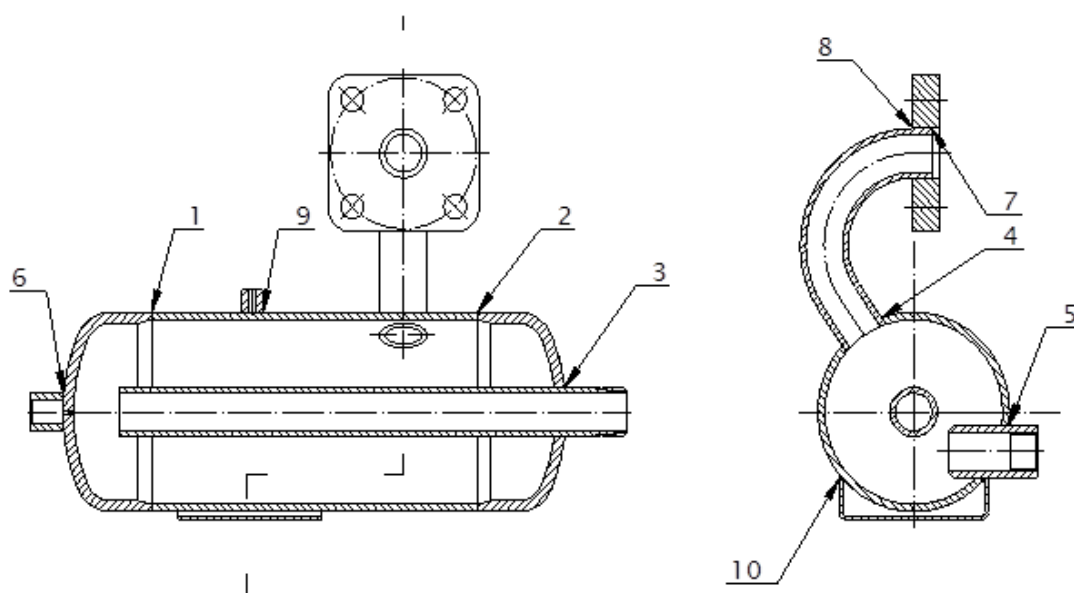
Pro každou z výše popsaných metodu svařování, byla vyrobena zkušební ověřovací série tří kusů označených následujícím způsobem: Vzorky v dané sérii svařování jsou označeny metodou svařování odvozenou od značení dle ČSN EN ISO 4063, a následující číslicí za lomítkem udávající číslo konkrétního vzorku z dané série svařované stejnou metodou.

Vzor značení : 135/2

135 - metoda svařování dle ČSN EN ISO 4063
2 - číslo vzorku

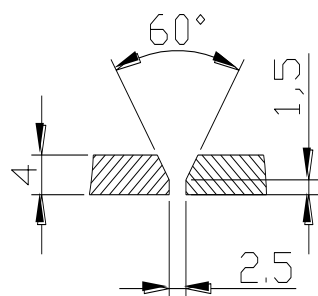
5.2 Příprava vzorku [15]

Jako jednotný vzorek pro posouzení ekonomiky svařování byl vybrán tupý V svar č. 1 a 2 v poloze vodorovná shora PA dle ČSN EN ISO 6947. Daná volba vychází ze zřejmého faktu, že tyto dva tupé svary tvoří objemově více jak 65% svarů celého tělesa odlučovače. S ohledem na tuto skutečnost je zhotovení těchto svarů zásadní pro celkovou ekonomickou bilanci výroby tělesa tlakové nádoby. Zhotovení celkové podrobné ekonomické kalkulace včetně zhotovení zbývajících svarů č. 3 ÷ 10 dle Obr. 7 není součástí této bakalářské práce.

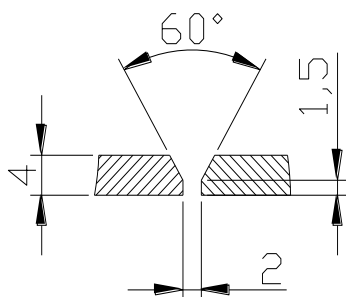


Obr. 7 Těleso odlučovače OPF 05

Zkušební svar je proveden na bezešvé trubce 108x4 dle ČSN 42 5715, materiál 12 021.1 dle ČSN 41 2021, tavba č.47858K, materiálový atest č. 22633/0/13 viz. Příloha č. 04. Zkušební vzorek sestává ze dvou kusů trubek sestavených v jeden zkušební vzorek o celkové délce zkušebního kusu 200mm. Tvar a požadované rozměry zkušebních vzorků odpovídají ČSN EN ISO 9606-1 Zkoušky svářečů - Tavné svařování, odstavec 6.2. Přípravu vzorku zobrazuje obrázek č. 10. Na uvedených vzorcích byla provedena úprava svarových ploch pro V – svar dle ČSN EN ISO 9692-1 Obr. 8, pro metody svařování 111 a 135 a dle Obr. 9 pro metodu 141.



Obr. 8 Úprava svarových ploch pro 111 a 135



Obr. 9 Úprava svarových ploch pro 141



Obr. 10 Příprava vzorku

5.3 Materiál vzorku [15]

Jedná se o uhlíkovou ocel se zaručenou minimální hodnotou mezí kluzu za vyšších teplot a zaručenou svařitelností podle ČSN 05 1310 do tlouštěk 25mm. Ocel je vhodná na potrubní součásti energetických a chemických zařízení. Svým chemickým složením a materiálovými vlastnostmi odpovídá ocelím St35.8 dle DIN EN 2448 nebo P235GH dle ČSN EN10216-2. Přibližně je také srovnatelná s ocelí A106 GrA dle ASTM. Tabulka 1 zobrazuje základní chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu vzorku.

Tabulka 1 Materiál 12021.1

Popis				Materiál				Tavba / Označení		
TR 108x4				12 021.1				47858K		
Mechanické vlastnosti	Mez kluzu Re [Mpa]			Mez pevnosti Rm [Mpa]				Tažnost [%]		
	285			416				33,5		
Chemické složení	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cu [%]	Ni [%]	Cr [%]	Mo [%]	
	0,08	0,57	0,211	0,015	0,013	0,06	0,03	0,05	-	

5.4 Předehřev základního materiálu [12], [15]

Velmi účinným prostředkem pro eliminaci studeného praskání svarů je případný předehřev základního materiálu a svaru. Ocelí, které mají celkový hmotnostní obsah uhlíku menší než 0,22% lze svařovat bez zvláštních opatření. [12]. Pro potřeby této práce je teplota předehřevu posouzena podle ČSN EN 1011-2 Svařování - Doporučení pro svařování kovových materiálů - část 2: Obloukové svařování feritických ocelí pomocí metody A pro eliminaci vodíkového praskání v nelegovaných, jemnozrnných a nízkolegovaných ocelích.

Vliv chemického složení na chování oceli vystihuje uhlíkový ekvivalent CE vypočítaný na základě vzorce:

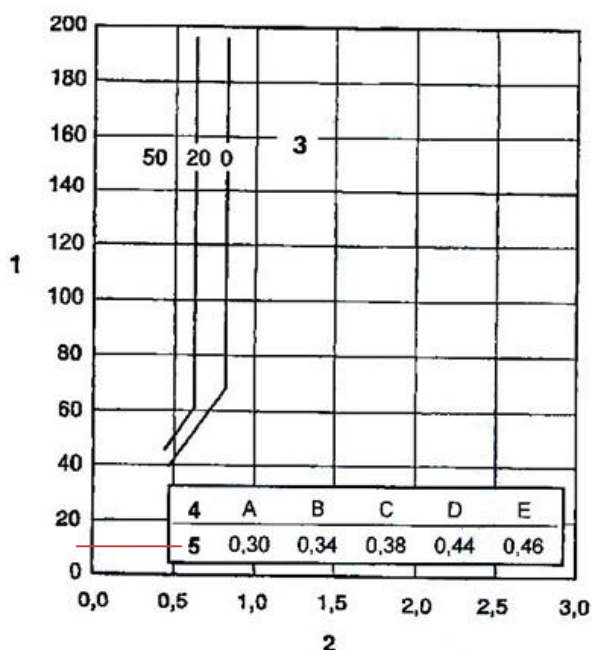
$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} = \quad [\%] \quad (5.1)$$

$$CE = 0,08 + \frac{0,57}{6} + \frac{0,05 + 0 + 0}{5} + \frac{0,03 + 0,06}{15} = 0,191 \%$$

Po dosažení hodnot z materiálového atestu zkušební vzorku získáváme pro materiál 12021.1 hodnotu CE: 0,191 %. Tato hodnota uhlíkového ekvivalentu je tak nízká, že není možné pomocí Metody A pro eliminaci vodíkového praskání dle ČSN EN 1011-2 určit hodnotu předehřevu pro náš zkušební vzorek z materiálu 12021.1 Metoda A dle ČSN EN 1011-2 je použitelná pro posouzení teploty předehřevu pro oceli s uhlíkovým ekvivalentem CE v rozmezí 0,30 až 0,70.

S ohledem na výše uvedené, není nutno provádět předehřev vzorků před svařováním.

Pro lepší představu obrázek č. 11 zobrazuje tabulku s nejnižší hodnotou CE (0,38%) pro obsah difúzního vodíku $5 \leq 10 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$ svarového kovu (stupeň C).



1. Kombinovaná tloušťka 8mm (4+4)
2. Tepelný příkon. (zde neuveden) $[\text{Kj} \cdot \text{mm}^{-1}]$ hodnota vneseného tepla je uvedena ve zhodnocení u jednotlivých metod svařování.
3. Minimální hodnota požadovaného předehřevu $^{\circ}\text{C}$
4. Stupeň obsahu vodíku náš vzorek „C“
5. Minimální hodnota CE [%]
Náš vzorek dle vzorce 5.1 0,19 [%]

Kombinovaná tloušťka našeho vzorku 8mm je zobrazena červenou čarou v tabulce, rozsah tepelných příkonů je odhadován od $0,3 \div 3 \text{ kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$

Obr. 11 Tabulka CE [15]

5.5 Čas a jeho rozdělení během svařování [10]

Uvedený čas je jednotkový. Celkový čas práce je rozdělen do skupin, podle druhu práce, kterou svářeč vykovává během zhotovování svarového spoje.

5.5.1 Jednotkový čas práce za chodu svařovacího stroje tA1:

Jedná se o čas, kdy hoří elektrický oblouk a probíhá vlastní proces svařování kořenových a krycích vrstev svaru. Pozornost svářeče je upřena pouze na správné vedení držáku elektrod, či hořáku a případné úpravy otáček polohovadla.

5.5.2 Jednotkový čas práce za klidu svařovacího stroje tA2:

Je celkový součet časů pro úpravy svaru, jako je vybroušení stehových svarů, nebo úprava náběhových a výběhových hran již zhotovených svarů. V této položce je také zahrnutý čas nutný pro řádné očištění sváru a to jak kořenové vrstvy, před kladením krycí housenky, tak i konečné očištění hotového svaru od zbytků strusky, okují a rozstříků.

5.5.3 Jednotkový čas pro technologické odstávky tA3:

Zde je zohledněn čas nutný pro výměnu výrobku v polohovadle, jeho upnutí a odepnutí ve svařovacím polohovadle a uložení do přepravní palety, čas pro manipulaci s výrobkem, případně čas nutný pro výměnu elektrod, či změnu nastavení proudových charakteristik svarového zdroje během přechodu mezi jednotlivými svarovými vrstvami, pokud je to nutné. Dále jsou zde zahrnuty většinou vynucené časy, např. nemožnost manipulace s výrobkem z důvodu sálavého tepla, či fyzickým zatížením pracovníka.

Během svařovacího procesu je zaznamenávána hodnota svařovacího proudu v Ampérech, v případech, že to svařovací zdroj umožňuje tak i indikované napětí ve Voltech, dále je důsledně monitorována spotřeba přídatných materiálů (svařovací elektrody, svařovací dráty) jejich druh a množství potřebné na zhotovení jednoho vzorku svarového spoje. Součástí ekonomické bilance je také přehled o spotřebě použitých inertních technických plynů, jejich typy, složení a obchodní názvy.

Do konečné ekonomické kalkulace jsou také započteny náklady na mzdu svářeče. Součástí této položky jsou i nutné režijní náklady výrobní společnosti, jako je drobný spotřební materiál pro svařování (maziva svařovacích hubic, náhradní trysky, pomocný materiál) ale i náklady spojené s provozem vlastního podniku jako je spotřeba el. energie, náklady na topení a celkový provoz výrobního podniku. S ohledem na výši režijních nákladů společnosti byla stanovena položka „náklady na hodinu práce svářeče“ ve výši 600,- Kč, což je 10,- Kč za odpracovanou minutu.

Výsledné hodnoty byly vypočteny, jako aritmetický průměr hodnot tří jednotlivých měření v dané sérii, dle zvolené metody svařování. Naměřené hodnoty jsou zpracovány v přehledných tabulkách a grafech. Uvedené ceny jsou bez DPH.

5.6 Zhotovení vzorku svaru metodou 111 [4], [10]

Použité zařízení:

Svářecí zdroj:	MIGATRONIC – PILOT 2400 v.č. 5080165
Svařovací proud:	DC 70A kořenová vrstva DC 100A krycí vrstva
Přídavný materiál 1.:	Bazická elektroda OERLIKON SPEZIAL 2,50X0350XCBOX Šarže: 371325201 (kořenová vrstva) viz. Příloha č. 05 Nákupní cena: 2,00 Kč za 1ks [10]
Přídavný materiál 2.:	Bazická elektroda OERLIKON SPEZIAL 3,20X0350XCBOX Šarže: 371322206 (krycí vrstva) viz. Příloha č. 06 Nákupní cena: 1,8 Kč za 1ks [10]
Normalizované klasifikace:	EN ISO 2560-A: E 38 3 B 12 H10

Popis:

Nastehovaný vzorek je upevněn ve svařovacím polohovadle, v poloze PA dle ČSN EN ISO 6947. Otáčky elektricky ovládaného polohovadla si určuje svářeč pomocí dálkového ovladače. Svářeč pomocí ruční brusky upraví náběhovou hrany stehového svaru, od kterého bude zahájeno kladení kořenové vrstvy. Obr. 12.



Obr. 12 Úprava stehových svarů



Obr. 13 Kořenová vrstva

Svařovací proud nastaven na 70A. Obalenou elektrodou OERLIKON SPEZIAL 2,5x350 provádí první kořenovou vrstvu. Svařování plynule pokračuje, až do momentu, kdy roztavený svarový kov dosáhne následujícího technologického stehu. Svařování je přerušeno a pomocí ruční brusky zmíněný technologický steh odstraněn. Ruční bruskou svářeč vybrousí náběhovou hranu na vzniklé kořenové vrstvě, a celý proces vyvařování kořenové vrstvy pokračuje, dokud není zcela zaplněna první kořenová vrstva. Obr. 13. Následuje důkladné odstranění krycí strusky pomocí sekáče ocelového kartáče či jiných vhodných nástrojů. (pilový pás, otupený pilník). Na takto připravenou kořenovou vrstvu klade svářeč konečnou krycí housenku. Obr. 14. Svařovací proud je zvýšen na 100A.

Pro svařování krycího svaru je použita obalená elektroda OERLIKON SPEZIAL 3,2x350mm. Po svaření celého obvodu zkušební vzorku je celý svar pomocí vhodného

nářadí řádně očištěn. Obr. 15. Svařený vzorek je odepnut ze svařovacího polohovadla a vlastní svařovací proces ukončen.

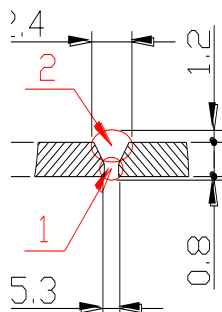


Obr. 14 Krycí vrstva

Obr. 15 Hotový svar metodou 111

Geometrie svaru:

Obrázek 16 zobrazuje počet svařovacích vrstev, maximální naměřené převýšení a šířku kořenové a krycí vrstvy provedeného svarového spoje č. 111/1. Na obrázku 17 je detail povrchu tohoto svaru.



Obr. 16 Geometrie svaru 111



Obr. 17 Detail svaru 111/1

V tabulkách č. 111/1, 111/2 a 111/3 je zaznamenán časový průběh procesu svařování série 3ks metodou 111 včetně přehledu spotřebovaného přídavného materiálu a výsledné ceny za zhotovení 1ks svaru.

TABULKA 2 Vzorek 111/1

111/1		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	ELEKTRODA 2,5x350	ELEKTRODA 3,2x350	-
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[Ks]	[Ks]	[I]
	70	Kořenová vrstva	173	247	171	2,00		
	100	Krycí vrstva	128	262	45		1,76	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	301	509	216	2,00	1,76	-
		Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	3,94	4,69	-
180,3	1026	Cena za položku [Kč]	48,2	81,4	34,6	7,9	8,3	0

TABULKA 3 Vzorek 111/2

111/2		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	ELEKTRODA 2,5x350	ELEKTRODA 3,2x350	-
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[Ks]	[Ks]	[I]
	70	Kořenová vrstva	170	270	130	2,00		
	100	Krycí vrstva	136	215	50		1,7	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	306	485	180	2,00	1,7	-
		Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	3,94	4,69	-
171,2	971	Cena za položku [Kč]	49,0	77,6	28,8	7,9	8,0	0

TABULKA 4 Vzorek 111/3

111/3		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	ELEKTRODA 2,5x350	ELEKTRODA 3,2x350	-
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[Ks]	[Ks]	[I]
	70	Kořenová vrstva	175	230	162	2,00		
	100	Krycí vrstva	132	260	30		1,8	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	307	490	192	2,00	1,8	-
		Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	3,94	4,69	-
174,6	989	Cena za položku [Kč]	49,1	78,4	30,7	7,9	8,4	0

Zhodnocení metody 111:

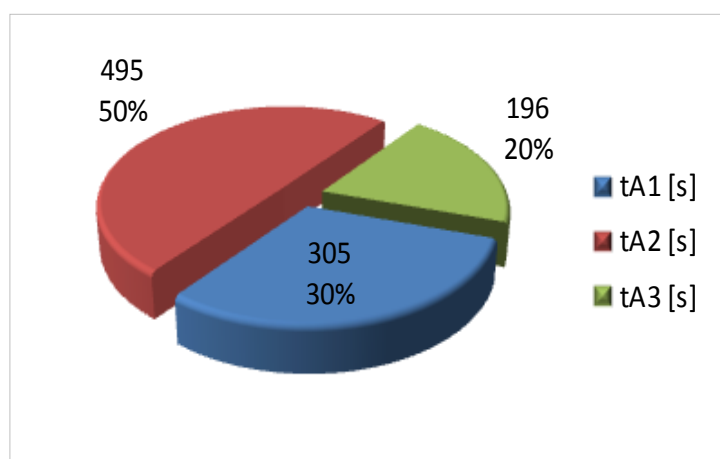
Během výroby 3ks vzorků nabyly pozorovány žádné zvláštní anomálie, které by mohly zásadně ovlivnit kvalitu měření a výsledné naměřené hodnoty. Aritmetický průměr naměřených hodnot je zpracován v tabulce X

TABULKA 5 Průměrné Hodnoty 111

111		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	ELEKTRODA 2,5x350	ELEKTRODA 3,2x350	-
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[Ks]	[Ks]	[l]
	70	Kořenová vrstva	173	249	154	2,00		
	100	Krycí vrstva	132	246	42		1,75	
CENA celk.	ČAS celk.	Suma	305	495	196	2	1,753	-
[Kč]	[s]	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	3,94	4,69	-
175	995	Cena za položku [Kč]	48,7	79,1	31,4	7,9	8,2	0

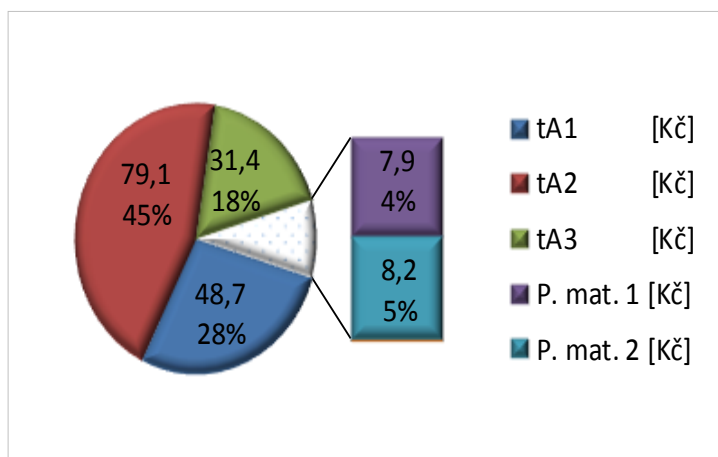
Celkový čas potřebný pro svaření jednoho zkušebního svaru metodou 111 byl stanoven na **16 minut 35 sekund.**

Výsledná cena takto zhotoveného svaru po zaokrouhlení jednotlivých položek na celou korunu nahoru, je **175,-Kč.**



Graf 1 Podíl složek práce pro metodu 111

Graf 1 zobrazuje podíl jednotlivých složek práce ve vteřinách a také v procentuálním poměru během svařování zkušební vzorku. Z grafu je jasně patrná skutečnost, kdy svářeč téměř 8,5 minuty (495s) což je 50% celkového času pouze čistí provedený svar od okují a rozstříků kovů. Celkově experiment potvrdil současný stav, ale pro další vyhodnocení svařovacích metod bylo provedeno přesné změření jednotlivých časů během svařování metodou 111.



Graf 2 Cena v Kč pro metodu 111

Graf 2 zobrazuje průměrné hodnoty v Kč jednotlivých složek tvořící konečnou cenu za provedení jednoho kusu svaru metodou 111 na uvedených vzorcích. Celková cena je 175,- Kč za 1ks svaru.

Tepelný příkon Q [$\text{kJ}\cdot\text{mm}^{-1}$] je vypočítán dle ČSN EN 1011-1 odstavec 8.7 a s použitím hodnoty účinnosti "k" 0,8 [12] pro svařování metodou 111.

$$\text{Kořenová vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{v_s \cdot 1000} \rightarrow \frac{0,8 \cdot 22 \cdot 8,70}{1,96 \cdot 1000} = 0,651 \text{ [kJ}\cdot\text{mm}^{-1}] \quad (5.2)$$

k - Účinnost

v_s - Rychlost svařování [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$]

U - Napětí [V] odvozeno ze vztahu $U = 20 + 0,04 \cdot I$ [12]

I - Proud [A]

$$\text{Krycí vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{v_s \cdot 1000} \rightarrow \frac{0,8 \cdot 24 \cdot 100}{2,65 \cdot 1000} = 0,724 \text{ [kJ}\cdot\text{mm}^{-1}] \quad (5.3)$$

Metoda je sice vhodná pro dobré vlastnosti svarové lázně, nicméně převládajícím nedostatkem je manipulace s obalovanými elektrodami (sušení, výměna) a tím nárůst času tA3. Hlavním nedostatkem je však až příliš dlouhá doba práce tA2, kdy je svár čištěn od rozstříků svarových kovů a zbytků strusky. Na obrázku 18 je vyobrazen použitý svařovací zdroj MIGATRONIC – PILOT 2400. Jedná se o třífázový svařovací zdroj invertorového typu sloužící ke svařování metodou MMA a TIG s max. svařovacím proudem 240A. Malý přenosný zdroj vhodný pro montážní práce. Přenosná verze lze doplnit pojezdovým vozíkem. Pro metodu TIG nabízí možnost předfuku a dofuku plynu, případně modul vodního chlazení hořáku. Rok výroby 2007.



Obr. 18 MIGATRONIC – PILOT 2400

5.7 Zhotovení vzorku svaru metodou 135 [4], [10]

Použité zařízení:

Svářecí zdroj:	MIGATRONIC – FLEX 4000 /MWF 31
Svařovací proud:	DC 139A kořenová vrstva (zkratový přenos kovu) DC 122A krycí vrstva (impulzní přenos kovu)
Přídavný materiál:	Drát Pittarc G6 - MIG/MAG drát G3Si1 (SG2) - 1,0 mm Tavba: 12242/2016 výrobce: PITTARC viz. Příloha č. 07 Nákupní cena: 37,7 Kč za 1kg [10]
Normalizované Klasifikace:	EN ISO 14341-A: A-G42/4 M21 G3Si1
Ochranný plyn:	STARGON C8 výrobce: SIAD CZECH Složení: 92% Argon 8% CO2
Nákupní cena:	50l 200bar 3908,- Kč ⇒ 0,39 Kč za 1l [10]

Popis:

Nastehovaný vzorek je upevněn ve svařovacím polohovadle, v poloze PA dle ČSN EN ISO 6947. Otáčky elektricky ovládaného polohovadla si určuje svářeč pomocí dálkového ovladače. Svářeč pomocí ruční brusky zabrousí náběhovou hranu výchozího stehového svaru stejně jako u metody 111.



Obr. 19 Úprava náběhové hrany



Obr. 20 Hotový svar metodou 135

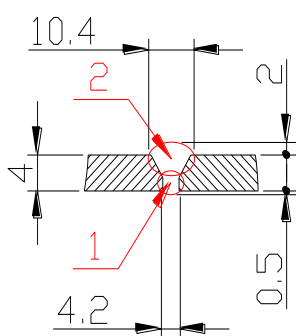
Svařovací proud nastaven na hodnotu 139 A. Zkratovým přenosem svarového kovu provádí svářeč první kořenovou vrstvu. Svařování plynule pokračuje, až do momentu, kdy roztavený svarový kov dosáhne následujícího technologického stehu. Svařování je přerušeno a pomocí ruční brusky zmíněný technologický steh odstraněn. Ruční bruskou svářeč opět vybrousí náběhovou hranu na vzniklé kořenové vrstvě, a celý proces vyvařování kořenové vrstvy pokračuje, dokud není zcela zaplněna první kořenová vrstva. Obr. 19 zobrazuje upravenou náběhovou a výběhovou hranu před navázáním poslední části kořenové vrstvy.

Následuje důkladné očištění kořenové housenky od případných rozstříků. Na takto připravenou kořenovou vrstvu klade svářeč konečnou krycí housenku. Svařovací proud je

nastaven na 122 A, přenos svarového kovu nastaven na impulzní. Po svaření celého obvodu zkušební vzorku je celý svar pomocí vhodného nářadí řádně očištěn. Viz. Obr. 20. Svařený vzorek je odepnut ze svařovacího polohovadla a vlastní svařovací proces ukončen.

Geometrie svaru:

Obrázek 21 zobrazuje počet housenek, převýšení a šířku kořenové a krycí vrstvy provedeného svarového spoje č. 135/1. Na obrázku 22 je detail povrchu tohoto svaru.



Obr. 21 Geometrie svaru 135



Obr. 22 Detail svaru 135/1

V tabulkách č. 135/1, 135/2 a 135/3 je zaznamenán časový průběh procesu svařování série 3ks metodou 135 včetně přehledu spotřebovaného přídavného materiálu a výsledné ceny za zhotovení 1ks svaru.

TABULKA 6 Vzorek 135/1

135/1		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	PITARC G6 1mm	SIAD STARGON C8	
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[kg]	[ks]	[l]
17,4	139	Kořenová vrstva	73	177	130	0,0638	18,25	
23,7	122	Krycí vrstva	65	60	40		16,25	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	138	237	170	0,06	0	34,5
103,1	545	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	37,7	0	0,39
		Cena za položku [Kč]	22,1	37,9	27,2	2,4	0,0	13,5

TABULKA 7 Vzorek 135/2

135/2		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	PITARC G6 1mm	SIAD STARGON C8	
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[kg]	[ks]	[l]
17,4	139	Kořenová vrstva	70	165	125	0,0619	17,5	
23,7	122	Krycí vrstva	64	58	50		16	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	134	223	175	0,06	0	33,5
100,6	532	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	37,7	0	0,39
		Cena za položku [Kč]	21,4	35,7	28,0	2,3	0,0	13,1

TABULKA 8 Vzorek 135/3

135/3		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	PITARC G6 1mm	SIAD STARGON C8	
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]	[kg]	[ks]	[l]
17,4	139	Kořenová vrstva	72	150	115	0,0625	18	
23,7	122	Krycí vrstva	65	70	42		16,25	
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	137	220	157	0,06	0	34,25
98,0	514	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	37,7	0	0,39
		Cena za položku [Kč]	21,9	35,2	25,1	2,4	0,0	13,4

Zhodnocení metody 135:

Během výroby 3ks vzorků nebyly pozorovány žádné zvláštní anomálie, které by mohly zásadně ovlivnit kvalitu měření a naměřené hodnoty. Aritmetický průměr naměřených hodnot je zpracován v tabulce 9

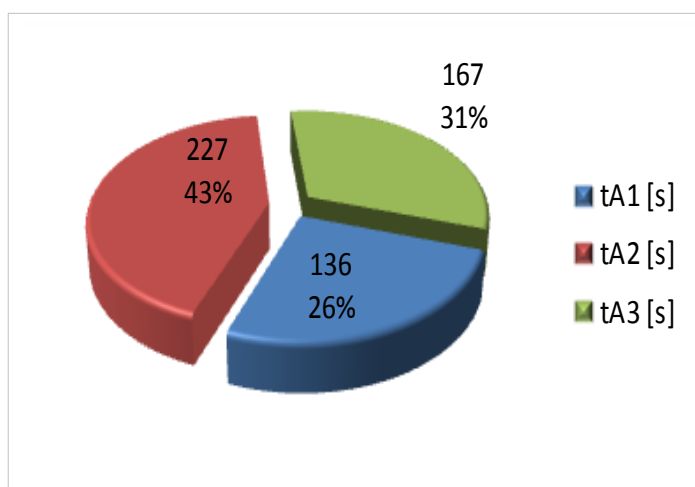
TABULKA 9 Průměrné hodnoty 135

135		Výrobní perace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
			tA1	tA2	tA3	PITARC G6 1mm	.	SIAD STARGON C8
S vařovací napětí	S vařovací proud		[s]	[s]	[s]	[kg]	[ks]	[l]
[V]	[I]							
17,4	139	Kořenová vrstva	72	164	123	0,0627		17,92
23,7	122	Krycí vrstva	65	63	44			16,17
CENA celk.	ČAS celk.	Suma	136	227	167	0,063	0	34,08
[Kč]	[s]	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	37,7	0	0,39
101	530	Cena za položku [Kč]	21,8	36,3	26,8	2,4	0,0	13,4

Závěrečná bilance:

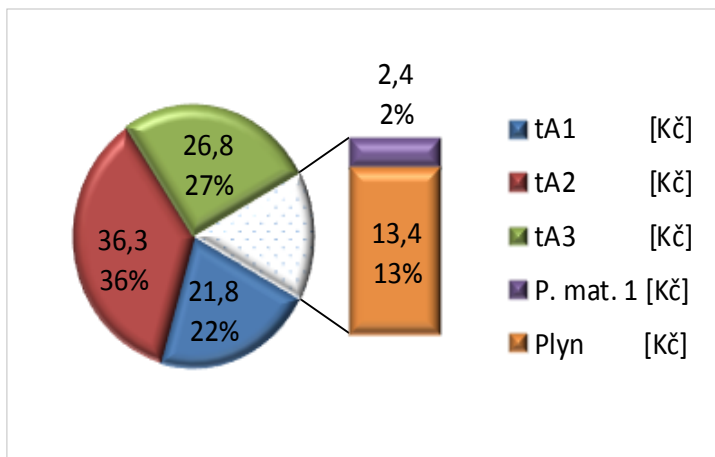
Celkový čas potřebný pro svaření jednoho zkušebního sváru metodou 135 byl stanoven na **8 minut 50 sekund**.

Výsledná cena takto zhotoveného sváru po zaokrouhlení jednotlivých položek na celou korunu nahoru, je **101,- Kč**



Graf 3 zobrazuje podíl jednotlivých složek práce ve vteřinách a také v procentuálním poměru během svařování zkušební vzorku. Z grafu 3 je viditelný rozdíl v poklesu procentuálního podílu práce tA2 oproti metodě 111. S ohledem na dosaženou rychlost svařování přesahující $5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ se tato metoda jeví jako velice progresivní. Hodnoty času tA3 můžeme prohlásit v procentuálním poměru za obdobné jako u metody 111.

Graf 3 Podíl složek práce pro metodu 135



Graf 4 Cena v Kč pro metodu 135

Graf 4 zobrazuje průměrné hodnoty v Kč jednotlivých složek tvořící konečnou cenu za provedení jednoho kusu sváru metodou 135 na uvedených vzorcích. celková cena 101,- Kč podtrhuje celkovou výhodnost této metody svařování oproti metodě 111.

Tepelný příkon Q [$\text{kJ}\cdot\text{mm}^{-1}$] je vypočítán dle ČSN EN 1011-1 odstavec 8.7 a s použitím hodnoty účinnosti "k" 0,8 [12] pro svařování metodou 135.

$$\text{Kořenová vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{\text{vs.}1000} \rightarrow \frac{0,8 \cdot 17,4 \cdot 139}{4,64 \cdot 1000} = 0,416 \text{ [kJ}\cdot\text{mm}^{-1}] \quad (5.4)$$

k - Účinnost
 v_s - Rychlost svařování [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$]
 U - Napětí [V]
 I - Proud [A]

$$\text{Krycí vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{\text{vs.}1000} \rightarrow \frac{0,8 \cdot 23,7 \cdot 122}{5,22 \cdot 1000} = 0,443 \text{ [kJ}\cdot\text{mm}^{-1}] \quad (5.5)$$

Výsledky svařovacího experimentu metody 135 jsou zcela v souladu s očekáváním. Dvojnásobná rychlost svařování společně s více jak 50% úsporou času t_{A2} při čištění svařenců je více než slibný základ pro budoucí rozvoj a případné zařazení této metody do výroby. Na první pohled poněkud vyšší svarová housenka bude podrobena vizuálním zkouškám dle ČSN EN ISO 17637. Na připojeném obrázku č. 23 je vyobrazena použitá svářečka MIGATRONIC – FLEX 4000 /MWF 31. Jedná se o relativně starší typ svařovacího zdroje umožňující svařovat metodou MMA, spolu v kombinaci s metodami MIG / MAG. Zdroje této řady umožňují využívat jak zkratového přenosu kovu, tak i přenosu impulsního. Specifická zadání svařovacích charakteristik se dají pomocí paměťových karet nahrát přímo do svařovacího zdroje. Standardně je zdroj dodáván s vodním modulem chlazení hořáku. Rok výroby 2014.



Obr. 23 MIGATRONIC FLEX 4000 /MWF 31

5.8 Zhotovení vzorku svaru metodou 141 [4], [10]

Použité zařízení:

Svářecí zdroj: MIGATRONIC – PI 250 AC/DC - V
Svařovací proud: DC 120A kořenová vrstva
DC 90A krycí vrstva
Přídavný materiál: Drát ESAB OK TIGROD 12.61 2.4x1000mm ER70S-6
Šarže: PV144032207, Výrobce: ESAB viz. Příloha č. 08
Nákupní cena: 216,- Kč za 1kg [10]

Normalizované
klasifikace: EN 1668: W 42 3 W3Si1

Ochranný plyn: ARGON 4.6 výrobce: SIAD CZECH
Složení: 100% Argon čistota 99,996%
Nákupní cena: 50l 200bar 3799,- Kč ⇒ 0,38 Kč za 1l [10]

Popis:

Nastehovaný vzorek je položen do prizmatických kostek na pracovní ploše v poloze PA dle ČSN EN ISO 6947. Oproti předchozím metodám svařování metoda 141 vyžaduje aktivní využití obou rukou svářeče. Odpadá zde manipulace s polohovadlem, ale vzorek je udržován v poloze PA ručním upravení polohy v prizmatických kostkách. Svářeč pomocí ruční brusky zabrousí připravené stehy a upraví jejich náběhové a výběhové hrany. Svařovací proud nastaven na hodnotu 120 A. Po zapálení el oblouku svářeč postupně vyplňuje kořenovou vrstvu v poloze PA. Svařování plynule pokračuje i přes stehové svary, které jsou svařovací lázni roztaveny a stávají se součástí svarového kovu. ČSN EN ISO 6947 definuje pro polohu svařování PA mezní uhel sklonu $\pm 15^\circ$ po překročení této hodnoty je svařování přerušeno, a zkušební kus v prizmatických kostkách pootočen do polohy odpovídající poloze PA. Protože se jedná o metodu svařování, při které nedochází k znečištění povrchu svarového kovu struskou a rozstříky svařovacích kovů, svářeč odstraní ocelovým kartáčem případné okuje a po kontrole kořenové vrstvy lze přistoupit k položení krycí housenky. Obr. 24 zobrazuje detail provařeného kořene tupého svaru. Na Obr. 25 je dokončená kořenová vrstva 141



Obr. 24 Detail kořenové vrstvy 141



Obr. 25 Hotová kořenová vrstva 141

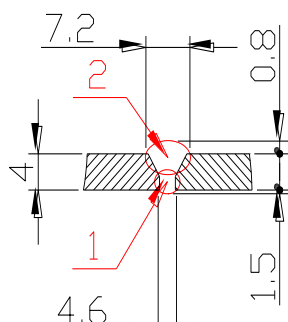
Svařovací proud nastaven na hodnotu 122. Svářeč postupně vyplňuje krycí housenkou celý krycí svár, za dodržení podmínky polohy svařování PA. Po svaření celého obvodu zkušební vzorku je celý svar pomocí vhodného nářadí řádně očištěn a vlastní svařovací proces ukončen. Obrázek 26 zobrazuje hotový svar na zkušebním kusu zhotovený metodou 141.



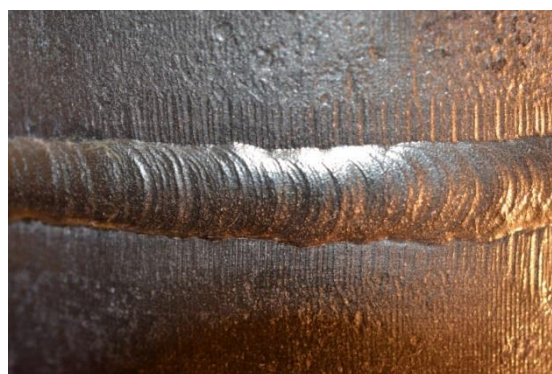
Obr. 26 Hotový svar 141

Geometrie svaru:

Obrázek 27 zobrazuje počet housenek, převýšení a šířku kořenové a krycí vrstvy provedeného svarového spoje č. 141/1. Na obrázku 28 je detail povrchu tohoto svaru.



Obr. 27 Geometrie svaru 141/1



Obr. 28 Detail svaru 141/1

V tabulkách č. 141/1, 141/2, a 141/3 je zaznamenán časový průběh procesu svařování série 3ks metodou 141 včetně přehledu spotřebovaného přídavného materiálu a výsledné ceny za zhotovení 1ks svaru.

TABULKA 11 Vzorek 141/1

141/1		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	OK TIGROD 12.61 2mm	.	SIAD ARGON 4.6
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]			
	120	Kořenová vrstva	1050	10	230	0,0320		121,8
	90	Krycí vrstva	1140	30	140			132,2
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	2190	40	370	0,03	0	254
519,7	2600	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	216	0	0,38
		Cena za položku [Kč]	350,4	6,4	59,2	6,9	0,0	96,8

TABULKA 12 Vzorek 142/2

141/2		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	OK TIGROD 12.61 2mm	.	SIAD ARGON 4.6
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]			
	120	Kořenová vrstva	1075	15	250	0,0395		124,7
	90	Krycí vrstva	1148	45	100			133,2
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	2223	60	350	0,04	0	257,9
528,1	2633	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	216	0	0,38
		Cena za položku [Kč]	355,7	9,6	56,0	8,5	0,0	98,2

TABULKA 13 vzorek 143/3

141/3		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	OK TIGROD 12.61 2mm	.	SIAD ARGON 4.6
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]			
	120	Kořenová vrstva	1062	12	280	0,0389		123,2
	90	Krycí vrstva	1138	25	150			132
CENA celk. [Kč]	ČAS celk. [s]	Suma	2200	37	430	0,04	0	255,2
532,4	2667	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	216	0	0,38
		Cena za položku [Kč]	352,0	5,9	68,8	8,4	0,0	97,2

Zhodnocení metody 141:

Během výroby 3ks vzorků nebyly pozorovány žádné zvláštní anomálie, které by mohly zásadně ovlivnit kvalitu měření a naměřené hodnoty. Aritmetický průměr naměřených hodnot je zpracován v tabulce X

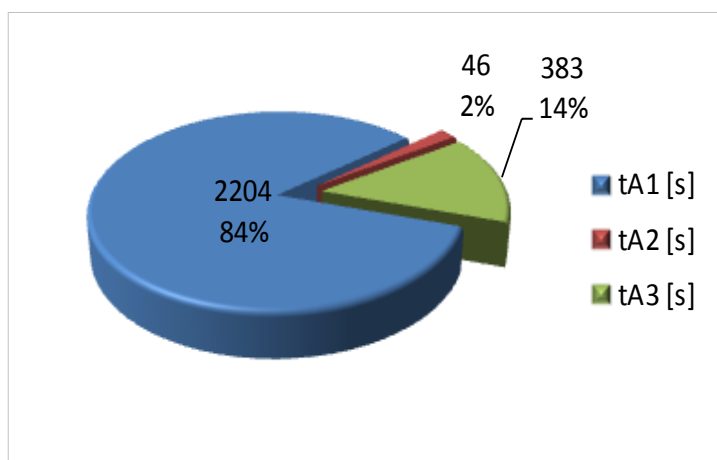
TABULKA 14 Průměrné hodnoty 141

141		Výrobní operace	Čas práce			P. mat. 1	P. mat. 2	Plyn
Svařovací napětí	Svařovací proud		tA1	tA2	tA3	OK TIGROD 12.61 2mm	.	SIAD ARGON 4.6
[V]	[I]		[s]	[s]	[s]			
	120	Kořenová vrstva	1062	12	253	0,0368		123,23
	90	Krycí vrstva	1142	33	130			132,47
CENA celk.	ČAS celk.	Suma	2204	46	383	0,037	0	255,70
[Kč]	[s]	Jednotková cena [Kč]	0,16	0,16	0,16	216	0	0,38
527	2633	Cena za položku [Kč]	352,7	7,3	61,3	7,9	0,0	97,4

Závěrečná bilance:

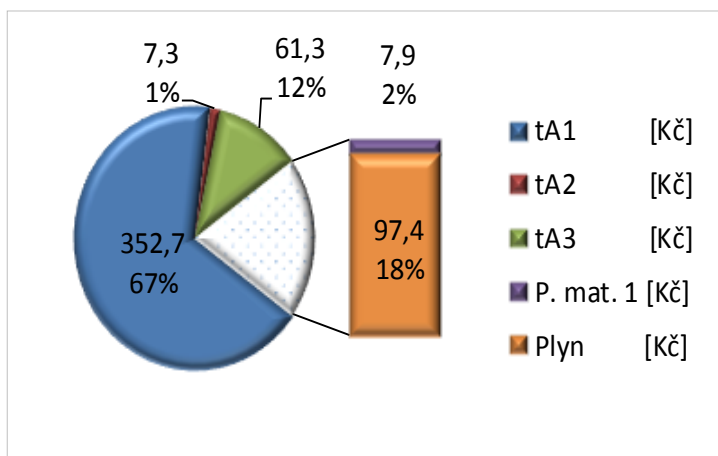
Celkový čas potřebný pro svaření jednoho zkušebního sváru metodou 141 byl stanoven na **43 minut 53 sekund**.

Výsledná cena takto zhotoveného sváru po zaokrouhlení jednotlivých položek na celou korunu nahoru, je **527,-Kč**.



Graf 5 zobrazuje podíl jednotlivých složek práce ve vteřinách a také v procentuálním poměru během svařování zkušební vzorku. Z grafu 5 jasně vyplývá jak zdlouhavý je vlastní svařování v čase tA1. Za zmínku stojí i nárůst času tA3 oproti metodám 111 a 135 z důvodu sálavého tepla u svařeného kus a s tím spojených nutných přestávek pro svářečský personál.

Graf 5 Podíl složek práce pro metodu 135



Graf 6 Cena v Kč pro metodu 141

Graf 6 zobrazuje průměrné hodnoty v Kč jednotlivých složek tvořící konečnou cenu za provedení jednoho kusu svaru metodou 141 na uvedených vzorcích. Za povšimnutí stojí nárůst ceny za ochranný plyn oproti metodě 135 kdy s polovičním průtokem plynu 7 l.min^{-1} díky téměř 37 minutám svařování v čase tA1 dostáváme konečnou cenu 98,-Kč za ochranný plyn. Tato položka potom nebude zanedbatelná pro celkové hodnocení metody 141.

Tepelný příkon Q [kJ.mm^{-1}] je vypočítán dle ČSN EN 1011-1 odstavec 8.7 a s použitím hodnoty účinnosti “k” 0,65 [12] pro svařování metodou 141.

$$\text{Kořenová vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{\text{vs.}1000} \rightarrow \frac{0,65 \cdot 14,8 \cdot 120}{0,32 \cdot 1000} = 3,575 \text{ [kJ.mm}^{-1}] \quad (5.6)$$

k - Účinnost

v_s - Rychlost svařování [mm.s^{-1}]

U - Napětí [V] odvozeno ze vztahu $U = 10 + 0,04 \cdot I$ [12]

I - Proud [A]

$$\text{Krycí vrstva: } Q = \frac{k \cdot U \cdot I}{\text{vs.}1000} \rightarrow \frac{0,65 \cdot 13,6 \cdot 90}{0,30 \cdot 1000} = 2,675 \text{ [kJ.mm}^{-1}] \quad (5.7)$$

Metoda svařování TIG byla do experimentálního posouzení možností svařování zahrnuta pro vynikající vlastnosti svarové lázně při kladení kořenových vrstev, a tím pádem eliminaci možných vnitřních vad v kořenu svarového spoje. Dala se předpokládat jistá časová náročnost této metody svařování, ale naměřené hodnoty ze zkušebních vzorků dávají jasně najevo, že další použití této metody při svařování tohoto konkrétního svaru je z ekonomického hlediska téměř nepoužitelné. Na příloženém obrázku č. 29 je zobrazeno použité svařovací zařízení MIGATRONIC – PI 250 AC/DC – V. Jedná se o svařovací invertor s vodním chlazením hořáku určený převážně pro svařování nelegované a legované oceli stejnosměrným proudem, ale i hliníku a jeho slitin metodou TIG. Uvedený typ svařovacího zařízení umožňuje svařovat i metodou MMA. Stáří stroje cca 10 let.

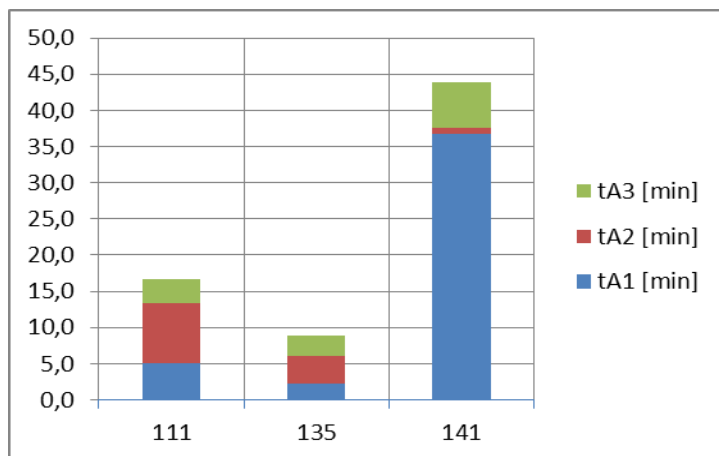


Obr. 29 MIGATRONIC PI 250 AC/DC – V

5.9 Zhodnocení svařovacích experimentů [10]

Na základě proběhlých zkoušek a zpracovaných dat z jednotlivých měření můžeme konstatovat, že mezi jednotlivými metodami svařování jsou značné rozdíly.

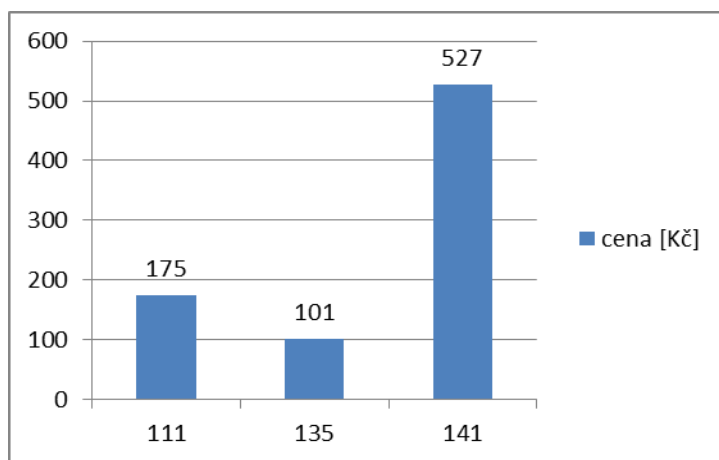
Graf 7 zobrazuje čas v minutách potřebný pro zhotovení jednoho kusu zkušební vzorku



Graf 7 Porovnání časů práce jednotlivých metod

pro jednotlivé ověřované metody svařování. Celkový čas je rozdělena na jednotlivé časové úseky tA1, tA2, tA3 podle prováděné činnosti během svařování. Z uvedeného grafu vyplývá, že mezi metodou 111 a 135 je rozdíl pouze v celkovém času zhotovení svaru. Procentuální rozdělení časů tA1, tA2 tA3 je téměř shodné.

S ohledem na ekonomickou výhodnost provedení daného svaru, byla jako nejlevnější vybrána metoda 135. Tato metoda



Graf 8 Porovnání celkové ceny jednotlivých metod

během zkoušek potvrdila požadovanou rychlost svařování, kdy do jisté míry také snižuje i náklady na čištění hotového svaru. Kombinace těchto faktorů stlačuje původní cenu při provedení svaru metodou 135 ještě o 40% níže, tj. na 101,-Kč. Metoda 141 není v závěrečném hodnocení zmiňována pro svoji vysokou konečnou cenu. Porovnání konečných cen u jednotlivých metod svařování zobrazuje graf č. 8.

Dalším možným krokem v oblasti zvyšování efektivity svařovacích procesů je jednoznačně automatizace svařování, případně kombinace různých metod svařování pro kořenové a krycí vrstvy. Případným zvýšením proudové zátěže společně s automatizací svařovacího procesu můžeme dostat vynikající poměr svařovací rychlosti odhadem až $1,3\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ se zaručenou kvalitou kořenové vrstvy pro metodu TIG (bez zvýšené tepelné expozice svářeče) Pro krycí vrstvy se nabízí jako vhodné automatizované svařování metodou MAG, kde výsledná rychlost již nebude o mnoho vyšší jako při ručním svařování ale nezanedbatelnou položkou je také pracovní komfort obsluhy oproti ručnímu svařování. Pevně věřím, že kombinace těchto prvků v procesu svařování by zajisté posunula celkovou produktivitu svařování a tím i výslednou cenu do úplně jiných, ekonomicky mnohem zajímavějších dimenzí. Pro tuto kombinaci svařovacích metod však bude potřeba zpracovat patřičný protokol WPQR dle požadavků normativu ČSN ISO 15614-1.

6. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ SVAROVÉHO SPOJE

[5], [8],[10],[15]

Žijeme v době, kdy jsme na jedné straně svědky výrazného rozvoje techniky, ruku v ruce jdoucí s neustále se zvyšujícími nároky na životnost a spolehlivost výrobků a na druhé straně cíleného šetření energií, surovinami ale hlavně kvalifikovanou lidskou prací. Nedestruktivní defektoskopie jako součást celkového systému řízení jakosti je jedním z klíčových nástrojů, které mohou účinně podpořit tyto na první pohled neslučitelné strany.

Pod pojmem nedestruktivní metody zahrnujeme takové zkoušky a kontroly materiálů a zařízení, při jejichž použití nedochází k nevratnému poškození nebo narušení celistvosti zkoušených výrobků a zařízení. Nedestruktivní kontrola zastává v současné době nezastupitelnou úlohu v kontrolních procesech a řízení jakosti výroby. Současná defektoskopie může mít i jiné cíle, než "pouhé" zjišťování vad v materiálech a výrobcích. Současná defektoskopie umí vadám předcházet a spoluvytvářet tak podmínky pro odstranění příčin jejich vzniku, stává se neopominutelným článkem výrobního procesu.

Každá defektoskopická kontrola však má hranice své použitelnosti a neexistuje metoda, která by umožňovala zjistit všechny druhy vad. Proto je nezbytné v dnešní praxi volit kombinaci jednotlivých metod. To vyžaduje jak znalost podstaty metody a možnosti jejího použití, tak i znalost výrobní technologie zkoušených výrobků.

Konstrukční materiály, používané v širokém spektru všech oborů lidské činnosti nejsou nikdy zcela prosté vad pocházejících z nedokonalostí výrobních technologií, vlivu lidského faktoru, (nedodržování stanovených normativů a předpisů) ale i z vlastní zákonitosti tvorby struktur materiálu. Použitelnost takovýchto materiálů v další výrobě či stanovení míry přípustnosti a použitelnosti součástek zhotovených z těchto materiálů je schopno napovědět právě nedestruktivní zkoušení materiálu.

Nedestruktivní zkoušení materiálu (Non Destructive Testing) je jedním ze závěrečných procesů výroby. Defektoskopie bez porušení a poškození výrobku rozhoduje o tom, zda je možné uvést výrobek do provozu jako bezpečný. Jedná se o soubor metod, které jsou na základě měřitelných případně jinak detekovatelných fyzikálních jevů schopny odhalit vady ve výrobku bez porušení či poškození výrobku.

Pokud se během defektoskopických zkoušek prokáže přítomnost vady, takového typu či rozsahu, že uvedený výrobek lze charakterizovat jako VADNÝ, nelze dále tento použít v dalším výrobním procesu či k prodeji a tento výrobek (polotovár) se musí řádně opravit, případně označit jako "NESHODNÝ" a takovýto výrobek dále nepoužít ve výrobním procesu.

Historie

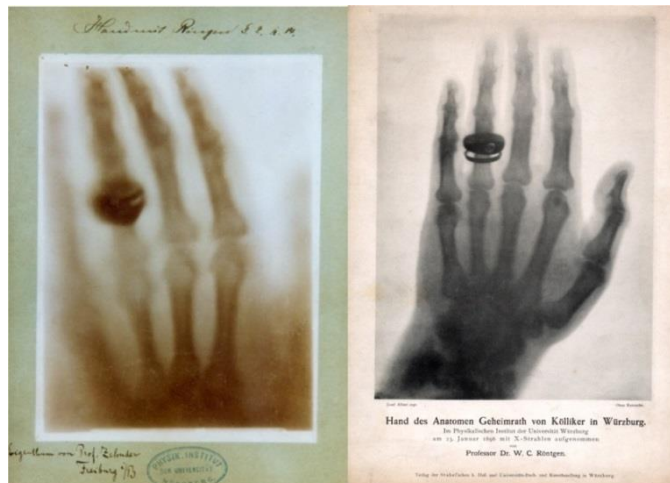
Ačkoli historie neposkytuje přesné počáteční datum pro nedestruktivní testování, její použití se datuje mnoho let.

Jako prvotní metodu můžeme směle označit metodu vizuální kdy potřeba kontrolovat „cokoli“ pohledem provází lidstvo od dávnověku. Už v dávných dobách Římské říše byly používány olej a mouka k nalezení povrchových trhlin ve zpracovávaných mramorových deskách. Své tajné metody jistě měli i staří kováři a zvonáři kdy bez znalostí moderní fyziky dokázali poslechem „kontrolovat“ svoje výrobky.

Prvními metodami NDT, která se dostaly do průmyslových aplikací, byla metoda Kapilární, následovaná technologií RTG společně s metodou magnetické indukce pro zjišťování povrchových trhlin.

Kapilární zkoušky jsou prováděny společně s rozvojem železniční infrastruktury od poloviny 19. Století kdy pomocí detekčních kapalin s nízkým povrchovým napětím (petrolej terpentýn) jsou prováděny kapilární zkoušky na kolejnicích.

V roce 1895 vedly experimenty německého fyziku Wilhelma Conrada Röntgena k objevení rentgenových paprsků, vynález, za který posléze získal první Nobelovu cenu za fyziku. Ve své první publikaci na toto téma Röntgen popsal různá použití včetně případné detekce vad.



Obr. 30 RTG snímek lidské ruky

První nasazení této metody však přichází nejdříve v oboru medicíny. (známý snímek ruky Röntgenovy manželky Obr. 30) Průmyslové nasazení svazků RTG záření se objevuje kolem roku 1930 společně s rostoucím požadavkem na kvalitu svarových spojů. V téže době se již objevují i magnetické indikátory povrchových trhlin.

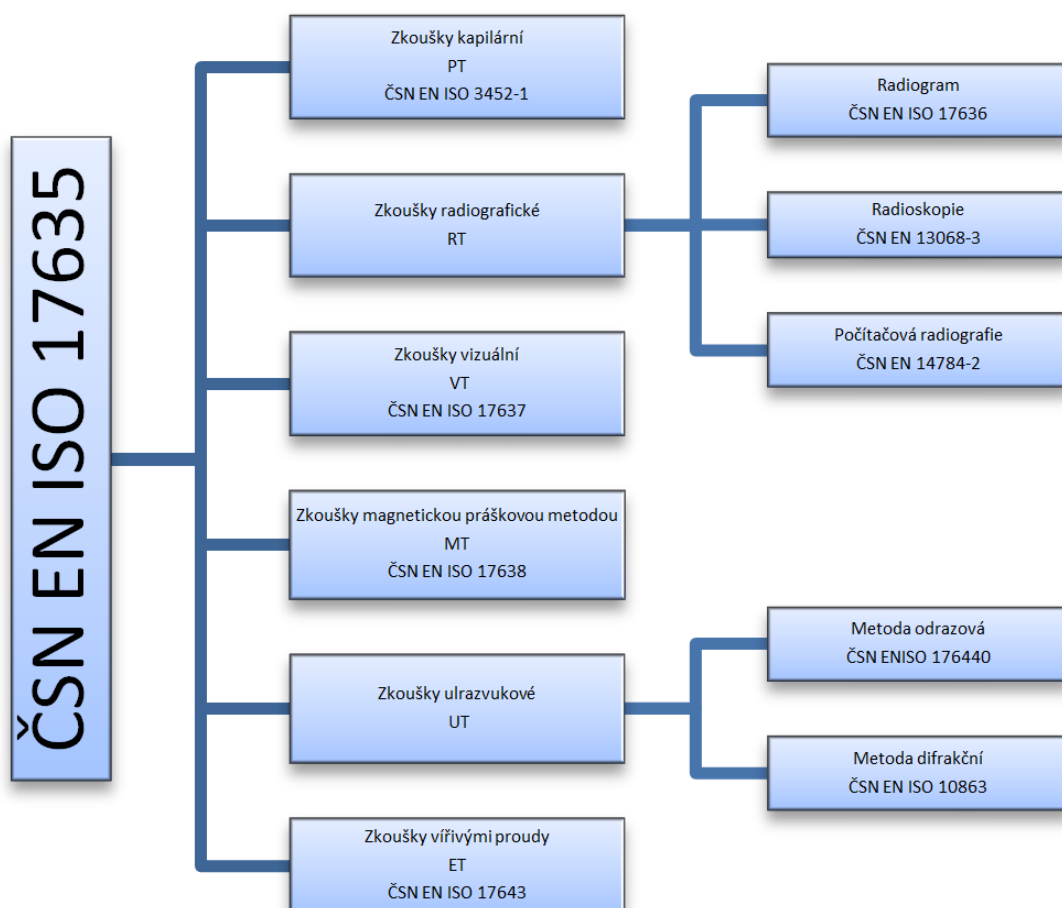
Nejmladší technikou NDT je zkouška ultrazvuková která se s úspěchem začíná objevovat během II. Světové války. Právě celosvětová válka v letech 1939 ÷ 1945 urychluje rozvoj NTD metod až do dnešních dnů.

Současnost

Nedestruktivní zkoušení kovových materiálů v současné době upravuje technická norma ČSN EN ISO 17635. Tato mezinárodní norma je směrnici pro volbu metod nedestruktivního zkoušení (NDT) svarů a hodnocení výsledků za účelem kontroly kvality, na základě požadavků na kvalitu, materiál, tloušťku svarů, postupů svařování a rozsahu zkoušení.

Základní rozdělení nedestruktivních zkoušek jejich zkratk a platných normativů zobrazuje tabulka 14.

Tabulka 14 Rozdělení NDT dle ČSN EN ISO 17637



6.1 Zkouška vizuální VT

Vizuální kontrola je nejjednodušší defektoskopickou kontrolou, pomocí které se zjišťuje výskyt povrchových vad výrobků. Vizuální kontrola se používá jako vstupní, mezioperační a výstupní prohlídka. Vizuální kontrolu tavných svarů u kovových materiálů, ale i kontrolu spojů před svařováním řeší v současné době Evropská norma ČSN EN ISO 17637.

Vizuální zkoušky dělíme podle použitých kontrolních pomůcek na přímé a nepřímé.

Přímá kontrola:

Vizuální kontrola, při které není přerušena optická dráha mezi okem pozorovatele a kontrolovanou plochou. Kontrola se provádí pouhým okem nebo lupou s malým zvětšením případně pomocí zrcadel. Doporučená intenzita osvětlení na povrchu min. 500 lx.

Kontrolovaný objekt musí být umístěn na pozorovatelnou vzdálenost do 600mm a pod úhlem ne menším než 30 °.

Nepřímá kontrola:

Kontrola využívá dokonalejších optických a optoelektronických přístrojů a zařízení, (endoskopy periskopy, televizní kamery) kdy je možno provádět kontrolu skrytých objektů, vnitřních stěn potrubí nebo nádob, které nejsou lehce přístupné, nebo kontrolu v prostředích kde by mohlo dojít k přímému ohrožení zdraví pracovníků provádějící vlastní vizuální kontrolu.

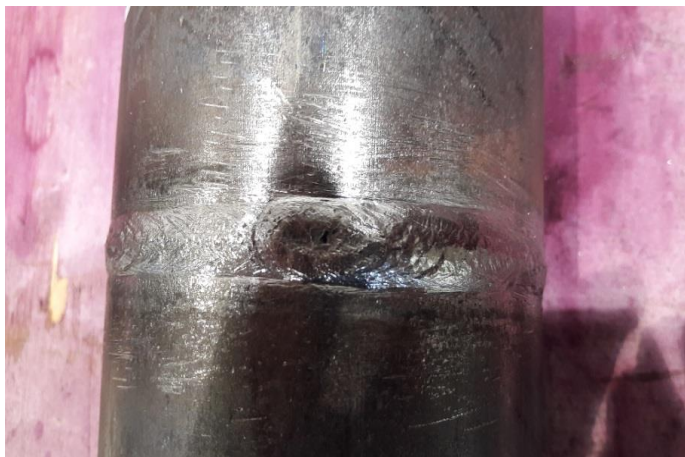
Provedení zkoušky

Na zkušebních vzorcích 111, 135 a 141 byla provedena vizuální kontrola dokončeného svaru přímou metodou, v celkovém rozsahu 100% svaru. U zkušebního svaru byla kontrolována povrchová vrstva a kořen svaru.

Zkouška provedena dle ČSN EN ISO 17637
Hodnocení vad dle ČSN ISO 5817, Stupeň přípustnosti B
Zkoušku provedl: Ing. Vladimír Kaderka,
TECHKO, spol. s r.o. Průmyslová 368, 679 21 Bořitov

Protokoly o vizuální kontrole tavných spojů č. VR 001/18, VR002/18 a VR003/18 jsou součástí přílohy této bakalářské práce.

Výsledky vizuálních zkoušek dle ČSN EN ISO 17637



Obr. 31 Vizuální zkouška 111

Vzorek č. 111 Obr. 31
Protokol č. VR001/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 09

Výsledek: **VYHOVUJE**



Obr. 32 Vizuální zkouška 135

Vzorek č. 135 Obr. 32
Protokol č. VR002/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 10

Výsledek: **VYHOVUJE**



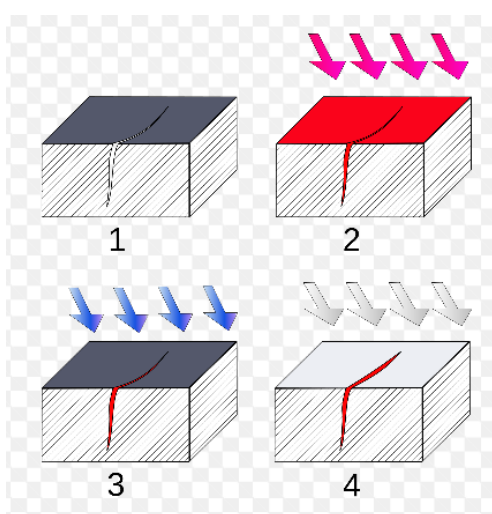
Obr. 33 Vizuální zkouška 141

Vzorek č. 135 Obr. 33
Protokol č. VR003/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 11

Výsledek: **VYHOVUJE**

6.2 Zkouška kapilární PT

Kapilárních zkoušek se používá ke zjišťování vad a necelistvosti povrchu materiálů tj takových vad, jako jsou například povrchové trhliny a póry. Princip těchto zkoušek spočívá v použití vhodné, kapilárně aktivní kapaliny, která po nanesení na povrch zkoušeného předmětu proniká do necelistvostí (trhliny, póry) a po odstranění jejího přebytku s povrchu zkoušeného předmětu vzlíná zpět vlivem působení kapilárních sil, takže povrchovou necelistvost a její tvar zviditelní na vhodné vývojce. Jako detekční kapaliny jsou vhodné pouze takové, které dobře smáčejí povrch a mají malé povrchové napětí σ cca 2,5 N/m.



Obrázek č. 34 zobrazuje zjednodušený princip provedení kapilární zkoušky na povrchu s trhlinou

- 1 zkoušený povrch s trhlinou
- 2 nanesení vhodného penetrantu
- 3 odstranění přebytku penetrantu
- 4 nanesení vývojky a indikace trhliny

Obr. 34 Princip kapilární zkoušky

Provedení zkoušky

Na zkušebních vzorcích 111, 135 a 141 byla provedena kapilární zkouška dokončeného svaru v celkovém rozsahu 100% svaru. U zkušebního svaru byla kontrolována případná detekce vzlínajícího penetrantu na kontrastním pozadí aplikované vývojky.

Zkouška provedena dle ČSN EN ISO 3452-1, zkušební systém IICd
Hodnocení vad dle ČSN ISO 23277, Stupeň přípustnosti 2x
Zkoušku provedl: Ing. Vladimír Kaderka,
TECHKO, spol. s r.o. Průmyslová 368, 679 21 Bořitov

Protokoly o kapilární zkoušce tavných spojů č. PR 001/18, PR002/18 a PR003/18 jsou součástí přílohy této bakalářské práce.

Výsledky kapilárních zkoušek dle ČSN EN ISO 3452-1



Vzorek č. 111 Obr. 35
Protokol č. PR001/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 12

Výsledek: **NEVYHOVUJE**

Obr. 35 Kapilární zkouška 111



Vzorek č. 135 Obr. 36
Protokol č. PR002/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 13

Výsledek: **VYHOVUJE**

Obr. 36 Kapilární zkouška 135



Vzorek č. 141 Obr. 37
Protokol č. PR003/18
Ze dne: 15.3.2018
Příloha č. 14

Výsledek: **VYHOVUJE**

Obr. 37 Kapilární zkouška 141

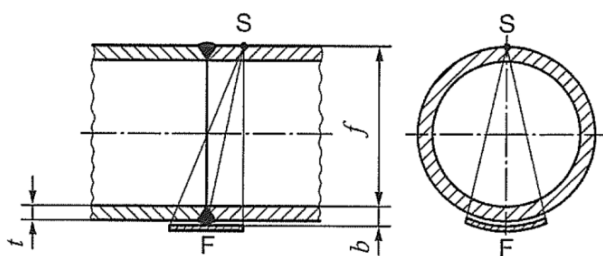
6.3 Zkouška prozářením RT

Tato metoda slouží především pro zjišťování vnitřních objemových vad - typu pórů, dutin, vměstků, studených spojů, neprovařených kořenů svarů apod. Princip metody spočívá v průchodu ionizujícího záření hmotou, při kterém se zeslabuje - v místě nehomogenit však méně. Dopadá-li toto záření prošlé výrobkem na citlivý film, vzniká obraz vad jako tmavších míst.

Zdroje záření: Rentgenové záření -
foton RTG záření vznikající jako interakce
vysoce energetického elektronu pronikajícího do materiálu
anody.

Gama záření -
je druh ionizujícího záření vznikající při radioaktivním rozpadu
jader a při přechodu do nižších energetických stavů těchto jader.

Z důvodu dostupné technologie byly pro potřeby této bakalářské práce zhotoveny snímky pomocí gama záření za použití radioaktivního nosiče Ir 192 s aktivitou do 100 Ci uložených v přepravních krytech Gammamat TiF - fy. Sauerwein, Obr. 39.



Obr. 38 Uspořádání zkoušky prozařováním



Obr. 39 Přepravní kryt Gammamat TiF

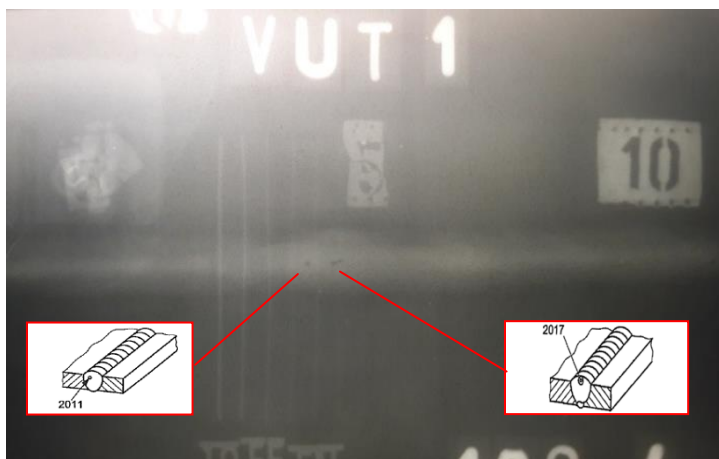
Provedení zkoušky

Na zkušebních vzorcích 111, 135 a 141 byla provedena radiografická zkouška dokončeného svaru v celkovém rozsahu 30% svaru. Obrázek 38 zobrazuje uspořádání zkoušky při prozařování přes dvě stěny s obrazem jedné stěny dle ČSN ISO 17636-1, článek 7.1.8. U zkušebního svaru byla kontrolována případná detekce vad na vyvolaném filmu.

Zkouška provedena dle ČSN EN ISO 17636-1 zkušební systém IICd
Hodnocení vad dle ČSN ISO 5817, Stupeň přípustnosti B
Zkoušku provedl: Oldřich Poledno,
GAMA Horní Ředice 133, 533 75 Dolní Ředice

Protokoly o radiografické zkoušce tavných spojů č. S1/18, S1/18 a S1/18 jsou součástí přílohy této bakalářské práce.

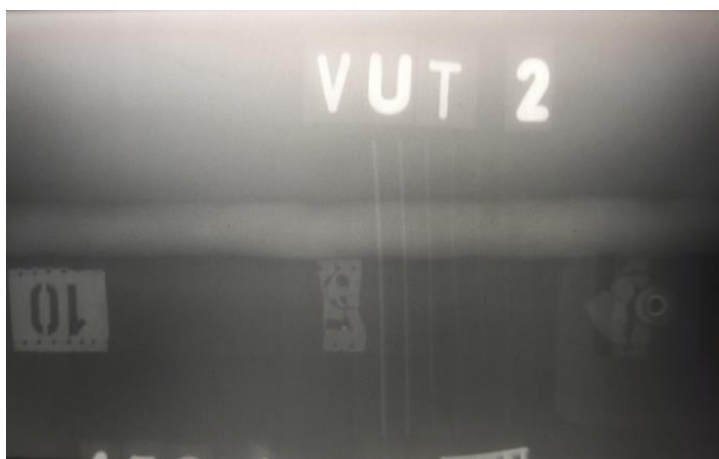
Výsledky zkoušek prozářením ČSN EN ISO 17636-1



Vzorek č. 111 Obr. 40
Protokol č. S 1/18
Ze dne 19.3.2018
Příloha č. 15

Výsledek: **NEVYHOVUJE**

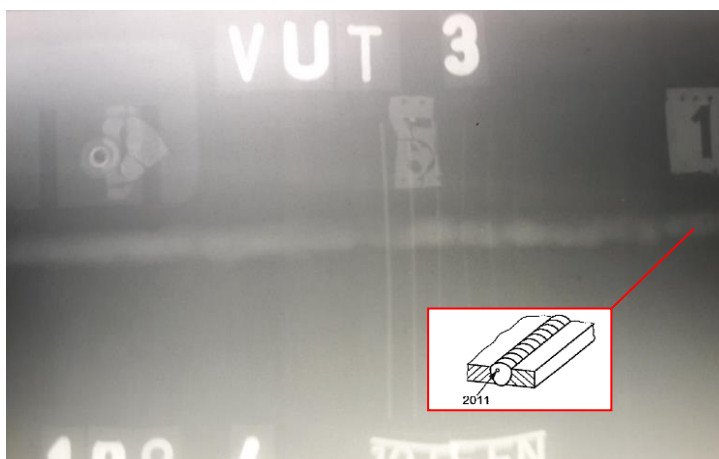
Obr. 40 Zkouška prozářením 111



Vzorek č. 111 Obr. 41
Protokol č. S 2/18
Ze dne 19.3.2018
Příloha č. 16

Výsledek: **VYHOVUJE**

Obr. 41 Zkouška prozářením 135



Vzorek č. 111 Obr. 42
Protokol č. S 3/18
Ze dne 19.3.2018
Příloha č. 17

Výsledek: **VYHOVUJE**

Obr. 42 Zkouška prozářením 141

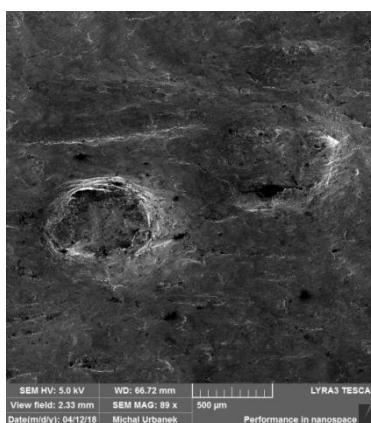
6.4 Zhodnocení nedestruktivních zkoušek

Během provádění NDT zkoušek na zkušebních vzorcích bylo detekováno několik vad, ať už povrchových nebo vnitřních, odhalitelných pouze metodou prozářením. U svařování metodou 135 byla ekonomická výhodnost podpořena negativní detekcí vad ve svarovém kovu, případně na povrchu svaru. Naopak, jako nevyhovující byl při kapilární zkoušce označen vzorek 111 svařený obalenou elektrodou. Tento stejný vzorek byl jako nevyhovující označen i při následující zkoušce prozářením.

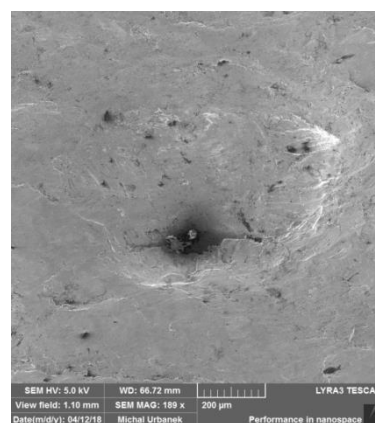
Jako zajímavost, pouze pro potřeby této bakalářské práce a zcela mimo rámec NDT zkoušek, byl uvedený svar vzorku 111 v úseku 3 ÷ 5cm fotografován v elektronovém mikroskopu s fokusovaným iontovým svazkem LYRA3 TESCAN. Série snímků povrchu svaru v různém zvětšení je na obrázcích 43, 44, 45.



Obr. 43 Měřítko 4:1



Obr. 44 Měřítko 50:1



Obr. 45 Měřítko 100:1

Drobná vada označená jako 2011 "pór" dle ČSN EN ISO 6520-1 (plynová dutina převážně kulovitého tvaru) ve vzorku 141 na pozici 10cm byla hodnocena jako vyhovující. Konkrétně u metody 141 jde o celkem překvapivou vadu. Jedná se pravděpodobně o osamocený drobný pór v krycí svarové vrstvě ale na celkové hodnocení vhodnosti svařovací metody nemá vliv.

ZÁVĚRY

Tato bakalářská práce měla navrhnout výhodnější metody svařování tělesa tlakové nádoby z ekonomického hlediska. Navrhnout svařovací parametry pro tyto metody a zhotovit zkušební kusy danou metodou. Jako první byl zhotoven vzorek svaru ruční obalenou elektrodou metodou 111, který bude sloužit jako etalon pro porovnání s dalšími metodami. Vzorek byl zhotoven v počtu 3 ks podle platného postupu svařování WPS č. 123. Jako další krok v postupu byly navrženy pWPS č. BP18 1 pro metodu svařování 135 a pWPS č. BP18 2 pro metodu 141. Podle těchto navržených pWPS byly svařeny tři zkušební vzorky od každé metody, pro porovnání ekonomických ukazatelů jednotlivých metod. Během zhotovování vzorků byly zaznamenávány hodnoty, jako je čas pro jednotlivé operace během procesu svařování, tak i monitorována spotřeba přídavných materiálů a ochranných plynů. Po zhotovení zkoušek byla jednotlivá data zpracována do přehledných tabulek a grafů a všechny tři metody byly vyhodnoceny.

Metoda 111 potvrdila očekávanou náročnost víceprací při čištění svarových vrstev od strusky a rozstříku kovů při relativně dobré svařovací rychlosti. Metoda 135 byla od začátku testů mírně favorizována pro svoji předpokládanou rychlost svařování, která se i posléze potvrdila dosažením svařovací rychlosti rychlost $4,6\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ pro kořenovou vrstvu a přibližně $5,2\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ při svařování krycí vrstvy. Svařování metodou 141 se osvědčilo během kladení kořenových vrstev, ale pro svoji nízkou svařovací rychlost kolem $0,3\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ je pro použití v tomto případě neperspektivní. Jako nejvhodnější pro opakovanou výrobu byla vyhodnocena metoda 135 a připojený návrh pWPS č. BP18 01 viz. Příloha 2 doplněný o požadované zkoušky, může být použit jako podklad pro vypracování Protokolu o kvalifikaci postupu svařování WPQR dle ČSN EN ISO 15614-1. Vlastní metoda svařování TIG by byla vhodná pro automatizované svařování pro vynikající vlastnosti tekutého kovu při kladení kořenových vrstev svaru. Zvýšení proudové zátěže během této operace by přineslo vyšší svařovací rychlost při naplnění požadavku na bezchybné (vad prosté) provedení kořenové vrstvy. V kombinaci s taktéž automatizovanou metodou MAG bychom mohli získat perspektivní, rychlý a ekonomicky velmi zajímavý způsob provedení tohoto tupého svaru.

Na zhotovených zkušebních kusech byly provedeny nedestruktivní zkoušky a to zkouška vizuální dle ČSN EN ISO 17637, zkouška kapilární dle ČSN EN ISO 3452-1 a zkouška radiografická dle ČSN EN ISO 17 636-1. O uvedených zkouškách jsou zpracovány příslušné protokoly v příloze této bakalářské práce. Provedené penetrační a radiografické zkoušky potvrdily přetrvávající potíže s přítomností vzduchových pórů ve svarovém kovu u metody MMA. Zkušební svary provedené metodami MAG a TIG byly během NDT zkoušek vyhodnoceny jako vyhovující, čímž byla potvrzena metoda MAG jako vhodná náhrada za metodu MMA.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [2]

1. GIBSON, Stuart W. *Advanced Welding*. Hampshire: MacMillan, 1997. ISBN isbn0-333-65384-x.
2. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
3. KOUKAL, Jaroslav, Drahomír SCHWARZ a Jiří HAJDÍK. *Materiály a jejich svařitelnost*. Ostrava: Český svářečský ústav, 2009. ISBN 978-80-248-2025-5.
4. *Migatronik CZ a.s.* [online]. Migatronik CZ a.s., Teplice: -, 2018 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.migatronik.com/cz/downloads/downloads>
5. PTÁČEK, Luděk. c2003. *Nauka o materiálu I. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-7204-283-1
6. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2.* opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.
7. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: Zeross, 1999. Svařování. ISBN 80-85771-70-5.
8. KOPEC, Bernard. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí: (nauka o materiálu IV)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN isbn978-80-7204-591-4.
9. GIBSON, Stuart W. *Practical Welding*. London: MacMillan, 1994. ISBN isbn0-333-60957-3.
10. *TECHKO, spol. s r.o.: Interní materiály společnosti*. Bořitov, 2018
11. KUBÍČEK. J., *Technologie II. Svařování díl 1 – Základní metody tavného svařování*. [cit. 5.2.2018]. Dostupné na KUBÍČEK. J., *Technologie II. Svařování díl 1 – Základní metody tavného svařování*. [cit. 5.2.2018]. Dostupné na <<http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/studium/index.php?stranka=opory>>.
12. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
13. BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek*. 4. aktualizované vydání se souborem testových otázek. V Ostravě: ZEROSS - svářečské nakladatelství, 2015. Svařování. ISBN 978-80-85771-08-4.
14. DOLEJSKÝ, Tomáš. *Učebnice pro základní kurz svařování tavící se elektrodou: (MIG/MAG svařování)*. 4. aktualizované vydání. Ostrava: ZEROSS, 2016. Svařování. ISBN 978-80-85771-07-7.
15. *ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ* [online]. Praha: -, 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/odkazy>
16. HRIVŇÁK, Ivan. *Zváranie a zvariteľnosť materiálův*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227- 3167-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
°C	Jednotka teploty	[C]
Bar	Vedlejší jednotka tlaku v soustavě SI 1 bar = 100 000 pascalů (Pa)	[bar]
CE	Uhlíkový ekvivalent	[%]
Ci	Jednotka radioaktivity	[Ci]
f	Frekvence	[Hz]
I	Svařovací proud	[A]
k	Účinnost	[-]
l	Jednotka objemu	[l]
lx	Jednotka osvětlení	[lm.m ⁻²]
Q	Tepelný příkon	[J]
U	Svařovací napětí	[V]
V _s	Rychlost svařování	[mm.s ⁻¹]
LPG	Liquefied Petroleum Gas	[-]
MAG	Metall Active Gas	[-]
MIG	Metall Inert Gas	[-]
NDT	Non Destructive Testing	[-]
PED	Pressure Equipment Directive	[-]
TIG	Tungsten Inert Gas	[-]
WPQR	Welding Procedure Qualification Record	[-]
WPS	Welding Procedure Specification	[-]
pWPS _i	pre Welding Procedure Specification	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Paul O. Noble základ MAG	7
Obr. 2 Výdejní stojan LPG	8
Obr. 3 Výdejní stojan LPG detail	8
Obr. 4 Princip metody 111	11
Obr. 5 Princip metody 135	13
Obr. 6 Princip metody 141	16
Obr. 7 Těleso odlučovače OPF 05	18
Obr. 8 Úprava svarových ploch pro 111 a 135	19
Obr. 9 Úprava svarových ploch pro 141	19
Obr. 10 Příprava vzorku	19
Obr. 11 Tabulka CE	20
Obr. 12 Úprava stehových svarů	22
Obr. 13 Kořenová vrstva	22
Obr. 14 Krycí vrstva	23
Obr. 15 Hotový svar metodou 111	23
Obr. 16 Geometrie svaru 111	23
Obr. 17 Detail svaru 111/1	23
Obr. 18 MIGATRONIC – PILOT 2400	26
Obr. 19 Úprava náběhové hrany	27
Obr. 20 Hotový svar metodou 135	27
Obr. 21 Geometrie svaru 135/1	28
Obr. 22 Detail svaru 135/1	28
Obr. 23 MIGATRONIC FLEX 4000 /MWF 31	31
Obr. 24 Detail kořenové vrstvy 141	32
Obr. 25 Hotová kořenová vrstva 141	32
Obr. 26 Hotový svar 141	33
Obr. 27 Geometrie svaru 141/1	33
Obr. 28 Detail svaru 141/1	33
Obr. 29 MIGATRONIC - PI 250 AC/DC – V	36
Obr. 30 RTG snímek lidské ruky	39
Obr. 31 Vizuální zkouška 111	43
Obr. 32 Vizuální zkouška 135	43
Obr. 33 Vizuální zkouška 141	43
Obr. 34 Princip kapilární zkoušky	44
Obr. 35 Kapilární zkouška 111	45
Obr. 36 Kapilární zkouška 135	45
Obr. 37 Kapilární zkouška 141	45
Obr. 38 Uspořádání zkoušky prozařováním	46
Obr. 39 Převážný kryt Gammamat TiF	46
Obr. 40 Zkouška prozařováním 111	47
Obr. 41 Zkouška prozařováním 135	47
Obr. 42 Zkouška prozařováním 141	47
Obr. 43 Měřítka 4:1	48
Obr. 44 Měřítka 50:1	48
Obr. 45 Měřítka 100:1	48

SEZNAM GRAFŮ


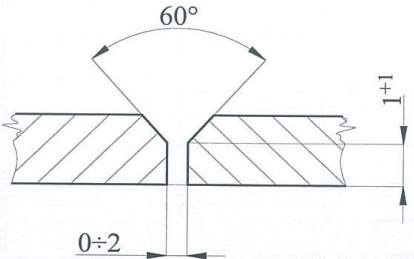
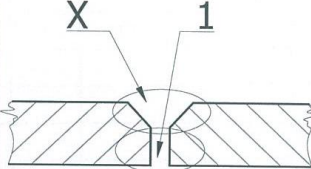

Tab. 1 Podíl složek práce pro metodu 111.....	25
Tab. 2 Cena v Kč pro metodu 111	26
Tab. 3 Podíl složek práce pro metodu 135.....	30
Tab. 4 Cena v Kč pro metodu 135	31
Tab. 5 Podíl složek práce pro metodu 141.....	35
Tab. 6 Cena v Kč pro metodu 141	36
Tab. 7 Porovnání časů práce jednotlivých metod	37
Tab. 8 Porovnání celkové ceny jednotlivých metod	37


SEZNAM TABULEK

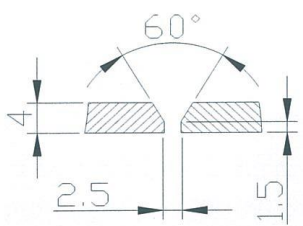
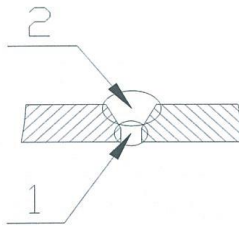
Tab. 1	Materiál 12021.1.....	19
Tab. 2	Vzorek 111/1	24
Tab. 3	Vzorek 111/2	24
Tab. 4	Vzorek 111/3	24
Tab. 5	Průměrné Hodnoty 111.....	25
Tab. 6	Vzorek 135/1	29
Tab. 7	Vzorek 135/2	29
Tab. 8	Vzorek 135/3	29
Tab. 9	Průměrné Hodnoty 111.....	30
Tab. 10	Vzorek 141/1	34
Tab. 11	Vzorek 141/2	34
Tab. 12	Vzorek 141/3	34
Tab. 13	Průměrné Hodnoty 141.....	35
Tab. 14	Rozdělení NDT dle ČSN EN ISO 17637	40

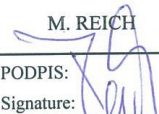
SEZNAM PŘÍLOH

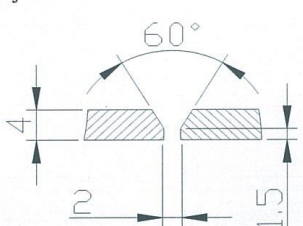
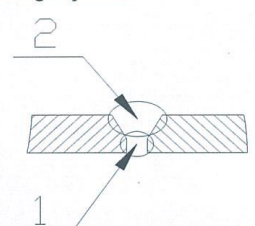
Příloha č. 01	WPS č. 123
Příloha č. 02	pWPS č. BP18 01
Příloha č. 03	pWPS č. BP18 02
Příloha č. 04	Materiálový atest, TR 108x4 12021.1
Příloha č. 05	Materiálový atest, svařovací elektroda OERLIKON 2,5x350mm
Příloha č. 06	Materiálový atest, svařovací elektroda OERLIKON 3,5x350mm
Příloha č. 07	Materiálový atest, svařovací drát PITTARC G6 1mm
Příloha č. 08	Materiálový atest, svařovací drát ESAB OK TIGROD 12.61
Příloha č. 09	Protokol o Vizuální zkoušce č. VR 001/18
Příloha č. 10	Protokol o Vizuální zkoušce č. VR 002/18
Příloha č. 11	Protokol o Vizuální zkoušce č. VR 003/18
Příloha č. 12	Protokol o Kapilární zkoušce č. PR 001/18
Příloha č. 13	Protokol o Kapilární zkoušce č. PR 002/18
Příloha č. 14	Protokol o Kapilární zkoušce č. PR 003/18
Příloha č. 15	Protokol o Radiografické zkoušce č. S 1/18
Příloha č. 16	Protokol o Radiografické zkoušce č. S 2/18
Příloha č. 17	Protokol o Radiografické zkoušce č. S 3/18

 TECHKO spol. s r.o. Průmyslová 368 679 21 Bořitov	SPECIFIKACE SVAŘOVACÍHO POSTUPU W P S Welding procedure specification		ČÍSLO WPS: 123 Number:
			REVIZE: 2 Revision:
KVALIFIKACE PODLE: Qualification in accordance with:		ČSN EN ISO 15614-1	SCHVÁLENÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ: WPAR (s):
			1-023/08
METODA SVAŘOVÁNÍ: Welding process:		MMA 111	ÚROVEŇ AUTOMATIZACE: Type of welding:
			RUČNÍ SVAŘOVÁNÍ
NÁČRT SVAŘOVÉHO SPOJE: Sketch of joint:		POSTUP SVAŘOVÁNÍ: Welding sequences:	SYMBOL SVARU: Weld symbol:
			
			TLOUŠŤKA SVARU: Weld thickness:
			(mm) 3±6,4
			VÝŠKA KOUTOVÉHO SVARU: Fillet weld throat:
			(mm) -
			MATERIÁL PODLOŽKY: Backing material:
			-
ZÁKLADNÍ MATERIÁL - Base Metals			
OZNAČENÍ OCELÍ: Material specification:		ČÍSLO SKUPINY MATERIÁLU: No.	
1 416; 11 418; P235GH; P265GH; P355GH; L245NB; L290NB; L360NB; 11 503; 11 523; 12 010; 12 020; 12 021; 12 022; 13 030; St 37-3; St 35; St 35-8; St 35-4 H I; H II; USt 37-2; RSt 37-2; St 52-3; St 45-8; 17 Mn4; A105; A 106-grA; A 106-grB		TNI CEN ISO/TR 15608 1	
k: to:		k: to:	
1 416; 11 418; P235GH; P265GH; P355GH; L245NB; L290NB; L360NB; 11 503; 11 523; 12 010; 12 020; 12 021; 12 022; 13 030; St 37-3; St 35; St 35-8; St 35-4 H I; H II; USt 37-2; RSt 37-2; St 52-3; St 45-8; 17 Mn4; A105; A 106-grA; A 106-grB		TNI CEN ISO/TR 15608 1	
ROZSAH SPOJOVANÝCH TLOUŠŤEK: Thickness range:		ROZSAH VNĚJŠÍCH PRŮMĚRŮ TRUBEK: Pipe diameter range:	
3±6,4 (mm)		11±44 (mm)	
ZPŮSOB PŘÍPRAVY ÚKOSU A ČISTĚNÍ: Preparation method of groove and cleaning:		- Mechanické opracování - Očistit od rzi, okují, mastnot, nečistot a pod. v šířce nejméně 10 mm od tvarového úkosu	
PŘÍDAVNÝ MATERIÁL - Filler Metals			
OBCHODNÍ ZNAČKA: Trade mark:		OERLIKON - SPEZIAL	
OZNAČENÍ PODLE: Specification in acc. to:		EN ISO 2560: E 38 2 B 12 H 10 EN ISO 9606-01: FM1	
CHEMICKÉ SLOŽENÍ SVAŘOVÉHO KOVU: Chemical analysis of the weld deposit:		C - 0,06 ; Mn - 0,90; Si - 0,70 (%)	
REŽIM PŘESUŠENÍ: Rebaking procedure:		250±300°C / 2h	
POLOHY SVAŘOVÁNÍ - Welding positions			
TUPÝ SVAR: Butt or groove weld:		KOUTOVÝ SVAR: Fillet weld:	
PA		-	
SMĚR SVAŘOVÁNÍ SVISLÝCH SVAŘŮ: Vertical welding progression:		-	

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - Heat treatment									
PŘEDEHŘEV:			INTERPASS TEPLOTA:			DOHŘEV:			
Preheat:			Interpass temperature:			Preheat maintenance:			
min. / 6 °C			max. / - °C			°C - h			
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ PO SVAŘENÍ - Postweld heat treatment									
ROZSAH TEPLOT:					DOBA PRODLEEVY:				
Temperature range: BEZ T.Z.					Time range: - °C				
SVAŘOVACÍ PARAMETRY - Welding parameters									
VRSTVA	METODA	OZNAČENÍ	PRŮMĚR	PROUD	TYP	NAPĚTÍ	POLARITA	POZNÁMKA	
Layer	Method	Designation	Diameter (mm)	Current (A)	Type	Voltage (V)	Polarity	Notes	
1	111	SPEZIAL	2,5	75÷80	=	-	+		
2 ÷ X	111	SPEZIAL	2,5	80÷120	=	-	+	+))	
+) Možno použít elektrodu pr. 3,2 mm									
PLYN - Gas									
PŘÍMÁ PLYNOVÁ OCHRANA:					PŘÍMÁ PLYNOVÁ OCHRANA:				
Shielding gas: -					Backing gas: -				
OZNAČENÍ PLYNU:			PRŮTOK:		OZNAČENÍ PLYNU:			PRŮTOK:	
Gas specification: -			Flow rate: -		Gas specification: -			Flow rate: l/min	
SVAŘOVACÍ PODMÍNKY - Welding conditions									
POČET VRSTEV PRO 1 STRANU:				VÍCEVRSTVÉ		DRUH WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY:			
Pass number per one side:						Type of tungsten electrode: -			
ROZKYV:				-		ROZMĚR WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY:			
Weaving:						Measurement of tungsten electrode: -			
POČET ELEKTROD:			JEDNOU ELEKTRODOU			ROZMĚR PLYNOVÉ HUBICE:			
Electrode number:						Gas orifice size: -			
PULSNÍ PROUD:				-		VYLOŽENÍ ELEKTRODY:			
Pulsing current:						Wire extension: -			
PŘENOS KOVU V OBLOUKU:				-		PROKOVÁNÍ SVARU:			
Mode of metal transfer:						Peening: NE			
DRÁŽKOVÁNÍ:				NE		METODA:			
Back gouging:						Method: -			
ZPŮSOB ČISTĚNÍ SVARU:						KLADIVO, KARTÁČ, BRUSKA			
Weld cleaning method:									
POZNÁMKY - Notes									
 TECHKO spol. s r.o. Průmyslová 368 679 21 Bořitov			VYPRACOVAL Prepared by: Ing. Stanislav LIMAN			SCHVÁLIL: Approved by:			
DATUM: Date: 25.5.2016			PODPIS: Signature: <i>Lim</i>			DATUM: Date:			
						PODPIS: Signature:			

SPECIFIKACE SVAŘOVACÍHO POSTUPU pWPS Welding procedure specification		ČÍSLO WPS: Number: BP18 1
KVALIFIKACE PODLE: Qualification in accordance with: ČSN EN ISO 15614		SCHVÁLENÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ: Supporting PQR (s): -
METODA SVAŘOVÁNÍ: Welding process: 135		ÚROVEŇ AUTOMATIZACE: Type of welding:
NÁČRT SVAŘOVÉHO SPOJE: Sketch of joint:	POSTUP SVAŘOVÁNÍ: Welding sequences:	SYMBOL SVARU: v Weld symbol:
		TLOUŠŤKA SVARU: Weld thickness: 3 ÷ 20 (mm)
		VÝŠKA KOUTOVÉHO SVARU: Fillet weld throat: - (mm)
		MATERIÁL PODLOŽKY: Backing material: -
ZÁKLADNÍ MATERIÁL - Base Metals		
OZNAČENÍ OCELÍ: 12 021.1 Material specification:		ČÍSLO SKUPINY MATERIÁLU: CR ISO 15608 1.1
k: 12021.1 to:		No. k: CR ISO 15608 1.1 to:
ROZSAH SPOJOVANÝCH TLOUŠŤEK: Thickness range: (mm) 3 ÷ 10		ROZSAH VNĚJŠÍCH PRŮMĚRŮ TRUBEK: Pipe diameter range: (mm) 30 ÷ 150
ZPŮSOB PŘÍPRAVY ÚKOSU A ČISTĚNÍ: Preparation method of groove and cleaning:	- Mechanické opracování - Očistit od rzi, okují, masnot, nečistot a pod. v šířce nejméně 10mm od svarového úkosu	
PŘÍDAVNÝ MATERIÁL - Filler Metals		
OBCHODNÍ OZNAČENÍ: Trade mark:	PITTARC G6 1mm	
KLASIFIKACE: Classification:	EN ISO 14341-A: A-G42/4 M21 G3Si1	
CHEMICKÉ SLOŽENÍ SVAŘOVÉHO KOVU: Chemical analysis of the weld deposit:	C 0,06 ÷ 0,14; Mn 1,3 ÷ 1,6; Si 0,70 ÷ 1,00 (%)	
REŽIM PŘESUŠENÍ: Rebaking procedure:	-	
POLOHY SVAŘOVÁNÍ - Welding positions		
TUPÝ SVAR: Butt or groove weld: PA		KOUTOVÝ SVAR: Fillet weld: -
SMĚR SVAŘOVÁNÍ SVISLÝCH SVARŮ: Vertical welding progression:	-	

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - Heat treatment								
PŘEDEHŘEV:			INTERPASS TEPLOTA:			DOHŘEV:		
Preheat: min. / 6 °C			Interpass temperature: max. / - °C			Preheat maintenance: °C - h		
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ PO SVAŘENÍ - Postweld heat treatment								
ROZSAH TEPLOT:					DOBA PRODLEVY:			
Temperature range: -					°C Time range: - °C			
SVAŘOVACÍ PARAMETRY - Welding parameters								
VRSTVA Layer	METODA Method	OZNAČENÍ Designation	PRŮMĚR Diameter (mm)	PROUD Current (A)	TYP Type	NAPĚTÍ Voltage (V)	POLARITA Polarity	POZNÁMKA Notes
1	135	G3Si1	1	120 ÷ 140	=		+	zkratový přenos
2	135	G3Si1	1	110 ÷ 130	=		+	pulsní přenos
PLYN - Gas								
PŘÍMÁ PLYNOVÁ OCHRANA:				Směsný plyn		KOŘENOVÁ PLYNOVÁ OCHRANA:		
Shielding gas:						Backing gas: -		
OZNAČENÍ PLYNU:		M2.1	PRŮTOK: 10 ÷ 16		OZNAČENÍ PLYNU:		PRŮTOK:	
Gas specification:		ČSN ISO 14175	Flow rate: lxmin ⁻¹		Gas specification: -		Flow rate: -	
SVAŘOVACÍ PODMÍNKY - Welding conditions								
POČET VRSTEV PRO 1 STRANU:			VÍCEVRSTVÉ			DRUH WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY:		
Pass number per one side:						Type of tungsten elektrode: -		
ROZKYV:			ANO			ROZMĚR WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY		
Weaving:						Measurement of tungsten elektrode: -		
POČET ELEKTROD:			1			ROZMĚR PLYNOVÉ HUBICE:		
Elektrode number:						Gas orifice size: -		
PULSNÍ PROUD:			ANO VÝPLŇOVÁ VRSTVA			VYLOŽENÍ ELEKTRODY:		
Pulsing current:						Wire extension: -		
PŘENOS KOVU V OBLOUKU:			viz. - POZNÁMKA			PROKOVÁNÍ SVARU:		
Mode of metal transfer:						Peening: NE		
DRÁŽKOVÁNÍ:			NE			METODA:		
Back gouging:						Method: -		
ZPŮSOB ČISTĚNÍ SVARU:					KLADIVO, KARTÁČ, BRUSKA			
Weld cleaning method:								
POZNÁMKY - Notes								
VYPRACOVAL:			M. REICH			SCHVÁLIL:		
Prepared by:						Approved by:		
DATUM:		7.2.2018	PODPIS:		DATUM:		PODPIS:	
Date:			Signature:		Date:		Signature:	

SPECIFIKACE SVAŘOVACÍHO POSTUPU pW P S Welding procedure specification		ČÍSLO WPS: Number:	BP18 2
		REVIZE: Revision:	0
KVALIFIKACE PODLE: Qualification in accordance with:	ČSN EN ISO 15614	SCHVÁLENÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ: Supporting PQR (s):	-
METODA SVAŘOVÁNÍ: Welding process:	141	ÚROVEŇ AUTOMATIZACE: Type of welding:	
NÁČRT SVAŘOVÉHO SPOJE: Sketch of joint:		POSTUP SVAŘOVÁNÍ: Welding sequences:	
		SYMBOL SVARU: Weld symbol:	v
		TLOUŠŤKA SVARU: Weld thickness:	3 ÷ 10 (mm)
		VÝŠKA KOUTOVÉHO SVARU: Fillet weld throat:	- (mm)
		MATERIÁL PODLOŽKY: Backing material:	-
ZÁKLADNÍ MATERIÁL - Base Metals			
OZNAČENÍ OCELÍ: Material specification:	12 021.1	ČÍSLO SKUPINY MATERIÁLU: No.	CR ISO 15608 1.1
k:	12021.1	k:	CR ISO 15608 1.1
to:		to:	
ROZSAH SPOJOVANÝCH TLOUŠŤEK: Thickness range:	3 ÷ 10 (mm)	ROZSAH VNĚJŠÍCH PRŮMĚRŮ TRUBEK: Pipe diameter range:	30 ÷ 150 (mm)
ZPŮSOB PŘÍPRAVY ÚKOSU A ČISTĚNÍ: Preparation method of groove and cleaning:	- Mechanické opracování - Očistit od rzi, okují, mastnot, nečistot a pod. v šířce nejméně 10mm od svařového úkosu		
PŘÍDAVNÝ MATERIÁL - Filler Metals			
OBCHODNÍ OZNAČENÍ: Trade mark:	ESAB OK TIGROD 12.61 2mm		
KLASIFIKACE: Classification:	EN 1668: W 42 3 W3Si1		
CHEMICKÉ SLOŽENÍ SVAŘOVÉHO KOVU: Chemical analysis of the weld deposit:	C 0,06 ÷ 0,14; Mn 1,3 ÷ 1,6; Si 0,70 ÷ 1,00 (%)		
REŽIM PŘESUŠENÍ: Rebaking procedure:	-		
POLOHY SVAŘOVÁNÍ - Welding positions			
TUPÝ SVAR: Butt or groove weld:	PA	KOUTOVÝ SVAR: Fillet weld:	-
SMĚR SVAŘOVÁNÍ SVISLÝCH SVARŮ: Vertical welding progression:	-		

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - Heat treatment									
PŘEDEHŘEV:			INTERPASS TEPLOTA:			DOHŘEV:			
Preheat: min. / 6 °C			Interpass temperature: max. / - °C			Preheat maintenance: °C - h			
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ PO SVĚŘENÍ - Postweld heat treatment									
ROZSAH TEPLOT: Temperature range:					DOBA PRODLEVY: °C Time range:				
-									
SVAŘOVACÍ PARAMETRY - Welding parameters									
VRSTVA Layer	METODA Method	OZNAČENÍ Designation	PRŮMĚR Diameter (mm)	PROUD Current (A)	TYP Type	NAPĚTÍ Voltage (V)	POLARITA Polarity	POZNÁMKA Notes	
1	141	W3Si1	1	125 ÷ 110	=		-		
2	141	W3Si1	1	110 ÷ 80	=		-		
PLYN - Gas									
PŘÍMÁ PLYNOVÁ OCHRANA: Shielding gas:					KOŘENOVÁ PLYNOVÁ OCHRANA: Backing gas:				
ARGON 4.6					-				
OZNAČENÍ PLYNU: Gas specification:			PRŮTOK: 10 ÷ 16 Flow rate: lxmin ⁻¹		OZNAČENÍ PLYNU: Gas specification:			PRŮTOK: Flow rate:	
II ČSN ISO 14175					-				
SVAŘOVACÍ PODMÍNKY - Welding conditions									
POČET VRSTEV PRO 1 STRANU: Pass number per one side:			VÍCEVRSTVÉ			DRUH WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY: Type of tungsten electrode:			WT 20
ROZKYV: Weaving:			ANO			ROZMĚR WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY Measurement of tungsten electrode:			2,4 mm
POČET ELEKTROD: Electrode number:			1			ROZMĚR PLYNOVÉ HUBICE: Gas orifice size:			-
PULSNÍ PROUD: Pulsing current:			NE			VYLOŽENÍ ELEKTRODY: Wire extension:			-
PŘENOS KOVU V OBLOUKU: Mode of metal transfer:			zkrat			PROKOVÁNÍ SVARU: Peening:			NE
DRÁŽKOVÁNÍ: Back gouging:			NE			METODA: Method:			-
ZPŮSOB ČISTĚNÍ SVARU: Weld cleaning method:					KLADIVO, KARTÁČ, BRUSKA				
POZNÁMKY - Notes									
VYPRACOVAL: Prepared by:			M. REICH			SCHVÁLIL: Approved by:			
DATUM: Date:			7.2.2018		PODPIS: Signature:		DATUM: Date:		PODPIS: Signature:

Příloha 4



A02 Inspekční certifikát "3.1" (EN 10 204)

A03 číslo dokumentu: 41887/13

1402572

A07	Číslo objednávky odběratele / číslo položky: OV-1297/2013	A08	Číslo zakázky výrobce: 22633/0/13																
A11	Číslo objednávky dodavatele:	A10	Číslo návštěvy: 108961																
B08, B12/13	Dodávané množství:	B13	Skutečná hmotnost																
	ks svazků m kg																		
	41 2 253.000 2611																		
B09-11	Rozměry: 108.0 x 4.00 mm																		
B02	Označení oceli: 12021.1																		
B01, B03, B04	Druh výrobku, stav, dodací podmínky: Trubka ocelová bezešvá se zaručenými vlastnostmi za vyšších teplot ČSN 42 5715.01:1981, ČSN 42 0251.73:1989- PED 97/23/EC, Normalizačně doválcováno.																		
A04, B06	Značení : znak výrobce AMTPO																		
C71-92	Tabešní chemická analýza (%)	C70	Ocel vyrobená kyslíkovým procesem, plně ukladněná, kontinuálně odlévaná.																
B07	Číslo tabvy	C	MN	SI	P	S	CU	NI	CR										
	47858K	0.08	0.57	0.211	0.016	0.013	0.06	0.03	0.05										
Z99	Pokračování v příloze																		
B07	Výsledky zkoušek:	MPa	MPa	% 5d	J.cm ²	D02-05													
C04	Č. tabvy: 000 Č. zkoušky:	c11 Mez kluzu min. 235	c12 Pevnost v tahu 340- 470	c13 Tažnost min.25	c40-43 Zk. rázem v ohybu min.	Nedestruktivní elektromagnetická zkouška - vyhověla													
	47858K	285 294	416 414	33.5 35.4															
Z99	Pokračování v příloze																		
D01	Kontrola povrchu a rozměrů - vyhověla	X	D51	Nepropustnost trub zaručena při tlaku	MPa	6													
C50	Zkouška smáčknutím - vyhověla	X	D52	Provedena 100% elektrojiskrová zkouška															
C51	Zkouška rozšiřováním - vyhověla	X																	
C52	Zkouška lemováním - vyhověla		C54	Zkouška rozšiřováním prstence - vyhověla															
C53	Zkouška ohybem - vyhověla		D53																
D06	RTG - zkouška svarových spojů - vyhověla		D07	UŽ - zkouška - vyhověla															

Poznámky :
PED 97/23/EC a AD 2000-Merkblatt W0 certifikován společností TÜV NORD, certifikát č. 07-202-1413 WZ-0807/09.
 Vrubová houževnatost garantována na základě statistického hodnocení (27J/+20°C)
C93 Hodnota hmotnostní aktivity ionizujícího záření v tabešní analýze nepřesahuje 100 Bq/kg.
 Z01 Všechny trubky odpovídají výše uvedeným normám, požadavkům a smlouvám sjednaným v kupní smlouvě.
 Z02 Datum vydání 10.10.2013/CE



A01 ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s.
 A05 Řízení jakosti
 Vratimovská 689
 707 02 Ostrava-Kunčice
 Česká republika

Bc. Petr Pastucha
 odborný znalec
 z02 Ověření platnosti

AIR LIQUIDE WELDING FRANCE

13, rue d'Epluches
Saint-Ouen L'Aumône
95315 Cergy Pontoise Cedex
FRANCE

Phone: +33 1 342 13 333
Fax: +33 1 342 13 130
Internet : www.airliquidewelding.com



Product Certificate

Customer:	Certificate No.:	Order No.:	Delivery Note:
Air Liquide Welding Central Europe AIR LIQUIDE WELDING CENTRAL EUROPE S.R.O. Hlohovecká 6 ICO: 36557331, DIC: 2021787119 IC DPH: SK2021787119 Lužianky	2110310580043442		
Trade Name:	Date:	Quantity Quantity:	UM
SPEZIAL 2.50X0350XCBOX	09/04/13		PC Piece
Classification:	EN ISO 2560-A : E 38 3 B 12 H10 AWS A 5.1 - E 7016-H8		Batch No.: 371314404

We confirm following properties for the welding filler metals delivered by us.

Chemical Analysis:

Certificate Type EN 10 204-3.1 WELD METAL

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V
0.067	0.987	0.591	0.014	0.009	0.045	0.054	0.003	0.002	0.005
Cu									
0.079									

Mechanical Properties:

Certificate Type EN 10 204-2.2 WELD METAL

Tensile Test according to EN ISO 6892-1					Impact Strength Test according to EN ISO 148-1		
Test Temp.	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation	Z	Test Temp.	Impact Strength	heat Treatment
°C	ReH N/mm ²	N/mm ²	%	%	°C	Joule (Charpy-V)	
+20	446	535	29		-20	98	As Welded
					-30	74	

22.04.2013

Your Contact Person :
Peter Hrnčar
Air Liquide Welding Central Europe
Tel: +421/ 37 692 46 53
Fax: +421/37 651 2804

Marian Domnescu
QA Manager – Buzau Plant
This document has been issued by computer and needs no signature
This document has been issued by computer and needs no signature.



AIR LIQUIDE WELDING FRANCE

13, rue d'Epluches
Saint-Ouen L'Aumône
95315 Cergy Pontoise Cedex
FRANCE

Phone: +33 1 342 13 333
Fax: +33 1 342 13 130
Internet: www.airliquidewelding.com



Product Certificate

Customer:	Certificate No.:	Order No.:	Delivery Note:
Air Liquide Welding Central Europe AIR LIQUIDE WELDING CENTRAL EUROPE S.R.O. Hlohovecká 6 ICO: 36557331, DIC: 2021787119 IC DPH: SK2021787119 Lužanky	2110310580044506		
Trade Name:	Date:	Quantity Quantity:	UM
SPEZIAL 3.20X0350XCBOX	06/06/13		PC Piece Batch No.: 371322206
Classification:	EN ISO 2560-A : E 38 3 B 12 H10 AWS A 5.1 - E 7016-H8		

We confirm following properties for the welding filler metals delivered by us.

Chemical Analysis:

Certificate Type EN 10 204-3.1 WELD METAL

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V
0.050	0.975	0.622	0.015	0.007	0.031	0.049	0.006	0.003	0.005
Cu									
0.074									

Mechanical Properties:

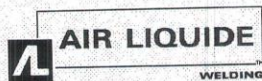
Certificate Type EN 10 204-2.2 WELD METAL

Tensile Test according to EN ISO 6892-1					Impact Strength Test according to EN ISO 148-1		
Test Temp.	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation	Z	Test Temp.	Impact Strength	heat Treatment
°C	ReH N/mm ²	N/mm ²	%	%	°C	Joule (Charpy-V)	
+20	454	528	28		-20	110	As Welded
					-30	100	

01.07.2013

Your Contact Person :
Peter Hrnčar
Air Liquide Welding Central Europe
Tel: +421/ 37 692 46 53
Fax: +421/37 651 2804

Marian Domnescu
QA Manager – Buzau Plant
This document has been issued by computer and needs no signature
This document has been issued by computer and needs no signature.





SIAT

SIAT spa
 Società Italiana Acciaio Trattati
 S.p.A. Soc. Euro S.p.A. (100%)
 35019 Serravalle Friuli / Udine Italy via Fagnoli, 54

Tel. +39 0432 062 911 Fax +39 0432 062 960
 P. Sezione Reg. Imprese C.C.I.A.A. Udine
 C.F. 01200000337 / N. Imp. Udine 115789
 www.siatspa.com / siat@pittini.it

Divisione Pittarc di per saldatura
 S.p.A. - Via S. Maria della Carliera, 30
 Tel. +39 0432 060 5711 Fax +39 0432 062 903
 www.pittarc.com / pittarc@pittini.it



SIAT SPA SOCIETÀ ITALIANA ACCIAIO TRATTATI S.p.A. (100%)
 Azienda con i seguenti sistemi di gestione certificati:
 - qualità secondo UNI EN ISO 9001:2008

CERTIFICATO DI COLLAUDO

Inspection Certificate - Abnahmeprüfzeugnis - Certificate de Réception
 secondo by / nach / selon EN 10204 3.1

N° 6307/2013/A
 DATA 10/12/2013

PRODOTTO Product Erzeugnis Produit	C1200017 Wire electrode Pittarc G6	Ø 1,00	N° DOC. di TRASP. 07711 del 10/12/2013 Dispatch Note / Lieferschein / Avis d'expédition	CLIENTE Customer / Besteller / Client	023654
NORMATIVA Standard	AWS A5.18 ERT05-6 EN ISO 14341 A-G42 4 M21 3S11		N° ORDINE 201305152 / 0003 Order / Bestellung / Commande	H+M ZLIN A.S. K FARM 495 76314 ZLIN - STIPA CZ	
			CONFERMA SH13259 Confirmation / Auftragsbestätigung / Confirmation de commande		

ANALISI CHIMICA di COLATA % - Heat Chemical composition % - Schmelze Chemische Zusammensetzung % - Composition chimique sur coulée %														
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Sn	Al	V	Ti	B	N
0,07	1,42	0,84	0,010	0,018	0,05	0,05	0,01	0,07	0,005	0,002	0,000			

CARATTERISTICHE MECCANICHE - Mechanical properties - Mechanische kenwerte - Caracteristiques mecaniques										
Diametro effettivo Actual diameter	Largezza effettiva Actual Width	Altezza Effettiva Actual Height	Resistenza snervamento Yield Point Re	Resistenza rottura Tensile strength Rm	Allungamento Elongation A	Strizione Reduction Z	Resilienza KV Impact Test	Durezza Hardness HRB		
10,00 mm	mm	mm	MPa	MPa	%	%	C°	J		
497	564	25,0	60	-40	94					

ALTRE PROVE: Other tests	ANNOTAZIONI: Notes AVERAGE VALUES OBTAINED IN THE PERIODIC TEST	<p>Si certifica che il materiale sopra descritto è conforme all'ordine. We hereby certify that the material described above complies with the terms of the order contract. Es wird bestätigt dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestelldatnahme entspricht. Nous certifions que la livraison est conforme aux stipulations de l'acceptation de la commande.</p> <p>Controllo Qualità / Quality Control / Qualitätsstelle / Contrôle de Qualité</p> <p>C. Ascantio</p>
------------------------------------	--	---



DIN EN ISO 9001:2000
Zertifikat: 01 100 6584

ATEST ČSN EN 10204 - 2.2
TEST REPORT

Odběratel Customer:	44017235 Techko spol. s.r.o. Bělohorská 2884/85 Brno
63600	

Obj.č./Your order No

Zakáz.č./Our ref.:

Číslo výrobku Item no	Název výrobku Description	Množství Quantity	Jedn. Unit	LOT	
	OK TIGROD 12.61	2,0	5	kg	PV144032207

Chemické složení/Chemical composition (%)

Drát Wire	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
	0,08	1,49	0,88	0,015	0,013	0,03	0,02
	Mo	V	Cu	Al	Zr+Ti		
	0,009	0,002	0,03	0,002	0,003		

Zkouška tahem/Tensile test

Svarový kov Weld metal	Temp °C	Rp 0,2 N/mm ²	Re H N/mm ²	Rm N/mm ²	A5 %
	+20		470	560	26

Zkouška rázem/Impact test

Svarový kov Weld metal	Temp °C	J	Temp °C	J
		-30	70	

Doplňující data/Additional data

Classifications Wire Electrode: SFA/AWS A5.18: ER70S-6, EN 1668: W3Si1
Classifications Weld Metal: EN 1668: W 42 3 W3Si1

Datum/Date: 21.8.2013

Adresa/Address	IČO	DIČ	Telefon/Phone	Fax
ESAB VAMBERK, s.r.o. Smetanovo nábřeží 33 517 54 VAMBERK CZECH REPUBLIC	25268023	CZ25268023	+420 494 501 476	+420 494 501 476

Zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Hradci Králové, oddíl C, vložka 11464.

Dříloha O



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz

BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

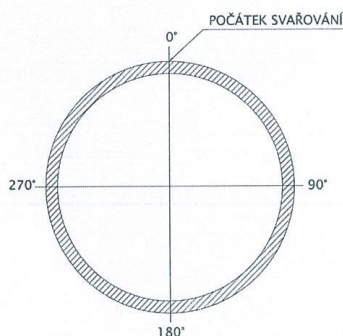
PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE TAVNÝCH SVARŮ DLE ČSN EN ISO 17637 VISUAL EXAMINATION REPORT OF FUSION WELDS acc. to DLE ČSN EN ISO 17637	Číslo protokolu : Document No. :		VR 001/18	
	Strana : Page :		1	z of 1
	Číslo zakázky : MFR'S works order No. :		30 18 009	

ODBĚRATEL / PŘÍJEMCE / CUSTOMER :	Martin Reich		
VÝROBEK / PRODUCT :	Vzorek 111/1	VÝROBNÍ ČÍSLO / SER. No.	1

PŘEDPIS / REGULATION : ČSN EN ISO 17637			
Rozsah kontroly : Examination range	<input checked="" type="checkbox"/> Krycí vrstva 100% Covering layer :	<input checked="" type="checkbox"/> Kořen svaru 100% Root	<input type="checkbox"/> Jiné : Other one : Přístupné kořeny svarů Accessible roots of welds
Stupeň připustnosti podle ČSN EN ISO 5817/ Acceptance level acc. to ČSN EN ISO 5817 :		Stupeň jakosti: B	

Svarový spoj č. Weld No.	Typ vady / Type of defect ČSN EN ISO 6520-1	Hodnocení vady / Evaluation of defect ČSN EN ISO 5817		Poznámka Note	Výsledek kontroly Result	
		Skutečná vel. (mm) Actual size	Poloha (mm) Position		Nevyhovuje Not accepted	Vyhovuje Accepted
1	502 – převýšení svaru	max. 1,2	po celém obvodu			X
1	504 – převýšení kořene	max. 0,8	po celém obvodu			X
1	514 – nepravidelný povrch		po celém obvodu			X

Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation :	VYHOVUJE / ACCEPTED
--	----------------------------

Poznámka / Note	
	Kaderka Vladimír / 15.3.2018 Číslo certifikátu / Certificate No.: 101-00796
Hodnotil / Datum, razítko, podpis	
Evaluated by / Date, signature, stamp	

Dříloha 10



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz
 BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE TAVNÝCH SVARŮ DLE ČSN EN ISO 17637 VISUAL EXAMINATION REPORT OF FUSION WELDS acc. to DLE ČSN EN ISO 17637	Číslo protokolu : VR 002/18	
	Document No. :	
	Strana : 1	z of 1
Číslo zakázky : 30 18 009		MFR'S works order No. :

ODBĚRATEL / PŘÍJEMCE / CUSTOMER : Martin Reich	VÝROBNÍ ČÍSLO / SER. No. : 1
VÝROBEK / PRODUCT : Vzorek 135/1	

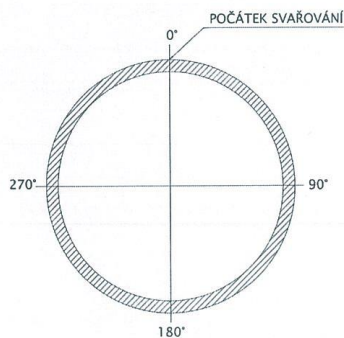
PŘEDPIS / REGULATION : ČSN EN ISO 17637

Rozsah kontroly : Krycí vrstva 100% Kořen svaru 100% Jiné : Přístupné kořeny svarů
 Examination range Covering layer : Root Other one : Accessible roots of welds

Stupeň připustnosti podle ČSN EN ISO 5817/ Acceptance level acc. to ČSN EN ISO 5817 : **Stupeň jakosti: B**

Svarový spoj č. / Weld No.	Typ vady / Type of defect ČSN EN ISO 6520-1	Hodnocení vady / Evaluation of defect ČSN EN ISO 5817		Poznámka / Note	Výsledek kontroly / Result	
		Skutečná vel. (mm) / Actual size	Poloha (mm) / Position		Nevyhovuje / Not accepted	Vyhovuje / Accepted
1	502 – převýšení svaru	max. 2	po celém obvodu			X
1	504 – převýšení kořene	max. 0,5	po celém obvodu			X

Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation : **VYHOVUJE / ACCEPTED**

Poznámka / Note	 Kaderka Vladimír / 15.3.2018 Číslo certifikátu / Certificate No.: 101-00796
	Hodnotil / Datum, razítko, podpis Evaluated by / Date, signature, stamp

Dříloha 11



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz

BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE TAVNÝCH SVARŮ DLE ČSN EN ISO 17637 VISUAL EXAMINATION REPORT OF FUSION WELDS acc. to DLE ČSN EN ISO 17637	Číslo protokolu : Document No. :	VR 003/18		
	Strana : Page :	1	z of	1
	Číslo zakázky : MFR'S works order No. :	30 18 009		

ODBĚRATEL / PŘÍJEMCE / CUSTOMER :	Martin Reich		
VÝROBEK / PRODUCT :	Vzorek 141/1	VÝROBNÍ ČÍSLO / SER. No.	1

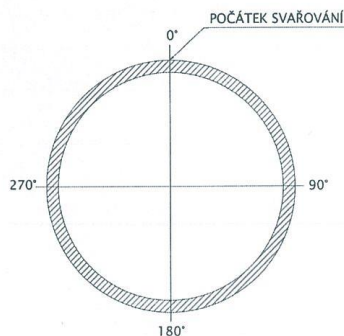
PŘEDPIS / REGULATION : ČSN EN ISO 17637

Rozsah kontroly : Krycí vrstva 100% Kořen svaru 100% Jiné : Přístupné kořeny svarů
 Examination range Covering layer : Root Other one : Accessible roots of welds

Stupeň přípustnosti podle ČSN EN ISO 5817/ Acceptance level acc. to ČSN EN ISO 5817 : **Stupeň jakosti: B**

Svarový spoj č. Weld No.	Typ vady / Type of defect ČSN EN ISO 6520-1	Hodnocení vady / Evaluation of defect ČSN EN ISO 5817		Poznámka Note	Výsledek kontroly Result	
		Skutečná vel. (mm) Actual size	Poloha (mm) Position		Nevyhovuje Not accepted	Vyhovuje Accepted
1	502 – převýšení svaru	max. 0,8	po celém obvodu			X
1	504 – převýšení kořene	max. 1,5	po celém obvodu			X

Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation : **VYHOVUJE / ACCEPTED**

Poznámka / Note	 Kaderka Vladimír / 15.3.2018 Číslo certifikátu / Certificate No.:101-00796
	Hodnotil / Datum, razítko, podpis Evaluated by / Date, signature, stamp



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz

BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

PROTOKOL O BAREVNÉ KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE DLE ČSN EN ISO 3452-1	Číslo protokolu : PR 001 / 18	
	Strana : 1	z of 1
	Číslo zakázky : 30 18 009	

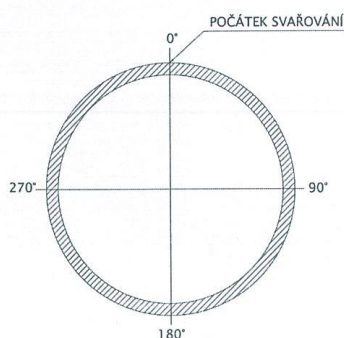
ZÁKAZNÍK / PŘÍJEMCE / CUSTOMER :	Martin Reich		
VÝROBEK / PRODUCT :	Vzorek 111/1	VÝR. Č. / SER. No.	1

PŘEDPIS / REGULATION :			
Rozsah zkoušení : 100 %	Zkoušená část : 100 %	vnější povrch svaru	Stav povrchu : Neopracovaný svar
Prostředek pro předčištění : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	
Penetrant : BDR	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 21 16	
Mezičistič : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	
Vývojka : BEA	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 23 18	
Zkušební teplota / Test. temperature : 20 °C	Teplota sušení / Drying temperature : 20 °C		
Penetrační čas/ Penetr. time : 10 min	Vyvíjecí čas/ Develop. time : 10 min	Doba sušení (před vývojkou) / Drying time : 1 min	
Hodnocení dle ČSN EN ISO 23277	Stupeň přípustnosti : 2x	Lineární indikace/ Linear indication : 1 ≤ 2 mm	
Evaluation acc. to ČSN EN ISO 23277	Acceptance level :	Nelineární indikace/ Non linear indication : d ≤ 6 mm	

HODNOCENÍ / EVALUATION

Č. svaru ve WKF /Weld No.	Druh indikace Type of indication	Rozměr indikace Dimension of indication	Poznámka Note	Výsledek kontroly Result	
				Nevyhovuje Not accepted	Vyhovuje Accepted
1	Nelineární	7 mm	180° od počátku svařování	X	
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=

Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation :	NEVYHOVUJE	Provedl / Issued by :	Datum, razítko, podpis
Poznámka / Note :		Kaderka	Date, sign., stamp
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	 15.3.2018
		Hodnotil / Evaluated by : Kaderka	
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz

BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

PROTOKOL O BAREVNÉ KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE DLE ČSN EN ISO 3452-1	Číslo protokolu : PR 002 / 18	
	Strana : 1	Z of 1
	Číslo zakázky : 30 18 009	

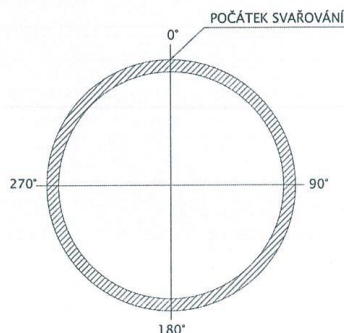
ZÁKAZNÍK / PŘÍJEMCE / CUSTOMER :	Martin Reich		
VÝROBEK / PRODUCT :	Vzorek 135/1	VÝR. Č. / SER. No.	1

PŘEDPIS / REGULATION :			
Rozsah zkoušení : 100 %	Zkoušená část : 100 %	vnější povrch svaru	Stav povrchu : Neopracovaný svar
Testing range :	Testing part :	Surface conditions :	
Prostředek pro předčištění : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	Batch No. :
Penetrant : BDR	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 21 16	Batch No. :
Mezistič : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	Batch No. :
Vývojka : BEA	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 23 18	Batch No. :
Zkušební teplota / Test. temperature : 20 °C	Teplota sušení / Drying temperature : 20 °C		
Penetrační čas/ Penetr. time : 10 min	Vývojový čas/ Develop. time : 10 min	Doba sušení (před vývojkou) / Drying time : 1 min	
Hodnocení dle ČSN EN ISO 23277	Stupeň připustnosti : 2x	Lineární indikace/ Linear indication : 1 ≤ 2 mm	
Evaluation acc. to ČSN EN ISO 23277	Acceptance level :	Nelineární indikace/ Non linear indication : d ≤ 6 mm	

HODNOCENÍ / EVALUATION

Č. svaru ve WKF /Weld No.	Druh indikace Type of indication	Rozměr indikace Dimension of indication	Poznámka Note	Výsledek kontroly Result	
				Nevyhovuje Not accepted	Vyhovuje Accepted
1	Bez indikace				X
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=

Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation :	VYHOVUJE	Provedl / Issued by :	Datum, razítko, podpis
Poznámka / Note :		Kaderka	 15.3.2018
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	
		Hodnotil / Evaluated by : Kaderka	
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	



BRNO : Plynárenská 499/1, 602 00 Brno Tel.: +420 532 227 297
 Fax: +420 545 215 177 e-mail : techko@techko.cz

BOŘITOV : Průmyslová 368, 679 21 Bořitov Tel.: +420 516 437 200
 Fax: +420 516 437 025 e-mail : boritov@techko.cz

PROTOKOL O BAREVNÉ KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE DLE ČSN EN ISO 3452-1	Číslo protokolu : PR 003 / 18	
	Strana : 1	z of 1
	Číslo zakázky : 30 18 009	

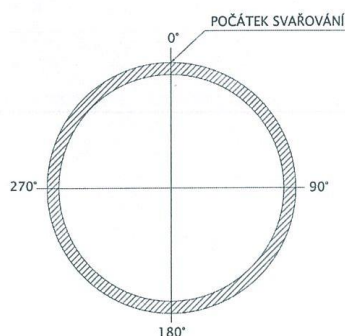
ZÁKAZNÍK / PŘÍJEMCE / CUSTOMER :	Martin Reich		
VÝROBEK / PRODUCT :	Vzorek 141/1	VÝR. Č. / SER. No.	1

PŘEDPIS / REGULATION :			
Rozsah zkoušení : 100 %	Zkoušená část : 100 %	vnější povrch svaru	Stav povrchu : Neopracovaný svar
Testing range :	Testing part :		Surface conditions :
Prostředek pro předčištění : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	Batch No. :
Penetrant : BDR	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 21 16	Batch No. :
Mezičistič : BRE-S	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 70 11	Batch No. :
Vývojka : BEA	Výrobce : DIFFU-THERM	Šarže č. : 23 18	Batch No. :
Zkušební teplota / Test. temperature : 20 °C	Teplota sušení / Drying temperature : 20 °C		
Penetrační čas/ Penetr. time : 10 min	Vyvíjecí čas/ Develop. time : 10 min	Doba sušení (před vývojkou) / Drying time : 1 min	
Hodnocení dle ČSN EN ISO 23277	Stupeň připustnosti : 2x	Lineární indikace/ Linear indication : 1 ≤ 2 mm	
Evaluation acc. to ČSN EN ISO 23277	Acceptance level :	Nelineární indikace/ Non linear indication : d ≤ 6 mm	


HODNOCENÍ / EVALUATION

Č. svaru ve WKF / Weld No.	Druh indikace Type of indication	Rozměr indikace Dimension of indication	Poznámka Note	Výsledek kontroly Result	
				Nevyhovuje Not accepted	Vyhovuje Accepted
1	Bez indikace				X
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=
=	=	=	=	=	=


Náčrt:



Celkové hodnocení / Total evaluation :	VYHOVUJE	Provedl / Issued by :	Datum, razítko, podpis
Poznámka / Note :		Kaderka	Date, sign., stamp
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	
		Hodnotil / Evaluated by : Kaderka	
		Číslo certifikátu / Certificate No. : 101-00796	

GAMA Horní Ředice 133		PROTOKOL REPORT <i>PROTOKOLL</i> RADIOGRAFICKÁ ZKOUŠKA RADIOGRAPHIC TESTING DURCHSTRAHLUNGPRÜFUNG				Zákazník Client Kunde REICH MARTIN				
		Protokol č. Report No Protokoll Nr.	S 1/18	Strana Page Seite	1	z of aus	1	Zakázka č. Order No Auftrags Nr.		
Zkoušený díl Tested part Prüfstück	Objekt Object Objekt Tr. 108/4 mm									
	Výrobce Producer Hersteller TECHKO s.r.o.			Zkušeb. místo Place of test Prüfort Obvodový sv.		Typ svaru Type of weld Nahttype BW				
	Materiál Material CS	Postup svařování Welding process Schweißverfahren 111		Rozsah zkouš. Testing extent Prüfungsfang 33%		Tepelné zpracov. Heat treatment Wärmebehandlung ano yes ja ne no nein				
Zkušební údaje Testing data Prüfdaten	Zkušební postup Test procedure Prüfverfahren G - 011		Zkušeb. třída Testing class Prüfklasse 1		Hodnocení / přípustnost dle *) Evaluation / allowable acc. to Auswertung / Zulässigkeit nach ČSN EN ISO 10675-1 ČSN EN 5817					
	Zdroj záření Radiation source Strahlenquelle Ir 192		Zčernání Darkening Hand 18 Ci		Přístroj - typ a číslo Equipment - type and No Gerät - Typ und Nr. GAMMAT TIF 192IR					
	Velik. ohniska Focus size Brennfleckgröße 2x2 mm		Vyvolání Developing Entwicklung Ruční Hand Autom. Autom.		Způsob prozařování - obr. č. Method of radiography - pic. No Aufnahmeanordnung - Bild Nr. ČSN EN 17636-1					
	Stínění Layer Pb Schirm Pb mm		Výrobce a typ filmu Producer & type of film Filmhersteller & typ FUJJI IX100		Typ a umístění měřky Type and placement of IQI Art und Lage des BPK FE EN10					
	Strana zdroje Source side Quelleseite Strana filmu Film side Filmseite		Odchytky od zkušební postupu Deviation of testing procedure Abweichung von Prüfverfahren Viz. WKF							
VÝSLEDEK RESULT <i>ERGEBNIS</i>										
Označení polohy / č. svaru Mark of position / Weld No Kennzeichnung der Lage / Schweißnaht Nr.		Rozměr Dimension Maße Ø / t [mm]	Rozm. filmu Size of film Filmmaße cm x cm	FFD FFA mm	Expozice Exposition Belichtung min, s	Zčernání Density Schwarz. min, s	Počet filmů Films count	Obr. č. Pic. No.	Typ a poloha vad Type and position of faults Typ und Lage der Fehler	Hodnocení Evaluation Bewertung *) V NE
VUT 1		108/4	10x16	300	0,20	2,0	1	14	2011, 2017, (3-5) 514	V X
Svar Weldment <i>Schweißnaht</i> Ozn. IIW a čísla vad podle ISO EN 6520-31 IIW designation and numbers of faults acc. to ISO EN 6520-1 <i>IIW Bezeich. und Nummer nach ISO EN 6520-1</i> Aa - 2011, 2012 Ac - 2014 Ba - 3012 Bc - 3011 C - 401 Db - 402 Ea - 101 Ec - 106 Fb - 514 Ab - 2015, 2016 Ad - 2013 Bb - 3012 Bd - 304, 3042 Da - 515 Dc - 402 Eb - 102 Fa - 5041 Fc - 5011, 5012										
*) V - vyhovuje acceptable <i>zulässig</i> NE - nevyhovuje unacceptable <i>unzulässig</i> Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušební reprodukován jinak než celý This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of laboratory <i>Keinsek Protokoll soll ohne schriftliche Zustimmung von Prüfstelle reproduziert sein</i>										
Počet svarů / filmů Number of welds / films Zahl Nähte / Filme	Zkoušel Examined Prüfer Poledno O.	Stupeň a č. certif. Level & cert. No Stufe und Zert. Nr. Level II.	Dne Date Datum 19.3.2018	Podpis Signature Unterschrift	Schválil Approved Genehmigung Dne Date Datum					
1/1	Hodnotil Evaluated Bewerter Poledno o. Poledno O. Level II.									

GAMA Horní Ředice 133		PROTOKOL REPORT <i>PROTOKOLL</i> RADIOGRAFICKÁ ZKOUŠKA RADIOGRAPHIC TESTING DURCHSTRAHLUNGPRÜFUNG			Zákazník Client Kunde REICH MARTIN					
		Protokol č. Report No Protokoll Nr.	S 2/18	Strana Page Seite	1 of aus	Zadávk. č. Order No Auftrags Nr.				
Zkoušený díl Tested part Prüfstück	Objekt Object Objekt Tr. 108/4 mm									
	Výrobce Producer Hersteller TECHKO s.r.o.			Zkušeb. místo Place of test Prüfört Obvodový sv.		Typ svaru Type of weld Nahttype BW				
	Materiál Material CS	Postup svařování Welding process Schweißverfahren 135		Rozsah zkouš. Testing extent Prüfungsfang 33%		Tepelné zpracov. Heat treatment Wärmebehandlung ano yes ja <input checked="" type="checkbox"/> ne no nein <input checked="" type="checkbox"/>				
Zkušební údaje Testing data Prüfdaten	Zkušební postup Test procedure Prüfverfahren G - 011		Zkušeb. třída Testing class Prüfklasse 1	Hodnocení / přípustnost dle *) Evaluation / allowable acc. to Auswertung / Zulässigkeit nach ČSN EN ISO 10675-1 ČSN EN 5817						
	Zdroj záření Radiation source Strahlenquelle Ir 192		Zkušeb. třída Testing class Prüfklasse 18 Ci	Přístroj – typ a číslo Equipment – type and No Gerät – Typ und Nr. GAMMAMAT TIF 192IR						
	Velik. ohniska Focus size Brennfleckgröße 2x2 mm	Vytváření Developing Entwicklung Ruční Hand Autom. Autom.	Způsob prozařování – obr. č. Method of radiography – pic. No Aufnahmeanordnung – Bild Nr. ČSN EN 17636-1	Stínění Pb Layer Pb Schirm Pb mm						
	Výrobce a typ filmu Producer & type of film Filmhersteller & typ FUJJI IX100		Folie p+z Screens F+b Folien v+h 0,01 mm	Typ a umístění měřky Type and placement of IQI Art und Lage des BPK FE EN10		Strana zdroje Source side Quellenseite Strana filmu Film side Filmseite				
	Odechytky od zkušební postupu Deviation of testing procedure Abweichung von Prüfverfahren Viz. WKf									
VÝSLEDEK RESULT ERGEBNIS										
Označení polohy / č. svaru Mark of position / Weld No Kennzeichnung der Lage / Schweißnaht Nr.	Rozměr Dimension Maße Ø / t [mm]	Rozm. filmu Size of film Filmmaße cm x cm	FFD FFA mm	Expozice Exposition Belichtung min, s	Zčernání Density Schwärz. 2,0	Počet filmů Films count 1	Obr. č. Pic. No. 14	Typ a poloha vad Type and position of faults Typ und Lage der Fehler 514	Hodnocení Evaluation Bewertung *) V NE X	
VUT 2	108/4	10x16	300	0,20	2,0	1	14	514	X	
Svar Weldment Schweißnaht Ozn. IIW a čísla vad podle ISO EN 6520-31 IIW designation and numbers of faults acc. to ISO EN 6520-1 IIW Bezeich. und Nummer nach ISO EN 6520-1 Aa - 2011, 2012 Ac - 2014 Ba - 3012 Bc - 3011 C - 401 Db - 402 Ea - 101 Ec - 106 Fb - 514 Ab - 2015, 2016 Ad - 2013 Bb - 3012 Bd - 304, 3042 Da - 515 Dc - 402 Eb - 102 Fa - 5041 Fc - 5011, 5012										
*) V - vyhovuje acceptable zulässig NE - nevyhovuje unacceptable unzulässig Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušební reprodukován jinak než celý This report can be reproduced in uncomplete form only with written agreement of laboratory Keiness Protokoll soll ohne schriftliche Zustimmung von Prüfstelle reproduziert sein										
Počet svarů / filmů Number of welds / films Zahl Nähte / Filme 1/1	Zkoušel Examined Prüfer Poledno O.	Stupeň a č. certif Level & cert. No Stufe und Zert. Nr. Level II.	Dne Date Datum 19.3.2018	Podpis Signature Unterschrift	Schválil Approved Genehmigung Dne Date Datum					
	Hodnotil Evaluated Bewerter Poledno o. Poledno O. Level II.									

GAMA Horní Ředice 133		PROTOKOL REPORT <i>PROTOKOLL</i> RADIOGRAFICKÁ ZKOUŠKA RADIOGRAPHIC TESTING <i>DURCHSTRAHLUNGPRÜFUNG</i>					Zákazník Client <i>Kunde</i> REICH MARTIN					
		Protokol č. Report No <i>Protokoll Nr.</i>	S 3/18	Strana Page <i>Seite</i>	1	z of <i>aus</i>	1	Zákázka č. Order No <i>Auftrags Nr.</i>				
Zkoušený díl Tested part <i>Prüfteil</i>	Objekt Object <i>Objekt</i> Tr. 108/4 mm											
	Výrobce Producer <i>Hersteller</i> TECHKO s.r.o.				Zkušeb. místo Place of test <i>Prüfört</i> Obvodový sv.		Typ svaru Type of weld <i>Nahitpe</i> BW					
	Materiál Material <i>Material</i> CS		Postup svařování Welding process <i>Schweißverfahren</i> 141		Rozsah zkouš. Testing extent <i>Prüfungsbereich</i> 33%		Tepelné zpracov. Heat treatment <i>Wärmebehandlung</i> ano <input type="checkbox"/> ne <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>					
Zkušební údaje Testing data <i>Prüfdaten</i>	Zkušební postup Test procedure <i>Prüfverfahren</i> G - 011		Zkušeb. třída Testing class <i>Prüfklasse</i> 1		Hodnocení / přípustnost dle *) Evaluation / allowable acc. to <i>Auswertung / Zulässigkeit nach</i> ČSN EN ISO 10675-1 ČSN EN 5817							
	Zdroj záření Radiation source <i>Strahlenquelle</i> Ir 192		18 Ci		Přístroj – typ a číslo Equipment – type and No <i>Gerät – Typ und Nr.</i> GAMMATAT TIF 192IR							
	Velik. ohniska Focus size <i>Brennsteckgröße</i> 2x2 mm		Vytváření Developing <i>Entwicklung</i> Ruční <i>Hand</i> Autom. <i>Autom.</i>		Způsob prozařování – obr. č. Method of radiography – pic. No <i>Aufnahmeanordnung – Bild Nr.</i> ČSN EN 17636-1		Stínění Pb Layer Pb <i>Schirm Pb</i> mm					
	Výrobce a typ filmu Producer & type of film <i>Filmhersteller & typ</i> FUJJI IX100		Folie p+z Screens f+h <i>Folien v+h</i> 0,01 mm		Typ a umístění měřky Type and placement of IQI <i>Art und Lage des BPK</i> FE EN10		Strana zdroje Source side <i>Quelleseite</i> Strana filmu Film side <i>Filmseite</i>					
	Odchyly od zkušebního postupu Deviation of testing procedure <i>Abweichung von Prüfverfahren</i> Viz. WKF											
VÝSLEDEK RESULT ERGEBNIS												
Označení polohy / č. svaru Mark of position / Weld No <i>Kennzeichnung der Lage / Schweißnaht Nr.</i>		Rozměr Dimension <i>Maße</i> Ø / t [mm]	Rozm. filmu Size of film <i>Filmmaße</i> cm x cm	FFD FFA <i>mm</i>	Expozice Exposition <i>Belichtung</i> min, s	Zčernání Density <i>Schwärz.</i>	Počet filmů Films <i>cout</i>	Obr. č. Pic. No.	Typ a poloha vad Type and position of faults <i>Typ und Lage der Fehler</i>	Hodnocení Evaluation <i>Bewertung</i> *) V NE		
VUT 3		108/4	10x16	300	0,20	2,0	1	14	2011 (9), 514	X		
Svar Weldment <i>Schweißnaht</i> Ozn. IIW a čísla vad podle ISO EN 6520-31 IIW designation and numbers of faults acc. to ISO EN 6520-1 <i>IIW Bezeich. und Nummer nach ISO EN 6520-1</i> Aa - 2011, 2012 Ac - 2014 Ba - 3012 Bc - 3011 C - 401 Db - 402 Ea - 101 Ec - 106 Fb - 514 Ab - 2015, 2016 Ad - 2013 Bb - 3012 Bd - 304, 3042 Da - 515 Dc - 402 Eb - 102 Fa - 5041 Fe - 5011, 5012												
*) V - vyhovuje acceptable <i>zulässig</i> NE - nevyhovuje unacceptable <i>unzulässig</i> Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny reprodukován jinak než celý This report can be reproduced in uncomplete form only with written agreement of laboratory <i>Kenniss Protokoll soll ohne schriftliche Einstimung von Prüfstelle reproduziert sein</i>												
Počet svarů / filmů Number of welds / films <i>Zahl Nähte / Filme</i> 1/1		Zkoušel Examined <i>Prüfer</i> Poledno O. Hodnotil Evaluated <i>Bewerter</i> Poledno o. Poledno O. Level II.		Stupeň a č. certifikátu Level & cert. No <i>Stufe und Zert. Nr.</i> Level II.		Dne Date <i>Datum</i> 19.3.2018		Podpis Signature <i>Unterschrift</i> 		Schválil Approved <i>Genehmigung</i> Dne Date <i>Datum</i>		