



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

POROVNÁNÍ RUČNÍHO A ORBITÁLNÍHO SVAŘOVÁNÍ METODOU TIG

COMPARISON OF HAND AND ORBITAL WELDING BY TIG METHOD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VOJTĚCH DUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Vojtěch Dušek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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:

Porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG

v anglickém jazyce:

Comparison of hand and orbital welding by TIG method

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Svařování vysokolegovaných ocelí pro náročné korozní podmínky je z hlediska podmínek svařování velmi náročný proces. Významný je vliv vneseného tepla a ovlivnění materiálu kolem svaru na korozní odolnost. Práce porovnává ruční a mechanizované svařování metodou TIG z pohledu degradačních procesů v tepelně ovlivněné oblasti.

Cíle bakalářské práce:

Úvod do řešené problematiky bakalářské práce.

Rozbor problematiky z hlediska materiálového, technologického a konstrukčního.

Experimentální ověření navržené technologie TIG, vhodných parametrů a podmínek svařování.

Rozbor a diskuze výsledků experimentu.

Doporučení pro praxi a závěr

Seznam odborné literatury:

1. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1.vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395s. ISBN 80-85771-81-0.
2. ONDREJČEK, P. Zváranie ocelí v ochrane plynov. Bratislava. ETERNA PRESS 2003. 202 s. ISBN 80-968359-5-5.
3. FOLDYNA, Václav a kol. Materiály a jejich svařitelnost. Ostrava: ZEROSS 2001. 292 s. ISBN 80-85771-85-3.
4. ASM Handbook. Welding, Brazing and Soldering. Vol. 6. USA: ASM, 2003. 1298 s. ISBN 0-87170-382-3.
5. TURŇA, Milan. Speciálne metódy zvarania. 1.vyd. Bratislava: ALFA. 1989. 384 s. ISBN 80-05-00097-9
<http://hypertherm.com>.
6. KRÍŽ, R. a P., VÁVRA. Strojírenská příručka. Praha: SCIENTIA. 1998. Svazek 8. 251 s. ISBN 80-7183-054-2.
7. KOUKAL, J., D., SCHWARZ a J., HAJDÍK. Materiály a jejich svařitelnost. 1. vyd. Ostrava: Český svářečský ústav s.r.o. Ostrava, VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 18.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

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

Abstrakt

DUŠEK VOJTĚCH: Porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia se zabývá porovnáním ručního a orbitálního svařování metodou TIG. Popisuje výhody i nevýhody ručního a orbitálního svařování metodou TIG. Pomocí experimentu jsou porovnány mechanické vlastnosti, povrchová struktura a vnesené teplo na svařených vzorcích. Na závěr se práce zabývá technicko ekonomickým srovnáním obou metod svařování.

Klíčová slova:

Svařování, svařovací technologie, orbitální svařování, TIG

DUŠEK VOJTĚCH: Comparison of hand and orbital welding by TIG method

This bachelor thesis presents a comparison of manual and orbital TIG welding. It describes the advantages and disadvantages of manual and orbital TIG welding. Mechanical properties, surface structure and heat input on the weld samples were experimentally compared. Thesis also includes technical-economic comparison of these two methods of welding.

Key words:

Welding, welding technology, orbital welding, TIG

Bibliografické citace

DUŠEK, Vojtěch. *Porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG*. Brno, 2015. 42s, 5 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Obor Strojírenská technologie. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kubíček.

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 dne 28.5.2015

.....

Podpis

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavovi Kubíčkovvi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Obsah

Zadání.....	2
Abstrakt.....	4
Bibliografické citace.....	5
Čestné prohlášení	6
Poděkování	7
Obsah.....	8
Úvod.....	9
1 Představení firmy INTERO Chmelan a spol.	10
1.1 Vysokolegované korozivzdorné oceli	10
1.2 Materiálový rozbor korozivzdorných ocelí používaných ve firmě Intero Chmelan s.r.o.....	11
1.3 Rozbor druhů svařování	14
2 Princip svařování metodou TIG	16
3 Provedení experimentu- porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG.....	19
3.1 Wolframové elektrody používané při svařování metodou TIG	19
3.2 Ochranné plyny používané při svařování metodou TIG	20
3.3 Ruční svařování metodou TIG	23
3.4 Orbitální svařování metodou TIG	26
3.5 Výroba vzorků.....	30
3.6 Výpočet vneseného tepla.....	32
3.7 Tahové zkoušky vzorku.....	35
3.8 Výsledná povrchová struktura svaru	37
4 Technicko ekonomické hodnocení.....	41
5 Závěry.....	42
Seznam použité literatury	43
Seznam symbolů	45
Přílohy	46
Seznam obrázků a tabulek.....	59
Seznam obrázků	59
Seznam tabulek	60

Úvod

Farmaceutický, chemický a potravinářský průmysl jsou odvětví, kde jsou kladeny velké nároky na kvalitu svarových spojů. Tím se rozumí stoprocentní provaření svaru, kvalitní formování kořenové vrstvy svaru a zároveň vytvoření dostačující pohledové strany svarové housenky.

Splnění těchto nároků vyžaduje uplatnění zkušených svářečů, často s mnohaletou praxí v oboru. Proto se ruční svařování začalo nahrazovat orbitálním svařováním, kde není za potřebí zručného personálu. Přesto orbitální svařování nevytlačilo ruční svařování pro jeho jednoduchost, mobilitu a možnost vytváření svaru v méně přístupných prostorech.

V těchto provozech jsou často materiály vystaveny nepříznivým podmínkám jak z hlediska korozní odolnosti, tak i z hlediska odolnosti vůči vlivům chemicky agresivních prostředí. Použité materiály musí také splňovat přísné hygienické požadavky. Pro tyto důvody se ve velké míře využívají vysokolegované, korozivzdorné oceli.



Obr. 1- Výrobek Intero Chmelan, při jehož výrobě bylo použito orbitální i ruční svařování

1 Představení firmy INTERO Chmelan a spol., [1]

Firma Intero Chmelan poskytuje komplexní služby při výrobě a instalaci technologických celků pro potravinářský, chemický a farmaceutický průmysl včetně projektové dokumentace, výroby atypických tlakových nádob a odborné pomoci při zavádění výroby.

Hlavní výrobní program společnosti:

- Technologické potrubní rozvody
- Výroba atypických tlakových nádob
- Výroba a rekonstrukce tlakových nádob
- Výroba čistících stanic C.I.P

Po modernizaci firmy Intero Chmelan, svářeči disponují technologií ručního i orbitálního svařování metodou TIG.

Cílem práce:

Porovnání ručního a orbitálního svařování a jejich možností použití v praxi. Výroba zkušebních vzorků. Srovnání metod dle velikosti vneseného tepla. Podrobení vzorků tahové zkoušce. Porovnání povrchové struktury svaru.

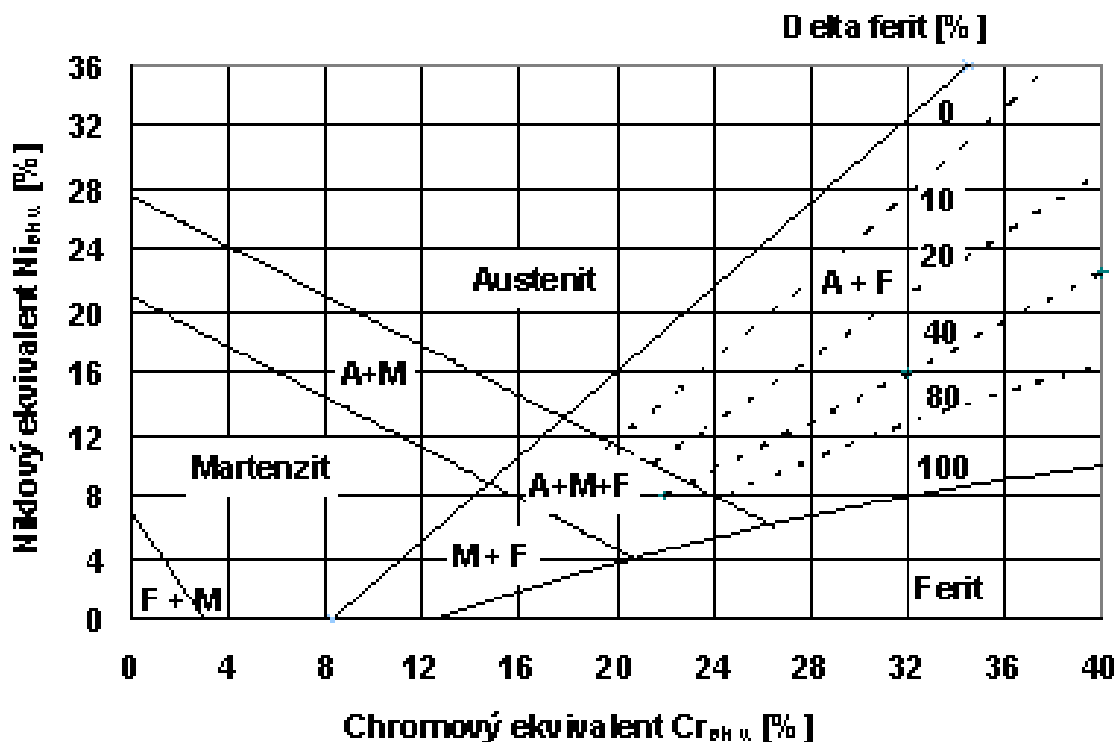
1.1 Vysokolegované korozivzdorné oceli [2], [3], [4]

Základním rozeznávacím prvkem u vysokolegovaných korozivzdorných ocelí je velký obsah chromu. Obsahují minimálně 11,5 % chromu, který zajišťuje těmto ocelím schopnost pasivace. Tzn. odolnost proti chemické a elektrochemické korozi v oxidačním prostředí. Korozivzdorné ocele se legují prvky jako: mangan, molybden, nikl, titan a kobalt. Dále se tyto ocele vyznačují malým obsahem uhlíku, to zajišťuje dobrou svařitelnost.

V závislosti na struktuře se korozivzdorné oceli rozdělují:

- Martenzitické
- Feritické
- Austenitické
- Dvoufázové – Austeniticko-feritické, Feriticko-martenzitické

Pro odhad výsledné struktury svarového kovu se používá Schaefflerův strukturní diagram Cr- Ni (Obr. 2)



Obr. 2 Schaefflerův strukturní diagram Cr- Ni [5]

1.2 Materiálový rozbor korozivzdorných ocelí používaných ve firmě Intero Chmelan s.r.o.

EN ISO 1.4571

další značení: ČSN 17 348; AISI 316 Ti; DIN X6CrNiMoTi 17-12-2

Korozivzdorná ocel stabilizovaná titanem a molybdenem. Titan má větší afinitu v uhlíku než chrom, chrání tak materiál před mezikrystalickou korozi. Díky molybdenu odolává bodové korozi a kyselinám. Používá se v chemickém a farmaceutickém průmyslu. Inspekční certifikát 3.1 oceli EN ISO 1.4571 viz příloha č.1.

R _m [MPa]	R _p 0,2 [MPa]	R _p 1,0 [MPa]	A [%]
685	490	523	48

Tab. 1 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4571

% C	% Si	% S	% P	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% Ti	% Co	% Cu	% N
0,030	0,590	0,001	0,027	1,150	16,680	10,650	2,060	0,310	0,190	0,270	0,014

Tab. 2 Chemické složení oceli EN ISO 1.4571

Výpočet výsledné struktury oceli EN ISO 1.4571:

$$Cr_e = Cr + Mo + 1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot Nb + 2 \cdot Ti = 16,680 + 2,060 + 1,5 \cdot 0,590 + 0,5 \cdot 0 + 2 \cdot 0,310 = 20,245 \% \quad (1.0)$$

$$Ni_e = Ni + 0,5 \cdot Mo + 30 \cdot C + 30 \cdot (N - 0,05) = 10,650 + 0,5 \cdot 1,150 + 30 \cdot 0,030 + 30 \cdot (0,014 - 0,05) = 11,045 \% \quad (1.1)$$

EN ISO 1.4404

další značení: ČSN 17 349; AISI 316 L; DIN X2CrNiMo 17-12-2

Ocel stabilizovaná molybdenem. Odolává kyselinám. V místě svaru dochází k úbytku chromu, nebo vzniku karbidu chromu. Proto je tento materiál náchylný na mezikrystalickou korozi. Používá převážně pro technické rozvody a tam kde nehrozí styk s agresivními látkami. Inspekční certifikát 3.1 oceli EN ISO 1.4404 viz příloha č.2.

Rm [MPa]	Rp 0,2 [MPa]	Rp 1,0 [MPa]	A [%]
600	293	326	53

Tab. 3 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4404

% C	% Si	% S	% P	% Mn	% Cr	% Ni	% Co	% Cu	% N
0,021	0,440	0,0040	0,031	1,450	18,070	8,020	0,175	0,320	0,071

Tab. 4 Chemické složení oceli EN ISO 1.4404

Výpočet výsledné struktury oceli EN ISO 1.4404:

$$Cr_e = Cr + Mo + 1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot Nb + 2 \cdot Ti = 18,070 + 0 + 1,5 \cdot 0,440 + 0,5 \cdot 0 + 2 \cdot 0 = 20,01\% \quad (1.2)$$

$$Ni_e = Ni + 0,5 \cdot Mo + 30 \cdot C + 30 \cdot (N - 0,05) = 8,020 + 0,5 \cdot 1,450 + 30 \cdot 0,021 + 30 \cdot (0,071 - 0,05) = 10,0005 \% \quad (1.3)$$

EN ISO 1.4307

další značení: ČSN 17 240; AISI 304L; X2 CrNi 18-9

Ocel je legována pouze chromem a niklem. Používá se převážně v potravinářství, kde nehrozí styk s agresivními látkami (kyseliny atd.) Inspekční certifikát 3.1 oceli EN ISO 1.4404 viz příloha č.3.

Rm [MPa]	Rp 0,2 [MPa]	Rp 1,0 [MPa]	A [%]
658	428	474	53,3

Tab. 5 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4307

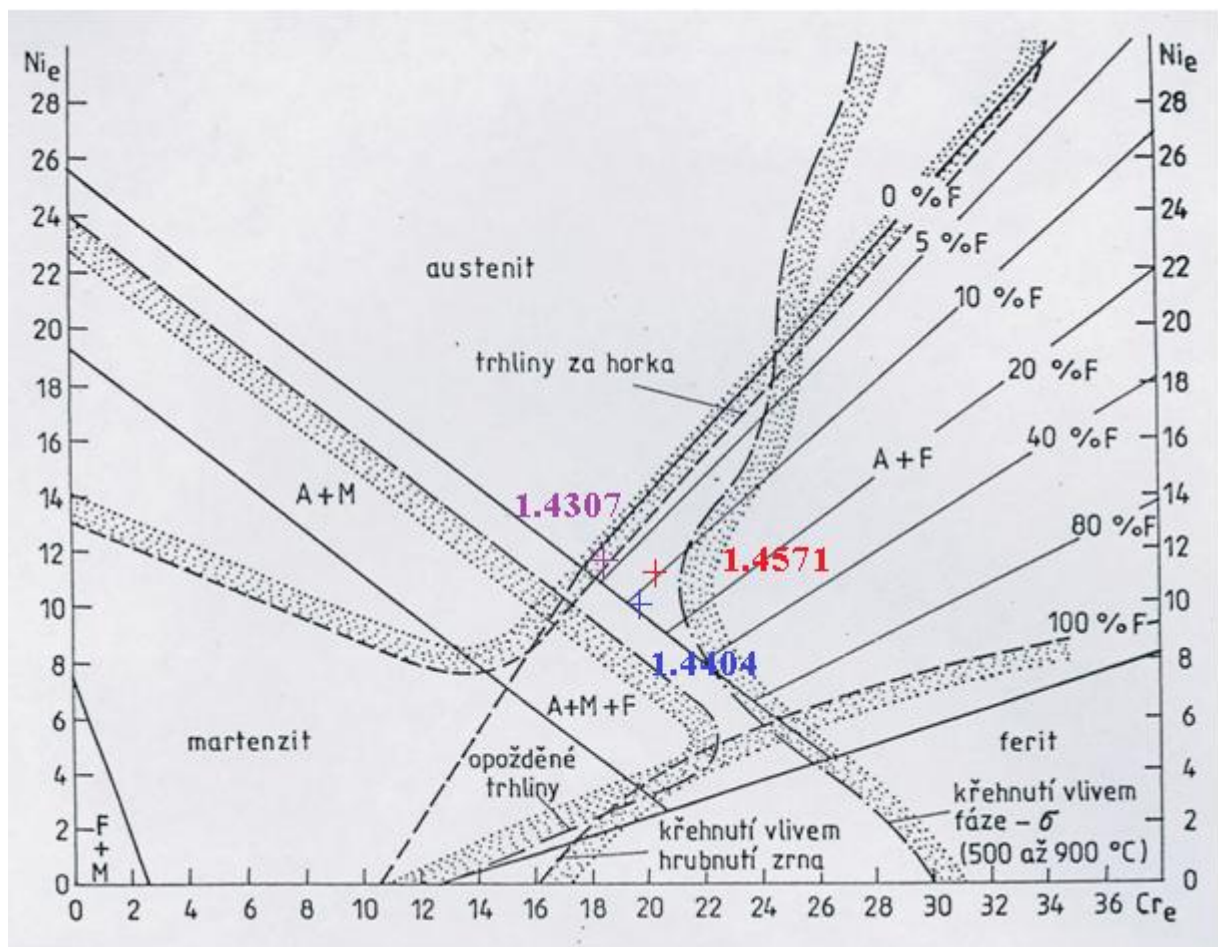
% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cr	% Ni	% Mo	% N
0,016	1,21	0,32	0,028	0,014	15,54	11,00	2,09	0,0410

Tab. 6 Chemické složení oceli EN ISO 1.4307

Výpočet výsledné struktury oceli EN ISO 1.4307:

$$Cr_e = Cr + Mo + 1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot Nb + 2 \cdot Ti = 15,54 + 2,09 + 1,5 \cdot 0,32 + 0,5 \cdot 0 + 2 \cdot 0 = 18,11 \% \quad (1.4)$$

$$Ni_e = Ni + 0,5 \cdot Mo + 30 \cdot C + 30 \cdot (N - 0,05) = 11,00 + 0,5 \cdot 1,21 + 30 \cdot 0,016 + 30 \cdot (0,0410 - 0,05) = 11,815 \% \quad (1.5)$$



Obr. 3 Výsledné struktury oceli EN ISO 1.4307; 1.4571, 1.4404

Výhody austenitických ocelí:

- Dobře svařitelné
- Vysoká houževnatost
- Žáruvzdorné až do 1150 °C
- Žáropevné až do 750 °C

Nevýhody austenitických ocelí:

- Vysoké pořizovací ceny
- Nízká mez kluzu
- Špatná tepelná vodivost
- Těžko obrobitelná
- Náchylnost k mezikrystalické korozi
- Nebezpečí vzniku trhlin za horka

1.3 Rozbor druhů svařování

Svařování laserem:

Zdroj tepla je fokusovaný paprskem laseru. Laser umožňuje soustředění velkého množství energie na malou plochu- metoda klíčové dírky. Laserová energie taví a vypařuje kov, který vlivem par vytvoří dutinu. Okolní natavený kov s posuvem hořáku klíčovou dírkou zaplní a vytvoří svarovou housenku. Používají se dva druhy laserů: pevnolátkový nebo plynový. Touto metodou se dosahuje vysoké svařovací rychlosti a není nutný přídavný materiál. Laser umožňuje svařovat vysokolegované oceli, materiály s velkou tepelnou vodivostí (Al, Cu) a materiály s vysokou teplotou tavení (W, Mo, Ti) a další. Použití především v sériových výrobcích.

Svařování plazmou:

Princip svařování plazmou je založen na disociaci a ionizaci plynu při průchodu elektrickým proudem. Plyny používané při plazmovém svařování jsou: Ar, H, N a He. Elektrický oblouk hoří mezi wolfram-thoriovou elektrodou a měděnou vodou chlazenou anodou. Teplota plazmy dosahuje 10 000-24 000 K. Výhodou plazmového svařování je možnost svařovat materiály s vysokou teplotou tavení (W, Mo, Ti) a velkou tepelnou vodivostí (Cu, Al, Ni). Při plazmovém svařování dosahujeme vysokých svařovacích rychlostí a hlubokého průvaru. Nevýhoda jsou velké pořizovací a provozní náklady, proto se materiály svařitelné běžnými svařovacími metodami plazmou nesvařují.

Svařování svazkem elektronů:

Zdroj tepelné energie u svařování svazkem elektronů je přeměna kinetická energie na tepelnou energii při dopadu urychlených elektronů na základní materiál. Urychlení elektronů se dosahuje vysokým elektrickým napětím mezi katodou a anodou. Svařování musí probíhat za vysokého vakua. Pohyb elektronů by byl brzděn srážkami s molekulami vzduchu. Svařovaný předmět je umístěn ve vakuové komoře a je polohován pomocí mechanického zařízení. Výhody této metody jsou: možnost svařovat materiály o vysoké teplotě tavení (Zr, Ti, Mo, Nb, Ta, W), vytvářet svary malého průřezu a úzké tepelně ovlivněné oblasti. Sváret bez zbytkových napětí a deformací. Svařovat plechy tloušťky 0,1- 200 mm. Nevýhoda je samotné svařování ve vakuu- problémy kvůli odčerpání vzduchu, složitá manipulace svařence v komoře a problematické svařování velkých svařenců prakticky eliminují tuto metodu při použití v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu (velké tlakové nádoby, dlouhé potrubní rozvody).

Svařování metodou TIG:

Zdroj tepla je elektrický oblouk, který hoří mezi netavicí se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Elektrický oblouk hoří v prostředí inertních plynů. Plyny používané pro svařování TIG jsou Ar, He nebo jejich směsi. Svařování metodou TIG se dá lehce automatizovat. Je možné svařovat konstantním i impulzním proudem, s přídavným nebo bez přídavného materiálu. Výhody této metody jsou: levná, dostupná a mobilní technologie, možnost svařovat středně i vysokolegované oceli, Al a Ni. Nevýhoda metody je vysoká náročnost na zručnost personálu a velké vnesené teplo do svaru (při ručním svařování).

Shrnutí rozboru:

Svařováním svazkem elektronů dosahujeme svarů dokonalého průvaru s malou tepelně ovlivněnou oblastí, ale pro tuto metodu je zapotřebí technicky vyspělých strojů (nutnost svařování ve vakuu) a nemožnost svařování větších výrobků (stroj je limitován velikostí vakuové komory). Ze stejného hlediska se dá svařování laserem srovnat s metodou svařování svazkem elektronů. Pro svařování laserem je zapotřebí velký a technicky náročný stroj, který není mobilní a je limitován velikostí pracovního prostoru stroje. Tyto nevýhody prakticky vylučují použití výše uvedených metod svařování v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu. Svařování plazmou si stojí o poznání lépe. Ve srovnání s předchozími metodami se snadno přemísťuje, dá se snadno mechanizovat a vytváří hluboké průvary sváru s vysokou svařovací rychlostí. Přesto je plazma svařování s porovnáním s TIG svařováním ekonomicky náročnější. Proto se z ekonomického a technologického hlediska jeví použití svařování metodou TIG v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu jako nejlepší volba z uvedených metod svařování.

2 Princip svařování metodou TIG [6], [7]

Svařování metodou TIG se řadí mezi tavné svařování. Podstatou, je lázeň roztaveného svarového kovu, která je tvořena z části základním a z části přídavným materiálem (pokud byl použit).

Elektrický oblouk, hořící mezi neodtavující se elektrodou a základním materiálem vytváří potřebné teplo k natavení svařovaného i přídavného materiálu. Tavná lázeň je chráněna před účinky vzdušného kyslíku pomocí inertních plynů.

Význam zkratk používané pro označení metody 141:

TIG: z anglického výrazu Tungsten inert gas

WIG: z německého výrazu Wolfram inert gas

GTAW: převážně používané ve Spojených státech Gas tungsten arc welding

Překlad do českého jazyka by zněl: Svařování elektrickým obloukem, netavicí se wolframovou elektrodou v prostředí inertních (netečných) plynů.

Rozdělení svařování metodou TIG:

Z hlediska druhů proudu lze TIG svařování rozdělit:

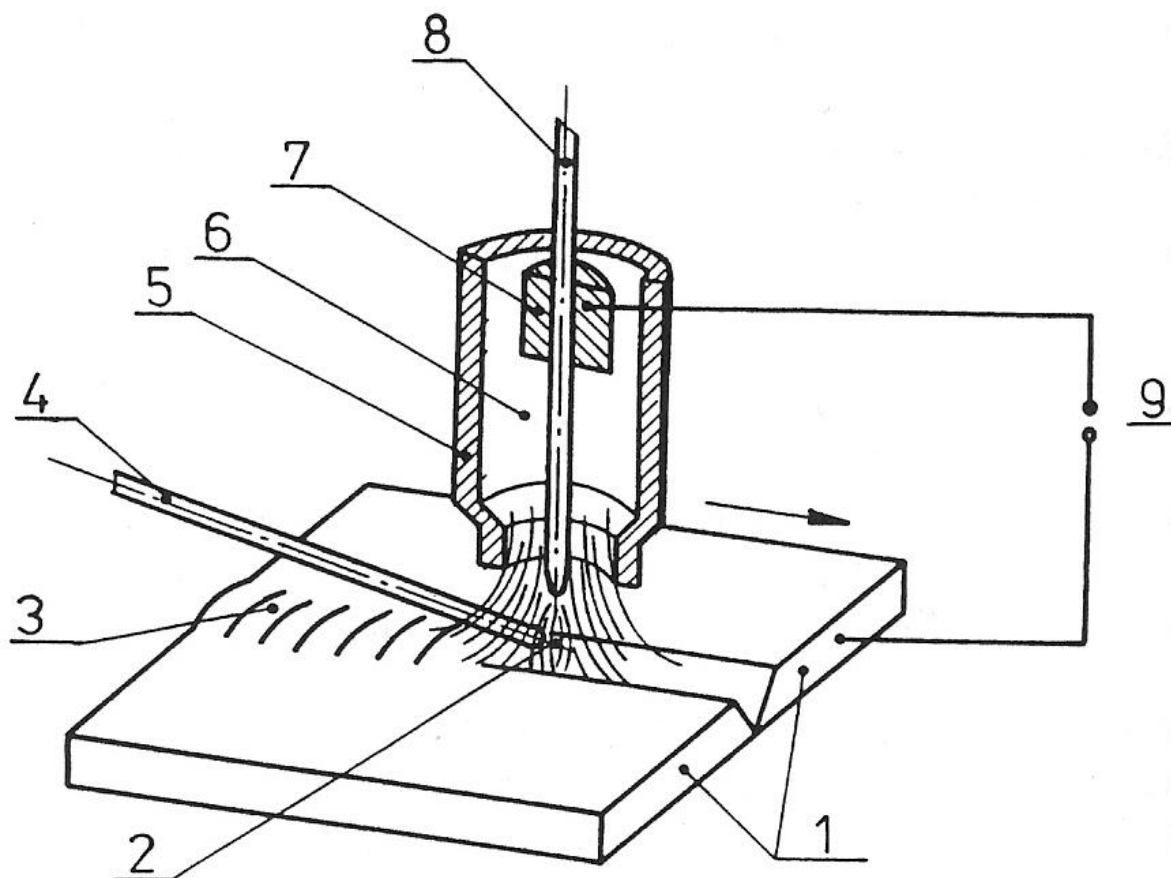
- Svařování střídavým proudem: Použití pro svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin
- Svařování stejnosměrným proudem: Použití pro svařování středně a vysokolegovaných ocelí, mědi, niklu, titanu, zirkonu.

Z hlediska průběhu svařovacího proudu lze TIG svařování rozdělit:

- Svařování konstantním proudem: Průběh proudu je po celou dobu svařování stejný.
- Svařování impulsním proudem: Svářecí zdroj po dobu svařování pulzuje mezi základním a impulsním proudem.

Z hlediska mechanizace lze TIG svařování rozdělit:

- Ruční: Svařovací pistole je vedena ručně a také další úkony jsou prováděny ručně.
- Mechanizované: Svařovací pistole je vedena ručně, ale přidávání drátu je automatické.
- Automatické: Svařování je zahájeno obsluhou, vše ostatní probíhá podle programu.



Obr. 4 Princip svařování metodou TIG [8]

Popis metody TIG:

Na obr. 4 je vidět schematické znázornění svařování metodou TIG.

1. Svařovaný materiál
2. Elektrický oblouk- hoří mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem.
3. Svarová housenka
4. Přídavný materiál- přídavný materiál musí mít stejné složení a čistotu jako svařovaný materiál. Podle přípravy svarových ploch jde svářet s použitím nebo bez použití přídavných materiálů. Přídavné materiály se dodávají do elektrického oblouku buď ve formě drátů, nebo prášku.
5. Plynová hubice- vyměnitelná vyrábí se v různých velikostech z keramických materiálů. Slouží pro usměrnění toku inertního plynu
6. Ochranný plyn- jako ochranné plyny se používají argon, helium nebo jejich směsi, o vysoké čistotě minimálně 99,995%. Ochranný plyn má za úkol chránit svarový kov před účinky vzdušného kyslíku proti oxidaci a naplynění. Dále ovlivňuje zapalování elektrického oblouku, stabilitu elektrického oblouku, přenos tepla v elektrickém oblouku a tvar elektrického oblouku. Zabraňuje propalu prvků a vzniku strusky.
7. Kontaktní kleština- vyráběná z mědi. Má za úkol fixovat wolframovou elektrodu v hořáku svářecího zdroje a odvádí teplo z wolframové elektrody.

8. Wolframová elektroda- vyrábí se v různých průměrech i délkách. Mohou být buď čisté wolframové nebo s přídavnými oxidy thoria, ceru atd.
9. Zdroj proudu

Výhody metody TIG:

- Nevyžaduje použití tavidel
- Inertní plyn zajišťuje ochranu před účinky vzdušného kyslíku
- Velká stabilita elektrického oblouku
- Široký rozsah svařovacích proudů až 600 A
- Svarová lázeň je dobře viditelná a snadno ovladatelná
- Není nutné při svařování používat přídavných materiálů
- Při sváření není materiál tolik namáhán na tepelné deformace
- Během svařování vzniká malá teplotně ovlivněná oblast (na velikosti se výrazně podílí rychlost svařování)

Použití metody TIG:

- Svařování středně a vysoce legovaných ocelí pro chemický, potravinářský a farmaceutický průmysl
- Svařování hliníku, niklu a jejich slitin
- Svařování titanu
- Tvarově složité dílce
- Náročné kořenové vrstvy potrubí pro různé produkty
- Svařování tenkých materiálů

3 Provedení experimentu- porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG

Tato bakalářská práce se zabývá srovnáním ručního a orbitálního svařování, které se používá převážně v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu pro svařování produktovodů. V těchto oblastech průmyslu je kladen velký důraz na dokonalý průvar a estetický vzhled svaru.

Materiály jsou často vystaveny agresivnímu prostředí, jako jsou kyseliny a louhy, tepelnému namáhání (ohřev a zchlazování produktu) i mechanickému namáhání.

Z těchto důvodů byla vybrána pro provedení experimentů korozivzdorná ocel stabilizovaná titanem EN ISO 1.4571. Její složení zabraňuje mezikrystalické korozi a odolává silným kyselinám. To z ní dělá ideální materiál pro použití v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu.

3.1 Wolframové elektrody používané při svařování metodou TIG [9], [10]

Při svařování metodou TIG elektrický oblouk hoří mezi základním materiálem a netavicí se elektrodou. Netavící se elektrody se vyrábějí ze spékaného wolframu. Wolframové elektrody se vyrábějí buď čisté, nebo s příměsí oxidů kovů thoria, lanthanu, ceru nebo zirkonu (viz. tab. 7). Oxidy těchto kovů jsou v elektrodě rovnoměrně rozmístěny. Zlepšují zapalování, stabilitu elektrického oblouku a snižují teplotu ohřevu elektrody.

Wolframové elektrody se vyrábějí v průměrech od 1 mm až 6,4 mm a v délkách 50 mm až 175 mm.

Typ	Barevné označení	Obsah oxidů v %	Typ oxidů
WP	Zelená	0	Čistý wolfram 99,8%
WZ 8	Bílá	0,7 – 0,9	ZrO ₂
WC 20	Šedá	1,8 – 2,2	CeO ₂
WT 10	Žlutá	0,8 – 1,2	ThO ₂
WT 20	Červená	1,7 – 2,2	ThO ₂
WT 30	Fialová	2,8 – 3,2	ThO ₂
WT 40	Oranžová	3,8 – 4,2	ThO ₂
WL 10	Černá	0,9 – 1,2	La ₂ O ₃
WL 15	Zlatá	1,4 – 1,6	La ₂ O ₃
WL 20	modrá	1,9 – 2,1	La ₂ O ₃

Tab. 7 Vyráběné wolframové elektrody a jejich příměsi

- WP- elektrody z čistého wolframu. Výborná stabilita elektrického oblouku při svařování střídavým proudem. Používají se pro svařování hliníku a hořčíku.
- WZ- postupně nahrazuje WP elektrody. Příměs zirkonu v elektrodě snižuje tvorbu wolframových vměstků ve svaru. Používají se pro svařování hliníku a hořčíku.
- WC- univerzální cerová elektroda. Lze používat pro svařování střídavým i stejnosměrným proudem. Vhodná pro svařování nelegovaných i legovaných ocelí, hliníku a titanu. Mají dobré zapalovací vlastnosti. Oproti WT elektrodám nezatěžují životní prostředí a neškodí zdraví svářeče.
- WT- elektrody s příměsí thoria. Zlepšují zapalovací vlastnosti a mají větší trvanlivost. Používají se pro svařování vysokolegovaných ocelí a korozivzdorných ocelí. V současnosti se tyto typy nahrazují WC nebo WL elektrodami pro možnost tvorby sekundární radiace v thoriem kontaminovaném svarovém spoji
- WL- elektrody s příměsí lanthanu. Mají výborné zapalovací vlastnosti i při opětovném zapalování elektrického oblouku a dobrou stabilitu oblouku. Použití WL elektrody je bez následné radiace. Vhodné pro robotické svařování.

Na provedení experimentu bylo zvoleno použití wolframové elektrody s příměsí thoria WT20.

Broušení wolframových elektrod:

Nekvalitní nabroušení wolframových elektrod má velký vliv na zapalování a stabilitu elektrického oblouku. Excentricita špičky svařovací elektrody způsobuje nestabilní oblouk a je zapotřebí, aby byly wolframové elektrody přebrušovány v pravidelných intervalech a to ještě před jejich opotřebením. Dále je důležité, aby stopy po broušení byly rovnoběžné s podélnou osou elektrody. To napomáhá ke vhodnému vedení elektrického oblouku. Je nutné používat brusný kotouč s co nejjemnějším zrnem. Brousit můžeme ručně nebo na speciálních strojních bruskách.

3.2 Ochranné plyny používané při svařování metodou TIG [11], [12], [13]

Ochranný plyn má za úkol chránit svarový kov před účinky vzdušného kyslíku proti oxidaci a naplynění. Dále ovlivňuje zapalování elektrického oblouku, stabilitu elektrického oblouku, přenos tepla v elektrickém oblouku a tvar elektrického oblouku. Zabráňuje propalu prvků a vzniku strusky.

Ochranné plyny používané pro TIG svařování:

Jako ochranné plyny při svařování metodou TIG se používají argon, helium nebo jejich směsi.

- Argon

Tento inertní plyn dobře zapaluje elektrický oblouk, umožňuje vysokou proudovou zatíženost a vykazuje vysokou stabilitu elektrického oblouku. Má větší hustotu než vzduch (to usnadňuje formování svaru) a je levnější než helium

Argon je distribuován buď v plynné fázi v tlakových láhvích, nebo v kapalně fázi v kryogenních nádobách. Bezešvé ocelové tlakové láhve se vyrábějí v objemech 1- 50 litrů. Plnicí tlak je 200- 300 barů. Plynný argon je dodáván ve třech jakostech (viz. tab. 8) které se označují 4,6; 4,8 nebo 5,0. Pro speciální účely je argon dodáván i o vyšší čistotě.

Uzavíratelný ventil tlakové láhve je chráněn snímatelným nebo trvalým krytem (kloboučkem).

Znak jakosti	Označení podle druhu		
	4,6	4,8	5,0
Min. obsah argonu v %	99,996	99,998	99,999

Tab. 8 Čistota plynu

- Helium

Je bezbarvý plyn, bez chuti, bez zápachu, nehořlavý, nekorozivní a chemicky inertní. Má menší hustotu než vzduch, proto musí být při svařování za pomoci helia vyšší průtok plynu. Stejně jako argon se distribuuje buď v plynné fázi v tlakových lahvích, nebo v kapalně fázi ve speciálních zásobnících. Helium je dražší než argon, proto se používají směsi argonu a helia v poměrech 70:30; 50:50 nebo 30:70. Používá se především pro sváření hliníku, helium má vyšší tepelnou vodivost.

Označování čistoty helia:

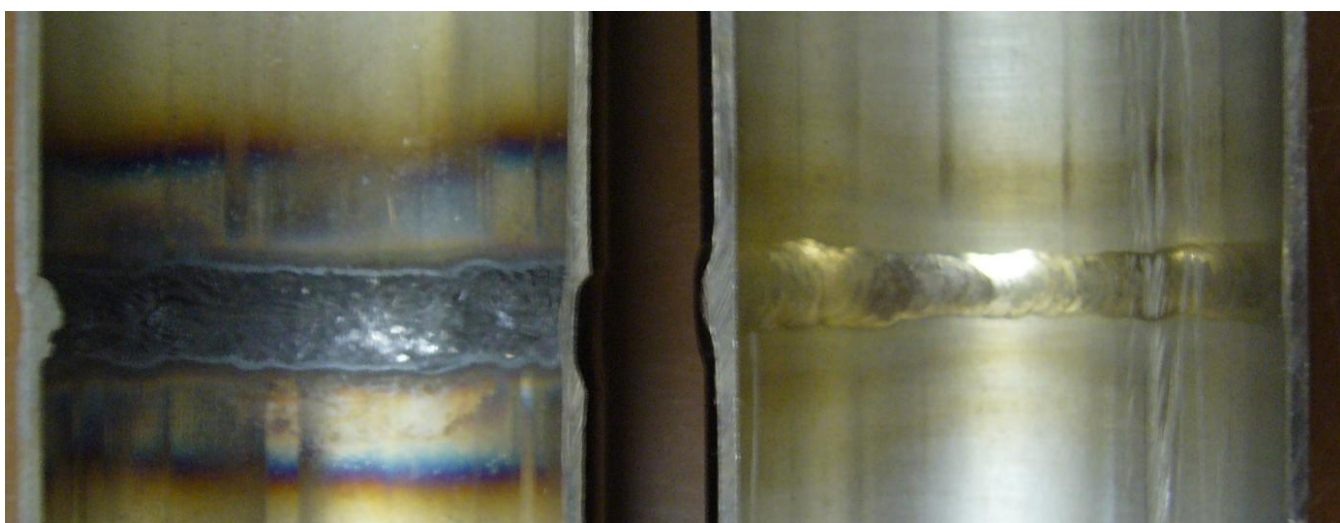
Plynné helium se vyrábí v čistotách od 4,6 až 7,0. Pro každou čistotu je stanoveno maximální množství nečistot. První číslice znamená počet devítek v procentickém vyjádření koncentrace helia. Druhé číslo je číslice na posledním místě vyjádření koncentrace helia. Např. čistota 5,1 znamená 99,9991% koncentrace helia.

Vliv použití formování na kořenovou vrstvu:

Při svařování metodou TIG je potřeba dbát na to, aby inertní plyny chránily nejenom svarovou housenku před vlivem vzdušného kyslíku, ale i kořenovou vrstvu svaru. Pokud nebude použito formovacích plynů, dojde k oxidaci kořene svaru a jeho okolí (obr. 5). Takový svar nesplňuje technické ani mechanické požadavky a narušuje čistotu produktu.

Průběh formování trubek produktovodu:

- nastehování požadovaného tvaru trasy produktovodu
- zaslepení možných míst uniku formovacího plynu
- samotné formování- je třeba dbát na správný průtok formovacího plynu. Při malém průtoku formovacího plynu nebude kořen svaru dobře naformován a dojde k oxidaci kořene. Při velkém průtoku dojde k natlakování formovacího plynu a následnému vyfouknutí svarové lázně. Průtok plynu je možno kontrolovat na manometru tlakové láhve.
- Koncentrace plynu je měřena pomocí sondy a průtokoměru (obr. 6), který měří zbytkový kyslík v ppm. Doporučená hladina pro svařování bez hrozby oxidace kořenové vrstvy je 20 ppm.



Obr. 5 Srovnání formovaného a neformovaného kořene svaru

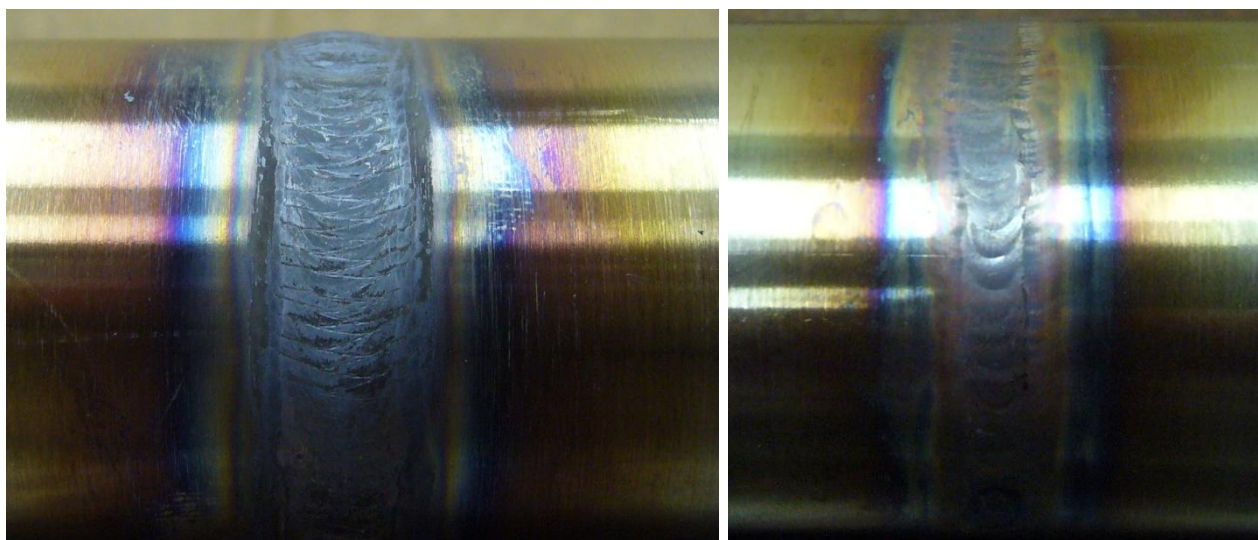


Obr. 6 Průtokoměr Oxy-2; firmy Orbitec [14]

Na provedení experimentu bylo zvoleno použití argonu jako svařovacího plynu. Jako formovací plyn byla zvolena směs argonu a vodíku. Všechny vzorky byly zavařeny pod stejným formovacím průtokem a kontrolovány na zbytkový vodík pomocí průtokoměru Oxy-2 firmy Orbitec.

3.3 Ruční svařování metodou TIG

Ruční svařování metodou TIG (obr. 8) se stalo nedílnou součástí průmyslu i přes postupný nástup robotického svařování, díky své jednoduchosti a operativnosti. Využívá se ve velké míře v chemickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu, tam kde je požadavek vytvořit tvarově složité a těžko přístupné produktovody. Ruční svařování je dále vhodné pro malé série a malé svařence. Ručním svařováním můžeme svářet konstantním i impulsním proudem (obr. 7).



Obr. 7 Příklady svarové housenky; vlevo ruční svařování konstantním proudem; vpravo ruční svařování impulsním proudem

Výhody ručního svařování metodou TIG:

- Jednoduchá a levná technologie oproti orbitálnímu svařování
- Možnost svářet ve stísněných a špatně přístupných místech
- Možnost svařovat malé dílce
- Velká mobilita svařovacího zdroje

Nevýhody ručního svařování metodou TIG:

- Malá produktivita
- Velké nároky na personál, nutnost zkušených svářečů
- Nezaručení dokonalého provaření kořenové vrstvy, nutnost každý svár kontrolovat



Obr. 8 Ruční svařování metodou TIG

Rozdělení zdrojů svařovacího proudu pro ruční svařování:

Svařovací zdroje (obr. 9) můžeme rozdělit do několika kategorií podle:

- Způsobu zapalování elektrického oblouku
- Druhu použitého chlazení

Způsoby zapalování elektrického oblouku:

- Dotykové:

Metoda škrtnutí- je podobná zapalování jako u sváření obalovanou elektrodou. Podstatou je škrtnutí wolframovou elektrodou o základní materiál a její zdvižení. Nevýhoda této metody spočívá v kontaminaci wolframové elektrody základním materiálem. To způsobuje nestabilní oblouk a také znečištění svařovaného spoje wolframovými vměstkami, které zhoršují vlastnosti výsledného svaru. Při této metodě se elektrický oblouk zapaluje při plném proudu a to napomáhá k opotřebení wolframové elektrody. Silně znečištěné wolframové elektrody je třeba mechanicky obrousit.

Metoda lift arc- při tomto způsobu je elektrický oblouk zapálen pouhým dotykem a následným oddálením wolframové elektrody od základního materiálu. Výhoda tohoto způsobu je, že elektrický oblouk není zapalován plným proudem ale sníženým proudem a teprve po stabilizaci elektrického oblouku, je automaticky nastaven na hodnotu vhodnou pro svařování. Tato metoda snižuje kontaminaci a opotřebení wolframové elektrody.

- Bezdotykové:

Metoda HF (vysokofrekvenční)- při této metodě nedochází k dotyku wolframové elektrody a základního materiálu. Elektrický oblouk je zapálen pomocí elektrického výboje, který přeskočí mezi wolframovou elektrodou a základním materiálem. Výhodou je, že nedochází ke kontaminaci wolframové elektrody ani svarového spoje. Proto se tato metoda používá pro spoje, u kterých je vyžadována vysoká metalurgická čistota. Nevýhodou je pořizovací cena svařovacích zdrojů, které jsou vybaveny tímto druhem zapalování elektrického oblouku a vznik elektromagnetického rušení, které může poškodit elektroniku v blízkosti svarového spoje.



Obr. 9 Svařovací zdroj – vybaven metodou zapalování elektrického oblouku HF a přidavným vodním chlazením

Způsoby chlazení zdrojů svařovacího proudu pro ruční svařování:

- Chlazení vzduchem:
Svařovací zdroje chlazené vzduchem pomocí ventilátorů mají omezený výkon. Nemohou svářet vysokým proudem po dlouhou dobu. Také dochází k přehřátí svařovací pistole (nutné přestávky během svařovacího procesu). Zdroj se snadno přenáší. Vhodné pro svařování materiálů o malých tloušťkách.
- Chlazení vodou:
Ve svářecím zdroji je zabudován přídatný chladicí okruh naplněný kapalinou, který proudí skrz svařovací zdroj a svařovací pistoli. Svařovací zdroje vybaveny chlazením mohou svářet vysokými proudy po dlouhou dobu (350 až 550 A). Nedochozí k přehřátí svařovací pistole, díky tomu mohou být svařovány materiály o velkých tloušťkách. Nevýhodou je velká hmotnost svařovacího zdroje.

3.4 Orbitální svařování metodou TIG

Během ručního svařování, dochází vlivem manuálního vedení hořáku k nepřesnostem vedení, nekonstantní svařovací rychlosti, nekonstantní délce oblouku atd. Použití orbitálního svařování zabraňuje vzniku těchto nedostatků a napomáhá snížit podíl práce kvalifikovaných svářečů.



Obr. 10 Řídící jednotka pro orbitální svařování

Při orbitálním svařování trubek je svařovací hlava upevněna na vnějším průměru trubek, pomocí upínacích kleští, které mají za úkol pevně a rychle fixovat orbitální hlavu. Orbitální hlava vykonává kruhový pohyb o 365° - 370° pro zaručení provaření začátku i konce svaru. Svařování může probíhat bez přídatného materiálu pouze natavením trubky, nebo s automatickým podáváním drátu do svarové lázně. Při orbitálním svařování se využívá impulsního proudu.

Každá orbitální hlava je vybavena počítačovou řídicí jednotkou (obr. 10), která automaticky nastavuje svařovací proud i svařovací rychlost. Obsluha pouze zadává průměr svařované trubky a sílu stěny materiálu. Počítačová jednotka je vybavena externí pamětí, popř. tiskárnou pro uložení parametrů a možnost znovu zadání svařovacího programu.

Výhody orbitálního svařování metodou TIG:

- Není zapotřebí zručné obsluhy
- Velká sériovost oproti ručnímu svařování
- Dokonalý průvar a jemná struktura svaru
- Malá teplotně ovlivněná oblast

Nevýhody orbitálního svařování metodou TIG:

- Drahá technologie
- Složitý transport
- Omezená možnost svařování v polohách a ve stísněných nebo málo přístupných prostorech
- Omezená velikost výrobku (orbitální hlava je limitována velikostí upínacích kleštin)

Orbitální svařování otevřenou hlavou

Otevřená orbitální hlava je přichycena za vnější povrch trubky pomocí excentrických kleštin, ty zajišťují rychlé a pevné upnutí svařovací hlavy. Pomocí seřizovacího šroubu je přesně ustanovena wolframová elektroda naproti svařovací mezeře. Orbitální hlava si namotá přívodní hadici (Obr. 11), aby během průběhu svařování nedošlo k jejímu poškození. Přívodní hadice slouží pro vedení plynu i svařovacího proudu. Výhoda otevřené orbitální hlavy je v rychlém a přesném upnutí na trubkách, u kterých se často mění vnější průměr. Nevýhodou je velikost svařovací hlavy- neumožňuje svařovat malé nebo tvarově složité dílce.



Obr. 11 Otevřená orbitální hlava; vlevo před namotání přívodní hadice; vpravo po namotání přívodní hadice

Orbitální svařování uzavřenou hlavou

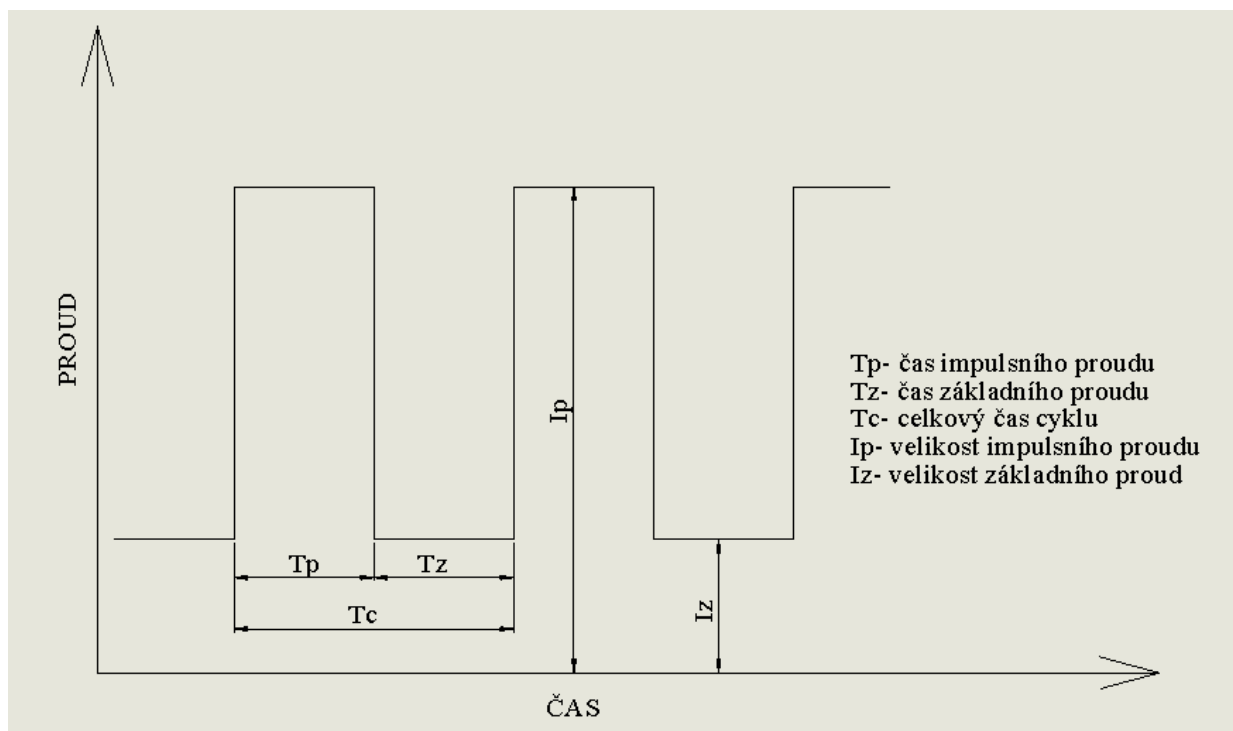
Orbitální hlava uzavřená (obr. 12) je uchycena na vnější průměr trubky pomocí vyměnitelných čelistí. Samotné svařování probíhá v uzavřené komoře, kde je dopředu připravena inertní atmosféra ve které se otáčí pouze wolframová elektroda. Výhodou uzavřené hlavy je schopnost svařet malé díly. Nevýhoda je velká spotřeba plynu, zdlouhavé a složité upínání orbitální hlavy. Během průběhu sváření není možnost kontroly tavné lázně.



Obr. 12 Orbitální hlava uzavřená [15]

Impulsní proud (obr. 13):

Impulsní svařování se řadí mezi nejnovější varianty TIG svařování. Ve velké míře se využívá při svařování orbitální hlavou. U této varianty svařování se intenzita proudu mění s časem mezi základním proudem a impulzním proudem. Tvar průběhu impulzního proudu může být obdélníkový, lichoběžníkový nebo sinusový.



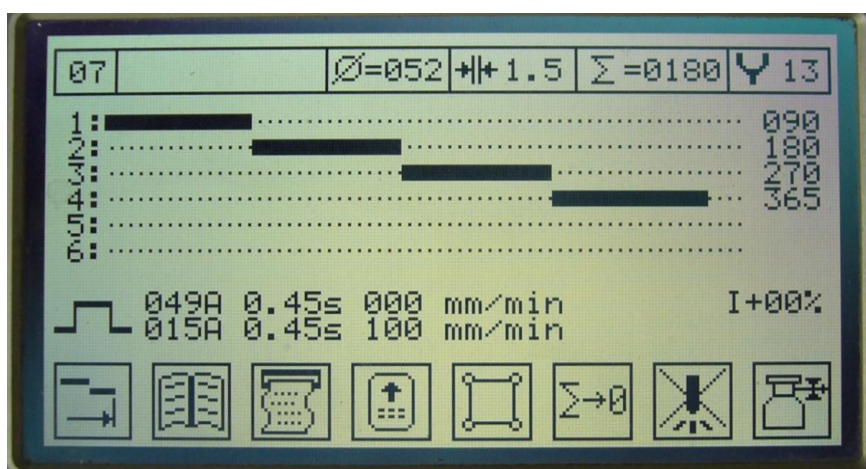
Obr. 13 Průběh impulzního proudu

Výhody impulzního proudu:

- Menší tepelně ovlivněná oblast
- Jemná struktura svaru
- Dobrý vzhled svarové housenky
- Možnost vytvářet velmi tenké svary

Programy používané při orbitálním svařování

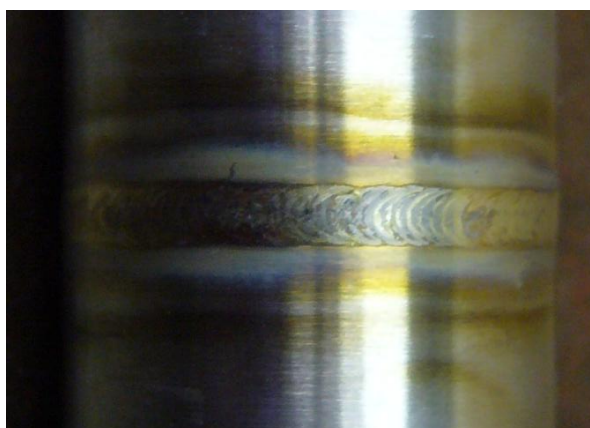
Na obr. 14 je vidět průběh programu STEP pro orbitální svařování. Obvod trubky může být rozdělen na čtyři nebo šest sekcí. Řídicí jednotka automaticky na každé sekci sníží svařovací proud o 3-5%, z důvodů zamezení přehřátí a propadání tavné lázně.



Obr. 14 Průběh programu STEP pro orbitální svařování

- Program STEP

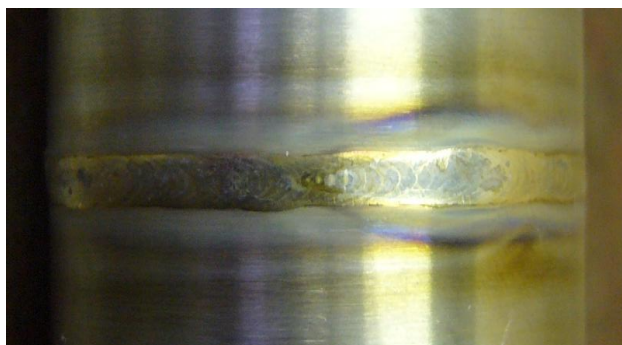
Program je nastaven tak, aby posuv přerušil vždy na impulsním proudu a svařovací hlava se pohybuje pouze při základním proudu. To zajišťuje stejnou šířku kořenové vrstvy a svarové housenky.



Obr. 15 Výsledná svarová housenka programu STEP

- Program 1:1

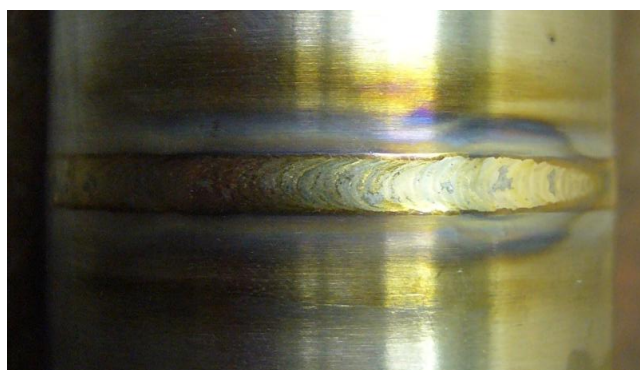
Poměr časové doby trvání impulsního a základního proudu je jedna k jedné. Díky tomu dochází ke snížení vneseného tepla, tepelně ovlivněné oblasti a tepelné deformace



Obr. 16 Výsledná svarová housenka programu 1:1

- Program 1:3

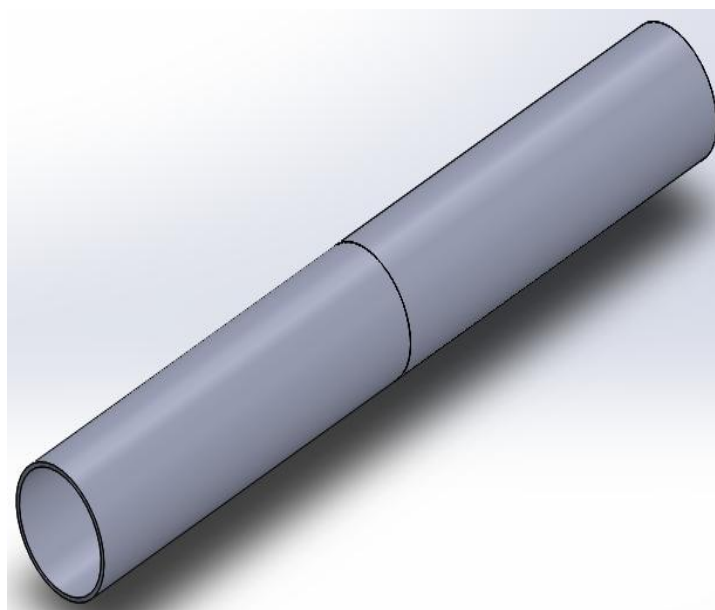
Poměr časové doby trvání impulsního a základního proudu je jedna ku třem. Tento program vytváří slabý svár s jemnou strukturou. Ze všech programů vnáší nejmenší teplo, tudíž i nejmenší tepelně ovlivněná oblast i tepelné deformace



Obr. 17 Výsledná svarová housenka programu 1:3

3.5 Výroba vzorků

Jako vzorek, na kterém bude srovnáno ruční a orbitální svařování byla zvolena trubka materiálu EN ISO 1.4571, průměru 40 mm a tloušťky stěny 1,5 mm (Obr. 18). Dva dílce trubky o délce 150 mm byly svařeny natupo, bez přídavného materiálu.



Obr. 18 Vzorek svařované trubky průměr 40 mm

Používané programy svařování:

- Ruční svařování konstantním proudem
- Ruční svařování impulsním proudem
- Ruční svařování bez formování kořenové vrstvy
- Orbitální svařování program STEP
- Orbitální svařování program 1:1
- Orbitální svařování program 1:3
- Orbitální svařování bez formování kořenové vrstvy

Z každé trubky byly vyříznuty dva vzorky- pásek šířky 20 mm (Obr. 19). Konce vzorku byly pod lisem narovnané, protože rádius trubky zabraňoval upnutí do kleštiny trhačího stroje. Tyto vzorky podrobíme tahovou zkouškou, která nám umožní porovnat mechanické vlastnosti svaru.



Obr. 19 Ukázka vzorku připraveného na trhačí zkoušku

Dále bylo vyříznuto z každého sváru po dvou vzorcích, ve tvaru čtverce, na metalografické pile (obr. 20). Tyto vzorky poslouží pro porovnání povrchové struktury svaru.



Obr. 20 Metalografická pila

3.6 Výpočet vneseného tepla

Pro porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG z hlediska vneseného tepla, bylo vybráno dohromady pět vzorků, které byly svařeny následujícími způsoby:

1. ruční svařování konstantním proudem
2. ruční svařování impulsním proudem
3. orbitální svařování programem STEP
4. orbitální svařování programem 1:1
5. orbitální svařování programem 1:3

Ruční svařování konstantním proudem

Zadané hodnoty:

η [-]	U [V]	I [A]	V_s [mm/s]
0,6	10,5	40	0,6444

Tab. 9 Parametry svařování během ručního svařování konstantním proudem

$$Q = \eta \cdot \frac{U \cdot I}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{10,5 \cdot 40}{10^3 \cdot 0,6444} = 0,6 \cdot \frac{420}{644,4} = 0,6 \cdot 0,6518 = 0,3910 \text{ KJ/mm} \quad (1.6)$$

Q = vnesené teplo [KJ/mm]

η = účinnost přenosu tepla [-]

U= svařovací napětí [V]

I= svařovací proud [A]

V_s= svařovací rychlost [mm/s]

Ruční svařování impulsním proudem

Zadané hodnoty:

η [-]	U [V]	I _I [A]	I _Z	V _s [mm/s]
0,6	10,5	50	15	0,6444

Tab. 10 Parametry svařování během ručního svařování impulsním proudem

$$Q_I = \eta \cdot \frac{U \cdot I_I}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{10,5 \cdot 50}{10^3 \cdot 0,6444} = 0,6 \cdot \frac{525}{644,4} = 0,6 \cdot 0,8147 = 0,4888 \text{ KJ/mm} \quad (1.7)$$

$$Q_Z = \eta \cdot \frac{U \cdot I_Z}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{10,5 \cdot 15}{10^3 \cdot 0,6444} = 0,6 \cdot \frac{157,5}{644,4} = 0,6 \cdot 0,2444 = 0,1466 \text{ KJ/mm} \quad (1.8)$$

$$Q_c = \frac{Q_I + Q_Z}{2} = \frac{0,4888 + 0,1466}{2} = 0,3177 \text{ KJ/mm} \quad (1.9)$$

Q_c= vnesené teplo celkové [KJ/mm]

Q_i= vnesené teplo impulsního proudu [KJ/mm]

Q_Z= vnesené teplo základního proudu [KJ/mm]

Orbitální svařování programem STEP

Zadané hodnoty:

η [-]	U [V]	I _I [A]	I _Z	V _s [mm/s]
0,6	7,4	50	15	0,8333

Tab. 11 Parametry svařování během orbitálního svařování programem STEP

$$Q_I = \eta \cdot \frac{U \cdot I_I}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{7,4 \cdot 50}{10^3 \cdot 0,8333} = 0,6 \cdot \frac{370}{833,3} = 0,6 \cdot 0,4440 = 0,2664 \text{ KJ/mm} \quad (2.0)$$

$$Q_Z = \eta \cdot \frac{U \cdot I_Z}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{7,4 \cdot 15}{10^3 \cdot 0,8333} = 0,6 \cdot \frac{111}{833,3} = 0,6 \cdot 0,1332 = 0,0799 \text{ KJ/mm} \quad (2.1)$$

$$Q_c = \frac{Q_I + Q_Z}{2} = \frac{0,2664 + 0,0799}{2} = 0,1732 \text{ KJ/mm} \quad (2.2)$$

Orbitální svařování programem 1:1

Zadané hodnoty:

η [-]	U [V]	I_I [A]	I_z	V_s [mm/s]
0,6	7,6	60	18	1,72

Tab. 12 Parametry svařování během orbitálního svařování programem 1:1

$$Q_I = \eta \cdot \frac{U \cdot I_I}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{7,6 \cdot 60}{10^3 \cdot 1,72} = 0,6 \cdot \frac{456}{1720} = 0,6 \cdot 0,2651 = 0,1591 \text{ KJ/mm} \quad (2.3)$$

$$Q_Z = \eta \cdot \frac{U \cdot I_z}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{7,6 \cdot 18}{10^3 \cdot 1,72} = 0,6 \cdot \frac{136,8}{1720} = 0,6 \cdot 0,0795 = 0,0477 \text{ KJ/mm} \quad (2.4)$$

$$Q_c = \frac{Q_I + Q_Z}{2} = \frac{0,1591 + 0,0477}{2} = 0,1034 \text{ KJ/mm} \quad (2.5)$$

Orbitální svařování programem 1:3

Zadané hodnoty:

η [-]	U [V]	I_I [A]	I_z	V_s [mm/s]
0,6	8,2	82	15	1,5167

Tab. 13 Parametry svařování během orbitálního svařování programem 1:3

$$Q_I = \eta \cdot \frac{U \cdot I_I}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{8,2 \cdot 82}{10^3 \cdot 1,5167} = 0,6 \cdot \frac{672,4}{1516,7} = 0,6 \cdot 0,4433 = 0,2661 \text{ KJ/mm} \quad (2.6)$$

$$Q_Z = \eta \cdot \frac{U \cdot I_z}{10^3 \cdot V_s} = 0,6 \cdot \frac{8,2 \cdot 15}{10^3 \cdot 1,5167} = 0,6 \cdot \frac{123}{1516,7} = 0,6 \cdot 0,0811 = 0,0487 \text{ KJ/mm} \quad (2.7)$$

$$Q_c = (Q_I \cdot 0,25) + (Q_Z \cdot 0,75) = (0,2661 \cdot 0,25) + (0,0487 \cdot 0,75) = 0,103 \text{ KJ/mm} \quad (2.8)$$

V tabulce 4 je vidět srovnání vneseného tepla při použití různých metod svařování TIG. Při ručním svařování konstantním proudem se dosahuje největšího vneseného tepla. Po aplikování ručního svařování impulsním proudem vnesené teplo klesne přibližně o 25%. Z hlediska nejmenšího vneseného tepla vychází nejlépe orbitální metody svařování a to orbitální svařování programem 1:1 a orbitální svařování programem 1:3. U těchto svařovacích programů je minimální rozdíl ve vneseném teple.

Ruční svařování konstantním proudem	0,3910 KJ/mm
Ruční svařování impulsním proudem	0,3177 KJ/mm
Orbitální svařování programem STEP	0,1732 KJ/mm
Orbitální svařování programem 1:1	0,1034 KJ/mm
Orbitální svařování programem 1:3	0,103 KJ/mm

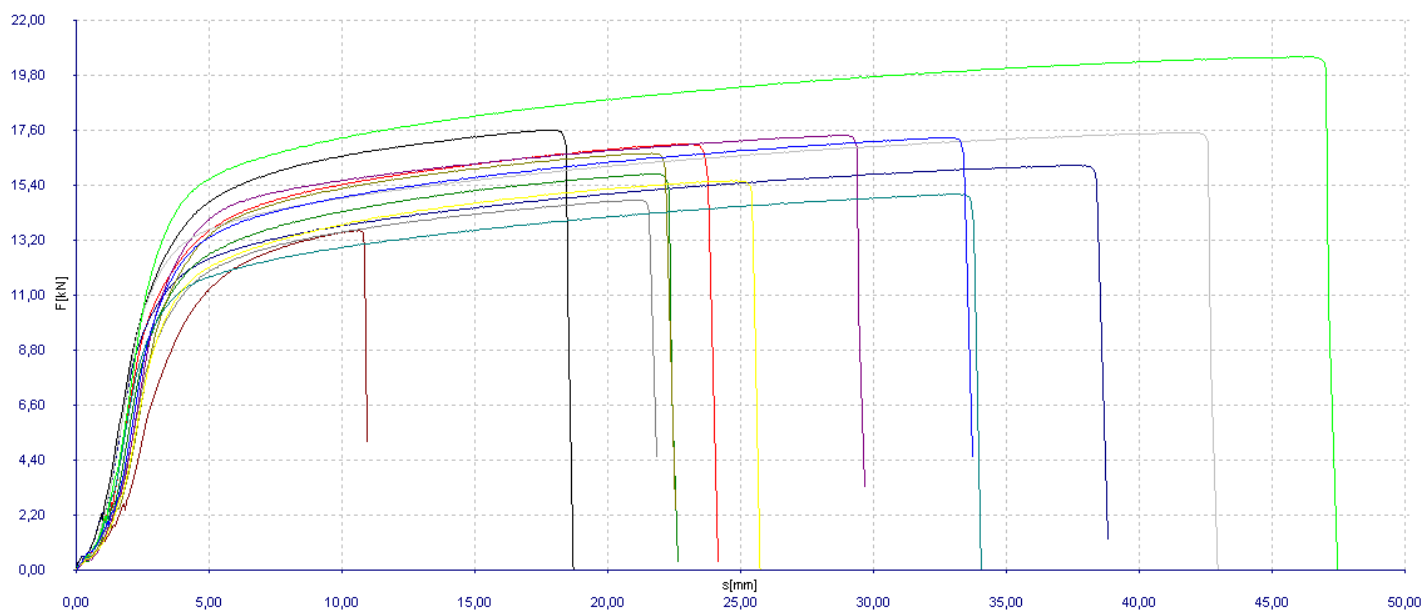
Tab. 14 Srovnání vneseného tepla

3.7 Tahové zkoušky vzorku

Tahové zkoušky svařených vzorků probíhali na hydraulickém zkušebním stroji ZD40 (viz. příloha 4).

Pro porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG, z hlediska mechanických vlastností výsledného svařence, bylo vybráno dohromady třináct vzorků, které byly svařeny následujícími způsoby:

1. ruční svařování konstantním proudem
2. ruční svařování impulsním proudem
3. ruční svařování konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy
4. orbitální svařování bez formování kořenové vrstvy
5. orbitální svařování programem 1:1
6. orbitální svařování programem 1:3
7. orbitální svařování programem STEP

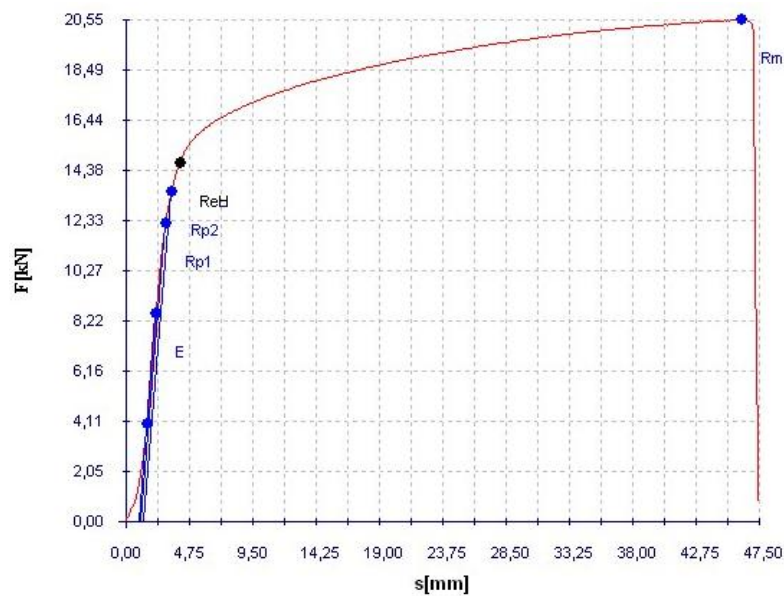


Obr. 21 Výsledné grafy tahových zkoušek svařených vzorků

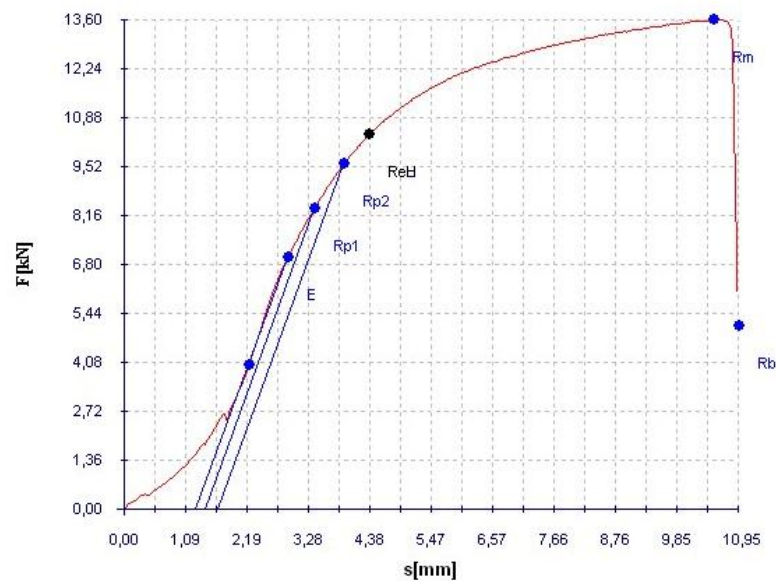
Vzorek	F [N]	Rp2 [Mpa]	Rm [Mpa]	A [%]	Barva křivky v grafu
Ruční svař. konst. prou. - 1	17 050,00	357,82	546,51	16,25	Červená
Ruční svař. konst. prou. - 2	16 184,80	360,36	549,31	22,50	Tmavě modrá
Ruční svař. impl. prou. - 3	15 865,20	354,31	532,25	15,00	Tmavě zelená
Ruční svař. impl. prou. - 4	17 614,40	362,24	540,19	11,25	Červená
Ruční svař. bez formování - 5	13 598,80	341,40	483,99	7,50	Tmavě červená
Ruční svař. bez formování - 6	14 821,20	359,46	533,94	12,50	Tmavě šedá

Vzorek	F [N]	Rp2 [Mpa]	Rm [Mpa]	A [%]	Barva křivky v grafu
Orb. svař. bez formování - 7	16 683,20	378,01	550,11	13,75	Tyrkysově zelená
Orb. svař. prog. 1_1 - 8	17 388,80	382,54	557,37	16,25	Fialová
Orb. svař. prog. 1_1 - 9	15 047,20	378,41	559,04	21,25	Tyrkysová
Orb. svař. prog. 1_3 - 10	17 510,80	369,91	558,15	22,50	Šedá
Orb. svař. prog. 1_3 - 11	20 548,40	376,01	572,92	23,75	Světle zelená
Orb. svař. prog. STEP - 12	15 583,20	368,18	544,71	16,25	Žlutá
Orb. svař. prog. STEP - 13	17 304,00	360,91	551,56	18,75	Tmavě modrá

Tab. 15 Srovnání mechanických vlastností svařených vzorků



Obr. 22 Výsledný graf tahové zkoušky vzorku, svařeného orbitálním svařováním programem 1:3



Obr. 23 Výsledný graf tahové zkoušky vzorku, svařeného ručním svařováním konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy

V předchozí kapitole (3.6) byli porovnány různé metody svařování TIG z hlediska vneseného tepla. Bylo zjištěno, že nejvíce vneseného tepla se dosahuje při použití ručního svařování konstantním proudem a nejmenšího při použití orbitálního svařování. Po provedení tahových zkoušek svařovaných vzorků a vyhodnocení výsledků, byla zjištěna nepřímá úměra mezi vneseným teplem a mechanickými vlastnostmi. Tzn., čím více se vnese tepla do svařovaného vzorku, tím horší mechanické vlastnosti se získají.

V tab. 15 je vidět srovnání mechanických vlastností svařených vzorků. Nejlepších výsledků bylo dosaženo použitím orbitálního svařování programem 1:3 (obr. 22). Tento program vnese do vzorku přibližně stejné teplo, jako program 1:1, ale vzorek svařený programem 1:3 vykazuje největší mez pevnosti a největší tažnost. Programem 1:1 se dosahuje ze všech naměřených výsledků nejvyšší meze kluzu.

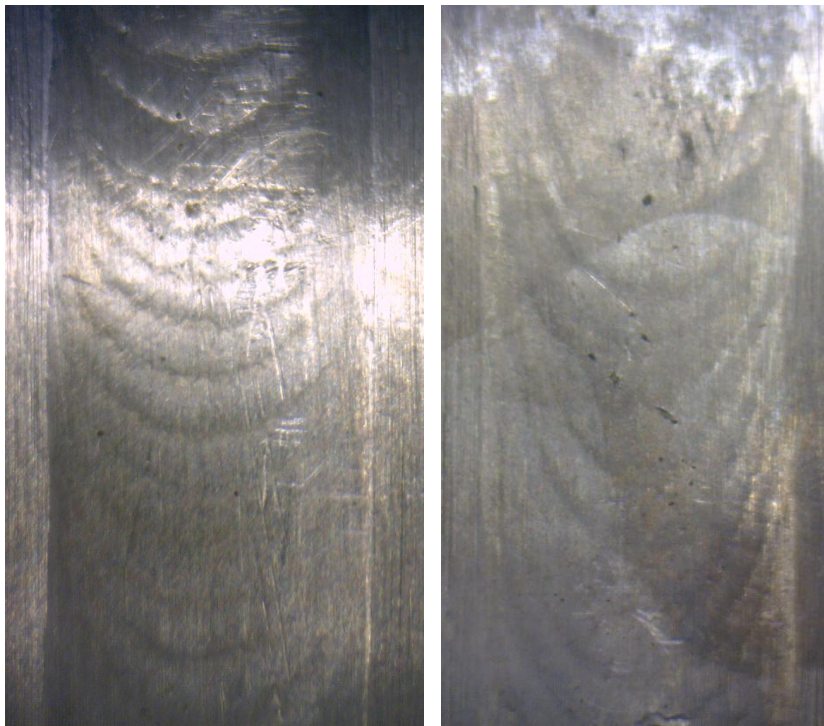
Vnesené teplo není jediný parametr, který ovlivňuje výsledné mechanické vlastnosti svaru. Na zkušebních vzorcích bylo testováno ruční (obr. 23) i orbitální svařování bez formování kořenové vrstvy. Výsledné svary mají zhoršené mechanické vlastnosti oproti svarům svařené s formováním kořenu. Např. mez pevnosti, u ručního svařování, je snížena o 100 MPa a tažnost je snížena až o 70%.

3.8 Výsledná povrchová struktura svaru

Porovnání výsledné struktury svaru probíhalo na stereomikroskopu Schut SSM-E.

Pro porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG, z hlediska povrchové struktury výsledného svařence, bylo vybráno dohromady sedm vzorků, které byly svařeny následujícími způsoby:

1. ruční svařování konstantním proudem
2. ruční svařování impulsním proudem
3. ruční svařování konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy
4. orbitální svařování bez formování kořenové vrstvy
5. orbitální svařování programem 1:1
6. orbitální svařování programem 1:3
7. orbitální svařování programem STEP



Obr. 24 Porovnání povrchové struktury svaru; vlevo svarová housenka svařená orbitálním svařováním programem 1:3; vpravo svarová housenka svařena orbitálním svařováním programem 1:1

Na obr. 24 je vidět srovnání povrchové struktury svarů svařených orbitálního svařování a to pomocí programů 1:3 a 1:1. Těmito programy se vnese do svařovaných vzorků přibližně stejné teplo, ale programem 1:3 dosáhneme lepších mechanických vlastností a jemnější povrchové struktury než programem 1:1, který má vyšší svařovací rychlost- tzn. vyšší produktivnost na úkor nižších mechanických vlastností a hrubší povrchové struktury svarové housenky.

Vznik oxidů na povrchu svaru:

V průběhu svařování vzniká na povrchu svarové housenky oxidační vrstva a vrstva ochuzená o chrom (obr. 25). Aby byla zachována korozní odolnost a vzhledová stránka svaru, musí být tyto vrstvy po sváření odstraněny. V tab. 16 je vidět do jaké vzdálenosti a v jaké tloušťce se v okolí sváru oxidační vrstvy vytvářejí.

Druhy čistění svarové housenky:

1. Mechanické- kartáčování, broušení, leštění, atd.
2. Chemické- moření povrchu svaru kyselinou
3. Kombinované- mechanické+ chemické



Obr. 25 Vznik oxidační vrstvy a vrstvy ochuzené o chrom; vlevo šířka vzniku oxidační vrstvy od svaru; vpravo graficky znázorněn řez materiálem a vznik vrstev [16]

Vzdálenost od svaru [mm]	3,5	7,0	9,0	11,5	15	42
Teplota [°C]	1000	700	600	400	-	-
Tloušťka zoxidované vrstvy [nm]	168	75	28	15	11	6

Tab. 16 Vznik svarových oxidu

Tepelně ovlivněná oblast:

Na obr. 26 je vidět porovnání tepelně ovlivněné oblasti svarů. Pro porovnání tepelně ovlivněné oblasti výsledného svařence, bylo vybráno dohromady sedm vzorků, které byly svařeny následujícími způsoby:

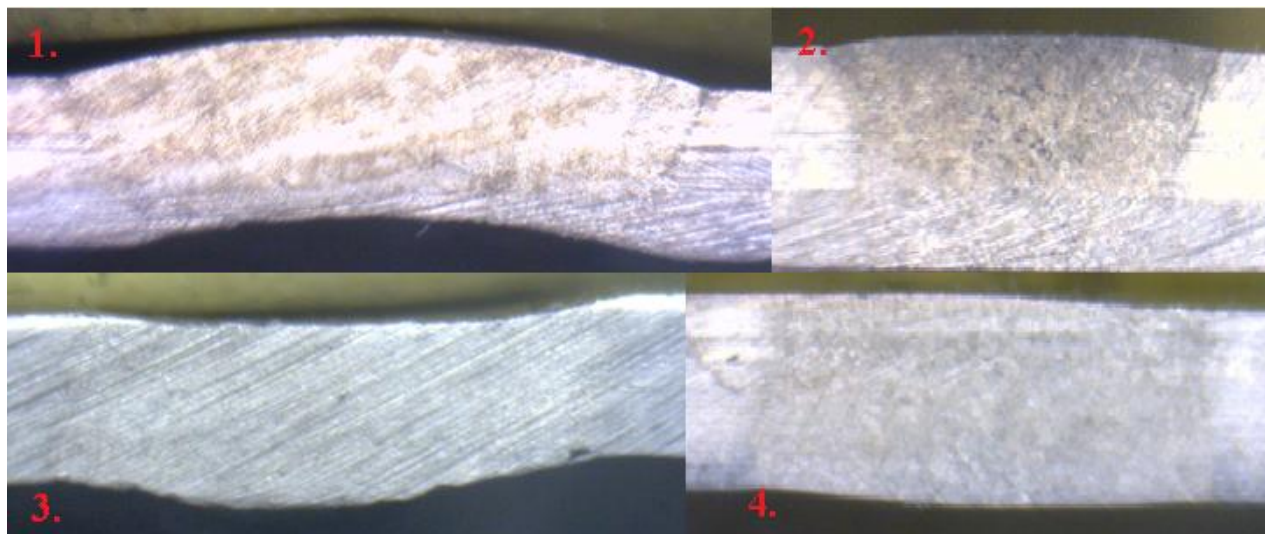
1. ruční svařování impulsním proudem
2. ruční svařování konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy
3. orbitální svařování bez formování kořenové vrstvy
4. orbitální svařování programem 1:1
5. orbitální svařování programem 1:3
6. orbitální svařování programem STEP

Ruční svařování konstantním proudem má ze všech zkoumaných způsobů největší tepelně ovlivněnou oblast. Ta vzniká díky nízké svařovací rychlosti a svar je vyboulený. Nízká svařovací rychlost má za příčinu přehřátí formovacího plynu (formovací plyn se zvýšením teploty rozpíná) a následné vyboulení svarové housenky.

Ruční svařování konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy má stejnou tepelně ovlivněnou oblast ale nedochází u této metody k vyboulení svarové housenky, ale k propadu svarové housenky, díky absenci formovacího plynu.

Orbitální svařování programem 1:1 má výrazně menší tepelně ovlivněnou oblast než ruční svařování. Okraje svaru v příčném řezu mají tvar písmena C. Svarová housenka a kořen sváru jsou širší než prostředek svaru.

Orbitální svařování programem 1:3 má nejmenší tepelně ovlivněnou oblast ze všech vzorků. Svar v příčném řezu má tvar písmene V. Svarová housenka je širší než kořen sváru.



Obr. 26 Porovnání tepelně ovlivněné oblasti; 1. Ruční svařování konstantním proudem; 2. Orbitální svařování programem 1:3; 3. Ruční svařování konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy; 4. Orbitální svařování programem 1:1

4 Technicko ekonomické hodnocení

Jeden z důležitých faktorů výroby je její ekonomie. Jak rychle, v jaké kvalitě a za jakou cenu je firma schopna vyrábět, jsou rozhodující faktory úspěchu na trhu.

Porovnání ručního a orbitálního svařování z ekonomického hlediska se dá rozdělit na nutnou počáteční investici (tab. 17) a sériovost dané technologie (tab. 18). Uvedené ceny strojů jsou odvozeny od pořizovacích nákladů firmy INTERO Chmelan a spol. viz příloha č. 5.

Nutná počáteční investice:

Nutná počáteční investice u ručního svařování je několikanásobně menší než u orbitálního svařování. Ruční svařování je univerzálnější. Není omezeno velikostí výrobku, (u orbitálního svařování jsme omezení velikostí orbitální hlavy), můžeme svařovat různé druhy materiálů (hliník, ocel, atd.) a umožňuje svařovat v jakémkoliv poloze.

Ruční svařování	Orbitální svařování
101 843 Kč - svařovací zdroj	298 370 Kč – svařovací zdroj, řídicí jednotka
	222 560 Kč – svařovací hlava
	16 990 Kč – bruska na wolframové jehly
	64 880 Kč - průtokoměr Oxy-2
Celkem: 101 843 Kč	Celkem: 602 800 Kč

Tab. 17 Srovnání počáteční nutné investice

Sériovost výroby:

Sériovost výroby byla posuzována na svařovaných vzorcích průměru 40 mm. Cena práce byla stanovena podle cen firmy INTERO Chmelan a spol..

	Výrobní čas ručním svařováním	Výrobní čas orbitálním svařováním	Cena práce ručním svařováním	Cena práce orbitálním svařováním
1 ks	195 [s]	120 [s]	21 [Kč]	17 [Kč]
13 ks	43 [min]	26 [min]	272 [Kč]	217 [Kč]
1000 ks	54 [hod.]	33 [hod.]	21 000 [Kč]	17 000 [Kč]

Tab. 18 Srovnání sériovosti

Vyhodnocení:

Pro své velké pořizovací náklady, se orbitální svařování dobře uplatňuje na velké série kusů stejných rozměrů nebo u průmyslových odvětví, kde je kladen velký důraz na kvalitu svaru a jeho následnou kontrolu (např. farmacie).

5 Závěry

Práce se zabývá porovnáním ručního a orbitálního svařování metodou TIG. V úvodu práce jsou rozebrány vysokolegované korozivzdorné ocele vhodné pro použití v potravinářském, chemickém, farmaceutickém průmyslu a použitelné druhy svařování pro tyto ocele. Dále je popsán princip svařování metodou TIG.

V experimentální části se práce zabývá popisem ručního a orbitálního svařování metodou TIG. Rozborem výhod a nevýhod ručního a orbitálního svařování metodou TIG. Popisem výroby a přípravy vzorků na porovnání ručního a orbitálního svařování metodou TIG z hlediska mechanických vlastností a povrchové struktury vzorků. Výpočtem vneseného tepla a posouzení výsledků tahových zkoušek a výsledné povrchové struktury svarů.

Na závěr je srovnáno ruční a orbitální svařování metodou TIG z technicko ekonomického hlediska.

Z výsledků vyplívá, že nejmenšího vneseného tepla, nejlepších mechanických vlastností a jemné povrchové struktury se dosahuje pomocí orbitálního svařování. Nevýhodou orbitálního svařování jsou velké pořizovací náklady, obtížná transportace zařízení a nemožnost použití orbitálního svařování ve stísněných prostorech. Pro tyto důvody bude ruční svařování nadále nedílnou součástí výroby pro potravinářský, chemický a farmaceutický průmysl.

Seznam použité literatury

- [1] INTERO CHMELAN. *INTERO Chmelan a spol, s.r.o.* [online]. © 2010 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.intero.cz>
- [2] KOUKAL, Jaroslav, Drahomír SCHWARZ a Jiří HAJDÍK. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [3] *ASM handbook*. 6th print. Materials Park: ASM International, 2003, xvi, 1299 s. ISBN 08-717-0382-3.
- [4] *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. ISBN 80-857-7185-3.
- [5] ŠENBERGER, Jaroslav. 2003. *Metalurgie oceli na odlitky*. 1. vyd. Brno: CERM, 148 s. ISBN 80-214-2509-1.
- [6] KANDUS, Bohumil a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 1. vyd. Ostrava: Zeross, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
- [7] KŘÍŽ, Rudolf. *Strojírenská příručka 8. svazek: V-Tváření, W- Výrobky se slinovanými prášky, X- Výrobky z plastů, Z- Svařování součástí, Z- Protikorozní ochrana materiálu*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 255 s. ISBN 80-718-3054-2.
- [8] KANDUS, Bohumil a Jaroslav KUBÍČEK. 2001. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 1. vyd. Ostrava: Zeross, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
- [9] WIRPO. *Wirpo* [online]. [2015] [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.wirpo.cz/pridavne-materialy/wolframove-elektrody>
- [10] SVARINFO. *SVARINFO* [online]. [2015] [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2006111201>
- [11] SIAD. *SIAD* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.siad.com/repceca/pagina.asp?m=3&id=132>
- [12] MESSER. *Messer* [online]. [2015] [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://www.messergroup.com/cz/Specifikace_plynu_a_znacení_tlakovych_lahvi/index.html
- [13] ČESKÁ ASOCIACE TECHNICKÝCH PLYNŮ. *Česká asociace technických plynů* [online]. 4.1.2012 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.catp.cz/publikace2.php>
- [14] ORBITEC LTD. *Orbitec* [online]. © Copyright 2011 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.orbitecuk.com/orbital/welding/oxy-2-oxygen-analyser>

[15] ORBITEC LTD. *Orbitec* [online]. © Copyright 2011 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.orbitecuk.com/orbital/welding/water-cooled-osk-hd>

[16] STRIDH, Lars-Erik. 2009. *New lean duplex steels and their weldability*.. Japan.

[17] *Citace.com* [online]. [2011] [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.citace.com>

Seznam symbolů

A= elektrický proud [A]

A= tažnost materiálu [%]

F= zatěžující síla [N]

I= svařovací proud [A]

I_p= velikost impulsní proud [A]

I_z= velikost základního proudu [A]

Q= vnesené teplo [KJ/mm]

Q_c= vnesené teplo celkové [KJ/mm]

Q_i= vnesené teplo impulsního proudu [KJ/mm]

Q_z= vnesené teplo základního proudu [KJ/mm]

R_p= smluvní mez kluzu materiálu v tahu [MPa]

R_m= smluvní mez pevnosti materiálu v tahu [MPa]

T_p= čas impulzního proudu [s]

T_z= čas základního proudu [s]

T_c= celkový čas cyklu [s]

U= svařovací napětí [V]

V_s= svařovací rychlost [mm/s]


η= účinnost přenosu tepla [-]

Přílohy

Příloha č. 1: Inspekční certifikát 3.1 materiálu 1.4571

	COMPANY WITH QUALITY SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001 / 2000 = CERT-00149-94-AQ-MIL-SINCERT	COMPANY WITH ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 14001 : 2004 = CERT-1194-2005-AE-MIL-SINCERT	ita Inox S.p.A. Strada Statale 45 bis 26010 Robecco d'Oglio (CR) - Italia Tel. + 39 0372 9801 Fax + 39 0372 921538 e-mail: sales@ita.arvedi.it quality@ita.arvedi.it www.arvedi.it	itainox 
	TEST CERTIFICATE ACCORDING TO EN 10204/ 3.1 N° 98492			Pag. 1 di 1

ABNAHMEPRÜFZEUGNIS - CERTIFICAT D'ESSAIS - CERTIFICATO DI COLLAUDO
 for longitudinally welded tubes/längsnahtgeschweisste rohre/pour tubes soudes longitudinalement /Per tubi saldati longitudinalmente

Customer: THYSSENKRUPP MATERIALS Besteller/Clien/Cliente: RECHN.KONTOK. /POSTFACH 105032		LOGISTICS & SERVICES GMBH 40041 DUESSELDORF D					
Customer Order N°: 5401668120 ✓ Bestellung/Commande Client/Ordine Cliente		Mill's ita Inox N°: 2009/3513 Werks N°/N° référence interne/Conferma ordine					
Specifications: EN 10217-7: 2005 / TC1 / Anforderungen/Specifications/Spécifiche		Tolerances: EN ISO 1127 D3/T3 Toleranzan/Tolérances/Tolleranze					
Manufacturer's mark:  Herstellerzeichen/Marka du fabricant/Marchio del produttore Inspector's stamp: M.S. Stempel des Sachverständigen/Pointon de l'inspecteur/Punzone dell'ispettore		Marking: EN 10217-7 Kernzeichnung/Marquage/Marcatura					
Item Pos. N°	DIMENSIONS Admessungen Dimensions/Dimensioni	PIECES N° Stückzahl Pezzi	METERS Meter Mètres/Metri	WEIGHT(Kg) Gewicht/Poids Peso	GRADE Werkstoff/Nuance Materiale	STANDARD CODE Normbezeichnung Designation/Designazione	EXECUTION Ausführung Esecuzione
008	40.00x 1.50x6000	33	198.00	280.00	1.4571 316TI Z6 CNDT 17-12 UNS	X6CrNiMoTi 17-12-2	W2b

Chemical analysis acc.to: ASTM A240 / EN 10088-2/EN 10028-7 Last Edition
 Steel making process : E/AOD

Item N°	Manuf. Hersteller	HEAT N° Schmelz/Coulee/Casta	% C	% Si	% S	% P	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% Ti	% Co	% Cu	% N
008	418431	0.030	0.590	0.001	0.027	1.150	16.680	10.650	2.060	0.310	0.190	0.270	0.014

Mechanical test acc.to tab.: 6-7 EN 10217-7

Item Pos. N°	HEAT N° Schmelz Coulée Casta	HOMOLOG. Zulassung Omologation Omologazione	TEST Probe Epruvette Prova N°	SPECIMEN SIZE Abmessung Probestab Dimen. Epruvette Dimensione provetta mm.	YIELD STRENGTH Streck-/Zugstrenge Limite d'élasticité Limite di snervamento 0,2% N/mm² 1%	TENSILE STRENGTH Zugfestigkeit Résistance à traction Limite di rottura N/mm²	ELONGAT. Bruchdehnung Allongement Allungamento %	HARDNESS Härte Durezza HB
008	418431		1 L	20 x 1.5	>= 210	>= 245	500 - 730	>= 35

Heat treatment: ===== °C Wärmebehandlung/Traitement thermique/Trattamento termico	Technological test : ===== /EN 10233: OK / ===== / ===== Technologische Prüfung/Examen technologique/Prova tecnologica
Residual Corrosion Test acc. to: Intergranular Corrosion Test acc. to: EN ISO 3651-2/A: OK Non Destructive Test acc to: EN 10246-3/E1H: OK Leak Test/Hydrostatic test to: EN 10246-2: OK Uncorrect Material Test: Ohne Beanstandung zu 100%: Durchgefuehrt Visual and gauging control: Ohne Beanstandung	Korrosionsfördernde Rückstände/Essai résidus corrosif/Prova residui corrosivi IK Beständigkeit/Essai corr.intergr./Prova di corrosione intergranulare Zerstörungsfreie Prüfung/Contrôle non destructif/Controllo non distruttivo Dichtheitsprüfung/Essai d'étanchéité/Prova di tenuta Verwechslungsprüfung/Essai P.M.I./Prova antimiscuglio Besichtigung und Ausmessung/Contrôle visuel et dimensionnel/Controllo Visivo e dimensionale

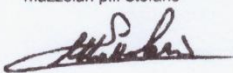
Notes:

We certify that the delivered products comply with the specification of the order. Wir bestaetigen, dass die gelieferte Ware den Bestellvorschriften entspricht/Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux références de la commande/ Noi attestiamo che il materiale spedito è conforme ai requisiti dell'ordine

Robecco d'Oglio, 30/09/2009
 Issued by: Cordani A. S

Mill's Inspector / Der Werksachverständige
 Inspecteur de l'usine / Firma Ispettore

Mazzolari p.i. Stefano


Arvedi

Priloha č. 2: Inspekční certifikát 3.1 materiálu 1.404

18/07/2006 11:25

STR. 02/02

1665



MARCEGAGLIA S.p.A.

Certificato di Collaudo
Test certificate
Abnahmeprüfzeugnis
Certificat de controle
EN 10204 3.1
Nr. 34322

Date: 11/10/2005
Date:
Date:

Sede legale ed amministrativa: via Braconeri, 16 - 46040 Gattolo degli Ippoliti - Mantova - Italy
Tel. +39 0376 885 1 Fax +39 0376 885 600 www.marcegaglia.com
Stabilimento di Forlì: via Mattei, 20 - 47037 Formigosa di Forlì - Forlì - Cesena - Italy
Tel. +39 0543 470 111 Fax +39 0543 470 105

Cliente Customer Kunde Client	Ordine Cliente Customer's Order Bestellung Commande du Client	00-001658/05	Ordine Marcegaglia Bill Order Ursache Auftragsbestätigung Notre confirmation de commande	138298
--	--	--------------	---	--------

Tipo di Acciaio Steel type Werkstoff Nuance acier	TP 316L X2CrNiMo17-12-2 EN 1.4404 Z3 CND 17-12-02	Norma di collaudo Test specification Prüfungsnormen Spécification	DIN 17457 PK1	Tolleranze Tolerances Toleranzen Tolérances	EN ISO 1127 D3/T3	Trattamento Heat treatment Wärmebehandlung Traitement thermique	Aria Air / Luft
--	--	--	---------------	--	-------------------	--	--------------------

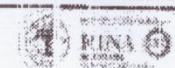
Tubi saldati longitudinalmente Welded tubes / Längsnahtgeschweißte Röhre / Tubes soudés						Composizione Chimica Chemical Analysis / Chimische Analyse / Composition Chimique													
Pos. Nr.	Dimensioni Admission Dimensions (mm)	Quantità Menge Quantity (m)	Peso Gewicht Poids (Kg)	Pezzi Pieces Stückzahl (N)	Stato di fornitura Lieferzustand Etat de commande	Pubbricante Coil Sheet metal coil Cathénaire Producteur bobine	Colata Heat Strenze Coulée Nr	C (%)	Mo (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Pb (%)	Ti (%)	N (%)
1	60,3x3,0			37			400990	0,018	1,21	0,32	0,028	0,014	16,54	11,00	2,08				0,11
2	70x2,0			35			400996	0,016	1,29	0,31	0,028	0,014	16,64	11,00	2,01				0,090

Valori richiesti Required values Anforderungen Caractéristiques Sollwerte	Carico di Snervamento 0,2% R _{0,2} Yield Strength Limite élastique (MPa)	Carico di Snervamento 1,0% R _{1,0} Yield Strength Limite élastique (MPa)	Carico di Rottura R _m Tensile Strength Zugfestigkeit Rupture (MPa)	Allungamento a rottura A ₅ Elongation Dehnung Allongement (%)	Durezza HRB Rockwell B Dureté	Svecciatura F50/100 Annealing Tempering Démarrage	Omogeneità Homogeneity Homogénéité Homogénéité	Piegna a 90° Bendability Flexion Recurvabilité	Manifattura ad acqua Water spraying Water spray Recurvabilité	Prova idraulica Hydraulic test Water test Essai hydraulique	Prova a trazione Tensile test Traction Essai de traction	Prova di corrosione Corrosion test Corrosion Essai de corrosion	Prova di corrosione Corrosion test Corrosion Essai de corrosion	Prova di corrosione Corrosion test Corrosion Essai de corrosion
	>=190	>=225	>=490	>=40						SEP 1005	SEP 191			
Pos. Nr.	1 2	293 284	328 327	800 605	53 52					OK OK	OK OK	OK OK	OK OK	OK OK

Prova di trazione ascendente Tensile test ascending Zugversuch gemäß Essai de traction en ascendant avec EN 10002-1:2001	Prova di corrosione intermetallica secondo Intergranular corrosion test according to Prüfung auf intermetallische Korrosion gemäß Essai de corrosion intermétallique en ascendant avec	Controllo visuale dimensionale Visual and dimensional control Sicht- und Abmessungskontrolle Contrôle visuel et dimensionnel OK	Chi Logo e nome AQUAP Chi 2364 - 2101 Chi 831041 - 821103 Chi 74425 - 75 - TU a 744548 - TU Chi 7455 - 75 - TU a 7450 - 05 - TU
--	---	---	--

<p>Marcegaglia Marking / Kennzeichnung / Marquage</p> <p>Legenda</p> <p>1 Sigla Produttore Manufacturer trade mark Zusätze des Lieferanten Temps du producteur</p> <p>2 Norma di collaudo Test specification Prüfungsnormen Spécification</p> <p>3 Tipo Acciaio 1 Grade 1 Werkstoff 1 Nuance 1</p> <p>4 Tipo Acciaio 2 Grade 2 Werkstoff 2 Nuance 2</p> <p>5 Colata Heat Schmelze Coulée</p> <p>6 Saldato Welded Geschweißte Soudé</p> <p>7 Stato di fornitura Supply condition Lieferzustand Etat de commande</p> <p>8 Laminato = Non laminato Inside base removed - not remove Innenstift gegliedert = nicht gegliedert Laminé = Pas laminé</p> <p>9 Tubo Crudo - Riscotto Not annealed - Annealed tube Ungeglühtes - Geprüftes Rohr Rohr nicht - Röhre</p> <p>10 Tipo di classe Class type Klassenart Série</p> <p>11 Tubo N° Tube N° Rohr N° Date N°</p> <p>12 Prevedo il Certificato Will test mill MR Werkstoffabmessung Cumpede le certiffat</p> <p>13 Prova Eddy Current Eddy Current Tested Wirbelstromgeprüft Essai par courant de Foucault</p> <p>14 Diametro e spessore in mm Diameter and Thickness in mm Diameter et épaisseur en mm</p> <p>15 Diametro e spessore schedula Diameter and Thickness schedule Diameter et épaisseur en schédule Diameter et épaisseur en schédule</p>			
---	--	--	--

Observazioni
THE CHEMICAL COMPOSITION REFERS TO THE RAW MATERIAL USED ACCORDING TO EN 10008
Test according to PRN 10217-7:2002 (E)




Avviso di spedizione Shipping notice Versandanzeige Avis d'expédition	693946	<p>Il certificato che il prodotto fornito è conforme ai requisiti dell'ordinazione We certify that material supplied complies with the requirements agreed on order Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellanahme entspricht Nous certifie que le produit fourni est conforme à la qualité de la commande</p> <p>Mod. 001 Rev.04 09/2002</p>	<p>Marcegaglia S.p.A. Quality Assurance Department</p> <p>10.4</p>
--	--------	---	--

Príloha č. 3 Inspekční certifikát 3.1 materiálu 1.4307

	COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV GL ISO 9001 ISO 14001 OHSAS 18001	ita inox s.p.a. Strada Statale 45 bis 26010 Robecco d'Oglio (CR) - Italia Tel +39 0372 9801 Fax +39 0372 921538 e-mail: ita@ita.avedi.it quality@ita.avedi.it www.avedi.it	

TEST CERTIFICATE ACCORDING TO EN 10204(2004) 3.1 **N°0000381445**
ABNAHMEPRÜFZEUGNIS - CERTIFICAT D'ESSAIS - CERTIFICATO DI COLLAUDO Pag. 1di 1
Longitudinally laser welded tubes/Laser längsnahtgeschweisste rohre/Tubes soudés longitudinalement laser/Tubi saldati longitudinalmente laser

Customer: ARMAT SPOL S.R.O.	RETOVA - CZECH REPUBLIC
Besteller/Client/Cliente: RETOVA 82	
Customer Order N°: IL-3/2014 - 000-070-1.4301/7	Mill's ita inox N°: 0411036890 - 000050 # 0421041702 - 000050
Bestellung/Commande Client/Ordine Cliente	WerksN°/N° référence Interne/Conferma ordine
Specifications: EN 10217-7:2005 / TC1 // EN 10357:2013	Tolerances: EN 10357 TAB.1 SERIES A
Anforderungen/Specifications/Specifiche // CC	Tolleranzas/Tolerances/Tolleranze
Manufacturer's mark:  Herstellerzeichen/Marque du fabricant/ Marchio del produttore	Marking: According to EN 10357
Inspector's Stamp: M.S.	Kenzeichnung/Marquage/Marcatura

Item Pos. N°	DIMENSIONS Abmessungen Dimensioni/Dimensioni	PIECES N° Stückzahl Pezzi/Pezzi	METERS Meter Mètres/Metri	WEIGHT(kg) Gewicht/Poids Peso	GRADE Werkstoff/Nuance Materiale	STANDARD CODE Normbezeichnung Designation/Designazione	EXECUTION Ausführung Esecuzione/Esecuzione
50	70.00 X 2.00 X 6000	37	222.00	707.000	TP.304L	X2 CrNi 18-9	W0 b
50	70.00 X 2.00 X 6000	37	222.00	705.000	1.4307		W0 b
50	70.00 X 2.00 X 6000	37	222.00	722.000	Z3 CN 19-9		W0 b
50	70.00 X 2.00 X 6000	37	222.00	714.000	UNS S30403		W0 b

Chemical analysis acc. to: **ASTM A240/ EN 10088-2/EN 10028-7 Last Edition** Schmelzanalyse/Chimique analyse/Analisi chimica
 Steel making process: **E/AOD** Erschmelzungsart/Procédé d'elaboration/Procedimento di elaborazione acciaio

Item N°	Manufacturer	HEAT N°	% C	% Si	% S	% P	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% Ti	% Co	% Cu	% N
50	438075	0.021	0.440	0.0040	0.031	1.450	18.070	8.020			0.175	0.320	0.071
50	925810	0.025	0.400	0.0006	0.032	1.420	18.000	8.010			0.189	0.356	0.060
50	953057	0.020	0.460	0.0003	0.033	1.700	18.100	8.020					0.070
50	953512	0.019	0.500	0.0004	0.033	1.660	18.200	8.080					0.070

Mechanical test acc. to tab.: **6-7 EN 10217-7** Mechanische Prüfungen/Essais mécaniques/Caratteristiche meccaniche

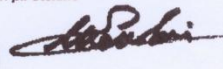

Item Pos. N°	HEAT N°	HOMOLOG.	TEST	SPECIMEN SIZE	YIELD STRENGTH	TENSILE STRENGTH	ELONGAT.	HARDNESS
	Schmelze	Zulassung	Probe	Abmessung	Streck-/Dehngrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Haerte
	Coulee	Omologazione	Eprouvette	Dim. Eprouvette	Limite d'elasticità	Résistance à traction	Allongement	Durezza
	Colata	Omologazione	n°	Dimensione provetta	Limite di snervamento	Résistance à traction	Allungamento	HB
				mm.	0,2% N/mm² 1%	Limite di rottura	A5%	
					>=180	>=215	470 - 670	>= 40.0
50	438075	01	L	20 X 2.00	428	474	658	53.3
50	925810	01	L	20 X 2.00	428	472	665	52.6
50	953057	01	L	20 X 2.00	422	468	668	52.4
50	953512	01	L	20 X 2.00	438	487	665	54.8

Test Results Ergebnisse der Prüfungen/Résultat des essais/Risultati delle prove
 Heat treatment: Wärmebehandlung/Trattamento termico
 Technological test: EN 10234: OK / / / Technologische Prüfung/Examen technologique/Prove tecnologiche
 Residual Corrosion Test acc. to: Korrosionsrückstände/Résultat des essais résiduels/Prove residui corrosivi
 Intergranular Corrosion Test acc. to: EN ISO 3651-2/A : OK IK Beständigkeit/Essai cor: Intergr./Prove di corrosione intergranulare
 Non Destructive Test acc. to: EN 10248-3/ETH: OK Zerstörungsfreie Prüfung/Contrôle non destructif/Controllo non distruttivo
 Leak Test/Hydrostatic test to: EN 10248-3: OK Dichtheitsprüfung/Essai d'étanchéité/Prove di tenuta
 Uncorrect Material Test: carried out 100% no remarks Verwechslungsprüfung/Essai P.M.I./Prove antimiscuglio
 Visual and gauging control: no remarks Besichtigung und Ausmessung/Contrôle visuel et dimensionnel/Controllo visivo e dimensionale

Notes:
 Material fully conform to type: 4301/304 **ROUGHNESS ON BASIC MATERIAL Ra Max. 0,8 micron. ROUGHNESS ON WELDING ZONE Ra Max. 1,6 micron.**

We certify that the delivered products comply with the specification of the order / Wir bestätigen, dass die gelieferte Ware den Bestellvorschriften entspricht / Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux références de la commande / Noi attestiamo che il materiale spedito è conforme ai requisiti dell'ordine
 Mazzolari p. I Stefano

Robecco d'Oglio, 04/12/2014 M.I.I.'s Inspector / Der Werksachverständige
 Issued by: Cordani A. Inspecteur de l'usine / Firma Ispettore

Arvedi 


Hydraulický zkušební stroj ZD40 /400kN/

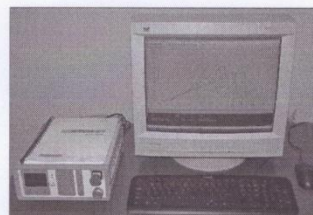
Stroj umožňuje provádět tahové, tlakové a ohybové zkoušky materiálů do 400 kN s řízením rychlosti zatěžování a programovým zpracováním zkoušek. Je vybaven vestavěným inkrementálním délkovým snímačem polohy příčnicku s rozlišením 0,01 mm a snímačem síly s řídicí jednotkou EDC 60.

Řídicí jednotka EDC 60 je vysoce precizní elektronické zařízení speciálně konstruované pro řízení servo-hydraulických zkušebních strojů. Je vyráběna speciálně pro aplikace řízení zkušebních strojů a využívají ji přední evropské výrobci universálních zkušebních strojů. Jednotka je opatřena programem pro zkoušky kovů s možností provádět zkoušky bez PC u jednoduchých aplikací bez použití průtahoměru.

Technické parametry:

- Výrobce: HBM /SRN/
- Měřicí rozsah: 8 ÷ 400 kN
- Chyba měření síly: 1/100 jmenovitého rozsahu síly, tj. $\pm 1 \%$ odpovídá třídě přesnosti 1
- Měřicí rozsah měření dráhy: 0 ÷ 280 mm
- Chyba měření dráhy: $\pm 0,01$ mm
- sériové rozhraní RS 232 pro komunikaci s nadřazeným PC COM1 pro PC s FIFO s maximální rychlostí 115 KB
- inkrementální vstup pro napojení snímače dráhy

Počítač je vybaven programem M-TEST v.1.7 pro tahovou, tlakovou a ohybovou zkoušku kovových materiálů dle EN 10001-2 s vyhodnocením výsledků, grafickým zpracováním.



Řídicí jednotka EDC 60

Příloha č. 5: Pořizovací náklady firmy INTERO Chmelan a spol.

INTERO, Chmelan a spol., s.r.o. Žamberk, číslo licence uživatele: #241264		21.04.2015 12:27:47.	
<u>Svářečka Pilot 2400HP</u>			
Inventární číslo: H00024		SKP: 28.62.50	
Typ: Hmotný		Odp.sk.: Z2	
Účty: Zař.: Sam. mov. věci a soubory movit	022 100 -->	042 000	
Odp.: Samost. movité věci a soubory	551 000 -->	082 000	
Vztah: Vlastní	Podíl: 100%		
Odpovědná osoba: 27	Dušek Břetislav		
Datum pořízení: 20.12.2003	Datum zařazení: 20.12.2003		
Doklad:			
Vstupní cena: 101 843,00	Zvýšená vstupní cena: 401 843,00		
Odpis(daň.): Z2	Odpis(úč.): Z8		
Zrychlené odpisování - 5 let	Dle doby použití (\$30) 1698 Kč/měsíc (60 měs.)		
Oprávky daň.: 101 843,00	Oprávky úč.: 101 843,00		
Zúst.cena(daň): 0,00	Zúst.cena(úč.): 0,00		
Odepsáno: 31.12.2007	Odepsáno: 31.12.2007		

1. Řídící jednotka TIGTRONIC Orbital 4

- slouží pro programování a ovládání celého procesu svařování, **automatické nastavování parametrů svařování na základě zadaného průměru a tloušťky svařované trubky**, možnost celkové korekce parametrů nebo úpravy jednotlivých parametrů v jednotlivých sektorech)
- paměť na **99 programů**,
- možnost ovládání pomocí dálkového ovládání (8m kabel s možností prodloužení o dalších 8m) nebo přímo z řízení
- **možnost korekce proudu a posuvu drátu během svařovacího procesu** podle momentální potřeby daného svarového spoje.
- kompletní dokumentace procesu svařování (dané parametry, skutečné parametry, sekundární parametry) přímo z integrované tiskárny nebo přenosem dat do PC - **USB rozhraní** (kabel, flash) a jejich následným zpracováním. Každý svar má v paměti řízení přiřazeno své pořadové číslo (dává možnost okamžité informace o počtu zavařených spojů), svařovací parametry v něm zůstávají uloženy – **řízení si pamatuje parametry posledních 400 svarových spojů**, dokumentaci lze provádět ihned po zavaření spoje nebo zpětně (po ukončení pracovní směny, zakázky apod.), lze navolit i rozsah dokumentace (např. každý svar, každý druhý, pátý, desátý, apod.), vše je na volbě obsluhy nebo svářečského dozoru.
- řízení disponuje funkcemi, které zamezí spuštění zařízení při vzniku chyby, ovlivňující proces svařování (např. zastavený přívod ochranného plynu do svařovací hlavy, špatná kostra, apod.), včetně chybového hlášení a stanovení dalšího postupu.
- Disponuje funkcí „heftovací modus“ – program pro heftování svařovaných trubek, lze navolit automatické střídání heftovacího a svařovacího režimu
- zařízení komunikuje v českém jazyku prostřednictvím velkého **LCD display 5,7“**, další jazyky: AJ, NJ, francouzština, polština, ruština, španělština, atd
- jednoduchá obsluha a snadná orientace v programech (dle rozměrů trubky, typu hlavy, program lze pojmenovat vhodným způsobem – jméno svářeče, výrobku, materiálu, atd.)
- řízení je v uzavíratelném kufříku (ochrana, snadná přeprava)
- možnost připojení dalších zařízení (zařízení OXY-Integral pro analýzu zbytkového kyslíku, měření tlaku v potrubní trase PPA - 2500)



2. Svařovací zdroj: TETRIX 200

Svařovací zdroj plynem chlazený s možností připojení vodního chlazení COOL 50
Zdroj je při napojení na řízení využíván pouze jako výkonová část pro orbitální svařování,
samostatně je lze plnohodnotně využívat pro ruční svařování metodou WIG nebo MMA:

	TETRIX 200
svařovací proud	5 – 200A
vstupní napětí	230V (-40%/+15%)
zatěžitelnost	25%/40°C 200A
	60%/40°C 150A
	100%/40°C 120A
hmotnost zdroje	8,9 kg



zdroj TETRIX 200



DOV Orbicontrol 3

CENA zařízení – základní sestava:

**Orbital 4: (řízení ORBITAL 4, zdroj TETRIX 200, DOV,
propojovací kabely, plynové hadice)**

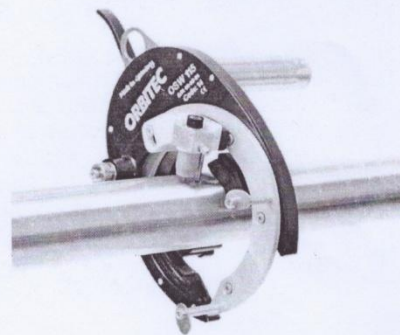
298.370,- Kč + DPH

3. Otevřené svařovací hlavy OSW-80, OSW-115

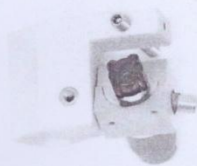
- otevřená svařovací hlava pro svařování spojů trubka-trubka
- průměr svařované trubky: **OSW-80: 10 – 80 mm**

OSW-115: 20 – 114,3 mm

- plynem chlazený nebo vodou chlazen hořák 8m (možnost prodloužení o dalších 8m)
- možnost plynule nastavitelného sklonu hořáku $\pm 45^\circ$ (při použití širšího typu držáku)
- plynule (mechanicky) nastavitelná výška hořáku nad svařovaným materiálem
- plynulé nastavitelný posun hořáku po ose svařované trubky (pro případné doladění)
- možnost obou směrů svařování (chod hořáku doprava, doleva)
- kontinuální otáčení nebo skokové otáčení hlavy („STEP MODUS“) – nafázováno na pulsaci oblouku, případně na podávání drátu (tzn. např. vyšší proud – hlava stojí a drát se podává, nižší proud – hlava se otáčí a drát stojí) - využití především při vzniku přesazení svařovaných trubek nebo rozdílné ovalitě – zajištění 100% průvaru
- možnost přidávání svařovacího materiálu do svarového spoje pomocí externího podavače s čtyřkladkovým posuvem na cívku 5 kg - kufříková verze s protiprachovou ochranou
- propojovací kabel délka 8 m, možnost prodloužení o dalších 8m
- **spotřební náhradní díly pro hořák (kleština elektrody, keramika, sítko) jsou identické s běžnými WIG hořáky pro ruční svařování**



Svařovací hlava OSW

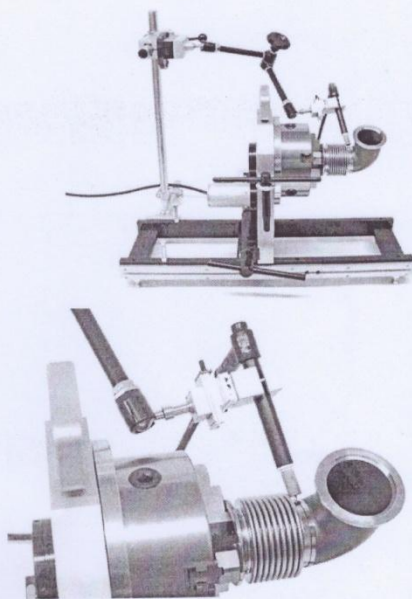


detail naklápění hořáku

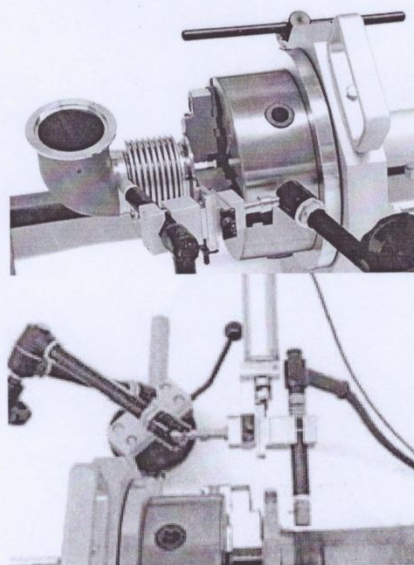


varianta OSW s přímým pohonem

Pro informaci uvádím všechny typy otevřených svařovacích hlav, které dodáváme:



Příklad aplikace s TURN – 300



AVC modul

CENA: Drehtisch TURN - 300:

(svařovací přípravek TURN -300, plynem chlazený hořák rovný, kabel motoru s připojením pro Orbifeed-5, adaptér na posuv drátu Orbifeed-5):

262.050,- Kč + DPH

5. Svařovací hlava RBK 16

- vodou chlazený hořák
- svařování průměrů trubek 9,5 – 88 mm
- plynule nastavitelný sklon hořáku $\pm 45^\circ$
- samostatně nastavitelná poloha hořáku a držáku dýzy podávání drátu
- tříbodová podpěra hlavy, příp. podpěra s dosedacím kroužkem – dle přání zákazníka
- možnost obou směrů svařování (chod hořáku doprava, doleva)
- kontinuální otáčení a podávání drátu nebo skokové otáčení hlavy a podávání drátu („STEP MODUS“) - nafázované na pulsaci oblouku (tzn. např. vyšší proud – hlava stojí, drát se podává, nižší proud – hlava se otáčí, drát stojí) - využití především při požadavku na hlubší průvar nebo pro lepší ovládání tavné lázně
- možnost přidávání svařovacího materiálu do svarového spoje pomocí externího podavače drátu na cívku 5,0 kg nebo 15,0 kg
- hořák i tělo hlavy je vodou chlazené, hlava je tedy schopna svařovat i při předeřevu základního materiálu trubkovnice do 250°C, nad teploty 250°C však doporučujeme použít přídavného chlazení (individuální konzultace)
- hmotnost hlavy bez podavače 7,0kg
- propojovací kabel délka 6 m.

Hlava:	Rozsah průměrů:
OSW – 40	6 – 40mm
OSW – 80	10 – 80mm
OSW – 115	20 – 114,3mm
OSW – 170	40 – 168,3mm
OSZ – 275	89 – 275mm
OSZ – 325	114 – 325mm

CENA – otevřené svařovací hlavy:

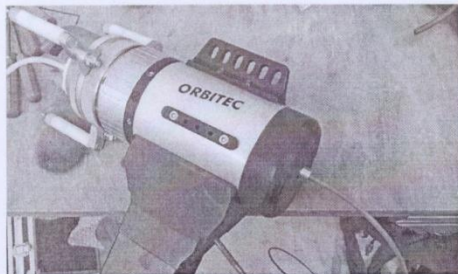
Svařovací hlava OSW-80, hořák 8,0m, širší držák hořáku pro natočení o $\pm 45^\circ$, kabel motoru OSW (8,0m) s připojením pro Orbifeed-5, zemnicí kabel, náhradní sada vybavení pro hořák:
 Plynem chlazená **222.560,- Kč + DPH**

Svařovací hlava OSW-115, hořák 8,0m, širší držák hořáku pro natočení o $\pm 45^\circ$, kabel motoru OSW (8,0m) s připojením pro Orbifeed-5, zemnicí kabel, náhradní sada vybavení pro hořák:
 Plynem chlazená **255.800,- Kč + DPH**

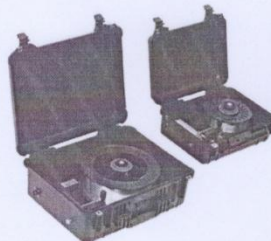
4. Svařovací přípravek TURN - 300

- průměr svařované trubky 10 – 300 mm
- plynem chlazený hořák 8m
- průchozí sklíčidlo (vnitřní průměr 70 mm) pro přívod formovacího plynu nebo upnutí dlouhého dílce do průměru 70mm
- připravenost pro přívod svařovacího drátu ze zařízení Orbifeed
- možnost provedení s AVC modulem pro automatické hlídání napětí na oblouku (**není v této nabídce**)
- plynulá regulace náklonu svařovacího přípravku 90° - 180°
- možnost obou směrů svařování (chod hořáku doprava, doleva)
- kontinuální otáčení nebo skokové otáčení hlavy („STEP MODUS“) – nafázováno na pulsaci oblouku, případně na podávání drátu (tzn. např. vyšší proud – přípravek stojí a drát se podává, nižší proud – přípravek se otáčí a drát stojí) - využití především při vzniku přesazení svařovaných trubek nebo rozdílné ovalitě – zajištění 100% průvaru
- možnost přidávání svařovacího materiálu do svarového spoje pomocí externího podavače s čtyřkladkovým posuvem na cívku 5 kg - kuffíková verze s protiprachovou ochranou
- propojovací kabel délka 8 m,
- spotřební náhradní díly pro hořák (kleština elektrody, keramika, sítko) jsou identické s běžnými WIG hořáky

- spotřební náhradní díly pro hořák (kleština elektrody, keramika, sítko) jsou identické s běžnými WIG hořák



RBK16 bez podavače drátu



Externí podavače Orbifeed-15 a Orbifeed-5

CENY zařízení – svařovací hlava :

- **SVAŘ. HLAVA RBK 16 s adapterem pro externí podavač drátu 5,0 nebo 15,0 kg, propoj:**

431.050,- Kč + DPH

Přehled cen upínacích kleštin:

(pro vnitřní průměr trubky 10,0 – 13,0mm; trn A)

10.395,- Kč/ks+DPH

(pro vnitřní průměr trubky 12,8 – 22,5mm; trn B)

11.340,- Kč/ks+DPH

(pro vnitřní průměr trubky 22,3 – 51,0mm; trn C)

12.490,- Kč/ks+DPH

(pro vnitřní průměr trubky 50,5 – 88,0mm; trn D)

16.065,- Kč/ks+DPH

Přehled cen centrovacích trnů:

trn A

10.395,- Kč/ks+DPH

trn B

10.395,- Kč/ks+DPH

trn C

10.800,- Kč/ks+DPH

trn D

12.555,- Kč/ks+DPH



Centrovací kleštiny

Centrovací trny

**Uvedení do provozu, zaškolení obsluhy, doprava
CENA: Zdarma, součástí dodávky
Celková cena = varianta základní sestavy + svařovací hlava**

Dále si Vám dovoluujeme nabídnout příslušenství k orbitálnímu svařování:

WIG Spitz - Neutrix

Montážní zařízení na broušení a přípravu wolframových elektrod. Ruční broušení nedoporučujeme, je poněkud nepřesné a může ovlivňovat proces svařování orbitální hlavy např. nepravidelností svařovacího oblouku.

Zařízení obsahuje:

- kompletní brusku s diamantovým kotoučem hrubosti 126, nastavením úhlu a měření délky elektrody
- 3 ks upínací kleštiny pro broušení elektrody průměr 1,6mm, 2,4mm a 3,2 mm
- transportní kufřík
- broušení v uzavřeném prostoru brusky, ekologický filtr



CENA:

16.990,- Kč + DPH

ORBIFEED – 5 (podavač studeného drátu pro hlavu OSW a RBK)

Kufrová verze podavače studeného drátu se celokovovým čtyřkladkovým posuvem, pro cívku 5 kg. S řídicí jednotkou je propojen propojovacím kabelem délky 8m (s možností prodloužení o 8 m), svařovací drát je k svařovací hlavě veden bowdenem délky 5,5m,



CENA:

52.320,- Kč + DPH

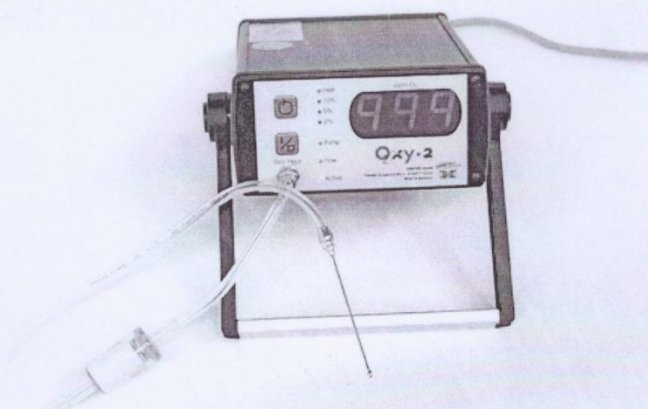
OXY – 2

Zařízení lze použít i samostatně pro měření při ručním svařování nebo automaticky ve spojení s orbitálním zařízením firmy ORBITEC

- Použití pro inertní plyny a mix inertních plynů s H₂ (max. 10%)
- Měřicí článek - Zirkonoxid (**bezúdržbový**)
- Komunikační rozhraní pro řízení ORBITEC
- Možnost měření během svařování

Parametry: rozsah měření: 1 -999 ppm O₂ (0,1% = 1000ppm)
Pracovní teplota: 0 – 45°C
Přesnost měření: +/- 0,3 mV (EMK senzor)
Stabilizační čas: 10 – 15 min.
Čas odezvy: cca. 2 s od změny
Rozměry: 140 x 210 x 225 mm
Napájecí napětí: 230V/50Hz

Rozsah dodávky: - OXY-2
 - Měřicí hadička s filtrem a kanylou - 3m
 - přepravní box tvrdý
 - síťový kabel



CENA: **64.880,- Kč + DPH**

**Kvalifikace svářečů dle EN 1418, PED 97/23
(operátor orbit. svařování):**

CENA: **4.950,- Kč/osobu + DPH**

Pozn. Zkoušky by se prováděly v rámci zaškolení obsluhy ve Vaší firmě.

**Kvalifikace postupů svařování WPQR dle EN ISO
15614-1 a PED 97/23:**

CENA: **19.000 – 25.000,- Kč/ks + DPH**

Cena je dle typu a rozsahu kvalifikace postupu svařování.

Pozn. Zkoušky by se prováděly v rámci zaškolení obsluhy ve Vaší firmě.

Záruka: 2 roky

Servis: Po dohodě se zákazníkem (při nemožnosti opravit závadu na místě),
poskytujeme náhradní zařízení.

V případě opravy v záruce zdarma, u mimozáručních oprav za
poplatek – nájem.

Platební podmínky:

- 100% po dodání zařízení
- faktura se splatností 21 dní
- kupní smlouva s rozhodčí doložkou

Dodací termín: 1 - 2 týdny od objednání

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1- Výrobek Intero Chmelan

Obr. 2 Schaefflerův strukturní diagram Cr- Ni

Obr. 3 Výsledné struktury oceli EN ISO 1.4307; 1.4571, 1.4404

Obr. 4 Princip svařování metodou TIG [15]

Obr. 5 Srovnání formovaného a neformovaného kořene svaru

Obr. 6 Průtokoměr Oxy-2; firmy Orbitec [5]

Obr. 7 Příklady svarové housenky

Obr. 8 Ruční svařování metodou TIG

Obr. 9 Svařovací zdroj

Obr. 10 Řídící jednotka pro orbitální svařování

Obr. 11 Otevřená orbitální hlava

Obr. 12 Orbitální hlava uzavřená [14]

Obr. 13 Průběh impulzního programu

Obr. 14 Průběh programu STEP pro orbitální svařování

Obr. 15 Výsledná svarová housenka programu STEP

Obr. 16 Výsledná svarová housenka programu 1:1

Obr. 17 Výsledná svarová housenka programu 1:3

Obr. 18 Vzorek svařované trubky průměr 40 mm

Obr. 19 Ukázka vzorku připraveného na trhací zkoušku

Obr. 20 Metalografická bruska

Obr. 21 Výsledné grafy tahových zkoušek svařených vzorků

Obr. 22 Výsledný graf tahové zkoušky vzorku, svařeného orbitálním svařováním programem 1:3

Obr. 23 Výsledný graf tahové zkoušky vzorku, svařeného ručním svařováním konstantním proudem bez formování kořenové vrstvy

Obr. 24 Porovnání povrchové struktury svaru

Obr. 25 Vznik oxidační vrstvy a vrstvy ochuzené o chrom

Obr. 26 Porovnání tepelně ovlivněné oblasti

Seznam tabulek

Tab. 1 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4571

Tab. 2 Chemické složení oceli EN ISO 1.4571

Tab. 3 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4404

Tab. 4 Chemické složení oceli EN ISO 1.4404

Tab. 5 Mechanické vlastnosti oceli EN ISO 1.4307

Tab. 6 Chemické složení oceli EN ISO 1.4307

Tab. 7 Vyráběné wolframové elektrody a jejich příměsi

Tab. 8 Čistota plynu

Tab. 9 Parametry svařování během ručního svařování konstantním proudem

Tab. 10 Parametry svařování během ručního svařování impulsním proudem

Tab. 11 Parametry svařování během orbitálního svařování programem STEP

Tab. 12 Parametry svařování během orbitálního svařování programem 1:1

Tab. 13 Parametry svařování během orbitálního svařování programem 1:3

Tab. 14 Srovnání vneseného tepla

Tab. 15 Srovnání mechanických vlastností svařených vzorků

Tab. 16 Vznik svarových oxidu

Tab. 17 Srovnání počáteční nutné investice

Tab. 18 Srovnání sériovosti