



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SVAŘOVÁNÍ KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ V ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD

WELDING OF STAINLESS STEEL IN SEWAGE TREATMENT PLANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Zána

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kubíček

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Jiří Zána
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kubíček
Akademický rok:	2015/16

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:

Svařování korozivzdorných ocelí v čistírnách odpadních vod

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oblast úpravy pitné i odpadní vody je vysoce korozně agresivním procesem. V důležitých procesních zařízeních jsou používány korozivzdorné oceli. Tyto konstrukční celky jsou nejčastěji svařovány metodou MAG. Práce hodnotí jakost a vlastnosti spojů metodou MAG.

Cíle bakalářské práce:

1. Provést rešerši v oblasti svařování vysokolegovaných materiálů.
2. Provést rešerši svařování metodou MAG.
3. Navrhnout a experimentálně ověřit vhodné parametry svařování u vybraných typů materiálů.
4. Vyhodnotit zkušební svary.
5. Vypracovat příslušné postupy svařování WPS.

Seznam literatury:

Ondřejček, P. (2003): Zváranie ocelí v ochrane plynov taviacou sa elektródou. ETERNA PRESS s.r.o. Bratislava.

Pilous,V. (2009): Materiály a jejich chování při svařování. Škoda-welding,s.r.o. Plzeň.

Kolektiv autorů. (2011): Materiály a jejich svařitelnost. Škola-welding, s.r.o. Plzeň..

Kolektiv autorů. (2011): Technologie svařování a zařízení. Škola-welding, s.r.o. Plzeň

Kolektiv autorů. (2011): Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení. Škola-welding, s.r.o. Plzeň

Kolektiv autorů. (2011): Výroba a aplikované inženýrství ve svařování. Škola-welding, s.r.o. Plzeň

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

ZÁNA Jiří: Svařování korozivzdorných ocelí v čistírnách odpadních vod.

Práce se zabývá svařováním korozivzdorných ocelí v čistírnách odpadních vod a předkládá návrh dvou nejvhodnějších materiálů, které eliminují základní nevýhody pro ocel v těchto prostředích. V rámci experimentu jsou pro každý materiál zhotoveny tři druhy svarů a každý jednotlivý svar je svařován dvěma proudovými hodnotami. Pro určité vzorky je vyhodnocen povrch svarové housenky, kořene a WPS. Pro jiné vzorky je vyhodnocena a posouzena makrostruktura.

Klíčová slova: Svařování, korozivzdorná ocel, čistírny odpadních vod, austenit, MAG

ABSTRACT

ZÁNA Jiří: Welding of stainless steel in sewage treatment plant

This bachelor thesis is dealing with stainless steel welding, especially for waste water treatment plants use. The thesis presents two most suitable stainless steel materials that eliminate fundamental disadvantages of other steel types. In the experiment three types of welding are tested for both materials and each weld is performed using two amperages. The weld bead and root WPS surface is evaluated for particular samples. For others the weld macrostructure is assessed.

Keywords: Welding, stainless steel, sewage treatment plant, austenite, MAG

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZÁNA, Jiří. *Svařování korozivzdorných ocelí v čistírnách odpadních vod*. Brno, 2016. 48s, 5 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce doc. 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 Brně dne 27.5.2016

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkovvi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále děkuji firmě Fontána R s.r.o. za poskytnutí potřebných podkladů a za poskytnutí praktické části bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

ÚVOD	10
1 SVAŘOVÁNÍ OCELÍ V ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD	11
2 SVAŘOVÁNÍ KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ	12
2.1 Základní rozdělení korozivzdorných ocelí	13
2.2 Metody svařování korozivzdorných ocelí	16
2.2.1 Vybrané metody tavného svařování.....	17
2.2.2 Vybrané metody tlakového svařování.....	20
2.3 Ochranné plyny pro korozivzdorné oceli	20
2.3.1 Chemické složení a účinky ochranných plynů.....	20
2.4 Konečná úprava svarů	21
3 SVAŘOVÁNÍ METODOU MAG	24
3.1 Přenos kovu v oblouku	25
3.2 Ochranné plyny pro metodu MAG	27
4 NÁVRH A OVĚŘENÍ SVARŮ U VYBRANÝCH MATERIÁLŮ	28
4.1 Materiály v čistírnách odpadních vod	28
4.2 Typy svarů v čistírnách odpadních vod	30
4.3 Doporučené parametry a podmínky svařování	31
4.4 Průběh experimentu	33
5 ZÁVĚRY	38

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

ÚVOD [4] [8] [15]

Čistírny odpadních vod (ČOV) jsou soubory jednotlivých zařízení, ve kterých dochází k čištění odpadních vod z různých provozů, které slouží k čištění hlavně průmyslových, odpadních vod a vod ze zemědělské výroby. Jejich poloha je převážně orientovaná v blízkosti měst a obcí, kde čistí hlavně odpadní a komunální vody (obr. 1).

Jednotlivá zařízení v čistírnách odpadních vod jsou zhotovena převážně z korozivzdorné oceli, protože zařízení jsou v neustálém kontaktu s vodou a agresivními chemikáliemi, avšak z ekonomického hlediska může být v neagresivním prostředí použita zařízení z nelegované oceli, ale s protikorozní povrchovou úpravou.

Jednotlivé komponenty zařízení (obr. 2) jsou spojovány rozebíratelným spojením (svěrné spoje), nebo nerozebíratelným spojením (svarový spoj), ve velké většině zařízení je použito svařování jako druh spoje pro jednotlivé komponenty. Nemalou součástí svařování je metoda MAG, která je také obsahem této práce.



Obr. 1: Čistírna odpadních vod [4]



Obr. 2: Příklady svařených součástí a zařízení v ČOV [19]

1 SVAŘOVÁNÍ OCELÍ V ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD [8] [9] [15] [19]

Čistírna odpadních vod (ČOV) je zařízení nebo komplex zařízení, ve kterém dochází k čištění odpadních vod. Odpadní vody se rozdělují do základních třech druhů.

Prvním druhem jsou splaškové vody, které pocházejí z městských veřejných kanalizací, které jsou nejčastěji znečištěny různými prášky, pastami či tekutinami (např. saponáty), a proto náročnost na kvalitu materiálů u jednotlivých zařízení, po stránce chemické odolnosti, není tak zásadní.

Dalším druhem odpadních vod jsou průmyslové odpadní vody, které pochází z různých průmyslových podniků, a proto složení těchto odpadních vod závisí na charakteru výroby jednotlivých podniků. Odpadní vody z chemického průmyslu však patří k nejhůře čistitelným vodám. Lze je rozdělit na odpadní vody z anorganických výrob (anorganické látky, kyseliny, soli, těžké kovy jako je měď, olovo, hořčík) nebo z organických výrob (organické látky, soli, kyseliny). Z tohoto důvodu zařízení, které přijdou do styku s průmyslovou odpadní vodou, musí častokrát odolávat značné chemické agresivitě.

Poslední druh je dešťová (srážková) odpadní voda, která je znečištěna exhalacemi z ovzduší, avšak koncentrace znečištění je velmi malé. Znečištěná dešťová voda nejčastěji obsahuje prach, písek, volné ropné látky, drobné tuhé odpady).

Čištění všech těchto odpadních vod je rozděleno do dvou druhů a to na mechanické čištění nebo biologické čištění.

Tato práce je zaměřena pouze na zařízení pro mechanické čištění.

U mechanického čištění je zapotřebí oddělit mechanické nečistoty (písek, shrabky apod.) od vody, a k tomu nám slouží různá zařízení, například česle (obr. 3) či zařízení pro separaci písku (obr. 4).

Pokud má být zajištěna určitá kvalita a trvanlivost zařízení je nejvhodnější použít korozivzdorné materiály. Z ekonomického hlediska je možné použít i nelegované oceli (hlavně v prostředích nejlépe bez nebo s malým chemickým znečištěním), avšak musí podstoupit určitou povrchovou úpravu, ale z hlediska trvanlivosti to není příliš vhodné řešení (obr. 5).



Obr. 3: Příklad čištění pomocí česlí [19]



Obr. 4: Příklad separace písku [19]

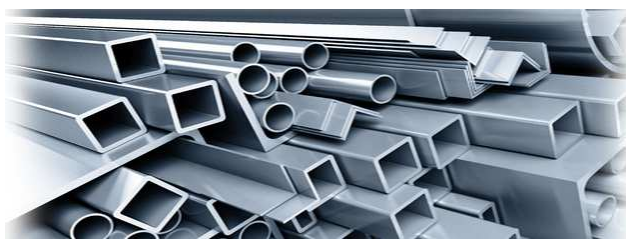


Obr. 5: Špatné navržení typu materiálu

2 SVAŘOVÁNÍ KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ [3] [5] [16] [17] [22]

Korozivzdorná ocel (Obr. 6) je vysoce legovaná ocel s vysokou odolností vůči korozi. Korozní odolnost je způsobena díky procesu pasivace povrchu železa.

Povrch korozivzdorné oceli reaguje stejně jako běžné uhlíkové oceli s kyslíkem a vytvářejí vrstvu oxidu. V uhlíkové oceli reaguje kyslík se železem a tvoří porézní povrch, který umožňuje pokračování reakce – koroze, to většinou vede až k úplnému zrezivění výrobku. U korozivzdorné oceli reaguje kyslík s



Obr. 6: Příklady korozivzdorných profilů [28]

chromem v oceli. Atomy chromu a kyslíku vytvářejí vrstvu oxidu chromitého (Cr_2O_3), která zabrání pokračování reakce. Tato vrstva oxidu je díky nízké reaktivitě vůči svému okolí nazývána jako pasivní vrstva. Trvanlivost pasivní vrstvy závisí na složení legované oceli. Pasivitu lze dosáhnout již při obsahu nad 10 % chromu, při kterém se na povrchu vytvoří vrstva oxidu chromitého.

Pasivní vrstva dodává základní předpoklad k tomu, že nerezová ocel nevyžaduje žádnou další ochranu proti korozi a i po několika letech může vypadat stále stejná, jako na začátku své životnosti. I když je ocel nazývána korozivzdornou, to neznamená, že nepodléhá korozi (obr. 7). Za běžných podmínek při působení atmosféry či vody se s korozi lze setkat jen velmi výjimečně.

Při působení agresivního chemického prostředí lze zaznamenat slabší odolnost korozivzdorných ocelí.

Korozivzdornost je u těchto materiálů dosažena legováním chromem. Pro zajištění korozivzdornosti je nutné, aby ocel obsahovala minimálně 13% chromu. Přesto je velké množství ocelí legováno 18% chromu, abychom zajistili korozivzdornost i po zpracování oceli (tepelné vlivy). Pro zlepšení zpracovatelnosti, především svařitelnosti, jsou oceli legovány niklem a to ca. 8-10% podle druhu austenitické Cr Ni oceli.

V dnešní době nejenom ve vodohospodářském, ale i v potravinářském, farmaceutickém a chemickém průmyslu, také neméně v automobilovém či stavebním průmyslu dochází ke stále většímu uplatnění korozivzdorných ocelí. Korozivzdorné oceli jsou sice cenově nákladnější než běžné oceli, ale při optimálním využití na patřičných místech jsou však efektivnější a po čase i ekonomicky výhodnější.



Obr. 7: Koroze austenitické oceli [10]

2.1 Základní rozdělení korozivzdorných ocelí [3] [5] [22]

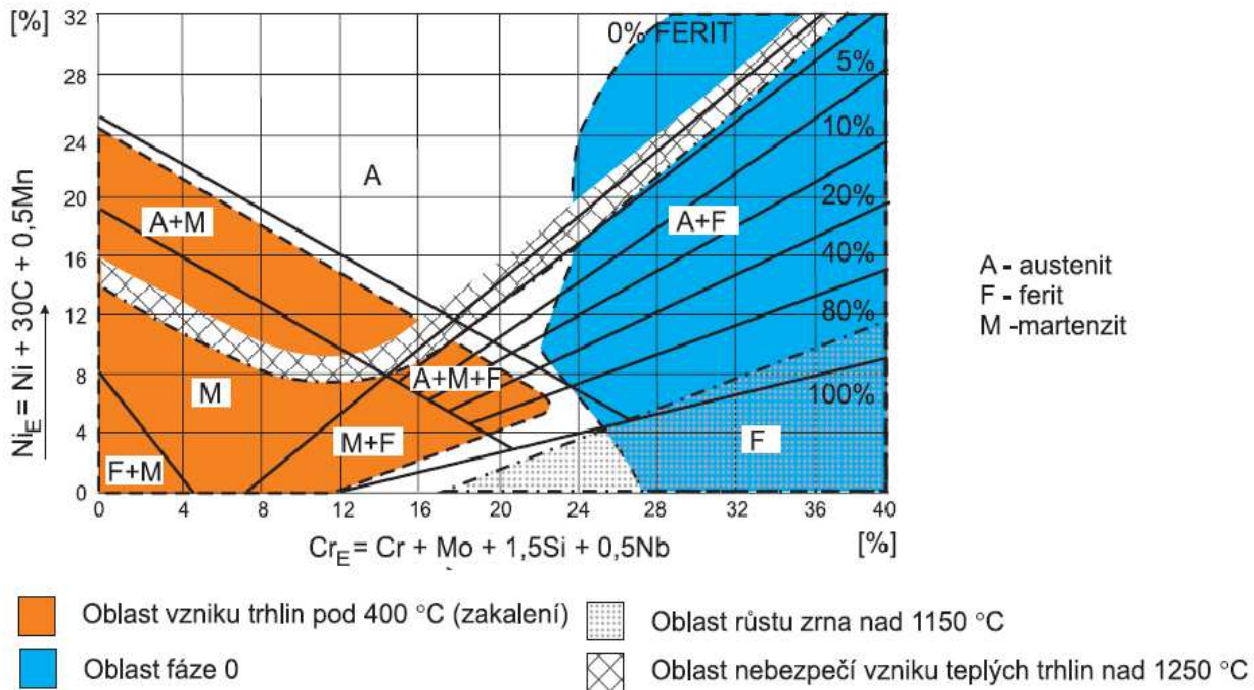
Korozivzdorné oceli rozdělujeme podle jejich mikrostruktury. Mikrostruktura ocelí zásadně ovlivňuje jejich mechanické vlastnosti a má podstatný vliv na odolnost vůči korozi při únavě. Oceli dělíme do základních čtyř skupin:

- Austenitické
- Austeniticko-feritické (duplexní)
- Feritické
- Martenzitické

Výsledná struktura oceli je přímo úměrná množství a vzájemnému poměru jednotlivých přísad, jak je znázorněno na strukturním diagramu, který vytvořil pan Schaeffle (obr. 8).

Schaefflerův diagram umožňuje ověření strukturní změny vyvolané například zředěním svarového kovu se základním materiálem a jaké změny je možno očekávat při svařování.

Zásadní vliv na strukturu po vychladnutí má chrom a nikl (chrom je feritotvorný a nikl je austenitotvorný), avšak s těmito prvky mají také vliv na strukturu další prvky (např. křemík, molybden, mangan, uhlík), jenž spolu vyjadřují násobek (ekvivalent) chromu (Cr_E) nebo niklu (Ni_E). Záleží na hodnotách těchto ekvivalentů, zda je struktura oceli martenzitická, feritická nebo austenitická. Pro stanovení svařitelnosti těchto ocelí se jako pomůcka používá Schaefflerův diagram.



Obr. 8: Schaefflerův diagram [32]

a) Austenitické oceli se nazývají podle austenitické struktury, kterou dosahují za normální teploty i za teploty pod bodem mrazu, jsou také nejrozšířenějším druhem korozivzdorné oceli nejenom ve vodohospodářském (Obr. 9), ale i v ostatních odvětvích průmyslu.

Nejdůležitější vlastností této skupiny materiálů je vysoká korozní odolnost. Oceli také mají dobrou svařitelnost, žárupevnost a žáruvzdornost. Vzhledem k austenitické struktuře mají lepší tažnost a houževnatost oproti uhlíkové a nízkolegované oceli. Jejich nevýhodou je horší obrobiteľnosť a nízka mez kluzu 230-350 MPa, ale zato mají vysokou houževnatost. Tažnosť mívajú medzi 45 - 65 % a jsou nemagnetické.

Jejich chemické složení: obsah uhlíku menší jak 0,1%, chromu od 12% do 25%, niklu od 8 do 32% a molybden mají do 7%.



Obr. 9: Příklad použití austenitické oceli [19]

b) Austeniticko-feritické oceli (duplexní) jsou používány zejména tam, kde je zapotřebí bezpečný a bezporuchový provoz (v podmínkách ve kterých jsou austenitické oceli nevyhovující), hlavně v místech, kde je možnost vzniku korozního praskání za napětí.

Podíl feritu vůči austenitu je dán hlavně obsahem feritotvorných látek (např. chrom, křemík, molybden, wolfram) a má rozpětí 30 až 50 %, avšak záleží také na tepelném zpracování.

Austeniticko-feritické oceli mají výhody v tom, že feritická struktura zvyšuje pevnost oceli a zaručuje odolnost proti koroznímu praskání za napětí. Pokud je však ocel na delší dobu zahřáta na teplotu v rozmezí 280 – 500 °C dochází ke stárnutí a zkřehnutí základního materiálu, z tohoto důvodu má tento typ oceli dovolenou teplotu do 250 °C pro dlouhodobý provoz. Oproti austenitickým ocelím se vyznačují vyšší pevností, odolností vůči působení anorganických kyselin (sírové, fosforečné), některých organických kyselin, vůči mořské vodě a prostředí obsahujících chloridové ionty (obr. 10). Vyznačují se též odolností proti mezikrystalové korozi, bodové a štěrbinové korozi a především odolností proti koroznímu praskání, nejsou kalitelné.

Používané jsou pro letecký, kosmický a energetický průmysl a výrobu nástrojů na protlačování hliníku a lisování plastů a gumy.

Jejich chemické složení: obsah uhlíku menší jak 0,03%, chromu od 21% do 26%, niklu od 3 do 5% a molybden mají do 5%.



Obr. 10: Příklad použití duplexní oceli [34]

c) Feritické oceli mají hlavní legující prvek chrom, který není vázán na uhlík ve formě karbidu. Jsou tvárné, ohýbatelné a jsou-li stabilizované titanem, tak jsou i dobře lešitelné. Obrobitelnost většiny jakostí je horší a je třeba počítat s tvorbou nárustků a s horším odvodem třísek. Při teplotě okolo 900°C materiál křehne, což je podstatnou nevýhodou feritických ocelí. Oceli jsou svařitelné, ale v oblasti sváru materiál křehne.

Feritické oceli se používají v potravinářském průmyslu ve slabých korozních prostředích (hlavně suché prostředí) s požadavkem na svařování. Používají se pro výrobu velkokuchyňského nábytku. Další použití nacházejí v automobilovém průmyslu, při výrobě kuchyňských potřeb (obr. 11) a sanitárního zařízení, ve vzduchotechnice, architektuře, v interiérech a stavebnictví.

Jejich chemické složení: obsah uhlíku menší jak 0,08%, chromu od 10,5% do 30% a molybden mají do 5%.



Obr. 11: Příklad použití feritické oceli [33]

d) Martenzitické oceli obsahují z korozivzdorných ocelí nejvyšší obsah uhlíku. Jejich pevnost lze podstatně zvýšit kalením. Materiál je po kalení křehký a obvykle následuje popouštění. Martenzitické oceli mají poměrně dobrou korozní odolnost u ocelí s obsahem uhlíku do 0,15%. Tyto typy martenzitických ocelí mají nejvyšší korozní odolnost u kvalitního, nejlépe leštěného povrchu. Nebezpečnou vlastností martenzitických ocelí je křehnutí, které vzniká po ohřevu, z tohoto důvodu má tento typ ocelí dovolenou teplotu v rozmezí 350-550°C. Nebezpečí je i v křehnutí způsobené vodíkem, které může vznikat po moření. Pokud není požadována houževnatost nebo tažnost (chirurgické nástroje, holící čepele atd.) lze kalením a popouštěním dosáhnout pevnosti v tahu až 2000 MPa. Většina jakostí martenzitických ocelí není svařitelná, ale oceli do 0,20% obsahu uhlíku jsou omezeně svařitelné. Lepších mechanických vlastností a zlepšení svařitelnosti při zachování vysoké pevnosti se dosahuje legováním niklem a molybdenem.

Martenzitické oceli se používají na výrobu nožů (obr. 12), chirurgických nástrojů, součástí čerpadel, pro lopatky parních turbín, v chemickém, potravinářském a energetickém průmyslu, pro otěruvzdorné součásti pracující v agresivním prostředí.

Jejich chemické složení: Obsah uhlíku menší jak 1,2%, chromu od 11,5% do 17%, niklu do 17%, molybdenu do 1,8% a vanadu do 0,2%.



Obr. 12: Příklad použití martenzitické oceli [23]

2.2 Metody svařování korozivzdorných ocelí [3]

Běžné metody svařování korozivzdorných ocelí se dělí na dvě základních skupin a to na metody tavného svařování a na metody tlakového svařování. Existuje mnoho metod svařování korozivzdorných ocelí, avšak v této práci budou ukázány pouze nejpoužívanější metody.

V této podkapitole nebude probráno svařování MAG, protože je pro tuto metodu vyhrazena třetí kapitola.

2.2.1 Vybrané metody tavného svařování [3] [1] [22]

U tavného svařování je dostatečná kvalita spoje dosažena pomocí tepelné energie do oblasti svaru a dendritickou krystalizací roztaveného svarového kovu.

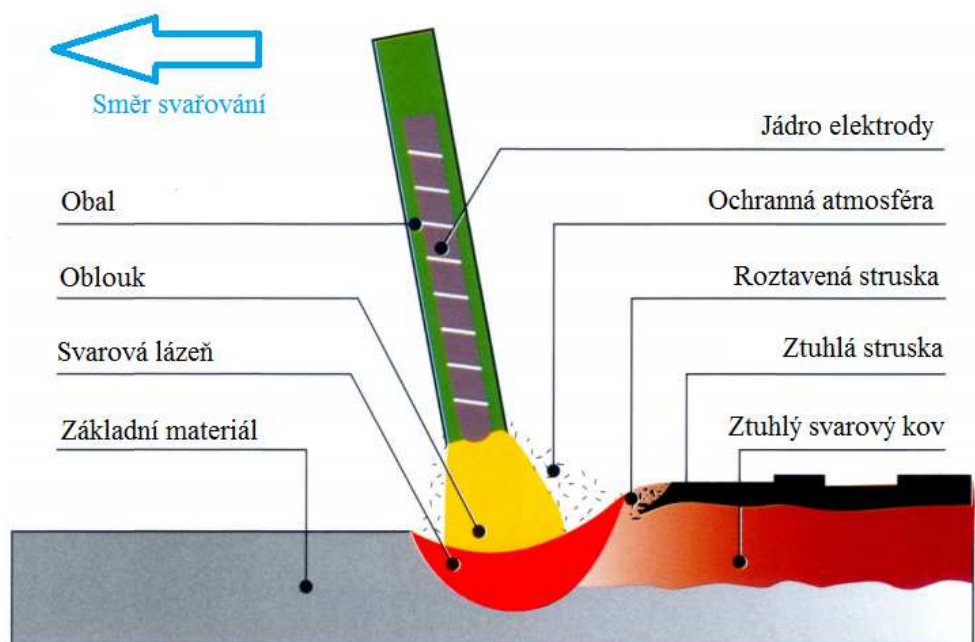
a) Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (MMA) - tato metoda svařování SMAW (Manual Metal Arc) je velmi stará (její historie sahá až do roku 1907), ale je stále hodně využívána. Její hlavní výhodou je flexibilita a jednoduchost zařízení, což umožňuje tuto technologii používat přímo na místě výroby nebo na místě kde je dané zařízení v provozu a je potřeba udělat servis, či opravu zařízení.

Princip svařování elektrickým obloukem je jako zdroj tepla použit elektrický oblouk, který hoří mezi elektrodou a základním materiálem. Elektrický oblouk využívaný pro svařování je charakterizován jako elektrický výboj hořící za normálního tlaku a teploty.

Elektroda se skládá z kovového jádra, a z obalené vrstvy tavidla (obr. 13). Jádrem je většinou pevný drátový prut z korozivzdorné oceli. Obal elektrod se rozděluje dle složení (stabilizační, rutilový, bazický apod.) a jeho základní funkce jsou:

- funkce plynotvorná, která má za úkol vytvořit druh ochranné atmosféry, která brání přístupu vzdušného kyslíku ke svarové lázni
- funkce ionizační, která usnadňuje zapalování a hoření oblouku, např. K a Na
- funkce metalurgická, která má za úkol snížení P, S a O_2 a legování především prvků náchylných k propalu – Cr, Mo, Ti atd.

Tento způsob svařování je vhodný pro rozsah tloušťky materiálu: od 1,0 mm do 2,5 mm u jednovrstvého svařování a od 3,0 mm do 10,0 mm u vícevrstvého svařování.



Obr. 13 Princip metody MMA [3]

b) Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (WIG)

Při svařování metodou WIG (Wolfram Inert Gas) nebo také TIG (Tungsten Inert Gas) hoří oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Ochrana elektrody s tavnou lázní je zajištěna před okolní atmosférou netečným plynem čistého argonu, helia nebo jejich směsí.

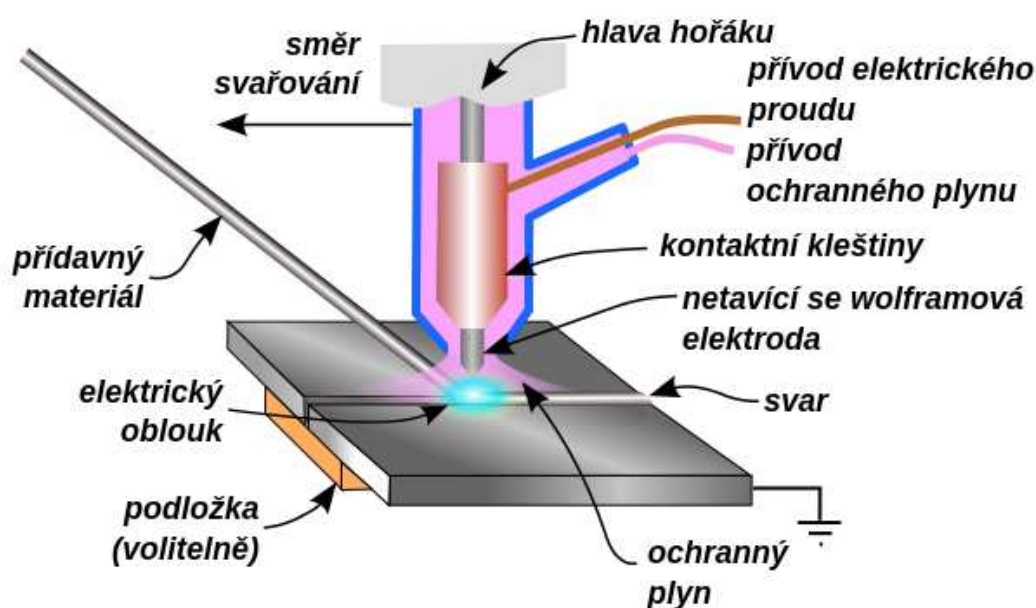
Existují dva základní druhy svařování wolframovou elektrodou, které se rozdělují na svařování pomocí střídavého proudu (pro hliník, hořčík a jejich slitiny) a svařování stejnosměrným proudem (pro uhlíkové a vysokolegované oceli, měď, nikl, titan apod.).

Korozivzdorné oceli jsou svařovány vždy způsobem DCEN (stejnosměrným proudem s elektrodou na záporném pólu). Díky tomu je třetina tepla z oblouku přiřazena k elektrodě a dvě třetiny tepla se přenáší na základní materiál, což má za následek, že elektroda, která je obvykle tvořena z thoriového wolframu (2% ThO_2) není tepelně přetěžována a svarová lázeň má velkou hloubku závaru, na kterou má vliv i dopad elektronů, které přeměňují kinetickou energii na tepelnou.

Svařování probíhá buď s wolframovou elektrodou bez přídavného materiálu až do tloušťky plechu 3mm (avšak tyto svary nejsou častokrát z pevnostního hlediska dostačující) nebo s přídavkem svařovací tyčinky (obr. 14) či svinutého drátu pro automatické svařování.

Pro svařování korozivzdorných ocelí má tato metoda následující výhody:

- lze svařovat i bez přídavného materiálu
- stabilní oblouk a chladná tavná lázeň malých rozměrů
- není zde rozstřík, oxidace usazenin je eliminována
- výborná metalurgická kvalita svaru
- přesné řízení průvaru a tvaru ve všech polohách
- hluboký průvar bez pórů
- nízké opotřebení elektrody



Obr. 14: Princip metody WIG [30]

c) Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem (SAW) – je metoda svařování, kdy elektrický oblouk hoří mezi holou elektrodou (která tvoří drát či více drátů nebo pásek který se odvíjí z podavače) a základním materiálem pod vrstvou práškového tavidla, které je tvořeno ochranným roztaveným struskovým obalem (obr. 15).

Základní rozdělení svařování pod tavidlem se rozděluje podle toho, jestli se podávací zařízení s přídavným drátem a tavidlem pohybuje zcela automaticky nebo jestli se pohybuje poloautomaticky. Pro korozivzdorné oceli je většinou používán zcela automatický systém podávacího zařízení.

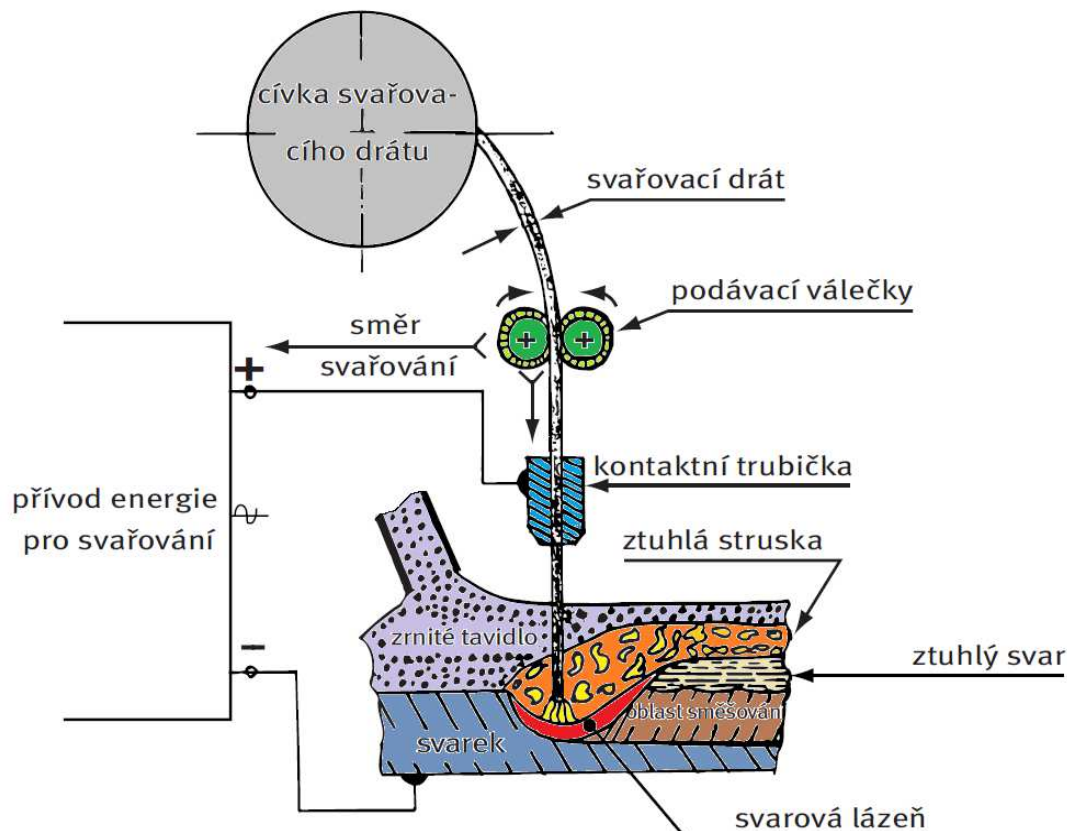
Během svařování je roztavena pouze část tavidla a neroztavený prášek je většinou nasáván hadicí zpátky do násypky, kde je dále používán. Tímto způsobem je ušetřeno mnoho materiálu. Díky tavidlu, který zakrývá svarovou lázeň, je kontrola svařovacího procesu složitější.

Metoda svařování pod tavidlem je používána hlavně pro silně austenitické korozivzdorné ocelové plechy, pro které se nejčastěji používá vápencového nebo fluoridového tavidla. Tavidlo musí být vždy v suchém stavu. Aby se předešlo zvlhnutí tavidla je proto doporučeno skladovat tavidlo v prostorách, kde je teplota vyšší, přibližně o 10 °C než v dílně.

Použití této metody je vhodné pro spojování silných plechů o tloušťce 10-80 mm. Metoda je vhodná také pro tupé a koutové svary v poloze shora nebo ve vodorovné poloze šikmo shora. Zdroj proudu je DCEP (stejnoseměrný proud s obrácenou polaritou).

Hlavní výhody svařování pod tavidlem jsou:

- velká produktivita (až 5x větší jak u MMA)
- vysoká svařovací rychlost
- vysoká jakost svaru
- velká proudová hustota i při tenkých svařovacích drátech
- hluboký závar, tudíž i větší tloušťky svařovacího materiálu
- hořící oblouk neoslňuje okolí



Obr. 15.: Princip metody SAW [3]

2.2.2 Vybrané metody tlakového svařování [13]

Metody tlakového svařování pracují na principu působení mechanické energie, která pomocí mikrodeformace přiblíží svařované povrchy na vzdálenost působení meziatomových sil při kterém vznikne vlastní spoj. Mezi tyto metody patří tlakové svařování za studena, odporové, indukční, třecí svařování a mnoho dalších.

2.3 Ochranné plyny pro korozivzdorné oceli [3] [1]

Základní úlohou ochranných plynů je ochránit elektrodu, oblouk, tavnou lázeň a kořen svaru před účinkem vzdušného kyslíku, který je obsažen v atmosféře. Vzdušný kyslík má za následek oxidaci a nitridaci svarového kovu, které výrazně ovlivňují (zhoršují) mechanické vlastnosti svaru. Pomocí izolační schopnosti ochranných plynů je zajištěno stabilní hoření elektrického oblouku a zlepšení přenosu tepelné energie do svaru.

V dnešní době se na ochranu oblouku používají jednosložkové nebo častěji používané vícesložkové směsné plyny. Při volbě ochranného plynu hrají nemalou roli ekonomické

ukazatele, proto v minulosti byly používány jednosložkové plyny, především CO₂, to však neplatí pro metodu svařování MIG, u které se používá většinou čistý argon a helium.

Ochranný plyn díky svému složení a množství ovlivňuje tyto charakteristiky svařování:

- dobrý start a hoření oblouku (vytvoření ionizovaného prostředí)
- metalurgické a mechanické vlastnosti
- odolnost proti korozi (úbytek legujících prvků, pohlcování atmosférických plynů)
- geometrie svaru (tvar a rozměry průřezu svaru)
- vzhled povrchu (hladkost povrchu, oxidace, rozstřík)
- kvalita a celistvost svarového spoje
- emise kouře a plynů

2.3.1 Chemické složení a účinky ochranných plynů [1] [2]

Inertní plyny skupiny „I” do které patří argon, helium a jejich směsi chemicky nereagují se svarovou lázní a propal prvků je minimální, a proto nemají vliv na chemické složení svarového kovu. Inertní plyny jsou určeny především pro svařování netavící se elektrodou v ochranném inertním plynu (TIG).

Za to aktivní plyny skupiny „M1, M2, M3 a C” ovlivňují v menší nebo ve větší míře chemické složení svarového kovu.

a) argon (Ar)

Je jednoatomový plyn, bez zápachu a chuti, který je inertní a nevytváří chemické sloučeniny s žádným prvkem. Argon má nízký izolační potenciál a nízkou tepelnou vodivost, a proto je oblouk díky argonu dobře zapalován a má vysokou stabilitu.

Díky své hustotě, která je přibližně 1,4 krát větší než vzduch zvyšuje efektivnost plynové ochrany. Je vhodný pro všechny svařitelné materiály.

b) helium (He)

Je jednoatomový inertní plyn, bez zápachu a barvy. Helium má přibližně 7 krát menší hustotu než vzduch což snižuje efektivitu plynové ochrany, a proto je pro efektivní ochranu je zapotřebí větší průtok plynu.

Helium má vyšší tepelnou vodivost než argon a izolační potenciál má také vyšší, a proto je oblouk špatně zapalován a je nestabilní. Oproti argonu má vyšší napětí v oblouku a díky vyšší tepelné vodivosti je vhodný pro svařování větších tlouštěk.

c) Oxid uhličitý (CO₂)

Je bezbarvý, nehořlavý a nejedovatý plyn, jehož hustota je větší jak hustota vzduchu a to příznivě ovlivňuje efektivitu plynové ochrany. Jeho vysoká tepelná vodivost s vysokým přenosem tepla zvyšuje hloubku průvaru s oválným profilem svarové housenky a zajišťuje dobré odplynění lázně.

Využití oxidu uhličitýho oproti směsnému plynu je menší, protože vyžaduje větší zkušenost svářeče. Díky vysokému povrchovému napětí na konci elektrody je způsoben obtížně odstranitelný rozstřík.

Čím je tlak ochranného plynu menší, tím se zvyšuje koncentrace vody, což má za následek nárůst nebezpečí pórovitosti svarů.

d) kyslík (O₂)

Je nehořlavý plyn, který podporuje oxidační hoření, je těžší než vzduch a vyrábí se zkapalněním vzduchu (stejně jako dusík nebo argon). Používá se jako směsný plyn s argonem, CO₂ nebo heliem. Kyslík zásadně zvyšuje tekutost svarové lázně, povrchové napětí roztaveného kovu a zlepšuje odplynění svarové lázně.

2.4 Konečná úprava svarů [3] [5] [26]

Aby korozivzdorné oceli měli po svaření nejlepší možnou odolnost vůči korozi, tak musí být věnována velká pozornost konečné úpravě, aby byly odstraněny veškeré nečistoty na povrchu a nepravidelnosti, které by mohly způsobit místo pro vznik koroze.

Konečná úprava svarů u korozivzdorných ocelí je nutná hlavně u obloukových svarů. Svary, které jsou zhotoveny odporovým svařováním (kromě odtavovacího svařování tupých svarů) jsou schopny jít do provozu hned po svaření nebo po lehké úpravě. Po obloukovém svařování může být na materiálu rozstřík nebo povlak oxidů, jehož velikosti závisí na typu svaru a tloušťce materiálu.

Konečná zpracování mohou být praktikována jednotlivě nebo pomocí jejich kombinací. Rozdělují se buď do mechanického zpracování, které obsahuje oklepání, kartáčování, broušení, leštění nebo chemické zpracování, které obsahuje moření s následnou pasivací a omytím.

a) Odstranění rozstříku, strusky a oxidu

Zbylá struska na povrchu svaru musí být odstraněna opatrným poklepáním. Je třeba použít kladivo vhodné pro korozivzdorné materiály, protože při použití běžného kladiva dochází k difuzi molekul železa do legovaného materiálu a tudíž i následné korozi.

Co se týče rozstříku, tak ten bývá jedním z nejobtížněji odstranitelných druhů znečištění, zvláště u svarů s vysoce hladkými povrchy. Proto jedna z nejrozšířenějších prevencí je ochrana povrchu pomocí umělohmotného potahu nebo pomocí spreje.

Odstranění povlaku oxidu a svarového rozstříku lze dosáhnout pomocí drátěného kartáče z korozivzdorné oceli, nesmí se však použít ocelový, ale u těžkých konstrukčních dílů lze použít také čištění pomocí otryskávání (abrazivní částičky křemene, hliníku atd.)

b) broušení a leštění

Při broušení dochází k odstraňování přebytečného materiálu z povrchu (švy svařování, zoxidované vrstvy). Abrazivní částice jsou buď kysličník hlinitý (korund) nebo karbid křemíku (karborundum).

Pro odstranění přebytečného převýšení svaru se používají cylindrické kotouče a u konečného broušení se používají polotuhé nebo flexibilní kotouče. V porovnání s jinými materiály pro odstranění přebytečné hmoty u korozivzdorných ocelí je zapotřebí velké množství energie, a proto je třeba dbát na vyšší opatrnost, aby nedošlo k nadměrnému přehřátí (do 200 °C), jinak může dojít k malé oxidaci povrchu, která zabraňuje vytvoření pasivního povlaku.

Leštění je konečná metoda zpracování pro příslušný svar, většinou je tato metoda použita po procesu broušení, aby odstranila stopy po broušení. Leštící kotouče a mopy musí být také pouze pro korozivzdorné oceli, aby nebyl povrch znečištěn částicemi železa. U leštění stejně jako u broušení nesmí dojít k přehřátí z důvodu malé oxidace.

c) moření a pasivace

Má-li být zaručena dobrá korozní odolnost, musí být z některých kovů odstraněn povlak (oxidační vrstva), který zabraňuje obnově pasivační vrstvy. Oxidační vrstva pokrývající povrch vzniká během např. tváření za tepla, tepelného zpracování, svařování apod. Používají se k tomu dva základní způsoby moření a to buď pomocí lázně, pasty či gelů.

Mořicí lázně (obr. 16), které jsou určeny pro austenitické či duplexní oceli jsou nejčastěji mořeny v roztocích kyselin, kde je nejpoužívanější kyselina chlorovodíková (tab. 1).

Moření martenzitických ocelí je obtížnější, protože vrstvy oxidů na povrchu jsou obtížněji propustné pro kyseliny, proto je doporučeno chemické dvoufázové moření nebo předběžné čištění ocelovým pískem.

Časový interval pro moření se pohybuje okolo 15 minut až 4 hodin. Moření musí být ukončeno pečlivým omytím teplou vodou bez chlóru, popř. neutralizací a oplachem vodou. Mořicí pasty a gely umožňují použití pouze v oblasti svařování. Pasta nebo gel jsou natírány kartáčem a poté se oblast čistí korozivzdorným kartáčem, po čištění je zapotřebí příslušné místo omýt vodou.

Po moření je kov bez ochrany, proto musí být vytvořena nová pasivační vrstva, která je definována jako stav netečného povrchu korozivzdorné

Tab. 1 Složení kyselinových roztoků pro chemické moření. [3]

	HNO ₃	HF	H ₂ O
Mořicí lázeň pro austenitické oceli	52% (100 l)	65% (20 l)	900 l
Mořicí lázeň pro feritické oceli	52% (100 l)	65% (10 l)	900 l

oceli a může být vytvořena na vzduchu i v jiném oxidačním prostředí.

Pro obnovení pasivační vrstvy je použita buď pasivační lázeň, která má složení kyseliny dusičné s vodou a daná součást je ponořena do lázně na 15 - 60 minut a poté opláchnuta vodou nebo jsou použity pasivační pasty a gely, které se používají pro lokální pasivaci svaru. Pasta či gel je namáčený na potřebné místo a poté jsou zcela odstraněna pomocí kartáče a na závěr je součást opláchnuta vodou.



Obr. 16: Moření v lázni [26]

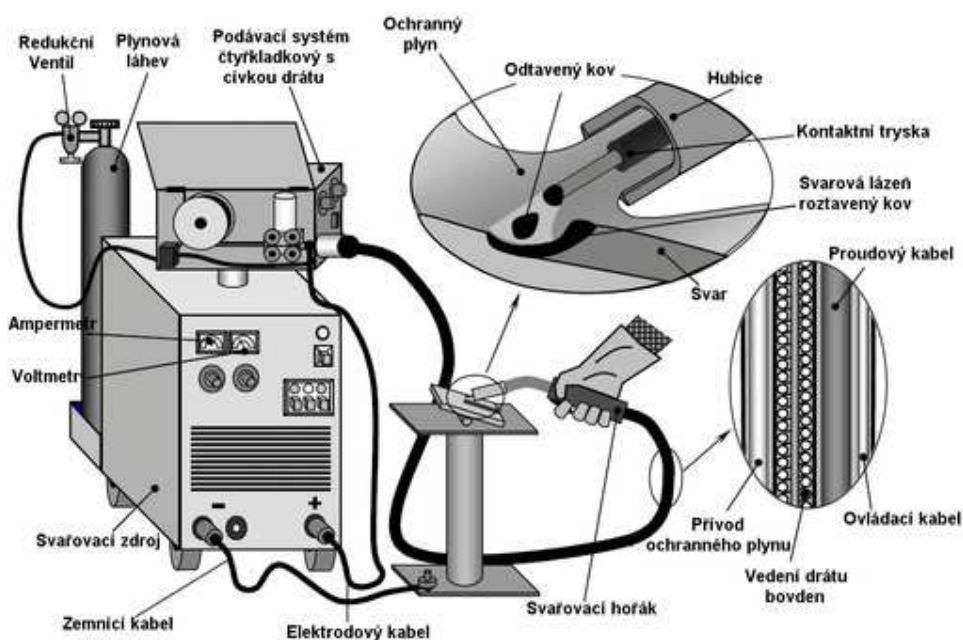
3 SVAŘOVÁNÍ METODOU MAG [1] [13] [20] [27]

Svařování metodou MAG neboli svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu je jedna z nejvíce rozšířených metod svařování jak u nelegovaných a nízkolegovaných ocelí, tak i pro legované oceli (obr. 17).

Princip svařování metodou MAG je založen na hoření elektrického oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře aktivního plynu.

Svařovací drát je napájen elektrickým proudem díky třecímu kontaktu v ústí hořáku proto, aby zatěžovací délka drátu byla co nejkratší. Poloautomatické podávání drátu je zajištěno podávacími kladkami umístěnými v podávacím systému, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky. Díky poloautomatickému podávání drátu je umožněno svářeči lépe tvořit housenku svaru a zároveň kontrolovat svarovou lázeň. Oproti ručně obalené elektrodě, kde její délka je v jednotkách desítek centimetrů, tak svařovací dráty pro metodu MAG jsou v jednotkách několika metrů a to má za důsledek výrazně menší technologické přestávky při výměně přídatného média. To vše přispívá k vyššímu výkonu odtavení, zvláště při vyšších průměrech elektrod a vyšších svařovacích proudech.

Pro ochranu svarové lázně a pro zlepšení stabilizace elektrického oblouku a zároveň k napomáhání zapálení je potřeba, aby okolo svařovacího drátu a svařovací lázně aby proudil ochranný aktivní plyn. Při svařování s vyššími výkonnostními parametry po delší dobu je nezbytné svařovací hořák chladit. Chlazení se provádí cirkulací vody, která je přiváděna do hořáku multifunkčním kabelem spolu se svařovacím drátem, vodičem elektrického proudu a ochranným plynem.



Obr. 17: Princip metody MAG [20]

3.1 Přenos kovu v oblouku [1] [27]

Přenosem kovu v oblouku je rozuměno roztavování přídavného materiálu (drátu, elektrody) a ukládání do svarové lázně při hoření elektrického oblouku. Závisí především na svařovacích parametrech, tj. svařovací proud (proudová hustota), svařovací napětí, složení ochranné atmosféry a na přídavném materiálu.

Přenos kovu je rozdělen na jednotlivé typy (obr. 18):

- zkratový
- kapkový
- impulsní
- sprchový
- moderovaný
- rotační

a) zkratový přenos

je uplatňován v rozsahu svařovacího proudu od 60 do 180 A a napětí od 12 do 22 V.

Při zkratovém přenosu se z elektrody odtaví kapka kovu, která vyplní mezeru mezi elektrodou a svarovou lázní, oblouk zhasne a dojde k elektrickému zkratu. Tím se zvýší teplota, kapka se utrhne a dopadne do svarové lázně, načež se elektrický oblouk opět zapálí. Frekvence zkratů se pohybuje od 20 do 200 Hz. Tento přenos může probíhat v libovolné ochranné atmosféře (např. čistý CO₂ nebo Ar + 25% CO₂). Oddělení kapky při vysoké intenzitě proudu je hlavním důvodem rozstříku kovu. Jelikož se používají nízké hodnoty svařovacího proudu, vnáší se do svaru relativně málo tepla, svarový kov není tak tekutý a rychle tuhne. Zkratový přenos je využíván hlavně u tenkých plechů, kořenových vrstven tupých svarů a svařování ve vynucených polohách (např. nad hlavou).

b) kapkový přenos

vzniká při hodnotách proudu od 190 do 300 A a napětí od 22 do 28 V, které díky vysokému proudu se nataví do velké kapky, která může být i větší než průměr elektrody. Kapkový přenos je dobře použitelný v ochranné atmosféře CO₂ a způsobuje velký rozstřík vznikající při občasných nepravidelných zkratech. Lze jej využít pro svařování středních tloušťek, ale pro hrubé svarové housenky a velkému rozstříku se už moc nevyužívá.

c) impulsní přenos

byl vyvinut pro omezení rozstříku a vad ve svarech u zkratového a kapkového přenosu.

Průběh svařovacího proudu a napětí v závislosti na čase je řízen mikroprocesorem svařovacího zdroje. Základní proud je nízký od 20 do 50 A a má za úkol udržení ionizace oblouku a tím vedení proudu. Impulsní proud (tzv. pulsy) který je řízený jak tvarově, tak časově, má za úkol díky zvyšování svařovacího proudu a napětí kontrolovaně přenášet kapky roztaveného kovu elektrody (drátu). Tento typ přenosu se vyznačuje vysokou frekvencí 25-500 Hz (výjimečně 1000 Hz). Výhodou tohoto přenosu je, že vnáší méně tepla do svaru a lze svařovat tenké plechy i polohové svary. Díky možnosti nastavitelného proudu, napětí a frekvence umožňuje široké požití. Nevýhodou jsou však vyšší elektromagnetické záření oblouku a nákladnější potřebné svařovací zdroje.

d) sprchový přenos

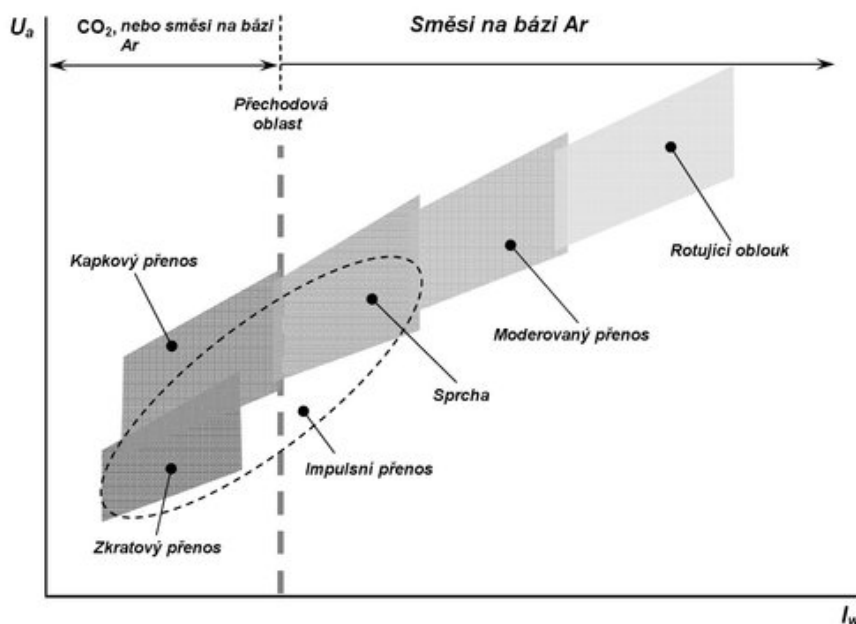
nastává při hodnotách svařovacího proudu od 200 do 500 A a svařovacím napětí od 28 do 40 V. Pro tento typ přenosu se používá směs plynů Ar+CO₂ (pro širší závar), případně O₂ (pro hlubší závar) nebo čisté Ar (svařování neželezných kovů). Ar podporuje ionizaci plynu a tvorbu plazmy. Plazma rychle proudí okolo tavicího se konce elektrody a ten se rychleji ohřívá. K tomu přispívá i odporové teplo způsobené dlouhým výletem elektrody. Při vysokém proudu se nestačí vytvořit větší kapky, ale působením elektromagnetických sil se tvoří drobné kapky s vysokou frekvencí až 350 Hz, jakoby sprcha. Při celém průběhu oddělování kapky je proud takřka konstantní, pouze ve chvíli přerušení můstku je zřetelné malé zvýšení proudu. Oblouk nezhasíná a do základního materiálu je převedeno velké množství tepla (zvyšuje hloubku závaru, který roste s hodnotou proudu). Zvukově se tento přenos vyznačuje syčením (občas praskáním). Svar je na povrchu hladký a čistý s plynulým přechodem do základního materiálu. Sprchový přenos je vhodný pro střední a velké tloušťky a používá se především pro svařování v poloze vodorovné shora

e) moderovaný přenos

má díky zvýšenému proudu a napětí velmi vysoký výkon svařování. Velikost proudu dosahuje do 750 A a svařovací napětí dosahuje do 50 V. Za použití ochranného plynu Ar + 8% CO₂ s průtokem až 25 l/min. jsou kapky, až o velikosti dosahující průměru drátu, za vysoké frekvence přenášeny vysokou rychlostí do tavné lázně, která je plazmou oblouku i dopadem kapek tvarována do hlubokého a úzkého závaru. Touto technikou lze svařovat větší tloušťky jednovrstvým svarem při vysoké rychlosti postupu svařování.

f) rotační přenos

má téměř stejné svařovací parametry jako moderovaný sprchový přenos avšak hodnoty napětí jsou vyšší (až o 65V) a má větší volnou délku drátu (nad 20mm). Díky vyšší intenzitě proudu a větší volné délce drátu je drát odporovým teplem předehříván těsně pod teplotu tavení. Intenzivním silovým magnetickým polem je konec drátu v plastickém stavu roztáčen. Kapky odtavujícího se kovu při rotačním přenosu tvoří kuželovou plochu. Rotujícím obloukem lze dosáhnout širokého a hlubokého a závaru.



Obr. 18: Druhy přenosů metody MAG [20]

3.2 Ochranné plyny pro metodu MAG [1] [2] [3] [36]

Princip a rozdělení plynů v ochranné atmosféře pro metodu MAG s popisem základních prvků v ochranné atmosféře podrobněji vysvětlen v podkapitole 2.3. V této podkapitole budou podrobněji rozvedeny ochranné směsi plynů pro svařování korozivzdorných ocelí.

Korozivzdorné oceli mají díky legujícím prvkům resp. chromu hustou tavnou lázeň, která má za následek nežádoucí převýšení svaru a ostrý přechod svarové housenky do základního materiálu. Proto pokud má být zaručena určitá kvalita svaru je doporučena směs ochranného plynu s malým procentem kyslíku, protože kyslík zásadně snižuje povrchové napětí a tím i zlepšuje průřez svarové housenky, a také odplynění svarové lázně a přechod na základní materiál.

Pro svařování korozivzdorných a vysokolegovaných ocelí je obvykle používán argon s obsahem 1-3% O₂ nebo CO₂. Použití CO₂ ve směsi ochranné atmosféry není doporučeno pro svařování korozivzdorných ocelí s velmi nízkým obsahem uhlíku (0,03 %).

Doporučené směsné plyny pro svařování korozivzdorných ocelí (tab. 2):

a) Ar + 2% CO₂

Ochranná směs plynů, která se doporučuje pro všechny druhy vysokolegovaných ocelí. Tato směs plynů je vhodná pro krátký zkratový oblouk s nízkým propalem a výhodou je malý rozstřík a dobré smáčení svarového úkosu.

b) Ar + 2% O₂

Ochranná směs plynů, která se doporučuje pro svařování zkratovým přenosem malými kapkami z hlediska propalu. Plyn je také vhodný i pro sprchový nebo impulzní přenos kovu.

c) Ar + 30 – 50% He + 1 – 2% O₂

Ochranná směs plynů, která je vhodná nejen pro mechanické, ale i robotizované svařování. Plyn je vhodný jak pro zkratový, tak i pro sprchový přenos, kde umožňuje stabilní hoření oblouku, velmi příznivý profil svaru a vysoký odvalovací výkon bez nebezpečí nauhličení lázně.

Tab. 2 Rozdělení plynů podle chemického charakteru. [3]

Proces Svařování	Ochranný plyn
WIG (TIG)	Ar
	Ar+H ₂ (do 15%)
	Ar+He (do 70%)
	Ar+He+H ₂
	Ar+N ₂
MIG/MAG	98% Ar+2% O ₂
	97% Ar+3% CO ₂
	95% Ar+3% CO ₂ +2% H ₂
	83% Ar+15% He+2% CO ₂
	69% Ar+30% He+1% O ₂
	7,5% Ar+90% He+2,5% CO ₂

4 NÁVRH A OVĚŘENÍ SVARŮ U VYBRANÝCH MATERIÁLŮ [3] [5] [17] [18] [34]

Zařízení v čistírnách odpadních vod jsou v neustálém kontaktu jak s lehce znečištěnou vodou nebo s chemicky agresivní vodou. Pokud však má být zaručena určitá kvalita a trvanlivost zařízení je nejvýhodnější použít korozivzdorné oceli.

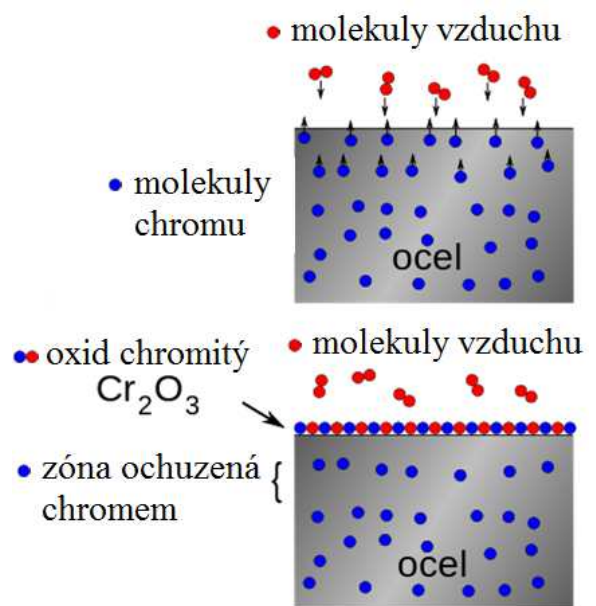
Mezi korozivzdorné oceli řadíme oceli schopné pasivace. Pasivace je unikátní vlastnost, která vlivem legujících prvků v oceli vytvoří na povrchu tenkou průhlednou pasivní vrstvu (obr. 19). Je-li povrch korozivzdorné oceli poškrabán nebo jinak deformován, tato pasivní vrstva, která je tenká jen několik atomů, se okamžitě obnovuje vlivem atmosférického kyslíku nebo vody. Podmínkou pro tuto schopnost je obsah chromu v tuhém roztoku nad 13%.

Korozivzdorné oceli jsou rozdělovány podle jejich struktury. Struktura korozivzdorných ocelí závisí na jejich chemickém složení. Základní informace o rozdělení korozivzdorných ocelí je popsán v podkapitole 2.1.

Nejvhodnějším druhem korozivzdorných ocelí pro čistírny odpadních vod je austenitická ocel. Důvodem velmi dobrá tvárnost, houževnatost, tažnost jak při normálních teplotách, tak i při velmi nízkých teplotách.

Tyto oceli mají také vysokou odolnost proti korozi. Je-li potřeba větší odolnost vůči korozi (mořská voda, chemický, gumárenský průmysl apod.) bývá ocel obohacena větším množstvím molybdenu a niklu. Austenitické oceli mají výbornou svařitelnost, oproti feritickým ocelím, které je zapotřebí svařovat s předehřevem a martenzitické oceli lze svařovat v popouštěném nebo zušlechťeném stavu.

Vhodné austenitické materiály jsou AISI 304, který má dobré mechanické vlastnosti a AISI316L, který má zvýšenou odolnost proti korozi v aktivním i pasivním stavu.



Obr. 19: Vznik pasivní vrstvy [18]

4.1 Materiály v čistírnách odpadních vod [7] [12] [25]

a) materiál AISI 304 (X5CrNi18-10, ČSN 42 7240)

Patří mezi standardní austeniticky nestabilizovanou ocel s vynikající odolností vůči korozi v přirozeném prostředí (slabé alkálie, splašková a dešťová voda, venkovská a městská atmosféra) bez zásadních koncentrací kyselin a chloridů.

Mechanické vlastnosti nestabilizované austenitické oceli mají relativně nízkou mez kluzu ($R_{p0,2}$ min. 210 N/mm²) a pevnost (R_m 520 – 720 N/mm²), avšak jejich plastické vlastnosti jsou mimořádně vysoké. Nízká mez kluzu je vhodná pro tažení.

Ocel je nemagnetická, nekalitelná a má sklon ke zpevňování za studena při tažení nebo při třískovém obrábění s nevhodnými řeznými podmínkami. Materiál je bez potíží svařitelný a to i bez přídavného materiálu.

Uplatnění není pouze v čistírnách odpadních vod, ale také v potravinářském, farmaceutickém, papírnickém a chemickém průmyslu.

Tab. 3 Chemické složení austenitické oceli AISI 304 a svařovacího drátu 308LSi v % .[31]

	C	Cr	Mn	N	Ni	P	S	Si
AISI 304	0,07	17,5-19,5	2,0	0,12-0,22	8,0-10,5	0,045	0,03	1,0
308LSi	0,025	19,5-20,5	2,0	0,06	9,5-11,0	0,02	0,015	1,0

b) materiál AISI 316L (X2CrNiMo17-12-2, ČSN 42 17349)

Patří mezi austenitické oceli s přísadou molybdenu. Molybden se hromadí v ochranné povrchové vrstvě a tím zvyšuje odolnost ocelí proti korozi v aktivním i pasivním stavu. Jelikož je molybden feritotvorný prvek, musí mít tato ocel vyšší obsah niklu, aby se netvořil delta ferit.

Ocel s přísadou molybdenu se tepelně zpracovává rozpouštěcím žíháním na teplotě při 1100 až 1150°C s následným ochlazením do vody.

Ocel je nekalitelná, nemagnetická, má sklon ke zpevňování za studena při tváření nebo při třískovém obrábění s nevhodnými řeznými podmínkami. Se stoupající teplotou však výrazně klesá mez pevnosti (v běžných podmínkách R_m 520 – 680 N/mm²) a mez kluzu (v běžných podmínkách $R_{p0,2}$ min. 220 N/mm²). Je také svařitelná bez rizika vzniku mezikrystalické koroze v TOO. Vhodné uplatnění také najde při tváření za studena, třísková obrobitelnost je dobrá a při leštění je obtížné dosáhnout zrcadlového lesku. Uplatnění v praxi ocel nachází v průmyslovém prostředí, kde zvláště odolává důlkové korozi v přítomnosti chloridů (je méně vhodná pro kyselinu dusičnou) nebo v prostředí přímořského typu. Lze ji také použít pro styk s potravinami a pitnou vodou.

Tab. 4 Chemické složení austenitické oceli AISI 316L a svařovacího drátu 316LSi v % . [31]

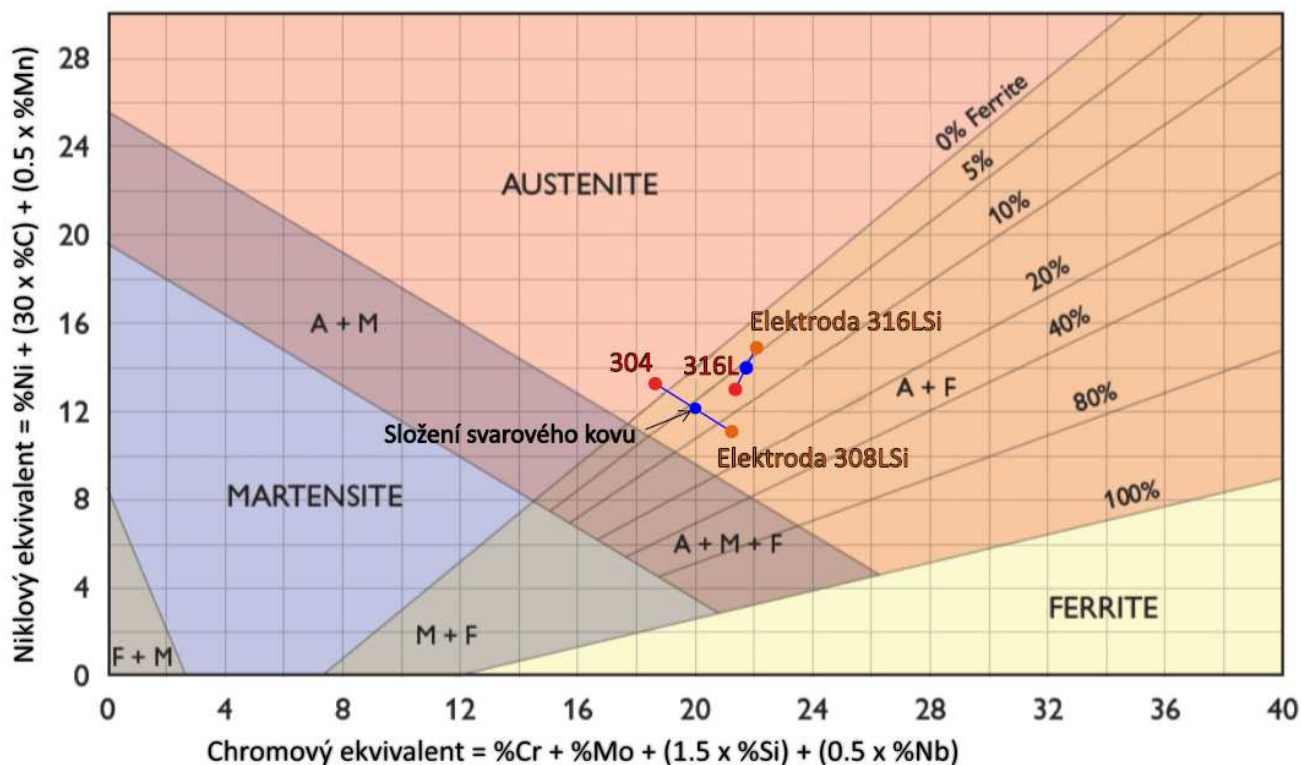
	C	Cr	Mn	N	Ni	P	S	Si	Mo
AISI 316L	0,03	16,5-18,5	2,0	0,12-0,22	11,0-14,0	0,03	0,01	1,0	2,0-2,5
316LSi	0,025	18,0-19,0	2,0	0,06	12,0-13,0	0,02	0,015	1,0	2,5-3,0

Většina standartních austenitických korozivzdorných ocelí není plně austenitická, ale při svařování se může vytvořit malé množství delta feritu. Standardní korozivzdorné oceli v této kategorii jsou stále nazývány austenitickými korozivzdornými oceli i v případě přítomnosti malého množství feritu.

Skutečné složení svarového kovu u jednotlivých materiálů závisí nejenom na složení daného materiálu, ale také na složení přídatného drátu, který musí být buď stejného složení jako základní materiál nebo kvalitnější s příměsí legur.

Ve svarové lázni je roztaven jak základní materiál, tak svařovací drát, kde jejich padesáti procentní poměr činí výsledné složení svarového kovu (obr. 20).

Pro materiál AISI 304 se nejčastěji používá svařovací drát, který je vyroben z materiálu AISI 308LSi (tab. 3) a pro materiál AISI 316L se nejčastěji používá svařovací drát vyrobený z materiálu AISI 316LSi (tab. 4).



Obr. 20: Schaefflerův diagram s vybranými materiály [28]

4.2 Typy svarů v čistírnách odpadních vod [7] [14]

Při konstrukci svarových spojů u svarku nebo svařované konstrukce v ČOV musí být zvolen vhodný svarový spoj mimo jiné dle následujících hledisek:

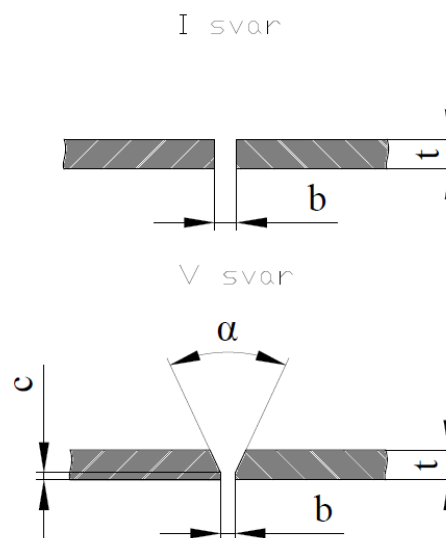
- podle polohy průřezu svaru vzhledem k zátěžným silám. Podle tohoto hlediska se provádějí boční, čelní a šikmé svary.
- podle účelu jsou prováděny svary těsnící (nádrže), svary nosné (konstrukce) nebo kombinace těsnících a nosných svarů.
- podle tvaru svaru se provádí svary tupé, koutové, žlábkové, děrované, bodované apod. Volba tvaru svaru závisí na konstrukčním provedení svař. konstrukce, tloušťce svař. dílců, na charakteru zátěžných sil, na svařovací technologii a mnoho dalších.

a) tupý svar

Tupý svar spojuje dva plechy většinou stejné Tloušťky a patří k neefektivnějším druhům svarových spojů.

Je vhodný především pro svařované součásti, které jsou namáhané dynamicky. U tupého svaru je zachován plynulý silový tok, a pokud je zapotřebí výrazně snížit vrubový účinek musí být obrobena převýšení svarové housenky. Tupý svarový spoj vzniká svařením dvou dílců přiložených na tupo k sobě, zpravidla za použití přídavného materiálu. Kromě svaru typu I je nutné svarové plochy vhodným způsobem upravit pro daný svar.

Automatické svařování drátem s ochranou plynu (MAG) při nejvyšší intenzitě dosáhne též přes 50%



Obr. 21: Vybrané tupé svary [7]

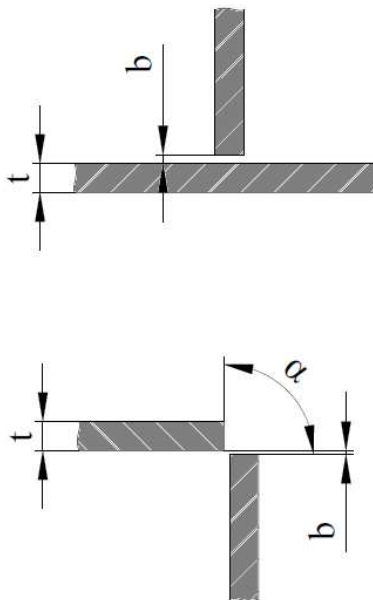
promísení. Přebývající cca 50% objem svaru, který tvoří přídavný materiál, se musí schovat v úkosu nebo mezeře. Pokud volíme mezeru, je nutno svařovat na podložku.

Podle zkušeností firmy Fontana R s.r.o., která vyrábí zařízení pro čistírny odpadních vod, jsou z tupých svarů nejvíce používány „I” svary a „V” svary (obr. 21).

Tupé svary typu X, Y jsou použity zřídka, protože tyto typy svarů jsou vhodné pro materiály s tloušťkou nad 10mm a svařence s touto tloušťkou nejsou tak objemově časté jako svařence do 10mm.

b) koutový svar

Koutové svarové spoje jsou nepoužívanějším typem svarového spoje v konstrukcích. Koutové svary jsou z pevnostního hlediska méně únosné než tupé svarové spoje. Na rozdíl od tupého svaru zde není velikost svaru vymezena geometrií svarových ploch. Svařované dílce se přidávají kolmo k sobě bez opracovaných ploch. Aby se vyloučil vliv ohybového momentu na svar, tak pokud je to možné svařované spoje svařit dvěma koutovými svari, avšak v případě vyššího zatížení svarového spoje je užitečné kombinovat se svari tupými. Nejčastější použití koutových svarů je u takzvaných T-spojů nebo u rohových spojů profilu (obr. 22).



Obr. 22: Vybrané Koutové svary [7]

4.3 Doporučené parametry a podmínky svařování [1]

Na kvalitu svaru mají ohromný vliv parametry a podmínky svařování, do kterých patří: svařovací napětí, svařovací proud a také volná délka drátu.

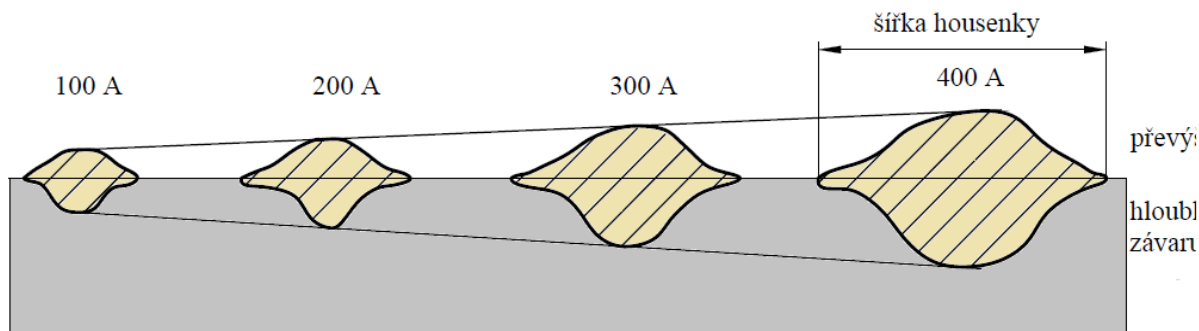
a) svařovací proud

Svařovací proud má největší vliv na charakter přenosu kovu a tvar svarové housenky (obr. 23). S růstem proudu roste proudová hustota, velikost a viskozita svarové lázně.

Charakter přenosu kovu v oblouku je ovlivněn díky:

- díky rostoucímu proudu roste také frekvence kapek
- intenzita proudu podle složení ovlivňuje síly, které působí na kapky kovu
- růstem proudu se u běžného typu přenosu kovu zmenšuje objem kapek

Pro lepší kvalitu svaru je vhodnější menší průměr drátu, poněvadž dává větší počet kapek, což má za následek velmi dobrou kvalitu povrchu housenky. Avšak z hlediska ekonomických nákladů je výhodnější větší průměr drátu, protože je snížen počet tahů. Předběžné nastavení proudu se před začátkem svařování provádí dle zkušenosti svářeče nebo tabulky. Orientační hodnoty pro nastavení svařovacích parametrů jsou uvedené v tabulce 5.

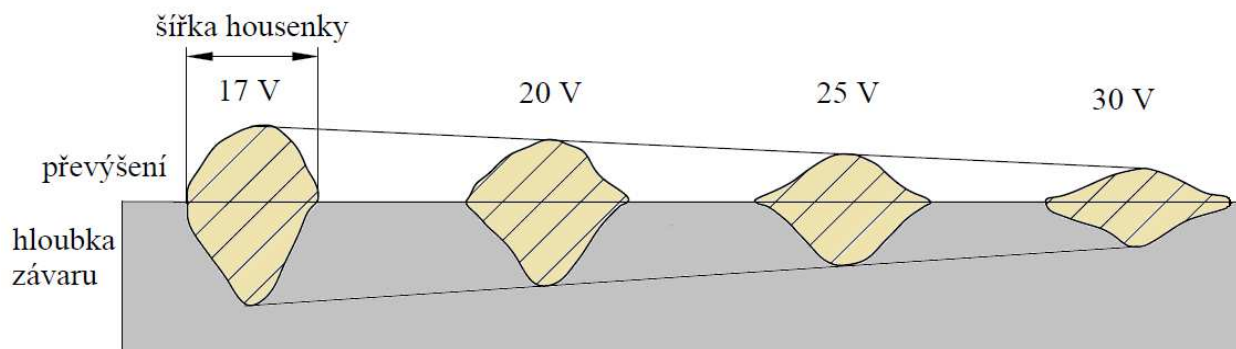


Obr. 23: Závislost tvaru svarové housenky na proudu [1]

b) svařovací napětí

Svařovací napětí se mění podle délky oblouku mezi drátem elektrody a povrchem svarové lázně. Výrazně se projevuje ve změně šířky svarové housenky (obr. 24). Na odtavovací výkon má napětí malý vliv a hloubku závaru samotné napětí ovlivňuje velmi málo.

Nadměrně vysoké napětí zvyšuje délku oblouku a propal prvků, zvyšuje náchylnost na pórovitost. Svarová lázeň je široká, mělká a v nucených polohách je obtížně ovládána.



Obr. 24: Závislost tvaru svarové housenky na napětí [1]

Nízké napětí způsobuje nestabilní proces, také bývá příčinou úzkých housenek s velkým převýšením při vysokých rychlostech svařování a nedokonalého natavení svarových hran.

c) volná délka drátu

Obecně platí, že volná délka drátu resp. od konce kontaktního proudového průvlaku po oblouk je rovna desetinásobku průměru drátu. Ve skutečnosti má na délku drátu vliv jak typ přenosu kovu, tak ochranný plyn.

Významným parametrem, který se projevuje při změně vzdálenosti kontaktní špičky, je změna proudu. Zvyšující se vzdálenost od špičky má za následek pokles proudu a to způsobuje menší průvar.

Tab. 5 Orientační hodnoty parametrů svařování pro metodu MAG. [1]

Typ svaru	Tloušťka plechu [mm]	Průměr Elektrody [mm]	Rychlost posuvu drátu [m.min ⁻¹]	Svařovací proud [A]	Rychlost svařování [cm.min ⁻¹]
I-svar	1	0,6	7,0	60	83
	1,5	0,8	6,0	90	80
	2	0,8	6,8	110	83
	3	0,8	8,0	125	55
	3	1,0	6,0	150	63
V-svar	4	1,0	6,4	160	40
	5	1,0	6,4	160	28
	6	1,0	6,8/8,5	150/200	60/43
	8	1,2	6,0/7,6	150/260	43/28
	10	1,2	6,0/10,0	150/320	35/21
Koutový svar	2	0,8	6,8	110	53
	3	1,0	7,0	170	40
	4	1,0	8,2	190	28
	5	1,2	7,8	260	22
	6	1,2	9,5	300	14

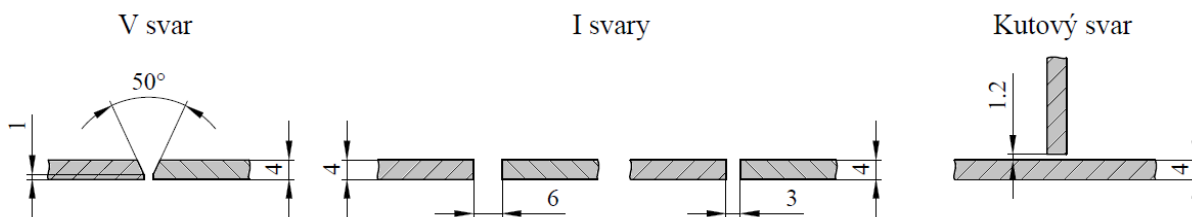
4.4 Průběh experimentu [6] [21]

Svařovány byly dva druhy materiálů o stejné tloušťce 4mm (AISI 304 a AISI 316L) a u každého z nich byly provedeny základní tři druhy svarů a to jak tupé svary typu I, V, tak koutový svar (obr. 26). Každý druh svaru byl zhotoven dvakrát a to jednou s doporučenou hodnotou proudu od svářecího zřízení SIGMA 400 (obr. 25) pro danou tloušťku materiálu, která vždy byla 4mm a druhou hodnotou proudu, která byla navržena s menší proudovou hodnotou. Všechny typy svarů byly svařeny pomocí impulzní metody.

Příprava tupého V-svaru a koutového svaru byla provedena dle normy ČSN EN ISO 9692-1. Tupý svar typu I, byl svařen ve dvou verzích. Jelikož dle praxe svářečů ve firmě Fontana R s.r.o. je tupý svar typu I svařován většinou jednostranně. Norma ČSN EN ISO 9692-1 pro tento druh svaru o tloušťce 4mm a svařovací metody MAG udává mezeru od 6 do 8mm a proto byla podle svářecí praxe navržena mezeru pro tento svar 3mm (obr. 26).



Obr. 25: Svářecí zařízení SIGMA 400 [21]



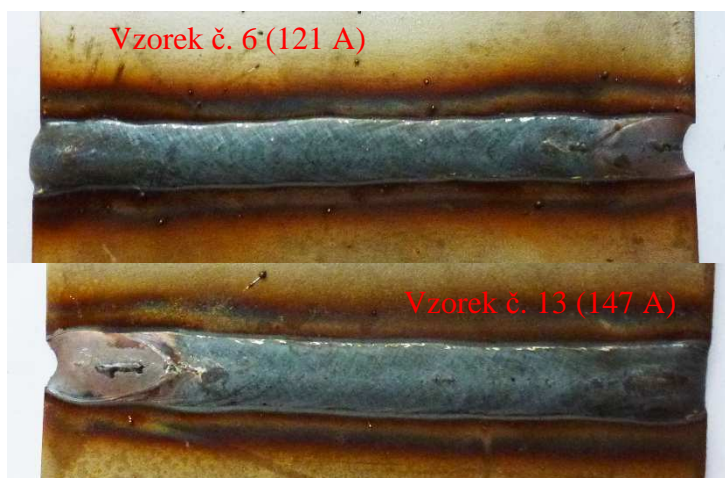
Obr. 26: Příprava svarových spojů pro zkoušené vzorky [6]

Tab. 6 Výsledné hodnoty zkoušených vzorků

Typ svaru	Č. vzorku	Svařovací proud	Svařovací napětí	Rychlost ručního svařování	Tepelný příkon Q	Mat.	Poz.
	[-]	[A]	[V]	[mm.s ⁻¹]	[kJ. mm ⁻¹]	[-]	[-]
Koutový svar	1	130	22,6	5,06	0,46	304	
	2	150	23,6	5,36	0,53	304	
	3	130	22,6	4,76	0,49	316L	
	4	150	23,7	5,55	0,51	316L	
I-svar	5	120	21,5	1,88	1,10	304	b=6,2
	7	120	21,5	2,07	0,99	316L	b=6,2
	6	121	21,5	4,10	0,50	304	
	8	120	21,5	4,16	0,49	316L	
	13	147	23,5	5,15	0,53	316L	
	15	148	23,6	5,15	0,54	304	
V-Svar	10	120	22,0	6,16	0,34	304	
	11	148	23,3	6,94	0,39	316L	
	12	120	21,2	6,06	0,33	316L	
	14	151	23,7	6,75	0,42	304	

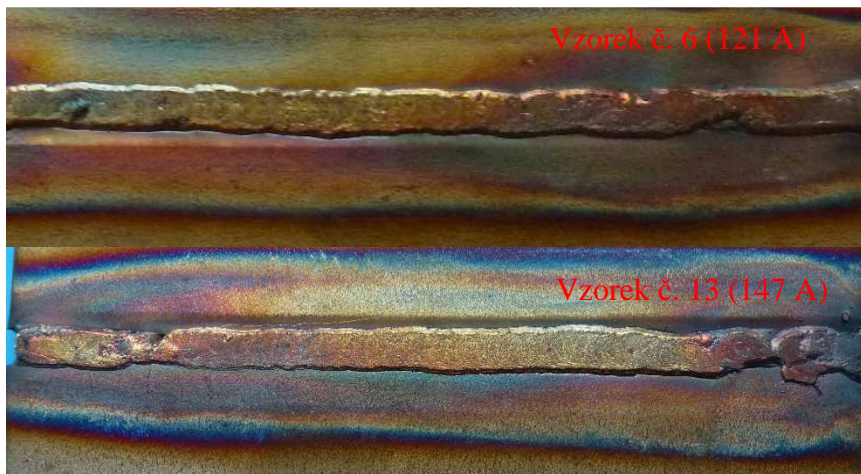
a) povrch svarů

Všechny typy svarů byly svařovány na stejných typech plechů o rozměrech 4x50x100 mm, tudíž se dala přibližně změřit rychlost ručního svařování. Podle následného porovnání vzorků jde s jistotou říci, že svary, které byly svařovány proudem o velikosti 150 A (tab. 6) měly vyšší rychlost svařování, tudíž i kratší dobu svařování.



Obr. 27: Povrch svarových housenek u tupých I svarů

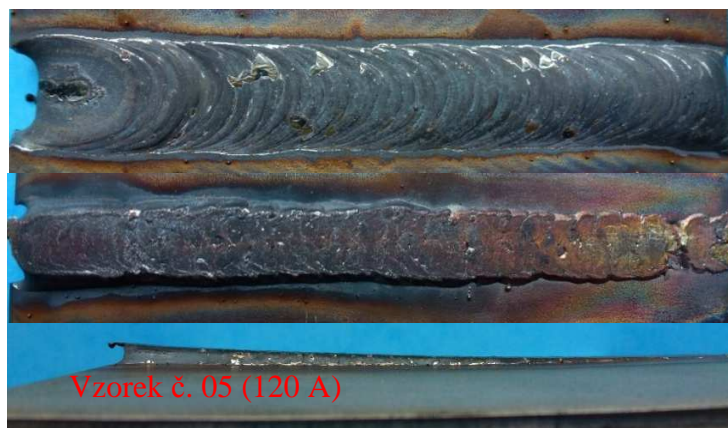
Rozdíly svarů mezi jednotlivými typy materiálů nejsou patrné, proto jde s jistotou řícti, že materiál AISI 316L není v čistírnách odpadních vod použit z důvodu lepší kvality svarových spojů, ale z důvodů lepší odolnosti v agresivnějším prostředí.



Obr. 28: Povrch kořenů u tupých I svarů

Z navrhovaných parametrů (tab. 5) je patrné, že pro tloušťku materiálu 4 mm je vhodné použít doporučené hodnoty svařovacího zařízení SIGMA 400 jak z hlediska časového, tak z hlediska kvalitativního. Provaření kořene (obr. 28) u svarů typu I je stejné jak u vzorku č. 6 (121 A) tak u vzorku č. 13 (147 A), kde je průměrná šířka 4,5mm, ale povrch svarové housenky je po vizuální stránce lepší u svaru, který byl svařován vyšším proudem (obr. 27), kde šířka svarové housenky je přibližně 10 mm.

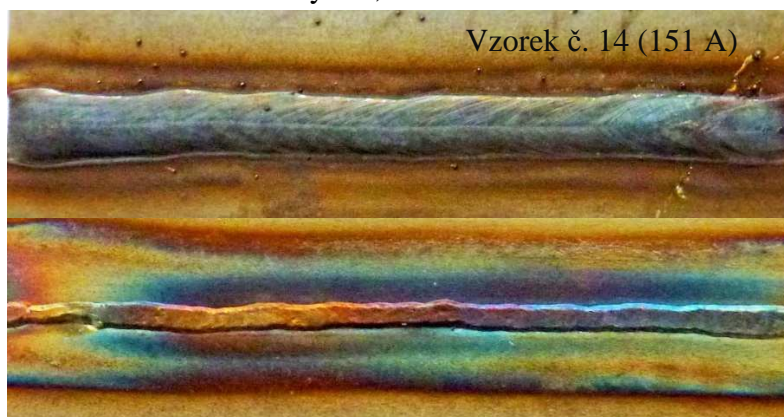
U tupého svaru typu I, kde mezera mezi základním materiálem byla 6,2mm (obr. 29), který byl podložen mosaznou podložkou (tak jako všechny ostatní svary) byl svar je nevhodně navržený. Tento svar má enormní spotřebu přídavného materiálu a také svařovací rychlost oproti ostatním svarům byla několika násobně menší. Pokud základní materiál není vhodně upevněn, může nastat



Obr. 29: Povrch tupého I svaru s velkou mezerou

jeho nazvedávání a následně nevhodné nahromadění svarového kovu v oblasti kořene. Šířka svarové housenky byla naměřena okolo 14 mm, šířka provařeného kořene byla 10 mm a největší převýšení nahromaděného materiálu v oblasti kořene bylo 2,5 mm.

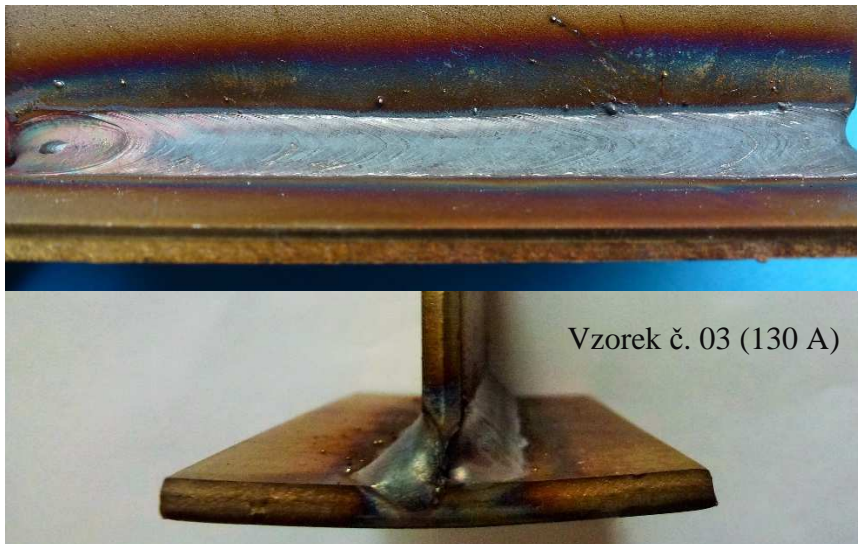
Tupý svar typu V má velmi podobný takřka totožný vzhled svarové housenky jako svar typu I (obr. 30). Šířka svarové housenky (u vzorku č.14 je 9,1 mm) a šířka kořene u svaru V (u vzorku č.14 je 3.8 mm) byl užší jak u svaru I a převýšení svarové housenky bylo velice



Obr. 30: Povrch tupého V svaru

podobné jako u tupého I svaru.

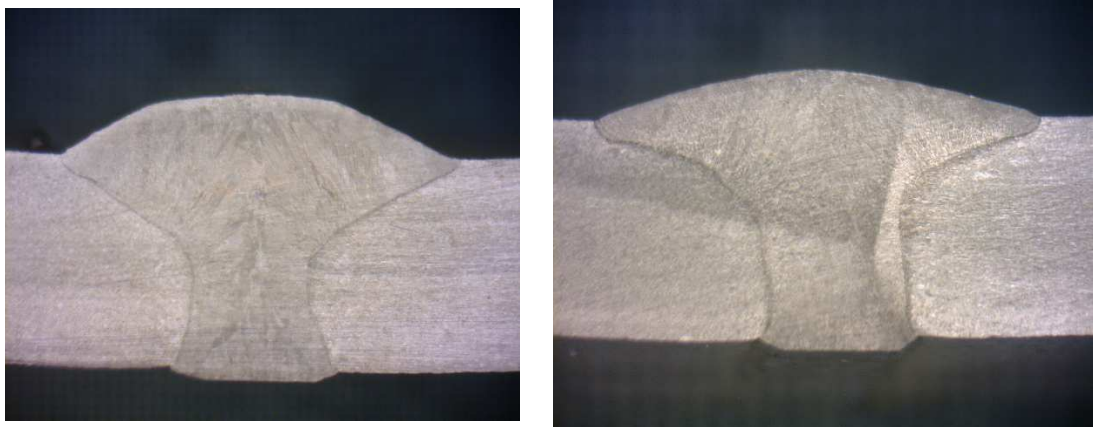
Koutový oboustranný svar (obr. 31) způsobil ze všech typů svarů největší deformaci materiálu, proto pokud má být zajištěna určitá přesnost a kvalita svařence musí být základní materiál zajištěn vhodným přípravkem. Povrch svarové housenky se vyznačuje hladkým povrchem a konstantním tvarem bez velkých tvarových změn.



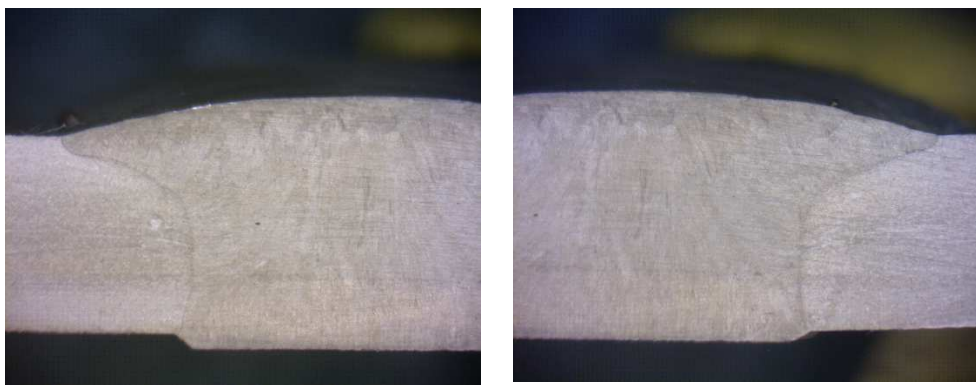
Obr. 31: Povrch koutového svaru

b) makrostruktura svarů

U tupých svarů typu I (obr. 32) je dobře vidět plné provaření v celé tloušťce materiálu. Svary mají také dobré provaření kořene a dobré převýšení svarové housenky. Tupý svar s mezerou 6,2 mm (obr. 33) je také plně provařený, a když je základní materiál podepřen podložkou a upevněn proti nadzvedávání, tak i kořen svaru dosahuje zaručené kvality. Převýšení svarové housenky je značně nízké, ale jeho velikost převýšení není tak nízká díky nastavení elektrických parametrů pro svařování, ale díky značně velké mezeře mezi základním materiálem. Díky enormnímu vnesení přídavného materiálu a enormní délce svařování je lepší použít oboustranný tupý I svar, a pokud to není možné, tak je vhodné použít menší mezeru mezi základním materiálem.

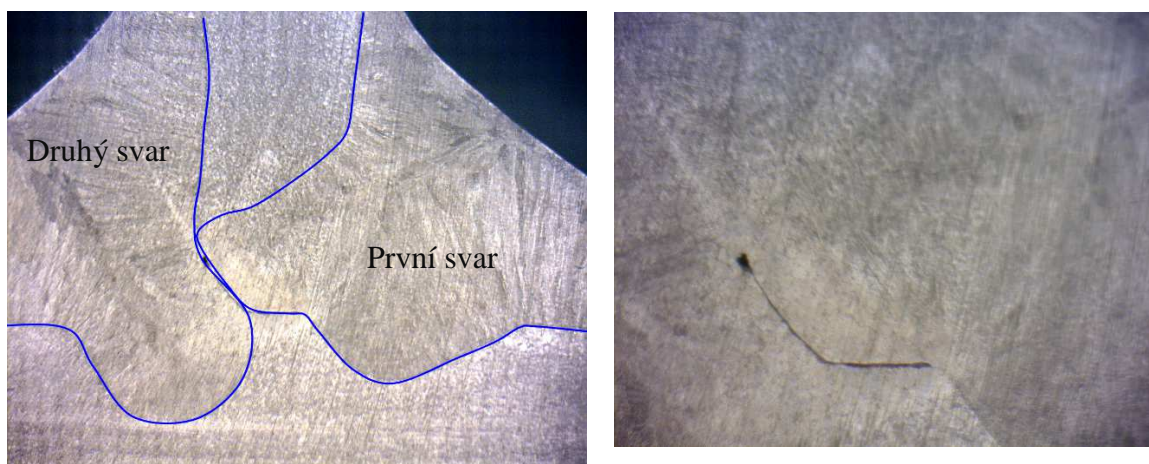


Obr. 32: Makrostruktura tupého I svaru

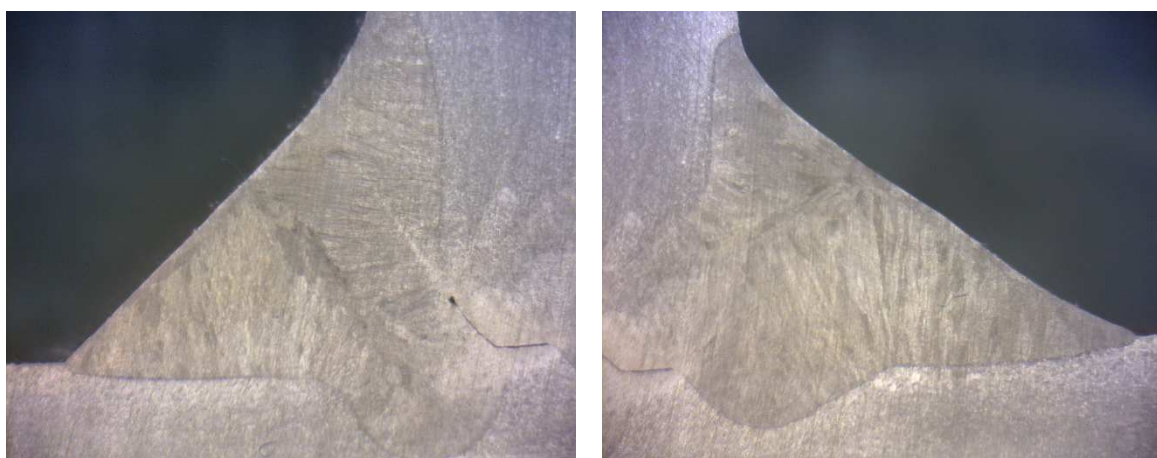


Obr. 33: Makrostruktura tupého I svaru s velkou mezerou

U koutového svaru na vzorku č. 04 (obr. 33) lze vidět, že mezi jednotlivými svary vznikl studený spoj. Základní materiál byl svařován s mezerou 1,2mm mezi jednotlivými plechy a to mělo za příčinu to, že svarová lázeň u prvního svaru dostatečně nezatekla do celé mezery mezi jednotlivým materiálem a vznikla neprovařená mezera. Druhá svarová lázeň (Obr. 34) pak obešla tuto mezeru a vznikl studený spoj. Účinný rozměr svaru a byl většinou 5 mm.



Obr. 34: Makrostruktura koutového svaru



Obr. 35: Makrostruktura svarových housenek koutového svaru

5 ZÁVĚRY

Tato bakalářská práce se zabývá svařováním korozivzdorných ocelí v čistírnách odpadních vod, kde zařízení pro hrubé čištění se dostává do neustálého kontaktu s vodou, která nemusí obsahovat pouze dešťovou vodu, ale mnohdy se dostává do styku i s průmyslovou vodou. Nejvhodnějším druhem oceli pro toto prostředí se jeví korozivzdorné oceli a to z důvodu kvality a hlavně trvanlivosti zařízení. V porovnání s nelegovanou ocelí jsou počátečné náklady větší, ale z důvodu dlouhodobého provozu je ekonomičtější zařízení z korozivzdorné oceli.

Korozivzdorné oceli jsou rozděleny do základních čtyř skupin (austenitické, duplexní, feritické a martenzitické), poté jsou uvedeny nejpoužívanější metody svařování pro korozivzdorné oceli se základním rozdělením plynů pro obloukové svařování. Jejich základní vlastnosti jsou zde také uvedeny. Korozivzdorné oceli patří mezi vysokolegované oceli a je proto zapotřebí pro určitou trvanlivost a estetický vzhled dodržet správný postup pro konečnou úpravu svarů, kde musí být použito nářadí určeno pro korozivzdornou ocel (kartáč, kladivo, řezný kotouč, brusný kotouč apod.) Pro správnou obnovu korozivzdorné funkce daných ocelí se používá moření a následná pasivace.

Nejčastější metodou pro svařování korozivzdorných ocelí se používá metoda MAG. Tato metoda je založena na principu hoření elektrického oblouku v ochranné atmosféře aktivního plynu. Obrovskou a také hlavní předností této metody je poloautomatické podávání přídavného materiálu, což umožňuje svářeči větší možnost pozorovat průběh svařování. Přídavný materiál může být přenášen do svarové lázně mnohými metodami, kde každá metoda má svá vlastní kritéria a specifické uplatnění.

V čistírnách odpadních vod jsou nejvíce použity dva druhy austenitických ocelí a to ocel AISI 304, která patří mezi nejpoužívanější ocel pro toto odvětví. Tento materiál disponuje vynikající odolností vůči korozi v přirozeném prostředí, dobrou svařitelností a tvařitelností, avšak v chemicky agresivnějším prostředí je tato ocel nahrazena ocelí AISI 316L, která má ještě větší odolnost vůči korozi.

V experimentu byly svařeny tyto dva materiály vždy o stejné tloušťce 4 mm. Pro každý materiál byly svařeny tři nejčastěji používané typy svarů a to tupý I nebo V svar a koutový svar, každý pak jednotlivý svar byl svařován navrženou hodnotou 150 A a nižší proudovou hodnotou většinou 120 A. Podle experimentu bylo zjištěno, že jsou lepší navrhovaná proudové hodnoty (150 A), jak z důvodu větší rychlosti ručního svařování, tak z důvodu lepší kvality svarové housenky. Dle normy ČSN EN ISO 9692-1 pro tupý jednostranný I svar byla navržena mezera mezi základním materiálem podle tloušťky materiálu a svařovací metodou 13 od 6 do 8 mm, což podle experimentu není vhodná volba, proto je vhodné použít oboustranný tupý I svar nebo svar s menší mezerou mezi základním materiálem. U vybraného vzorku koutového svaru, kde mezera mezi základním materiálem byla 1,2 mm, vznikl studený spoj, což mělo za příčinu nedokonalé roztavení základních materiálů. Rozdíly svarů mezi jednotlivými typy materiálů nejsou patrné, proto jde s jistotou říct, že materiál AISI 316L není v čistírnách odpadních vod použit z důvodu lepší kvality svarových spojů, ale z důvodů lepší odolnosti v agresivnějším prostředí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: Zeross, 2001, 395 s.: ISBN 8085771810.
2. BARTÁK, Jiří. Klasifikace ochranných plynů. *Tech portál* [online]. 2012, 8 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.techportal.cz/?query=klasifikace+ochrann%FDch+plyn%F9&sekce=32#offset=0;filters=topic_vd%3Astrojirenstvi
3. CUNAT, Pierre. *Svařování korozivzdorných ocelí* [online]. Lucembursko: Euro Inox, 2007, 39 s. [cit. 2016-05-23]. ISBN 978-2-87997-177-3. Dostupné z: www.euro-inox.org
4. *Čistírny odpadních vod* [online]. Ovak [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <https://www.ovak.cz/index.php?structure=12&lang=1>
5. ČÍHAL, Vladimír. *Korozivzdorné oceli a slitiny*. Praha: Academia, 1999, 437 s. ISBN 8020006710.
6. ČSN EN ISO 9692-1. *Svařování a příbuzné procesy - Doporučení pro přípravu svarových spojů: Část 1: Svařování ocelí ručně obloukovým svařováním obalenou elektrodou, tavící se elektrodou v ochranném plynu, plamenovým svařováním, svařování wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu a svařováním svazkem paprsků*. Český normalizační institut, 2014.
7. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Konstrukční oceli*. Brno: CERM, 1996, 261 s. : obr., tabulky, grafy. ISBN 8085867958.
8. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 253 s. ISBN 8021425350.
9. Charakteristika jednotlivých skupin korozivzdorných ocelí. *Bolzano* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/charakteristika-skupin-korozivzdornych-oceli>
10. *Koroze nerezové oceli a jak se jí efektivně bránit* [online]. Fasteners, 2014 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.fasteners-cz.cz/koroze-nerezove-oceli-a-jak-se-ji-efektivne-branit>
11. Korozivzdorné oceli jako konstrukční materiály. *MM Průmyslové spektrum*. 2003(030710), 46.
12. KOUKAL, Jaroslav, Drahomír SCHWARZ a Jiří HAJDÍK. *Materiály a jejich svařitelnost*. Ostrava: Český svářečský ústav s.r.o., 2009, 241 s. ISBN 9788024820255.
13. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie výroby I - svařování*. Ústav strojírenské technologie: Odbor svařování a povrchových úprav. Brno. Dostupné také z: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>
14. MAJER, Lubomír. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 1999, 249 s. ISBN 8085771705.
15. MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000, 1996, 197 s. ISBN 8086020134.

16. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. ISBN 8085771853.
17. MATHERS, Gene. Welding of austenitic stainless steel. In: *Twi-global* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/welding-of-austenitic-stainless-steel-103/>
18. *Mechanické dokončení dekorativních nerezových prvků* [online]. Lucembursko: Euro Inox, 2006 [cit. 2016-05-23]. ISBN 978-2-87997-224-3. Dostupné z: <http://docplayer.cz/5590031-Mechanicke-dokonceni-dekorativnich-nerezovych-povrchu.html>
19. Mechanické předčištění. In: *Fontána R* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://fontanar.cz/fotogalerie.php>
20. MIG/MAG (CO₂). *Automig* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>
21. SIGMA². *Migatronic* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.migatronic.com/cs-cz/product%20finder/machines/machines/product%20list%20overview/sigma>
22. NĚMEC, Josef. *Svařování korozivzdorných a žárovzdorných ocelí*. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1975.
23. Nová generace ocelí ve službách chladných zbraní. *Nože - nůž* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/recenze/nova-generace-oceli/nova-generace-oceli.php>
24. Ochranné plyny na zváranie. *Messer* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.messer.sk/Info___Download/Prospekty/Zvaranie_a_rezanie/Ochranne_plyn_y.pdf
25. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2., opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 8072042483.
26. Příručka moření: Ošetřování povrchu nerezových ocelí. *Böhler Welding* [online]. Malmö: Voestalplne, , 1-16 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Prirucka_Avesta_moreni.pdf
27. SAMEK, Ernest a Rudolf STRINKA. *Zváranie v ochrannej atmosfére taviacou se elektródou*. Bratislava: Alfa, 1982, 247 s.
28. Stainless steel. *WELDING CONSUMABLES* [online]. BOC, , 388-419 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.bocworldofwelding.com.au/media/pdf/WELDING%20CONSUMABLES-Stainless%20Steel.pdf>
29. Stainless Steel Sections. *Steel Holdings Corporation* [online]. 2013 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.shclimited.com/stainless_steel_sections.php
30. Svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD_netav%C3%ADc%C3%AD_se_elektrodou_v_ochrann%C3%A9_atmosf%C3%A9_inertn%C3%ADho_plynu

31. Specification product. *Weldcote metals* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.weldcotemetals.com/specifications.htm>
32. *Svět Svaru: Svařování korozivzdorných ocelí - 1. část* [online]. 2007 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Sva%C5%99.vysoce.leg1_2007.pdf
33. The Future of Stainless Steel - New Generation Grades of Ferritic Stainless Steel by Austral Wright Metals. *Austral Wright Metals* [online]. 2008 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4379>
34. Understanding Duplex Stainless Steel. *Western stainless* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.westernstainless.com.au/understanding-duplex-stainless-steel>
35. *Vliv ochranných plynů na vlastnosti svarového spoje při svařování nelegovaných konstrukčních ocelí metodou - MAG* [online]. Air liquide, , 1-8 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/mag_svarovani49124.pdf
36. *Základní doporučení pro svařování v ochranných atmosférách* [online]. ESAB, , 1-2 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://bcz.vamberk.eu/cd-dst-2013/PDF/1_pridavne_svarovaci/D/D1_zaklad_doporuceni.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
Cr_E	Chromový ekvivalent	[-]
ČOV	Čistírna odpadních vod	[-]
DCEN	Stejnosměrný proud s elektrodou v záporném pólu	[-]
DCEP	Stejnosměrný proud s obrácenou polaritou	[-]
d_E	Průměr elektrody	[mm]
f	Frekvence	[Hz]
MAG	Metal Active Gas	[-]
MIG	Metal Inert Gas	[-]
MMA	Manual Metal Arc Welding	[-]
Ni_E	Niklový ekvivalent	[-]
I	Svařovací proud	[A]
L	Objem	[l]
Q	Tepelný příkon	[kJ·mm ⁻¹]
R_m	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
$R_{p0,2}$	Mez kluzu v tahu	[MPa]
SAW	Submerged Arc Welding	[-]
SMAW	Shielded Manual Metal Arc	[-]
t	Teplota	°C
TIG	Tungsten Inert Gas	[-]
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	[-]
U	Svařovací napětí	[V]
v_d	Rychlost posuvu drátu	[m·min ⁻¹]
v_s	Rychlost svařování	[m·min ⁻¹]
WIG	Wolfram Inert Gas	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 čistírna odpadních vod [4].....	10
Obr. 2 Příklady svařených součástí a zařízení v ČOV [19].....	10
Obr. 3 Příklad čištění pomocí česlí [19]	11
Obr. 4 Příklad separace písku [19]	11
Obr. 5 Špatné navržení typu materiálu	12
Obr. 6 Příklady korozivzdorných profilů [28].....	12
Obr. 7 Koroze austenitické oceli [10].....	13
Obr. 8 Schaefflerův diagram [32].....	14
Obr. 9 Příklad použití austenitické oceli [19].....	14
Obr. 10 Příklad použití duplexní oceli [34].....	15
Obr. 11 Příklad použití feritické oceli [33].....	15
Obr. 12 Příklad použití martenzitické oceli [23]	16
Obr. 13 Princip metody MMA [3].....	17
Obr. 14 Princip metody WIG [30].....	18
Obr. 15 Princip metody SAW [3].....	19
Obr. 16 Moření v lázni [26].....	22
Obr. 17 Princip metody MAG [20].....	23
Obr. 18 Druhy přenosů metody MAG [20]	25
Obr. 19 Vznik pasivní vrstvy [18]	27
Obr. 20 Schaefflerův diagram s vybranými materiály [28].....	29
Obr. 21 Vybrané tupé svary [7]].....	29
Obr. 22 Vybrané Koutové svary [7]	30
Obr. 23 Závislost tvaru svarové housenky na proudu [1].....	31
Obr. 24 Závislost tvaru svarové housenky na napětí [1]	31
Obr. 25 Svářecí zařízení SIGMA 400 [21]	32
Obr. 26 Příprava svarových spojů pro zkoušené vzorky [6]	33
Obr. 27 Povrch svarových housenek u tupých I svarů	33
Obr. 28 Povrch kořenů u tupých I svarů.....	34
Obr. 29 Povrch tupého I svaru s velkou mezerou.....	34
Obr. 30 Povrch tupého V svaru	34
Obr. 31 Povrch koutového svaru	35
Obr. 32 Makrostruktura tupého I svaru	35
Obr. 33 Makrostruktura tupého I svaru s velkou mezerou	36
Obr. 34 Makrostruktura koutového svaru.....	36
Obr. 35 Makrostruktura svarových housenek koutového svaru	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Složení kyselinových roztoků pro chemické moření [3]	22
Tab. 2 Rozdělení plynů podle chemického charakteru [3]	26
Tab. 3 Chemické složení austenitické oceli AISI 304 a svařovacího drátu 308LSi [31]	28
Tab. 4 Chemické složení austenitické oceli AISI 316L a svařovacího drátu 316LSi [31].....	28
Tab. 5 Orientační hodnoty parametrů svařování pro metodu MAG. [1]	32
Tab. 6 Výsledné hodnoty zkoušených vzorků	33

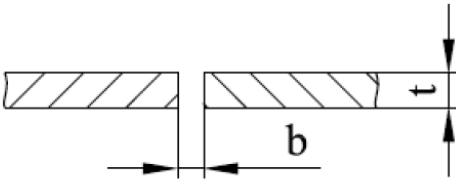
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	WPS Koutového svaru
Příloha 2	WPS Tupého I svaru s mezerou 6,2 mm
Příloha 3	WPS Tupého I svaru s mezerou 3 mm
Příloha 4	Materiálový list základního materiálu AISI 304
Příloha 5	Materiálový list základního materiálu AISI 316L

Příloha 1 – WPS koutového svaru

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)						Strana: 1 Celkem: 3 Revize č.:
1. Výrobce : VUT BRNO, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ Technická 2896/2 616 69 Brno			10. Zkušební organizace : TESYDO s.r.o Mariánské nám. 1 617 00 Brno			
2. Místo : Říčany			11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení			
3. Číslo dokladu (WPS) : 004/FSI/ZÁNA			12. Způsob čištění : kartáčování, odmaštění			
4. Číslo WPQR :			13. Specifikace základních materiálů Skupina 8.1			
5. Číslo zkušebního kusu : 004			- materiál 1: AISI 316L (1.4404)			
6. Kvalifikace svářeče : ISO 9606-1 135 FW FM1 t4.0 PB ss nb			- materiál 2: AISI 316L (1.4404)			
7. Metoda svařování : 155 MAG			14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 4,0			
8. Druh svaru : FW-koutový svar			15. Vnější průměr [mm] : D =			
9. Údaje o přípravě svarových ploch : ČSN ISO 9692-1			16. Poloha svařování : PB			
17. Tvar spoje			18. Rozměry		19. Postup svařování	
			a [mm]			
			5			
			b [mm]			
			1,2			
			t ₁ [mm]			
			4			
			t ₂ [mm]			
			4			
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	135	135				
23. Průměr přídav.mater. [mm] - Ø	1,0	1,0				
24. Svařovací proud [A]	150	150				
25. Svařovací napětí [V]	23,7	23,7				
26. Druh proudu a polarita	=(-)	=(-)				
27. Přenos kovu přídavného materiálu	ZKRAT	ZKRAT				
28. Rychlost podáv.drátu [m.min ⁻¹]	7,0	7,0				
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min ⁻¹]						
30. Tepelný příkon [kJ.mm ⁻¹]	0,53	0,50				
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: EN ISO 14343-A: G 19 12 3 L Si (OK AUTROD 316L – ESAB)						
32. Předpis pro sušení : —			42. Údaje o podložném kroužku : —			
33. Ochranný plyn / tavidlo : M13 – EN439			43. Další informace : Rozkvy - amplituda : — - frekvence a doba prodlevy : — Rozkvy (max.šířka housenky) : —			
- ochranný plyn [l.min. ⁻¹] : 18 l						
- ochrana kořene [l.min. ⁻¹] : —						
34. Wolfram.elektroda, druh/průměr : —			44. Údaje pro pulzní svařování : —			
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene: —			45. Údaje pro plazmové svařování : —			
36. Teplota předehřevu [°C] : —			46. Úhel nastavení hořáku : 45°			
37. Interpass teplota [°C] : —			47. Druh automatu a svař. hlavy : —			
38. Tepelné zpracování / státnutí : —			48. Prokování svaru : —			
39. Doba, teplota, postup : —			49. Poznámky : Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite			
40. Rychlost ohřevu a chladnutí : pomalé						
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] : —						
50. Výrobce Zána Jiří			52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace			
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru			53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu			



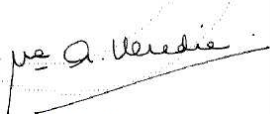
Příloha 2 – WPS Tupého I svaru s mezerou 6,2 mm

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)		Strana: 2 Celkem: 3 Revize č.:				
1. Výrobce : VUT BRNO, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ Technická 2896/2 616 69 Brno		10. Zkušební organizace : TESYDO s.r.o Mariánské nám. 1 617 00 Brno				
2. Místo : Říčany	11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení	12. Způsob čištění : kartáčování, odmaštění				
3. Číslo dokladu (WPS) : 005/FSI/ZÁNA	13. Specifikace základních materiálů Skupina 8.1					
4. Číslo WPQR :	- materiál 1 : AISI 304 (1.4301)	- materiál 2 : AISI 304 (1.4301)				
5. Číslo zkušebního kusu : 005	14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 4,0					
6. Kvalifikace svářeče : ISO 9606-1 135 BW FM1 t4.0 PA ss nb	15. Vnější průměr [mm] : D =	16. Poloha svařování : PA				
7. Metoda svařování : 155 MAG	17. Tvar spoje					
8. Druh svaru : BW	18. Rozměry	19. Postup svařování				
9. Údaje o přípravě svarových ploch : ČSN ISO 9692-1	a [mm] -- b [mm] 6,2 t [mm] 4 c [mm] --					
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	135					
23. Průměr přídav.mater. [mm] - Ø	1,0					
24. Svařovací proud [A]	120					
25. Svařovací napětí [V]	21,5					
26. Druh proudu a polarita	=(-)					
27. Přenos kovu přídatného materiálu	ZKRAT					
28. Rychlost podáv.drátu [m.min ⁻¹]	5,5					
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min ⁻¹]						
30. Tepelný příkon [kJ.mm ⁻¹]	1,10					
31. Přídatný materiál - zařazení a značka: EN ISO 14343-A: G 19 9 Nb Si (OK AUTROD 16.11 – ESAB)						
32. Předpis pro sušení :	—	42. Údaje o podložném kroužku :	—			
33. Ochranný plyn / tavidlo : - ochranný plyn [l.min. ⁻¹]: - ochrana kořene [l.min. ⁻¹]:	M13 – EN439 18 l —	43. Další informace : Rozkvyv - amplituda : - frekvence a doba prodlevy : Rozkvyv (max.šířka housenky) :	— — —			
34. Wolfram.elektroda, druh/průměr :	—	44. Údaje pro pulzní svařování :	—			
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene:	—	45. Údaje pro plazmové svařování :	—			
36. Teplota předehřevu [°C] :	—	46. Úhel nastavení hořáku :	15°			
37. Interpass teplota [°C] :	—	47. Druh automatu a svař. hlavy :	—			
38. Tepelné zpracování / stárnutí :	—	48. Prokování svaru :	—			
39. Doba, teplota, postup :	—	49. Poznámky :	—			
40. Rychlost ohřevu a chlazení :	pomalé	<i>Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite</i>				
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :	—					
50. Výrobce Zána Jiří	52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace					
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu					


Příloha 3 – WPS Tupého I svaru s mezerou 3 mm

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)		Strana: 3 Celkem: 3 Revize č.:				
1. Výrobce : VUT BRNO, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ Technická 2896/2 616 69 Brno	10. Zkušební organizace : TESYDO s.r.o Mariánské nám. 1 617 00 Brno					
2. Místo : Říčany	11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení					
3. Číslo dokladu (WPS) : 013/FSI/ZANA	12. Způsob čištění : kartáčování, odmaštění					
4. Číslo WPQR : 013	13. Specifikace základních materiálů Skupina 8.1					
5. Číslo zkušebního kusu : 013	- materiál 1: AISI 316L (1.4404)					
6. Kvalifikace svářeče : ISO 9606-1 135 BW FM1 t4,0 PA ss nb	- materiál 2: AISI 316L (1.4404)					
7. Metoda svařování : 155 MAG	14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 4,0					
8. Druh svaru : BW	15. Vnější průměr [mm] : D =					
9. Údaje o přípravě svarových ploch : ČSN ISO 9692-1	16. Poloha svařování : PA					
17. Tvar spoje	18. Rozměry	19. Postup svařování				
	a [mm] --					
	b [mm] 3,0					
	t [mm] 4					
	c [mm] --					
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	135					
23. Průměr přídav.mater. [mm] - Ø	1,0					
24. Svařovací proud [A]	147					
25. Svařovací napětí [V]	23,5					
26. Druh proudu a polarita	=(-)					
27. Přenos kovu přídavného materiálu	ZKRAT					
28. Rychlost podáv.drátu [m.min ⁻¹]	6,9					
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min ⁻¹]						
30. Tepelný příkon [kJ.mm ⁻¹]	0,53					
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: EN ISO 14343-A: G 19 12 3 L Si (OK AUTROD 316L – ESAB)						
32. Předpis pro sušení :	—		42. Údaje o podložném kroužku : —			
33. Ochranný plyn / tavidlo : - ochranný plyn [l.min. ⁻¹]: - ochrana kořene [l.min. ⁻¹]:	M13 – EN439 18 l —		43. Další informace : Rozkvyv - amplituda : - frekvence a doba prodlevy : Rozkvyv (max.šířka housenky) : —			
34. Wolfram.elektroda, druh/průměr :	—		44. Údaje pro pulzní svařování : —			
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene:	—		45. Údaje pro plazmové svařování : —			
36. Teplota předehřevu [°C] :	—		46. Úhel nastavení hořáku : 15°			
37. Interpass teplota [°C] :	—		47. Druh automatu a svař. hlavy : —			
38. Tepelné zpracování / státnutí :	—		48. Prokování svaru : —			
39. Doba, teplota, postup :	—		49. Poznámky : <i>Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite</i>			
40. Rychlost ohřevu a chladnutí :	pomalé					
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :	—					
50. Výrobce Zána Jiří	52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace					
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu					

Příloha 4 - Materiálový list základního materiálu AISI 304

ACERINOX EUROPA FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR PALMONES (LOS BARRIOS) TFM. (34) - 956 62 93 00 FAX (34) - 956 62 93 11 P.O. BOX 93 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)		 by Accredited Body		INSPECTION CERTIFICATE ABNAHMEPRÜFZEUGNIS				3.1				
ACCORDING TO EN 10204 <small>GRUAS</small>		CERTIFICATE N° 72 2015 10855 20002 * <small>ZEUGNIS NR.</small>										
CUSTOMER <small>KUNDE</small> NEREZOVE MATERIALY S.R.O. PRUMYSLOVA 1510 686 01 UHERSKE HRADISTE CZECH REPUBLIC		OUR ORDER N° <small>UNSERE AUFF.</small> PW 516		YOUR ORDER N° <small>IBRE BESTELL.</small> OV-3165/14/OV-90/15 MARCH								
		TRADE MARK <small>STEMPEL DES HERSTELL.</small> 		INSPECTOR'S STAMP <small>STEMPEL DES WERKSACHVERSTÄNDIGEN</small>		STEELMAKING PROCESS <small>HERSTELLUNGSPROZESS</small> A.O.D.						
REQUIREMENTS <small>ANFORDERUNGEN</small> ASTM A240Ed14/A480Ed14a-ASME SecIIA SA240/SA480Ed13-ASME SecIIA SA240/SA480Ed13 AISI EN 10089-2:2005 EN-ISO-9444-2(Thickness Tolerances) ASTM A240Ed14/A480Ed14a-ASME SecIIA SA240/SA480Ed13				INTERGRANULAR CORROSION <small>INTERKRISTALLINE KORROSION</small> ASTM-A-262 PRACTICA E ASTM-A-262 PRACTICA E		GRADE <small>WERKSTOFF</small> Acx 150 TP-304 Acx 150 AISI 304 Acx 150 AISI 304L Acx 150 1.4307 Acx 150 TP-304L						
						FINISH <small>AUSFÜHRUNG</small> NO.1 NO.1 NO.1 NO.1 NO.1						
COIL / BOX <small>COIL/KISTE</small>		CONTENT <small>INHALT</small>		DIMENSIONS <small>ABMESSUNGEN</small>			MARKS <small>POS.</small>		QUANTITY <small>STÜCKZAHL</small>		TEST N° <small>PROBE NR.</small>	
C4130Z C4131D C4131E		01H8WP E 01H8WP E 01H8WP H		THICKNESS <small>DICKE</small> 4,000 4,000 4,000			WIDTH <small>BREITE</small> 1500,00 1500,00 1500,00			LENGTH <small>LÄNGE</small> 3000,00 3000,00 3000,00		
							2 3 4		7 6 7		01H8WP 01H8WP 01H8WP	
											C C C	
CHEMICAL ANALYSIS / CHEMISCH ZUSAMMENSETZUNG												
HEAT N° <small>SCHMELZE NR.</small>		C	CR	MN	N	NI	P	S	SI			
H8WP		0,020	17,670	1,696	0,065	8,000	0,034	0,001	0,392			
MECHANICAL PROPERTIES / MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN												
TEST N° <small>PROBE NR.</small>		PROBE <small>STÜCK</small> C T		Rm <small>N/mm2</small> 634,35	Rp 0.2 <small>N/mm2</small> 351,16	Rp 1.0 <small>N/mm2</small> 389,76	A50 <small>%</small> 52,13	A5 <small>%</small> 54,13	HRB 88,00			
01H8WP												
REMARKS / BEOBACHTUNGEN						SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL <small>ÖBERFLÄCHEN- UND ABMESSUNGSKONTROLLE</small>						
Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. The delivery is in accordance with the order						SATISFACTORY OHNE BEANSTANDUNG						
						WORK INSPECTOR <small>WERKSACHVERSTÄNDIGER</small>						
						 A. Heredia						
						Palmones, 11 MARZO 2015						

Příloha 5 - Materiálový list základního materiálu AISI 316L

		Type		Inspection Certificate 3.1 AD-2000 EN10204		Number		10115638172		Issued On		21/10/2015	
		- OMS approved acc AD-2000 W0 with Cert 01 202 HQ-08 5131 by TUV Rheinland (0035), cert. PED 97/23/EC Annex I §4.3 by TUV Rheinland (0035) - Material acc. AD2000 W2 - W10 - Material conforming to NACE MR0175MR0103 - ISO15156-1/ISO15156-3											
Customer		NEREZOVE MATERIALY, S.R.O.		Delivery Nn		830152729		Quality Control		Pages		8/8	
PRUMYSLOVA 1510		PRUMYSLOVA 1510		Of		21/10/2015		O.M.D./O.M. L.Solazzi					
686 01 UHERSKE HRADISTE CZ		686 01 UHERSKE HRADISTE CZ		Delivery note nr		1001038942		Plant Of Gasoldo					
Material Description		LXC 4,00 x 1000 x 2000 316L/4404		Norm/Grade		EN10028-2, EN10088-4, ASTM A240, ASME SA240, ASTM A480, ASME SA480		Order Nr		Client Order		1151051567/540	
51800233				Quality/Qualita		X2CrNiMo17-12-2, WNR1.4404, A316L / AISI316, X5CrNiMo17-12-2, WNR1.4401, A316				Client Date		04/12/14/2015	
Item		1		Quantity		1519 KG		Steel Processing/		Mark Tester/		10/09/2015	
Heat		0518832		Dimensions Tolerances/		EN944-2		Electric arc furnace VOD/AOD, continuous casting, heat treatment/annealing at 1050°C, forced air cooling		- Organization inspection: CQ3			
Identification Nr		15XA042144		Mark		15YP011406		- ASME norms acc. Sec. II Part A Ed. 2013 Add. 11		Terms of Delivery/			
Chemical Type		Product		C		.017		Si		.310		.930	
Mark		15YP011406		S		.0010		Cr		16.690		10.120	
Mark		15YP011406		P		.0290		Mn		.930		.0010	
Mark		15YP011406		Ni		10.120		Mo		2.010		.0500	
Mark		15YP011406		N		.0500		Rp0.2		[N/mm ²]		280	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		Rp1		[N/mm ²]		349	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.9		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP011406		ASD		50.8		ASD		[N/mm ²]		50.9	
Mark		15YP01140											