

## Svařování korozivzdorných ocelí

Pierre-Jean Cunat



## Euro Inox

Euro Inox je evropskou asociací pro rozvoj trhu nerezavějící oceli.

Členy Euro Inox jsou:

- evropští výrobci nerezavějící oceli
- národní asociace pro vývoj nerezavějící oceli
- asociace pro vývoj průmyslu vyrábějícího zušlechťovací prvky.

Prvořadým cílem Euro Inox je vytváření povědomí o mimořádných vlastnostech nerezavějících ocelí a jejich dalším použití pro existující aplikace a na nových trzích. Aby se těchto cílů mohlo dosáhnout, pořádá Euro Inox konference a semináře a vydává směrnice v tištěné i elektronické podobě, které umožňují konstruktérům, tvůrcům specifikací, výrobcům a koncovým uživatelům se důvěrně seznámit s tímto materiálem. Euro Inox rovněž podporuje technický a marketingový vývoj.

ISBN 978-2-87997-177-3

978-2-87997-180-3 Anglická verze  
2-87997-087-3 Polská verze  
978-2-87997-178-0 Holandská verze  
978-2-87997-179-7 Turecká verze

### Řádní členové

#### Acerinox

[www.acerinox.es](http://www.acerinox.es)

#### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

#### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.com](http://www.acciaiterni.com)

#### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

#### UGINE & ALZ Belgium

#### UGINE & ALZ France

#### Arcelor Mittal Group

[www.ugine-alz.com](http://www.ugine-alz.com)

### Přidružení členové

#### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

#### Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)

[www.idinox.com](http://www.idinox.com)

#### International Chromium Development Association (ICDA)

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

#### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.com.pl](http://www.puds.com.pl)

#### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

Svařování korozivzdorných ocelí

První vydání 2007

(Materiály a jejich použití, Volume 3)

© Euro Inox 2007

#### Vydavatel

Euro Inox

Sídlo organizace:

241 route d'Arlon

1150 Lucembursko, Luxembourg

Tel. +352 261 03 050, Fax +352 261 03 051

Realizační kancelář:

Diamant Building, Bd. A. Reyers 80

1030 Brusel, Belgie

Tel. +32 2 706 82 67, Fax +32 2 706 82 69

E-mail: [info@euro-inox.org](mailto:info@euro-inox.org)

Internet: [www.euro-inox.org](http://www.euro-inox.org)

#### Autor

Pierre-Jean Cunat, Joinville-le-Pont, Francie

#### Poděkování

Části textu označené (\*) jsou z publikace „Working with Stainless Steels“, Paris (SIRPE) 1998

#### Fotografie na obálce

ESAB AB, Göteborg (S)

#### Překlad

SVV Praha, s.r.o., CZ

## Obsah

1	Obecné informace o korozivzdorných ocelích	2
2	Metody svařování korozivzdorných ocelí	3
3	Svařitelnost korozivzdorných ocelí	23
4	Volba ochranných plynů pro svařování korozivzdorných ocelí	24
5	Volba přídatných materiálů pro svařování korozivzdorných ocelí	25
6	Příprava svarů pro obloukové svařování	26
7	Konečné zpracování svarů	28
8	Bezpečnostní opatření	30
9	Pojmy a definice	32

#### Popření právní odpovědnosti

Euro Inox vyvinul veškeré úsilí k tomu, aby informace prezentované v této publikaci byly technicky správné. Přesto ale upozorňujeme čtenáře, že materiál zde obsažený slouží pouze pro všeobecnou informovanost. Euro Inox, jeho členové, zaměstnanci a konzultanti odmítají zejména právní odpovědnost za ztráty, škody nebo poškození vzniklé použitím informací obsažených v tomto dokumentu.

#### Autorská práva

Toto dílo je předmětem autorského práva. Euro Inox si vyhrazuje všechna práva na překlad do kteréhokoliv jazyka, přetisk, opětivé použití vyobrazení, výčtů a vysílání. Žádná část této publikace se nesmí rozmnožovat, ukládat do vyhledávacího systému, nebo přenášet jakýmkoli prostředky, elektronickými, mechanickými, fotokopii, zaznamenáváním, ani jinak bez předchozího písemného svolení majitele autorských práv, Euro-Inoxu, Luxemburg. Porušení může být předmětem soudního řízení a zodpovědnosti za finanční škody vzniklé porušením, stejně jako nákladů a soudních poplatků a spadá pod právní působnost lucemburského zákona o autorském právu a předpisů platných v Evropské unii.

# 1 Obecné informace o korozivzdorných ocelích

## 1.1 Austenitické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-Ni (Mo)

Tyto slitiny jsou nejrozšířenějším jakostním druhem korozivzdorných ocelí pro svoji skvělou tvářitelnost, odolnost proti korozi a svařitelnost. V žíhaném stavu jsou všechny nemagnetické.

Rozsah složení:  $C \leq 0.10\%$  -  
 $16\% \leq Cr \leq 28\%$  -  $3.5\% \leq Ni \leq 32\%$  -  
 (Mo  $\leq 7\%$ )

## 1.2 Feritické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-(Mo)

Feritické korozivzdorné oceli mají nízký obsah uhlíku, s chromem (a molybdenem) jako hlavními legujícími prvky. Jsou nevytvrditelné tepelným zpracováním. A jsou vždy magnetické.

Rozsah složení:  $C \leq 0.08\%$  -  
 $10.5\% \leq Cr \leq 30\%$  - (Mo  $\leq 4.5\%$ )

## 1.3 Austeniticko-feritické duplexní korozivzdorné oceli: Fe-Cr-Ni (Mo)-N

Mikrostruktura duplexních korozivzdorných ocelí se skládá ze směsi austenitu a feritu. Vykazují vlastnosti jak fází s vyšší pevností tak tvárností. Dusík je přidáván pro větší pevnost a také podporuje svařitelnost. Jsou magnetické a nevytvrditelné tepelným zpracováním.

Rozsah složení:  $C \leq 0.03\%$  -  
 $21\% \leq Cr \leq 26\%$  -  $3.5\% \leq Ni \leq 8\%$  -  
 (Mo  $\leq 4.5\%$ ) - N  $\leq 0.35\%$

## 1.4 Martenzitické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

Tyto slitiny mohou být tepelně zpracovávány pro dosažení širokého rozsahu užitečných úrovní tvrdosti.

Dosažená martenzitická struktura je magnetická.

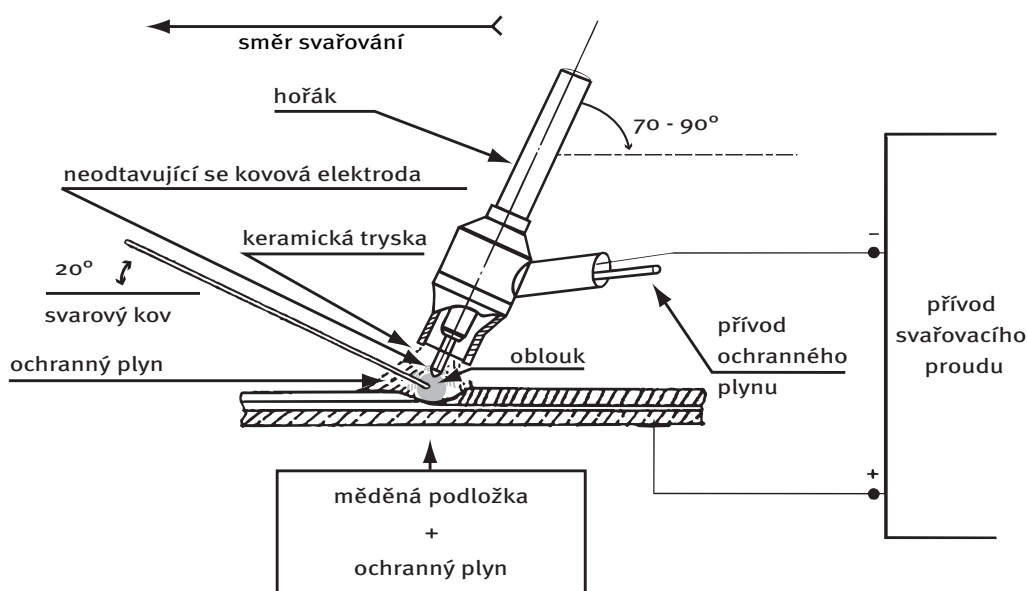
Rozsah složení:  $C \leq 1.2\%$  -  
 $11.5\% \leq Cr \leq 17\%$  -  
 (Mo  $\leq 1.8\%$  - Ni  $\leq 6\%$  - V  $\leq 0.2\%$ )

## 2 Metody svařování korozivzdorných ocelí

### 2.1 Svařování elektrickým obloukem

#### 2.1.1 Svařování netavící se kovovou elektrodou

##### 2.1.1.1 Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu: GTAW (Gas Tungsten Arc Welding \*)



*Princip ručního obloukového svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu*

Metoda GTAW- svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu, známá také jako metoda TIG (Tungsten Inert Gas) nebo také WIG (Wolfram Inert Gas) je zobrazena na výše uvedeném obrázku. Energie nutná pro tavení kovu je dodávána hořením elektrického oblouku a udržována mezi wolframovou nebo wolframovou legovanou elektrodou a svarkem, pod inertní nebo mírně redukovanou atmosférou. Korozivzdorné oceli jsou vždy svařovány způsobem DCEN (Direct Current Electrode Negative – stejnosměrným proudem s elektrodou na

záporném pólu) nebo také DSCP (Direct Current Straight Polarity – stejnosměrným proudem s příjímou polaritou). V těchto podmínkách je svarek natavován elektrony zlepšujícími průvar, zatímco elektroda, která je obvykle vyrobena z thoriovaného wolframu (2% ThO<sub>2</sub>), se velmi málo opotřebovává. Jestliže se používá svarový kov, je ve formě buď tyčinky nebo svinutého drátu pro automatické svařování. Proud inertního plynu, který chrání oblast oblouku před okolním vzduchem, umožňuje udržení velmi stabilního oblouku.

V závislosti na základním materiálu se ochranné plyny skládají ze směsi argonu (Ar), helia (He) a vodíku (H<sub>2</sub>) (viz kapitola 4 „Volba ochranných plynů pro svařování korozivzdorných ocelí“).

Hlavní přednosti této metody, je-li používána při svařování korozivzdorných ocelí, mohou být stručně shrnuty následovně:

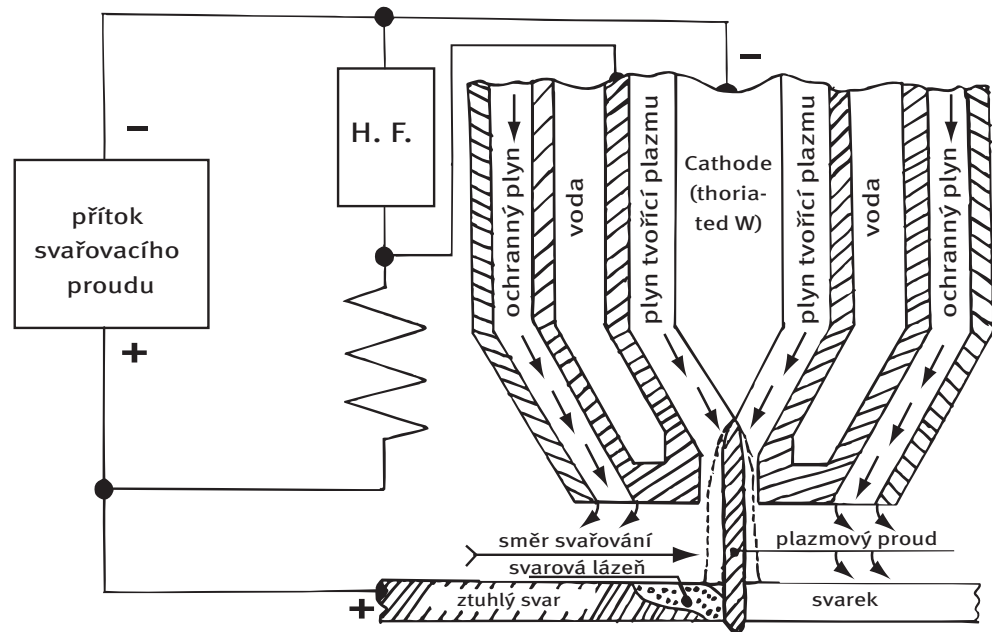
- koncentrovaný tepelný svazek umožňující úzkou oblast natavení;
- velmi stabilní oblouk a chladná tavná lázeň malých rozměrů. Není zde rozstřík

a jelikož není při procesu potřeba tavidlo, oxidace usazenin je eliminována, takže jsou závěrečné postupy čištění velmi zjednodušené;

- výborná metalurgická kvalita, s přesným řízením průvaru a tvarem svaru ve všech polohách;
- hluboké svary a bez pórů
- velmi nízké opotřebení elektrody
- snadné pro naučení

Obvyklý rozsah tloušťky svarku je 0,5 až 3,5 / 4.0 mm.

**2.1.1.2 Plazmové obloukové svařování:  
PAW (Plasma Arc Welding \*)**



*Princip plazmového svařování metodou klíčové dírky*

Svařování plazmou (PAW) je podobné jako obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (GTAW). Podstatný rozdíl je, že plazmový oblouk je usměrněn v trysce, aby se dosáhlo energeticky silného proudu plazmy, který

dosahuje teploty mezi 10 000 a 20 000 °C. Svařovací metody používají většinou přenesený oblouk, kde usměrněný oblouk hoří mezi elektrodou a svarkem, kdežto jiné aplikace používají častěji nepřenesený usměrněný oblouk.

Vzhledem k tomu, že je plazmový paprsek extrémně tenký, nemůže být zajištěna náležitá ochrana svarové lázně a proto je nutné přidat větší průměr prstencového proudu ochranného plynu.

Plyny používané jak pro tento účel tak pro tvorbu plazmy jsou obdobné pro použití při procesu svařování GTAW, zejména čistý argon (Ar), směs argonu s vodíkem až do výše 20% Ar-vodík (H<sub>2</sub>), směs argonu a helia Ar-helium (He). Směsi obsahující vodík jsou doporučovány pro svařování austenitických korozivzdorných ocelí, ale jako u metody GTAW jsou při svařování feritických, martenzitických a duplexních ocelí zakázány. Pro posledně jmenované materiály je doporučeno přidání dusíku pro udržení náležitého podílu austenitu a feritu ve svaru (viz. kapitola 4 „Volba ochranného plynu pro svařování korozivzdorných ocelí“).

Při ručním plazmovém svařování, kde je hořák držen ručně, jsou metody svařování tzv. „mikro-plazmou“ a „mini-plazmou“ používány pro proud mezi 0,1 a 15 ampéry a „not-emergent jet“ (středněplazmové svařování) pro proud mezi asi 15 a 100 ampéry.

Při automatickém svařování, kde je hořák nasazený na vozíku, je doporučeno svařování technikou tzv. klíčové dírky. Nárůstem svařovacího proudu (přes 100 ampér) a prouděním plazmového plynu se tvoří velmi výkonný plazmový paprsek, kterým se docílí plného průvaru ve svaru. Během svařování proniká postupně

plazmový oblouk tloušťkou stěny kovu, při posuvu svařovací hubice dochází vlivem povrchového napětí ke slévání roztaveného kovu – tvorbě svaru – v místě za „klíčovou dírkou“.

Hlavní výhodou metody plazmového svařování oproti GTAW je mimořádná stabilita oblouku vedoucí k:

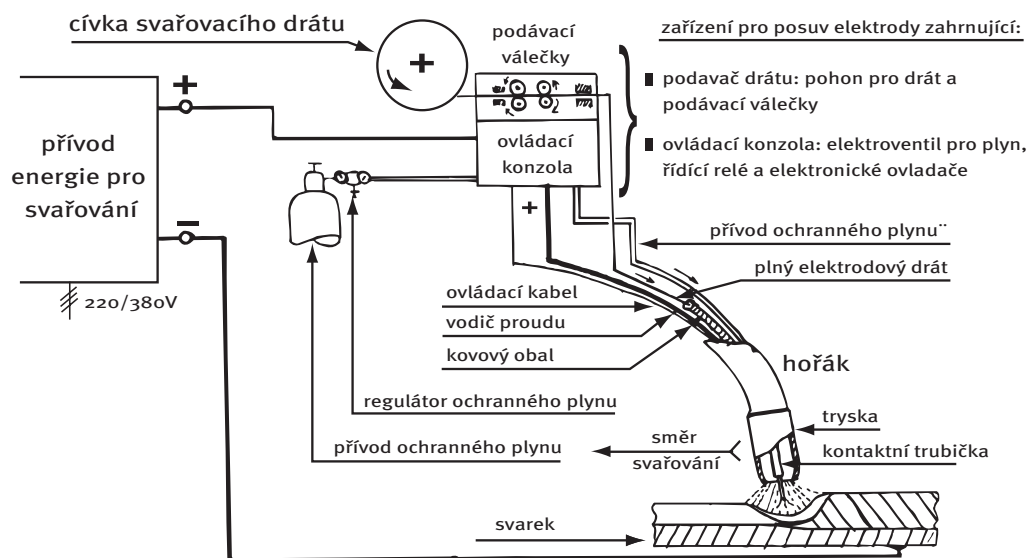
- stabilnímu oblouku, který umožňuje lepší ovládnutí přívodu energie;
- větší tolerance vůči změnám vzdálenosti hořáku a svarku, bez významného vlivu na morfologii svaru;
- malá tepelně ovlivněná zóna a převážně rychlejší rychlost svařování;
- větší tolerance vůči vadné přípravě, zvláště v případě svařování technikou klíčové dírky.

Obvyklý rozsah tloušťky svarku je:

- 0,1 mm až 1,0 mm pro metody svařování mikro-plazmou a mini-plazmou
- 1,0 mm až 3,5 mm pro metodu „not-emergent jet“ (středně plazmové svařování)
- 3,5 mm až 10,0 mm pro metodu svařování klíčovou dírkou (při jedné vrstvě)

## 2.1.2 Metody svařování tavící se elektrodou

### 2.1.2.1 Svařování tavící se elektrodou v inertním plynu: GMAW (Gas Metal Arc Welding \*)



Princip svařování tavící se elektrodou v inertním plynu

U metody GMAW (svařování tavící se elektrodou v inertním plynu), známé také jako svařování MIG (Metal Inert Gas) je svařovací teplota vytvářena hořením elektrického oblouku mezi odtavující se drátovou elektrodou a svarkem.

Na rozdíl od metod GTAW a PAW se elektroda odtavuje, elektrický oblouk hoří mezi odtavujícím se svařovacím drátem a svarkem pod ochranným plynem.

Hlavní vlastnosti tohoto procesu jsou:

- využití velmi vysoké proudové hustoty v elektrodovém drátu ( $>90\text{A}/\text{mm}^2$ ), asi 10 krát vyšší než v obalené elektrodě při metodě SMAW (ruční obloukové

svařování obalenou elektrodou)

- rychlé odtavování elektrodového drátu (rychlost odtavení okolo 8 m/min) v důsledku vysoké teploty oblouku, je třeba používat automatický systém pro přísun drátu, dodávaného 12 kg cívkami;
- korozi-vzdorné oceli jsou vždy svařovány způsobem DCEP (Direct Current Elektrode Positive - stejnosměrným proudem s elektrodou na kladném pólu) nebo také DCRP (Direct Current Reverse polarity - stejnosměrným proudem s nepřímou polaritou), kladný pól generátoru je připojen k elektrodě;
- svařovací hořák je držen obvykle ručně (tzv. poloautomatizované metody), ale pro vysoký svařovací výkon je upevňován do vozíku (automatické metody).



Mechanismus přenosu kovu v oblouku je důležitý parametr metody, rozlišujeme tři základní způsoby:

- **Zkratový přenos** (short-circuiting nebo také dip transfer) při kterém je kov roztaven do tvaru velkých kapek, jejichž průměr je často větší než průměr elektrodového drátu. Kapky na konci elektrody se dostanou do kontaktu se svarovou lázní a vytvoří zkrat s náhlým nárůstem proudu. Povrchové napětí způsobí oddělení kapek od elektrody. Frekvence tohoto jevu je řádově 20 až 100 Hz, to odpovídá časovému cyklu mezi 0,01 a 0,05 sekundy.
- **Kapkový přenos** (globular transfer nebo také gravity transfer). Jako v předchozím případě nastane tavení do tvaru velkých kapek, které se odtrhnou, když se nahromadí dostatečně pro překonání síly povrchového napětí a v důsledku větší obloukové délky padají volně a dostanou se do kontaktu se svarovou lázní.
- **Sprchový přenos** (spray transfer) vyžaduje proudovou hustotu nad jistou přechodovou úroveň, řádově 200 A/mm<sup>2</sup>. Elektroda se taví, aby rozproudila jemné kapky. Jak proudová hustota dále roste, hrot elektrody dostane kuželový tvar a proud ještě jemnějších kapek se uvolní ve směru osy.

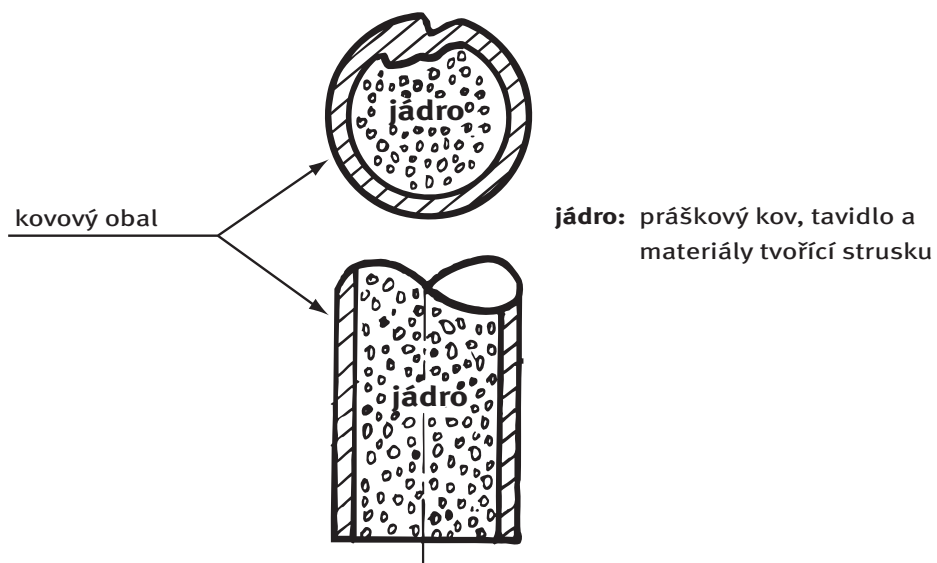
Metoda GMAW vyžaduje ochranný plyn pro zabránění oxidaci ve svařovacím oblouku (viz. kapitola 4 „Volba ochranných plynů pro svařování korozivzdorných ocelí“). Argon s 2% kyslíku (O<sub>2</sub>) dává stabilní proud

a je vhodný pro většinu aplikací. Argon se 3% kysličníku uhlíčitého poskytuje stejný výsledek. Svařovací rychlost a průvar se mohou někdy zvětšit přidáním helia (He) a vodíku (H<sub>2</sub>) do ochranného plynu argonu + O<sub>2</sub> nebo do argonu + CO<sub>2</sub>. Plyny s vyšším obsahem CO<sub>2</sub> mají sklon k vytváření značného nauhličování ve svarové lázni spolu s oxidací chromu. Proto se nedoporučují.

Velikost svarové housenky a hloubka průvaru se budou měnit podle jakosti materiálu svarku (feritická, austenitická atd.), na typu spoje, způsobu přenosu a zručnosti svářeče.

**Poznámka:** Metoda GMAW je často označovaná jako svařování MIG. Často dochází k záměně mezi metodou svařování MIG a MAG. Ve skutečnosti je u metody MIG oxidační povaha ochranného plynu zanedbatelná (viz. kapitola „Volba plynů pro svařování korozivzdorných ocelí“), zatímco u metody MAG je záměrně zvětšena. Nicméně, u metody GMAW/MIG je často potřebné nízké procento kyslíku O<sub>2</sub> nebo kysličníku uhlíčitého (CO<sub>2</sub>) v ochranném plynu (argonu) jak pro zvýšení stability oblouku tak smáčení roztaveným kovem. Typické úrovně jsou 2% O<sub>2</sub> nebo 3% CO<sub>2</sub>. Vyšší hodnoty O<sub>2</sub> nebo CO<sub>2</sub> způsobují nadměrnou oxidaci chromu (Cr), manganu (Mn) a křemíku (Si) a nadměrné nauhličování ve svarové lázni. Například obsah uhlíku (% C) ve svarovém kovu, což je 0,025% pro 2% CO<sub>2</sub> obsahu v ochranném plynu, by mohl dosáhnout 0,04% pro 4% CO<sub>2</sub>.

**2.1.2.2 Svařování plněnou elektrodou:  
FCAW (Flux Cored Arc Welding \*)**



*Příklad tavidlem  
plněného elektrodového  
drátu*

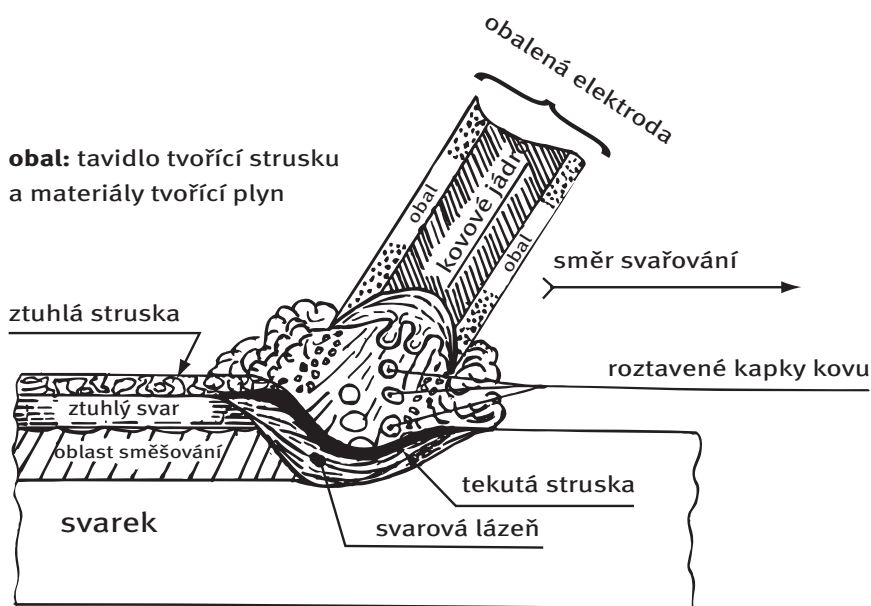
VARIANTOU metody GMAW (svařování tavicí se elektrodou v inertním plynu) je FCAW (svařování plněnou elektrodou), kde se elektrodový drát skládá z pláště z korozi vzdorné oceli plněného pevným tavidlem. Jeho úloha je podobná jako u obalené elektrody u metody SMAW (ruční obloukové svařování). Vnitřek poskytuje odkysličovač, materiály tvořící strusku a může poskytovat ochranné plyny v případě plněných elektrod bez ochranného plynu.

Metoda svařování plněnou elektrodou kombinuje přednosti metody ručního obloukového svařování s vysokou produktivitou automatických nebo poloautomatických metod díky možnosti plynulého posuvu drátu. Ve srovnání s tradiční plnou elektrodou tavidlo poskytuje struskovou ochranu a zvyšuje produktivitu.

A tak je při proudu okolo 200 ampérů rychlost nanášení vrstvy okolo 100g / min v případě plněného drátu o průměru 1,6mm obsahujícího 20% Cr a 10% Ni oproti zhruba 170g / min v případě tavidlem plněného drátu stejného průměru. Tento velký rozdíl je způsoben skutečností, že v tavidlem plněném drátu vede elektřinu jen kovový obal, jelikož má jádro složené ze směsi minerálů a kovových prášků eventuálně vázaných v alkalickém křemičitanu vysoký elektrický odpor.

Jak FCAW (svařování plněnou elektrodou) tak GMAW (svařování tavicí se elektrodou v inertním plynu) mají podobnou velikost svarové housenky. Pro jednostranné V spoje a I spoje svařované jednou vrstvou je obvyklý rozsah tloušťky svaru 1,0 mm až 5,0 mm.

**2.1.2.3 Ruční obloukové svařování:  
SMAW (Shielded Metal Arc  
Welding\*) (obalenou elektrodou)**



*Princip ručního  
obloukového svařování*

Ačkoli je metoda ručního obloukového svařování SMAW (Shielded Metal Arc Welding), známá také jako MMA (Manual Metal Arc) velmi stará, protože o prvním použití této metody informoval Kjellberg v roce 1907, stále se hodně užívá z důvodu velké flexibility a jednoduchosti při použití.

Elektroda se skládá z kovového jádra obaleného vrstvou tavidla. Jádrem je obvykle pevný drátový prut z korozivzdorné oceli. Obal, který prochází hlavní úlohou v procesu, je extrudován na jádro a dává každé elektrodě její specifickou "osobitost". Poskytuje tři hlavní funkce: elektrickou, fyzikální a metalurgickou. Elektrická funkce je spojená s iniciací a stabilizací elektrického oblouku, zatímco fyzikální působení se týká

viskozity a povrchového napětí strusky, které účinně chrání svařovací lázeň a má vliv na přenos kapek kovu a jejich smáčení. Metalurgická úloha zahrnuje chemické změny mezi svařovací lázní a struskou, tj. rafinace svarového kovu.

Obal obsahuje jisté množství uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ), jenž se v oblouku dělí při 9000 C na  $\text{CaO}$  a  $\text{CO}_2$ , posledně zmíněný zajišťuje ochranu oblasti elektrického oblouku. Následující část stručně popisuje nejčastěji používané obalené elektrody:

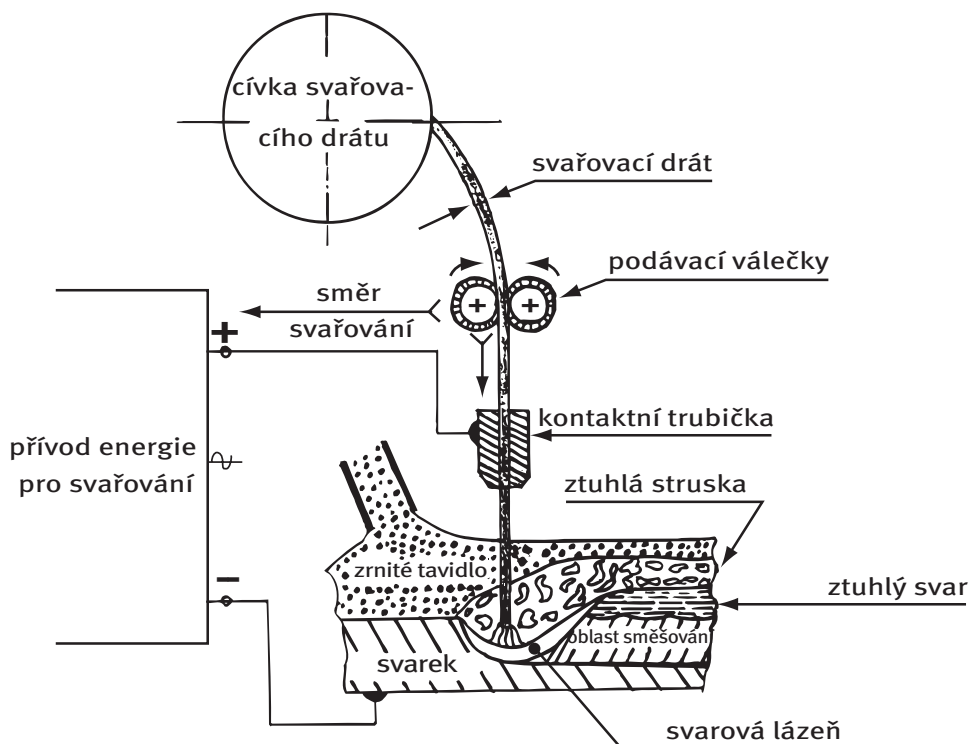
- **Rutilové elektrody:** Vytváření strusky je hlavní ochranný mechanismus elektrod založených na rutilu. S rutilovými elektrodami se snadno zachází, mají malý rozstřík a vytvářejí svary s hladkým

- povrchem. Struska, která se tvoří během svařování je snadno odstranitelná.
- **Bazické elektrody:** Vápenec je hlavní složka bazických obalených elektrod díky jejím příznivým metalurgickým vlastnostem a schopnostem stabilizovat oblouk. Také uvolňuje kyslíčník uhličitý, který poskytuje ochranný plyn. Avšak závažnější nevýhodou vápence je jeho vysoký bod tavení. Bazické obaly budou absorbovat vlhkost, jestliže budou ponechány delší čas v otevřeném prostředí. Měla by být věnována speciální péče tomu, aby elektrody byly suché. Typický čas sušení je jedna hodina při teplotě přibližně 150 °C až 250 °C.
  - Rutilem obalené elektrody mohou být používány jak při AC (střídavý proud) tak DC (stejnsměrný proud) , zatímco bazické elektrody se používají zásadně u DCEP (stejnsměrný proud s elektrodou na kladném pólu).

Obvyklý rozsah tloušťky svarku je:

1.0 mm až 2,5 mm	u jednovrstvého svařování
3.0 mm až 10.0 mm	u vícevrstvého svařování

**2.1.2.4 Svařování pod tavidlem :  
SAW (Submerged Arc Welding\*)**



Princip svařování pod tavidlem

U metody svařování pod tavidlem je teplo tvořeno průchodem silného elektrického proudu mezi jedním nebo více trvalými (nepřetržitými) dráty a svarkem pod práškovým tavidlem, které je tvořeno ochranným roztaveným struskovým obalem.

Metoda může být buď zcela automatická nebo poloautomatizovaná avšak v případě korozivzdorných ocelí se většina práce dělá na plně automatickém zařízení.

U automatické metody může být svařovací proud velmi vysoký, až do 2000 ampér na drát (elektrodu), vede k velkému přiváděnému výkonu a následně k velkému zředění základního kovu přídatným materiálem.

Metoda je vhodná pro tupé a koutové svařování v poloze vodorovné shora a pro koutové svařování v poloze vodorovné šikmo shora. Zdroj proudu je zásadně typu DCEP (stejnoseměrný proud s obrácenou polaritou) a zřídka se používá AC (střídavý proud), jestliže je používáno současně více drátů, aby se zabránilo jevu foukání oblouku. U generátoru jak stejnosměrného tak střídavého proudu musí být rychlost posuvu elektrodového drátu stejná jako rychlost tavení, aby se docílilo dokonale stabilního oblouku. To se dosahuje použitím podávacích kladek řízených motorovou redukční převodovkou se servo-regulátorem rychlosti. Typické složení vápencového/ fluoridového typu tavidla, které se nejčastěji používá u korozivzdorných ocelí je:

$25\% \leq \text{CaO} + \text{MgO} \leq 40\%$ ,  $\text{SiO}_2 \leq 15\%$ ,  $20\% \leq \text{CaF}_2 \leq 35\%$ .

Existují dva typy vytvořené buď tavením nebo spojováním. Tavená tavidla jsou vyráběna při ohřevu na teploty řádově 1600 – 1700 °C a jsou přetvářena do práškové formy buď rozprašováním z tavné pece nebo drcením a proséváním zpevněného sypkého materiálu. Sintrovaná tavidla jsou vyráběna ze surových materiálů s vhodnou velikostí zrn, spojují se dohromady alkalickým křemičitanovým pojivem. Obdržená směs je vysušena a pak mechanicky ošetřena, aby bylo dosaženo požadované finální praktické velikosti.

Během svařování se taví jen část tavidla a neroztavený materiál je sbírán obvykle sací hadicí a je vrácen do násypky další použití. Tavidlo tuhne za oblastí svařování a chlazením se smršťuje a může být snadno odděleno.

U silnějších materiálů se svary obvykle dělají jednou nebo dvěma svarovými housenkami, tj. jedna vrstva z jedné strany na ručně podloženém svaru, nebo jedna vrstva z obou stran plechu, ale vícevrstvá technika smí být použita také. U tenčích materiálů mohou být svary vytvořeny jednou vrstvou s pomocí podložení drážkovou pásovou ocelí.

Protože je metoda svařování pod tavidlem používána hlavně pro silné austenitické korozivzdorné ocelové plechy, musí být věnována zvláštní péče zamezení tvoření sigma fáze v důsledku používání vysokých svařovacích energií. To je především důvod pro slitiny jakosti 25% Cr – 20% Ni, ale také pro 18% Cr – 9% Ni s vysokým obsahem

feritu. U vícevrstvého svařování, kde několikrát probíhá teplota v rozsahu 650 – 900 °C, je zvýšené riziko tvorby sigma fáze.

Velmi se doporučuje následné řešení žíháním při 1050 °C.

Tavidlo musí být dodáváno vždy v perfektně suchém stavu. Aby se zabránilo zvlhnutí, doporučuje se skladování tavidla při teplotě zhruba o 10 °C větší, než je teplota v dílně, v atmosféře, jejíž relativní vlhkost nepřevyšuje 50 %.

Pokud existuje předpoklad nebo obava ze zvlhnutí je vhodné vysušit prášek (tavidlo) při teplotě 300 °C po dobu nejméně dvou hodin.

Metoda svařování pod tavidlem se používá hlavně pro spojování silných svarků o tloušťkách 10-80 mm, po vytvoření kořenové housenky se pro dokončení používá jiná metoda svařování. Spodní strana housenky může být také vytvořena s pomocí podložení drážkovou pásovou ocelí.

#### 2.1.2.5 Přivařování svorníků: SW (Stud Welding)

Přivařování svorníků je metoda připevnění kovového svorníku ke svarku, který bývá především ve formě plechu.

Existují dvě různé metody svařování: Obloukové přivařování svorníků (ARC- arc welding) a přivařování svorníků na principu vybíjení kondenzátorů (CD – capacitor discharge).

**1. Obloukové přivařování svorníků (ARC)** zahrnuje stejné základní principy a metalurgické aspekty jako každá jiná metoda obloukového svařování. Svorník se přiloží ke svarku a za použití ručního nástroje nazývaného pistole pro přivařování svorníků je zažehnut oblouk, který taví hrot svorníku a příslušné místo na svarku. Před svařováním se na konec svorníku umístí keramický kroužek, aby chránil oblouk a ohraničil svarový kov.

Poté je svorník ponořen do svarové lázně a přitlačen na místě, než roztavený kov ztuhne a vytvoří homogenní spoj. Cyklus proběhne za méně než vteřinu a vytvoří se zcela pevný spoj. Roztažitelný kroužek se odstraní a odhalí se hladký a úplný výronek na patě svorníku.

**2. Přivařování svorníků výbojem kondenzátoru (CD)** zahrnuje stejné základní principy a metalurgické aspekty jako každá jiná metoda obloukového svařování. Když je aktivována svařovací pistole, speciální jemný svarový hrot iniciuje řízený elektrický oblouk z baterie svařovacího kondenzátoru, který nataví konec svorníku a příslušnou část svarku. Svorník je přitlačen na místě, roztavený kov tuhne a okamžitě tvoří vysoce kvalitní tavný svar. Protože je úplný svařovací cyklus dokončen v několika milisekundách, svary mohou být vytvářeny na tenkém plechu bez zřetelné deformace, propadnutí tavné lázně nebo zabarvení a s malým průměrem dířku (9 mm a méně). Metoda kondenzátorového přivařování svorníků

dovoluje také přivařování svorníků u rozdílných kovových slitin.

### Korozivzdorné ocelové svorníky

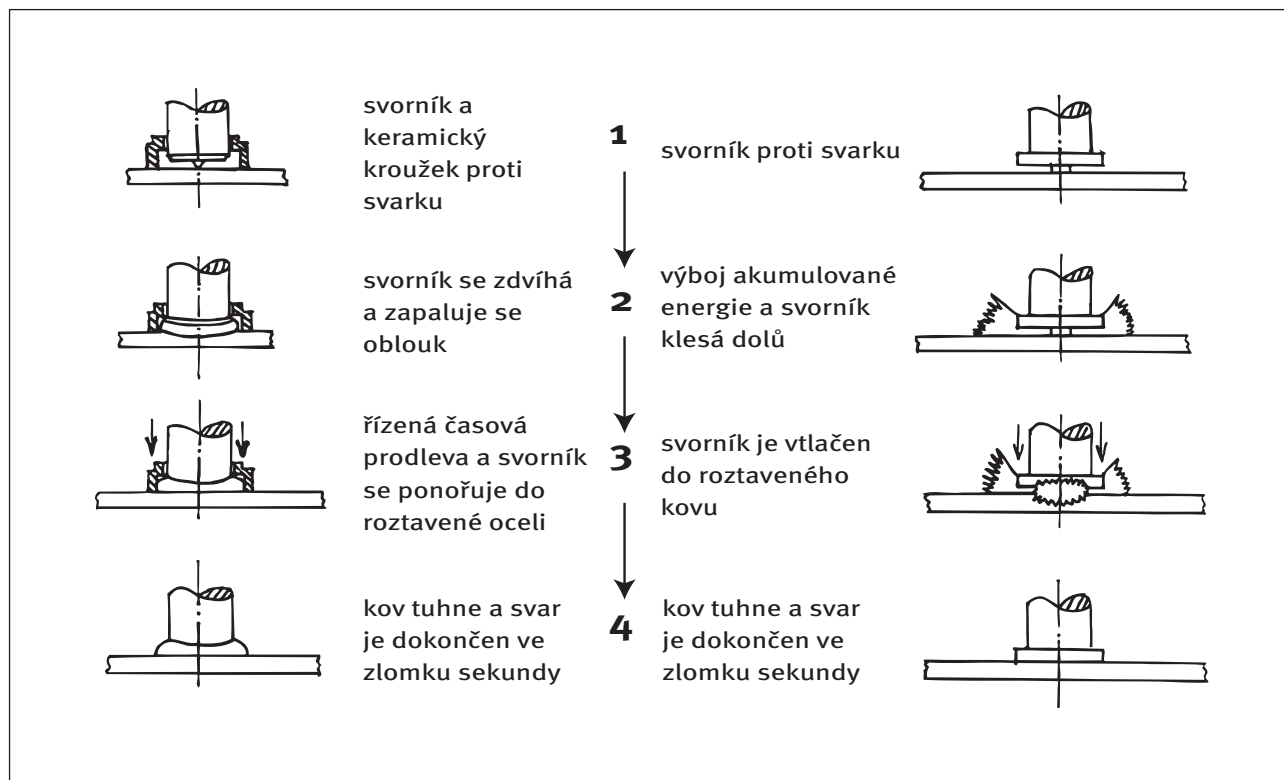
Většina korozivzdorných ocelí může být použita pro přivařování svorníků. S výjimkou ocelí snadno obrobitelných jakostí jsou při přivařování svorníků nejvíce obvyklé austenitické korozivzdorné ocelové svorníky.

Korozivzdorné ocelové svorníky jsou běžně přivařovány na korozivzdorné oceli a mohou být také přivařovány na měkkou ocel. V tomto případě je podstatné, že obsah uhlíku základního materiálu nepřekračuje 0,20%.

### Obloukové nebo kondenzátorové přivařování svorníků ?

Metoda obloukového přivařování svorníků se používá hlavně pro průměry svorníku 6 mm a více a pro přivařování k silnějším základním materiálům nebo při použití u konstrukcí.

Metoda kondenzátorového přivařování svorníků se používá hlavně pro průměry svorníku do 9 mm a zejména u přivařování k tenkému tabulovému plechu.

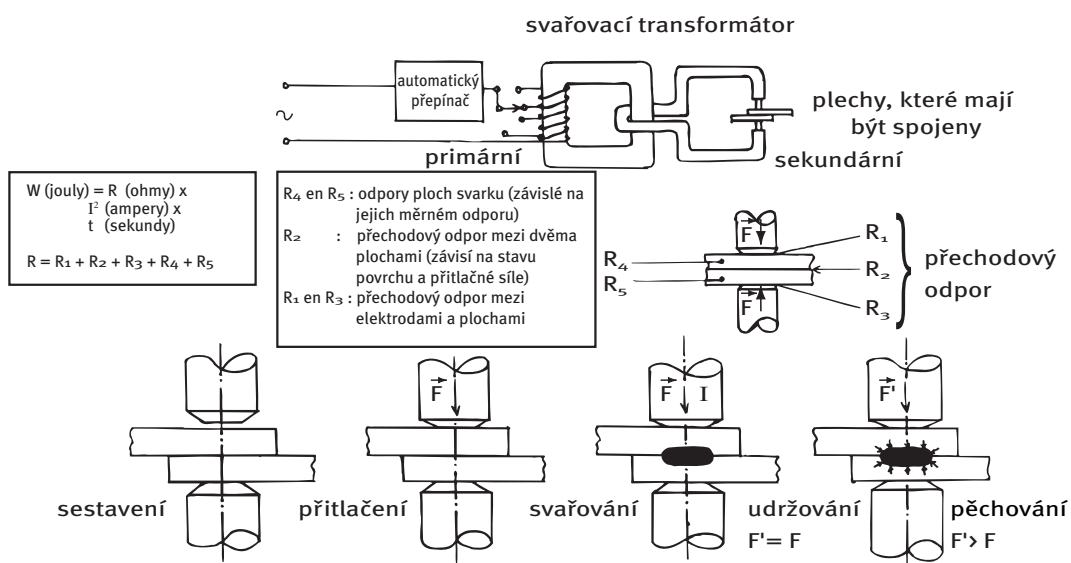


Zdvihové přivařování svorníků

Kondenzátorové přivařování svorníků

## 2.2 Odporové a indukční svařování

### 2.2.1 Odporové bodové svařování: RSW (Resistance Spot Welding \*)



Princip odporového bodového svařování

Tato metoda je stále značně používána a je vhodná zejména pro svařování tenkých korozi-vzdorných ocelových plechů. Tavení je vyvoláno odporovým ohřevem v důsledku průchodu elektrického proudu materiálem svarku ve svaru.

V procesu bodového svařování se obvykle rozlišuje 5 fází, jmenovitě:

- umístění plechů do polohy pro svařování
- spuštění horní elektrody a použití přitlačovací síly
- svařování nízkonapěťovým střídavým proudem, který vyrábí tepelnou energii  $W \text{ (jouly)} = R \text{ (ohmy)} \times I^2 \text{ (ampéry)} \times t \text{ (sekundy)}$

- udržování přitlačovací síly nebo použití dodatečné pěchovací síly
- zvednutí horní elektrody před dalším cyklem

Co se týká materiálů elektrod, u korozi-vzdorných ocelí se získá nízký odpor a vysoká mechanická pevnost slitinami měď-kobalt-beryllium. Hroty elektrod jsou především ve tvaru komolého kužele s úhlem 120°. Tvorba svarových čoch závisí na svařovacím proudu a jeho trvání a na přitlačné síle elektrod.



Parametry doporučené pro svařování 18% Cr – 9% Ni austenitické korozivzdorné oceli a stabilizované 17% Cr feritické oceli jsou uvedeny v následující tabulce.

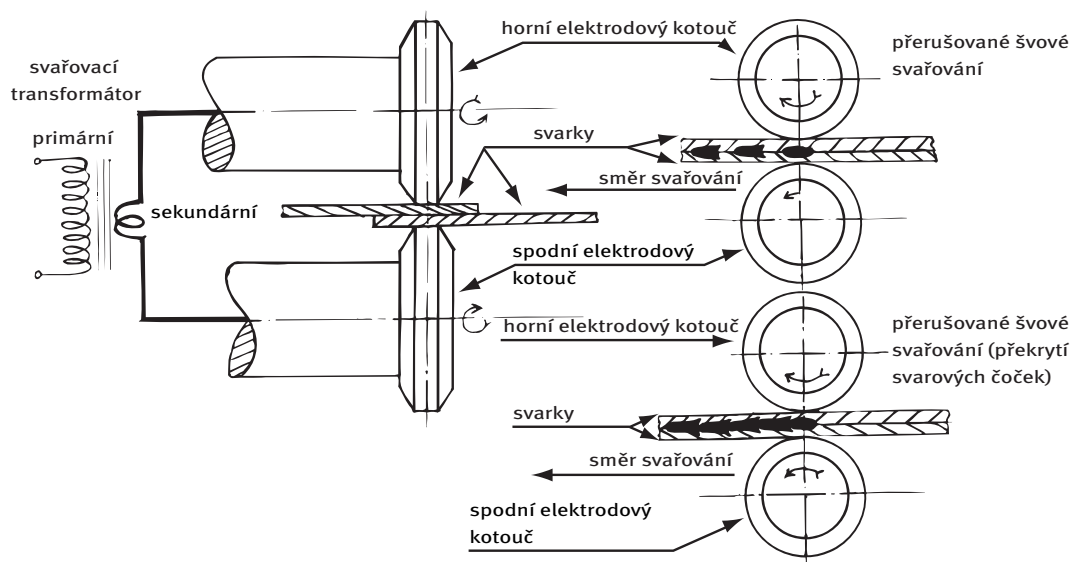
Tloušťka plechu (mm)	Průměr hrotu elektrody (mm)	Přítlačná síla elektrody (daN)	Svařovací proud (A)	Doba svařování (počet period)
18 % Cr – 9% Ni austenitická ocel				
0,5	3,0	170	3500	3
0,8	4,5	300	6000	4
2,0	6,0	650	11000	8
stabilizovaná 17% Cr feritická ocel				
0,5	3,0	150	4000	3
0,8	4,5	250	7550	4

Parametry udané ve výše uvedené tabulce musí být optimalizovány v souvislosti se stavem povrchu (mořený, glazovaný, leskle žíhaný, leštěný), který má silný vliv na odpor stykové plochy, který postupně hraje rozhodující roli při tvorbě čochek.

Oproti jiným tavným procesům svařování nemůže být při odporovém bodovém svařování tavná lázeň řízena vizuálně.

Vizuálně identifikovatelnými vadami je pouze nadměrný vtisk elektrody a rozstřík na povrchu. Avšak jednoduchou třebaže destruktivní metodou je tzv. odlupovací zkouška, která poskytuje rychlou indikaci kvality bodového svařování. Při této zkoušce jsou od sebe svařené plechy odlupovány a svarové čochky mají tendenci být vytrženy z jednoho nebo z druhého z plechů.

### 2.2.2 Švové odporové svařování: RSEW (Resistance Seam Welding\*)



Princip švového  
odporového svařování

Princip švového odporového svařování je podobný principu bodového svařování, vyjma toho, že proces je nepřerušovaný. Hlavní rozdíl je v typu elektrod, kterými jsou dva kotouče ze slitin mědi opatřené vhodným hnacím systémem. Okraje kotoučů mají obvykle jeden nebo dva úkosey a nebo vydutý profil. Ve srovnání s bodovým svařováním, kde jsou základními parametry

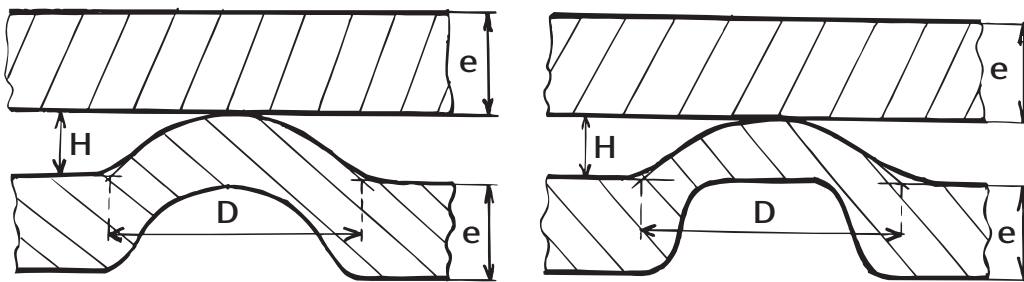
svařovací proud, doba ohřevu a čas udržování, se při švovém svařování berou v úvahu doplňující faktory jako je užití modulovaného nebo pulzního proudu a rychlost svařování.

Doporučené parametry svařování pro Fe-Cr-Ni austenitické oceli jsou uvedeny v následující tabulce:

Tloušťka plechu (mm)	Tloušťka kotouče (mm)	Přítlačná síla (daN)	Čas svařování (periody)	Čas mimo svařování (periody)	Svařovací proud (Amp)	Rychlost svařování (cm/min)
0,5	3,0	320	3	2	7900	140
0,8	4,5	460	3	3	10600	120
1,5	6,5	80	3	4	15000	100
2,0	8,0	1200	4	5	16700	95
3,0	9,5	1500	5	7	17000	95

Jak při bodovém tak při švovém svařování jsou hlavními výhodami ohřevu elektrickým odporem omezené změny mikrostruktury v oblastech ovlivněných teplem, nedochází k oxidaci povrchu, pokud jsou plechy správně ochlazovány (proudící chladnou vodou) a velmi malá deformace plechů po svařování.

### 2.2.3 Výstupkové svařování: PW (Projection Welding\*)



e: tloušťka profilové oceli: 0,3 mm – 3,0 mm  
H: výška výstupků: 0,4 mm – 1,5 mm  
D: průměr výstupků: 1,4 mm – 7,0 mm

*Základní náčrt  
výstupkového svařování*

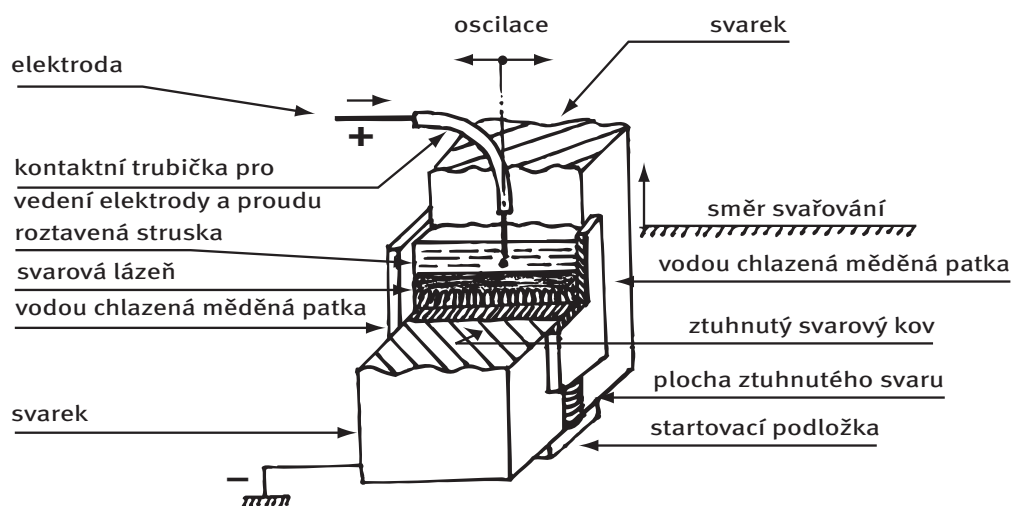
U této metody se malé připravené výstupky na jedné ze dvou ploch svarku taví a klesají proudem dodávaným skrz ploché elektrody ze slitin mědi. Výstupky se vytvářejí ražením (kusy kovových plechů) nebo obráběním (pevné kovové kusy) obvykle u silnějších svarků nebo u svarků s větší elektrickou vodivostí. Výstupky jsou vytvořené a umístěné tak, aby se koncentroval proud a současně mohlo být provedeno velké množství bodových svarů. U bodového svařování se pak používá spodní proud a tlak, aby se zabránilo zborcení výstupků před roztavením protější plochy svarku.

Doba svařování je zhruba stejná u jednoho nebo více výstupků stejného tvaru.

Výstupkové svařování se používá zvláště pro výrobu několika svarových bodů současně mezi dvěma svarky.

U kruhových výstupků se používají různá provedení dřívků, např. trny, svorníky, čepy, matice a podložky.

### 2.2.4 Elektrostruskové svařování: ESW (Electroslag Welding)



Princip elektrostruskového svařování

Metoda elektrostruskového svařování byla vyvinuta v E.O. Paton Welding Institute (Ukrajina) na počátku roku 1950.

Elektrostruskové svařování je metoda jednovrstvého svařování používaná pro svařování tupých spojů ve vertikální poloze. Spoje silnější než 15 mm (bez limitu pro maximální tloušťku) mohou být svařovány v jedné vrstvě, je nutná příprava jednoduchých čelních plochých spojů. Metoda je podobná vertikálnímu odlévání, protože svarový kov je sevřen dvěma plechy svarku a párem ochlazovaných měděných patek.

Vyjma etapy během zahájení elektrostruskové operace zde není oblouk. Nepřetržitě napájené elektrody jsou taveny elektrickým odporovým ohřevem, procházejí vodivou roztavenou struskovou vrstvou (struskovou lázní).

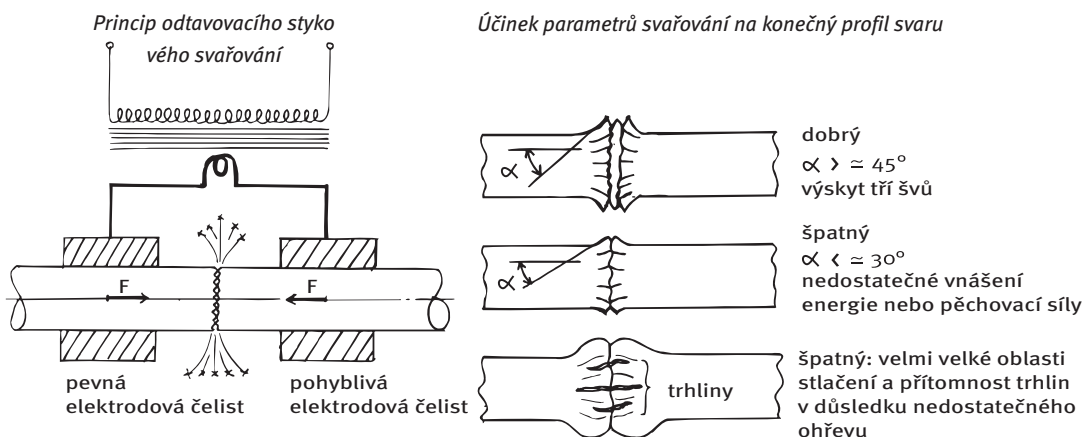
Strusková lázeň také taví přilehlé plechy svarku, lemuje a chrání roztavený kov před

atmosférou. Teplota lázně je řádově 1900 °C. Na začátku elektrostruskového procesu je vrstva tavidla umístěna na dolní kraj spoje, oblouk je zažehnut mezi elektrodami a startovací hlavou nebo startovací podložkou, aby se vytvořila roztavená strusková lázeň.

Jak probíhá svařování, měděné patky a jednotka pro posuv drátu se posunují směrem nahoru po svaru rychlostí řádově 30 mm/min. Rychlost nanášení kovu je zhruba 350 g/min. Složení elektrodových drátů normálně odpovídají složení základních materiálů. Nejrozšířeněji používané velikosti elektrod jsou elektrody o průměrech 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm.

Metalurgická struktura elektrostruskových spojů je jiná než u jiných tavných svarů. Pomalé chlazení a tvrdnutí může vést k hrubé struktuře nárůstem zrn. Toto je důvodem doporučení použití pouze u austenitických jakostí.

### 2.2.5 Odtavovací stykové svařování: FW (Flash Welding\*)



Tato metoda se používá především u dlouhých výrobků, např. tyčí, prutů, trubek a profilové oceli. Ačkoli je očividně podobná pēchovacímu svařování, je odtavovací stykové svařování zcela rozdílné. Během pēchovacího svařování bylo pozorováno, že když přiléhající plochy nejsou perfektně v kontaktu, proud prochází jen v několika malých oblastech, způsobuje silný lokální ohřev a rychlé tavení, tvoří oblouky, které násilně vytlačují roztavený kov mimo spoj v důsledku spojených magnetických polí (jev odtavování).

Důležitými parametry svařování jsou svařovací proud a elektrické napětí, které musí být dostatečné, aby došlo k odtavování, okamžitá rychlost odtavování,

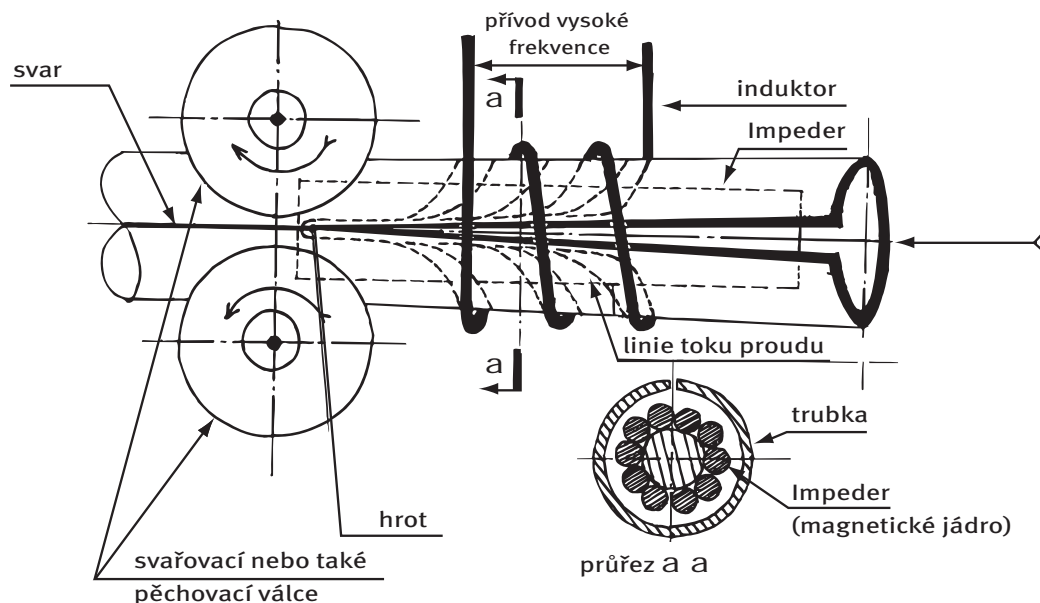
kteřá musí být úměrná spotřebě kovu a vyrovnávána pohybem mobilních svorek, doba odtavování a finální pēchovací kujné stadium. Hrubost počátečních lícovaných ploch musí být taková, že jsou kontaktní body dostatečně četné a dobře rozložené, aby se vytvořilo stejnoměrné odtavování přes celou oblast spoje.

Po pēchování by měl tvar spoje vykazovat charakteristický troj-švový profil svědčící o úspěšném výsledku svařování. Doporučené svařovací parametry jako je působení plochy průřezu, jsou pro austenitické jakosti udány v následující tabulce.

Některá typická použití jsou: ráfky kol (pro bicykly) vyráběné z kruhů svařených odtavovacími stykovými svařováním, obdélkové rámy (pro okna a dveře), apod.

Tloušťka (mm)	Plocha průřezu (mm <sup>2</sup> )	Počáteční otevření lisu (mm)	Koncové otevření lisu (mm)	Úbytek materiálu (odtavení & výkovky) (mm)	Doba odtavování (sec)
2,0	40	13	5	8	2,2
5,0	570	25	7	18	6,0
10,0	1700	40	15	25	17,0

### 2.2.6 Vysokofrekvenční indukční svařování: HFIW (High Frequency Induction Welding\*)



Princip  
vysokofrekvenčního  
indukčního svařování

Vysokofrekvenční indukční svařování se používá v podstatě pro podélné svařování trubek. Proces se provádí na systému pēchovacích vālců. Trubka, která opouští poslední místo pēchovacích vālců má podélnou štěrbinu (spāru), která je uzavřena svařováním. Spoj je vytvořen pevným stykem, středním odtavením, kraje plechového pásu tvaruje k sobě dvojice vodorovných vālců (pēchovacích vālců).

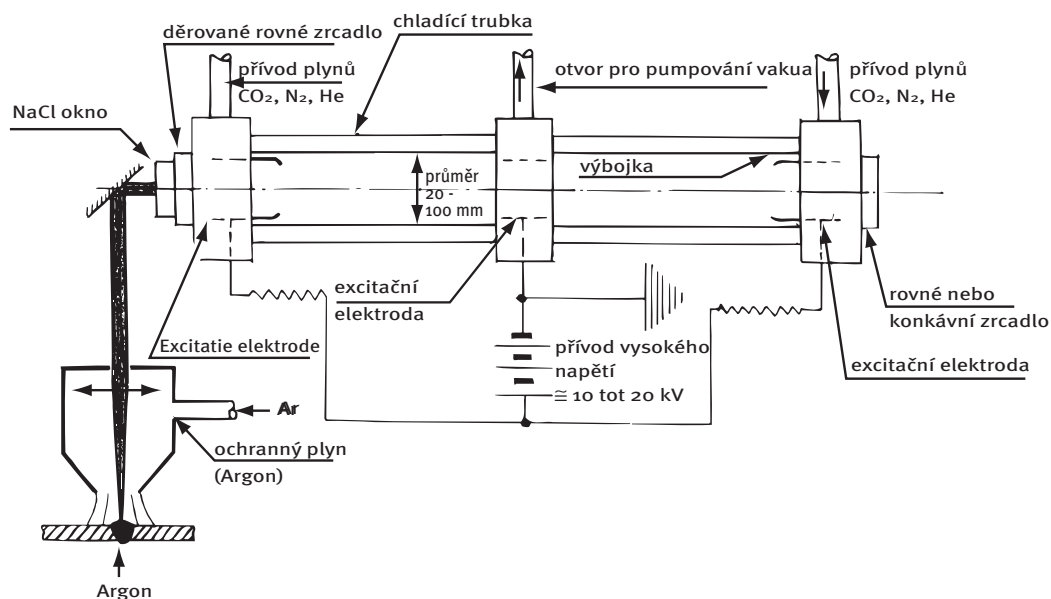
Díky povrchovému jevu indukovaný vysokofrekvenční proud (140 až 500 kHz) sleduje dráhu minimální impedance a soustřeďuje ohřev na krajích.

V případě feritických korozivzdorných ocelí se lze při této vysoce produktivní metodě vyhnout růstu zrn, ke kterému jsou náchylné oceli této jakosti.

V tomto případě se používá svařovací výkon mezi 150 až 300 KW v závislosti na průměru trubky, svařovací rychlost se různí dle stroje od 50 do 90 m/min.

## 2.3 Svařování světelným zářením (Radiation Energy Processes) (\*)

### 2.3.1 Laserové svařování: LBW (Laser Beam Welding)



*Princip CO<sub>2</sub> laseru  
používaného pro  
svařování (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He)*

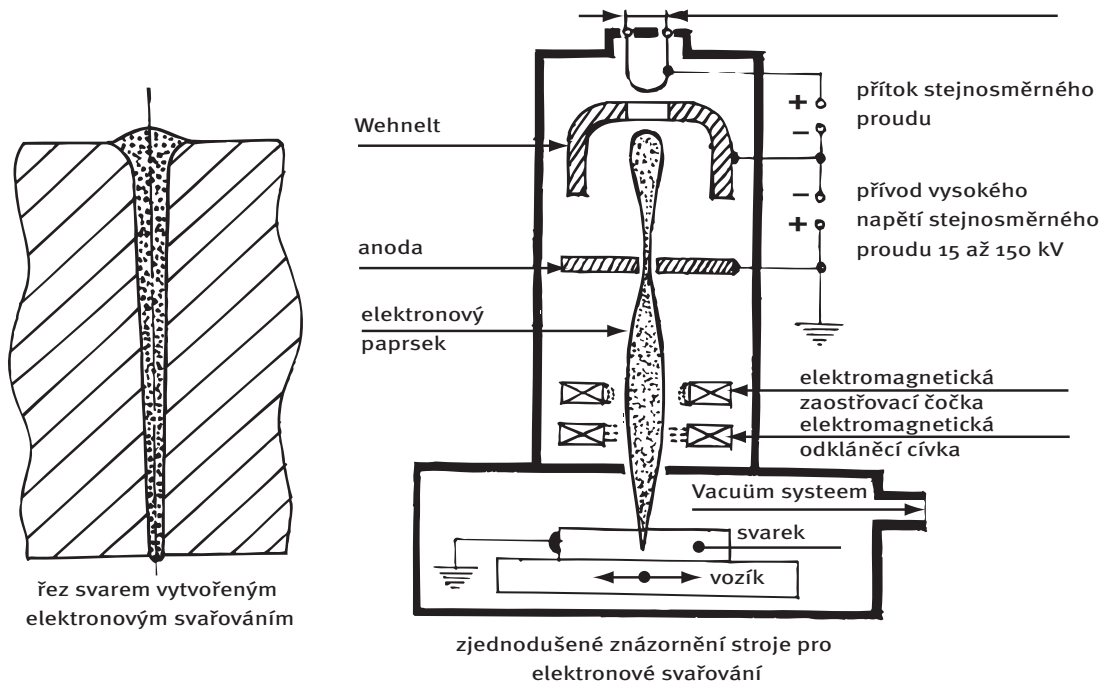
Účinek laseru (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation- zesílení světla stimulovanou emisí záření) byl objeven v oblasti optických vlnových délek Maimanem v roce 1958. Objevila se okamžitá možnost použití laserového paprsku jako bezkontaktní velice intenzivní zdroj proudu ovlivňující malou oblast pro použití při svařování. Trvalé dostupné hladiny výkonu jsou obzvláště vysoké u CO<sub>2</sub> laserů (carbon dioxid laser), ačkoli je třeba pamatovat na to, že efektivní svařovací výkon závisí na odraznosti materiálu svarku a vlnové délce.

Zdroje nejvíce používané pro účely svařování jsou CO<sub>2</sub> plynové lasery a pevnolátkové YAG lasery (yttrium-

aluminium garnet). YAG lasery se preferují pro svařování tenkých korozivzdorných ocelových plechů (<1,5 mm) v pulzním režimu. Tzv. CO<sub>2</sub> lasery jsou lépe přizpůsobené pro svařování tlustších korozivzdorných plechů nebo pásů (1,5 až 6.0mm).

Jako u vysokofrekvenčního indukčního svařování (HFIW) je tato metoda široce používána pro výrobu podélně svařovaných trubek. U výkonu okolo 6 kW, 2 milimetrového pásu stabilizované 17% Cr feritické korozivzdorné oceli lze svařovat rychlostí okolo 7 m/min, a protože je tepelný cyklus velmi krátký, je růst zrn v teplem ovlivněné zóně velmi omezen.

### 2.3.2 Svařování elektronovým paprskem: EBW (Electron Beam Welding)



Princip elektronového svařování

Elektronové svařování využívá energie z vysoké rychlosti koncentrovaného paprsku elektronů, který dopadá na základní materiál. Vysokou energií svazku se taví spára do materiálu a pronikající svary mohou vznikat při rychlosti řádově 20 m/min.

Elektronové svařování může vytvářet hluboké a tenké svary s úzkou tepelně ovlivněnou zónou. Poměr hloubky a šířky je řádově 20/1.

Svarek vznikají ve vakuu, které eliminuje kontaminaci svarové lázně plyny. Vakuum nejen chrání před kontaminací ale vytváří

stabilní svazek. Koncentrovaná povaha tepelného zdroje dělá proces velmi vhodným pro korozivzdorné oceli. Dosažitelný výkon může být snadno řízen a stejný svařovací stroj může být použit pro jednovrstvé svařování korozivzdorných ocelí o tloušťce od 0,5 mm do 40 mm.



## 3 Svařitelnost korozivzdorných ocelí

### 3.1 Austenitické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-Ni (Mo)-(N)

#### ► Struktura obsahuje několik procent feritu (obvykle)

- nenáchylné k trhlinám za tepla
- dobrá odolnost proti mezikrystalické korozi u nízkouhlíkových a stabilizovaných ocelí
- výborná pevnost a tvárnost
- křehnutí se může vyskytovat po dlouhém vystavení teple 550 až 900 °C v důsledku rozpadu feritu do formy sigma fáze

#### ► Plně austenitická struktura (výjimečně)

- náchylné k trhlinám za tepla během tuhnutí
- dobrá odolnost proti mezikrystalické korozi u nízkouhlíkových a stabilizovaných ocelí
- výborná pevnost a tvárnost

### 3.2 Feritické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

#### ► Poloferitické oceli: 0,04% C – 17% Cr

- náchylné ke křehnutí růstem zrn při teplotě okolo 1150 °C
- špatná pevnost a tvárnost
- náchylné k mezikrystalické korozi
- tepelné zpracování po svařování při teplotě obnovuje mechanické vlastnosti a odolnost proti mezikrystalické korozi

#### ► Feritické oceli: 0,02%C – 17-30% Cr - (stabilizované Ti, Nb)

- náchylné ke křehnutí růstem zrn při teplotě okolo 1150 °C
- uspokojivá tvárnost a lepší pevnost oproti poloferitickým ocelím
- obvykle nenáchylné k i mezikrystalické korozi

### 3.3 Austeniticko-feritické duplexní korozivzdorné oceli: Fe-Cr-Ni (Mo)-N

- náchylné k trhlinám za tepla
- výborná pevnost a dobrá tvárnost v rozsahu od -40 °C do 275 °C
- náchylné ke křehnutí při sigma fázi při vystavení teplotě mezi 500 a 900 °C

### 3.4 Martenzitické korozivzdorné oceli: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

- náchylné k trhlinám za studena v závislosti na obsahu uhlíku a vodíku a úrovně zbytkového pnutí, pod zhruba 400 °C (předehřev a tepelné zpracování po svařování jsou zpravidla doporučeny)
- vysoká tažná síla a tvrdost dobrá pevnost, především u ocelí s nízkým obsahem uhlíku

## 4 Volba ochranných plynů pro svařování korozivzdorných ocelí <sup>(1)</sup>

### 4.1 Vliv ochranného plynu na: GTAW, PAW, GMAW, FCAW a LBW

Výběr ochranného plynu má závažný vliv na následující faktory:

- ochranná schopnost (řízená atmosféra ochranného plynu)
- metalurgické a mechanické vlastnosti (úbytek legujících prvků, pohlcování atmosférických plynů)
- odolnost proti korozi (úbytek legujících prvků, pohlcování atmosférických plynů, oxidace povrchu)

- geometrie svaru (tvar housenky a průvaru)
- vzhled povrchu (oxidace, rozstřík)
- stabilita oblouku a zážeh
- přenos kovu (je-li nějaký)
- okolí (emise kouře a plynů)

Vzájemné působení mezi procesem svařování a ochranným plynem je popsáno podrobněji v § 2.

Proces svařování	Ochranný plyn Plazmový plyn	Plyn pro ochranu kořene
GTAW (Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu)	Ar Ar + H <sub>2</sub> (až do 20%) <sup>(1)</sup> Ar + He (až do 70%) Ar + He + H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup> Ar + N <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	Ar N <sub>2</sub> <sup>(2)</sup> N <sub>2</sub> + 10% H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>
PAW (Plazmové obloukové svařování)	totéž jako GTAW	totéž jako GTAW
GMAW (Svařování tavící se elektrodou v inertním plynu)	98% Ar + 2% O <sub>2</sub> 97% Ar + 3% CO <sub>2</sub> 95% Ar + 3% CO <sub>2</sub> + 2% H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup> 83% Ar + 15% He + 2% CO <sub>2</sub> 69% Ar + 30% He + 1% O <sub>2</sub> 90% He + 7,5% Ar + 2,5% CO <sub>2</sub>	totéž jako GTAW
FCAW (Svařování plněnou elektrodou)	N <sub>2</sub> 97% Ar + 3% CO <sub>2</sub> 80% Ar + 20% CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> totéž jako GTAW
LBW (laserové svařování)	He Ar	totéž jako GTAW
Ar: argon; H <sub>2</sub> : vodík; He: helium; N <sub>2</sub> : dusík; CO <sub>2</sub> : kysličník uhličitý		

(1) Směsi obsahující vodík nesmí být použity pro svařování feritických, martenzitických nebo duplexních korozivzdorných ocelí

(2) Pro svařování austenitických nebo duplexních korozivzdorných ocelí obsahujících dusík, může být dusík přidán do ochranného plynu

## 5 Doporučené přídatné materiály pro svařování korozivzdorných ocelí

základní materiál			přídavný materiál		
EN 10088		AISI <sup>(1)</sup>	EN 1600	EN 12072	EN 12073
označení	číslo		obalené elektrody <sup>(2)</sup>	dráty a tyčky <sup>(3)</sup>	tavidlem plněné elektrody <sup>(4)</sup>
X5CrNi18-10	1.4301	304	E 19 9	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNi18-9	1.4307	304 L	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNi19-11	1.4306				
X5CrNiTi18-10	1.4541	321	E 19 9 Nb	G 19 9 Nb	T 19 9 Nb
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	E 19 12 2	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316 L	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316 Ti	E 19 12 3 Nb	G 19 12 3 Nb	T 19 12 3 Nb
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	317 L	E 19 13 4 N L	G 19 13 4 L	T 13 13 4 N L
X10CrNi18-8	1.4310	301	E 19 9	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNi18-7	1.4318	301 L	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
X12CrNi23-13	1.4833	309 S	E 22 12	G 22 12 H	T 22 12 H
X8CrNi25-21	1.4845	310 S	E 25 20	G 25 20	T 25 20
X25CrNiMo18-15-4	1.4438	317 L	E 19 13 4 N L	G 19 13 4 L	T 13 13 4 N L
X2CrTi12	1.4512	409	E 19 9 L	G 19 9 L	T 13 Ti
X6Cr17	1.4016	430	E 17 nebo 19 9 L	G 17 nebo 19 9 L	T 17 nebo 19 9 L
X3CrTi17	1.4510	430 Ti / 439	E 23 12 L	G 23 12 L	T23 12 L
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X2CrTiNb18	1.4509	441	E 23 12 L	G 23 12 L	T 23 12 L
X6CrMo17-1	1.4113	434	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 Nb
X2CrNiN23-4	1.4362	–	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	–	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L
X12Cr13	1.4006	410	E 13 nebo 19 9 L	G 13 nebo 19 9 L	T 13 nebo 19 9 L
X20Cr13	1.4021	–	E 13 nebo 19 9 L	G 13 nebo 19 9 L	T 13 nebo 19 9 L
X30Cr13	1.4028	420	E 13 nebo 19 9 L	G 13 nebo 19 9 L	T13 nebo 19 9 L

(1) AISI: American Iron and Steel Institute (Americký institut pro železo a ocel)

(2) Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování korozivzdorných a žáruvzdorných ocelí. Existují dva základní druhy obalů-tavidel: bazický(B) nebo také vápencový (stejnosemřný proud) a rutilový (R) nebo také titanový (stejnosemřný nebo střídavý proud)

(3) Drátové elektrody, dráty a pruty pro obloukové svařování korozivzdorných a žáruvzdorných ocelí: G pro G.M.A.W., W pro G.T.A.W., P pro P.A.W nebo S pro S.A.W.

(4) Trubičkové plněné elektrody pro obloukové svařování tavící se elektrodou s nebo bez ochranného plynu korozivzdorných a žáruvzdorných ocelí.

## 6 Příprava svaru u obloukového svařování

Základní typy svarů používané při obloukovém svařování jsou tupý, přeplátovaný, rohový, lemový a T spoj. Volba správného tvaru pro určité použití závisí především na následujících faktorech:

- požadované mechanické vlastnosti ve svaru
- typ oceli, která se svařuje
- velikost, tvar a vzhled konstrukčního celku, který má být svařován
- náklady na přípravu svaru a provedení svaru

Bez ohledu na to, který typ svaru se použije, je pro získání dobrého vzhledu a mechanických vlastností zásadní, aby byl svarek před svařováním řádně očištěn. U malých konstrukčních celků je obvykle dostačující manuální čištění korozivzdorným ocelovým drátovým kartáčem, korozivzdornou ocelovou vlnou nebo chemickým rozpouštědlem. U větších konstrukčních celků nebo při čištění hlavních výrobních součástí může být ekonomičtější odmaštění parami nebo v tanku. V každém případě je nutné zcela odstranit všechnu oxidaci, oleje, mazadla, nečistoty a jiné cizí látky z povrchu svarku.

### 6.1 GTAW a PAW

Nejsnadnější je příprava I- tupého spoje, který může být svařován s nebo bez svarového kovu v závislosti na tloušťce dvou kusů, které jsou svařovány. Sestavení dílů pro I - tupý spoj by mělo být opravdu dostatečné, aby se zajistil 100% průvar. Při svařování tenkého materiálu musí být věnována extrémní péče předcházení

nedostatečnému průvaru nebo propadnutí tavné lázně.

**Tupý svar s ohybem** by měl být používán místo I- tupého spoje tam, kde se požaduje převýšení. Tento spoj je účelný jen na poměrně tenkém materiálu (1,5 až 2,0 mm).

Výhodou **přeplátovaného spoje** je odstranění potřeby přípravy svarových ploch. Pro vytvoření dobrého přeplátovaného svaru je nutné, aby se plechy těsně dotýkaly podél celé délky spoje, který má být svařen.

**Rohové svary** jsou často používány při výrobě forem, boxů a všech typů kontejnerů. Podle tloušťky základního materiálu smí nebo nesmí být požadováno použití svarového kovu pro vytvoření přiměřeného převýšení na všech rohových spojích. Je třeba se ujistit, že se díly dobře dotýkají po celé délce svarových ploch.

Všechny **T spoje** vyžadují přidání svarového kovu, aby se vytvořilo nutné navaření. Pokud se vyžaduje 100 procentní průvar, je nutné, aby intenzita svařovacího proudu byla přiměřená tloušťce základního materiálu.

**Lemové spoje** se používají výhradně na tenkém materiálu a nevyžadují přidávání svarového kovu. Příprava je jednoduchá, ale toto provedení by nemělo být použito tam, kde na dokončené svary působí přímé zatížení tahem, poněvadž tento typ spoje se může porušit v kořeni za relativně nízkého pnutí.

## 6.2 GMAW

U svarů vytvořených svařováním tavící se elektrodou v inertním plynu mohou být provádění kořenových mezer stejně jako V úhly mnohdy redukovány použitím svarů normálně používaných při ručním obloukovém svařování obalenou elektrodou. Množství svarového kovu na jednotku délky může být tudíž sníženo až o 30 % prováděním tvarů, které vyžadují méně svarového kovu. Pro GMAW svary ve tvaru úzkých svarových spár je nutné použít vysokou proudovou hustotu (sprchový přenos kovu).

## 6.3 FCAW

U tupých svarových spojů mohou být kořenové mezery a V úhly redukovány, často je možno uspořit řádově 40 % množství svarového kovu použitého ve spoji.

Optimální tvar spoje je často určen v souvislosti se snadností odstranění strusky u vícevrstevných svarů.

U koutových svarů může být stejné pevnosti dosaženo při menší velikosti. Schopnost hlubokého průvaru u tavidlem plněných drátů umožňuje stejnou pevnost jako větší koutové svary vytvořené použitím SMAW obalenou elektrodou, která má nižší schopnost průvaru.

Při srovnání s SMAW obalenými elektrodami, FCAW dráty často podstatně šetří náklady různými způsoby, stejně jako vyšší rychlost navařování, užší svarové spáry a občas dvě vrstvy před zastavením pro odstranění strusky.

## 6.4 SAW

Rozevření svarových ploch je ve srovnání s jinými obloukovými metodami redukováno. Svarové housenky jsou obtížnější než u SMAW elektrod. U provedení s kořenovou mezerou se často vyžaduje použít ochranu tavidla drženou na místě měděnou odlévanou podložkou nebo keramickou podložkou.

U všech metod se nevyžaduje zkosení pro tloušťky 3.00 mm a méně, ale tlustší základní materiály by měly být s úkosem do tvaru „V“, „U“ nebo „J“ drážky.

## 7 Konečné zpracování svarů

Konečné zpracování povrchu je třeba především u obloukových svarů. Svary provedené odporovým svařováním s výjimkou odtavovacího svařování tupých svarů jdou do provozu ve stavu po svaření nebo po lehkém čištění.

Po proběhnutí procesu obloukového svařování může být oblast svaru a okolní základní materiál znečištěn svarovým rozstříkem a povlakem oxidu, to závisí na typu svaru, tloušťce materiálu a použité metodě svařování.

Pro maximální odolnost proti korozi musí být věnována velká pozornost konečnému zpracování, aby došlo k odstranění veškerého znečištění povrchu a nepravidelностям, které by mohly působit jako místo ataku koroze při následném provozu.

U jistého použití, kde důležitost odolnosti proti korozi, hygiena a estetické působení jsou prvořadé, může být nutné odstranit zbytkový svarový kov a vyleštit oblast svaru, aby splynula s okolním základním materiálem.

Běžné konečné zpracování jsou níže uvedena. Mohou být provedena jednotlivě nebo jejich kombinace. Závisí to na metodě svařování a stupni finálních požadavků.

- mechanické zpracování oklepáním (překováním), kartáčováním, broušením, vyhlazením a leštěním;
- mořením v kyselině s následnou pasivací a umytím

### 7.1 Odstranění strusky, rozstříku a oxidu

Struska zbylá po svařování musí být odstraněna opatrným oklepáním, je třeba dbát nato, aby nedošlo k promáčknutí přilehlého kovového povrchu. Rozstřík je pravděpodobně jedním z nejobtížněji odstranitelných typů znečištění, zvláště u svarů s vysoce hladkými povrchy. Z tohoto důvodu se obvykle doporučuje chránit povrchové plochy kolem svaru umělohmotným potahem. Prevence omezuje oblast vyžadující konečné zpracování svaru na minimum.

Odstranění povlaku oxidu a svarového rozstříku může být dosaženo použitím drátového kartáče z korozi-vzdorné oceli. Pokud se použije kartáč, který není korozi-vzdorný, může dojít ke znečištění částicemi železa, které způsobí rezavění a zabarvení v následném provozu.

Další metodou odstranění strusky a rozstříku z těžkých konstrukčních dílů je čištění otryskáním. Při tomto procesu jsou abrazivní částičky (křemene, hliníku atd.) přenášeny na svarek s pomocí vysokého tlaku (vzduchu nebo vody).

### 7.2 Broušení<sup>(1)</sup>

Fyzikální vlastnosti korozi-vzdorných ocelí vyžadují během broušení opatrnost, aby se předešlo přehřátí a zabarvení v důsledku doprovodného tepla. Tento jev nastává, když teplota plochy povrchu překročí 200°C.

(1) Tento předmět je pojednán podrobněji v této publikaci Euro Inox: VAN HECKE Benoît, Mechanické dokončení dekorativních nerezových povrchů (Materiály a jejich použití, Volume 6), Lucembursko: Euro Inox, 2006

Při tomto procesu je povrch svarku obrušován otáčením brusných kotoučů ve vysoké rychlosti, při tangenciální rychlosti 20 až 80 m/sec.

Abrazivní částičky jsou převážně buď kysličník hlinitý (korund) nebo karbid křemíku (karborundum). U broušení nahrubo jako například odstranění nadměrného převýšení svaru se používají cylindrické kotouče o průměru 100 – 200 mm, zrnitost řádově 40 ok. V závislosti na typu pojiva a tangenciální rychlosti, která může být od 25 do 60 m/sec. U konečného broušení (např. jemné rovnání svarů) se používají polotuhé nebo flexibilní kotouče o průměru 150-250 mm, zrnitost 80 až 120 ok, tangenciální rychlost bývá mezi 12 a 15 metry /sec.

### 7.3 Leštění

Leštění je obvyklou metodou konečného zpracování svaru. Normálně se proces používá pro odstranění stop po broušení, používá se brusiva s 180-320 oky. Nástroje (leštící kotouče a mopy) musí být striktně vymezeny pro korozivzdorné oceli, aby se předešlo nebezpečí znečištění částicami železa. Ve srovnání s jinými materiály vyžaduje odstranění hmoty u korozivzdorných ocelí velké množství energie. Je třeba opatrnosti, aby se předešlo nadměrnému přehřátí (maximální teplota je řádově 200 °C). To může způsobit mírnou oxidaci povrchu zabraňující vytvoření pasivního povlaku. Tlak, který působí kotouč, musí být nastavený na minimální úroveň dovolující dostatečné leštění bez lokálního přehřátí.

## 7.4 Chemické ošetření <sup>(2)</sup>

### 7.4.1 Moření

U některých svařovacích metod dochází k pokrytí barevným oxidačním povlakem, který je zásadně nutno odstranit, aby došlo k obnově pasivity. Používá se k tomu několik způsobů.

#### ► Mořící lázeň pro austenitické jakosti:

- 52% kyselina dusičná (36° Baumé): 100 l
- 65% kyselina fluorovodíková: 20l
- nebo fluorid sodný: 15 kg
- voda: 900l

#### ► Mořící lázeň pro feritické jakosti:

- 52% kyselina dusičná (36° Baumé): 100 l
- 65% kyselina fluorovodíková: 10l
- nebo fluorid sodný: 15 kg
- voda: 900l

Doba ponoření při 20 °C obvykle kolísá mezi 15 minutami a třemi hodinami. Teplota lázně a doba ponoření musí být řízena opatrně, aby se předešlo korozi kovu. Po moření musí být díly hodně vymáchané ve vodě bez chlóru.

#### ► Mořící pasty a gely:

Použití past a gelů umožňuje zpracování omezené pouze na oblasti svařování. Jejich různá provedení ale často obsahují kyselinu dusičnou. Pasta nebo gel se nanáší natíracím kartáčem a poté se oblast čistí korozivzdorným kartáčem. Po moření se příslušná oblast omyje vodou.

(2) Více informací o tomto předmětu lze najít na webové stránce Euro Inox: [www.euro-inox.org](http://www.euro-inox.org)

## 8 Bezpečnostní opatření

### 7.4.2 Pasivace

Po moření je kov bez ochrany. Musí být vytvořena nová pasivní vrstva pro obnovení odolnosti proti korozi.

#### ► Pasivační lázeň

Díly se ponoří do kyselá lázně následujícího přibližného složení:

- 52% kyseliny dusičné (36 °Baumé): 250l
- voda: 750l

Doba ponoru při 20 °C obvykle kolísá mezi 15 minutami a jednou hodinou. Po pasivaci jsou díly obvykle omyty vodou.

#### ► Pasivační pasty a gely

Pasty a gely se používají pro lokální pasivaci oblastí svaru. Produkt na bázi kyseliny dusičné se nanáší na povrch. Pak se zcela odstraní broušením ocelovým nebo nylonovým kartáčem a následně se omyje vodou.

#### ► Dekontaminace

Různé pracovní techniky mohou na povrchu zanechat částičky s vysokým obsahem železa. Ty je zásadně nutné odstranit. Ačkoli je jejich účel rozdílný, jsou metody pasivace a dekontaminace stejné.

### 8.1 Bezpečnostní opatření

U všech metod obloukového svařování je hlavním rizikem elektrický šok, který je způsoben kontaktem nechráněných živých částí svařovacího obvodu. Napětí v oblouku je v rozsahu 10 až 40 voltů, ale vzhledem k tomu, že napětí, které má zažehnout oblouk musí být vyšší, mají svařovací zdroje napětí naprázdno přes 80 voltů.

Ačkoli tato napětí se zdají nízká ve srovnání s proudem 220 voltů v domácnostech, ukázalo se, že již napětí 50 voltů u střídavého proudu nebo 120 voltů u stejnosměrného proudu jsou nebezpečná osobám v suchém pracovním prostředí.

Následující směrnice předkládá zásadní opatření pro zdraví a bezpečnost, která se vyžadují pro zajištění bezpečného jednání a pro předcházení nehodám.

- Obvod elektrody a svarku je elektricky aktivní, pokud je svařovací stroj zapnut. Není dovolen kontakt mezi aktivními částmi obvodu a nechráněnou kůží nebo mokrým oděvem. Vhodný oděv jako rukavice, vysoké boty, pracovní oblek ochrání svářeče před elektrickým šokem.
- Vždy být izolován od svarku a podklad na zemi musí mít izolaci od vlhkého okolí nebo kovové podlahy, zvláště v polohách, jako je poloha v sedě nebo v leže, kde mohou být velké části těla v kontaktu s vodivým povrchem.
- Nikdy neponořit držák elektrody do vody, aby se ochladil



Jestliže je svařovací stroj používán jako zdroj proudu pro mechanické svařování, výše uvedená pravidla platí pro automatické elektrody, elektrodové cívky, svařovací hlavy, trysky nebo poloautomatické svařovací pistole.

Mohou nastat různé druhy elektrického nebezpečí v důsledku odchýlení svařovacího proudu, který se vrátí do svařovacího zdroje po dráze jiné než té, kterou vede svařování. Například, ačkoli je obvod přerušovaný, svařování je možné, když vracející se proud plyne ochranným zemnicím vodičem svařovacího proudu. Odchýlený proud může být, co se týká intenzity, srovnatelný se svařovacím proudem, pokud je malá nebo špatná izolace opačného vedení, které smí být spojeno nakrátko jiným vodičem. Jestliže se svařují ocelové konstrukce a potrubí, zemnicí svorka by měla být při svařování umístěna co nejbližší oblasti svařování.

## 8.2 Kouř a plyny

Tyto kouře a plyny mohou mít škodlivé účinky na zdraví. Mohou znečistit atmosféru okolo místa práce. Musí být přijata opatření pro zamezení rizik z kouře a plynů. Jinak musí být použita lokální ventilace a/nebo odsávací systém v oblouku, aby se kouře a plyny odvedly mimo oblast, kde se dýchá. Respirátory by neměly být použity dřív, dokud nejsou vyloučeny ostatní možnosti. Obvykle je ochranné vybavení respirátory používáno jen jako prozatímní opatření, ale mohou být situace, kde i při ventilaci bude stále nutná ochrana osob.

Nesvařovat v lokalitách blízko par na bázi chlorovaného uhlovodíku, které vychází při odmašťování, čištění nebo rozprašování. Teplo a radiace z oblouku může reagovat s parami rozpouštědel do formy fosgenu, velmi toxického plynu, spolu s dalšími dráždivými produkty.

## 8.3 Záření oblouku

Záření oblouku může poranit oči a spálit kůži. Pro zajištění bezpečnosti a předcházení popálení obloukem by měla být dodržována následující doporučení.

- Používat kuklu s vhodným filtrem a skleněným filtrem pro ochranu očí před zářením oblouku a jiskrami buď při svařování nebo při sledování otevřeného svařovacího oblouku. Čočky filtru by měly odpovídat evropským normám.
- Používat vhodný oděv pro ochranu kůže před zářením oblouku.
- Chránit další blízký personál přiměřenými zástěnami a varovat ho, aby se nedíval na oblouk ani se nevystavoval záření nebo horkému rozstříku nebo kovu.

## 9 Pojmy a definice

### 9.1 Procesy

#### **Alternating Current/střídavý proud (AC):**

Druh elektrické energie, která střídavě obrací svůj směr. U 50 cyklového proudu proud projde jedním a pak opačným směrem 50 krát za sekundu.

**Arc Blow/foukání oblouku:** odklon elektrického oblouku od své normální dráhy v důsledku magnetických sil.

**Arc Length/délka oblouku:** Vzdálenost špičky elektrody do bodu, kde dochází ke kontaktu elektrického oblouku s povrchem svarku.

**Arc Seam Weld/obloukový švový svar:** Švový svar provedený obloukovým svařováním (např. GTAW, PAW, GMAW, SMAW, SAW).

**Arc spot Weld/obloukový bodový svar:** Bodový svar provedený obloukovým svařováním (např. GTAW, GMAW).

**Arc Welding/obloukové svařování:** Skupina metod svařování, u kterých je svařovací teplo získáváno z elektrického oblouku nebo oblouků, s nebo bez použití svarového kovu.

**Arcing time factor/faktor doby hoření oblouku:** Poměr doby hoření oblouku k celkovému času, kdy je využíván proud.

**Automatic Welding/automatické svařování:** Svařování, při kterém jsou procesy převážně řízeny stroji.

**Direct Current Elektrode Negative (DCEN)/ Stejnoseměrný proud s elektrodou na záporném pólu:** Uspořádání stejnosměrného obloukového svařování, kde svarek je na kladném pólu a elektroda na záporném pólu svařovacího oblouku (např. GTAW, PAW).

**Direct Current Elektrode Positive (DCEP)/ Stejnoseměrný proud s elektrodou na kladném pólu:** Uspořádání stejnosměrného obloukového svařování, kde svarek je na záporném pólu a elektroda na kladném pólu svařovacího oblouku.

**Direct Current Reverse Polarity (DCRP)/ Stejnoseměrný proud s nepřímou polaritou = DCEP**

**Direct Current Straight Polarity (DCSP)/ Stejnoseměrný proud s přímou polaritou = DCEN**

**Electron Beam Welding (EBW)/ Elektronové svařování:** Metoda svařování, u které je teplo vytvářeno nárazem velmi rychlého koncentrovaného paprsku elektronů na svarek. Svařování se obvykle provádí ve vakuové komoře.

**Electroslag Welding (ESW)/ Elektrostruskové svařování:** Metoda svařování založená na odporovém ohřevu ( $RI^2$ ) tavící se elektricky vodivé strusky. Spoje (ve vertikálním postavení) větší než 15 mm (bez omezení maximální velikosti) mohou být svařovány jednou housenkou, používá se příprava jednostranných I spojů.

**Flash Welding (FW)/Odtavovací stykové svařování:** Metoda svařování, při které jsou

svarky (tyče, trubky) upevněny ve speciálním příslušenství a snadno spojeny. Vysoký proud prochází svorkami a malé oblasti kontaktu mezi svarky jsou přehřívány dokud se konec neroztaví a je vypuzen tj. odtaven.

**Flux Cored Arc Welding (FCAW)/ Svařování plněnou elektrodou:** Metoda obloukového svařování, při němž se trvale používá elektroda plněná svarovým kovem (trubičková elektroda). Ochrana zajišťuje obsažené tavidlo bez trubičkové elektrody. Dodatečná ochrana může nebo nemusí být prováděna externě dodávanou směsí plynů.

**Gas Metal Arc Welding (GMAW)/Svařování tavící se elektrodou v inertním plynu:** Metoda obloukového svařování, při které se trvale používá drátová elektroda. Ochrana oblouku a svarové lázně se zcela zajišťuje externě dodávaným plynem.

**Gas Tungsten Arc Welding (GTAW / TIG)/ Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu:** Metody obloukového svařování v inertním plynu používají wolframovou elektrodu, která se neodtavuje. Svarový kov může nebo nemusí být používán.

**Induction Welding (IW)/Indukční svařování:** Metoda svařování, kde je svařovací ohřev zajišťován odporem svarku a toku indukovaného vysokofrekvenčního svařovacího proudu nebo indukovaného nízkofrekvenčního svařovacího proudu, za použití tlaku. Účinek vysokofrekvenčního nebo nízkofrekvenčního svařovacího proudu zaměřuje svařovací teplo do požadovaného místa.

**Inert Gas Welding/Obloukové svařování v inertním plynu:** Obloukové svařování, při kterém je oblouk a svarová lázeň chráněna před atmosférou prostředkem, což je inertní plyn (zcela u GTAW, PAW, převážně u GMAW, FCAW).

**Laser Beam Welding (LBW)/Laserové svařování:** Metoda svařování, při které je svařovací teplo zajišťováno použitím koncentrovaného koherentního světelného paprsku zaměřeného na spoj.

**Plasma Arc Welding (PAW)/Plazmové svařování:** Obloukové svařování v inertním plynu používající neodtavující se wolframovou elektrodu.

**Projection Welding (PW)/Výstupkové svařování:** Metoda svařování, při které jsou malé připravené výstupky na povrchu svarku roztaveny a klesají přívodem proudu dvěma protikladnými elektrodami.

**Resistance Seam Welding (RSAW)/Švové odporové svařování:** Metoda svařování, při které jsou plechy sevřeny mezi dvěma válcovými elektrodami. Jejich pohyb podél spoje vytváří sérii bodových svarů.

**Resistance Spot Welding (RSW)/Odporové bodové svařování:** Metoda svařování, při které jsou plechy, které mají být svařeny, přitlačeny dvěma protikladnými elektrodami, vysoký proud prochází velmi krátkou dobu.

**Resistance Welding/Odporové svařování:** Metoda svařování, při které se vytváří elektrický odporový ohřev stykové plochy

dílů, které jsou tlačeny na sebe a prochází jimi proud.

**Root run/kořenová housenka:** První housenka v kořeni vícevrstvého svaru.

**Semi-automatic Welding/Poloautomatizované svařování:** Svařování, při kterém jsou svařovací operace částečně řízeny strojově, ale vyžadují ruční vedení.

**Shielded Metal-Arc Welding (SMAW) nebo Manual Metal-Arc Welding/ruční obloukové svařování:** Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou nepřesahující 450 mm na délku a aplikovanou operátorem. Ochrana je zajišťována rozpadem elektrodového obalu.

**Stud Welding(SW)/Přivařování svorníků:** Metoda svařování, při které je ohřev vyvíjen zážehem elektrického oblouku mezi koncem svorníku a svařovaným dílem. Když se dosáhne patřičné teploty, dva kusy jsou stlačeny k sobě.

**Submerged-Arc Welding/Svařování pod tavidlem:** Metoda obloukového svařování, při které se používá drátová elektroda (dy). Elektroda nebo elektrody jsou zakryty tavidlem, jeho část se taví do formy odstranitelného struskového obalu na svaru.

**Travel rate/rychlost pohybu:** Relativní rychlost posuvu mezi elektrodou a povrchem svaru.

**Voltage (volts)/napětí:** Napětí se měří na pólech zdroje proudu, určuje délku oblouku. Správné obloukové napětí bude

vždy mít nízkou hodnotu v oblouku.

**Weaving / svařování kývavým pohybem:** Způsob kladení svarové housenky, při kterém elektroda osciluje.

**Welding current (amperes)/Svařovací proud (ampéry)**

## 9.2 Typy svarových spojů

**Angle of bevel/úhel zkosení:** Úhel, ve kterém je hrana dílu připravena pro provedení svaru.

**Bevel/zkosení:** Příprava svaru zkosením.

**Backing strip/ocelová podložka:** Kus materiálu umístěného v kořeni za účelem řízení průvaru.

**Butt joint/Tupý spoj:** Spoj mezi konci nebo hranami dvou sousedících prvků vyrovnaných přibližně ve stejné rovině (tj. svírajících spolu úhel 180 °C)

**Butt weld/Tupý svar:** Svar, ve kterém je svarový kov nanášen v rámci hran tupého spoje.

**Chamfer/zkosení (synonymum)**

**Closed joint/zavřený spoj:** Spoj, při kterém povrchy, které mají být spojeny (kraje dvou částí), jsou v kontaktu a jsou svařovány.

**Corner joint/rohový spoj:** Spoj mezi dvěma konci nebo hranami svírajícími úhel více než 30° ale méně než 135°.

**Cruciform joint/křížový spoj (dvojitý-T-spoj):**

Spoj, u kterého jsou dvě ploché desky svařovány k jiné ploché desce v pravých úhlech a ve stejné ose.

**Double V butt weld/oboustranný V svar:**

Tupý svar, u kterého jsou připravené hrany obou dílů oboustranně zkoseny tak, že v místě křížení tvoří oblasti natavení dvě protikladná V.

**Edge joint/čelní plochý spoj:** Spoj hrany dvou částí spolu svírají úhel  $0^\circ$ .

**Edge preparation/příprava svarových ploch:**

Srovnání, drážkování nebo zkosení plochy jako příprava pro svařování.

**Fillet Weld/koutový svar:**

Svar přibližně trojúhelníkově křížících se spojení dvou povrchů zhruba svírajících pravý úhel v přeplátovaném spoji, T-spoji nebo rohovém spoji.

**Flat Fillet Weld/ Koutový svar:** Koutový svar, u kterého je plocha svaru vydutá.

**Fusion line/hranice natavení:** Spojení svarového kovu s nenataveným základním materiálem.

**Gap or root opening/ kořenová mezera:**

Vzdálenost v místě křížení mezi dvěma hranami, konci nebo povrchy, které mají být spojeny.

**Heat affected zone (HAZ)/teplem**

**ovlivněná zóna:** Část základního materiálu bezprostředně přiléhajícího k hranici natavení, která není tavena, ale jejíž

mikrostruktura je ovlivněna svařovacím teplem.

**Joint/spoj:** spojení, to co má být svařeno, mezi dvěma nebo více svarky nebo mezi dvěma nebo více částmi jednoho svarku.

**Lap joint/přeplátovaný spoj:** Spoj mezi dvěma přeplátovanými částmi tvořící spolu úhel  $0^\circ$ .

**Open joint/otevřený spoj:** Spoj, jehož části, které mají být svařeny, jsou při svařování odděleny určenou mezerou.

**Overlap (imperfection)/Přeteklý povrch svaru (vada):** Přetečení svarového kovu mimo přechod housenky, plochu nebo kořen svaru.

**Penetration/průvar:** Hloubka, do které se rozšíří oblast natavení pod povrch dílu nebo dílů, které jsou svařovány.

**Root of a joint/kořen svaru:** Oblast, kde byly před svařováním díly nejbližší.

**Single V butt weld/Jednostranný V svar:**

Tupý svar, u kterého jsou připravené hrany obou dílů zkoseny tak, že v místě křížení tvoří oblast natavení písmeno V.

**Square butt weld/I spoj:** Tupý spoj, u kterého přilehlé hrany leží přibližně v pravém úhlu k povrchu dílu který má být svařen, a jsou navzájem paralelní.

**T-joint/T spoj:** Spoj mezi konci nebo hranami jednoho dílu a čelem druhého dílu, tyto dva díly svírají úhel  $90^\circ$ .

**Tack weld/stehový svar:** Lehký svar používaný pro pomoc při montáži nebo pro udržení sestavení hran během svařování.

**Throat thickness/velikost svaru:** Minimální vzdálenost svaru měřená od povrchu svařovaného materiálu až po spodní část provaření.

**Undercut/zápal:** Rýha natavená do základního materiálu přiléhajícího ke svarovému kovu a nevyplněná svarovým kovem.

**Y – joint/Y – spoj:** Spoj mezi koncem nebo hranou jednoho dílu a čelem druhého, díly svírají úhel více než  $10^\circ$  a méně než  $70^\circ$ .

**Weld face/plocha svaru:** Účinný povrch tavného svaru na straně, ze je svar proveden.

**Weld penetration/průvar:** Hloubka natavení měřená od původního povrchu základního materiálu.

**Weld reinforcement/nadměrné převýšení svaru:** Nadměrné navršení (převýšení) svarového kovu na povrchu svaru vzhledem ke stanovené tloušťce svaru.

### 9.3 Přídavné materiály

**Covered elektrode/obalená elektroda:** Svařovací tyčinka obalená tavidlem (pro SMAW) používaná při tavném svařování. Skládá se z kovového jádra s relativně tlustým obalem, který zajišťuje ochranu taveného kovu a stabilitu oblouku.

**Filler metal/Svařovací kov:** Kov přidávaný během svařování (tvrdého pájení nebo povrchové úpravy).

**Filler rod/svařovací tyčinka:** Svařovací kov ve tvaru tyčinky (např. pro GTAW).

**Filler wire/svařovací drát:** Svařovací kov ve tvaru cívky nebo drátu. (např. pro GMAW a SAW)

**Flux/tavidlo:** Tavný materiál používaný pro ochranu svaru před atmosférickým znečištěním, pro zajištění stability oblouku, plní metalurgickou funkci (ochraňuje, rozpouští, nebo usnadňuje odstranění oxidů a jiných nežádoucích látek).

**Flux cored elektrode/Tavidlem plněná elektroda:** Svarový kov ve tvaru malé trubičky s tavidlem v jejím jádru. Jádro poskytuje odkysličení a struskotvorné materiály a může také poskytovat ochranné plyny (některé tavidlem plněné elektrody jsou samo-ochranné).

ISBN 978-2-87997-177-3