

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRAXE SVAŘOVÁNÍ

1. Bezpečnost při svařování

1.1 Všeobecné zásady

- Oprávnění ke svařování
- osoby se svářečskými doklady
 - osoby ve výcviku pod dohledem instruktora
 - žáci pod dohledem učitele svařování

- Platnost svářečského oprávnění
- potvrzení o přezkoušení z BOZP každé 2 roky
 - potvrzení o zdravotní způsobilosti 1x za 5 let, nad 50 let 1x za 3 roky

- Podmínky pro zahájení svařování
- zařízení nesmí vykazovat závady
 - stanovení požárně bezpečnostních opatření

- Rizika při svařování
- úraz elektrickým proudem
 - vznik požáru
 - popálení
 - rozstřík kovu a úlomky strusky
 - škodlivé účinky záření
 - hluk a mikroklimatické podmínky

- Svářečské pracoviště
- vymezený prostor pro svařování (stálý a přechodný)
 - stálé pracoviště 15 m³ volného prostoru na jednoho svářeče
 - stálé pracoviště 2 m² volné podlahové plochy na jednoho svářeče
 - stálé pracoviště nucené větrání (odsávání)
 - vybavení hasicím přístrojem nad 5 kg

- Osobní ochranné pomůcky
- svářečský oděv
 - pracovní obuv
 - kožená zástěra
 - kožené kamaše
 - svářečské rukavice
 - ochranná kukla nebo štít
 - ochranné brýle
 - ochranná čepice

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.2 Bezpečnost při svařování plamenem

Přeprava láhví - s láhvemi je třeba zacházet s maximální opatrností, pro přemístění je třeba použít speciální vozík, kde je láhev zajištěna

Umístění láhví - láhve musí být volně přístupné a zajištěné proti převržení, po dobu svařování musí být láhve v dohledu svářeče, 3m vzdálené od otevřeného ohně nebo chráněny zástěnou, maximální počet láhví na pracovišti 15, prázdné láhve se označí nápisem prázdná

Obsluha láhví - odběr acetylénu z láhve je možný ve svislé poloze nebo s minimálním sklonem 30° od vodorovné roviny, při nedodržení polohy až po 1 hodině, maximální odběr je 1000litrů za hodinu (max. hořák 6-9), maximální teplota láhve je 50°C (kontrola rukou), při překročení teploty je třeba uzavřít láhvový ventil a láhev ochlazovat, při vyprazdňování musí zůstat v láhvi minimální přetlak 0,05 MPa, láhvový ventil se otvírá rukou bez použití náradí, u kyslíkové láhve je třeba vyloučit znečištění tukem

Zařízení a příslušenství - hadice se smí použít jen pro plyn daný výrobcem, nejkratší délka 5 m, nejméně 1x za 3 měsíce se musí přezkoušet těsnost hadic nejvyšším pracovním tlakem a provést kontrolu za pomoci pěnotvorného roztoku, nová hadice je třeba propláchnout vodou a vysušit

Povinnosti při obsluze - po připojení redukčních ventilů je třeba provést jejich kontrolu

Zkouška vysokotlaké části - při povoleném regulačním šroubu se otevře láhvový ventil, ručička manometru se ustálí, láhvový ventil se znovu zavře a ručička nesmí klesat

Zkouška nízkotlaké části - při povoleném regulačním šroubu se otevře láhvový ventil a uzavře se ventil do hadicové přípojky, pokud stoupá tlak na pracovním manometru nebo se tvoří bublina na otvoru zvonu ventilu po natření pěnotvorným roztokem, netěsní škrtící ventil mezi vysokotlakou a nízkotlakou částí, redukční ventil musí být vyměněn

Zapálení hořáku - před zapálením se nejprve nechá protékat acetylén a po zapálení se přidá kyslík

Nesprávná funkce hořáku - v případě, že hořák střílí je třeba zhasnout plamen, ochladit vodou a profouknout kyslíkem, při zpětném šlehnutí do hořáku je třeba uzavřít ventily hořáku, při zpětném šlehnutí do hadic je třeba uzavřít láhvové ventily acetylénu a pak kyslíku nebo zalomit hadice

Zhasnutí plamene - nejdříve se uzavře ventil acetylénu na hořáku a pak kyslíku, o zhasnutí se přesvědčíme, že znovu otevřeme ventil acetylénu na hořáku



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracoviště pro svařování plamenem musí být vybaveno hasícím přístrojem (sněhový nebo práškový) a rukavicemi z nehořlavého materiálu pro uzavření hořících láhvoých ventilů, dále nádobou s vodou pro ochlazování hořáku.

1.3 Bezpečnost při svařování elektrickým obloukem

Provoz elektrických zařízení – zapojovat svářečky jen do ověřených zásuvek provozovatelem, před zapojením provést celkovou kontrolu (kabely aj.), při opuštění pracoviště se musí svařovací zdroj vypnout, svařovací vodiče se připojují jen ve vypnutém stavu, výměna elektrod se provádí jen v suchých a nepoškozených rukavicích, držák elektrod se odkládá na izolační podložku, kontrola vodičů se provádí denně, průřezy vodičů a jejich délka musí odpovídat svařovacímu proudu.

Ochrana před škodlivinami – ochrana před zářením, svářečská kukla nebo štít, volba filtru je dána intenzitou svařovacího proudu

Ochrana před úrazem elektrickým proudem – žák nepracuje v prostorech se zvýšeným nebezpečím elektrického proudu

Dovolené hodnoty napětí na prázdnou pro prostředí bez zvýšeného nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Stejnoseměrný proud - 113 V střídavý proud - 80 V

Hodnoty bezpečného proudu

Stejnoseměrný proud – 25 mA střídavý proud – 10 mA

Zacházení s láhvemi – max. teplota láhve CO₂ je 30 °C, ostatní viz. kapitola svařování plamenem

1.4 První pomoc při úrazu elektrickým proudem

Vyproštění postiženého mimo dosah zdroje úrazu tak, aby nemohlo dojít k následnému úrazu zachránce a dalších osob, vypnutí přívodu elektrického proudu, odtah postiženého z dosahu elektrického proudu nevodivým předmětem (pozor na krokové napětí), přerušení přívodu – jen pracovník s odbornou způsobilostí.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poskytnutí první pomoci

postižený je při vědomí – zkontrolujeme stav ostatních zranění, kontrola stavu vědomí, zavoláme odbornou pomoc a setrváme u postiženého

postižený v bezvědomí a dýchá – stabilizovaná poloha, zavoláme odbornou pomoc, kontrola zranění, kontrola tepu a dýchání a setrváme u postiženého

postižený v bezvědomí, nedýchá a hmatný tep – postiženého uložíme na záda, záklon hlavy, zahájíme umělé dýchání 10-12x za minutu, kontrola tepu, odborná pomoc

postižený v bezvědomí, nedýchá a nehmatný tep – stejné jako předchozí, umělé dýchání doplníme srdeční masáží do příjezdu lékaře

jeden záchránce – kombinace dvou vdechů a 15x masáž

dva záchránci – jeden vdech a 5x masáž

1.5 Soubor norem pro bezpečnost při svařování

ČSN 05 0600 – Bezpečnostní ustanovení pro svařování kovů, projektování a příprava pracovišť

ČSN 05 0601 – Bezpečnostní ustanovení pro svařování kovů, provoz

ČSN 05 0610 – Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro plamenové svařování kovů

ČSN 05 0630 – Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro obloukové svařování kovů

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Ruční svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou

2.1 Nauka o materiálu

Nejvýraznější vliv na vlastnosti ocelí má uhlík **C**. S rostoucím obsahem uhlíku se zvyšuje pevnost a tvrdost, zhoršuje se houževnatost a plastické vlastnosti. Nad 0,3% C je ocel vhodná pro kalení, ale nevhodná pro svařování. Pro svařování jsou vhodné oceli do 0.2% C, kde u nelegované oceli odpovídá pevnost asi 450 MPa.

Základní zkouškou pro zjišťování vlastností ocelí je tahová zkouška, z ní je možno určit mez kluzu, mez pevnosti, tažnost a kontrakci. Rovněž lze měnit vlastnosti tepelným zpracováním (kalení, popouštění , žíhání).

Svařitelnost ocelí se udává v materiálových listech. Je to komplexní charakteristika vyjadřující vhodnost kovu ke svařování při zaručení konstrukční spolehlivosti.

2.2 Přídavné materiály

Přídavný materiál je souhrné označení pro kov, který se přidává do tavné lázně. Při ručním svařování je to obalená elektroda. Rozměry obalovaných elektrod určuje norma ČSN EN 20544. Průměry dle normy jsou 1,6 – 2 – 2,5 – 3,2 – 4 – 5 – 6 – 8 mm.

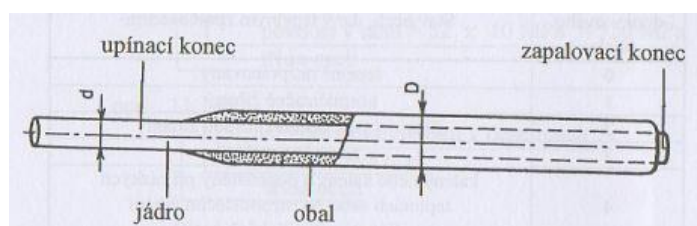
Funkce obalu elektrody - umožní zapálení oblouku a jeho hoření

- brání přístupu atmosféry do svarové lázně
- vytváří strusku
- přidává legující prvky do svarové lázně

Druhy obalu - kyselý K – použití pro střídavý i stejnosměrný proud (elektroda připojení záporný pól), vyšší svařovací proud, řídká lázeň, velký průvar, obtížná práce v polohách

- bazický B – nejpoužívanější, použití pro stejnosměrný proud (elektroda připojení + pól), vhodný pro svařování v polohách, malá hloubka závaru
- celulóznový C - použití pro střídavý i stejnosměrný proud, vhodný pro svařování v polohách, velká hloubka závaru, nižší houževnatost, hrubý povrch
- rutilový R - použití pro střídavý i stejnosměrný proud, malá hloubka závaru, použití pro tenké plechy, kořenové housenky a lepší v polohách než kyselý obal

Obalená elektroda



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Označení přídatných materiálů ESAB Vamberk

značení se skládá z předznaku a trojmístného čísla

– **předznak určuje druh výrobku:**

E	-	Elektrody pro ruční svařování
G	-	Dráty a tyčinky pro svařování plamenem
GI	-	Dráty pro svařování netavící se elektrodou v argonu
C	-	Dráty pro poloautomatické a automatické svařování v ochraně
CT	-	Trubičky pro poloautomatické a automatické svařování (navařování) v ochraně plynů
OT	-	Trubičky pro svařování (navařování) bez vnější ochrany
A	-	Dráty pro svařování a navařování pod tavidlem
AT	-	Trubičky pro svařování a navařování pod tavidlem
N	-	Pásky pro navařování pod tavidlem
F	-	Tavené tavidla pro automatické svařování a navařování
FK	-	Keramická tavidla pro automatické navařování
BO	-	Obalené páky
B	-	Pájky holé
BF	-	Tavidla pro pájení

U výrobků skupiny E, CT a OT doplňuje označení o symbol udávající druh obalu či náplně:

B	-	bazický	R	-	rutilový
K	-	kyselý	S	-	speciální

První číslice z trojmístného čísla určuje jakost výrobků podle účelu použití:

1	-	pro svařování nelegovaných ocelí
2	-	pro svařování nízkolegovaných ocelí
3	-	pro svařování nízkolegovaných žárupevných ocelí
4	-	pro svařování vysokolegovaných ocelí
5	-	pro navařování vrstev se zvláštními vlastnostmi
6	-	pro svařování barevných kovů
7	-	pro svařování šedé litiny
8	-	pro svařování v jaderné energetice
9	-	pro zvláštní účely

Druhá a třetí číslice z trojmístného čísla mají význam pořadový.

2.3 Zařízení pro svařování

Svařovací obvod se skládá ze svařovacího zdroje, svařovacích vodičů, držáku elektrod a svařovací svorky. Obvod se uzavře přes obalenou elektrodu, elektrický oblouk a svařovaný materiál. Elektrická energie se mění na tepelnou, dojde k natavení základního a přídatného materiálu a tím vytvoření svarového spoje.

Zdroje svařovacího proudu

- **točivé** (Triodyn) – těžké, hlučné, vysoká spotřeba el. energie
- **transformátory** – zdroje střídavého proudu, jen hobby použití
- **usměrňovače** – obsahují transformátor, usměrňovací můstek a tlumivku
- **inventory** – perspektivní zdroj, jde v podstatě o usměrňovač, který je až 10x lehčí než klasický při stejném výkonu

Svařovací charakteristika zdrojů (závislost napětí a proudu)

- **strmá** – vhodná pro ruční svařování, velké změny napětí při malé změně proudu, vlivem změn oblouku
- **plochá** – vhodná pro svařování automatem

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.4 Technologie svařování

Volba základního a přídatného materiálu

Svářeč se základní zkouškou smí svařovat jen nelegované a nízkolegované oceli, které nevyžadují předehřev.

Přídavný materiál volíme podobný základnímu s ohledem na polohu svařování, požadavky na svarový spoj a typ svářecího zdroje. Elektrody bazické připojíme na + pól a kyselé nebo rutilové na – pól.

Příprava materiálu pro svařování

Materiál pro svařování musí být čistý, zbavený rzi, mastnot, vlhkosti a jiných nečistot. To lze provést mechanicky (kartáčování, pilování aj.) nebo chemicky např. odmaštěním.

Mimo očištění netřeba správně upravit svarové plochy, jejich úprava závisí na tloušťce svařovaných materiálů. Pro materiály do 4 mm postačí kolmá stěna, pro svařování nad 4 mm se vytváří úkosy, hrana však nesmí zůstat ostrá, provede se otupení.

Pokud je možné použít oboustranný svar je to výhodnější z hlediska úspory přídatného materiálu i energie.

Vlastní svařování

Velikost a teplotu svarové lázně ovlivníme volbou průměru elektrody a velikostí svařovacího proudu. Menší průměry elektrod volíme při svařování kořene, tenkých materiálů a při svařování v polohách. Větší průměry použijeme pro výplňové a krycí vrstvy. O optimální intenzitě svařovacího proudu se můžeme přesvědčit sluchem (souvislý a rovnoměrný praskot). Svařovací proud se volí přibližně 40A na 1 mm průměru elektrody. Před použitím elektrod je nutné jejich vysušení při teplotě 100-150°C na dobu 1-2 hod. Rychlost svařování je třeba udržovat tak, aby oblouk hořel na okraji svarové lázně a struska nepředbíhala oblouk. Oblouk zapalujeme jen v místě budoucího svaru. Délka oblouku odpovídá průměru elektrody. Elektrodu vedeme s určitým sklonem. Před ukončením svařování se s elektrodou mírně vrátíme tak, abychom vyplnili kráter a oddálíme elektrodu a tím přerušíme oblouk. Pro napojení zapálíme oblouk za koncem předešlého svaru a na konec svaru se vrátíme.

Svarové díly se nejprve stehují (krátké svary), aby se zajistily správné rozměry svařovaného celku. Rovněž se nesmí zapomenout na úhlové deformace, které odstraníme předehnutím.

Příklady proudového zatížení elektrod s bazickým, kyselým a rutilovým obalem

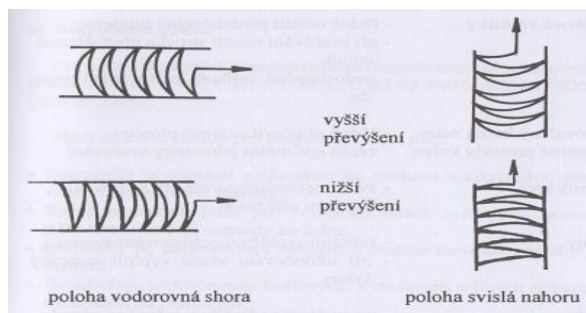
E - B 121 EN 499 - E 38 3 B	
Ø × l [mm]	proud [A] = (+)
2,0 × 300	60 - 80
2,5 × 350	80 - 100
3,2 × 350	110 - 140
3,2 × 450	110 - 140
4,0 × 450	140 - 170
5,0 × 450	190 - 230

E - K 103 EN 499 - E 35 A A	
Ø × l [mm]	proud [A] ~, = (-)
2,0 × 300	65 - 80
2,5 × 350	80 - 100
3,2 × 450	100 - 130
4,0 × 450	170 - 210
5,0 × 450	210 - 270

E - R 117 EN 499 - E 38 A R	
Ø × l [mm]	proud [A] ~, = (-)
2,0 × 300	40 - 70
2,5 × 350	60 - 100
3,2 × 350	80 - 120
4,0 × 350	140 - 170

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kořenové housenky svařuje přímočarým pohybem elektrody. Kořen musí být provařený, ale bez krápníků. Po nanesení svarové housenky oklepeme strusku a očistíme ocelovým kartáčem. Výplňové a krycí vrstvy provádíme příčným kývavým pohybem. Při kývavém pohybu lze dosáhnout šířky až 5 průměrů elektrody. Při tomto pohybu na okrajích poněkud pozastavíme a přes střed postupujeme rychleji. Pomocí obloučků můžeme vytvořit plochý, vyduťý nebo převýšený svar.



Vady při svařování a jejich předcházení

Plynové dutiny – řádné očištění materiálu, použít vysušené elektrody, zvolit správné parametry svařování

Struskové vměstky – řádné očištění svarové housenky, struska nesmí předběhnout oblouk, malý svařovací proud

Neprovařený nebo protoklý kořen – řádná příprava ploch, zvolit optimální parametry svařování

Studený spoj - zvolit optimální parametry svařování

Trhliny – zamezit rychlému ochlazení svarku, při ukončení svaru vyplnit koncový kráter

Zápaly – snížit intenzitu svařovacího proudu

Nadměrné převýšení – správná velikost výplňové vrstvy, správná postupová rychlost, menší průměr elektrody

Přesazení – správně provést stehování

Rozstřík – dodržet polaritu svařovacího proudu

2.5 Názvosloví – základní pojmy

Svar – část svarového spoje, která byla při svařování roztavena

Svarek – výrobek zhotovený svařováním

Základní materiál – materiál svařovaných částí

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tepelně ovlivněná oblast – část základního materiálu, která nebyla roztavená, ale změnila vlastnosti

Hranice ztavení – hranice základního materiálu a svarového kovu

Hloubka závaru – největší hloubka roztavení základního materiálu

Kořen svaru – část svaru nejvzdálenější od povrchu

Úhel zkosení – úhel mezi úkosem a plochou čela

Úhel rozevření – úhel mezi skosenými částmi svarových ploch

Otupení – nezkosená část svarové plochy

Svarové plochy – části povrchu základního materiálu, které se zúčastní svařování

Housenka – svarový kov navařený při jednom chodu

Vrstva – jedna nebo několik housenek umístěných na stejné úrovni příčného řezu svaru

Vícevrstvý svar – složený z několika vrstev

Krycí vrstva – poslední svarová vrstva tvořící povrch svaru

Podložení svaru – zhotovení svarové vrstvy ze strany kořene

Svarový kov – přetavený přídavný materiál přivedený do tavné lázně

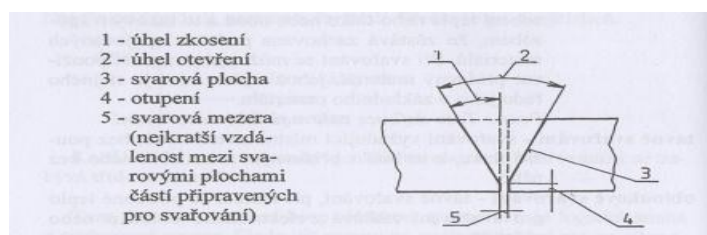
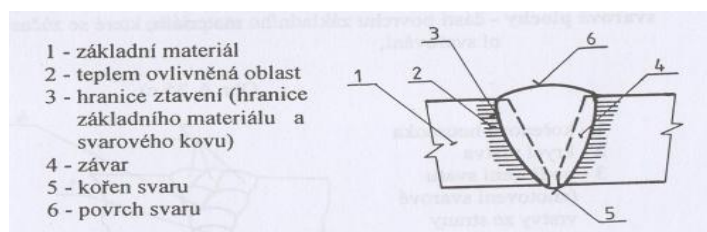
Svarová lázeň – část svarového materiálu v tekutém stavu

Přídavný materiál – kov přidávaný do svarové lázně

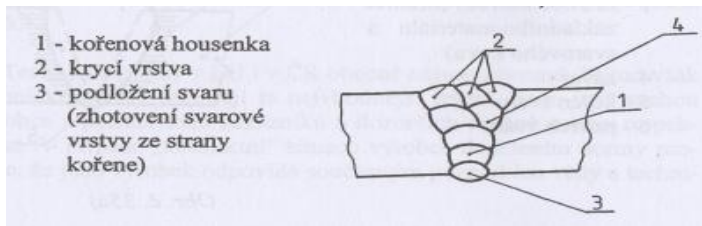
Foukání oblouku – odklonění oblouku působením magnetických polí

Přímá polarita – elektroda připojena na záporný pól zdroje

Nepřímá polarita – elektroda připojena na kladný pól zdroje



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ






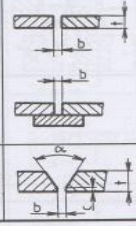


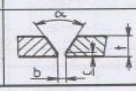


4 – výplňové vrstvy

Příklady přípravy svarových ploch pro tupé a koutové jednostranné svary

Tabulka č. 12 - Tvary svarových ploch pro tupé, jednostranné svary podle ČSN EN 29692



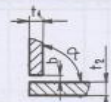


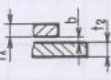


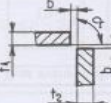
Rozměry v mm

Číslo	Svar				Tvar svarové plochy				Doporučená metoda svařování ³⁾ (Podle ISO 4063)	Poznámka	
	Tloušťka materiálu	Pojmenování svaru	Značka (Podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry					
						Úhel ¹⁾	Mezera	Otupení			Výška úkosu
t					α, β	b	c	h			
12.1	$t \leq 2$	Lemový svar				-	-	-	-	3 111 141 131 135	Většinou bez přídavného materiálu
12.2	$t \leq 4$	I - svar				-	$b = t$	-	-	3 111 141	-
12.3	$3 \leq t \leq 10$	V - svar				$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	-	3 ⁴⁾	Případně s podložkou

pokračování

Tabulka č. 14 - Tvary svarových ploch pro jednostranné koutové svary podle ČSN EN 29692

Rozměry v mm

Číslo	Svar				Tvar svarové plochy			Doporučená metoda svařování ¹⁾ (Podle ISO 4063)
	Tloušťka materiálu	Pojmenování svaru	Značka (Podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry		
						Úhel	Mezera	
t					α, β	b		
14.10A	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar T - spoj				$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
14.10B	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar Přelátovaný spoj				-	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
14.10C	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar Rohový spoj				$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141

1) Odkaz na metodu svařování neznamená, že je použitelná pro celý rozsah tlouštěk materiálu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Polohy svařování

Označování poloh svařování podle ČSN EN ISO 6947 Svařování-Pracovní polohy-Definice úhlů sklonu a otočení. Systém označování je zřejmý z obrázku.

**POLOHY SVAŘOVÁNÍ
PODLE ČSN EN ISO 6947**

	SVISLÉ SVARY	SKLONĚNÁ OSA
<p>ORIENTAČNÍ PÓLKRUH</p>		

Pojmenování a symboly hlavních poloh

Pojmenování	Symbol
Poloha vodorovná shora	PA
Poloha vodorovná šikmo shora	PB
Poloha vodorovná	PC
Poloha vodorovná šikmo nad hlavou	PD
Poloha vodorovná nad hlavou	PE
Poloha svislá nahoru	PF
Poloha svislá dolů	PG
Svařování nahoru k vrcholu svaru Úhel sklonu 45°	H-L045
Svařování od vrcholu svaru dolů Úhel sklonu 60°	J-L060

2.6 Návzik svařování

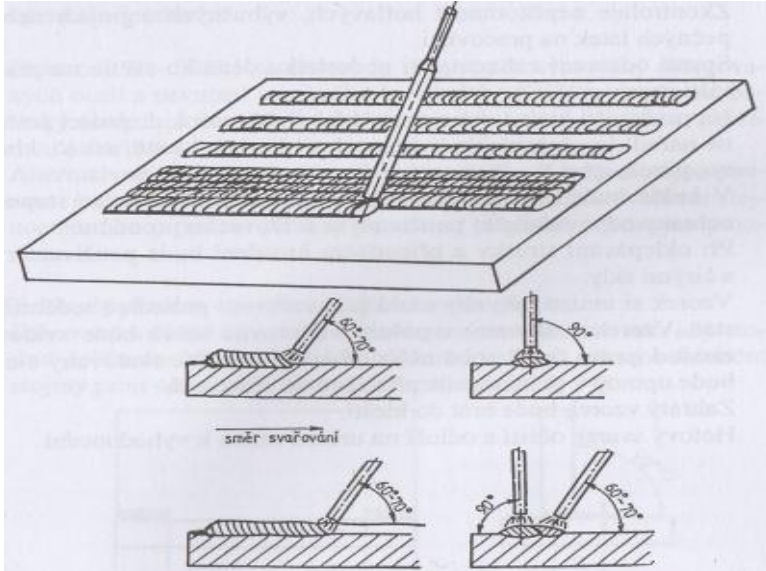
Návary v poloze vodorovné shora

Základní materiál ocel 11 373, přídatný materiál bazická elektroda průměr 3,2 (2,5)

Pro bazickou elektrodu 3,2 nastavíme svařovací proud 110 – 140 A. Elektrodu povedeme v příčném směru kolmo k materiálu a v podélném směru pod úhlem 60° – 70°. Sklon elektrody přizpůsobíme případnému foukání oblouku. Při přímočarém vedení je šířka housenky rovna dvojnásobku průměru elektrody, při kývavém pohybu až pětinasobku průměru elektrody. Obloučky můžeme ovlivnit výšku návaru. Pro plošný návar budeme pokládat jednu housenku vedle druhé tak, že se budou téměř polovinou šířky překrývat. Střed elektrody povedeme po okraji předešlé housenky a sklon v příčném směru bude 60° – 70°.

Vady u návaru – nepravidelný povrch, nepravidelná šířka, vadné napojení, nevhodné překrývání (vruby)

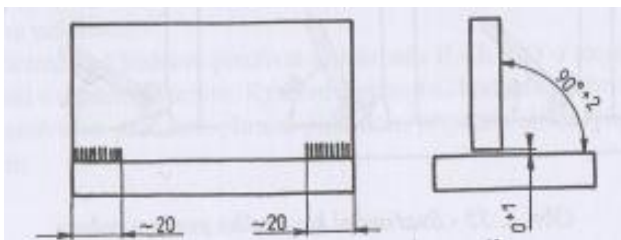
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Koutový svar v poloze vodorovné šikmo shora (PB)

Základní materiál ocel 11 373, přídatný materiál bazická elektroda průměr 3,2 a 2,5

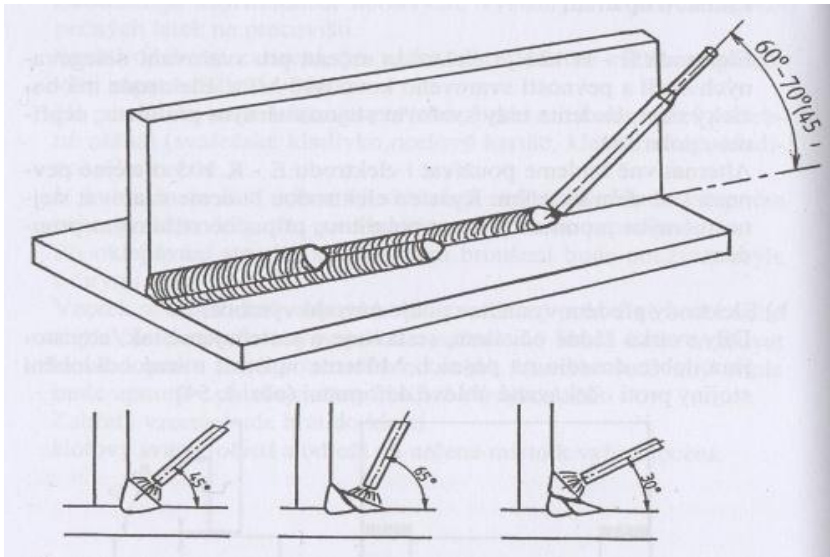
Díly svaru očistíme a sestehujeme dle náčrtu, rovněž provedeme odklon stojiny z důvodu úhlové deformace.



Použijeme bazickou elektrodu o průměru 2,5 mm, nastavíme svařovací proud 85 – 110 A, dále elektrodu o průměru 3,2 mm, kde nastavíme 110 – 140 A. Svar provedeme na tři housenky. První kořenovou vrstvu elektrodou o průměru 2,5 mm, druhou a třetí krycí vrstvu provedeme elektrodou o průměru 3,2 mm. Při svařování kořene je příčný sklon elektrody 45° a osa elektrody směřuje do středu spoje. U druhé housenky je sklon 65° a osa směřuje k dolnímu okraji první housenky. U třetí housenky je sklon elektrody 30° a osa směřuje k hornímu okraji první housenky. V podélném směru vedeme elektrodu pod úhlem 60 až 70° . Na začátku a konci vzorku dochází k foukání oblouku, kterému předejdeme změnou sklonu elektrody. Dbáme na správné přerušování a napojení housenky.

Vady svaru – zápaly ve stojně, podélný vrub mezi housenkami krycí vrstvy

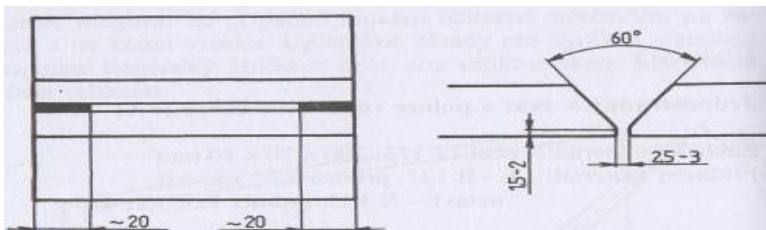
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Jednostranný V svar v poloze vodorovné shora (PA)

Základní materiál ocel 11 373, přídatný materiál bazická elektroda průměr 3,2 a 2,5

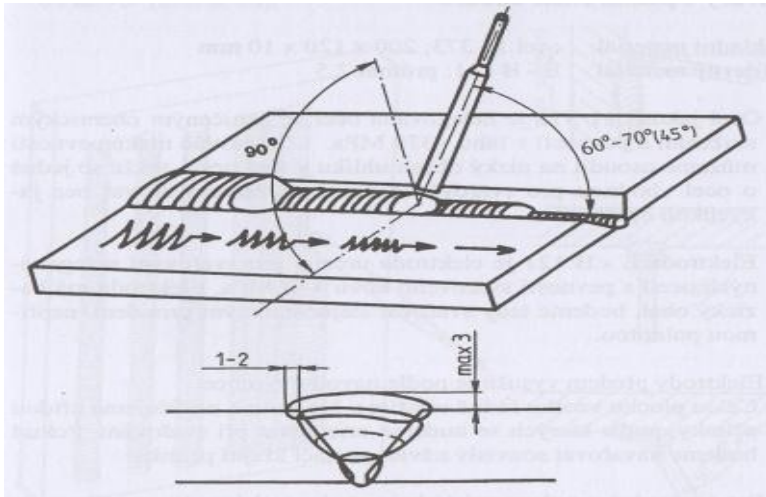
Desky na kterých máme skosení pod úhlem 30° očistíme a vytvoříme otupení 1,5 až 2mm, slícujeme a sestehujeme se svarovou mezerou 2,5 mm vlevo a 3 mm vpravo, stehy provedeme na okrajích v délce 20 mm, dále desky mírně předehneme z důvodu úhlové deformace.



Elektrodu provedeme v příčném směru vždy kolmo k povrchu základního materiálu a v podélném směru skloněnu pod úhlem 60 až 70° (na začátku ji více položíme, na konci více postavíme – foukání oblouku). Kořenovou housenku budeme svařovat elektrodou o průměru 2,5 mm, svařovací proud 80 až 100 A, přímočaře bez kývání. Napojení kořenové housenky provedeme tak, že zvýšíme proud a zatlačíme elektrodu do kořene a pak opět snížíme svařovací proud. Výplňové vrstvy provedeme elektrodou o průměru 3,2 mm a proudem 110 až 140 A s příčně kývavým pohybem, abychom vyplnili úkos a hrany zůstaly nepoškozeny. Poslední krycí vrstvu provedeme elektrodou 3,2 (4) mm kývavým pohybem a rychlost svařování volíme tak, aby hrany byly překryty 1 až 2 mm a převýšení svaru bylo max. 3 mm.

Vady svaru – neprovařený nebo přeteklý kořen, špatně položená krycí vrstva

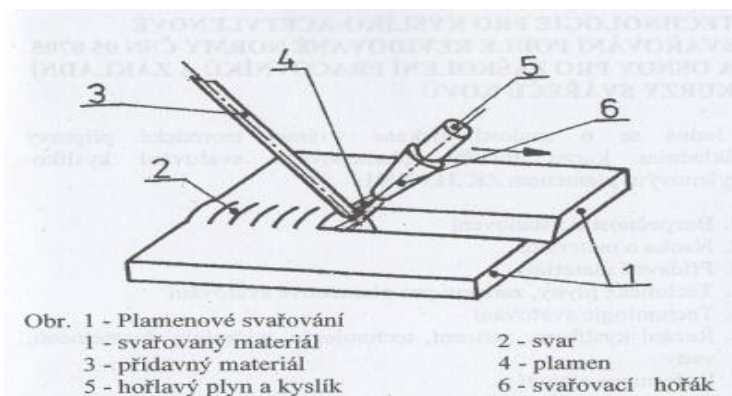
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



3. Ruční svařování kyslíko-acetylenovým plamenem

3.1 Základní pojmy

Definice svařování plamenem – je tavné svařování, při kterém se teplo získává spalováním hořlavého plynu s kyslíkem.



Plamenné svařování se používá především při opravách a v kusové výrobě.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.2 Láhve, plyny pro svařování a příslušenství

Acetylén – bezbarvý plyn, lehčí než vzduch, značka C_2H_2

Kyslík – podporuje hoření, značka O_2

Tlaková láhev – základem je bezešvá ocelová trubka o tloušťce stěny 5 - 8 mm. Tlak v acetylénové láhvi max. 1,5 MPa.

Acetylénová láhev



Láhve se vyprazdňují do přetlaku 0,05 MPa. Pro acetylén je vyprazdňování závislé na teplotě viz. tabulka

Teplota okolí	Pod 0 °C	0 až + 15 °C	+15 až +25 °C	+25 až +35 °C
Přetlak v lahvi MPa	0,02	0,05	0,10	0,15

Barevné značení tlakových láhví

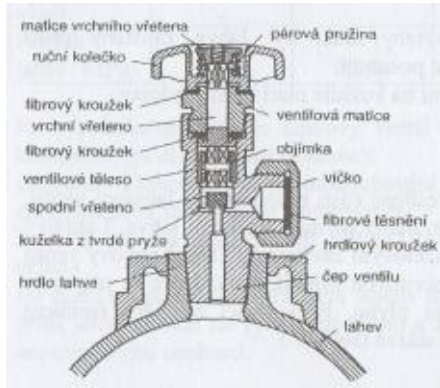
	Stávající stav (převažující)	Nový	Stávající stav (převažující)	Nový
Kyslík	modrá	modrá	modrá (šedá)	modrá (šedá)
Acetylen	bílá	bílá	kaštanová (bílá, šedá)	kaštanová (bílá, šedá)
Argon	hnědá	hnědá	tmavě zelená (šedá, tmavě zelená)	tmavě zelená (šedá, tmavě zelená)
Dusík	zelená	zelená	černá (šedá)	černá (šedá)
Oxid uhlíčitý	černá	černá	šedá	šedá
Helium	hnědá	hnědá	hnědá (jasně zelená)	hnědá (jasně zelená)
Xenon, Krypton, Neon	šedá	šedá (černá)	šedá (jasně zelená)	šedá (jasně zelená)
Vodík	červená	červená	červená	červená
Formovací plyn (směs dusík/vodík)	červená	červená	šedá	šedá
Směs argon/oxid uhlíčitý	šedá	šedá	šedá	šedá
Stlačený vzduch	šedá	šedá	šedá	šedá

Poznámka: Válcová část láhve může být označena různými barvami, z nichž jedna je zde zobrazena barevně a ostatní jsou uvedeny v závorce.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

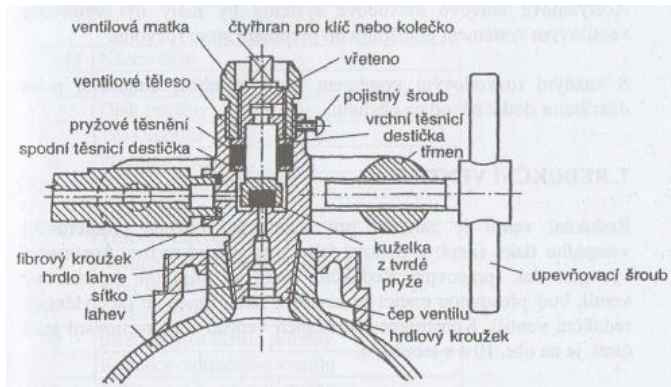
Láhový ventil pro kyslík

Je vyroben z mosazi, závit pro připojení W pravý vnější 21,8 mm.



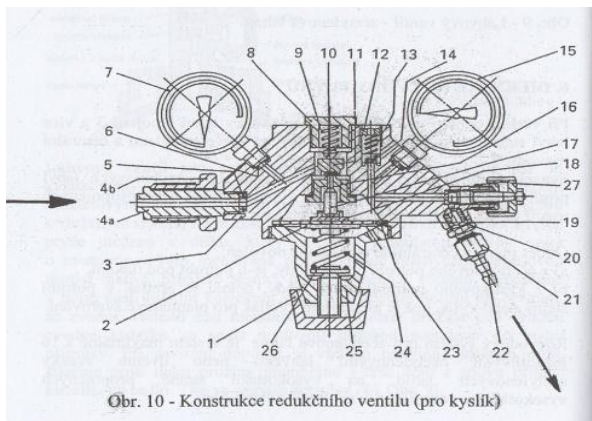
Láhový ventil pro acetylén

Je vyroben z oceli a připojuje se třmenem.



Redukční ventily

Slouží pro regulování proměnného vstupního tlaku z láhve na konstantní výstupní tlak pracovní v hořáku. Upevňuje se převlečnou maticí nebo třmenem.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Číslo	Název části
1	Regulační šroub
2	Disk pružiny
3	Tělo ventilu
4a	Přípojka vstupní
4b	Přesuvná matice
5	Filtr vstupní
6	Těsnění tlakoměru
7	Vstupní (vysokotlaký) tlakoměr
8	Kryt škrticí pružiny
9	Škrticí pružina
10	Středící hrot škrticí pružiny
11	Kuželka redukčního ventilu
12	Seřizovací šroub pojistného (odpouštěcího) ventilu
13	Pružina pojistného (odpouštěcího) ventilu
14	Kuželka pojistného (odpouštěcího) ventilu
15	Výstupní (nízkotlaký) tlakoměr
16	Sedlo redukčního ventilu
17	Kolík odtlačovací
18	Opěra kolíku
19	Membrána
20	Výstupní koncovka
21	Přesuvná matice
22	Hadicový nástavec
23	Kluzný kroužek
24	Regulační pružina
25	Zvon redukčního ventilu
26	Podložka pružiny
27	Výstupní ventil

Hadice vedou plyn ke svařovacímu hořáku, jsou barevně označeny, acetylén barva červená, kyslík barva modrá. Hadice se upevňují na hadicové nástavce pásovou svorkou. Pro prodloužení hadic se používá hadicová spojka. Hadice musí mít délku minimálně 5 m. Nové hadice je třeba propláchnout teplou vodou a vysušit. Kontrola hadic se provádí co tři měsíce nejvyšším pracovním tlakem při ponoření do vody. Acetylén 0,15 MPa, kyslík 0,8 až 1,5 MPa.

Svařovací hořák

Dochází v něm k směšování hořlavého plynu s kyslíkem, jsou určeny pro svařování nebo řezání. Dělí se na – s injektorem nebo bez a dále na nízkotlaké a vysokotlaké. Injektor při výtoku z dýzy vytváří podtlak, který nasává hořlavý plyn. Při práci s hořákem s injektorem je třeba se přesvědčit o nasávacím účinku tak, že povolíme acetylénovou hadici od rukojeti hořáku a podtlak se ověří přiložením prstu nebo papírkem, pokud se nasávací účinek neprojeví je nutné hořák vyřadit. Při provozu dochází k znečištění hubice hořáku, která se čistí speciálním nářadím nebo se ochladí ve vodě, okuje odpadnou nebo se dočistí dřevem. Poškozená hubice se musí vyměnit.

3.3 Proces hoření

Druhy plamenů podle poměrů plynů

- neutrální $O_2 : C_2H_2$ 1 až 1,1 : 1
- redukční přebytek acetylénu
- oxidační přebytek kyslíku

Teplota kyslíko-acetylénového plamene 3160 °C.

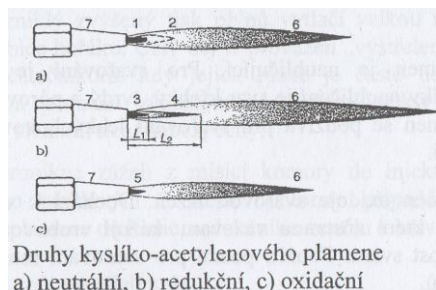
Použití plamene – neutrální – nejčastější použití

- redukční – výjimečné použití pro lehké kovy a ocel vyšší pevnosti
- oxidační – použití pro mosaz a bronz

Druhy plamenů podle výtokové rychlosti – měkký – 70 až 100 m/s náchylný k zpětnému šlehnutí

- střední – 100 až 120 m/s stabilní, přiměřený
- ostrý – nad 120 m/s víření lázně

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



- 1 – svařovací kužel ostře ohraničený, oslnivě bílý
- 2 – redukční oblast plamene
- 3 – svařovací plamen oslnivě bílý, překrytý bělavým závojem
- 4 – bělavý závoj
- 5 – svařovací plamen zkrácený, modrofialový
- 6 – vnější oxidační plamen
- 7 – svařovací hubice

Zpětné šlehnutí plamene - nebezpečný jev, plamen vniká zpět do hořáku. Projevuje se výstřelem nebo pískavým zvukem. Okamžitě uzavřeme přívod plynů, nejdříve kyslík.

- Příčinou je :
1. rychlost hoření směsi je větší než výstupní rychlost plynů z hořáku
 2. přehřátá svařovací špička (500 až 600 °C)
 3. ucpaní výstupního otvoru hořáku žhavým kovem

3.4 Technologie svařování

Přídavný materiál se používá ve formě drátu, lze použít i trubičkový drát plněný tavidlem. Tyčinky se vyrábějí v normalizovaných průměrech v délce 500 až 1000 mm. Svařování plamenem se používá do tloušťky 4 mm.

Zapalování plamene – nepatrně se otevře kyslík, pak acetylén a zapálí se, po té se seřídí plamen.
Zhasínání plamene – nejdříve se uzavře acetylén a pak kyslík. O zhasnutí se přesvědčíme, že znovu otevřeme acetylénový ventil.

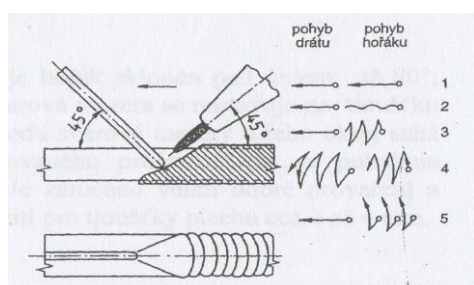
Stehování – u krátkých svarů se provádí na začátku, konci a uprostřed. U delších svarů se stehuje od středu k okraji, střídavě z obou stran.

Způsoby svařování

Svařování vpřed

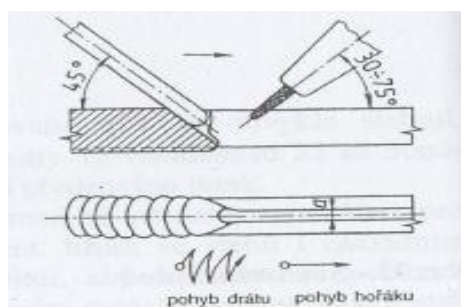
Dříve se nazývalo doleva. Svařovací drát je veden před hořákem ve směru svařování. Je to méně náročný způsob než svařování vzad, ale dosáhne se horšího provaření. Vhodné pro tenké plechy, litinu, lehké kovy, mosaz a měď.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Svařování vzad

Nejpoužívanější způsob práce. Svařovací hořák postupuje zleva doprava, drát postupuje za hořákem. Plamen chrání tavnou lázeň. Hořák je veden přímočaře, drát koná kývavé pohyby a je trvale ponořen v svarové lázni. Při správném postupu svařování se musí vytvářet hruškovitý otvor ve svarové mezeře. Metoda zaručuje lepší provaření kořene, menší prnutí a deformace, je však náročnější na zručnost svářeče.



Tenké plechy do 2 mm lze svařovat i bez přídavného materiálu lemovým nebo tupým I svarem.

S přídavným materiálem se svařuje I svar vpřed i vzad, V svar vpřed s propichováním kořene a vzad, koutové svary vpřed i vzad a nevyšší kvalifikací je svařování trubek. Trubky se obvykle stehují třemi stehy na obvodě po 120°.

Svařitelnost ocelí – do 0,22% C, zlepšení svařitelnosti použit předehřev

Svařitelnost litiny – obtížná, teplota tavení 1200°C, předehřev 550 °C, přídavný materiál litina se zvýšeným obsahem křemíku, velmi pomalé chladnutí, postup vpřed s tavidlem.

Svařitelnost hliníku – teplota tavení 658°C, hlavní problém Al_2O_3 při svařování, špatně se odhaduje teplota, není vidět změnu barvy, důležitá příprava ploch, přídavný materiál stejný, nutné použít tavidlo, nestehuje se, redukční plamen, předehřev 300°C.

Svařitelnost mědi – teplota tavení 1083°C, pro svařitelnost se provede zkouška, měď se zahřeje a nechá chladnout, je-li křehká nesvařuje se, ale pájí. Při svařování se nestehuje, používá se tavidlo, svary se překovají.

Svařitelnost mosazi – teplota tavení asi 900°C, oxidační plamen omezí odpařování zinku, po svaření prokování za studena.

Svařitelnost bronzu – teplota tavení asi 900°C, neutrální plamen, předehřev 400°C, nekove se, tavidlo.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.5 Tepelné dělení materiálu

Kyslíkové řezání – spočívá v předehřátí oceli na zápalnou teplotu 1150°C a následné přivedení kyslíku pod tlakem, který zajistí spalování kovů a vytvoření řezné spáry.

Podmínky řezatelnosti – zápalná teplota řezaného kovu nižší než jeho teplota tavení

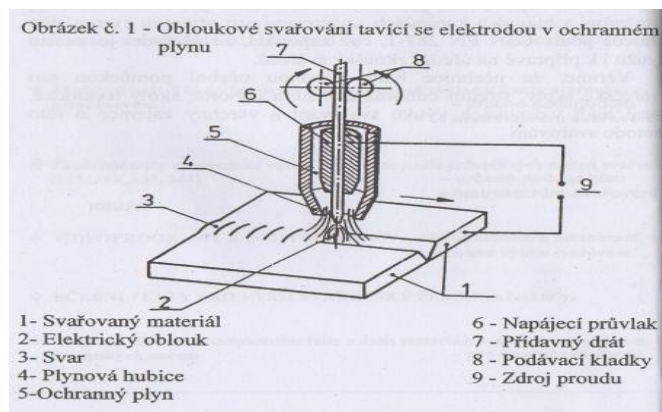
- materiál musí být předehřát v celé tloušťce na zápalnou teplotu
- teplota vznikajících oxidů musí být nižší, než teplota tavení řezaného kovu a struska musí být snadno tekutá

Řezání se provádí ručně nebo strojně. Metalurgický efekt není důležitý u nízkouhlíkových ocelí, ale nepříznivé důsledky může mít u ocelí vysoce legovaných a slitinových.

4. Svařování tavící se elektrodou v CO₂ (MAG)

4.1 Základní pojmy

MAG – obloukové svařování, kdy elektroda se taví pod ochranou přiváděného plynu, který se aktivně účastní procesů v elektrickém oblouku.



4.2 Přídavné materiály

Přídavným materiálem je svařovací drát přiváděný do hořáku podávacím zařízením spolu s ochranným plynem.

Systém značení svařovacích drátů se skládá z pěti částí :

1. označení metody svařování **G**
2. pevnostní označení meze kluzu **35** (355MPa)
3. číselné označení nárazové práce **3** (teplota pro nárazovou práci min.47J – 30°C)
4. označení ochranného plynu **C** (CO₂)
5. chemické složení drátu **G3SiI**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

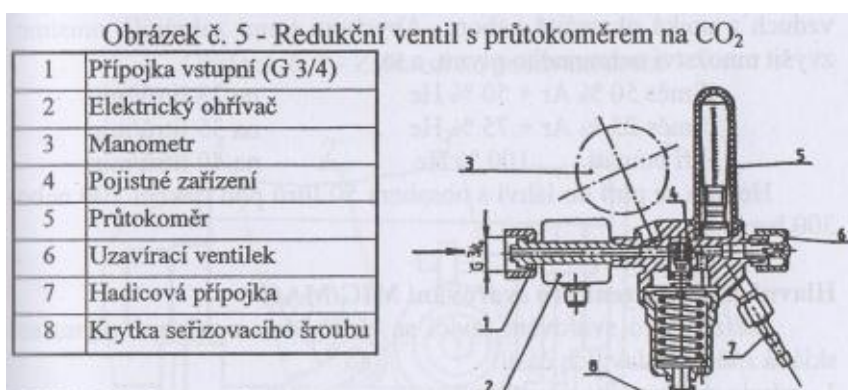
Příklad označení přídatných materiálů dle ČSN EN 440 – G 35 3 C G3SiI

Ochranné plyny pro metodu MAG

Druh plynu	Složení	Použití
CO ₂	CO ₂ 99,9%	Svařování tenkých plechů při zkratovém přenosu kovu v oblouku, hluboký závar, značný rozstřík
Dvojsložkové směsi Ar + CO ₂	Ar + 8 až 20% CO ₂	Stabilní elektrický oblouk, malý rozstřík, dobrý závar, univerzální použití
Trojsložkové směsi Ar + CO ₂ + O ₂	Ar + 5 až 13 % CO ₂ 1 až 5 % O ₂	Hladké a čisté svary, vhodné pro mechanizované svařování, pozvolný přechod svaru do základního materiálu
Čtyřsložkové směsi Ar + He + CO ₂ + O ₂	různé	Stavba lodí, výroba kolejových vozidel, těžké strojírenství, maximální svařovací rychlosti, nepatrný rozstřík

4.3 Vlastnosti CO₂ - redukční ventil

Oxid uhličitý je těžší než vzduch, kapalní při teplotě 15⁰C a tlaku 6 MPa. Je to bezbarvý plyn, kyselé chuti a je nehořlavý. Oxid uhličitý se odebírá z láhve pomocí jednostupňového redukčního ventilu. Aby redukční ventil při svařování nezamrzl je vybaven topným tělesem.



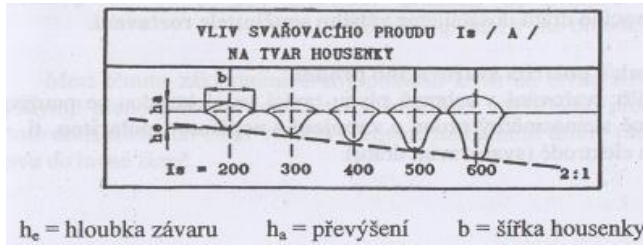
4.4 Technologie svařování

Základním rysem obloukového svařování MAG je vysoké proudové zatížení až desetinásobné proti obalené elektrodě. Hodnota svařovacího proudu je přímo závislá na podávací rychlosti svařovacího drátu, tzn. čím vyšší je rychlost podávání, tím vyšší je svařovací proud. Tuto metodu lze dobře mechanizovat.

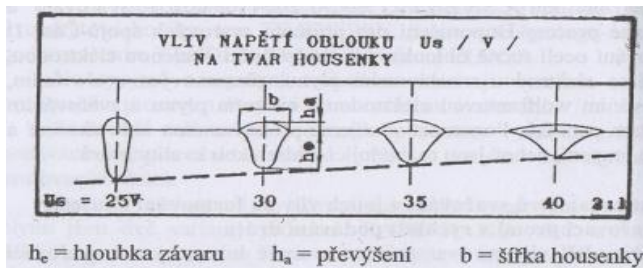
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Volba svařovacích parametrů

1. Svařovací proud a rychlost podávání drátu – vyšší proud zvyšuje výkon roztavení a hloubku závaru



2. Svařovací napětí – má vliv na šířku svarové housenky



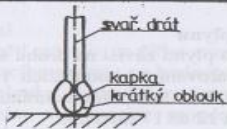

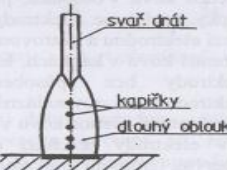
3. Průměr drátu – větší průměr větší svařovací proud

4. Druh a polarita svařovacího proudu – stejnosměrný proud, nepřímá polarita, svařovací drát + pól

5. Vyložení drátu - $L = 10 \times$ průměr drátu

6. Množství ochranného plynu – 12 až 17 litrů / min.

Základní druhy přenosu svarového kovu do svarové lázně

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

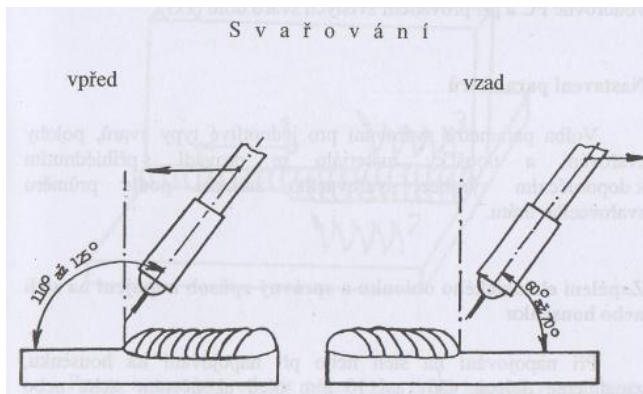
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování vpřed

Osa svařovacího hořáku svírá se směrem svařování tupý úhel. Svářeč má dokonalý výhled do svarové mezery, ale hubice hořáku mu zakrývá výhled na formování svarové housenky. Teplo působí na větší plochu materiálu, vzniká větší šířka housenky, menší hloubka závaru a hladší povrch svaru. Použití především pro svařování kořene.

Svařování vzad

Osa svařovacího hořáku svírá se směrem svařování ostrý úhel. Hubice zakrývá pohled do svarové mezery, ale umožňuje formování povrchu svaru. Housenka je užší s větším převýšením, méně hladký povrch, ale větší závar. Svarová lázeň je dokonale chráněná ochranným plynem.



5. Svařování termoplastů

5.1 Podstata svařování termoplastů

Termoplasty působením tepla měknou, přecházejí v taveninu ve které je možné je spojovat. Pak působením tlaku proti sobě dojde k promísení makromolekul ve spoji. Po pozvolném ochlazení vznikne pevný svarový spoj.

Základní parametry svařování

Teplota – je závislá na druhu plastu, např. pro polyfuzní svařování je v rozsahu 210 – 270 °C

Tlak – je vytvářen ručně svářečem (kónicky ukončené tvarovky) nebo strojně (mechanicky, hydraulicky)

Čas – je dán pro jednotlivé operace svařování v postupovém listu

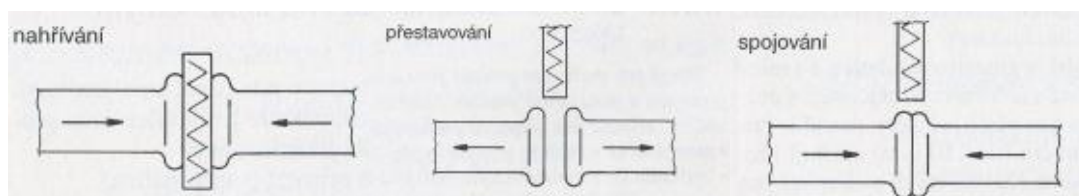
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5.2 Metody svařování termoplastů v dílnách

Svařování na tupo horkým tělesem

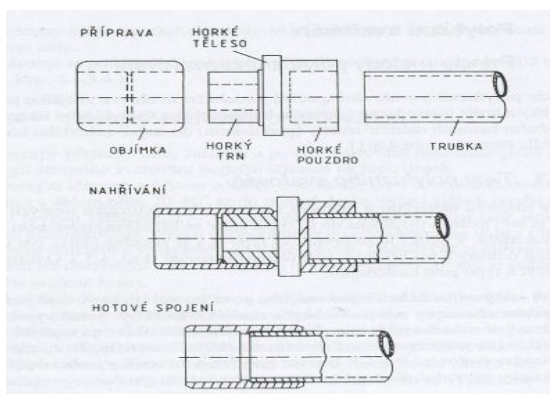
Svařování na tupo se rozumí ohřev čel trubek na topném tělese (zrcadle) a jejich následné spojení použitím tlaku. Přídavný materiál se při této metodě nepoužívá. Ruční svařování na tupo bez upnutí a strojního přitlaku je pro spojování tlakových potrubních rozvodů **nepřípustné!** Ruční postup lze využít pro beztlaké chráničky kabelů a díly bez požadavků na těsnost a pevnost spoje. Teplota okolí při svařování má být nad 5°C a tloušťka stěny trubky nad 3 mm.

Postup svařování na zrcadle



Polyfúzní svařování

Princip spočívá v souběžném ohřevu vnějšího povrchu trubky a hrdla tvarovky na tvarovém horkém tělese (polyfúzním nadstavci) a následném zasunutí nahřáté trubky (pod tlakem) do stejně zahřátého kónického hrdla tvarovky.



Polyfúzní svářečka pro svařování do průměru 40 mm má příkon asi 400 W. Lze ji použít pro svařování trubek o průměrech 16, 20, 25, 32 a 40 mm.

Konce trubek pro svar mají mít zkosení 2 mm. Délka zasunutí do tvarovky je určena podle průměru trubky. Trubka nesmí být zasunuta až k dorazu tvarovky, v hrdle musí zůstat mezera 1 až 2 mm pro výronek materiálu. Pokud dojde k přetoku výronku dovnitř tvarovky, sníží se průtok.

Průměr trubky (mm)	Délka zasunutí (mm)
16	13
20	14
25	15
32	17
40	18

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Materiály vhodné pro svařování polyfúzí

PE – polyethylen, PP – polypropylen, PB – polybuten, PVDF – polyvinylidenfluorid.
Pro vnitřní rozvody vody se nejčastěji používá polypropylen označený PP-R.

Chyby při svařování polyfúzí

- špatný výběr materiálu
- špatné označení délky zasunutí
- nedostatečné očištění ploch
- špatná svařovací teplota
- chybná délka ohřevu
- nedostatečná fixace svaru

6. Deformace, zkoušky, vady a označení svarů

6.1 Deformace a pnutí

Deformace se projevují nepříznivě změnami tvaru a rozměrů svařovaných dílců. Pnutí naopak podporuje vznik trhlin. Obě záležitosti spolu souvisí. Tenké materiály podléhají deformaci a u tlustých materiálu se projevuje pnutí.

Podle směru rozeznáváme deformace – podélné – v ose svaru
– příčné – kolmo na osu svaru
– úhlové – změna úhlového sestavení

Postup omezení deformací – omezení tepla do svaru
– využití protideformace
– upnutí do přípravku
– vhodný pracovní postup (stehování, střídavý nebo vratný krok)
– důsledná příprava materiálu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6.2 Zkoušky svarů

Zkoušky svarových spojů se dělí na :

1. zkoušky nedestruktivní – bez porušení materiálu
2. zkoušky destruktivní – s porušením materiálu

Nedestruktivní zkoušky

1. Vizuální kontrola – zjištění povrchových a kořenových vad
2. Zkouška prozářením – rentgen nebo gama záření (zjištění množství a rozložení vad)
3. Zkouška ultrazvukem – zjišťování vnitřních vad
4. Zkouška magnetická prášková – zjišťování vad v blízkosti povrchu
5. Zkouška barevná kapilární – zvýraznění povrchových vad

Destruktivní zkoušky

1. Příčná tahová zkouška – zkouší se svarový vzorek
2. Zkouška lámavosti – zjišťuje se vznik trhlin v ohybu
3. Zkouška rázem v ohybu – přeražení tyčinky s vrubem
4. Zkoušky tvrdosti – nejčastěji vnikací (HB, HV, HRC)
5. Makroskopická kontrola – vizuální na příčném řezu vzorku
6. Zkouška rozlomením – zjištění vad v lomové ploše

6.3 Vady svarů

Vady svarů jsou dle ČSN EN ISO 6520-1 členěny do šesti skupin :

1. Trhliny – vady způsobené ochlazením nebo napětím
2. Dutiny – vady způsobené plyny, nečistotou atd.
3. Pevné vměstky – tuhé cizí látky ve svarovém kovu
4. Studené spoje a neprůvary – nečistota svarových ploch, špatné parametry svařování
5. Vady tvaru a rozměru – převýšený, prohloubený svar, nesprávná šířka
6. Jiné vady – rozstřík, poškození sekáčem aj.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6.4 Označení svarů na výkresech

Označení je tvořeno - základní značkou
- doplňkovou značkou
- údaji o rozměrech
- doplňujícími údaji

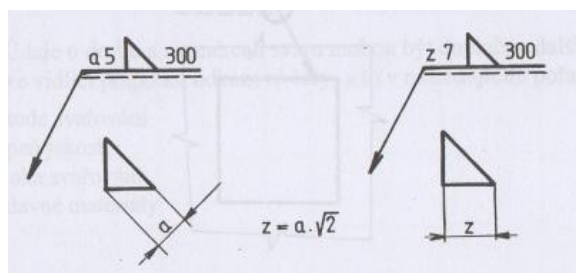
Základní značky svarů

Číslo	Pojmenování spoje	Zobrazení	Značka
1.	Lemový svar (lemy jsou úplně roztaveny)		∩
2.	I - svar		
3.	V - svar		∇

Doplňující značky svarů

Tvar povrchu spoje	Značka
a) Plochý	—
b) Převýšený	()
c) Vydutý	∩
d) Opracované přechody	∩
e) Přivařená podložka	⌈ M ⌋
f) Odnímatelná podložka	⌈ MR ⌋

Způsob označování velikosti koutových svarů



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

7. Použitá literatura

Bureš Jan	Bezpečnost při svařování	2001
Bartoš Jaroslav	Základní kurz svařování metodou 111	2006
Minařík Václav	Základní kurz svařování metodou 311	2006
Malina Zdeněk	Základní kurz svařování MIG / MAG	2007
Loyda, Šponer, Ondráček	Svařování termoplastů	2001

Obsah

PRAXE SVAŘOVÁNÍ	1
1. Bezpečnost při svařování.....	1
1.1 Všeobecné zásady	1
1.2 Bezpečnost při svařování plamenem	2
1.3 Bezpečnost při svařování elektrickým obloukem	3
1.4 První pomoc při úrazu elektrickým proudem	3
1.5 Soubor norem pro bezpečnost při svařování	4
2. Ruční svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou	5
2.1 Nauka o materiálu	5
2.2 Přídavné materiály	5
2.3 Zařízení pro svařování	6
2.4 Technologie svařování	7
2.5 Názvosloví – základní pojmy	8
2.6 Nácvik svařování	11
3. Ruční svařování kyslíko-acetylenovým plamenem	14
3.1 Základní pojmy	14
3.2 Láhve, plyny pro svařování a příslušenství	15
3.3 Proces hoření	17
3.4 Technologie svařování	18
3.5 Tepelné dělení materiálu	20
4. Svařování tavící se elektrodou v CO ₂ (MAG)	20
4.1 Základní pojmy	20
4.2 Přídavné materiály	20
4.3 Vlastnosti CO ₂ - redukční ventil	21
4.4 Technologie svařování	21
5. Svařování termoplastů	23
5.1 Podstata svařování termoplastů	23
5.2 Metody svařování termoplastů v dílnách	24
6. Deformace, zkoušky, vady a označení svarů	25
6.1 Deformace a pnutí	25
6.2 Zkoušky svarů	26
6.3 Vady svarů	26
6.4 Označení svarů na výkresech	27
7. Použitá literatura	28