



Spolufinancováno
z programu Evropské unie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL L

Svařování v ochranných atmosférách

Svařování metodou TIG

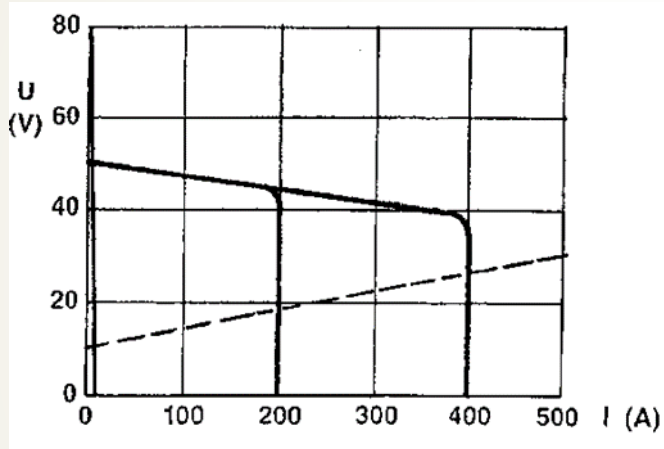


Svařovací zařízení pro svařování TIG

- ▶ Pro svařování metodou TIG se jako svařovací zdroj používá invertor, typickým znakem je strmá statická charakteristika, což znamená, že se pracuje s konstantním proudem.



Voltampérová charakteristika zdroje pro TIG svařování



Standardní pracovní přímka pro TIG metodu

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 117.



Příslušenství svařovacích zdrojů při svařování metodou TIG

- Řídící jednotka obsahuje prvky na ovládání svařovacího procesu – začátek a ukončení svařování, náběh na začátku a sestup proudu na konci procesu, řízení různých úrovní proudu při svařování složitých svařenců s různou tloušťkou materiálu, pulzní jednotku, zapínání a přerušování proudu.
- Zapalování oblouku je realizováno vysokonapěťovým vysokofrekvenčním ionizátorem, který na vzdálenost několik milimetrů vybudí elektrickou jiskru, která ionizuje plynné prostředí výbojem.
- Tím se vytvoří podmínky pro vedení elektrického proudu, dochází k rozvoji disociace a ionizace okolního ochranného plynu a zapálení vlastního oblouku.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 66.



Příslušenství svařovacích zdrojů při svařování metodou TIG

- ▶ Dotykové zapalování tzv. startovacím proudem je umožněno řídicí jednotkou svařovacích parametrů.
- ▶ Startovací proud, jehož intenzita je nízká a dosahuje maximálně 10 A, ohřívá pouze hrot wolframové elektrody.
- ▶ Tento stav může trvat delší dobu a při oddalování elektrody se zvyšuje řízeným nárůstem proud na svařovací hodnotu.
- ▶ Výhoda uvedeného způsobu je v přesném umístění začátku svaru na svarovém úkosu.



Příslušenství svařovacích zdrojů při svařování metodou TIG

- Programátor v přímé návaznosti na řídicí jednotku zabezpečuje nastavení předfuku a dofuku plynu, zapínání a regulaci okruhu chladicí vody, aktivuje činnost ionizátoru a při mechanizovaném způsobu svařování řídí veškerý pohyb hořáku, případně celé svařovací hlavy.
- V případě robotizovaného svařování je napojen přímo na řídicí systém robota.
- Spojovací a propojovací prvky mezi jednotlivými částmi jsou vodiče a hadice různých průměrů a délky.
- Všechny komponenty tvoří jeden celek svařovacího zařízení.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 66.



Příslušenství svařovacích zdrojů při svařování metodou TIG

- Zdroj střídavého proudu je nejčastěji svařovací transformátor upravený na svařování TIG pomocí výkonových elektronických prvků, které zvyšují strmost statické charakteristiky.
- U nových invertorových zdrojů je střídavé napětí odebíráno za VF transformátorem.
- Stabilizátor je při svařování střídavým proudem velmi důležitým prvkem. Je zdrojem vysokonapěťových impulsů s vysokou frekvencí, které působí pouze v době, kdy svařovací proud má nulovou hodnotu a plní funkci pomocné zapalovací jednotky – ionizátoru.



Příslušenství svařovacích zdrojů při svařování metodou TIG

- Běžný stabilizátor indukuje do svařovacího obvodu proud o napětí 2500 V až 6000 V, o frekvenci 2 MHz až 5 MHz.
- U dnešních konstrukcí zdrojů se však častěji používá impulsní generátor s nízkou frekvencí, které mají nižší rušení telekomunikací.
- Řídicí systém má při svařování důležitou úlohu, především při svařování hliníku a hliníkových slitin, kdy vyrovnává deformovaný sinusový průběh, který je způsobený rozdílným ionizačním potenciálem wolframu a hliníku.
- Zlepšuje se tím čistící efekt svařovacího oblouku.



Druhy svařovacích proudů

- Svařování stejnosměrným proudem
- Svařování střídavým proudem
- Svařování impulsním proudem



Svařování stejnosměrným proudem

- Svařování stejnosměrným proudem je základní způsob zapojení při svařování metodou TIG.
- Při tomto zapojení je elektroda připojená k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál na kladný (přímé zapojení).
- Rozdělení tepla oblouku je nerovnoměrné a přibližně 1/3 tepla připadá na elektrodu a 2/3 celkového tepla se přenáší do základního materiálu.
- Díky tomu není elektroda tepelně přetěžovaná a naopak svarová lázeň má velkou hloubku závaru.
- Na velkou hloubku závaru má vliv i dopad elektronů, které svoji kinetickou energii přeměňují na tepelnou.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 67.



Svařování stejnosměrným proudem

- ▶ Svařování stejnosměrným proudem s přímou polaritou se používá pro spojování všech typů ocelí, mědi, niklu, titanu a jejich slitin.
- ▶ Tento způsob zapojení se dá použít i pro svařování hliníku v ochranné atmosféře směsi argonu a nejméně 75 % helia.
- ▶ Při svařování hliníku stejnosměrným proudem se díky vysoké vodivosti helia předává do svarové lázně velké množství tepla, které umožňuje roztavení i povrchových oxidů.
- ▶ Oxidy se vlivem povrchových sil stahují na okraj taveniny a střed tavné lázně je čistý.
- ▶ Tento způsob svařování se používá především pro renovace a opravy rozměrných a silnostěnných hliníkových odlitků nebo svařenců.
- ▶ Umožňuje spojovat i silnostěnné a tenkostěnné součásti především koutovým svarem.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 67.



Svařování stejnosměrným proudem

- ▶ Nepřímá polarita zapojení není z důvodu vysokého tepelného zatížení elektrody využívána a dá se výjimečně použít pro svařování tenkostěnných svařenců z hliníku nízkým proudem.



Svařování střídavým proudem

- Svařování střídavým proudem se používá na svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin.
- Výrazným problémem při svařování hliníku je vrstva oxidu hlinitého, která chrání za běžných podmínek hliník proti další oxidaci.
- Vrstvička Al_2O_3 má však vysokou teplotu tavení – 2050 °C a při použití stejnosměrného proudu v argonu brání metalurgickému spojení, poněvadž pokrývá povrch roztaveného hliníku, jehož teplota tavení je cca 658 °C.



Svařování střídavým proudem

- ▶ Čistící účinek vzniká při zapojení elektrody na kladný pól zdroje, kdy argonové ionty o relativně vysoké hmotnosti jsou urychlené směrem k tavné lázni a působí na oxidy mechanickým účinkem (připomíná tryskání).
- ▶ Na základním materiálu se také vytvoří katodová skvrna, která není stabilní a pohybuje se na místa pokrytá oxidy (mají nižší emisní energii) a po zasažení katodovou skvrnou se oxidy snadněji odpaří.



Svařování střídavým proudem

- ▶ Při kladném zapojení elektrody vzniká pouze malý závar, a proto se používá střídavý proud, kdy při záporném zapojení elektrody dochází k hlubokému závaru.
- ▶ Moderní svařovací zařízení mají obdélníkový průběh střídavého proudu a jsou vybavené funkcí „balance“, která umožňuje rozšíření nebo zúžení kladné, případně i záporné periody proudu.
- ▶ Touto funkcí lze posílit buď čistící efekt, při kladné periodě v případě zoxidovaného povrchu, nebo zvýraznit hloubku závaru při záporné periodě.



Svařování impulsním proudem

- ▶ Jedná se o moderní způsob svařování metodou TIG, princip spočívá v pravidelné změně intenzity proudu (základního a impulsního).
- ▶ Průběh pravoúhlého impulsního proudu
- ▶ Modulace proudu
- ▶ V praxi se používají dva druhy modulace proudu:
 - a) dlouhé pulsy, od 1 sec do 10 sec, pro tloušťku materiálu 4 mm až 6 mm,
 - b) střední pulsy s frekvencí 1 Hz až 100 Hz, při svařování tlouštěk od 0,8 mm do 5 mm
- ▶ Důležitým parametrem je zde rychlost svařování, která může být tím větší, čím větší je frekvence impulsu.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 68.



Výhody impulsního svařování

- dobrá celistvost, mechanické a plastické vlastnosti svarů,
- nižší tepelné ovlivnění materiálu, menší deformace,
- pěkný vzhled svarové housenky,
- nižší náchylnost svarů na vznik mezikrystalické koroze u vysokolegovaných ocelí,
- výhodný průřez svaru,
- svařování plechů tl. 0,5 mm až 5 mm bez použití podložek,
- rozsáhlá oblast regulace svařovacího proudu.



Využití impulsního svařování v praxi

- vhodné pro svařování tenkých plechů,
- vhodné pro svařování neželezných kovů,
- vhodné pro svařování jednostranně přístupných svarů,
- vhodné pro svařování v polohách,
- vhodné pro svařování trubek větších tloušťek.



Svařovací hořáky TIG

- Svařovací hořáky zajišťují přívod elektrického proudu k elektrodě, přívod a usměrnění ochranného plynu, fixování polohy wolframové elektrody, přívod a odvod chladící vody.
- Hořáky rozdělujeme na chlazené procházejícím plynem do cca 150 A a vodou chlazené hořáky do 350 A až 500 A pro ruční, ale především strojní svařování.
- Hořáky mají vyměnitelné kleštiny, které zajišťují pevné upnutí a proudové napájení wolframových elektrod.
- Další tepelně zatíženou částí je plynová tryska, která usměrňuje proudění plynu do místa svařování.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 69.



Svařovací hořáky TIG

- Keramické trysky se používají pro ruční hořáky chlazené procházejícím plynem a kovové nejčastěji měděné a pochromované, jsou vhodné pro strojní hořáky chlazené vodou.
- Ochranný plyn musí dokonale zajistit ochranu proti účinkům okolní atmosféry, aby bylo zabráněno kontaminaci svarové lázně kyslíkem nebo dusíkem a wolframová elektroda byla chráněna proti oxidaci.



Parametry pro optimální průtok plynu

- ▶ druh svařovaného materiálu,
- ▶ typ ochranného plynu,
- ▶ hodnota proudu,
- ▶ velikost plynové trysky,
- ▶ úhel sklonu hořáku,
- ▶ rychlost proudění okolního vzduchu,
- ▶ typ spoje,
- ▶ svařovací poloha.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 69.



Svařovací hořáky TIG

- ▶ Průtok argonu závisí na svařovacím proudu a materiálu.
- ▶ Pro 150 A je průtok 4 l/min – 6 l/min pro ocel, 6 l/min – 8 l/min pro hliník a 8 l/min – 12 l/min pro měď, nikl, titan hořčík atd.
- ▶ Při použití směsí argonu s heliem se musí průtok plynu zvýšit zhruba o 30 % při padesátiprocentním podílu helia v argonu.



Svařovací hořáky TIG

- Pro zajištění dokonalého plynového prostředí pro zapálení oblouku je svařovací zařízení vybaveno funkcí předfuku plynu.
- Zapálení oblouku je zpožděno proti začátku proudění plynu o 2 sec až 5 sec.
- Naopak ochlazování elektrody a svarového kovu na teplotu cca 300 °C, kdy nehrozí oxidace, je zajištěno funkcí dofuku.
- Tato funkce zajišťuje proudění ochranného plynu ještě 15 sec až 30 sec po vypnutí proudu. Jestliže má elektroda modré nebo černé zbarvení je ochrana nedostatečná a dobu proudění plynu je třeba prodloužit.



Svařovací hořáky TIG

- ▶ Každý hořák je vybavený spínačem elektrického proudu, který umožňuje dvoutaktní nebo čtyřtaktní funkci spínání svařovacího proudu.
- ▶ Hořáky nových moderních zdrojů umožňují v průběhu svařování měnit svařovací proud plynule nebo skokově na předem nastavené hodnoty proudu.



Svařovací hořák pro metodu TIG s wolframovou elektrodou





Netavící se wolframové elektrody

- ▶ Při svařování metodou TIG se používají netavící se wolframové elektrody, které mají vysokou teplotu tavení (ta je dána vysokou teplotou wolframu – 3380 °C).
- ▶ Elektrody musí být čisté bez příměsí, tzn., že obsahují téměř 100 % wolframu.
- ▶ Životnost elektrody lze zvýšit přísadou oxidů, které snižují teplotu ohřevu elektrody o 1000 °C.



Teploty tavení oxidů kovů, které se používají jako přísada do wolframových elektrod

➤ oxid thoričitý	ThO_2	3300 °C
➤ oxid lanthanitý	La_2O_3	2300 °C
➤ oxid zirkoničitý	ZrO_2	2700 °C
➤ oxid ceričitý	CeO_2	2600 °C
➤ oxid hafničitý	HfO_2	2900 °C
➤ oxid ytritý	Y_2O_3	2700 °C



Teploty tavení oxidů kovů, které se používají jako přísada do wolframových elektrod

- ▶ Naproti tomu oxid wolframový WO_3 má teplotu tavení pouze $1473\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ▶ Podstatně vyšší teploty tavení mají také nitridy uvedených kovů ve srovnání s nitridem wolframu.
- ▶ Volba typu elektrody závisí na druhu proudu a oblasti použití.
- ▶ Elektrody jsou normalizovány v ČSN EN ISO 6848.
- ▶ Spotřeba netavící se elektrody při zatížení proudem je cca 4 mm za hodinu.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 70.



Přehled druhů vyráběných wolframových elektrod. (ČSN EN ISO 6848)

Označení	Hmotnostní procento oxidů		Barevné označení
WP	Bez oxidů		Zelená
WT 10	ThO ₂	0,9 – 1,2	Žlutá
WT 20	ThO ₂	1,8 – 2,2	Červená
WT 30	ThO ₂	2,8 – 3,2	Fialová
WT 40	ThO ₂	3,8 – 4,2	Oranžová
WZ 3	ZrO ₂	0,15 – 0,4	Světle hnědá
WZ 8	ZrO ₂	0,7 – 0,9	Bílá
WL 10	La ₂ O ₃	0,9 – 1,2	Černá
WL 15	La ₂ O ₃	1,4 – 1,6	Zlatá
WL 20	La ₂ O ₃	1,8 – 2,2	Modrá
WC 20	CeO ₂	1,8 – 2,2	Šedá
Lymox	La ₂ O ₃ + Y ₂ O ₃	+ CeO ₂ 1,8 – 2,2	Růžová



Přehled druhů vyráběných wolframových elektrod. (ČSN EN ISO 6848)

- Vyráběné průměry v mm: 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 6,0; 6,4
Vyráběné délky v mm: 175 standard, 50; 75; 150 na objednávku.
- Označování wolframových elektrod se řídí těmito zásadami:
 1. první písmeno W značí wolfram jako základní prvek elektrod,
 2. druhé písmeno charakterizuje přísadu oxidů, T – oxid thoričitý, Z – oxid zirkoničitý, L – oxid lantaničitý, C – oxid ceričitý,
 3. druhé písmeno P (pure – čistý) charakterizuje elektrodu z čistého wolframu,
 4. číslo při základní značce udává desetinásobek koncentrace oxidů.



Ochranné plyny

- ▶ Při svařování metodou TIG se nejčastěji používá čistý argon, nebo směsi plynů s argonem.
 - ▶ Směsi argonu a helia.
 - ▶ Směsi argonu a vodíku
 - ▶ Směsi argonu s dusíkem



Směsi argonu a helia

- Směs Ar a He jsou netečné plyny, mají velmi dobré vlastnosti pro svařování, proto jsou v praxi často využívány.
- Využívají se zejména směsi 70 % Ar + 30 % He, Ar-He 50/50, 30 % Ar + 70 % He.
- Čím vyšší je obsah hélia, tím se zvětšuje napětí, které má vliv na tvar a rozměr svaru.
- Využití směsí argonu a helia je především u neželezných kovů, nebo při svařování tlustých materiálů.



Směsi argonu a vodíku

- V praxi jsou využívány i směsi argonu a vodíku, zejména pro jejich schopnost zachovávat na svaru velkou čistotu povrchu, nevýhodou je, že vodík se nemůže používat pro větší množství materiálů.
- Využívá se jen pro vysoce legované austenitické a austeniticko-feritické oceli, případně pro svařování niklu.
- Zásadně se nepoužívají tyto směsi pro svařování martenzitických i feritických ocelí (praskání za studena).
- Nepoužívají se ani pro svařování neželezných kovů (výskyt velkého množství pórů ve svaru).



Směsi argonu s dusíkem

- ➔ Tyto směsi se používají především pro svařování neželezných kovů (měď).



Formovací plyny pro ochranu kořene svaru

- ▶ Většinou se používají netečné plyny, důvod použití je zabránění oxidace kořene svaru. Mohou se používat směsi argonu, vodíku či dusíku.



Přídavné materiály

- ▶ Funkce přídavných materiálů při svařování metodou TIG
 - ▶ doplnit objem svarového kovu a vytvořit svar požadovaného tvaru a průřezu,
 - ▶ legovat svarový kov přísadami, které zlepšují užité vlastnosti svaru,
 - ▶ dodat do svarového kovu přísady, které zajišťují desoxidaci, odplynění a příznivě ovlivňují metalurgické děje ve svarovém kovu,
 - ▶ zlepšit formování svaru, smáčení svarových ploch a operativnost při svařování v polohách.



Přídavné materiály se navrhují podle těchto zásad

- ▶ chemické složení přídavných materiálů má být stejné nebo podobné jako základní materiál,
- ▶ pro dynamicky zatížené konstrukce z oceli je nutno volit přídavné materiály takové, aby svarový kov měl lepší mechanické vlastnosti než základní materiál,
- ▶ pro svařování materiálů s citlivostí na horké trhliny je nutno použít přídavné materiály snižující tuto praskavost,
- ▶ na svařování materiálů s vysokou odolností proti korozi je třeba použít přídavné materiály stejného chemického složení a stejné čistoty jako základní materiál,
- ▶ pro svařování nerezavějících ocelí stabilizovaných titanem je nutno použít přídavné materiály stabilizované niobem z důvodu nižšího propalu při průchodu elektrickým obloukem.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 74.



Přídavné materiály

- Přídavné materiály se rozdělují na svařovací tyčky, pro ruční svařování a svařovací dráty pro strojní metody.
- Mají vhodné chemické složení a kvalitní jakost povrchu.
- Svářecí tyčky jsou dráty kruhového průřezu s dostatečnou tuhostí o průměrech 1 mm až 8 mm a délce 600 mm až 1000 mm.
- Při svařování se používají tyčky plného průřezu, nebo plněné legujícími, případně karbidickými přísadami pro navařování.
- Svářecí dráty pro mechanizované metody svařování jsou dráty přesného kruhového průřezu navinuté rovnoměrně na cívkách.
- Svářecí dráty se dodávají od průměru 0,6 mm až 2,4 mm, pro navařování do 5 mm.
- Dráty z mědi, hliníku a jejich slitin musí mít střední stupeň tvrdosti po deformačním zpevnění, které zajišťuje tuhost při mechanizovaném podávání do místa svaru.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 74.



Označování přídatných materiálů

- Nové klasifikační normy zavádějí dva rozdílné klasifikační přístupy.
- Systém A vychází z původní řady klasifikačních norem ČSN EN a je založen na velikosti meze kluzu a nárazové práci 47 J čistého svarového kovu při určité zkušební teplotě.
- Systém B (severní a jižní Amerika, oblast Tichomoří) vychází z meze pevnosti čistého svarového kovu a jeho min. nárazové práce 27 J při určité teplotě.
- Klasifikace podle obou systémů nejsou srovnatelné.
- U ČSN EN ISO 14343 pro vysokolegované oceli systému A, klasifikace vychází ze jmenovitého chemického složení drátu.
- V systému B je přídatný materiál klasifikovaný podle typu slitiny.



Příklad označení přídavného materiálu pro nelegované oceli je dle klasifikační normy A

- ▶ Tyč EN ISO 636 – W 46 3 W3Si1 EN ISO = číslo normy
- ▶ W = tyč/drát nebo navařený kov obloukovým svařováním wolframovou elektrodou v inertním plynu
- ▶ 46 = pevnost a tažnost dle příslušné tabulky (mez kluzu 460 MPa)
- ▶ 3 = nárazová práce (47 J při -30 °C)
- ▶ W3Si1 = chemické složení



Technika ručního svařování

- Ruční svařování TIG se používá tam, kde je nutno vytvořit svar, který bude mít čistý povrch a velmi dobrou jakost, využití je zejména v kusových a malosériových výrobcích.
- Technika ručního svařování je charakterizována polohou, pohybem a rychlostí hořáku a přídavného materiálu.
- Toto se posuzuje vzhledem ke vznikající svarové lázni.
- Technika svařování metodou TIG (141), je obdobná jako technika svařování plamenem (311), zde však působí ochranná atmosféra.



Technika ručního svařování

- ▶ Touto metodou je možné vytvářet svary ve všech polohách, používá se technologie svařování vpřed. Hořák musí být skloněn cca 10° a přídavný materiál by měl být skloněn cca 70 °od kolmice místa svaru.
- ▶ Základní svařovací polohy, odpovídající sklon a orientace hořáku s přídavným materiálem a jejich pohyb ve svarové spáře jsou dány typem svaru.
- ▶ Elektroda je vysunuta z keramické plynové trysky na vzdálenost, která je asi 2x větší, než je průměr elektrody. Tato zásada platí pro tupé svary, pro koutové svary se elektroda vysunuje ještě o přídavek 3 mm až 5 mm.



Seřizování svařovacích parametrů při svařování metodou TIG

- Před svařováním je nutné upravit svarové plochy.
- Na úpravu má největší vliv druh svařovaného materiálu a jeho tloušťka.





Otázky k zamyšlení

1. Jaké jsou nejpoužívanější metody při svařování v ochranných atmosférách?
2. Jaký je princip práce metodami při svařování v ochranných atmosférách?
3. Jaké jsou výhody svařování v ochranných atmosférách?
4. Co je to proudová hustota?
5. Jaké jsou výhody svařování dopředu a dozadu?
6. Jaká je závislost svarové housenky na napětí?
7. Vysvětlete pojem přímá a nepřímá polarita proudu.
8. Které ochranné plyny jsou vhodné pro svařování metodami MIG a MAG?
9. Jaké svařovací zařízení se využívá při svařování metodou TIG?
10. Jaká je technika svařování metodou TIG a WIG?
11. Jaké ochranné plyny se používají při svařování metodami TIG WIG?



Doporučená literatura a informační zdroje

- ▶ AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
- ▶ BERNASOVÁ, E. A KOL. *Svařování*. Praha: SNTL, 1987. ISBN 04-221-88.
- ▶ KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů*. Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011, 242 s.
- ▶ LEINVEBER, J. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-6.