



Spolufinancováno
z programu Evropské unie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL S

Speciální metody tavného svařování

Plazmové svařování



Plazmové svařování

- Ke vzniku plazmy (plazma, plazmatu) je nutná ionizace plynu (mechanická nebo tepelná), při které dochází k vyražení nebo uvolnění elektronů z vnějších valenčních (orbitálních) sfér atomů.
- Uvolněné elektrony mají záporný náboj a vedou v plazmě elektrický proud. Ionizované jádro atomu – iont se zbývajícími elektrony má kladný náboj. Navenek se však plazma chová jako elektricky neutrální.
- Pro ionizaci plynu se často jako zdroj tepla používá elektrický oblouk, který je kontrahován průchodem malým průměrem výstupní trysky a zvýšením teploty se dosáhne vyššího stupně ionizace.



Plazmové svařování

- U dvouatomových plynů (dusík, vodík a kyslík) musí nejprve proběhnout disociace plynu, při které dochází k rozložení molekul plynu na atomy.
- Část plynu, která není ionizována a je chladnější, většinou stabilizuje plazmový paprsek v ose hořáku tak, aby se plazma nedotýkala stěn trysky.

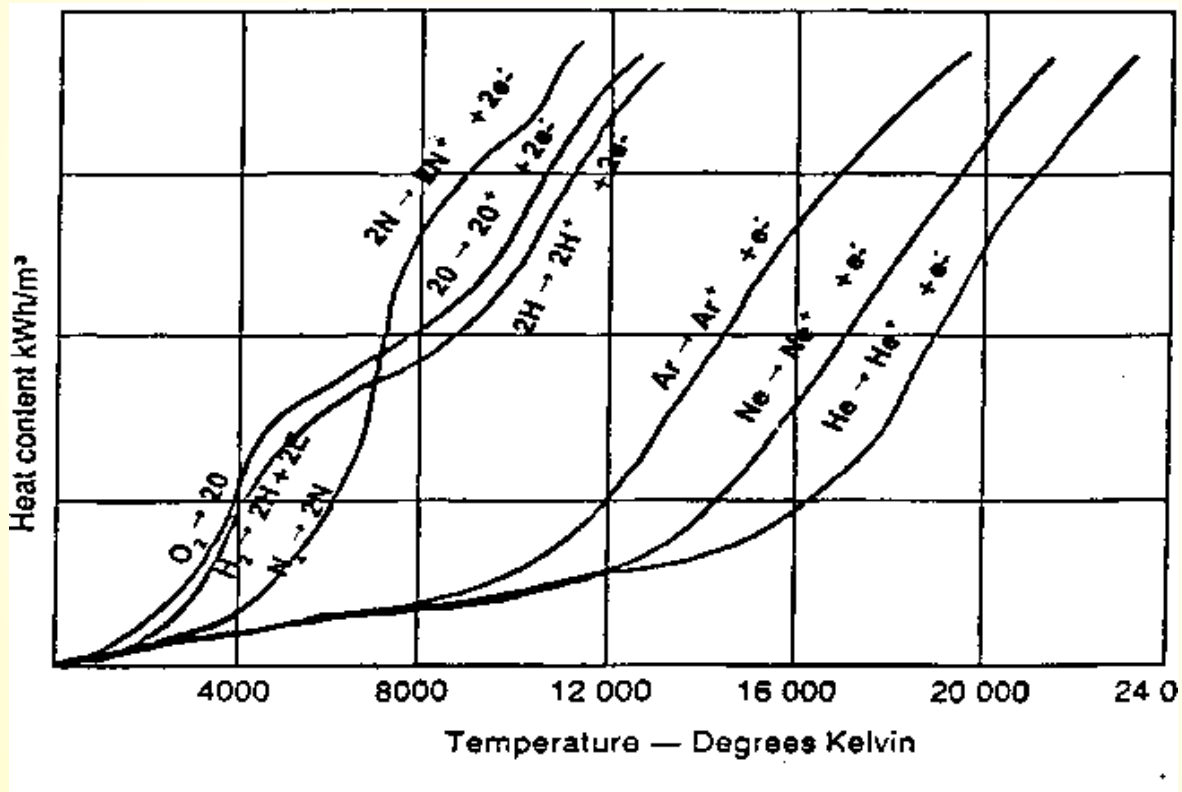


Pro používaná prostředí platí tyto přibližné průměrné teploty plazmy

- | | |
|------------------------------|--------------|
| ➤ dusíková plazma | do 9 000 °K |
| ➤ vodíková plazma | 10 000 °K |
| ➤ argonová plazma | 16 000 °K |
| ➤ heliová plazma | 20 000 °K |
| ➤ plazma stabilizovaná vodou | až 35 000 °K |



Závislost entalpie plynů na teplotě



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. 138.



Plyny pro plazmové svařování

- Plazmový: Ar, Ar + H₂, Ar + He, s průtokem 0,5 l.min⁻¹ až 20 l.min⁻¹
- Fokusační (jen výjimečně) pro zúžení plazmového paprsku a průtokem 3 l.min⁻¹ až 18 l.min⁻¹
- Ochranný pro ochranu svarové lázně proti oxidaci okolním vzduchem s průtokem 2 l.min⁻¹ až 20 l.min⁻¹
- U aktivních materiálů Ti, Zr, Ta se průtok zvyšuje na 20 l.min⁻¹ až 30 l.min⁻¹.



Vlastnosti technické plazmy

- Současně s pružnými srážkami molekul (atomů) se v podstatné míře vyskytují i nepružné, které vedou k disociaci a ionizaci plynu
- Chemicky stejnorodý plyn se mění na směs atomů, iontů, elektronů, fotonů atd.
- Směs částic v plazmě je kvazineutrální, tzn. počet kladných a záporných částic je přibližně stejný
- Elektrická vodivost plazmy je závislá na pohyblivosti elektronů (100 x vyšší než iontů) a kolem 20 000 K dosahuje vodivosti kovových materiálů
- Na plazmu silně působí elektrické a magnetické pole

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. 138.



Vlastnosti technické plazmy

- Podstata práce při svařování plazmou vychází ze svařování metodou WIG.
- Místo hubice keramické se používá tryska z kovu, která se chladí vodou nebo plynem.
- V principu existuje dvojí elektrické zapojení hořáku.
- Zapojení závislé (přenesený oblouk), u kterého je záporný pól připojen na wolframovou elektrodu a kladný pól na materiálu.
- Pro nastartování a zapálení pomocného oblouku se používá VF ionizátor připojený ke kovové trysce.
- Pomocný (pilotní) oblouk vytvoří dostatečně vodivé prostředí pro zapálení hlavního oblouku i na relativně dlouhou vzdálenost.
- Závislé zapojení se používá především u svařování, navařování a řezání.

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. 138.



Vlastnosti technické plazmy

- Připojení pólů zdroje pouze na elektrodu a kovovou trysku se nazývá nezávislé zapojení (nepřenesený oblouk) a používá se především u žárových nástřiků nebo povrchového kalení.
- Plazmový hořák má zúženou výstupní trysku, která přispívá ke kontrakci plazmového paprsku.
- Ta je podporována fokusačním plynem, který tvoří směs argonu s vodíkem nebo dusíkem.



Svařitelnost materiálů plazmovým svařováním

- Svařitelnost materiálů i parametry svařování jsou u plazmového svařování podobné jako u metody WIG.
- Plazmové svařování však dosahuje vysokých svařovacích rychlostí, výhodnější poměr šířky k hloubce (1:1,5 až 1:2,5) a spolehlivé provaření kořene.
- Svařují se všechny druhy ocelí, měď, hliník, titan, nikl molybden a jejich slitiny.
- Parametry svařování vysoko-legovaných ocelí se pro tloušťky 2 mm až 10 mm pohybují v těchto rozmezích: napětí mezi 28 V až 40 V a svařovací proud mezi 50 A až 300 A.
- Podobné parametry se používají i pro svařování niklu a jeho slitin a pro svařování titanu jsou přibližně o 15 % až 20 % nižší.
- Svařovací rychlosti jsou ve srovnání s metodou WIG podstatně vyšší a pro uvedené parametry se pohybují mezi 20 cm.min⁻¹ až 85 cm.min⁻¹.

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. 140.



Svařitelnost materiálů plazmovým svařováním

- Hliník se svařuje střídavým proudem a např. tl. 6 mm lze svařovat s tímto průběhem:
 - přímá polarita na elektrodě – svařovací cyklus 140 A v čase 20 m/s, (nebo 125 A, 20 m/s),
 - obrácená polarita na elektrodě – čistící cyklus 180 A v čase 3 m/s, (nebo 200 A, 2 m/s).
- Materiály náchylné na přehřátí se svařují s použitím impulsního proudu.

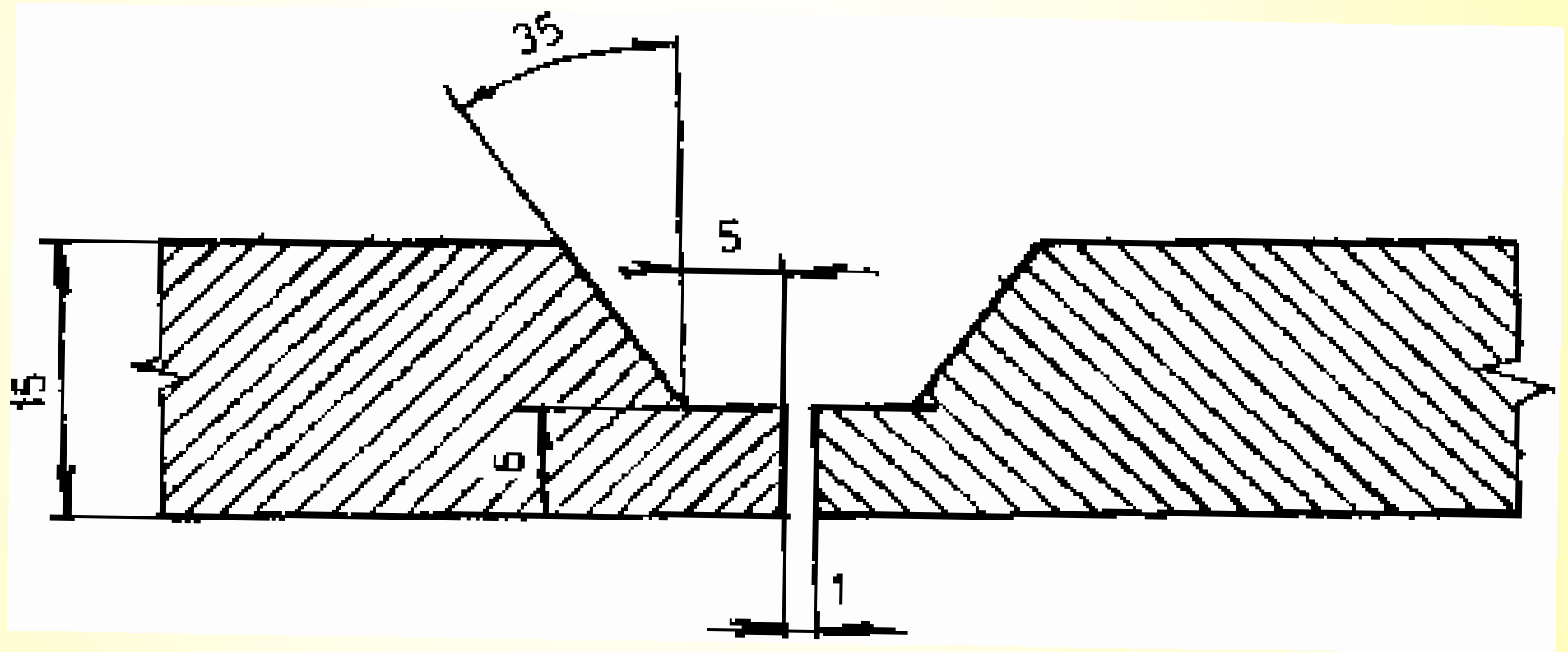


Úprava svarových ploch pro plazmové svařování

- Nemusí se svarové plochy nijak zvlášť upravovat, protože plazmový paprsek má vysoký dynamický účinek a provaří kořen i větších tloušťek.
- Nerezavějící austenitická ocel se svařuje bez úpravy úkosu do tloušťky 10 mm až 12 mm s mezerou 0,5 mm – 1 mm a s plynovou ochranou kořene formovacím plynem.
- Pro nelegované a středně legované oceli se neupravují hrany do tloušťky cca 6 mm až 8 mm.



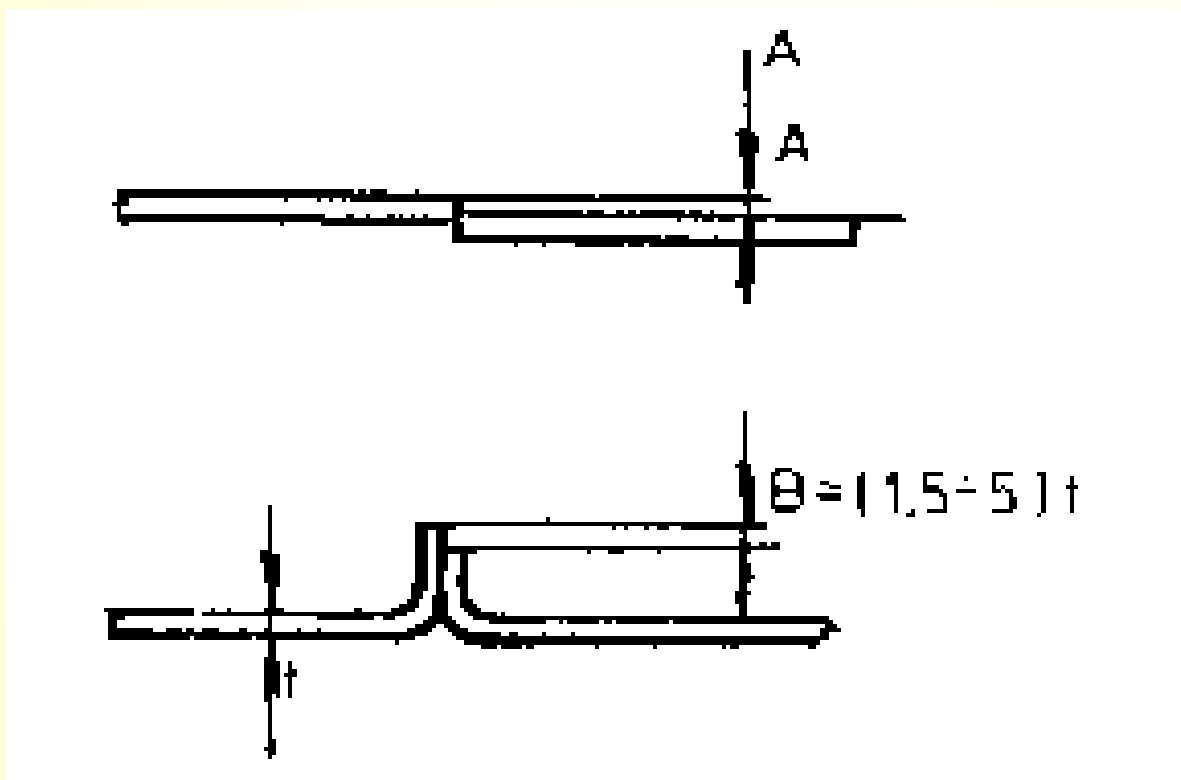
Úpravy ploch pro plazmové svařování



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. 140.



Úpravy ploch pro plazmové 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. 140.



Mikroplazmové svařování

- Vysoká stabilita hoření plazmového oblouku i při nízkých proudech je využita při mikroplazmovém svařování. Intenzita proudu se zde pohybuje v rozsahu 0,05 A až 20 A.
- Mikroplazmovým svařováním lze svařovat kovové folie tl. 0,01 mm i plech tl. 2 mm.
- Značným problémem při spojování tenkých folií je příprava svarové mezery, která se má pohybovat mezi 10 % až 20 % tloušťky folie.
- Nutností je použití upínacích přípravků pro odvod tepla a zajištění polohy během svařování.
- Mikroplazmové svařování se používá v leteckém a kosmickém průmyslu, mikroelektronice, přístrojové technice, chemickém a potravinářském průmyslu.

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. 141.



Příklady parametrů mikroplazmového svařování

- CrNi ocel, tloušťka 0,25 mm, proud 5,6 A, rychlost svařování 38 cm.min⁻¹,
- Slitina niklu Inconel, tl. 0,3 mm, proud 6 A, rychlost svařování 40 cm.min⁻¹,
- Měď, tloušťka 0,075 mm, proud 10 A, rychlost svařování 15 cm.min⁻¹,
- Titan, tloušťka 0,2 mm, proud 5 A, rychlost svařování 12,5 cm.min⁻¹.



Bezpečnost svařování plazmou

- Zásady při svařování plazmou jsou obdobné jako při svařování obloukem.
- Zde je však nutno vzít v úvahu vysokou teplotu v oblouku a také ultrafialové záření, které při tomto sváření vzniká.
- Při tomto způsobu svařování je nutné, aby se svářeč chránil i proti hluku, který v některých případech může dosáhnout až 120 dB.
- Pokud se řeže materiál plazmou, musí se zabezpečit řádné odsávání.



Řezání plazmou

- U tohoto způsobu tepelného dělení je charakteristickým znakem vysoká teplota a velká výstupní rychlost paprsku plazmy (1 000 m/s – 2 000 m/s).
- Plazmou se mohou řezat všechny kovové materiály, které jsou z kovu.
- Parametry řezání se odvíjejí od výkonu stroje, tloušťky řezaného materiálu, od druhu materiálu a jeho vlastností.
- Pokud řežeme tenké plech, je možné pracovat velkou rychlostí až 12 m/min.



Řezání plazmou

- K dělení kovů se používají plazmy plynové, vzduchové, kyslíkové, kombinované dusíkové, stabilizované vodní párou.
- Plazmové dělení materiálu se dá snadno automatizovat a mechanizovat.
- Výhodou je také skutečnost, že řezání plazmou má velmi malý vliv na povrch řezaných materiálů.
- K nevýhodám můžeme řadit vysoký hluk při práci až 100 dB, oblejší horní hrany, horší propal otvorů silnějších plechů (nad 15 mm), poměrně silné UV záření a také vznik dýmu, ozónu a oxidů dusíku.