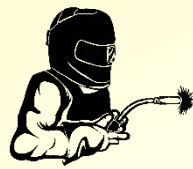




Spolufinancované z
programu Európskej únie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL S

Špeciálne metódy tavného zvárania

Plazmové zváranie



Plazmové zváranie

- K vzniku plazmy (plazma, plazmy) je nutná ionizácia plynu (mechanická alebo tepelná), pri ktorej dochádza k vyrazeniu alebo uvoľneniu elektrónov z vonkajších valenčných (orbitálnych) sfér atómov.
- Uvoľnené elektróny majú záporný náboj a vedú v plazme elektrický prúd. Ionizované jadro atómu - ión so zvyšnými elektrónmi má kladný náboj. Navonok sa však plazma chová ako elektricky neutrálny.
- Pri ionizácii plynu sa často ako zdroj tepla používa elektrický oblúk, ktorý je kontrahovaný priechodom malým priemerom výstupnej trysky a zvýšením teploty sa dosiahne vyššieho stupňa ionizácie.



Plazmové zváranie

- U dvojatómových plynov (dusík, vodík a kyslík) musí najprv prebehnúť disociácia plynu, pri ktorej dochádza k rozloženiu molekúl plynu na atómy.
- Časť plynu, ktorá nie je ionizovaná a je chladnejšia, väčšinou stabilizuje plazmový lúč v osi horáku tak, aby sa plazma nedotýkala stien trysky.

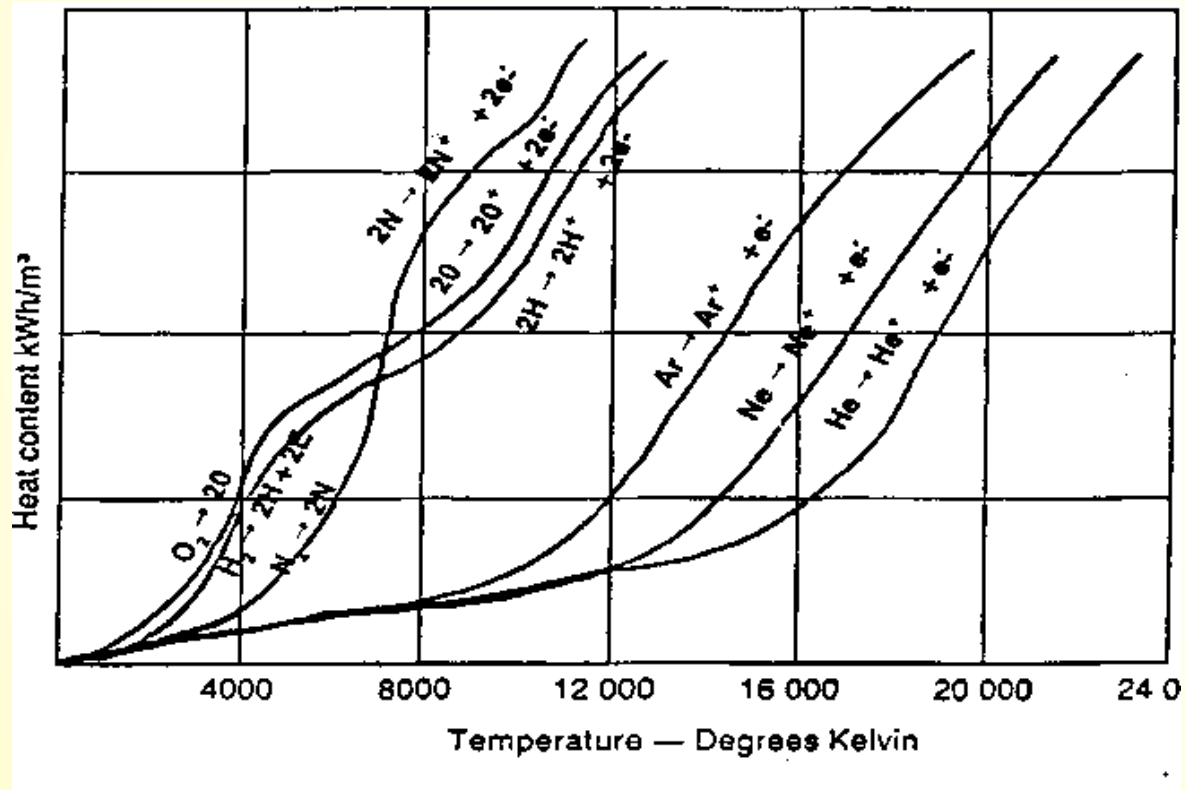


Pre používané prostredie platia tieto približné priemerné teploty plazmy

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



Závislost entalpie plynov 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 pre plazmové zváranie

- Plazmový: Ar, Ar + H₂, Ar + He, s prietokom 0,5 l.min⁻¹ až 20 l.min⁻¹
- Sústred'ovacie (len výnimočne) pre zúženie plazmového lúča a prietoku 3 l.min⁻¹ až 18 l.min⁻¹
- Ochranný pre ochranu zvarového kúpeľa proti oxidácii okolitým vzduchom s prietokom 2 l.min⁻¹ až 20 l.min⁻¹
- U aktívnych materiálov Ti, Zr, Tá sa prietok zvyšuje na 20 l.min⁻¹ až 30 l.min⁻¹.



Vlastnosti technickej plazmy

- Súčasne s pružnými zrážkami molekúl (atómov) sa v podstatnej miere vyskytujú aj nepružné, ktoré vedú k disociácii a ionizácii plynov.
- Chemicky rovnorodý plyn sa mení na zmes atómov, iónov, elektrónov, fotónov atď.
- Zmes častíc v plazme je kvazineutrálna, tzn. počet kladných a záporných častíc je približne rovnaký.
- Elektrická vodivosť plazmy je závislá na pohyblivosti elektrónov (100 x vyššia než iónov) a okolo 20 000 K dosahuje vodivosť kovových materiálov.
- Na plazmu silne pôsobí elektrické a magnetické pole.



Vlastnosti technickej plazmy

- Podstata práce pri zváraní plazmou vychádza zo zvárania metódou WIG.
- Namiesto hubici keramickej sa používa tryska z kovu, ktorá sa chladí vodou alebo plynom.
- V princípe existuje dvojaké elektrické zapojenie horáka.
- Zapojenie závislé (prenesený oblúk), u ktorého je záporný pól pripojený na volfrámovú elektródu a kladný pól na materiáli.
- Pre naštartovanie a zapálenie pomocného oblúka sa používa VF ionizátor pripojený ku kovovej tryske.
- Pomocný (pilotný) oblúk vytvorí dostatočne vodivé prostredie pre zapálenie hlavného oblúka aj na relatívne dlhú vzdialenosť.
- Závislé zapojenie sa používa predovšetkým u zvárania, navarovania a rezania.

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 technickej plazmy

- Pripojenie pólov zdroja len na elektródu a kovovú trysku sa nazýva nezávislé zapojenie (neprenesený oblúk) a používa sa predovšetkým u žiarových nástrekov alebo povrchového kalenia.
- Plazmový horák má zúženú výstupnú trysku, ktorá prispieva ku kontrakcii plazmového lúča.
- Tá je podporovaná fokusačným plynom, ktorý tvorí zmes argónu s vodíkom alebo dusíkom.



Zvariteľnosť materiálov plazmovým zváraním

- Zvariteľnosť materiálov i parametre zvárania sú u plazmového zvárania podobné ako u metódy WIG.
- Plazmové zváranie však dosahuje vysoké zváracie rýchlosti, výhodnejší pomer šírky k hĺbke (1: 1,5 až 1: 2,5) a spoľahlivé prevarenie koreňa.
- Zvárajú sa všetky druhy ocelí, meď, hliník, titán, nikel molybdén a ich zliatiny.
- Parametre zvárania vysoko-legovaných ocelí sa pre hrúbky 2 mm až 10 mm pohybujú v týchto rozmedziach: napätie medzi 28 V až 40 V a zvárací prúd medzi 50 A až 300 A.
- Podobné parametre sa používajú aj pre zváranie niklu a jeho zliatin a pre zváranie titánu sú približne o 15% až 20% nižšie.
- Zváracie rýchlosti sú v porovnaní s metódou WIG podstatne vyššie a pre uvedené parametre sa pohybujú medzi 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.



Zvariteľnosť materiálov plazmovým zváraním

- Hliník sa zvara striedavým prúdom a napr. hr. 6 mm možno zvarať s týmto priebehom:
 - priama polarita na elektróde - zvarací cyklus 140 A v čase 20 m/s, (alebo 125 A, 20 m/s),
 - obrátená polarita na elektróde - čistiaci cyklus 180 A v čase 3 m/s, (alebo 200 A, 2 m/s).
- Materiály náchylné na prehriatie sa zvarajú s použitím impulzného prúdu.

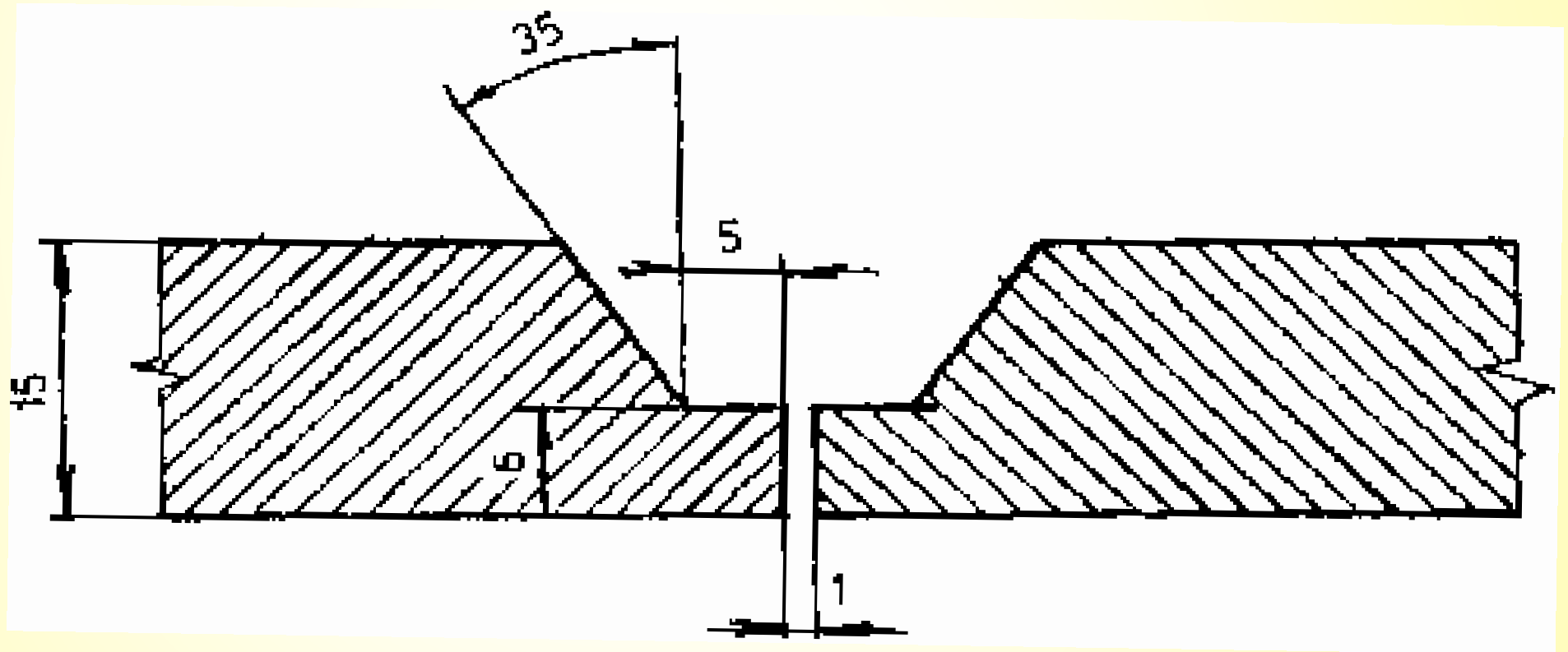


Úprava zvarových plôch pre plazmové zváranie

- Nemusia sa zvarové plochy nijako zvlášť upravovať, pretože plazmový lúč má vysoký dynamický účinok a povaríme koreň i väčších hrúbok.
- Nehrdzavejúca austenitická oceľ sa zvara bez úpravy skosenia do hrúbky 10 mm až 12 mm s medzerou 0,5 mm - 1 mm a s plynovou ochranou koreňa formovacím plynom.
- Pre nelegované a stredne legované ocele sa neupravujú hrany do hrúbky cca 6 mm až 8 mm.



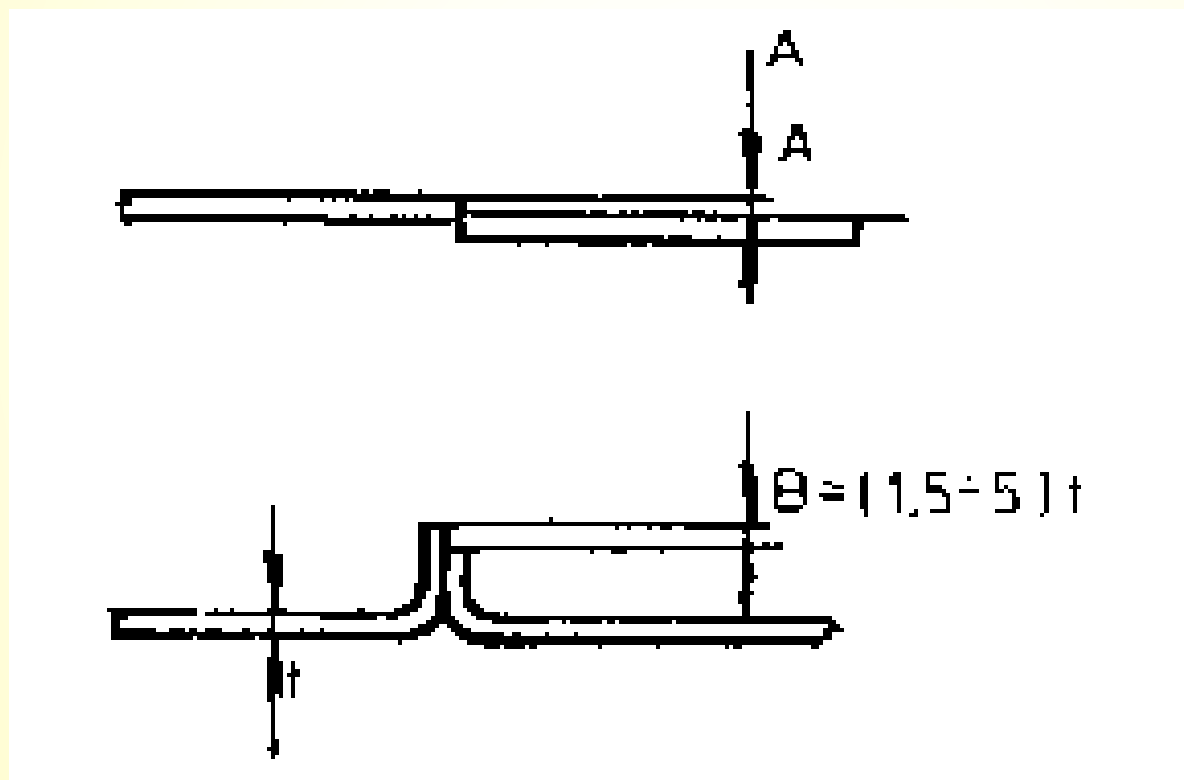
Úpravy plôch pre plazmové zváranie



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 plôch pre plazmové zváranie



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 zváranie

- Vysoká stabilita horenia plazmového oblúka aj pri nízkych prúdoch je využitá pri mikroplazmovom zváraní. Intenzita prúdu sa tu pohybuje v rozsahu 0,05 A až 20 A.
- Mikroplazmovým zváraním možno zvärať kovové fólie hr. 0,01 mm i plech hr. 2 mm.
- Značným problémom pri spájaní tenkých fólií je príprava zvarovej medzery, ktorá sa má pohybovať medzi 10% až 20% hrúbky fólie.
- Nutnosťou je použitie upínacích prípravkov pre odvod tepla a zaistenie polohy počas zvárania.
- Mikroplazmové zváranie sa používa v leteckom a kozmickom priemysle, mikroelektronike, prístrojovej technike, chemickom a potravinárskom priemysle.

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.



Príklady parametrov mikroplazmového zvárania

- CrNi oceľ, hrúbka 0,25 mm, prúd 5,6 A, rýchlosť zvárania 38 cm.min⁻¹,
- zliatina niklu Inconel, hr. 0,3 mm, prúd 6 A, rýchlosť zvárania 40 cm.min⁻¹,
- Meď, hrúbka 0,075 mm, prúd 10 A, rýchlosť zvárania 15 cm.min⁻¹,
- Titan, hrúbka 0,2 mm, prúd 5 A, rýchlosť zvárania 12,5 cm.min⁻¹.



Bezpečnosť zvárania plazmou

- Zásady pri zváraní plazmou sú obdobné ako pri zváraní oblúkom.
- Tu je však potrebné zohľadniť vysokú teplotu v oblúku a tiež ultrafialové žiarenie, ktoré pri tomto zváraní vzniká.
- Pri tomto spôsobe zvárania je nutné, aby sa zvárač chránil aj proti hluku, ktorý v niektorých prípadoch môže dosiahnuť až 120 dB.
- Pokiaľ sa reže materiál plazmou, musí sa zabezpečiť riadne odsávanie.



Rezanie plazmou

- Pri tomto spôsobe tepelného delenia je charakteristickým znakom vysoká teplota a veľká výstupná rýchlosť lúča plazmy (1 000 m/s - 2 000 m/s).
- Plazmou sa môžu rezať všetky kovové materiály, ktoré sú z kovu.
- Parametre rezania sa odvíjajú od výkonu stroja, hrúbky rezaného materiálu, od druhu materiálu a jeho vlastností.
- Pokiaľ režeme tenké plechy, je možné pracovať veľkou rýchlosťou až 12 m / min.



Rezanie plazmou

- K deleniu kovov sa používajú plazmy plynové, vzduchové, kyslíkové, kombinované dusíkové, stabilizované vodnou parou.
- Plazmové delenie materiálu sa dá ľahko automatizovať a mechanizovať.
- Výhodou je tiež skutočnosť, že rezanie plazmou má veľmi malý vplyv na povrch rezaných materiálov.
- K nevýhodám môžeme radiť vysoký hluk pri práci až 100 dB, oblejšie horné hrany, horšie prepálenie otvorov silnejších plechov (nad 15 mm), pomerne silné UV žiarenie a tiež vznik dymu, ozónu a oxidov dusíka.