



Spolufinancované z
programu Európskej únie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL L

Zváranie v ochranných atmosférach

Metódy používané na zváranie v ochranných atmosférach



Metódy používané na zváranie v ochranných atmosférach

- ▶ V súčasnej dobe sa čoraz viac uplatňuje zváranie v ochranných plynoch. Tieto metódy nahrádzajú ručné zváranie obalenými elektródami.
- ▶ Využívajú sa najmä pri mechanizácii a robotizácii zvárania.
- ▶ Ďalšie veľké využitie je pri zváraní hliníka a zváranie rúr pri zariadeniach v energetike a chemickom priemysle.



Najpoužívanéjšie metódy

- WIG - Wolfram Inert Gas (nemecky), TIG - Tungsten Inert Gas.
- Jedná sa o zváranie volfrámovou elektródou v inertnom plyne.
 - MIG - Metal Inert Gas. Zváranie taviacou sa elektródou v inertnom plyne.
 - MAG - Metal Inert Gas. Zváranie taviacou sa elektródou v aktívnom plyne.
- Základný princíp pri zváraní v ochranných atmosférach
- Pri metódach tohto zvárania horí oblúk v ochrannom plyne.
- Ochranný plyn znemožňuje prístup vzdušného kyslíka a dusíka do zvarového kúpeľa, k elektróde aj prídavnému materiálu.
- Technológie zvárania v ochranných plynch sú rozdielne podľa ochranného plynu a druhu elektródy.



Zváranie MIG / MAG

- Zváranie v ochranných atmosférach taviacou sa elektródou (MIG / MAG) je pri výrobe ocelových konštrukcií nosnou technológiou spájania materiálu.
- Zváranie MAG sa využíva hlavne pri zváraní nelegovaných a nízkolegovaných ocelí, zváranie MIG pri zváraní vysokolegovaných ocelí a neželezných kovov.
- Zdrojom tepla pre zváranie je elektrický oblúk, ktorý horí medzi základným materiálom a koncom taviacej sa elektródy (drôtu) v prostredí inertného plynu (argón, hélium alebo ich zmes) - metóda MIG alebo aktívneho plynu (oxid uhličitý, argón + oxid uhličitý, argón + oxid uhličitý + kyslík) - metóda MAG.



Zváranie MIG / MAG plným drôtom

- ▶ V súčasnosti je vyrábaný veľmi široký sortiment zariadení pre zváranie metódou MIG / MAG.
- ▶ Zváracie zariadenia môžu byť monofunkčné iba pre MIG / MAG zváranie, alebo multifunkčné a zahŕňať aj metódy zvárania WIG a ručné zváranie obalenou elektródou. Základné potrebné vybavenie pre zváranie metódou MIG / MAG zahŕňa tieto jednotlivé komponenty:
 - ▶ zdroj zváracieho prúdu s riadiacou jednotkou,
 - ▶ podávač drôtovej elektródy,
 - ▶ zvarací horák,
 - ▶ multifunkčný kábel horáka s rýchlospojkou,
 - ▶ uzemňovací kábel so svorkou,
 - ▶ zásobník ochranného plynu s redukčným ventilom.

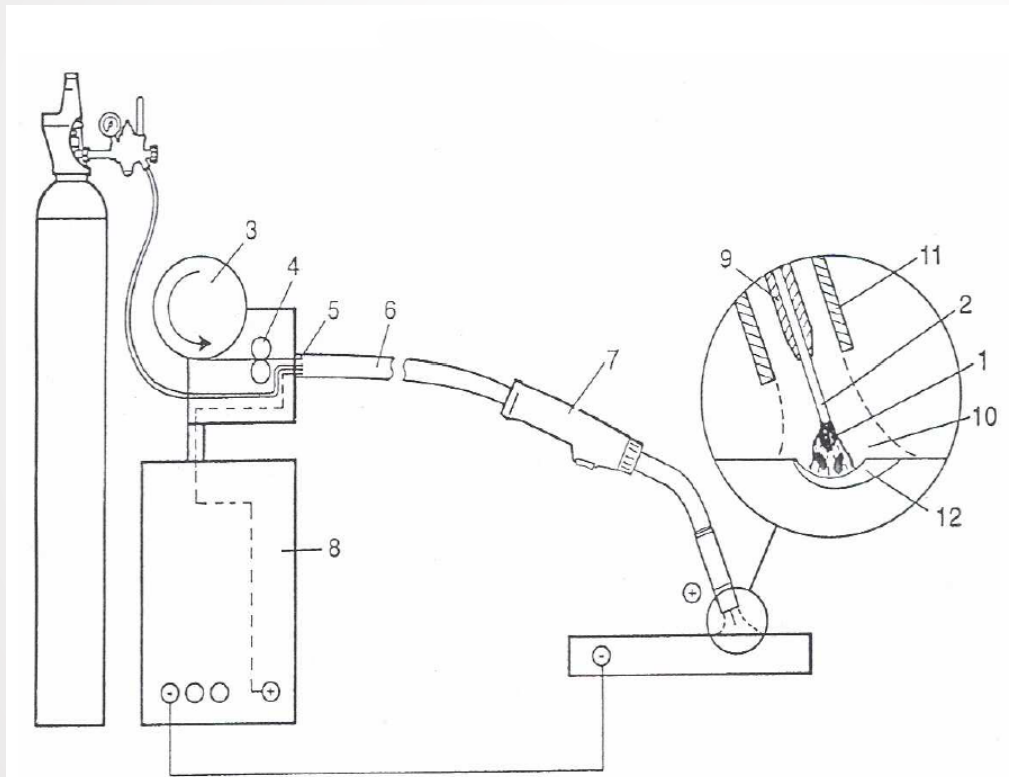


Zváranie MIG / MAG plným drôtom

- ▶ V závislosti od výkonu, zložitosti, náročnosti a požiadaviek výroby môžu byť dnešné výkonné moderné zariadenie vybavené týmito ďalšími technickými doplnkami:
 - ▶ chladiaca jednotka pre chladenie horáka a zvaracieho kábla,
 - ▶ mezipodávač drôtovej elektródy pre zváranie na veľké vzdialenosti,
 - ▶ diaľkové ovládanie zvaracích parametrov,
 - ▶ riadiaca jednotka vybavená procesorom pre reguláciu a kontrolu parametrov zváranie v reálnom čase, archiváciu dát v pamäťovom bloku a databázu programov zvaracích cyklov,
 - ▶ pojazdný vozík,
 - ▶ rameno pre nesenie horáka a kábla.



Základná schéma zvárania metódou MIG a MAG



1 – elektrický oblúk, 2 – drátová elektroda, 3 – zásobník drátu, 4 – podávací kladky, 5 – rychloupínací spojka, 6 – hořákový kabel, 7 – svařovací hořák, 8 – zdroj svařovacího proudu, 9 – kontaktní svařovací průvlak, 10 – ochranný plyn, 11 – plynová tryska, 12 – svarová lázeň

AMBRÓZ, O. A KOL. *Technológie zvárania a zariadení: učebné texty pre kurzy zvaračských inžinierov a technológov.* Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 147.



Zdroje pre zváranie metódou MIG / MAG

- Pre štandardné zváranie metódou MIG / MAG sa používa zdroj s jednosmerným výstupom prúdu, kde kladný pól zdroja je pripojený na drôtovú elektródu.
- Nové metódy môžu kombinovať aj striedavý charakter prúdu.
- Používajú sa lacné klasické usmerňovače a v súčasnosti prevažne invertory rôznych výkonových vlastností.
- Zdroje pre zváranie MIG / MAG majú plochú statickú charakteristiku s tzv. konštantným napätím so samoregulačnou schopnosťou udržiavania konštantnej dĺžky oblúka.

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. 82.



Zdroje pre zváranie metódou MIG / MAG

- Táto regulácia je založená na výraznej zmene prúdu pri relatívne malej zmene dĺžky oblúka a tým aj napätia na oblúku.
- Tento princíp regulácie dĺžky oblúka je možný len pri konštantnej rýchlosti podávania drôtu.
- Pri zmene dĺžky oblúka sa zmení napätie a podľa pohybu pracovného bodu na statickej charakteristike sa mení prúd.
- Pri dlhom oblúku sa zníži prúd i rýchlosť odtavovania elektródy a pri konštantnej rýchlosti podávania drôtu sa začne drôt približovať ku zvarovému kúpeľu a oblúk sa tým skrúti.
- Naopak pri krátkom oblúku a poklesu napätia sa zvyšuje intenzita prúdu a odtavovanie je rýchlejšie.
- Dĺžka oblúku sa tým zväčší a v reálnom procese zvárania osciluje okolo nastavenej "rovnovážnej" hodnoty.



Typy zdrojov

- ▶ Kompaktné zdroje s integrovaným podávačom drôtu umiestneným v spoločnej skrini so zdrojom. Toto usporiadanie je obvyklé pre zdroje s nízkym až stredným výkonom (do cca 250 A - 300 A) pri chladení horáku prúdiacim plynom.
- ▶ Výkonné zdroje s chladiacou jednotkou v spoločnej skrini so zdrojom a oddeleným podávačom. Výkonovo sa pohybujú okolo 500 A.



Typy zdrojov

- ▶ Stavebnicové usporiadanie má tú výhodu, že jednotlivé komponenty sú ľahko prístupné a dajú sa pomerne ľahko zapojiť
- ▶ Zostava sa skladá zo zdroja prúdu - dnes väčšinou invertorového typu, podávača drôtu a chladiacej jednotky u výkonnejších zdrojov.
- ▶ U niektorých typov zariadení je ešte oddelený riadiaci systém, alebo filtračná jednotka s mechanickým filtrom.
- ▶ Celá zostava je spravidla nesená pojazdným vozíkom s konzolou pre plynové fľaše.



Podávače drôtu

- ▶ Pri zváraní MIG / MAG je prídavným materiálom drôt, ktorý je nepretržite podávaný do horáka pomocou podávača.
- ▶ Funkcia podávača drôtu spočíva v rovnomernom podávaní drôtu, pre správnu funkciu podávania nesmie byť drôt poškodený a deformovaný tvarovo ani na povrchu.
- ▶ Táto funkcia je zaistená podávacím mechanizmom s pohonom drôtu dvojkladkovým, štvorkladkovým alebo s mimobežnými osami.
- ▶ Podávacie kladky môžu mať rôzne typy drážok podľa charakteru podávaného drôtu.



Zváračí zdroj pre zváranie metódou MAG





Zváracie horáky

- ▶ Zváracie horáky pre zváranie MIG / MAG zaisťujú prívod drôtu do miesta zvárania, jeho napájanie elektrickým prúdom a laminárne prúdenie ochranného plynu okolo prídavného drôtu.
- ▶ Pre nízke príkony sú horáky chladené prechádzajúcim ochranným plynom a vo vyšších výkonoch od 150 A sa používa nútené chladenie prúdiacou kvapalinou v uzavretom chladiacom okruhu.
- ▶ V zásade sa horáky rozdeľujú na strojné s valcovou napínacou časťou a ručné s rukoväťou pre pevné vedenie horáka zvaračom.
- ▶ Všetky horáky sú vybavené tvarovou trúbkou, na konci ktorej je umiestnený kontaktný prievlak pre napájanie drôtu prúdom, vyústenie rúrky pre prívod ochranného plynu a plynová tryska.



Zváracie horáky

- ▶ Kontaktný prúdový prievlak je spotrebná výmenná časť horáka, ktorého funkciou je rovnomerné napájanie drôtovej elektródy zváracím prúdom.
- ▶ Z dôvodu dobrej elektrickej vodivosti je vyrobený zo zliatiny medi, kde pre zvýšenie odolnosti proti opotrebeniu je zliatina legovaná chrómom, alebo zirkónom.



Zváracie horáky

- ▶ Otvor pre vedenie drôtu je pri novej špičke väčší o 0,2 mm než priemer drôtu.
- ▶ Príliš veľké opotrebenie býva príčinou v nepravidelnostiach pri napájaní prúdom a vychyľovaní vedenia drôtu vo zvarovom skosení, ktoré je neprípustné u mechanizovaných a robotizovaných systémov zvarovania.
- ▶ Najnovšie sú na trhu delené odpružené špičky (Contec) s konštantnými podmienkami napájania po celú dobu značne vyššej životnosti.
- ▶ Plynová tryska usmerňuje prúdenie plynu okolo oblúka a zvaraného kovu a z dôvodu zamedzenia zachytávaniu kvapiek sa vyrába z galvanicky pochrómovanej medi.



Zváracie horáky

- ▶ Spúšťanie zváracieho prúdu sa ovláda spínačom na rukoväti a rad moderných zdrojov má na rukoväti umiestnené aj plynulé ovládanie intenzity zváracieho prúdu pomocou potenciometra alebo tlačidla.



Priebeh zvárania riadený spínačom na horáku

- Riadiaca jednotka priebehu zvárania je zabudovaná v zdroji a je ovládaná spínačom na zväracom horáku.
- Pri zváraní sa používajú tieto spôsoby riadenia:
 - dvojtaktný režim
 - štvortaktný režim



Dvojtaktný režim

- ▶ Po stlačení spínača sa zapne zvärací prúd, v činnosti bude aj posuv drôtu. Proces zvärania sa realizuje po celú dobu zapnutia spínača.
- ▶ Dvojtaktný režim sa používa najmä pre stehovanie dielov, ďalej je možné ho použiť pre krátke zvary, vhodný je tiež pre automatické zväranie na zväracích robotoch.



Štvortaktný režim

- Je vhodný pre dlhé zvary a pre programové ovládanie prúdu u moderných zdrojov.
- U štvortaktného režimu sa najprv púšťa ochranný plyn, potom sa zapne posuv drôtu a zvarací prúd.
- Toto sú dva takty, tretím taktom sa vypína posuv drôtu aj prúd a štvrtý takt je vypnutie ochranného plynu.
- Špeciálny štvortaktný režim využíva súčasné riadenie zdrojov a umožňuje po stlačení a podržaní spínača meniť úroveň intenzity prúdu podľa nastaveného programu.



Vybavenie zväracích zdrojov pre zväranie metódou MIG a MAG

- Dnešné moderné zdroje prúdu pre zväranie MIG / MAG disponujú celým radom moderných funkcií pre lepšiu kvalitu zvärania.
- Vďaka rozvoju silnoprúdovej elektroniky môžeme ovládať, sledovať a riadiť všetky zväracie parametre v reálnom čase.
- Medzi bežné vybavenie zdrojov patrí napr. horúci štart pre zaistenie natavenia začiatku zvaru u materiálov s vysokou tepelnou vodivosťou, databázy zväracích programov pre veľkú väčšinu prídavných materiálov a synergické riadenie zväracieho procesu.
- Pri synergickom riadení sú jedným manuálne nastaveným parametrom - hrúbkou materiálu, prúdom alebo rýchlosťou podávania atď., ovládané všetky ostatné zväracie parametre.

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. 83.



Ďalšie funkcie, s ktorými sa môžeme stretnúť u súčasných zdrojov

- Riadený zapalovací cyklus u MIG / MAG umožňuje veľmi pokojné zapálenie oblúka v presne definovanom mieste zvaru pri mechanizovanom a robotickom zváraní.
- Pri zapálení je v prvej fáze drôt posúvaný až do kontaktu s materiálom.
- Po zistení skratu sa začne drôt oddaľovať pri nízkom zapalovacom prúde, ktorý zapáli pilotný oblúk a drôt sa zastaví na úrovni nastavenej dĺžky oblúka.
- Nasleduje fáza posuvu drôtu vpred pri súčasnom prúdovom impulze, ktorým sa zapáli zvarací oblúk a nataví sa základný materiál aj drôtová elektróda.
- Pre spätný pohyb drôtu sú nutné podávacie kladky v horáku.
- Funkcia udržiavania konštantnej dĺžky oblúka je využívaná pri ručnom i mechanizovanom zváraní.
- Mikroprocesorom riadenými zdrojmi sa rádovo v mikrosekundách porovnávajú reálne parametre zvárania so zadanými a nastavená dĺžka oblúka sa udržiava bez ohľadu na vzdialenosť horáka od zváraného materiálu.



Ukončenie zvaracieho cyklu prúdovým impulzom

- Bežné ukončenie zvaru poklesom prúdu pre vyplnenie koncového krátera je štandardná výbava väčšiny zdrojov.
- Na konci drôtu však zostáva kvapka kovu presahujúca priemer drôtu, čo zhoršuje znovuzapálenie oblúka predovšetkým u mechanizovaných spôsobov zvarania.
- Impulz na úplnom konci zvaracieho cyklu "odstrihne" tvoriacu sa kvapku a koniec drôtu zostane čistý a rovný.
- Opätovné znovuzapálenie oblúku potom prebieha podľa parametrov pre priemer drôtu.



Prenos kovu v oblúku

- krátky oblúk so skratovým prenosom kovu,
- krátky oblúk so zrýchleným skratovým prenosom,
- prechodový dlhý oblúk s nepravidelnými skratmi,
- dlhý oblúk so sprchovým bezskratovým prenosom,
- impulzný bezskratový oblúk,
- moderovaný bezskratový prenos - zrýchlený skratový prenos,
- dlhý oblúk s rotujúcim prenosom kovu.

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. 85.



Ochranné plyny vhodné pre zváranie metódami MIG a MAG

- Zmes plynov Ar + 15% až 25% CO₂ sú vhodné pre zváranie nelegovaných a nízkolegovaných ocelí metódou MAG.
- Z tejto skupiny je univerzálnym plynom zmiešaný plyn Ar + 18% CO₂.
- Vyznačuje sa veľmi dobrými zváracími vlastnosťami, stabilným elektrickým oblúkom a hlbokým zavarom.
- Umožňuje zváranie so skratovým aj sprchovacím prenosom kovu a malým rozstrekom, ktorý sa nepriliepa na povrchu.
- Poskytuje hladký povrch zvaru s dobrým prechodom do základného materiálu a je použiteľný pre všetky hrúbky plechov.



Ochranné plyny vhodné pre zváranie metódami MIG a MAG

- Zmiešaný plyn Ar + 8% CO₂ je optimálny pre impulzný, sprchový aj skratový prenos kovu.
- Je odporúčaný tiež pre vysokovýkonné metódy zvárania pri vysokých prúdoch.
- Vyznačuje sa vysokou rýchlosťou zvárania, plochým zvarom, nízkym rozstrekom a minimálnou tvorbou trosky.
- Je vhodný pre ručné aj mechanizované zváranie všetkých hrúbok plechov.



Ochranné plyny vhodné pre zváranie metódami MIG a MAG

- Zmes plynov Ar + 5% až 13% CO₂ + 5% O₂.
- Táto zmes poskytuje pokojný zvarací proces s mäkkým elektrickým oblúkom, hladké a čisté zvary.
- Vysoký obsah kyslíka zaisťuje veľmi dobrú tekutosť tavného kúpeľa a výborné odplynenie.
- Sprchový prenos kovu oblúkom je možný aj pri nižšej intenzite prúdu.
- Prednostne sa využíva pri mechanizovaných a robotizovaných spôsoboch zvárania malých a stredných hrúbok.



Disociačné a ionizačné energie v plynoch

Plyn	Disociačná energia eV / molekula	Ionizačná energia eV / atóm (Prvý ionizačný stupeň)
vodík	4,5	13,6
kyslík	5,1	13,6
oxid uhličitý	4,3	14,4
dusík	9,8	14,5
hélium		24,6
argón		15,8



Tlaková fľaša s redukčným ventilom pre zváranie metódou MAG





Stabilita elektrického oblúka

- Pri zváracom procese taviacou sa elektródou je nutné, aby horenie oblúka bolo stabilné, či už ide o akýkoľvek typ prenosu kovu.
- Čistý argón má dobrú ionizačnú schopnosť, ale nie je vhodný pre zváranie bežných konštrukčných ocelí, pretože oblúk horí nepokojne a kvalita zvaru je nízka.
- Pre kvalitné zváranie ocelí sú nutné oxidačné reakcie, tie sú zárukou čistého zvarového kovu, ktorý má zodpovedajúcu akosť.
- Z týchto dôvodov je malá prímes oxidu uhličitého, alebo kyslíka potrebná aj pri zváraní nehrdzavejúcich chromniklových ocelí.
- Argón sa používa pre zváranie neželezných kovov, kde ani minimálna oxidácia nie je prípustná.
- U metódy MAG sa používa oxid uhličitý, oblúk sa horšie zapaluje a aj ionizačné napätie musí byť vyššie ako pri argóne.
- Výhody oboch plynov sa využívajú v zmesiach, kde oblúk horí s vysokou stabilitou a pravidelnosťou.



Vplyv plynov na prenos tepla a profil zvarovej húsenice

- Ochranné plyny ovplyvňujú výrazné teplo vnesené do zvaru a tým tiež ovplyvňujú i tvar zvaru.
- Toto je ovplyvnené rôznou tepelnou vodivosťou ochranných plynov.
- Niekde je nutné aj tepelnú vodivosť zvyšovať.
- Napr. u metódy MIG je potrebné zvýšiť tepelnú vodivosť argónu a to sa deje pridaním hélia, najmä pri zváraní hrubostenných plechov zo zliatin hliníka a medi.
- Héliom sa zvyšuje tiež prúdová hustota a tým aj množstvo prenášaného tepla do zvaru.
- Profil húsenice je pri použití hélia hlboký aj bez predohrevu zvarenca.



Vplyv plynov na prenos tepla a profil zvarovej húsenice

- ▶ Čistý argón sa pre zváranie vysokolegovaných ocelí už neodporúča, pretože v argóne sa dosahuje len plytký závar s hlbokým závarom v osi oblúku.
- ▶ Rýchle tuhnutie taveniny v spodnej časti býva príčinou výskytu inklúzií a neprievarov.
- ▶ Naopak prenos tepla je veľmi dobrý pri zváraní metódou MAG za použitia čistého ochranného plynu CO₂.
- ▶ Závar je hlboký a tvar zvaru má zodpovedajúcu kvalitu.
- ▶ Nebezpečenstvom však je pri vysokých parametroch tvorba leptu. Môžu sa objavovať aj trhliny ako následok rýchleho ochladenia zvaru.



Prídavné materiály pre zváranie metódou MIG / MAG

- ▶ Metódy MIG a MAG majú veľmi široké uplatnenie v technickej praxi.
- ▶ Využívajú sa na spájanie ocelí aj pre spájanie neželezných kovov.
- ▶ S úspechom sa používajú pri opravách či renováciách najmä pri navarovaní tvrdých návarov.
- ▶ Pre metódy oblúkového zvárania MIG / MAG bývajú prídavné materiály vo forme plného drôtu a prípadne plneného drôtu (trubičkové drôty).
- ▶ Drôty sú navinuté na drôtených alebo plastových cievkach s bežnou hmotnosťou 15 kg.
- ▶ Cievky sa však vyrábajú v širokom sortimente rozmerov a hmotnosťou drôtov - 5 kg, 6 kg, 10 kg, 12 kg, 16 kg, 18 kg, 25 kg, 30 kg, alebo sa pre robotizované pracoviská dodávajú vo zvitku balenom v lepenkovom pakete hmotnosti až 200 (450) kg.



Vedenie drôtu pri metóde MAG

- ▶ Údaje na cievke:
 - ▶ označenie výrobcu,
 - ▶ označenie drôtu podľa výrobcu aj príslušné normy,
 - ▶ priemer drôtu,
 - ▶ hmotnosť,
 - ▶ číslo tavby,
 - ▶ klasifikácia a certifikácia u iných orgánov



Prídavné materiály

- Prídavné materiály je pri preprave a skladovaní nutné chrániť proti prístupu vzduchu a nečistôt.
- Teplota má byť nad 10 ° C a relatívna vlhkosť do 50%.
- V súčasnosti sú všetky drôty chránené polyetylénovou zatačovacou fóliou.
- Normalizované priemery drôtov sú 0,6 mm; 0,8 mm; 1,0 mm; 1,2 mm; 1,6 mm; 2,0 mm a 2,4 mm.
- Najčastejšie používané priemery sú 0,8 mm až 1,6 mm. Sú hladko ťahané, prípadne pomedené proti oxidácii.
- Zvláštny tvar PM je pásková elektróda pre vysokovýkonné zváranie.
- Plnené drôty majú rôzne zvaracie vlastnosti podľa náplne.



Zváracie napätie

- ▶ Napätie na oblúku predstavuje potenciálny rozdiel medzi drôtom elektródy a povrchom zvarového kúpeľa.
- ▶ Mení sa podľa dĺžky oblúka, a na odtavovací výkon má len malý vplyv.
- ▶ Šírka húsenice zvaru je ovplyvnená napätím.
- ▶ Nastavenie napätia je o 2 V až 3 V vyššie u čistého oxidu než u zmesi plynov.
- ▶ Všeobecne platí vzťah: $U = 15 + 0,035 i_s$ (V)
 - ▶ U = pracovné napätie
 - ▶ i_s = Zvárací prúd



Zváracie napätie

- ▶ Napätie na oblúku má dôležitý vplyv na dosiahnutie optimálnych podmienok samoregulácie dĺžky oblúka a ustálenie pracovného bodu.
- ▶ Vplyv napätia na prenos s ohľadom na použitý plyn je nasledujúci:
 - ▶ rozsah napätia 14 V až 21 V zodpovedá skratom procese v oxide uhličitom aj vo zmesových plynch,
 - ▶ pri napätí nad 21 V až 25 V prebieha čiastočne bezskratový proces,
 - ▶ napätie medzi 25 V až 30 V zodpovedá bezskratovému prenosu kovu v zmesi plynu a čiastočne skratový prenos s veľkými kvapkami kovu u oxidu uhličitého,
 - ▶ pri napätí nad 27 V prebieha v zmesi plynu sprchový prenos

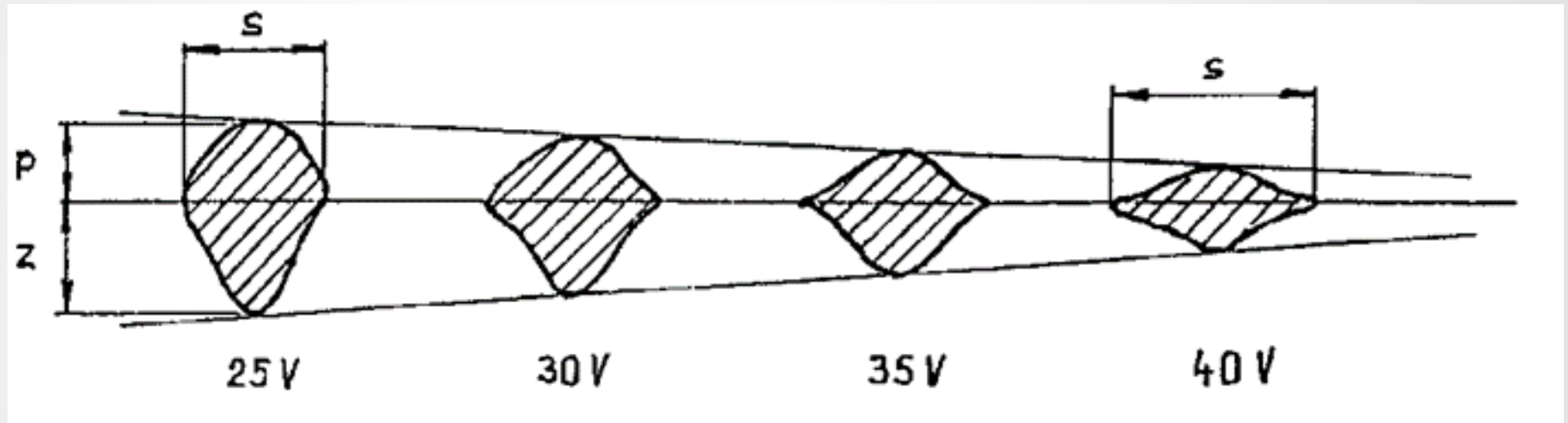


Zváracie napätie

- Nadmerne vysoké napätie zvyšuje dĺžku oblúka a prepal prvkov, zvary sú náchylné na pórovitosť a zvyšuje sa rozstrek.
- Zvarový kúpeľ je široký, plytký a vzniká nebezpečenstvo predbiehania zvarového kúpeľa pred oblúk.
- Ťažko sa ovláda tavný kúpeľ v nútených polohách.
- Nízke napätie býva príčinou nestabilného procesu, úzkych húseníc s veľkým prevýšením predovšetkým pri vysokých rýchlostiach zvárania.
- Pri nízkom napätí nedochádza k dokonalému nataveniu zvarových hrán a pri viacvrstvovom zváraní dochádza k výskytu studených spojov.



Závislosť zvarovej húsenice od napätia



S - šírka húsenice, *p* - prevýšenie, *z* - hĺbka závaru

AMBROŽ, O. A KOL. TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ A ZAŘÍZENÍ: UČEBNÍ TEXTY PRO KURZY SVÁŘEČSKÝCH INŽENÝRŮ A TECHNOLOGŮ. OSTRAVA: ZEROSS, 2001. s. 174.



Zváračací prúd

- Zváračací prúd má na charakter prenosu kovu pri zváraní a tvar prierezu zvarovej húsenice najväčší vplyv.
- S rastom prúdu rastie prúdová hustota, veľkosť a tekutosť zvarového kúpeľa, súčiniteľ roztavenia a odtavovací výkon.
- Pri konštantnom napätí na oblúku nastáva pri zvyšovaní prúdu výrazný rast hĺbky závaru s relatívne malým rastom šírky húsenice aj prevýšenie.



Zváračací prúd

- Zváračacím prúdom sa výrazne ovplyvňuje charakter prenosu kovu v oblúku:
 - rastom prúdu rastie frekvencia kvapiek
 - intenzita prúdu podľa zloženia ovplyvňuje sily, ktoré pôsobia na kvapky kovu
 - rastom prúdu sa u bežných typov prenosov kovu znižuje objem kvapiek.



Zvárací prúd

- Predbežné nastavenie prúdu sa pred začiatkom zvárania vykonáva podľa skúseností alebo tabuľky.
- Z hľadiska kvality zvaru je výhodnejší menší priemer drôtu, pretože dáva väčší počet drobných kvapiek a kvalita povrchu zvarovej húsenice je veľmi dobrá.
- Z hľadiska smerovej stability výletu drôtu a ekonomických nákladov je výhodnejšie väčší priemer, pretože z dôvodu zníženia počtu ťahov je drôt lacnejší.
- Možno to využiť pri pulznom zváraní, kde rozmer kvapiek je riadený vlastným procesom zvárania.

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. 93.



Prúdová hustota

- ▶ Prúdová hustota vyjadruje prúdové zaťaženie drôtu s ohľadom na jeho prierez.
- ▶ Udáva sa v $A.mm^{-2}$ a rastie so zmenšovaním priemeru drôtu.
- ▶ Pri bežných spôsoboch zvaraní MIG / MAG sa u drôtov s priemerom 0,8 mm až 1,2 mm prúdová hustota pohybuje od $80 A.mm^{-2}$ do $350 A.mm^{-2}$, ale pri zvaraní vysokovýkonnými metódami dosahuje nad $600 A.mm^{-2}$.
- ▶ U plnených drôtov dosahuje až trojnásobku prúdovej hustoty plného drôtu rovnakého priemeru.

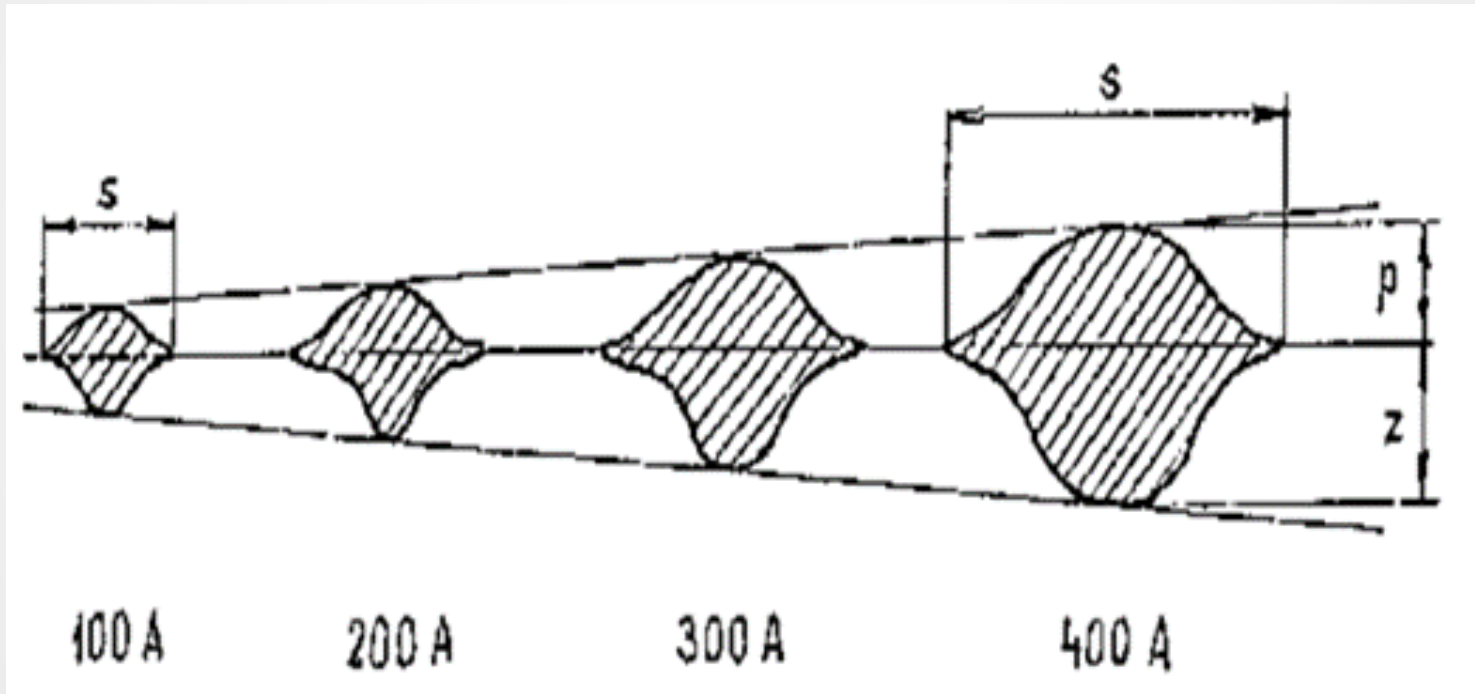


Polarita zváracieho prúdu

- Pre metódu zvárania MIG / MAG sa využíva jednosmerný prúd, teda polarita je nepriama, tzn., že elektróda je pripojená na kladný pól zváracieho zdroja.
- Výhodou je potom hlbší závar a širší zvar.
- Pri opačnom zapojení elektródy je polarita priama, závar je menší a prevýšenie zvaru je vyššie.
- Toto sa s výhodou používa pri renováciách navarovania.
- Na stabilite procesu sa podieľajú predovšetkým dynamické sily oblúka.
- Proces CMT advanced ako jediný používa striedavý prúd pre metódu MIG / MAG.



Závislost tvaru zvarovej húsenice od intenzity prúdu



S - šírka húsenice, p - prevýšenie, z - hĺbka závaru

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 175.



Výlet drôtu

- ▶ Voľná dĺžka drôtu sa meria od konca kontaktného prúdového prievlaku po oblúk a všeobecne platí, že je rovná desaťnásobku priemeru drôtu.
- ▶ Na skutočnú dĺžku výbehu drôtu má vplyv viacero podmienok zvarovania - typ prenosu kovu a použitý ochranný plyn.
- ▶ $L = 5 + 5.d$ pre oxid uhličitý
- ▶ $L = 7 + 5.d$ pre zmesné plyny, kde d je priemer drôtu v mm



Výlet drôtu

- So zmenou vzdialenosťou kontaktnej špičky a zváraného materiálu sa mení rad parametrov zvárania.
- Významná je zmena prúdu, ktorý klesá so zvyšujúcou sa vzdialenosťou špičky od materiálu a dôsledkom tohto poklesu je menší priedvar.
- Zníženie prúdu je spôsobené odporovým ohrevom drôtu a predstavuje približne 10 A až 20 A na 1 mm zmeny dĺžky výbehu drôtu.
- Celková zmena intenzity prúdu môže byť až 80 A proti nastavenej hodnote a výsledný priedvar bude nedostatočný.
- Naopak pri malom výlete je na oblúku vyššia intenzita a dôjde k prehriatiu tavného kúpeľa.



Výlet drôtu





Hodnoty parametrov pri zváraní ocele metódou MAG

Typ zvaru	Hrúbka plechu	Priemer elektródy	Výkon navarenia	Rýchlosť posuvu drôtu	Zvárací prúd	Rýchlosť zvárania
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
I zvar	1	0,6	1,0	7,0	60	83
	1,5	0,8	1,2	6,0	90	80
	2	0,8	1,5	6,8	110	83
	3	0,8	1,8	8,0	125	55
	3	1,0	2,1	6,0	150	63

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 176.



Hodnoty parametrov pri zváraní ocele metódou MAG

Typ zvaru	Hrúbka plechu	Priemer elektródy	Výkon navarenia	Rýchlosť posuvu drôtu	Zvárací prúd	Rýchlosť zvárania
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
V zvar	4	1,0	2,2	6,4	160	40
	5	1,0	2,2	6,4	160	28
	6	1,0 / 1,0	2,1 / 2,9	6,8 / 8,5	150/200	60/43
	8	1,0 / 1,2	2,1 / 3,9	6,0 / 7,6	150/260	43/28
	10	1,0 / 1,2	2,1 / 5,1	6,0 / 10,0	150/320	35/21

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 176.



Hodnoty parametrov pri zváraní ocele metódou MAG

typ zvaru	hrúbka plechu	priemer elektródy	výkon navarenie	rýchlosť posuvu drôtu	zváracie prúd	rýchlosť zváranie
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
kútový zvar	2	0,6	1,2	8,4	70	40
	2	0,8	1,6	6,8	110	53
	3	0,8	1,9	8,3	130	32
	3	1,0	2,4	7,0	170	40
	4	1,0	2,7	8,2	190	28
	5	1,2	3,9	7,8	260	26
	6	1,2	3,9	7,8	260	20
	6	1,2	4,8	9,5	300	22
	8	1,2	4,8	9,5	300	14



Technika zvárania metódou MIG / MAG

- Zváranie nelegovaných a nízkolegovaných ocelí
- Pre zváranie nelegovaných a nízkolegovaných ocelí možno v závislosti od hrúbky materiálu a polohy zvárania použiť všetky typy prenosov kovu oblúkom.
- Ako ochranná atmosféra je v dnešnej dobe pravdepodobne najviac používaný zmiešaný plyn Ar + 18 (8)% CO₂.
- Pri ručnom vedení horáka môžeme zvarať smerom dopredu alebo dozadu a pri mechanizovanom zváraní býva horák zvyčajne v kolmej polohe k rovine zvaru.



Technika zvárania metódou MIG / MAG

- Pri vedení horáka na robotizovaných pracoviskách sa uhol sklonu horáka riadi prístupnosťou koncového člena robota ku obrobkom.
- Drôtová elektróda musí byť privádzaná na začiatok zvarového kúpeľa z dôvodu zaistenia hlbokého prievaru bez nebezpečenstva studených spojov a obmedzenia rozstreku.
- Táto požiadavka je dôležitejšia pri zváraní kútových zvarov.
- Koreňové zvarové húsenice sa zvárajú s priamym vedením horáka a výplňové zvarové húsenice môžeme zvärať s priečnym alebo aj pozdĺžnym rozkyvom horáka.
- Pri rozkyve horáka rastie veľkosť tavného kúpeľa, zlepšuje sa odplynenie zvaru, ale zvyšuje sa množstvo vneseného tepla do zvaru a tým aj súvisiace dôsledky.



Sklon horáka a jeho vedenie

- ▶ Zváranie dopredu má tieto charakteristiky:
 - ▶ dokonalý výhľad do skosenia
 - ▶ dobré ovládanie tekutého kúpeľa v koreni zvaru
 - ▶ hubica zakrýva výhľad na húsenicu
 - ▶ väčšia šírka húsenice
 - ▶ približne o 20% menšia hĺbka závaru
 - ▶ nižšie prevýšenie
 - ▶ vysoká rýchlosť tuhnutia niekedy spôsobuje pórovitosť
 - ▶ nebezpečenstvo predbiehania zvarového kúpeľa a tým vzniku studeného spoja



Oblasti použitia:

- zváranie tenkých plechov
- zváranie koreňov zvarov
- bežné zvaračské práce



Zváranie dozadu má tieto výhody:

- stabilnejší elektrický oblúk
- hubica zakrýva výhľad do skosenia
- zvarová húsenica je užšia
- väčšie prevýšenie a hĺbka závaru
- hrubší povrch húsenice
- zvarací kúpeľ je dlhšie tekutý - menšia pórovitosť
- studené spoje a neprievary sa nevyskytujú



Oblasti použitia:

- krycie vrstvy tupých zvarov
- väčšie hrúbky materiálu
- nevhodné pre koreň zvaru - nebezpečenstvo prepadnutia zvarového kúpeľa
- pri kúťovom zvare sa vyskytuje veľké prevýšenie a vruby



Doporučená literatura a informačné 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.