



Spolufinancováno
z programu Evropské unie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL L

Svařování v ochranných atmosférách

Metody používané pro svařování v ochranných atmosférách



Metody používané pro svařování v ochranných atmosférách

- ▶ V současné době se čím dál více uplatňuje svařování v ochranných plynech. Tyto metody nahrazují ruční svařování obalenými elektrodami.
- ▶ Využívají se zejména při mechanizaci a robotizaci svařování.
- ▶ Další velké využití je při svařování hliníku a svařování trubek u zařízení v energetice a chemickém průmyslu.



Nejpoužívanější metody

- ▶ WIG – Wolfram Inert Gas (německy), TIG – Tungsten Inert Gas.
- ▶ Jedná se o svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu.
 - ▶ MIG – Metal Inert Gas. Svařování tavící se elektrodou v inertním plynu.
 - ▶ MAG – Metal Inert Gas. Svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu.
- ▶ Základní princip při svařování v ochranných atmosférách
- ▶ Při metodách tohoto svařování hoří oblouk v ochranném plynu.
- ▶ Ochranný plyn znemožňuje přístup vzdušného kyslíku a dusíku do svarové lázně, k elektrodě i přídavnému materiálu.
- ▶ Technologie svařování v ochranných plynech jsou rozdílné podle ochranného plynu a druhu elektrody.



Svařování MIG/MAG

- Svařování v ochranných atmosférách tavící se elektrodou (MIG/MAG) je při výrobě ocelových konstrukcí nosnou technologií spojování materiálu.
- Svařování MAG se využívá hlavně při svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí, svařování MIG při svařování vysokolegovaných ocelí a neželezných kovů.
- Zdrojem tepla pro svařování je elektrický oblouk, který hoří mezi základním materiálem a koncem tavící se elektrody (drátu) v prostředí inertního plynu (argon, helium nebo jejich směs) – metoda MIG nebo aktivního plynu (oxid uhličitý, argon + oxid uhličitý, argon + oxid uhličitý + kyslík) – metoda MAG.



Svařování MIG/MAG plným drátem

- ▶ V současnosti je vyráběný velmi široký sortiment zařízení pro svařování metodou MIG/MAG.
- ▶ Svařovací zařízení mohou být monofunkční pouze pro MIG/MAG svařování, nebo multifunkční a zahrnovat i metody svařování WIG a ruční svařování obalenou elektrodou. Základní nutné vybavení pro svařování metodou MIG/MAG zahrnuje tyto jednotlivé komponenty:
 - ▶ zdroj svařovacího proudu s řídicí jednotkou,
 - ▶ podavač drátové elektrody,
 - ▶ svařovací hořák,
 - ▶ multifunkční kabel hořáku s rychlospojkou,
 - ▶ uzemňovací kabel se svorkou,
 - ▶ zásobník ochranného plynu s redukčním ventilem.

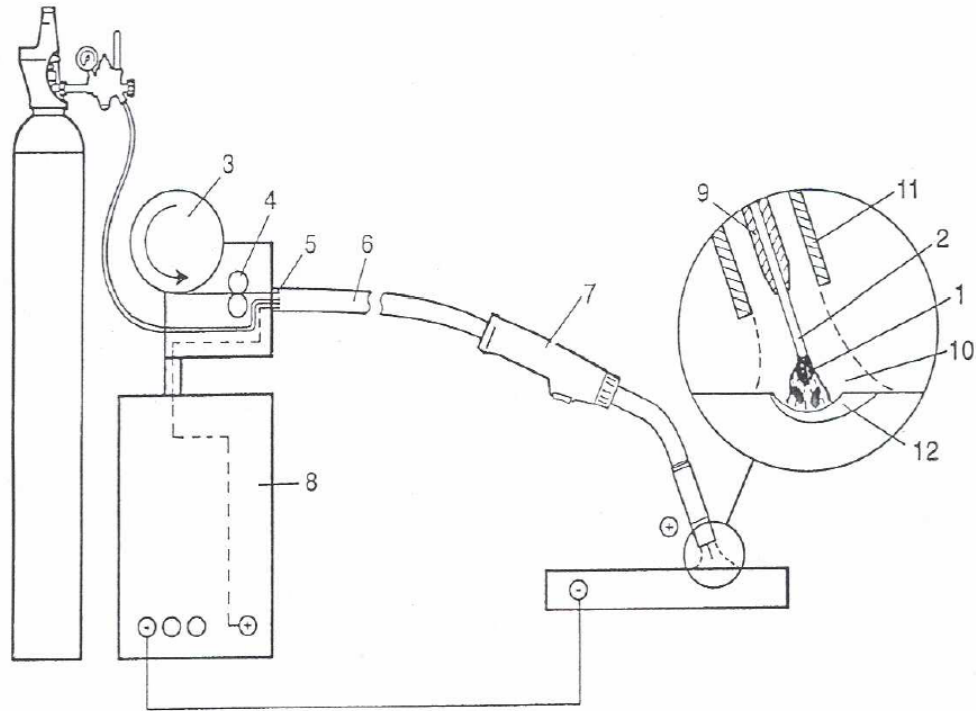


Svařování MIG/MAG plným drátem

- ▶ V závislosti na výkonu, složitosti, náročnosti a požadavcích výroby mohou být dnešní výkonné moderní zařízení vybaveny těmito dalšími technickými doplňky:
 - ▶ chladicí jednotka pro chlazení hořáku a svařovacího kabelu,
 - ▶ mezipodavač drátové elektrody pro svařování na velké vzdálenosti,
 - ▶ dálkové ovládání svařovacích parametrů,
 - ▶ řídicí jednotkou vybavenou procesorem pro regulaci a kontrolu parametrů svařování v reálném čase, archivaci dat v paměťovém bloku a databázi programů svařovacích cyklů,
 - ▶ pojízdný vozík,
 - ▶ rameno pro nesení hořáku a kabelu.



Základní schéma svařování metodou MIG a MAG



1 – elektrický oblouk, 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

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 147.



Zdroje pro svařování metodou MIG/MAG

- Pro standardní svařování metodou MIG/MAG se používá zdrojů se stejnosměrným výstupem proudu, kde kladný pól zdroje je připojen na drátovou elektrodu.
- Nové metody mohou kombinovat i střídavý charakter proudu.
- Používají se levné klasické usměrňovače a v současnosti převážně invertory různých výkonových vlastností.
- Zdroje pro svařování MIG/MAG mají plochou statickou charakteristiku s tzv. konstantním napětím se samoregulační schopností udržování konstantní délky 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. 82.



Zdroje pro svařování metodou MIG/MAG

- Tato regulace je založena na výrazné změně proudu při relativně malé změně délky oblouku a tím i napětí na oblouku.
- Tento princip regulace délky oblouku je možný jen při konstantní rychlosti podávání drátu.
- Při změně délky oblouku se změní napětí a dle pohybu pracovního bodu na statické charakteristice se mění proud.
- Při dlouhém oblouku se sníží proud i rychlost odtavování elektrody a při konstantní rychlosti podávání drátu se začne drát přibližovat ke svarové lázni a oblouk se tím zkrátí.
- Naopak při krátkém oblouku a poklesu napětí se zvyšuje intenzita proudu a odtavování je rychlejší.
- Délka oblouku se tím zvětší a u reálného procesu svařování osciluje kolem nastavené „rovnovážné“ hodnoty.



Typy zdrojů

- ▶ Kompaktní zdroje s integrovaným podavačem drátu umístěným ve společné skříni se zdrojem. Toto uspořádání je obvyklé pro zdroje s nízkým až středním výkonem (do cca 250 A – 300 A) při chlazení hořáku proudícím plynem.
- ▶ Výkonné zdroje s chladicí jednotkou ve společné skříni se zdrojem a odděleným podavačem. Výkonově se pohybují kolem 500 A.



Typy zdrojů

- ▶ Stavebnicové uspořádání má tu výhodu, že jednotlivé komponenty jsou snadno přístupné a lze je poměrně snadno.
- ▶ Sestava se skládá ze zdroje proudu – dnes většinou invertorového typu, podavače drátu a chladicí jednotky u výkonnějších zdrojů.
- ▶ U některých typů zařízení je ještě oddělený řídicí systém, nebo filtrační jednotka s mechanickým filtrem.
- ▶ Celá sestava je zpravidla nesena pojízdným vozíkem s konzolou pro plynové láhve.



Podavače drátu

- ▶ Při svařování MIG/MAG je přídavným materiálem drát, který je nepřetržitě podáván do hořáku pomocí podavače.
- ▶ Funkce podavače drátu spočívá v rovnoměrném podávání drátu, pro správnou funkci podávání nesmí být drát poškozen a deformován jak tvarově, tak na povrchu.
- ▶ Tato funkce je zajištěna podávacím mechanismem s pohonem drátu dvoukladkovým, čtyřkladkovým nebo s mimoběžnými osami.
- ▶ Podávací kladky mohou mít různé typy drážek dle charakteru podávaného drátu.



Svařovací zdroj pro svařování metodou MAG





Svařovací hořáky

- Svařovací hořáky pro svařování MIG/MAG zajišťují přívod drátu do místa svařování, jeho napájení elektrickým proudem a laminární proudění ochranného plynu kolem přídavného drátu.
- Pro nízké příkony jsou hořáky chlazené procházejícím ochranným plynem a u vyšších výkonů od 150 A, se používá nucené chlazení proudící kapalinou v uzavřeném chladícím okruhu.
- V zásadě se hořáky rozdělují na strojní s válcovou upínací částí a ruční s rukojetí pro pevné vedení hořáku svářečem.
- Všechny hořáky jsou vybaveny tvarovou trubicí, na jejímž konci je umístěn kontaktní průvlak pro napájení drátu proudem, vyústění trubky pro přívod ochranného plynu a plynová tryska.



Svařovací hořáky

- ▶ Kontaktní proudový průvlak je spotřební výměnná část hořáku, jehož funkcí je rovnoměrné napájení drátové elektrody svařovacím proudem.
- ▶ Z důvodu dobré elektrické vodivosti je vyroben ze slitiny mědi, kde pro zvýšení odolnosti proti opotřebení je slitina legována chrómem, nebo zirkonem.



Svařovací hořáky

- ▶ Otvor pro vedení drátu je u nové špičky větší o 0,2 mm než průměr drátu.
- ▶ Příliš velké opotřebení bývá příčinou v nepravidelnostech při napájení proudem a vychylování vedení drátu ve svarovém úkosu, které je nepřipustné u mechanizovaných a robotizovaných systémů svařování.
- ▶ Nově jsou na trhu dělené odpružené špičky (Contec) s konstantními podmínkami napájení po celou dobu značně vyšší životnosti.
- ▶ Plynová tryska usměrňuje proudění plynu kolem oblouku a svarového kovu a z důvodu zamezení ulpívání kapek se vyrábí z galvanicky pochromované mědi.



Svařovací hořáky

- ▶ Spouštění svařovacího proudu se ovládá spínačem na rukojeti a řada moderních zdrojů má na rukojeti umístěno také plynulé ovládání intenzity svařovacího proudu pomocí potenciometru nebo tlačítkem.



Průběh svařování řízený spínačem na hořáku

- Řídící jednotka průběhu svařování je zabudována ve zdroji a je ovládána spínačem na svařovacím hořáku.
- Při svařování se používají tyto způsoby řízení:
 - Dvoutaktní režim
 - Čtyřtaktní režim



Dvoutaktní režim

- ▶ Po stisku spínače se zapne svařovací proud, v činnosti bude i posuv drátu. Proces svařování se realizuje po celou dobu zapnutí spínače.
- ▶ Dvoutaktní režim se používá zejména pro stehování dílů, dále je možno ho použít pro krátké svary, vhodný je též pro automatické svařování na svařovacích robotech.



Čtyřtaktní režim

- Je vhodný pro dlouhé svary a pro programové ovládání proudu u moderních zdrojů.
- U čtyřtaktního režimu se nejprve pouští ochranný plyn, poté se zapne posuv drátu a svařovací proud.
- Toto jsou dva takty, třetím taktem se vypíná posuv drátu i proud a čtvrtý takt je vypnutí ochranného plynu.
- Speciální čtyřtaktní režim využívá současného řízení zdrojů a umožňuje po stisknutí a podržení spínače měnit úroveň intenzity proudu dle nastaveného programu.



Vybavení svařovacích zdrojů pro svařování metodou MIG a MAG

- Dnešní moderní zdroje proudu pro svařování MIG/MAG disponují celou řadou moderních funkcí pro lepší kvalitu svařování.
- Díky rozvoji silnoproudé elektroniky můžeme ovládat, sledovat a řídit veškeré svařovací parametry v reálném čase.
- Mezi běžné vybavení zdrojů patří např. horký start pro zajištění natavení začátku svaru u materiálů s vysokou tepelnou vodivostí, databáze svařovacích programů pro velkou většinu přídavných materiálů a synergické řízení svařovacího procesu.
- Při synergickém řízení jsou jedním manuálně nastaveným parametrem – tloušťkou materiálu, proudem nebo rychlostí podávání atd., ovládány všechny ostatní svařovací parametry.

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.



Další funkce, se kterými se můžeme setkat u současných zdrojů

- Řízený zapalovací cyklus u MIG/ MAG umožňuje velice klidné zapálení oblouku v přesně definovaném místě svaru při mechanizovaném a robotizovaném svařování.
- Při zapálení je v první fázi drát posouván až do kontaktu s materiálem.
- Po zjištění zkratu se začne drát oddalovat při nízkém zapalovacím proudu, který zapálí pilotní oblouk a drát se zastaví na úrovni nastavené délky oblouku.
- Následuje fáze posuvu drátu vpřed při současném proudovém impulsu, kterým se zapálí svařovací oblouk a nataví se základní materiál i drátová elektroda.
- Pro zpětný pohyb drátu jsou nutné podávací kladky v hořáku.
- Funkce udržování konstantní délky oblouku je využívána při ručním i mechanizovaném svařování.
- Mikroprocesorem řízenými zdroji se řádově v mikrosekundách srovnávají reálné parametry svařování se zadanými a nastavená délka oblouku se udržuje bez ohledu na vzdálenost hořáku od svařovaného materiálu.



Ukončení svařovacího cyklu proudovým impulzem

- Běžné ukončení svaru poklesem proudu pro vyplnění koncového kráteru je standardní výbava většiny zdrojů.
- Na konci drátu však zůstává kapka kovu přesahující průměr drátu, což zhoršuje znovuzapálení oblouku především u mechanizovaných způsobů svařování.
- impuls na úplném konci svařovacího cyklu „odstřihne“ tvořící se kapku a konec drátu zůstane čistý a rovný.
- Opětovné znovuzapálení oblouku pak probíhá dle parametrů pro průměr drátu.



Přenos kovu v oblouku

- ▶ krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu,
- ▶ krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem,
- ▶ přechodový dlouhý oblouk s nepravidelnými zkraty,
- ▶ dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem,
- ▶ impulzní bezzkratový oblouk,
- ▶ moderovaný bezzkratový přenos – zrychlený zkratový přenos,
- ▶ dlouhý oblouk s rotujícím přenosem 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 pro svařování metodami MIG a MAG

- Směsné plyny Ar + 15 % až 25 % CO₂ jsou vhodné pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí metodou MAG.
- Z této skupiny je univerzálním plynem směsný plyn Ar + 18 % CO₂.
- Vyznačuje se velmi dobrými svařovacími vlastnostmi, stabilním elektrickým obloukem a hlubokým závarem.
- Umožňuje svařování se zkratovým i sprchovým přenosem kovu a malým rozstříkem, který neulpívá na povrchu.
- Poskytuje hladký povrch sváru s dobrým přechodem do základního materiálu a je použitelný pro všechny tloušťky plechů.



Ochranné plyny vhodné pro svařování metodami MIG a MAG

- Směsný plyn Ar + 8 % CO₂ je optimální pro impulsní, sprchový i zkratový přenos kovu.
- Je doporučovaný také pro vysokovýkonné metody svařování při vysokých proudtech.
- Vyznačuje se vysokou rychlostí svařování, plochým svarem, nízkým rozstříkem a minimální tvorbou strusky.
- Je vhodný pro ruční i mechanizované svařování všech tloušťek plechů.



Ochranné plyny vhodné pro svařování metodami MIG a MAG

- Směsné plyny Ar + 5 % až 13 % CO₂ + 5 % O₂.
- Tato směs poskytuje klidný svařovací proces s měkkým elektrickým obloukem, hladké a čisté svary.
- Vysoký obsah kyslíku zajišťuje velmi dobrou tekutost tavné lázně a výborné odplynění.
- Sprchový přenos kovu obloukem je možný i při nižší intenzitě proudu.
- Přednostně se využívá při mechanizovaných a robotizovaných způsobech svařování malých a středních tloušťek.



Disociační a ionizační energie v plynech

Plyn	Disociační energie eV/ molekula	Ionizační energie eV/ atom (první ionizační stupeň)
Vodík	4,5	13,6
Kyslík	5,1	13,6
Oxid uhličitý	4,3	14,4
Dusík	9,8	14,5
Helium		24,6
Argon		15,8

AMBROŽ, O. A KOL. TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ A ZAŘÍZENÍ: UČEBNÍ TEXTY PRO KURZY SVÁŘEČSKÝCH INŽENÝRŮ A TECHNOLOGŮ. OSTRAVA: ZEROSS, 2001. s. 168.



Tlaková láhev s redukčním ventilem pro svařování metodou MAG





Stabilita elektrického oblouku

- ▶ Při svařovacím procesu tavící se elektrodou je nutné, aby hoření oblouku bylo stabilní, ať již se jedná o jakýkoliv typ přenosu kovu.
- ▶ Čistý argon má dobrou ionizační schopnost, ale není vhodný pro svařování běžných konstrukčních ocelí, poněvadž oblouk hoří neklidně a kvalita svaru je nízká.
- ▶ Pro kvalitní svařování ocelí jsou nutné oxidační reakce, ty jsou zárukou čistého svarového kovu, který má odpovídající jakost.
- ▶ Z těchto důvodů je malá příměs oxidu uhličitého, nebo kyslíku nutná i při svařování korozivzdorných chromniklových ocelí.
- ▶ Argon se používá pro svařování neželezných kovů, kde i minimální oxidace není přípustná.
- ▶ U metody MAG se používá oxid uhličitý, oblouk se hůře zapaluje a i ionizační napětí musí být vyšší než u argonu.
- ▶ Výhody obou plynů se využívají ve směsích, kde oblouk hoří s vysokou stabilitou a pravidelností.



Vliv plynů na přenos tepla a profil svarové housenky

- Ochranné plyny ovlivňují výrazně teplo vnesené do svaru a tím také ovlivňují i tvar svaru.
- Toto je ovlivněno různou tepelnou vodivostí ochranných plynů.
- Někde je nutno i tepelnou vodivost zvyšovat.
- Např. u metody MIG jako je potřebné zvýšit tepelnou vodivost argonu a to se děje přidáním hélia, zejména při svařování tlustostěnných plechů ze slitin hliníku a mědi.
- Heliem se zvyšuje také proudová hustota a tím i množství přenášeného tepla do svaru.
- Profil housenky je při použití helia hluboký i bez předeřevu svařence.



Vliv plynů na přenos tepla a profil svarové housenky

- ▶ Čistý argon se pro svařování vysokolegovaných ocelí již nedoporučuje, poněvadž v argonu se dosahuje pouze mělký závar s hlubokým závarem v ose oblouku.
- ▶ Rychlé tuhnutí taveniny ve spodní části bývá příčinou výskytu vměstků a neprůvarů.
- ▶ Naopak přenos tepla je velmi dobrý při svařování metodou MAG za použití čistého ochranného plynu CO₂.
- ▶ Závar je hluboký a tvar svaru má odpovídající jakost.
- ▶ Nebezpečím však je při vysokých parametrech tvorba vrubů. Mohou se objevovat i trhliny jako následek rychlého ochlazení svaru.



Přídavné materiály pro svařování metodou MIG/MAG

- ▶ Metody MIG a MAG mají velice široké uplatnění v technické praxi.
- ▶ Využívají se jak ke spojování ocelí, tak ke spojování neželezných kovů.
- ▶ S úspěchem se používají při opravách či renovacích zejména při navařování tvrdých návarů.
- ▶ Pro metody obloukového svařování MIG/MAG bývají přídavné materiály ve formě plného drátu a případně plněného drátu (trubičkové dráty).
- ▶ Dráty jsou navinuté na drátěných nebo plastových cívkách o běžné hmotnosti 15 kg.
- ▶ Cívky se však vyrábějí v širokém sortimentu rozměrů a hmotností drátů – 5 kg, 6 kg, 10 kg, 12 kg, 16 kg, 18 kg, 25 kg, 30 kg, anebo se pro robotizovaná pracoviště dodávají ve svitku baleném v lepenkovém paketu hmotnosti až 200 (450) kg.



Vedení drátu při metodě MAG

- ▶ Údaje na cívce:
 - ▶ označení výrobce,
 - ▶ označení drátu dle výrobce i příslušné normy,
 - ▶ průměr drátu,
 - ▶ hmotnost,
 - ▶ číslo tavby,
 - ▶ klasifikace a certifikace u jiných orgánů



Přídavné materiály

- Přídavné materiály je při přepravě a skladování nutné chránit proti přístupu vzduchu a nečistot.
- Teplota má být nad 10 °C a relativní vlhkost do 50 %.
- V současnosti jsou všechny dráty chráněny polyetylenovou zatahovací fólií.
- Normalizované průměry drátů jsou 0,6 mm; 0,8 mm; 1,0 mm; 1,2 mm; 1,6 mm; 2,0 mm a 2,4 mm.
- Nejčastěji používané průměry jsou 0,8 mm až 1,6 mm. Jsou hladce tažené, případně poměděné proti oxidaci.
- Zvláštní tvar PM je pásková elektroda pro vysokovýkonné svařování.
- Plněné dráty mají různé svařovací vlastnosti podle náplně.



Svařovací napětí

- ▶ Napětí na oblouku představuje potenciální rozdíl mezi drátem elektrody a povrchem svarové lázně.
- ▶ Mění se podle délky oblouku, a na odtavovací výkon má jen malý vliv.
- ▶ Šířka housenky svaru je ovlivněna napětím.
- ▶ Nastavení napětí je o 2 V až 3 V vyšší u čistého oxidu než u směsí plynů.
- ▶ Obecně platí vztah: $U = 15 + 0,035 I_s$ (V)
 - ▶ U = pracovní napětí
 - ▶ I_s = svařovací proud



Svařovací napětí

- ▶ Napětí na oblouku má důležitý vliv na dosažení optimálních podmínek samoregulace délky oblouku a ustálení pracovního bodu.
- ▶ Vliv napětí na přenos s ohledem na použitý plyn je následující:
 - ▶ rozsah napětí 14 V až 21 V odpovídá zkratovému procesu v oxidu uhličitém i ve směsných plynech,
 - ▶ při napětí nad 21 V až 25 V probíhá částečně bezzkratový proces,
 - ▶ napětí mezi 25 V až 30 V odpovídá bezzkratovému přenosu kovu ve směsi plynu a částečně zkratový přenos s velkými kapkami kovu u oxidu uhličitého,
 - ▶ při napětí nad 27 V probíhá ve směsi plynu sprchový přenos

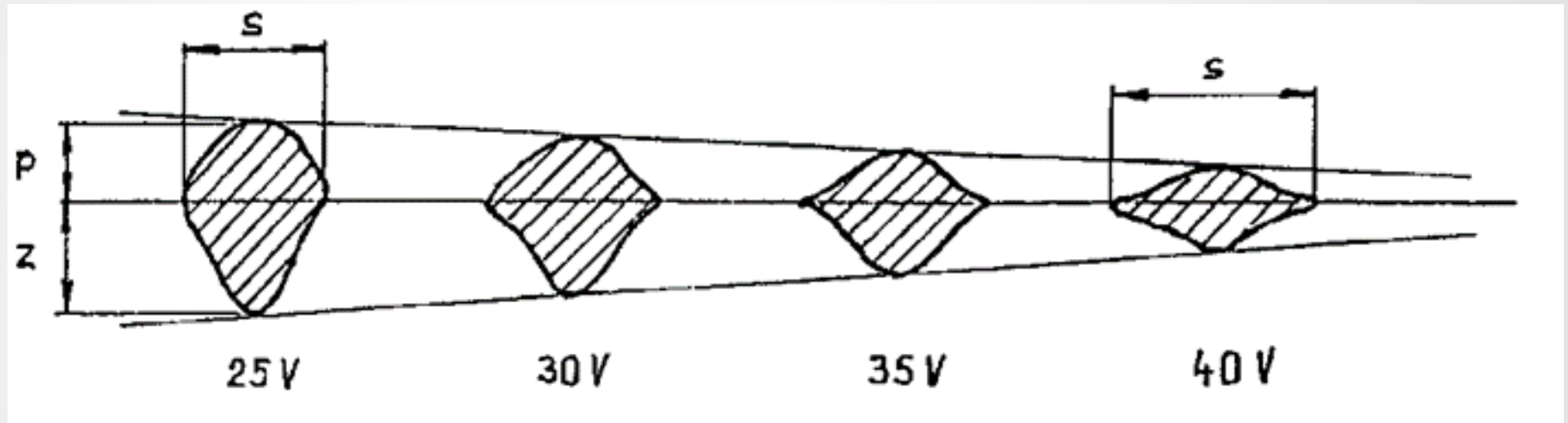


Svařovací napětí

- Nadměrně vysoké napětí zvyšuje délku oblouku a propal prvků, svary jsou náchylné na pórovitost a zvyšuje se rozstřík.
- Svarová lázeň je široká, mělká a vzniká nebezpečí předbíhání svarové lázně před oblouk.
- Obtížně se ovládá tavná lázeň v nucených polohách.
- Nízké napětí bývá příčinou nestabilního procesu, úzkých housenek s velkým převýšením především při vysokých rychlostech svařování.
- Při nízkém napětí nedochází k dokonalému natavení svarových hran a při vícevrstvěném svařování dochází k výskytu studených spojů.



Závislost svarové housenky na napětí



S – šířka housenky, p – převýšení, z – hloubka závaru

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



Svařovací proud

- Svařovací proud má na charakter přenosu kovu při svařování a tvar průřezu svarové housenky největší vliv.
- S růstem proudu roste proudová hustota, velikost a tekutost svarové lázně, součinitel roztavení a odtavovací výkon.
- Při konstantním napětí na oblouku nastává při zvyšování proudu výrazný růst hloubky závaru s relativně malým růstem šířky housenky i převýšení.



Svařovací proud

- ▶ Svařovacím proudem se výrazně ovlivňuje charakter přenosu kovu v oblouku:
 - ▶ růstem proudu roste frekvence kapek
 - ▶ intenzita proudu podle složení ovlivňuje síly, které působí na kapky kovu
 - ▶ růstem proudu se u běžných typů přenosů kovu zmenšuje objem kapek.



Svařovací proud

- Předběžné nastavení proudu se před začátkem svařování provádí dle zkušeností nebo tabulky.
- Z hlediska kvality svaru je výhodnější menší průměr drátu, poněvadž dává větší počet drobných kapek a kvalita povrchu svarové housenky je velmi dobrá.
- Z hlediska směrové stability výletu drátu a ekonomických nákladů je výhodnější větší průměr, protože z důvodu snížení počtu tahů je drát levnější.
- Toho lze využít u pulsního svařování, kde rozměr kapek je řízen vlastním procesem 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. 93.



Proudová hustota

- ▶ Proudová hustota vyjadřuje proudové zatížení drátu s ohledem na jeho průřez.
- ▶ Udává se v $A \cdot mm^{-2}$ a roste se zmenšováním průměru drátu.
- ▶ Při běžných způsobech svařování MIG/MAG se u drátů o průměru 0,8 mm až 1,2 mm proudová hustota pohybuje od $80 A \cdot mm^{-2}$ do $350 A \cdot mm^{-2}$, ale při svařování vysokovýkonnými metodami dosahuje nad $600 A \cdot mm^{-2}$.
- ▶ U plněných drátů dosahuje až trojnásobku proudové hustoty plného drátu stejného průměru.

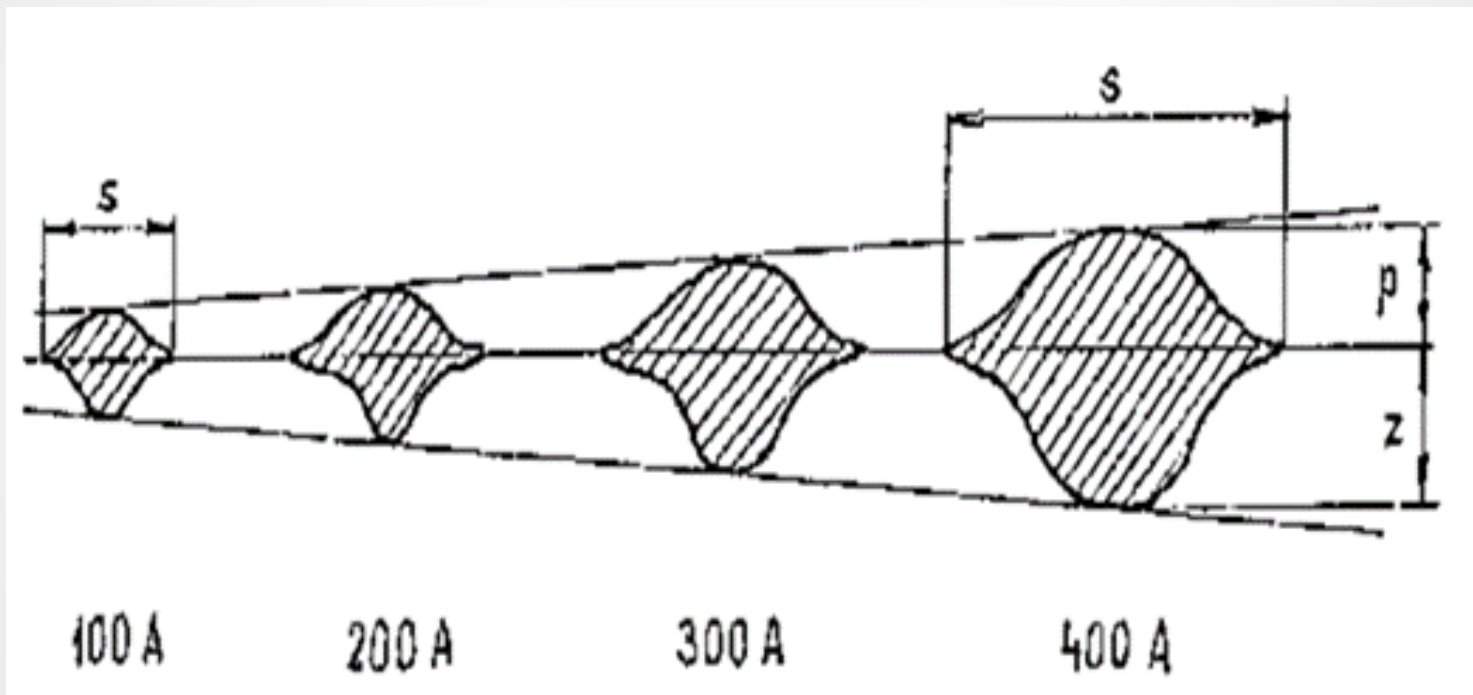


Polarita svařovacího proudu

- ▶ Pro metodu svařování MIG/MAG se využívá stejnosměrného proudu, tudíž polarita je nepřímá, tzn., že elektroda je připojena na kladný pól svařovacího zdroje.
- ▶ Výhodou je potom hlubší závar a širší svar.
- ▶ Při opačném zapojení elektrody je polarita přímá, závar je menší a převýšení svaru je vyšší.
- ▶ Tohoto se s výhodou používá při renovacích navařování.
- ▶ Na stabilitě procesu se podílí především dynamické síly oblouku.
- ▶ Proces CMT Advanced jako jediný používá střídavý proud pro metodu MIG/MAG.



Závislost tvaru svarové housenky na intenzitě proudu



S – šířka housenky, p – převýšení, z – hloubka závaru

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



Výlet drátu

- ▶ Volná délka drátu se měří od konce kontaktního proudového průvlastku po oblouk a obecně platí, že je rovná desetinásobku průměru drátu.
- ▶ Na skutečnou délku výběhu drátu má vliv více podmínek svařování – typ přenosu kovu a použitý ochranný plyn.
- ▶ $L = 5 + 5.d$ pro oxid uhličitý
- ▶ $L = 7 + 5.d$ pro směsné plyny, kde d je průměr drátu v mm



Výlet drátu

- Se změnou vzdáleností kontaktní špičky a svařovaného materiálu se mění řada parametrů svařování.
- Významná je změna proudu, který klesá se zvyšující se vzdáleností špičky od materiálu a důsledkem tohoto poklesu je menší průvar.
- Snížení proudu je způsobeno odporovým ohřevem drátu a představuje přibližně 10 A až 20 A na 1 mm změny délky výběhu drátu.
- Celková změna intenzity proudu může být až 80 A proti nastavené hodnotě a výsledný průvar bude nedostatečný.
- Naopak při malém výletu je na oblouku vyšší intenzita a dojde k přehřátí tavné lázně.



Výlet drátu





Hodnoty parametrů při svařování oceli metodou MAG

Typ svaru	Tloušťka plechu	Průměr elektrody	Výkon navaření	Rychlost posuvu drátu	Svařovací proud	Rychlost svařování
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
I svar	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 parametrů při svařování oceli metodou MAG

Typ svaru	Tloušťka plechu	Průměr elektrody	Výkon navaření	Rychlost posuvu drátu	Svařovací proud	Rychlost svařování
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
V svar	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 parametrů při svařování oceli metodou MAG

Typ svaru	Tloušťka plechu	Průměr elektrody	Výkon navaření	Rychlost posuvu drátu	Svařovací proud	Rychlost svařování
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm.min ⁻¹
Koutový svar	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 svařování metodou MIG/MAG

- Svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí
- Pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí lze v závislosti na tloušťce materiálu i a poloze svařování použít všechny typy přenosů kovu obloukem.
- Jako ochranná atmosféra je v dnešní době pravděpodobně nejvíce používaný směsný plyn Ar + 18 (8) % CO₂.
- Při ručním vedení hořáku můžeme svařovat směrem dopředu nebo dozadu a při mechanizovaném svařování bývá hořák obvykle v kolmé poloze k rovině svaru.



Technika svařování metodou MIG/MAG

- ▶ Při vedení hořáku na robotizovaných pracovištích se úhel sklonu hořáku řídí přístupností koncového členu robota ke svařenci.
- ▶ Drátová elektroda musí být přiváděna na začátek svarové lázně z důvodu zajištění hlubokého průvaru bez nebezpečí studených spojů a omezení rozstříku.
- ▶ Tento požadavek je důležitější u svařování koutových svarů.
- ▶ Kořenové svarové housenky se svařují s přímým vedením hořáku a výplňové svarové housenky můžeme svařovat s příčným nebo i podélným rozkyvem hořáku.
- ▶ Při rozkyvu hořáku roste velikost tavné lázně, zlepšuje se odplynění svaru, ale zvyšuje se množství vneseného tepla do svaru a tím i související důsledky.



Sklon hořáku a jeho vedení

- ▶ Svařování dopředu má tyto charakteristiky:
 - ▶ dokonalý výhled do úkosu
 - ▶ dobré ovládání tekuté lázně v kořeni svaru
 - ▶ hubice zakrývá výhled na housenku
 - ▶ větší šířka housenky
 - ▶ přibližně o 20 % menší hloubka závaru
 - ▶ nižší převýšení
 - ▶ vysoká rychlost tuhnutí někdy způsobuje pórovitost
 - ▶ nebezpečí předbíhání svarové lázně a tím vzniku studeného spoje



Oblasti použití:

- ▶ svařování tenkých plechů
- ▶ svařování kořenů svarů
- ▶ běžné svářečské práce



Svařování dozadu má tyto výhody:

- ▶ stabilnější elektrický oblouk
- ▶ hubice zakrývá výhled do úkosu
- ▶ svarová housenka je užší
- ▶ větší převýšení a hloubka závaru
- ▶ hrubší povrch housenky
- ▶ svarová lázeň je déle tekutá – menší pórovitost
- ▶ studené spoje a neprůvary se nevyskytují



Oblasti použití:

- krycí vrstvy tupých svarů
- větší tloušťky materiálu
- nevhodné pro kořen svaru – nebezpečí propadnutí svarové lázně
- při koutovém svaru se vyskytuje velké převýšení a vruby



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.