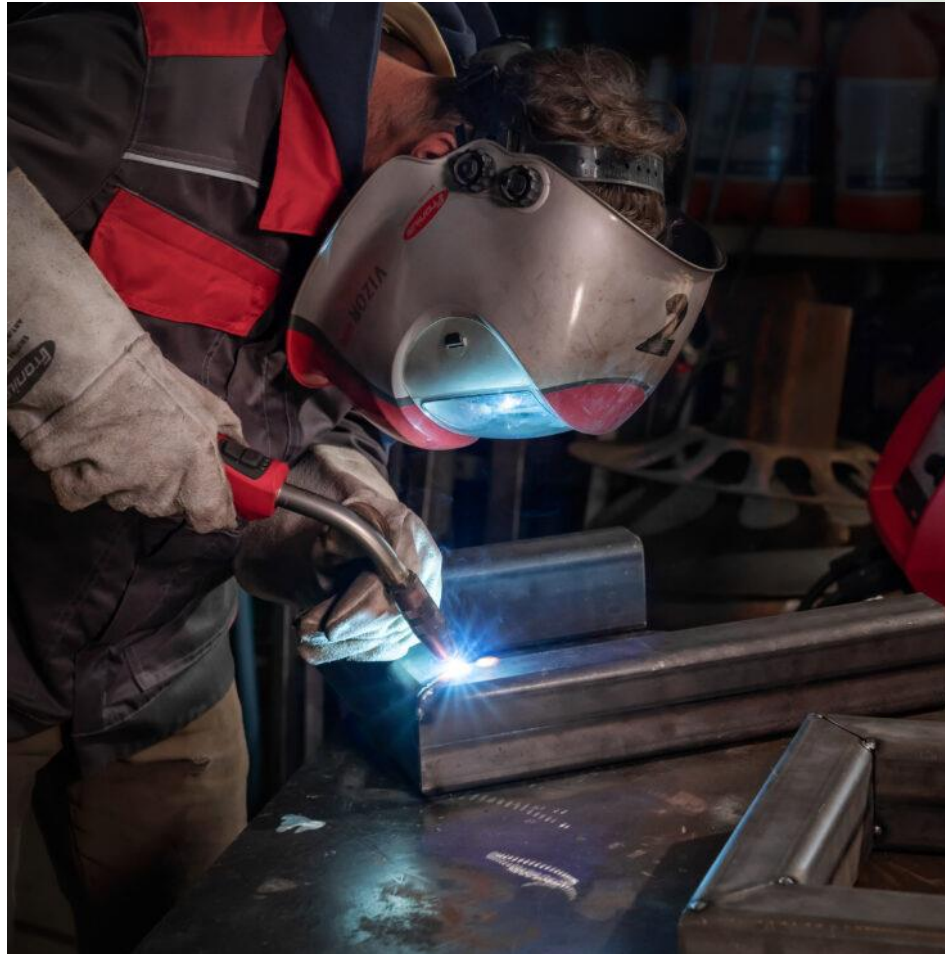


Svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu – metody MIG/MAG



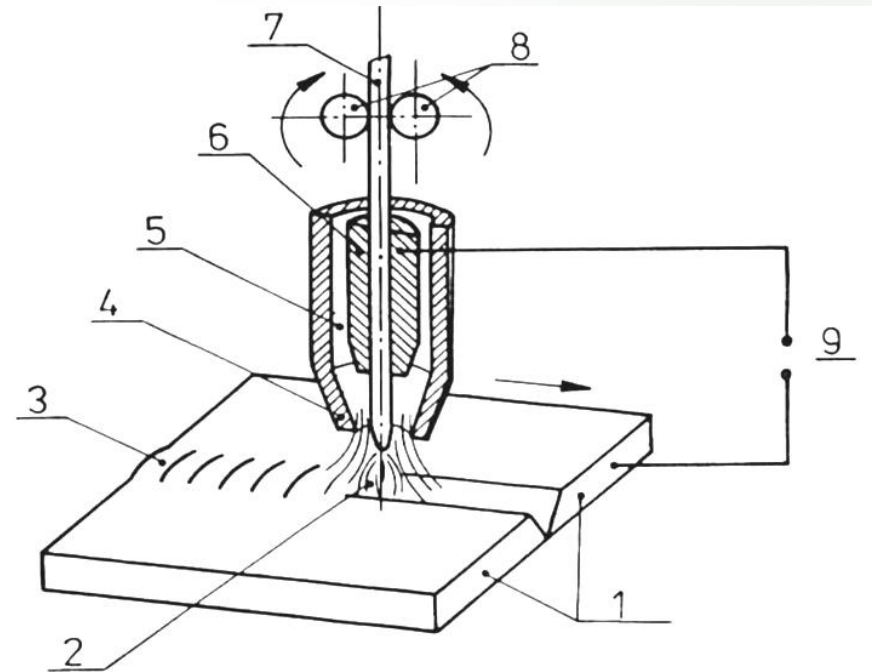
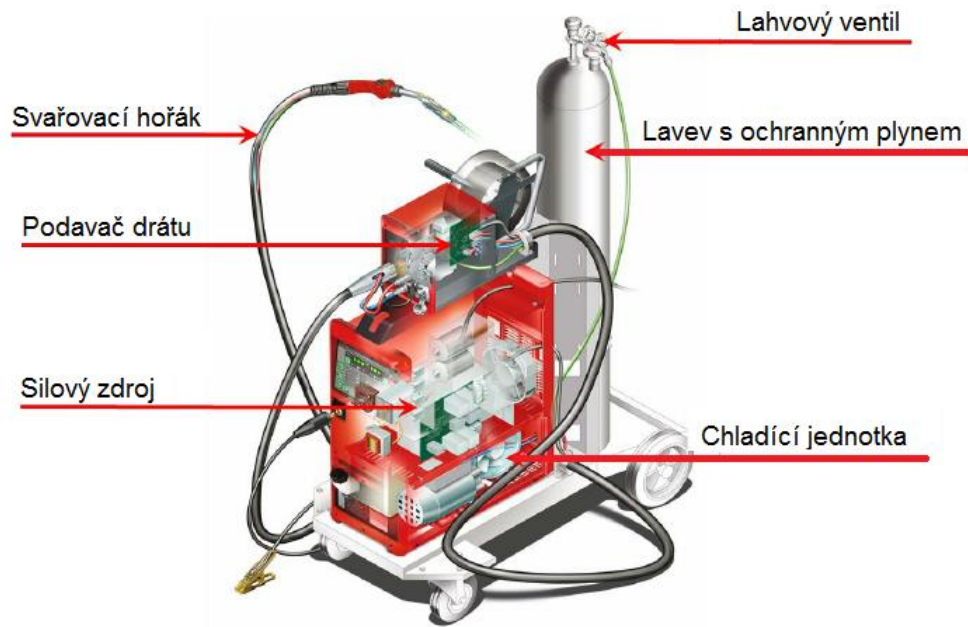
doc. Ing. Jaromír MORAVEC, Ph.D.

Ing. Martin Švec, Ph.D.

Ing. Šárka Bukovská

Princip svařování metodou MIG/MAG

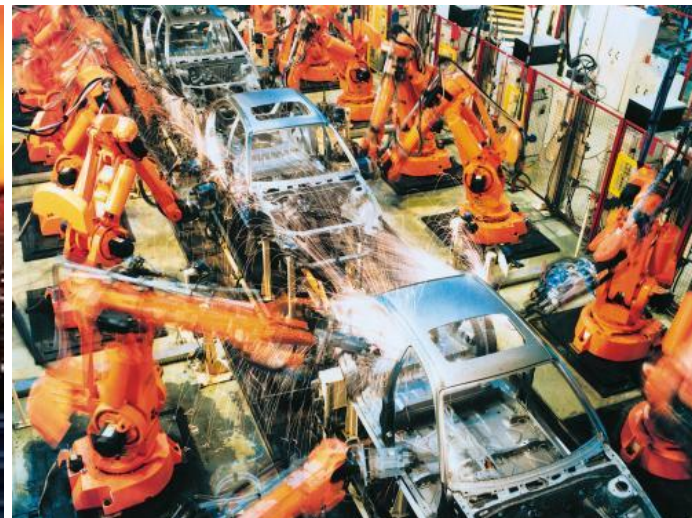
Svařování je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou (7) ve formě drátu a ZM (1) v ochranné atmosféře (4) inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu (7) el. proudem je zajištěno kontaktním průvlakem (6) našroubovaným v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát navinutý na cívce je pomocí kladek (8) podáván do místa svařování.



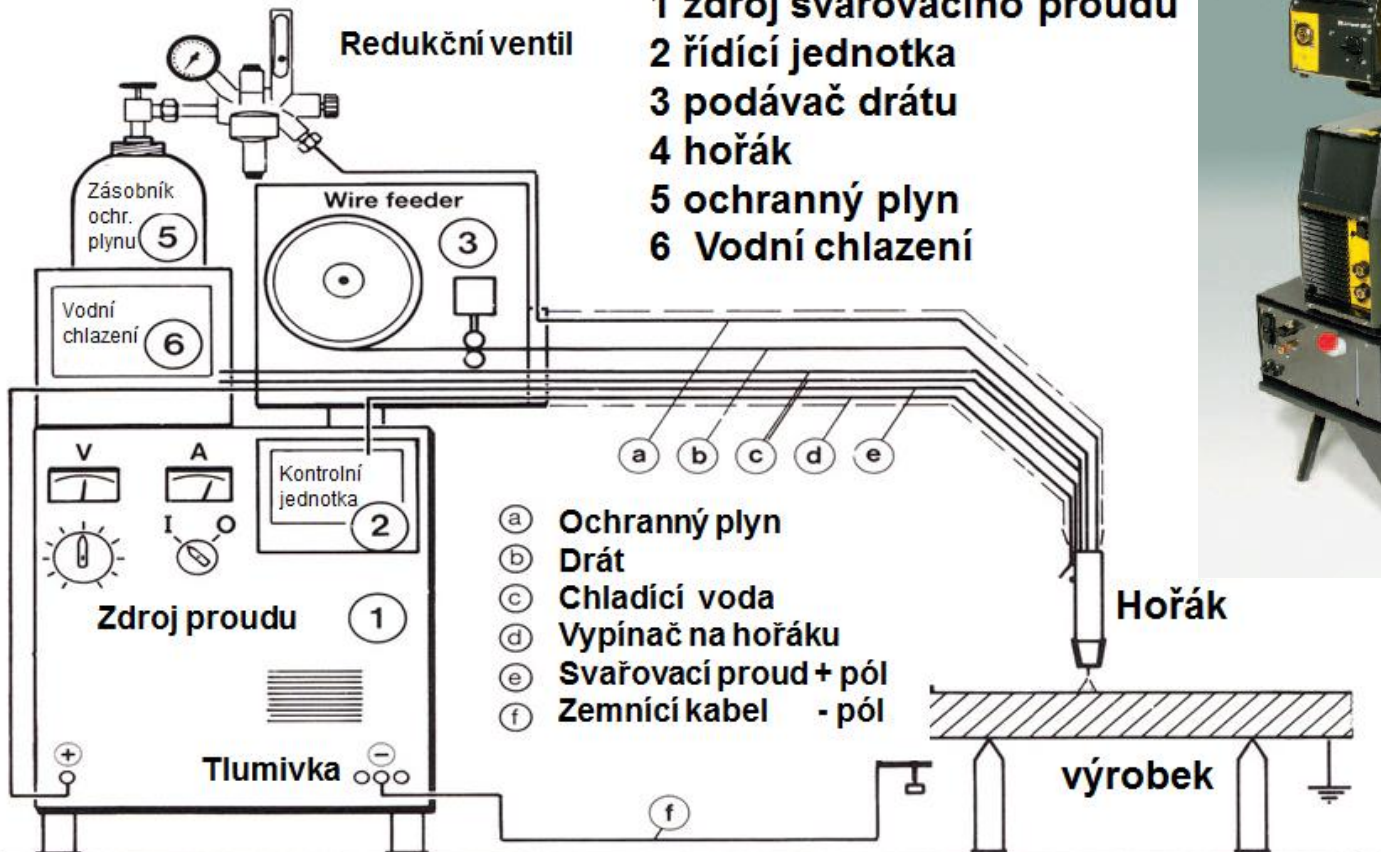
Proudová hustota je zde nejvyšší ze všech obloukových metod a dosahuje až **600 A.mm⁻²**. Svařovací proudy se pohybují od **40 až do 600 (800) A**. Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a použitém ochranném plynu. Teplota kapek se při MAG svařování pohybuje mezi 1700 až 2500°C a teplota svarové lázně v rozmezí 1600 až 2100°C. Rychlost svařování může dosáhnout až 150 cm.min⁻¹ a rychlost kapek přenášených obloukem přesahuje 130 m.s⁻¹.

Oblasti použití metody MIG/MAG

- MIG - svařované konstrukce z hliníkových slitin využitelné především v pozemní, lodní a letecké dopravě a případně i ve stavitelství.
- MIG – pájení (zejména pozinkovaných plechů) využíváné v automobilovém průmyslu, ve stavebnictví, vzduchotechnice a výrobě domácích spotřebičů.
- MAG - svařované konstrukce z nelegovaných a nízkolegovaných ocelí pro využití ve stavebnictví, výrobě konstrukčních rámců strojů, při výrobě automobilů, vlaků a lodí.
- MAG – mechanizované a robotizované aplikace vysokovýkonných metod při svařování vysokými proudy a rychlostmi, zpravidla u materiálu větších tloušťek.



Zařízení pro svařování metodou MIG/MAG



Zařízení pro svařování metodou MIG/MAG

Zařízení pro svařování metodou MIG/MAG by mělo obsahovat tyto komponenty:

- Zdroj svařovacího proudu s řídicí jednotkou.
- Podavač drátové elektrody.
- Svařovací hořák.
- Multifunkční kabel s upínacími piny a rychlospojkou.
- Uzemňovací kabel se svorkou.
- Zásobník ochranného plynu s redukčním ventilem.

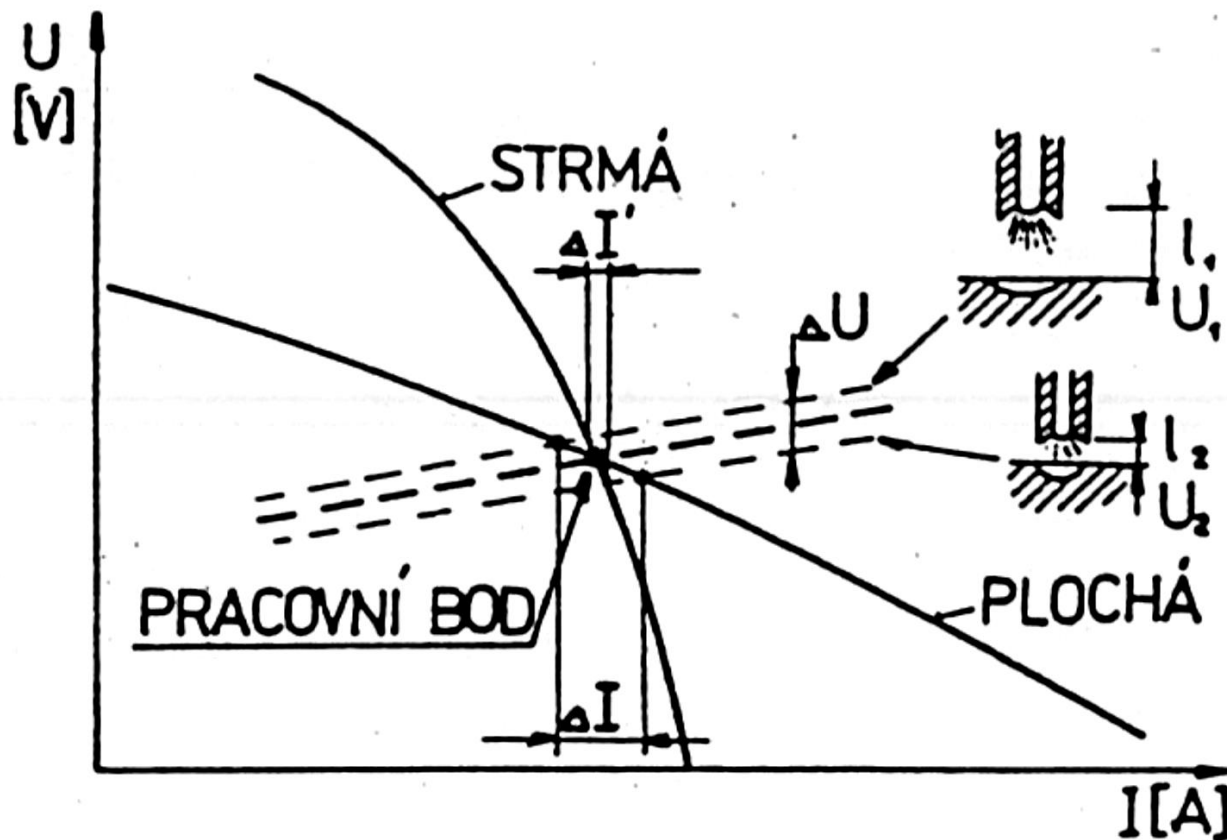
V závislosti na používaném výkonu zdroje a výrobních požadavcích mohou být svařovací zařízení vybaveny dalšími technickými doplňky.

- Chladicí jednotka pro chlazení hořáku.
- Mezipodavač drátové elektrody při svařování na velké vzdálenosti.
- Dálkové ovládání svařovacích parametrů (ruční měnič).
- Řídicí jednotkou vybavenou procesorem pro regulaci a kontrolu procesních parametrů v reálném čase, archivací dat a databází programů svařovacích cyklů.
- Ramenem pro nesení hořáku a kabelu.

Statická charakteristika zdroje MIG/MAG

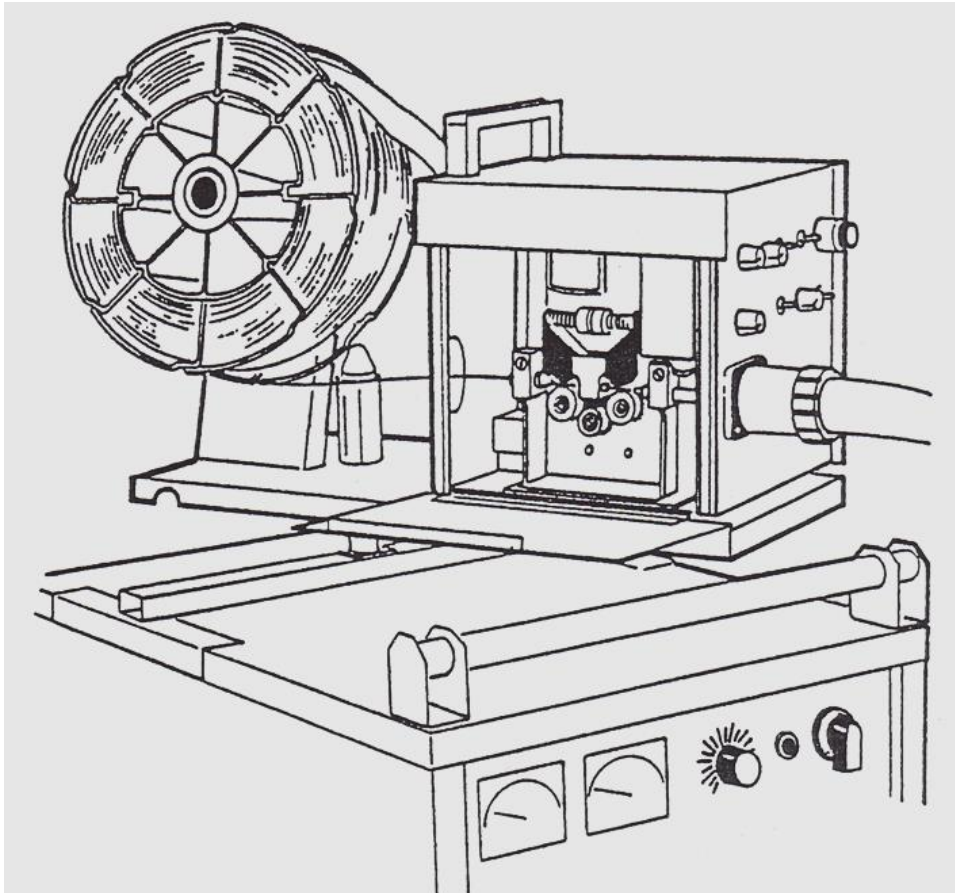
2 druhy:

- **STRMÁ** – při velké změně napětí (délky oblouku), budou malé změny I → vhodné pro ruční svařování (svařování obalenou elektrodou, TIG)
- **PLOCHÁ** – při malé změně napětí (délky oblouku), bude velká změna I – větším/menším proudem se reguluje odtavování drátu - samoregulační udržování konstantní délky oblouku → vhodné pro automatizované svařování, roboty (MIG, MAG)



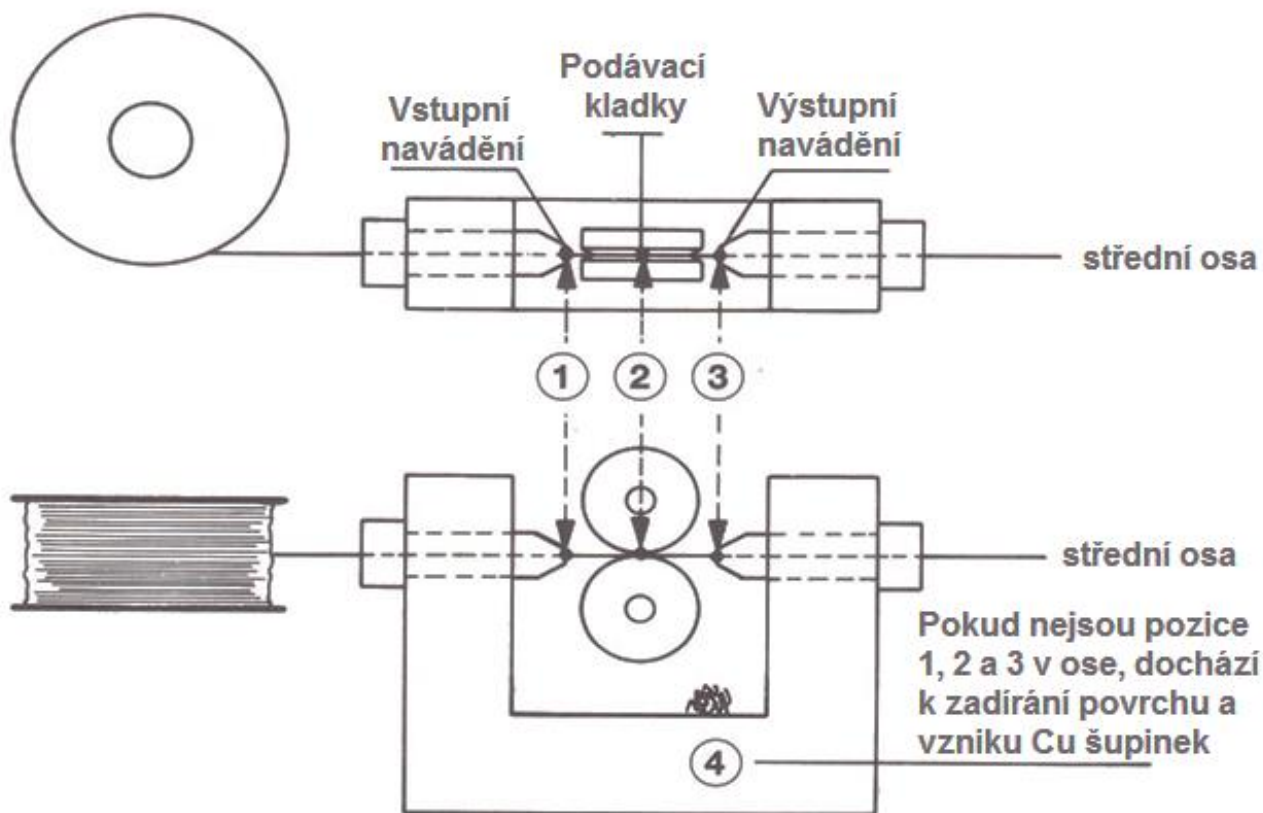
Podavače drátu pro MIG/MAG svařování

Přídavný materiál je nepřetržitě podáván do místa svařování pomocí podavače, který by měl zaručit rovnoměrné podávání drátu bez jeho deformace a poškození povrchu. Tato funkce je zajištěna podávacím mechanismem s pohonem drátu pomocí **dvou** nebo **čtyř kladkových podavačů**, nebo pomocí kladek s mimoběžnými osami. Podávací kladky mohou mít různé **tvary drážek**, podle typu podávaného drátu - U drážky (pro měkké materiály), V drážky (pro tvrdé materiály)

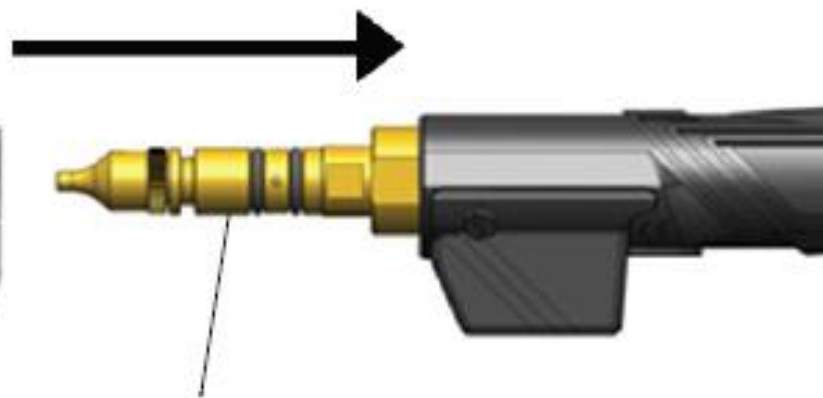
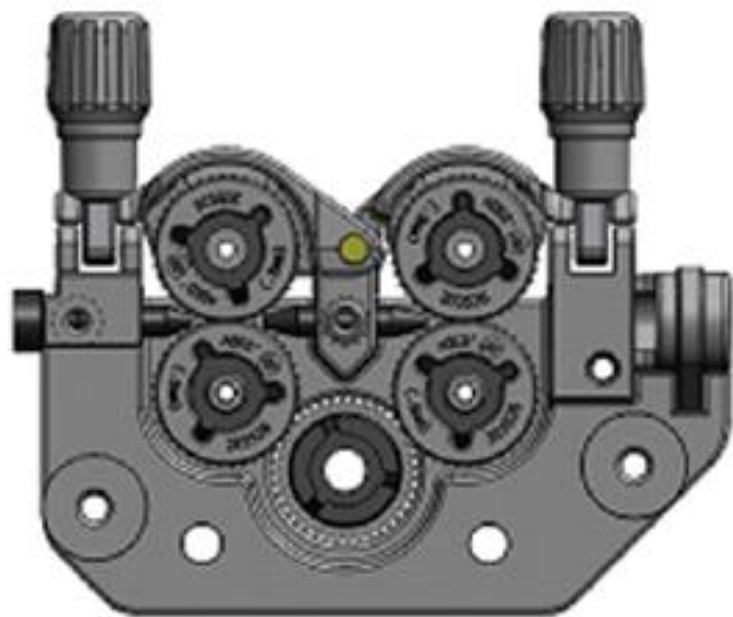
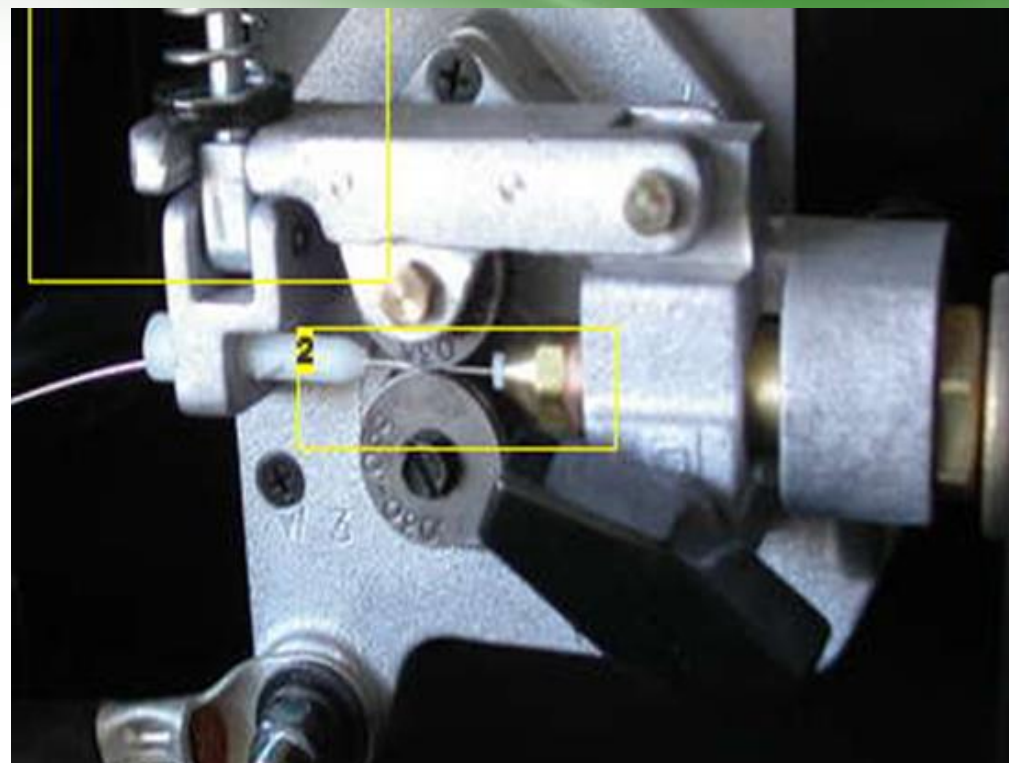
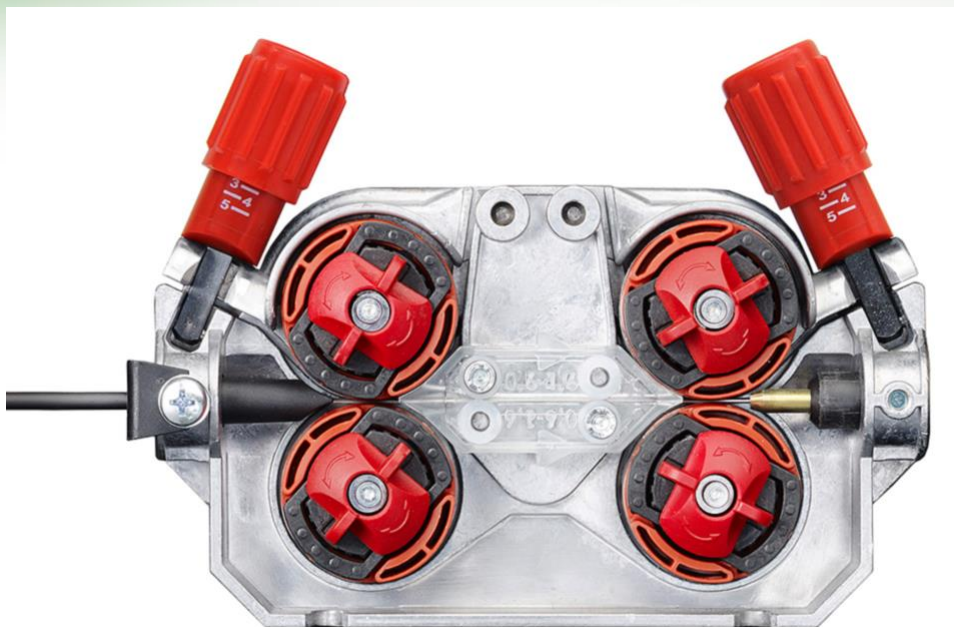


Forma drážky	Pohonný systém	Oblast nasazení (použití)
<p>lichoběžníková drážka</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● běžné vybavení ● oblast využití pro nelegované, nízko nebo vysoce legované plně dráty od $\varnothing 0,8$ mm (např. SG2, CrNi atd.) ● pro každý průměr drátu je nutná vlastní hnací kladka!
<p>hladká polokulatá drážka</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● pro transport nelegovaných a nízkolegovaných, popř. svařovaných plných drátů výhoda: malé tření ve svářecím hořáku, a to i při zakřiveném hořákovém tělese ● pro každý průměr drátu nutné vlastní hnací kladky!
<p>drážka V</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● použitelné jenom pro hliníkové dráty od $\varnothing 0,8$ mm ● pro ALU-svařovací dráty od 1,0-1,6 mm \varnothing a jejich slitiny např. mőd, bronz, atd. (měkké dráty) ● provoz Push-pull s motorovým regulátorem PMR3 (vyrovnaní počtu oláček) ● pro každý průměr drátu jsou nutné vlastní posuvné kladky
<p>vroubkovaná polokulatá drážka</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● doporučené použití pro nelegované a nízko-legované trubčkové dráty (použitelné i pro ALU-dráty) (vrchní plocha drátu není poškozena nebo deformována) ● pro každý průměr drátu jsou nutné vlastní posuvné kladky!
<p>drážka V</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● pro nelegované a nízko-legované plně dráty (ocel) od 0,8-1,6 mm \varnothing ● není nutná výměna kladek!
<p>vroubkovaná polokulatá drážka</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● pro těžko transportovatelné plně a plněné dráty různých slitin ● nevýhoda: relativně vysoký odpor tření ve svařovacím hořáku při zakřiveném tělese hořáku, silné opotřebení kontaktní trubky ● pro každý průměr drátu jsou nutné vlastní posuvné kladky

Podavače drátu pro MIG/MAG svařování

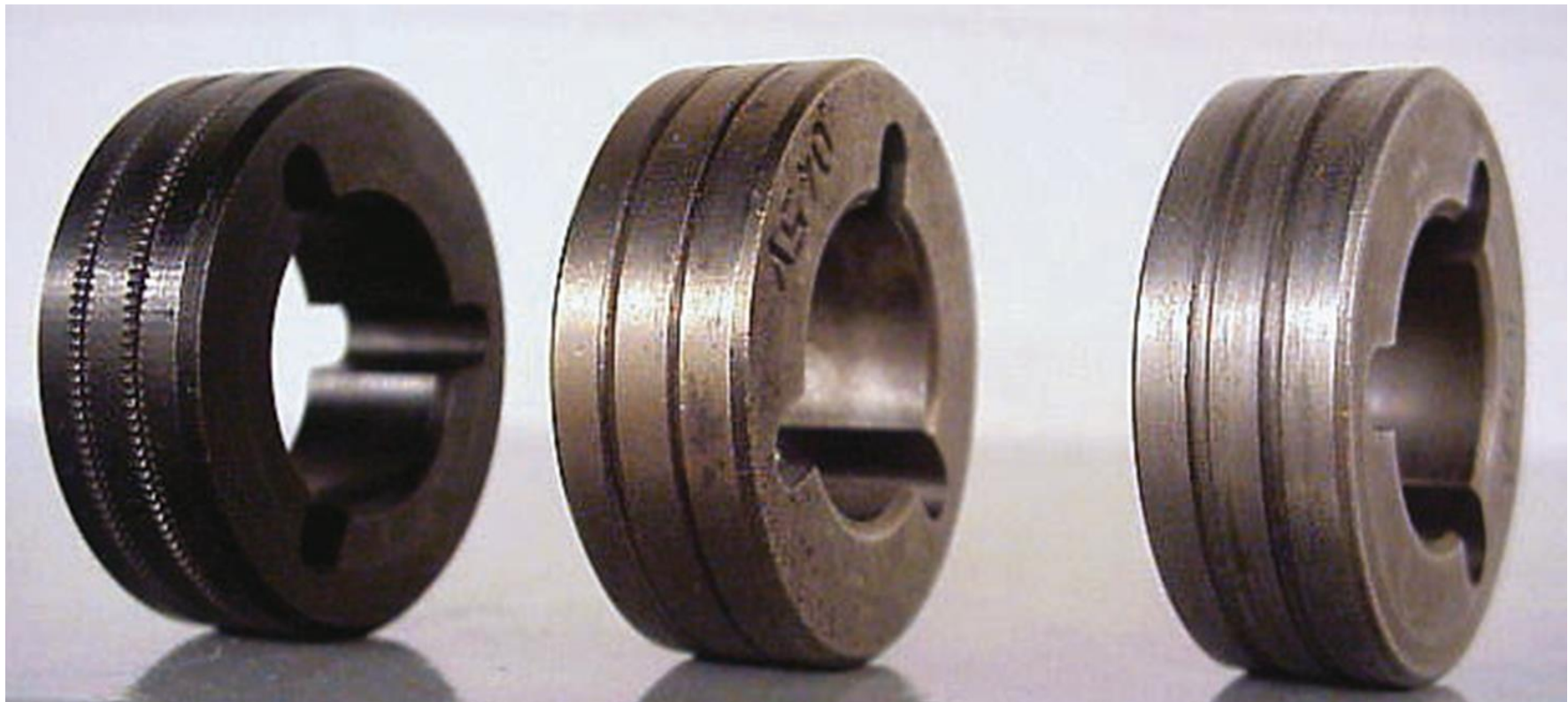


Podavače drátu pro MIG/MAG svařování



STANDARD POWER PIN

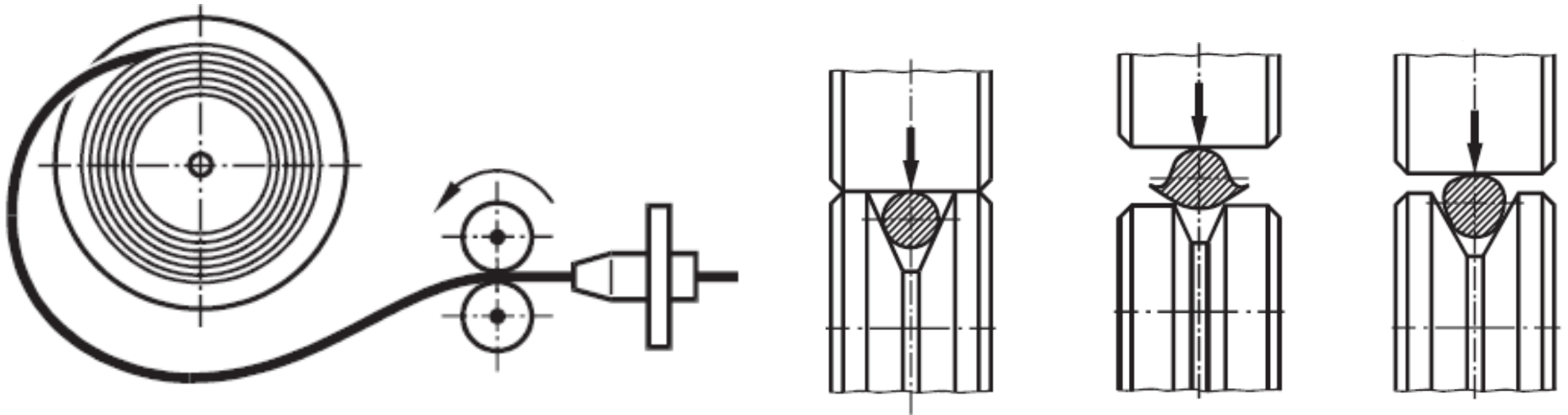
Druhy kladek pro MIG/MAG svařování



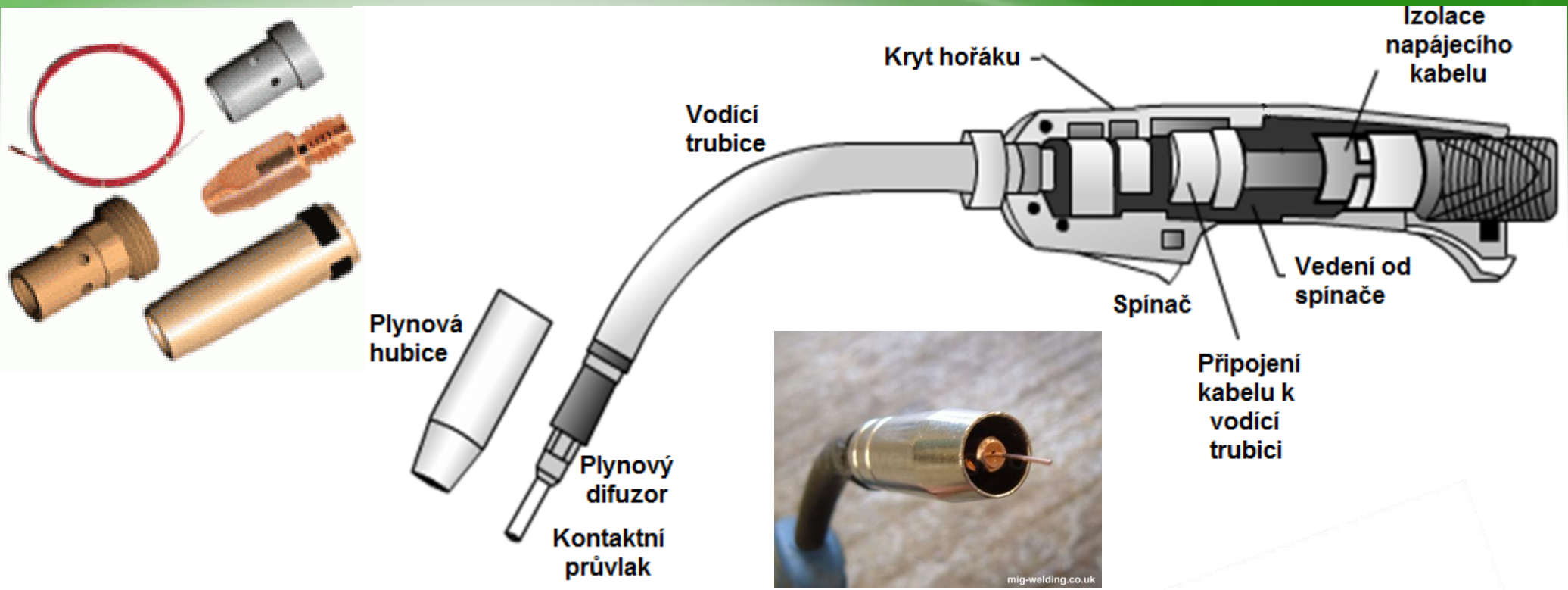
Problematika při podávání drátu

Při nasazení cívky s drátem na unášeč je nezbytné seřídít **brzdu**. Pokud by brzdná síla byla příliš nízká k zastavení setrvačného pohybu cívky, došlo by k vymotání drátu z cívky a hrozilo by jeho zamotání před podavačem. Naopak příliš intenzivní brzdění způsobuje nepravidelné podávání drátu a tím zároveň také nestabilní oblouk.

Rozměr drážky v kladkách podavače (hloubky a tvaru), musí odpovídat **průměru použitého drátu** a zároveň přitlačná síla kladek nesmí deformovat profil, ani nesmí docházet k prokluzu.



Svařovací hořáky pro metodu MIG/MAG



Režimy hořáku:

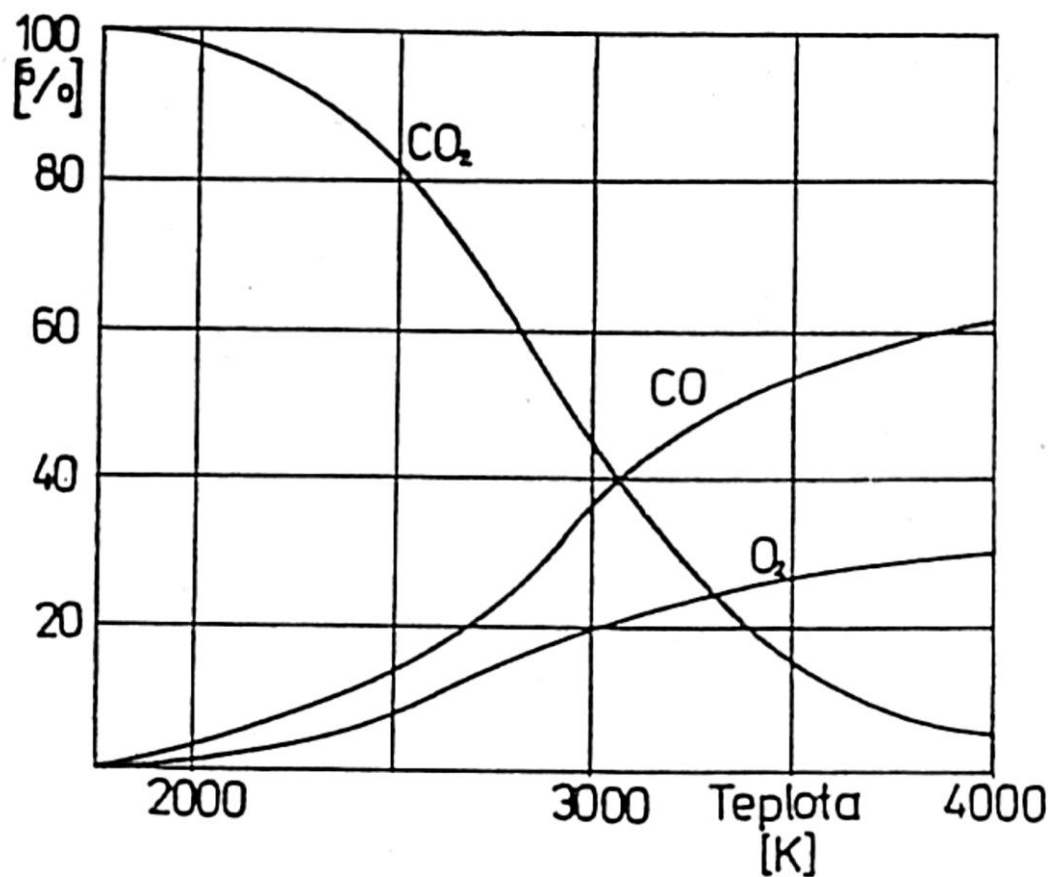
- **Dvoutaktní** – stálé držení spínače
- **Čtyřtaktní** – spínač se sepne, pustí, zase sepne



Metalurgické reakce při svařování v aktivních ochranných plynech

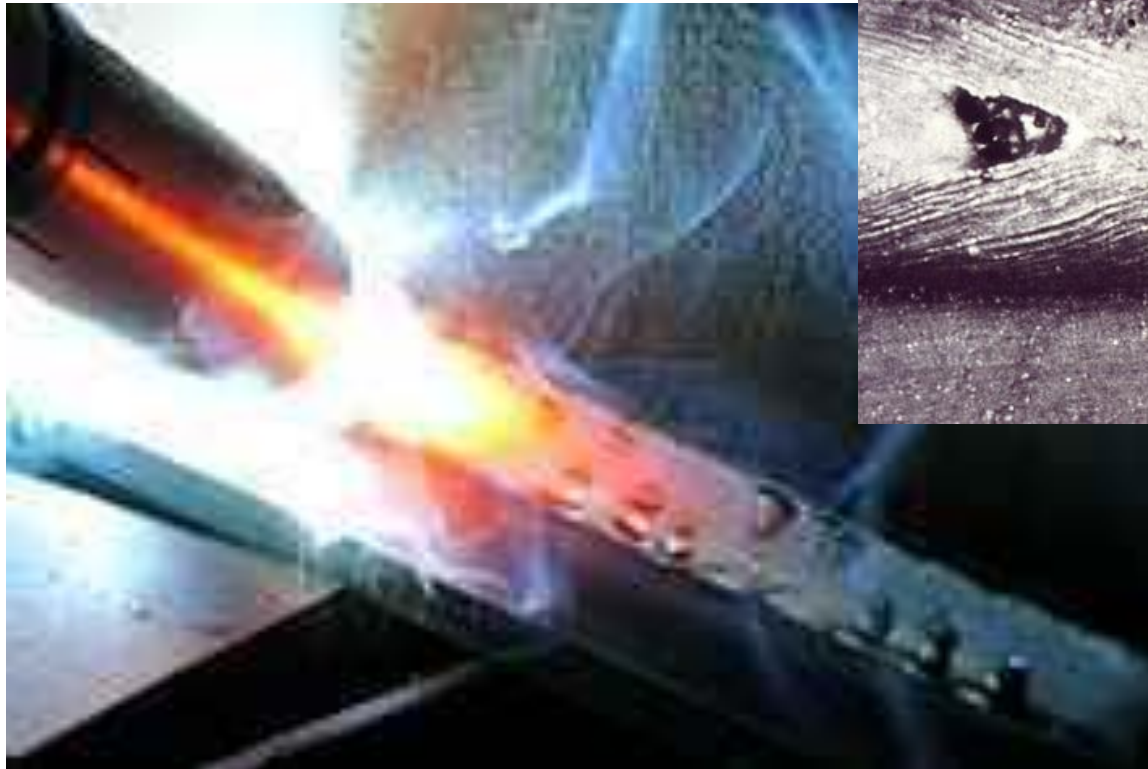
Aktivní ochranné plyny lze rozdělit podle jejich působení na svarový kov na **redukční, oxidační a nauhličující**. Redukčním účinkem se vyznačuje H_2 a směs s H_2 , oxidačním účinkem plyny s určitým podílem O_2 a nauhličující efekt má plyn obsahující C. Z hlediska metalurgie jsou nejdůležitější **oxidační a desoxidační pochody** probíhající v kapkách tavné se elektrody a ve svarové lázni. Tyto reakce zásadně ovlivňují tvar oblouku i povrch housenky, vnitřní čistotu kovu i přechod housenky do základního materiálu.

Zdrojem atomárního kyslíku v oblouku je jeho podíl v ochranném plynu $Ar + O_2$, nebo CO_2 , které se rozpadají na CO a O . Vzniklé kapky jsou tak obohaceny kyslíkem při přechodu do tavné lázně a dosahují vysoké teploty, protože **oxidické reakce jsou exotermické**. Díky tomu je dosaženo hlubší a oválnější svarové lázně.



Metalurgické reakce při svařování v aktivních ochranných plynech

Důsledkem desoxidačních reakcí jsou oxidy, které vyplavou na povrch svaru, kde vytvoří malé ostrůvky strusky. Optimální složení přídavných materiálů je: C = 0,1%; Mn = 1,7%; Si = 1,0%. Množství strusky závisí na množství O_2 , nebo CO_2 ve směsi plynu. V čistém CO_2 vzniká 1 g strusky na cca 150 s navařeného kovu.



Vliv procesních parametrů na geometrii svaru

Procesní parametry jsou charakteristické tím, že se nastavují přímo před svařováním a v průběhu procesu je lze zcela nebo částečně korigovat. Z velké části jsou závislé na konstrukci zdroje a na zvolené statické a dynamické charakteristice svařovacího zdroje. Mezi nejvýznamnější **procesní parametry** patří:

- **Svařovací proud (proudová hustota),**
- **svařovací napětí,**
- **rychlost svařování.**

$$Q_s = \eta \frac{U \cdot I}{10^3 \cdot v_s} [kJ.mm^{-1}]$$

Pomocí těchto parametrů lze vyjádřit jednu z nejdůležitějších veličin používaných při svařování, tzv. měrné vnesené teplo Q_v , které určuje množství tepla vneseného na jednotku délky svaru. Z uvedené hodnoty lze usuzovat na velikost tepelného ovlivnění, velikost deformačních a napěťových polí po svaření a zároveň tato veličina udává limitní hodnoty při svařování vybraných typů materiálů.

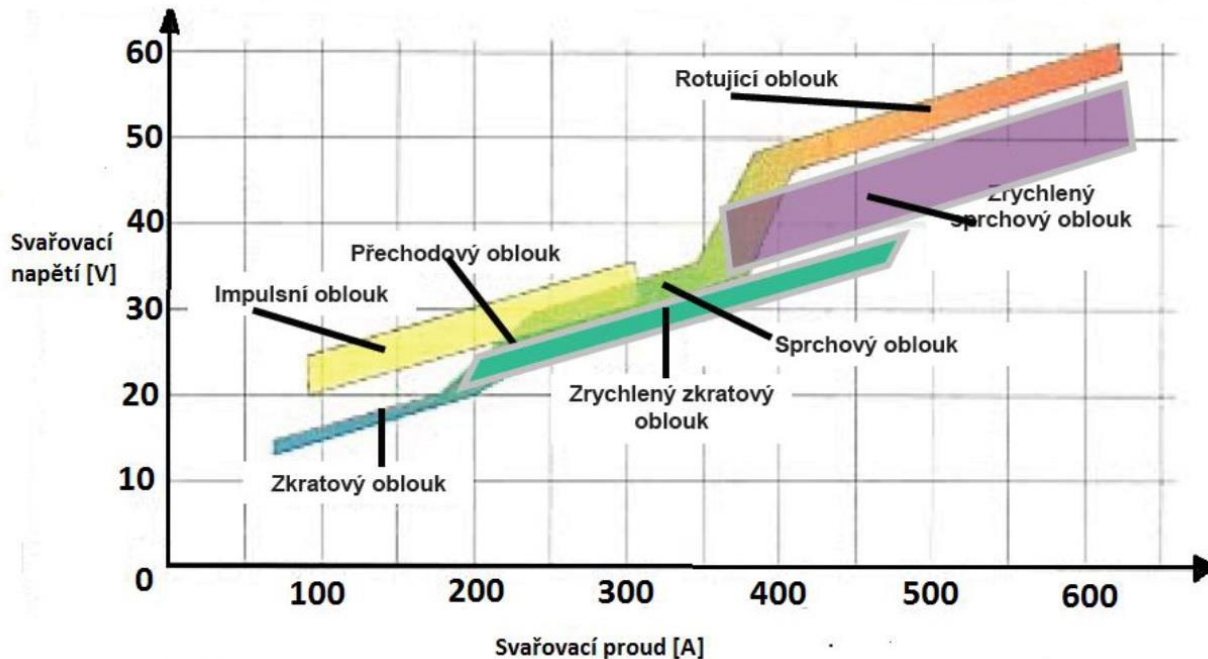
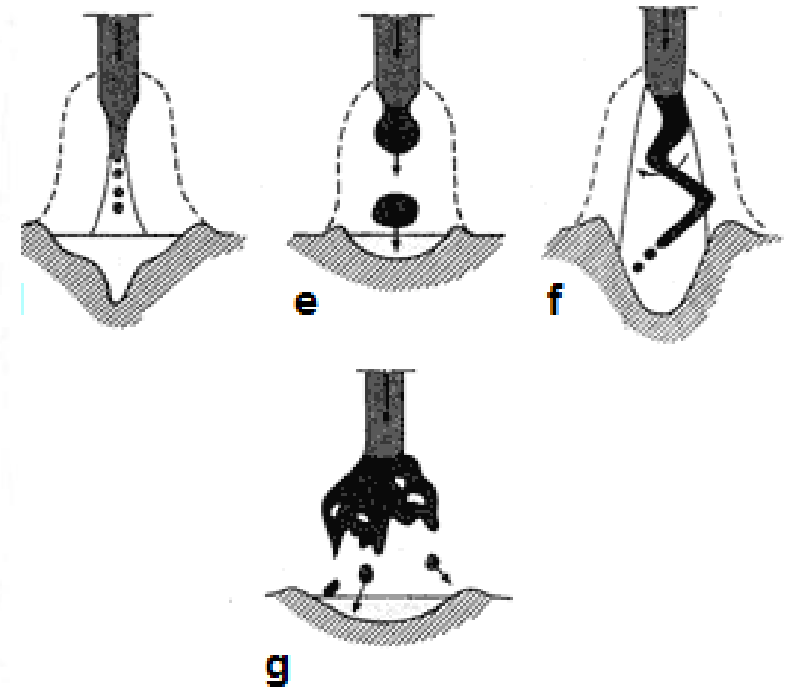
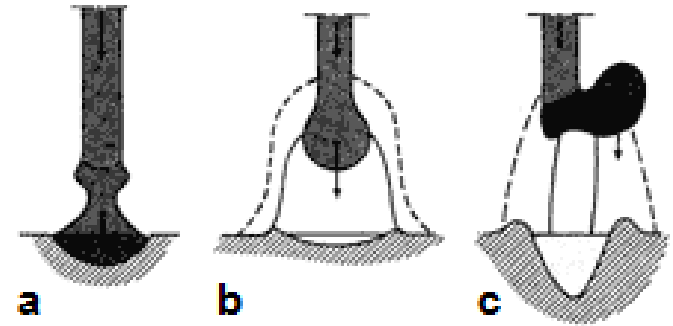
Kromě základních (již uvedených) procesních parametrů svařování, ovlivňují tvar a rozměry svarové lázně také další parametry. Mezi ně patří především:

- ✓ **rychlost podávání drátu,**
- ✓ **polarita na elektrodě,**
- ✓ **výlet drátu,**
- ✓ **sklon drátu (hořáku) vůči povrchu svářeného materiálu,**
- ✓ **průtokové množství ochranného plynu,**
- ✓ **tvar a rozměry svarových ploch,**
- ✓ **druh přenosu kovu v oblouku,**
- ✓ **poloha svařování.**

Způsoby přenosu kovu v oblouku

Způsob přenosu kovu v oblouku patří mezi základní charakteristiky svařování tavící se elektrodou a závisí zejména na **napětí a proudu**. Kromě toho je charakter přenosu ovlivněn **druhem ochranného plynu, druhem a průměrem přídavného materiálu** a potažmo i materiálem základním. Přenos kovu lze rozdělit na:

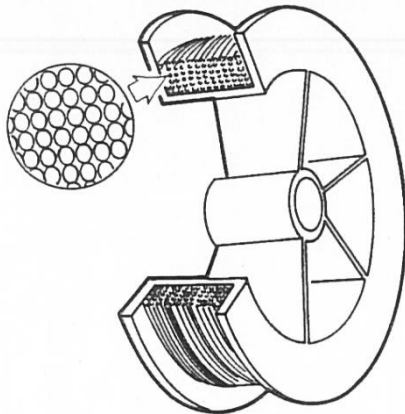
- Krátký oblouk se zkratovým přenosem.
- Krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem.
- Přechodový oblouk s nepravidelnými zkraty.
- Oblouk s bezzkratovým přenosem (sprchový).
- Impulzní bezzkratový přenos.
- Moderovaný bezzkrat. přenos.
- Dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu.



Přídavné materiály pro MIG/MAG svařování

Jako přídavné se používají materiály ve formě plného, nebo plněného (trubičkového) drátu. Jsou navinuty na drátěných, nebo plastových cívkách o běžné hmotnosti 15 kg. Vyrábějí se i cívky o hmotnostech 5, 6, 10, 12, 18, 25 a 30 kg, nebo se pro robotizovaná pracoviště dodávají velkokapacitní balení drátu o hmotnostech 200, 250, 450 až 600 kg.

Všechny dráty jsou chráněny proti oxidaci a znečištění PE zatavovací fólií. Doporučuje se skladování při teplotě na 10°C a relativní vlhkosti do 50%. Plné dráty jsou vyráběny a dodávány v průměrech 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 a 2,4 mm.



Tandemové MIG/MAG svařování

