

# Metody svařování

## 1. Metody svařování

**Rozdělení tavného svařování** (svar vzniká působením tepelné energie):

- svařování plamenem
- svařování el. obloukem
- svařování laserem
- svařování pod tavidlem
- navařování

## 2. Svařování plamenem

**Při svařování plamenem** se potřebné tavné teplo vytvoří ostrým plamenem plynu (většinou acetylenu a kyslíku). Teploty plamenů jsou u acetylenu – kyslíku 3 200°C, výkon plamene má 16 KJ, u propan butanu – kyslíku 2 800°C, výkon plamene 2,5 KJ, u metanu – kyslíku 2 700°C, výkon plamene 6,5 KJ.



Pojízdná svařovací souprava

**Zařízení na svařování plamenem** se skládá z ocelových lahví na kyslík a hořlavý plyn s lahvovými ventily, redukčními ventily, tlakových hadic a svařovacího hořáku.



Zabudovaná svářečská soustava

### Hořlavé plyny – kyslík a acetylén:

**Kyslík** – označení lahví a hadic – modrá barva. Při dopravě plynů je využívána jejich stlačitelnost. Plynný kyslík je dodáván ve 40litrových normalizovaných ocelových lahvích s přetlakem (plnicí tlak) 15 MPa a v 50litrových ocelových lahvích s přetlakem 20 MPa. Přetlak v lahvích ukazuje obsahový manometr.

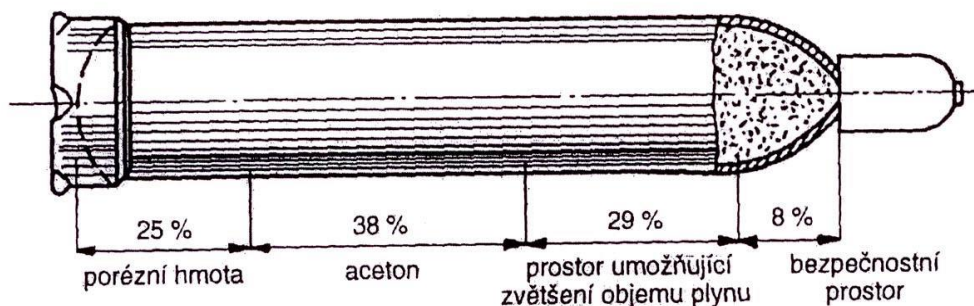
**Acetylén** – označení lahví – bílá barva, hadice červené – je hořlavý plyn, má proti ostatním plynům větší rychlost hoření, větší výkon plamene a vyšší teplotu plamene. Je to bezbarvý neviditelný, nejedovatý, štiplavě páchnoucí plyn, hoří zářivým plamenem. Není ho možné bezpečně stlačit pod vysokým tlakem jako kyslík nebo vodík, neboť může již při zahřátí na více než 100°C a při stlačení přes 0,2 MPa bez působení kyslíku explodovat. Lahve jsou proto celé vyplněny porézní hmotou, křemelinou a dřevěného uhlí, která je prosáklá acetonem. Velké množství malých pórů zabraňuje samovznícení. Litř acetonu uvolní při atmosférickém tlaku přibližně 24 litrů acetylénu. V jedné lahvi je obvykle 13 litrů acetonu. Při otevření lahve se sníží tlak, a tím začne uvolňování plynného acetylénu, který vystupuje lahvovým ventilem



Láhev na kyslík



Láhev na plyn (acetylen)

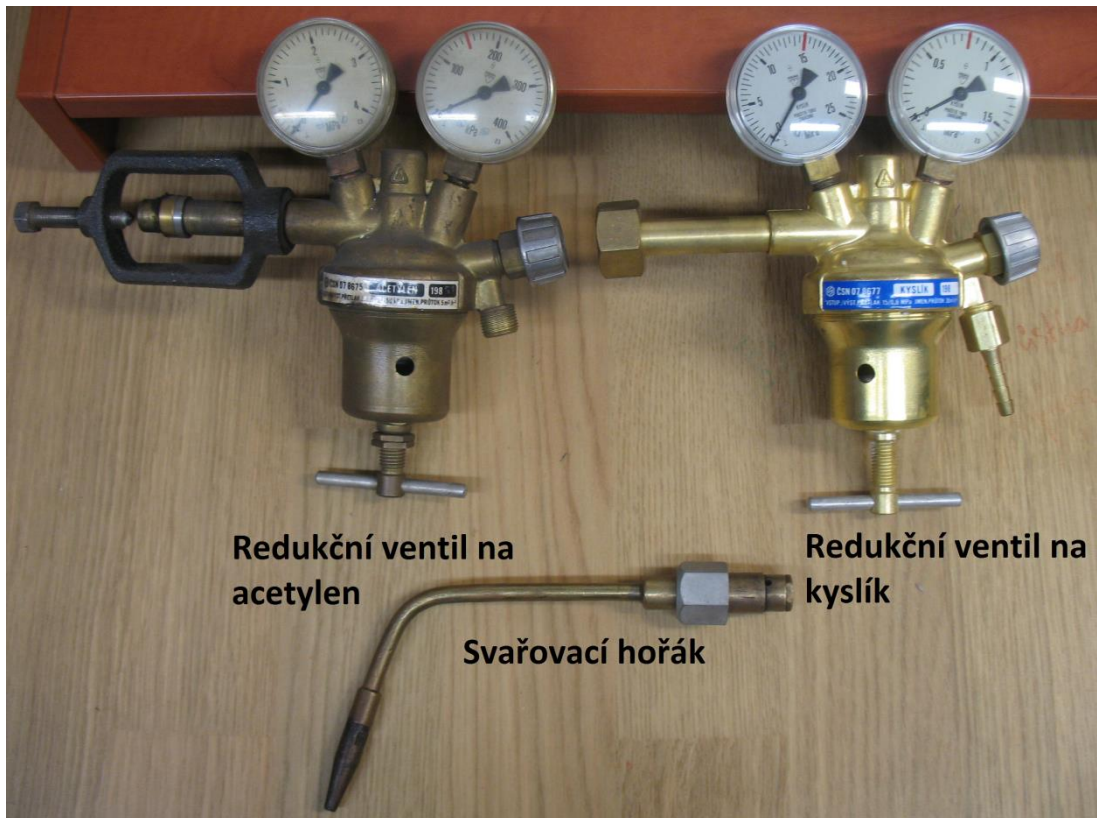
**Pracovní a bezpečnostní předpisy:**

1. Lahve je nutno bezpečně a opatrně dopravovat.
2. Acetylenové lahve nesmějí při odběru plynu ležet vodorovně a smějí být používány pouze ve stojaté nebo šikmé poloze, jinak by do hadic vnikal aceton.
3. Lahve neházet, chránit je před nárazem a silnými otřesy a rovněž před pádem.
4. Lahve chránit před silným mrazem a vlhkem, před sálajícím teplem, otevřeným ohněm, jinak hrozí nebezpečí výbuchu.
5. Zamrzlé ventily nerozmrazovat otevřeným ohněm, ale horkou vodou.
6. Kyslíkové lahve a jejich ventily nesmí přijít do styku s olejem nebo mastnotou. Olej a mastnota v čistém kyslíku jsou snadno vznítitelné. Nebezpečí výbuchu.
7. Při zpětném šlehu plamene do hadice nebo redukčního ventilu okamžitě uzavřít uzavírací ventil na redukčním ventilu nebo uzavřít lahvový ventil.
8. Při požáru ventilu je nutno lahvový ventil okamžitě uzavřít a odšroubovat redukční ventil.
9. Lahve s vadnými nebo netěsnými ventily přenést na bezpečné místo do volného prostoru a vypustit plyn.



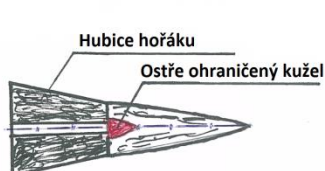
## Redukční ventily

Snižují tlak z lahve na požadovanou pracovní hodnotu, kterou udržují konstantní. Výstupní tlak můžeme regulovat.



Redukční ventily

## Druhy plamenů:



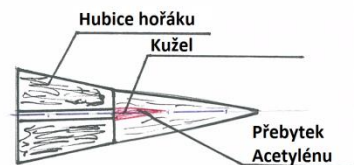
Neutrální plamen - poměr  $C_2H_2:O_2$  je 1:1

Slouží ke svařování většiny kovů a slitin



Oxidační plamen

Vhodný ke svařování mosazi a bronzů



Redukční plamen

Vhodný ke svařování hliníku a jeho slitin

## Svářečské práce

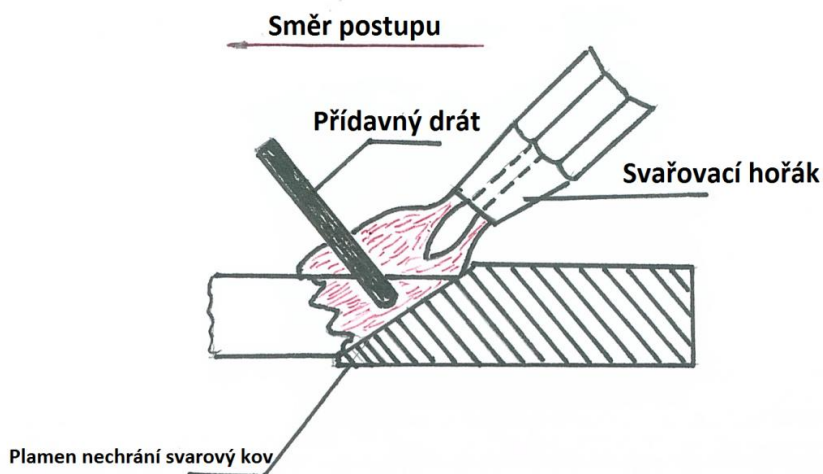
Před svařováním musí být obrobky upraveny. Musí být zproštěny rzi, oleje, okují, mastnoty nebo barvy.

### Směr svařování

#### *Svařování doleva*

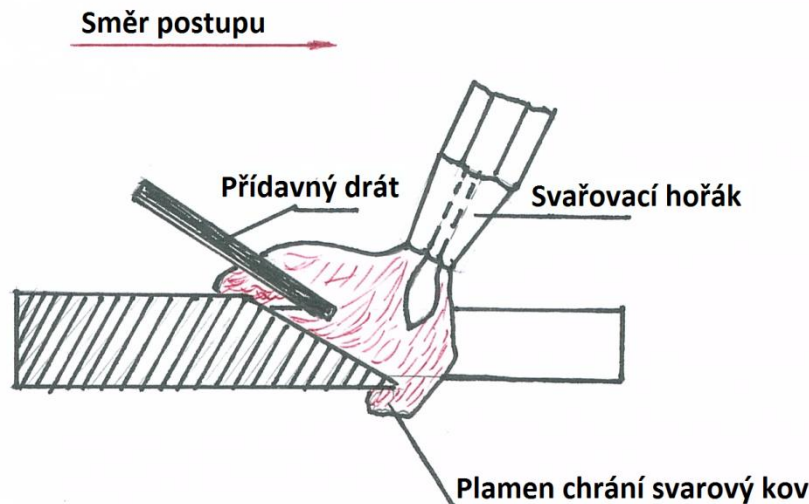
Svařuje se zprava doleva. Kov ve svaru rychle tuhne, neboť není chráněn. Svar je nekvalitní.

Použití – u nelegovaných ocelových plechů asi do 3 mm síly, u ocelových trubek do 3,5 mm síly stěny.



#### *Svařování doprava*

Svařuje se zleva doprava. Materiál je obtížně předehtříván, ale svar je chráněn plamenem, chladne pomalu a je kvalitní. Přídavný materiál se ponoří do tavné lázně a krouživými pohyby postupuje za hořákem. Použití při svařování oceli ve všech vrstvách nad 3 mm síly plechu a u trubek od síly stěny 4 mm.



### 3. Svařování obalenou elektrodou

Svařovací lázeň vzniká působením el. oblouku. Tento oblouk hoří mezi elektrodou a svařencem. Odtavující se elektroda je zároveň přídavným materiálem. Přístupu vzduchu k el. oblouku a svařovací lázni je zabráňováno plyny a struskou vznikající z obalu elektrody.

**Zdroje svařovacího proudu** – el. oblouk se dá vytvořit až do 100A, napětí oblouku je 20 – 30V. Zdroj svařovacího proudu je proto tvořen transformátorem pro stejnosměrný proud (-) s usměrňovačem.

**Svařovací usměrňovač** – sestává z trojfázového transformátoru a usměrňovače. V transformátoru je síťové napětí transportováno na nižší hodnotu. V řízeném usměrňovači usměrňujeme na stejnosměrné a řízením tyristorů nastavujeme žádanou hodnotu svařovacího proudu.

**Svařovací transformátor** – transformuje napětí na žádanou hodnotu. Je to zdroj střídavého svařovacího proudu.

#### Svařování stejnosměrným proudem

Obvyklé síťové napětí je 220V, resp. 380V střídavého napětí. Ke svařování by toto napětí bylo životu nebezpečné. K zapalování elektrického oblouku je potřebné napětí stejnosměrné od 50 – 70V, pro udržení během svařování stačí napětí od 20 – 30V.

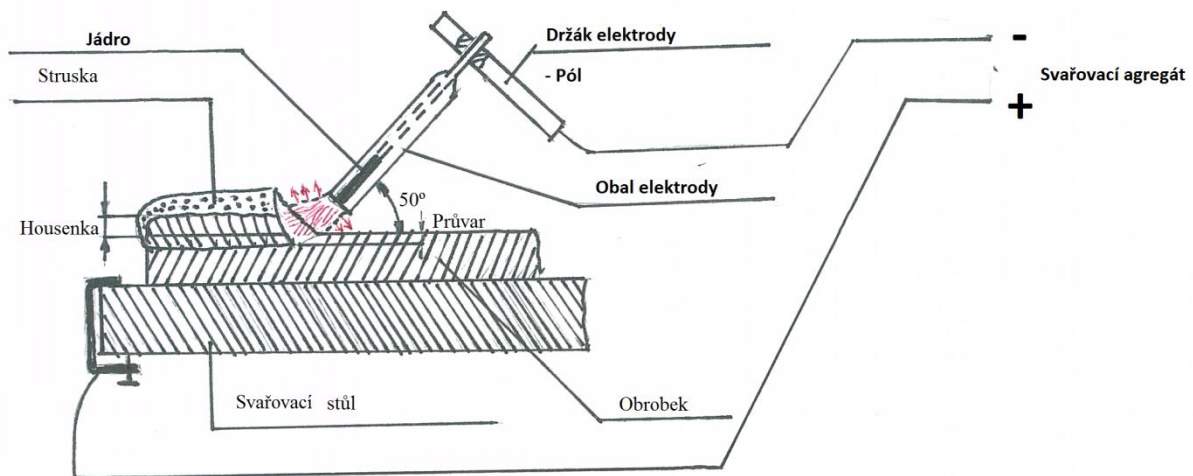
**Připojení svařovacích kabelů** – u stejnosměrného proudu se většinou přikládá kladný pól k obrobku, záporný pól k elektrodě (k svařovacím kleštím). Tak vzniká vyšší teplota na obrobku a hlubší průvar. Při převýšeném svaru a při svařování legovaných ocelí je kladný pól připojován k elektrodě. Vznikne menší závarová hloubka. Kladný pól připojujeme zároveň na basicke elektrody.

## Vytvoření elektrického oblouku – svařovací postup

U obloukového svařování tvoří uzavřený proudový okruh zdroj napětí, svařovací kabely, elektroda, elektrický svařenec a obrobek. Po zapojení zdroje napětí, proud el. obvodem neteče do zažehnutí oblouku. Oddálením elektrody vznikne ionizace vzduchu mezi elektrodou a materiálem, v tomto okamžiku je zažehnut el. oblouk s vysokou teplotou. Účinkem obalu elektrody se ionizace ještě zvýší a oblouk plynule hoří. Elektronů narážejí velkou rychlostí na obrobek (kladný pól) a taví jej (teplota až 4 000°C). V obrobku vzniká svar. Pohybová energie se mění na tepelnou, vzniká vysoká teplota (asi 3 500°C), která taví elektrodu i materiál. Přitom se přídavný materiál elektrody spojuje s materiálem součásti až do hloubky závaru, který musí být dostatečně hluboký.

## Způsob práce při svařování el. obloukem

- 1) Elektrodu držet pod úhlem asi 50° proti směru svařování. Obrobek před svařováním zbavit rzi, okují, barvy, mastnoty a ostatních nečistot.
- 2) Před novým nasazením elektrody odstranit strusku a očistit svar. Oblouk zapálit před kráterem.
- 3) Velké koutové svary jsou svařovány v několika vrstvách.



Postup při svařování elektrickým obloukem

## 4. Svařování v ochranné atmosféře

Elektroda, elektrický oblouk a tavící lázeň jsou chráněny proti působení atmosféry přiváděným plynem.



**Základní metody svařování v ochranné atmosféře jsou:**

- svařování wolframovou elektrodou v netečné atmosféře – WIG svařování
- svařování kovovou elektrodou v netečné atmosféře – MIG svařování
- svařování v aktivní atmosféře – MAG svařování
- svařování v plazmě

Podle druhu elektrody a ochranného plynu rozlišujeme – kovovou elektrodu (odtavující se), wolframovou elektrodou (neodtavující se), netečný ochranný plyn jako argon, aktivní ochranný plyn, např. oxid uhličitý.

**Svařování wolframovou elektrodou v netečné atmosféře – WIG (Wolfram, Inert, Gas)**

Při obloukovém svařování WIG se používá pevná neodtavující se wolframová elektroda a přídavný materiál se ve formě tyčinek vsunuje ručně do svařovacího oblouku. Svářečka je podobná svářečce MIG/MAG. Ochranný plyn tvoří inertní plyn argon nebo helium nebo jejich směs. Tento plyn nereaguje s roztaveným materiálem. Hořák nemá přívod svařovacího drátu. Umožňuje přepínání mezi stejnosměrným a střídavým proudem a velké hořáky mají přívod a odvod cirkulující chladicí vody.



Svařovací souprava WIG

**Stejnoseměrné obloukové svařování metodou WIG** se záporně polovanou wolframovou elektrodou se používá hlavně ke svařování legovaných ocelí a neželezných kovů a jejich slitin (nerez, měď apod.). Elektroda má ostrý hrot zaručující stabilní oblouk a přesné vedení. Průvar se svarovou lázní je úzký a hluboký.



## Použití

Svařování WIG se používá pro náročné spoje tenkých konstrukčních dílů a plechů z vysoce legovaných ocelí a hliníkových slitin.

## Postup svařování WIG

Při ručním vedení hořáku pravou rukou vedeme hořák nakloněný mírně doprava (asi 15° od kolmice ke svaru) zprava doleva a levou rukou vedeme drát z přídavného materiálu. Oblouk udržujeme 2 – 3 mm dlouhý. Při ukončování svaru je potřeba ovladačem na rukojeti hořáku snižovat proud, aby se na konci svaru nevypálila díra. Ještě po úplném vypnutí proudu je nutné držet hořák s proudícím ochranným plynem nad koncem svaru až do jeho vychladnutí.



Svařování metodou WIG

## Svařování wolframovou elektrodou v netečné atmosféře – TIG (Titan, Inert, Gas)

Vše je stejné jako u metody WIG, kromě elektrody, která je titanová.

## Svařování kovovou elektrodou v netečné atmosféře – MIG (metall, inert, gas)

Rozdíl spočívá v tom, že místo wolframové elektrody se používá svařovací drát. Odtavená

elektroda je k oblouku přiváděna z cívky, přísun je prováděn mechanicky. Výhody – vysoký tavící výkon, vhodné pro všechny legované a uhlíkové oceli, hliník a slitiny hliníku, měď a slitiny mědi.

## Svařování v aktivní atmosféře – MAG (metall, aktiv, gas)

### Číselné označení

Patří mezi metody pro ruční obloukové svařování. **Číselné označení podle ČSN EN je 135 a podle normy DIN – MAG.** Při svařování metodou **MAG – Metal – Active – Gas** je svar chráněn před vzduchem aktivním plynem např. CO<sub>2</sub> nebo směsí argonu, CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Vývoj svařovacích postupů MAG je možno datovat od roku 1947, kdy byly v USA uvedeny na trh první použitelné přístroje pro tuto svařovací techniku.

### Podstata svařování

Svařování MAG je v současné době celosvětově nejpoužívanější svařovací metoda. Mluvíme zde o zmechanizovaném svařování pod ochranným plynem, při kterém hoří oblouk mezi drátovou elektrodou sloužící jako přívod proudu a obrobkem. Funkci elektrody zde tedy zastává podávacím mechanismem přiváděný drát, který se v oblouku odtavuje. Obecně lze říci, že se jedná o mnohostranně použitelný svařovací postup. Existuje jediné omezení, které lze však snadno zohlednit: Při svařování na volném prostranství je nutno kvůli zachování ochranné funkce plynu chránit svařovací pracoviště před průvanem a vlhkostí. Ochranný plyn zabraňuje vzduchu v přístupu k elektrickému oblouku a k roztavenému kovu. Volba ochranného plynu se řídí podle svařovaných materiálů a podle metody svařování.

**„ Svařování v ochranném plynu je i při ručním vedení hořáku částečně automatizované a je vhodné pro úplnou automatizaci “**

### Svařovací zařízení – svářečky

Před začátkem svařování se nastavuje svařovací napětí a rychlost posuvu svařovacího drátu. Nastavené hodnoty musí být vzájemně sladěny a závisí na materiálu a jeho tloušťce, na průměru svařovacího drátu a na ochranném plynu. **Moderní svářečky s elektronickým řízením mají v paměti uložené svařovací programy, které zjednodušují nastavení.**





## Ochranný plyn

Ochranný plyn je nutno volit podle zpracovávaného materiálu a podle druhu svařovací operace. Prostřednictvím ochranného plynu se ovlivňuje chování oblouku, přechod svarového materiálu, odtavný výkon, profil svaru, závar a chemické složení tavné lázně. Jeho vliv se projevuje rovněž ve výsledných mechanických vlastnostech svaru.

Ochranný plyn chrání tavnou lázeň před přístupem vzduchu. Ovlivňuje pochody probíhající v oblouku, uvolňování kapky a tvar vlastního svaru. Ochranné plyny jsou bez barvy, chuti a zápachu. Nejsou jedovaté, ale mohou vytěsnit vzduch potřebný k dýchání.

## Nastavení průtoku ochranného plynu

Odběr plynu z láhve se provádí pomocí redukčního ventilu a průtokoměru doplněného jemným regulačním ventilem. Odtud proudí plyn spojovací hadicí k magnetickému ventilu v podavači drátu a následně hadicovým vedením k hořáku.

Zmíněným jemným ventilem lze nastavit požadovaný průtok a na průtokoměru odečíst jeho hodnotu. **Platí základní pravidlo, které říká, že průtok plynu v l/min má být 10 až 12 násobkem průměru drátu udávaného v mm. Např. drát 1,2 mm: cca 12 – 14 l/min.**

## Jako ochranný plyn se používají převážně argonové směsi z těchto důvodů:

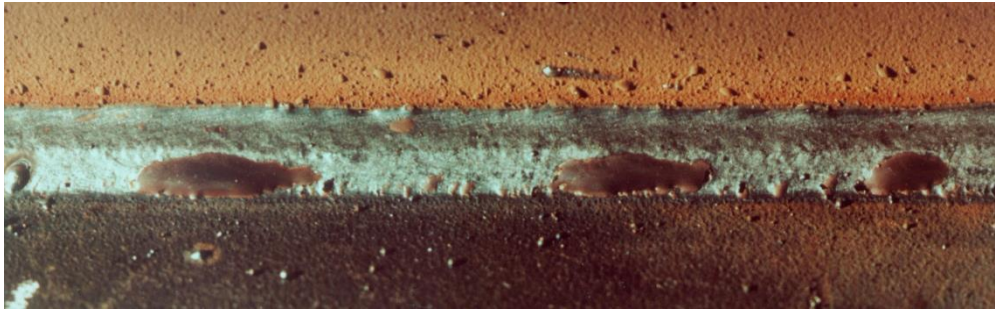
- méně rozstříku kovu a strusky
- menší nebezpečí propálení tenkých plechů
- většinou menší vytváření dýmu při svařování
- vyšší rychlost svařování



**Mezi základní typy ochranných plynů patří:**

- Gorgon 10, 18, 25 ( Ar+10% CO<sub>2</sub>)...
- Mison 8, 18
- CO<sub>2</sub>
- Cronigon 2

Čím větší podíl argonu v ochranném plynu, tím kvalitnější svar, **viz ukázky:**  
**100 % CO<sub>2</sub>**

**82 % Ar + 18 % CO<sub>2</sub> – Mison 18**