

# Svařování plamenem

**Svařování plamenem** nebo **plamenové svařování** patří mezi tavné metody svařování.

Využívá teplo dodávané spalováním směsi hořlavého plynu a kyslíku pro natavení svarových ploch a roztavení přídavného materiálu. Nejvhodnější pro svařování ocelí je kyslíko-acetylenový plamen, jiné směsi hořlavých plynů a kyslíku nebo vzduchu se používají pro kovy s nižší teplotou tavení. S drobnými rozdíly ve vybavení a použití směsi plynů se podobná technika využívá i při plamenovém řezání kovů kyslík.

## **Historie**

Prvním krokem k plamenovému svařování byl vynález hořáku pro kyslíko-vodíkový plamen americkým chemikem Robertem Harem v roce 1801

Vlastnosti acetylenu jako plynu sice popsal již v roce 1836 Angličan Edmund Davy, ale až francouzský chemik Marcellin Berthelot mu dal název acetylen a zavedl jej do technické praxe v roce 1860. Objev postupu průmyslové výroby karbidu vápničku v roce 1892 Francouzem Henrim Moissanem umožnil zkonstruovat první vyvíječe acetylenu pro komerční účely. V následujících letech francouzský chemik Henry LeChatelier zkoumal fenomén hoření kyslíko-acetylenové směsi.

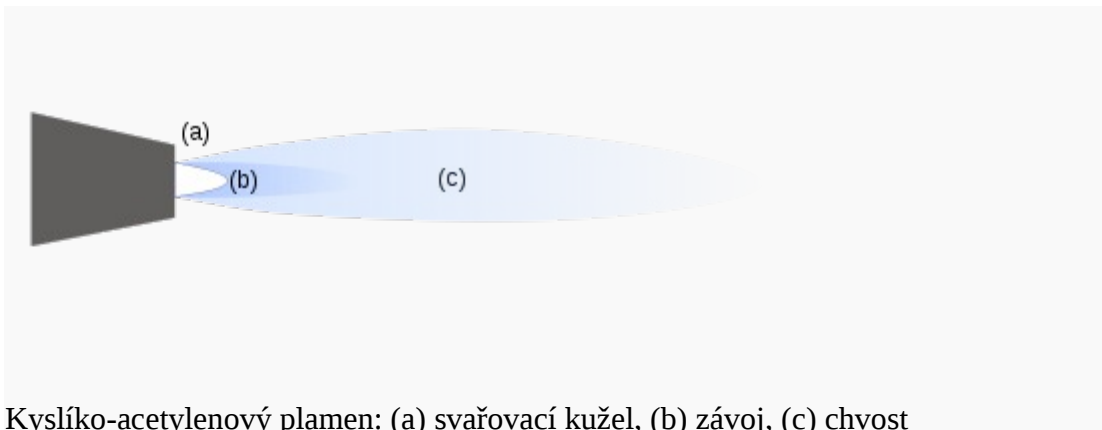
Po vynálezu svařovacího hořáku Charlesem Picardsem v roce 1901 v Paříži, bylo v roce 1903 kyslíko-acetylenové svařování představeno komerčně. Přesně o deset let později Percy Averí a Carl Fischer představili první tlakovou láhev pro acetylen.

## **Charakteristika**

Zdrojem tepla plamenového svařování je spalování hořlavého plynu ve směsi s kyslíkem. Pro svařování se nejčastěji používá směs acetylenu a kyslíku, protože tato směs ve správném poměru umožňuje dosáhnout teploty plamene až okolo 3200 °C, která je dostatečná i pro svařování ocelí. Jako hořlavý plyn lze využít pro svařování i vodík nebo propan, ale teplota plamene je nižší. U směsi kyslíku a vodíku nebo propanu může dosáhnout maximálně 2500 °C. To stačí ke svařování kovů s nižším bodem tavení, jako je hliník, hořčík nebo olovo. Ve směsi s kyslíkem se další hořlavé plyny, např. propan, butan nebo metan

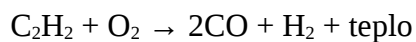
používají spíše pro pájení, tepelné zpracování svařenců a pro čištění povrchů plamenem. Přestože se jedná o jednu z nelevnějších metod svařování, její význam ustupuje a v současné době se používá zejména v opravárenství, při renovacích, při klempířských a instalatérských pracích apod. Dochází zde k větším deformacím a hlavně k velkému množství vneseného tepla do svaru.

### Kyslíko-acetylenový plamen

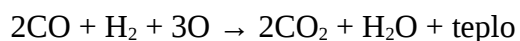


Kyslíko-acetylenový plamen: (a) svařovací kužel, (b) závoj, (c) chvost

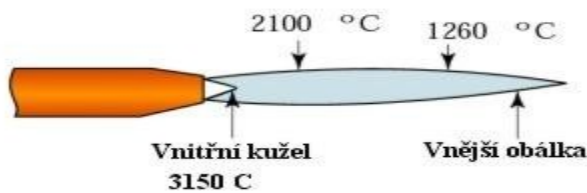
Hoření kyslíko-acetylenového plamene probíhá obvykle ve dvou fázích. V první fázi dochází k nedokonalému spalování na povrchu vnitřního plamenu, tzv. svařovacího kužele **(a)**, při němž se acetylen rozkládá na vodík a uhlík, který se spaluje na oxid uhelnatý. Vnitřní plamen má redukční účinky.



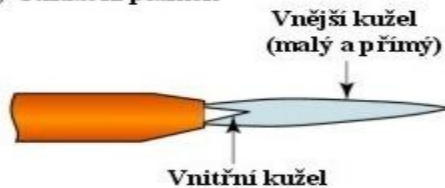
Ve druhé fázi dochází ke spalování ve vnějším plameni **(b)**, kde si plamen k reakci přibírá kyslík z okolní atmosféry. Vnější plamen má výrazné oxidační účinky.



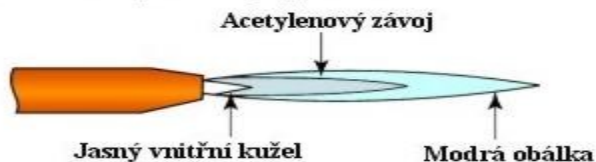
(a) Neutrální plamen



(b) Oxidační plamen



(c) Redukční (nauhličující) plamen



Kyslíko-acetylenový plamen se při použití směsi kyslíku k acetylenu v poměru 1,2 až 1:1 nazývá neutrální plamen (a), protože jeho chemické složení téměř nebo vůbec neovlivňuje tavnou lázeň. Tento typ plamene se používá při svařování ocelí. Při vyšším poměru acetylenu ke kyslíku se tvoří tzv. redukční plamen (c), charakterizovaný přebytkem uhlíku a maximální teplotou okolo 3040 °C. Vlivem redukčního plamene dochází k nauhličení svarové lázně. Při svařování ocelí nauhličení způsobí zvýšení tvrdosti při současném zkřehnutí svarového kovu. Zvýšení tvrdosti povrchu oceli, tzv. cementování, se využívá pro výrobu oteru vzdorných ocelí. Dále se redukční plamen používá pro svařování hořčíku, hliníku a jejich slitin, protože na rozdíl od kyslíku se uhlík v hliníku ani hořčíku nerozpouští.

Vyšší teploty plamene lze dosáhnout při vyšším obsahu kyslíku ku acetylenu při použití oxidačního plamene (b) v poměru zhruba 1,5:1. Oxidační plamen ale není vhodný pro svařování ocelí ani hliníku, neboť vyšší obsah kyslíku způsobuje zkřehnutí svarového spoje. Používá se jen pro svařování některých mosazí a bronzů.

Poměr kyslíku a acetyleny lze zjišťovat podle vzhledu plamene. U neutrálního plamene je svařovací kužel ostře ohraničený a oslnivě bílý. U redukčního plamene je

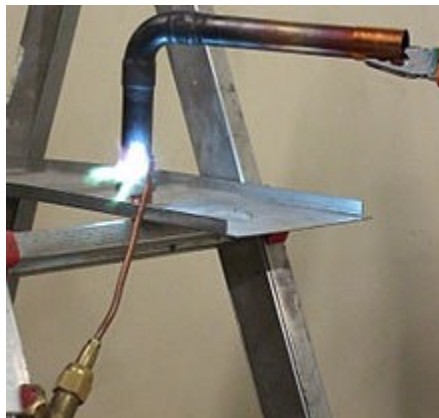
svařovací plamen oslnivě bílý a překrytý bělavým závojem s redukčním účinkem. Čím více acetylenu směs obsahuje, tím je bělavý závoj delší. U oxidačního plamene je svařovací plamen velmi krátký a modrofialové barvy.

Kromě správného poměru směsi plynů je třeba ještě správně nastavit intenzitu plamene, tedy výstupní rychlost plamene. Měkký plamen, tj. plamen s malou výstupní rychlostí od 70 do 100 m/s, je nestabilní a může způsobit tzv. zpětné šlehnutí plamene. Používá se především pro pájení. Pro svařování se používá střední plamen s výstupní rychlostí od 100 do 120 m/s. Ostrý plamen s rychlostí vyšší než 120 m/s se pro svůj dynamický účinek používá pro bodový ohřev, rovnání nebo čištění.

### **Přídavný materiál a tavidla**

Jako přídavný materiál se používají svařovací dráty stejného nebo podobného chemického složení jako svařovaný základní materiál. Na kvalitě přídavného materiálu závisí i kvalita hotového svaru. Ocelové svařovací dráty bývají poměděné kvůli ochraně proti korozi. Průměry svařovacích drátů odpovídají tloušťce svařovaného základního materiálu. Pro rafinaci svarové lázně se ocelové svařovací dráty legují manganem a křemíkem. Pro svařování litiny se většinou používají tyčky z obdobného materiálu se zvýšeným obsahem grafitizačních přísad (cca 3,5 % křemíku) Přídavný materiál pro měď je legován stříbrem nebo fosforem pro zvýšení svařitelnosti. Hliník pro svařovací dráty má být velmi čistý nebo legovaný titanem, pro hliníkové slitiny má chemicky obdobné složení jako základní materiál.

Při svařování kovů s vyšší afinitou ke vzdušnému kyslíku je nutné použít tavidla, které zabrání přístupu kyslíku k roztavenému kovu. Tavidlo také napomáhá k roztavení vrstvy oxidů na povrchu kovů, např.  $Al_2O_3$ . Tavidla se používají u mědi, hliníku, bronzu, mosazi, niklu, elektronu, zinku, a dalších.



Svařování měděné trubky

## Technika svařování

Svařování plamenem je jedna z nejnáročnějších metod svařování a vyžaduje značnou zručnost svářeče, který musí hořákem v jedné ruce nahřívat svarové plochy základního materiálu a druhou rukou přidávat do svarové lázně přídavný materiál, tj. svařovací drát. Při svařování se postupuje buď technikou vpřed (vlevo) nebo vzad (vpravo).

Při svařování vpřed je svařovací drát veden před hořákem ve směru svařování, sklon hořáku a drátu je přibližně  $45^\circ$ . Tento postup je jednodušší na provádění i naučení, ale hrozí riziko rychlého chladnutí svaru, jeho následného zkřehnutí, vzniku vnitřních napětí a neuspokojivých mechanických vlastností svarového kovu. Proto se doporučuje používat pouze u tenkých plechů, u měděných a mosazných plechů nebo šedé litiny.

Při svařování vzad plamen nejenom roztavuje základní materiál a svařovací drát, který se vkládá za hořák, ale jeho chvost (c) navíc chrání tuhnoucí lázeň před okolní atmosférou a zpomaluje chladnutí. Tím lze dosáhnout kvalitně provedeného svaru při zaručeném provaření kořene, menších vnitřních napětí a deformací po svařování.



Vyvíječ acetylenu

## Typy svarů

Pro plamenové svařování se přednostně používají lemové svary pro tloušťky plechu od 0,2 do 2,0 mm a tupé svary I pro tloušťky plechu od 1 do 4 mm. Pro větší tloušťky až do 12 mm

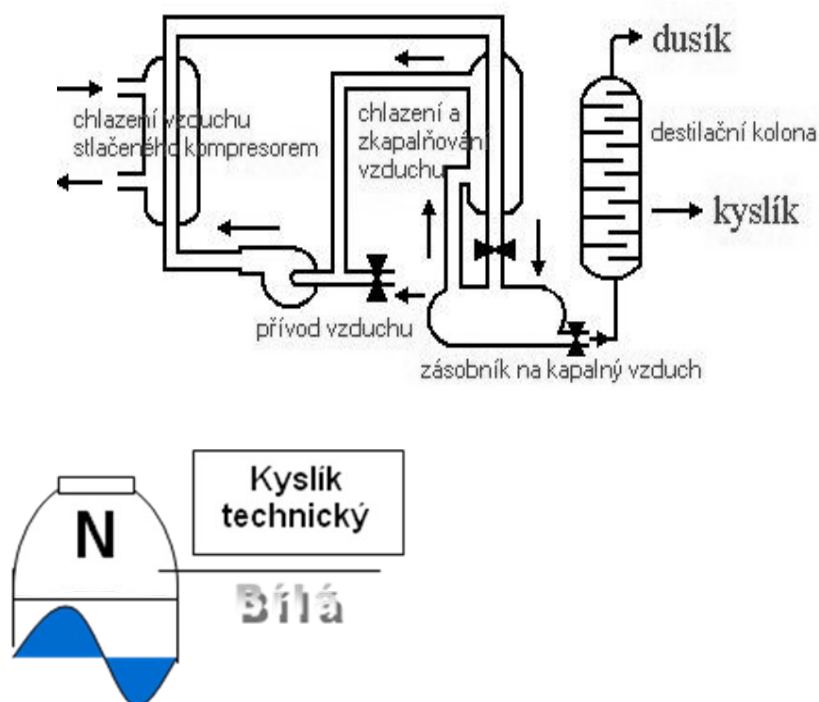
se vyžaduje úprava svarové plochy, tedy tupé svary V a X. Koutové svary se touto metodou svařovat nedoporučuje a je vhodnější je nahradit svary tupými.

## Vybavení

Svařovací zařízení pro svařování plamenem se skládá ze zásobníků plynů, redukčních ventilů, pojistek proti zpětnému šlehnutí, hadic a hořáku.

Jako zásobníky se dříve používaly vyvíječe acetyleny, které se dnes užívají spíše sporadicky. Pro provoz s velkou spotřebou plynů se používají centrální rozvody plynů. Nejflexibilnější způsob je použití tlakových lahví jak pro hořlavé plyny, tak i pro kyslík.

**KYSLÍKOVÁ LÁHEV** - V ní je uložen čistý kyslík pod vysokým tlakem při objemu láhve 40 litrů a tlaku plnění 15MPa obsahuje 150 x 40=6000 litrů kyslíku. Podobně obsah kyslíkové lahve objemu 50l a tlaku plnění 20MPa činí 10 000 litrů kyslíku..Lahvový ventil je opatřen vnějším závitem W 21,8. Láhev je označena bílým pruhem!!!

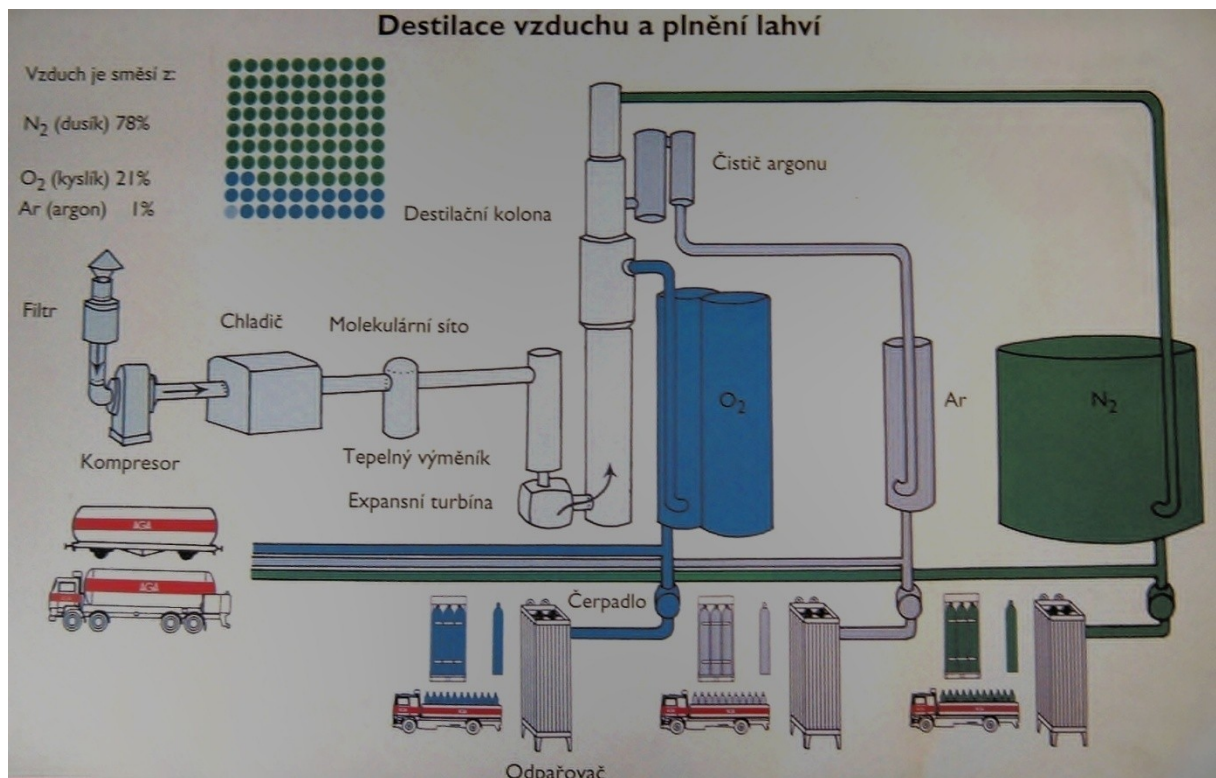


Kyslík se prakticky výlučně vyrábí destilací zkapalněného vzduchu. Vyrobený kyslík se uchovává buď ve zkapalněném stavu ve speciálních Dewarových nádobách nebo plynný v ocelových tlakových lahvích. Vzhledem k vysoké reaktivitě čistého kyslíku je nezbytné, aby

se nedostal do přímého kontaktu s organickými látkami. Proto se žádné součásti aparatury pro uchovávání a manipulaci s kapalným nebo stlačeným kyslíkem nesmí mazat organickými tuky nebo oleji.

Při hoření směsi kyslíku s acetylenem lze dosáhnout teploty cca 3 150 - 3 200 °C. Proto se kyslíko-acetylenový plamen využívá k řezání oceli a tavení kovů s vysokým bodem tání, například platinových kovů.

Při výrobě oceli je nutné především odstranit z matrice železa uhlík. Tzv. Bessemerův způsob výroby spočívá ve vhnění čistého kyslíku do roztaveného železa v konvertoru, kde za vysoké teploty taveniny dochází k oxidaci přítomného grafitického uhlíku na plynné oxidy, které z taveniny vytěkají.

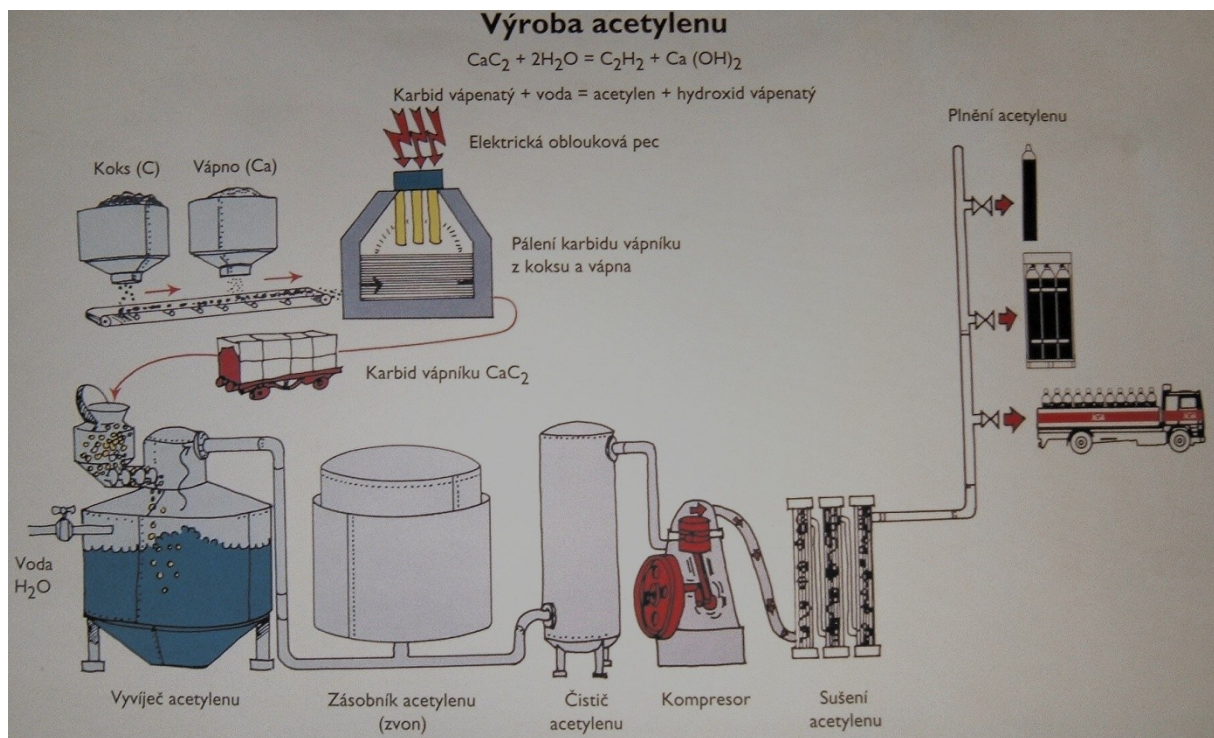


**ACETYLENOVÁ LAHEV** - Acetylen nemůže být vystaven vysokému tlaku. Pro plnění do ocelových lahví se acetylen rozpouští v acetonu. V acetylenové láhvi se nachází porézní hmota, jejíž póry jsou naplněny acetonem. V tomto acetonu se acetylen rozpouští. Při tlaku plnění 15MPa obsahuje acetylenová láhev asi 5 500 litrů acetylenů. Při odebrání plynu

(snižování tlaku) se acetylen opět uvolňuje. Redukční ventil se k lahvi připojuje třmenem.

Láhev je v označena hnědým pruhem..

!!!!Acetylenová láhev se nesmí používat na ležato, aby se neodčerpával aceton. Nelze odebírat více než 1000 litrů za hodinu, hrozí nebezpečí vznícení acetylenu v lahvi, díky probíhající reakci při uvolnění acetylenu z acetonu. V nutném případě je třeba spojit více lahví do tzv. baterie!!!!



Redukční ventily snižují tlak plynu ze zásobníku na tlak pracovní, který je používán pro svařování, a zároveň jej udržují na konstantní úrovni.





Acetylen



Kyslík

Pojistky proti zpětnému šlehnutí se umísťují mezi hořák a redukční ventil tak, aby zabránily proniknutí plamene do redukčního ventilu a zásobníku plynu při zpětném šlehnutí plamene.



Suchá předloha

Vysokotlakými hadicemi se zásobuje svařovací nebo řezací hořák od zásobníku plynů. Pro hadice se používají pryžové materiály s textilní kostrou. Modrou barvou se zpravidla označují hadice dodávající kyslík a červenou hadice pro acetylen nebo jiné hořlavé plyny.

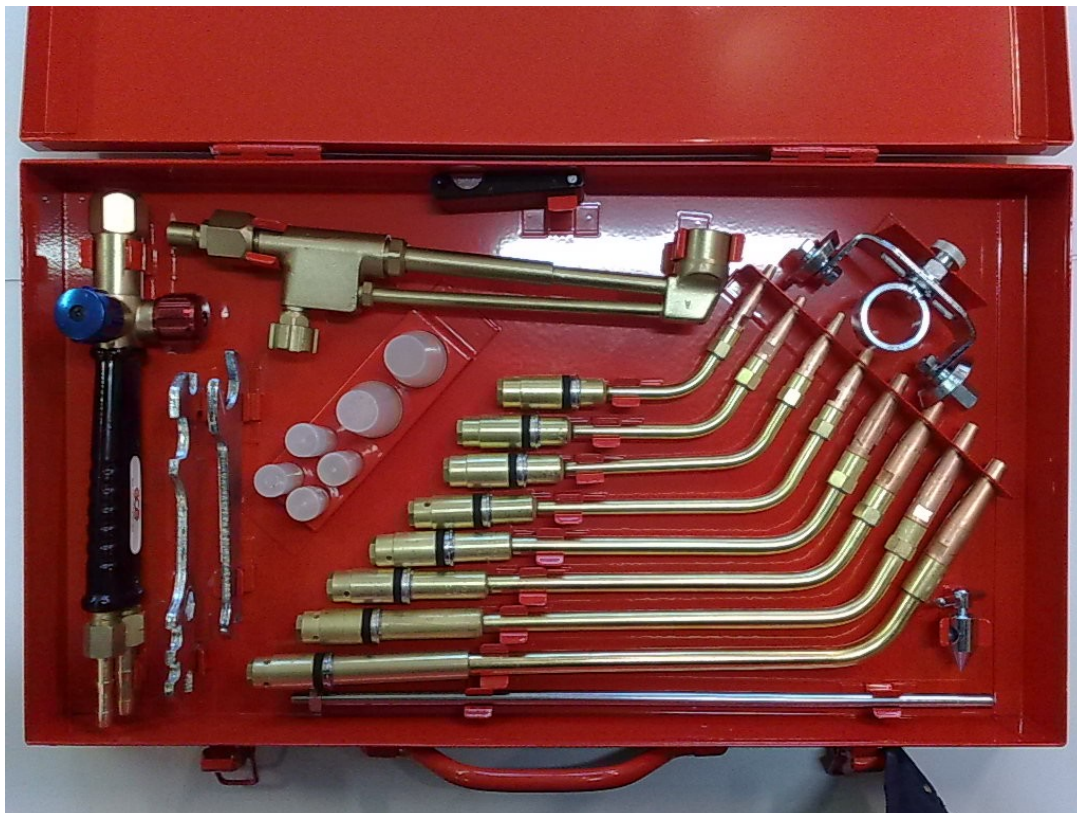


## Hadice pro kyslík

## Hadice pro acetylen

Nejpodstatnější částí jsou hořáky, které používají buď nízkotlaké nebo vysokotlaké.

Nízkotlaké hořáky používají zařízení nazývané injektor, kde proudící kyslík o vyšším tlaku (250 kPa) nasává acetylen o podstatně nižším tlaku (cca 2 kPa). Ve svařovacím hořáku pak dochází k míšení plynů. Použití daného typu hořáku závisí na typu a velikosti svaru, poloze svařování, použitém plameni a svařovaném materiálu.



### Souprava hořáků U7+N7 s řezacím nástavcem

Při používání plamenového svařování je nutné velmi důrazně dbát na bezpečnost provozu, zvláště při manipulaci s lahvemi, hadicemi a hořáky. Je nutné kontrolovat, zda nedochází k přehřátí hořáků, které se ochlazují ponořením do vody, a zpětnému šlehnutí plamene nebo přehřátí lahví s hořlavými plyny i kyslíkem, kdy je nutné lahve uzavřít a urychleně opustit prostor, případně zajistit vzdálené chlazení.



Ochranné svářečské brýle

Svářeč musí být vybaven osobními ochrannými pracovními prostředky, mj. i ochrannými brýlemi, pro které dostačuje nižší stupeň ztmavení než jaký se požaduje pro obloukového svařování.

### **Zpětné šlehnutí plamene**

Zpětné šlehnutí kyslíko-acetylenového plamene je fenomén, při němž dojde ke vniknutí plamene do svařovacího hořáku, kde dojde k nežádoucímu zapálení a hoření směsi plynů. Při nesprávném postupu svářeče může dojít k vniknutí plamene do hadic případně do zásobníků plynů. Zpětné šlehnutí se projevuje třaskavým zvukem periodicky či neperiodicky se opakujícím nebo hvízdáním v injektoru hořáku.

Příčiny vzniku zpětného šlehnutí lze nalézt při výstupní rychlosti plamene nižší než je 70 m/s, nečistotách v injektoru hořáku, hadicích, znečištěné trysce hořáku, poškozeném hořáku nebo redukčním ventilu. Viníkem vzniku zpětného šlehnutí často bývá přehřátý hořák nad teplotu 350 °C, která je teplotou vznícení kyslíko-acetylenové směsi.

Zpětnému šlehnutí lze zabránit dodržováním zásad používání funkčního, pravidelně čištěného vybavení, tj. hořáku, hadic, redukčního ventilu, pravidelným chlazením hořáku (zvláště při svařování koutových svarů) ponořením do vody, správným seřízením plamene resp. jeho výstupní rychlosti a v neposlední řadě použitím pojistek zpětného šlehnutí.

**VEDENÍ SVAŘOVACÍHO HOŘÁKU A SVAŘOVACÍHO DRÁTU** - Určité držení svařovacího hořáku a drátu není předepsáno. Lze svařovat jak doleva tak doprava.

**SVAŘOVÁNÍ DOLEVA (DOPŘEDU)** - Se používá pro svařování tenkých plechů do tloušťky 3 mm. Svařovací plamen míří ve směru svařování, tavná lázeň leží mimo nejvyšší

teplotu plamene, kromě toho zabraňuje svařovací drát protavení kořene svaru svařovacím plamenem, předbíhající teplo předehtřívá styčnou spáru a umožňuje vyšší rychlost svařování.

**SVAŘOVÁNÍ DOPRAVA (DOZADU)** - Se používá pro svařování plechů s tloušťkou větší než 3 mm.

**DRÁTY PRO SVAŘOVÁNÍ PLAMENEM** - Pro svařování spojů jsou podle svého složení a použití vyráběny ve čtyřech skupinách, a to pro svařování ocelí nelegovaných, nízkolegovaných a vysokolegovaných a pro svařování neželezných kovů. V každé skupině pak existuje několik jakostí drátů. Pro svařování nelegovaných ocelí jsou to 2 jakosti, G 102 a G 104. Svařovací dráty se vyrábějí v různých průměrech, jejich poměření slouží jako ochrana proti korozi.

**ŘEZÁNÍ OCELI KYSLÍKEM** - Při řezání kyslíkem se využívá vlastnost oceli hořet v čistém kyslíku. Řezací hořák je druh svařovacího hořáku, na kterém je umístěna ještě trubka s ventilem pro přívod řezacího kyslíku. Místo nařiznutí se nahřeje předehtřivacím plamenem řezacího hořáku na zápalnou teplotu (asi 1200°C). Po otevření ventilu řezacího kyslíku zasáhne proud kyslíku řezací hubice žhavé místo. Spalování oceli je v čistém kyslíku velmi rychlé. Tlakem proudu kyslíku je z řezné spáry vyfukována struska. Řezné hrany mají při správném postupu poměrně dobrou jakost povrchu. Kyslíkem lze řezat materiál, jehož zápalná teplota je nižší než teplota tavení a je-li spálený kov dostatečně tekutý, aby mohl být snadno vyfukován.