



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR



**ODBORNÉ UČILIŠTĚ A PRAKTICKÁ ŠKOLA,**  
**LIPOVÁ – LÁZNĚ**

**TECHNOLOGIE**

**2.ročník** oboru **Zámečnické práce ve stavebnictví**  
**Svařování**

**Bc. Libor Bartoš**

---

**Lipová – lázně 2007**

Organizátorem projektu je IPPP ČR

Novoborská 372, Praha 9; T: 283 882 296; [www.projektpropos.cz](http://www.projektpropos.cz); [info@projektpropos.cz](mailto:info@projektpropos.cz)

## Přehled doprovodných značek



klíčová slova



čas potřebný k prostudování



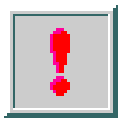
nová látka, teorie



cíl kapitoly



otázky k opakování, kontrolní úkoly



důležitá upozornění

## Rozdělení svařování



Tavné svařování , tavné svařování s tlakem, Mig, Mag, Wig, ultrazvuk, plazma, laser



Cílem této kapitoly je znát jednotlivé metody svařování a umět je zařadit do jednotlivých skupin. Dále pochopit jaký materiál je svařitelný a jaký ne. Umět přečíst značku svarů na výkresech a znát všechna rizika svarových vad. Vědět co se děje při svařování ve svaru a v materiálu kolem svaru.



10 hodin výuky + 20 hodin domácí přípravy



### 1.1 Obecné principy

Svařováním vzniká nerozbitelné spojení dvou součástí. Výhodou tohoto spojení je:

- Těsnost
- Trvanlivost
- Pevnost

### 1.2 Metody svařování a příklady jejich použití

Metoda	Použití	
	Materiály	Oblasti
<b>Svařování tavné</b>		
Aluminotermické	Oceli, hliník, podmíněně litina	Spojovací sváry kolejnic, ocelí do betonu a velká tělesa ve výrobě a renovaci
Plamenové	Oceli, litiny, neželezné kovy	Trubky, tenké plechy, opravy odlitků
Elektrickým obloukem	Oceli, litiny	Univerzální
Netavící se elektrodou v inertním plynu (WIG, TIG)	Legované korozivzdorné a žárovevné oceli, neželezné kovy, speciální materiály	Spojovací sváry ve všech výrobních odvětvích, tloušťka spojovaných materiálů 3-12mm, navařování
Tavící se elektrodou v ochranném prostředí (MIG)	Legované oceli, neželezné kovy ( kromě mosazí)	Spojovací sváry ve všech výrobních odvětvích, tloušťka spojovaných materiálů 30-50mm, navařování

<b>Tavící se v ochranném CO<sub>2</sub> (MAG) elektrodou prostředí</b>	Nelegované a nízkolegované oceli	Univerzální pro spojovací sváry, navařování
<b>Pod tavidlem</b>	Nízkolegované oceli, se speciálním tavidlem také neželezné kovy	Dlouhé sváry středně tlustých a tlustých plechů ( 2 – 200 mm), navařování velkých ploch a objemů
<b>Elektrostruskové</b>	Oceli, se speciálním tavidlem také neželezné kovy	Svařování tlustých plechů ( 16 – 1500 mm) tupými svary, navařování velkých ploch a objemů
<b>Vibrační navařování</b>	Kovy	Navařování – tloušťka asi 3 mm
<b>Elektronovým paprskem</b>	Oceli, neželezné kovy, speciální materiály, těžkotavitelné slitiny	Univerzální pro spojovací sváry, speciální použití u reaktivních motorů, součástí raket a atomových reaktorů, poměr šířky k hloubce svaru je až 1:30
<b>Laserem</b>	Oceli, neželezné kovy, nekovové materiály	Svařuje materiál jinými metodami nesvařitelný
<b>Plazmou</b>	Korozivzdorné a žárovečné oceli, neželezné kovy a jejich slitiny, speciální materiály	Spojovací sváry tlouštěk 0,01 – 15 mm, navařování
<b><i>Svařování za působení tepla a tlaku</i></b>		
<b>elektrickým odporem</b> - bodové - švové - výstupkové	Nelegované a legované oceli, neželezné kovy	Plech a drobné součástky
<b>- stykové odtavovací</b>	Především oceli, neželezné kovy	Spojovací sváry velkých rozměrů, otevřené a uzavřené profily ( I, U ), hřídele, tyče, trubky
<b>Indukční</b>	Oceli, neželezné kovy	Trubky
<b>Třením</b>	Nelegované a legované oceli, měď, mosaz	Hřídele, tyče, trubky
<b><i>Svařování za působení tlaku</i></b>		
<b>Za studena</b>	Hliník a jeho slitiny, nikl, olovo, měď, a stříbro	Konzervové krabice, nádrže, trubky, tloušťka svařovaných plechů 5 mm
<b>Ultrazvukem</b>	Kovy a plasty	Tloušťka jednoho svařovaného materiálu 5,005 – 3 mm, druhého neomezená



Při **tavném** svařování se kovy na stykových plochách spojovaných částí taví, navzájem se v tekutém stavu mísí, a po ztuhnutí vytvářejí svarový spoj

Při svařování **tavném za působení tlaku** se spojované součásti v místě spojení ohřejí na teplotu při které jsou kovy tvárné a k samotnému spojení dojde stačením materiálů v místě spoje.

Při **svařování tlakem** není součást nahřívána, ke spojení dojde pouze vysokým stačením dvou materiálů k sobě.

**Svařitelnost – je schopnost materiálu vytvořit svarem spojení požadované jakosti**

### 1.3 Typy svařitelnosti

„zaručená“ lze svařovat bez jakýchkoliv opatření

„zaručená podmíněná“ lze svařovat za určitých podmínek – většinou předehřev

„dobrá“ při svařování vzniknou většinou vyhovující svarové spoje

„obtížná“ při svařování většinou nevzniknou vyhovující svarové spoje – nedoporučuje se svařovat

#### 1.3.1 Základní údaje o svařitelnosti kovů

**Tvářené nelegované oceli** – svařitelnost tavnými metodami závisí především na obsahu uhlíku a vliv má rovněž obsah dalších prvků a nečistot. Je-li obsah uhlíku  $C < 0,22 \%$  má ocel dobrou svařitelnost (součásti o větší tloušťce než 25 mm musí být předehřívány na 100 – 250°C. Čím více uhlíku ocel má tím je obtížněji svařitelná. Oceli o obsahu  $C > 0,5 \%$  se pro svařování nedoporučují.

**Tvářené legované oceli** – se posuzují především podle jejich prokalitelnosti. Dobře kalitelné oceli jsou obtížně svařitelné. Pro svařování ocelí s vyšším obsahem uhlíku je nutno použít vhodné metody svařování např. laserem nebo elektronovým paprskem. U těchto ocelí je nebezpečí vzniku trhlin ve svaru, proto se po svařování provádí žíhání

**Oceli na odlitky** – svařitelnost je obdobná jako u tvářených ocelí. Většinou se svařuje s předehřevem a následným pomalým chladnutím v žíhací peci.

**Litina** – je špatně svařitelná, protože má vysoký obsah uhlíku. Často dochází k popraskání svaru. Pro zlepšení svařitelnosti je nutné součást před svařováním předehřát a po svařování žíhat.

**Neželezné kovy a jejich slitiny** – obecně mají tvářené materiály většinou dobrou svařitelnost, lité mají svařitelnost horší (vyžadují předehřátí).

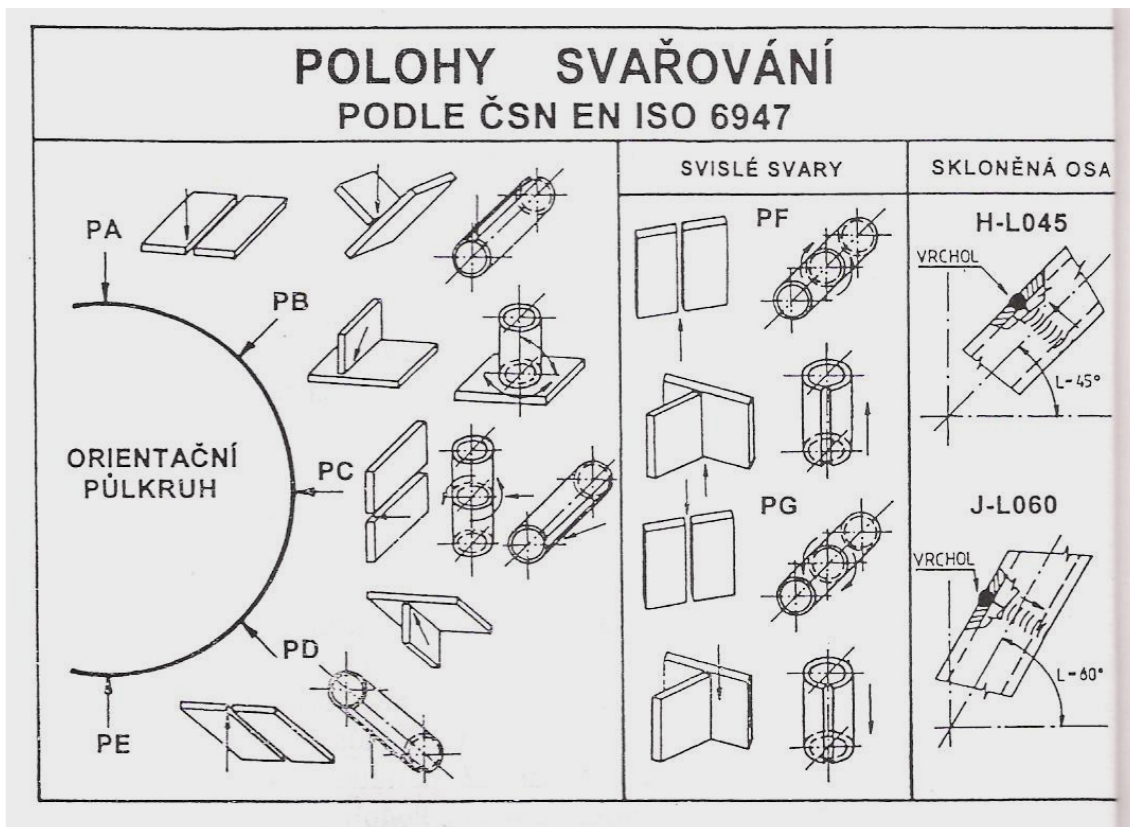
**Měď a její slitiny** – lze svařovat všemi metodami svařování. Při svařování některých bronzů a mosazí vznikají za použití určitých metod svařování defekty (praskání, odpařování zinku apod.), proto je nutné vždy z norem nebo odborné literatury ověřit, která metoda je nejvhodnější. Čím je ve slitině mědi větší obsah cínu, tím je svařitelnost obtížnější. Pro svařování mosazí se dává přednost plamenovému svařování.

**Hliník a jeho slitiny** – lze použít všechny běžné způsoby tavného svařování i svařování za studena.

**Hořčík a jeho slitiny** – svařitelnost je velmi obtížná. Vhodná je metoda TIG. Vždy je nutné předchozí dokonaké odstranění povrchové vrstvy oxidů a vhodný je i mírný předehřev (do 300°C).

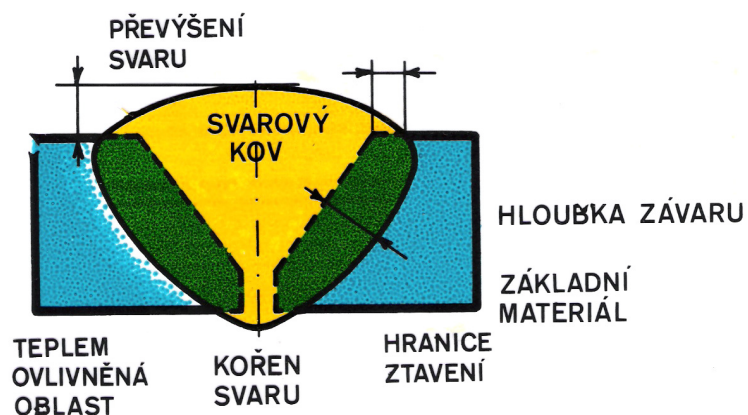
**Titanové slitiny** – při svařování je většinou nutné použít vhodný přídavný materiál a žíhání ke snížení vnitřního pnutí. Některé druhy titanových slitin je nutno před svařováním předehřívát.

## 1.4 Polohy svařování



Pojmenování	Popis	Symbol
Poloha vodorovná shora	Vodorovný směr svařování, vvislá osa svaru, krycí vrstva nahoře	PA
Poloha vodorovná šikmo shora	Vodorovný směr svařování, krycí vrstva směrem šikmo nahoru	PB
Poloha vodorovná	Vodorovný směr svařování, vodorovná osa svaru	PC
Poloha vodorovná šikmo nad hlavou	Vodorovný směr svařování nad hlavou, krycí vrstva směrem šikmo dolů	PD
Poloha vodorovná nad hlavou	Vodorovný směr svařování nad hlavou, krycí vrstva dole, vvislá osa svaru	PE
Poloha vvislá nahoru	Vvislý směr svařování zdola nahoru	PF
Poloha vvislá dolů	Vvislý směr svařování shora dolů	PG
Svařování nahoru k vrcholu svaru	Směr svařování nahoru pod úhlem 45°	H-L045
Svařování od vrcholu svaru dolů	Směr svařování dolů pod úhlem 60°	J-L060

## 1.5 Řez svarem



## 1.6 Označování svarů na výkresech

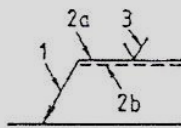


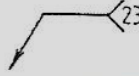
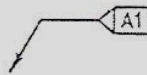

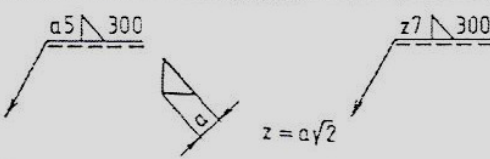

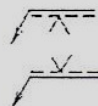

### 1.6.1 Značky svarů

Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka
I			W		W	švový		
V		V	U		U	bodový		
1/2 V		V	1/2 U		U	děrový		
Y		Y	lemový		Y	oblý V		
1/2 Y		Y	koutový		Y	oblý 1/2 V		

### 1.6.2 Doplnkové značky svarů

Název	Značka	Název	Značka
Plochý svar		Obrobéné přechody svaru	
Převýšený svar		Přivařená podložka	
Vydutý svar		Odnímatelná podložka	

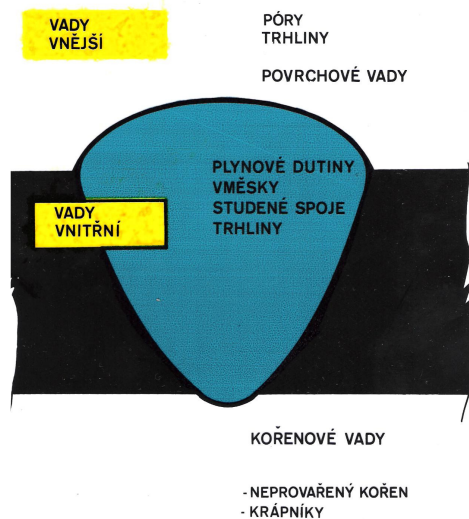
### 1.6.3 Značení svarů na výkresech

<p>Úplné označení svaru</p> <p>1 – odkazová čára</p> <p>2a – praporek odkazové čáry (plná čára) kreslí se rovnoběžně se spodním okrajem výkresu</p> <p>2b – identifikační čára (čárkovaná čára) lze umístit nad nebo pod plnou čáru</p> <p>3 – značka svaru</p>	
<p>Značka pro obvodový svar</p>	
<p>Značka pro montážní svar</p>	
<p>Označení metody svařování</p> <p>číselné označení je umístěno do vidlice na konci praporeku</p>	
<p>Označení pořadí ve vidlici praporeku (údaje o druhu a rozměrech svaru):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– metoda svařování</li> <li>– stupeň jakosti</li> <li>– poloha svařování</li> <li>– přídavné materiály</li> </ul>	
<p>Označení hlavních rozměrů</p> <p>Jmenovitá výška svaru</p> <p>Jmenovitá tloušťka svaru</p>	
<p>Způsob označování velikosti koutových svarů</p>	
<p>Poloha značky svaru</p> <p>– povrch svaru je na straně odkazové čáry</p>	
<p>– povrch svaru je na straně protilehlé k odkazové čáře</p>	
<p>– pro oboustranné symetrické svary</p>	

## 1.7 Vady svarových spojů

Vady svarových spojů jsou:

- Vnitřní
- Vnější - vady povrchu a vady kořenové vrstvy



### • Povrchové vady

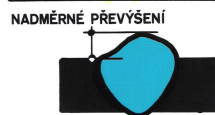
Fa - KRÁPNÍKY



Fb - NEPRAVIDELNÝ POVRCH



Fc - ZÁPALY, VRUBY



PROLÁKLÝ POVRCH



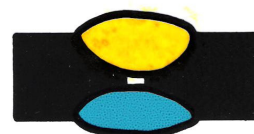
### • Köřenové vady



PROHLOUBENÝ SVAR V KÖŘENU



- NEPROVAŘENÝ KÖŘEN V JEDNOSTRANNÉM SVARU



- NEPROVAŘENÝ KÖŘEN V OBOUSTRANNÉM SVARU

ČSN ISO 6520 rozděluje vady svarů do šesti následujících skupin:

- Trhliny
- Dutiny
- Vměstky
- Studené spoje aneprůvary
- Vady tvaru a rozměru
- Jiné vady

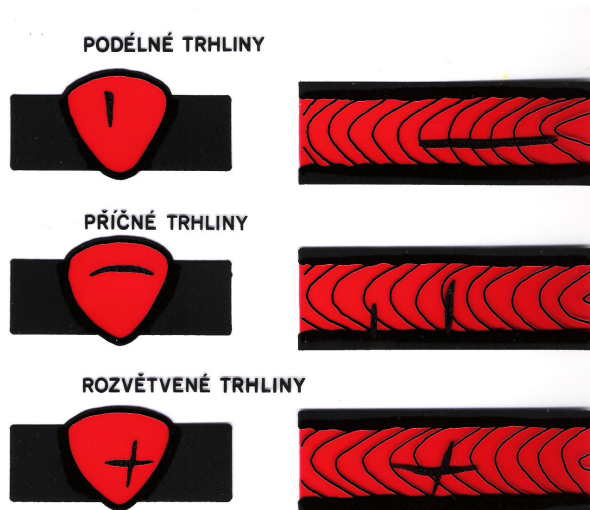


## 1.7.1 Trhliny

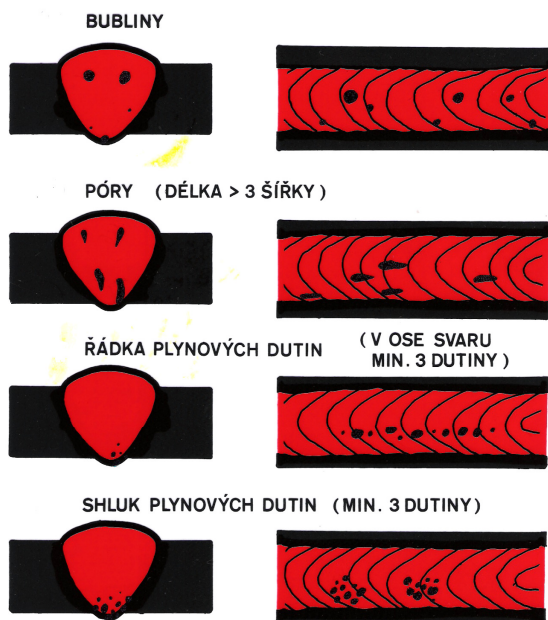
Jsou definované jako vady způsobené místním porušením v tuhém stavu, které vzniknou vlivem ochlazování nebo namáhání.

### Příčiny vzniku:

- Vysoké vnitřní pnutí a znehodnocený svarový kov.
- Základní materiál je obtížně svařitelný
- Nedodržení pracovního postupu ( přehřev, chládnutí, tepelné zpracování), přehřátí lázně
- Malá rychlost svařování, nevhodný hořák, velký úkos, přerušování práce
- Rychlé ochlazování svaru



## 1.7.2 Dutiny



### Příčiny vzniku:

- Přehřátí lázně a rychlé chládnutí
- Plamen s přebytkem kyslíku
- Plamen s přebytkem acetyleny, strhává aceton (žlutočervená barva plamene)
- Znečištěný základní nebo přídavný materiál
- Rychlé oddálení hořáku od svaru
- Vlhkost obalu elektrody
- Nesprávná polarita
- Velká délka oblouku
- Velký svařovací proud

### 1.7.3 Vměšky

Je to cizí látka nebo tělísko zachycené a uzavřené ve svarovém kovu

#### Příčiny vzniku:

- Nevhodný sklon elektrody
- Znečištěný materiál svařovací nebo přídavný
- Malé rozevření ploch

B a - OKROUHLÉ STRUSKOVÉ VMĚSKY (DĚLKA < 3ŠÍŘKY)



B b - PROTÁHLÉ STRUSKOVÉ VMĚSKY (DĚLKA > 3ŠÍŘKY)



B c - ŘÁDKOVÉ STRUSKOVÉ VMĚSKY (MIN.3)



B d - KOVOVÉ VMĚSKY



### 1.7.4 Studené spoje a neprůvary

**Studený spoj** je nedostatečné natavení, tedy nedostatečné propojení svarového kovu se základním materiálem.

#### Příčiny vzniku:

- Předčasné natavování přídavného materiálu
- Nerovné a znečištěné svarové plochy
- Nevhodná velikost a intenzita plamene
- Nesprávná metoda svařování, předbíhání tavné lázně
- Malý svařovací proud
- Velká rychlost svařování
- Obtížná přístupnost ke svaru

Neprůvar je nedostatečně provařena jedna nebo dvě svarové plochy kořene – neprovařený kořen

#### Příčiny vzniku:

- Malá spára v kořeni
- Velký průměr drátu
- Předbíhání tavné lázně

STUDENÝ SPOJ NA SVAROVÉ PLOŠE



STUDENÝ SPOJ MEZI VRSTVAMI



## 1.7.5 Vady tvaru a rozměru

- Vrub – neobvyklá drážka na přechodu housenky v základním materiálu
- Nadměrné převýšení sváru
- Nadměrný průvar – krápník
- Strmý přechod svaru
- Přetečení
- Proláklina
- Propálení - díra

## 1.8 Napětí a deformace při svařování

Při každém svařování vznikne ve svaru a v jeho blízkosti napětí ( vnitřní pnutí ). Pokud je svarek málo tuhý, může se vlivem vnitřního pnutí deformovat – tenkostěnné konstrukce se budou deformovat, tlustostěnné konstrukce se deformovat nebudou ale vnitřní pnutí může vést po určitém čase k jejímu porušení.

### 1.8.1 Druhy deformací podle působení napětí

Podélná deformace

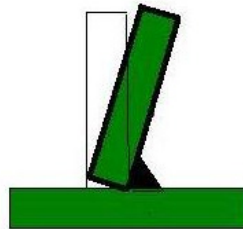
Příčná deformace

### 1.8.2 Deformace u jednostranného svaru

Úhlová deformace tupého svaru



Úhlová deformace koutového svaru



### 1.8.3 Postupy snižující napětí a deformace

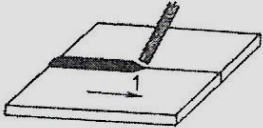
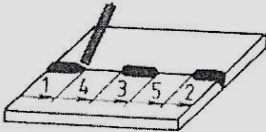

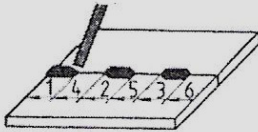
1. Vnášet do materiálu co nejméně tepla
  - Použitím vhodné svařovací metody ( lepší el. oblouk než plamen)
  - Minimalizovat velikost svaru s ohledem na pevnost – větší svar větší teplo
  - Dokonale připravit svarové plochy – velké mezery vedou k potřebě dodat více svarového kovu a více tepla
2. Deformace u dlouhých svarů je možné omezit tak, že se svar nebude provádět naráz ale po úsecích

Vratným krokem

Střídavě

Střídavým vratným krokem



Způsob svařování	Technologický postup	Velikost pnutí	Velikost deformací
Svařování jedním tahem		velmi malé	velké
Svařování střídavě		střední	střední
Svařování vratným krokem		střední	malé
Svařování střídavým vratným krokem		velké	velmi malé

3. Úhlové deformace odstraníme:
  - předdeformací – což je předehtnutí materiálu o určitý úhel na opačnou stranu než kam směřuje deformace.
  - Nastehováním součástí na opačné straně svaru – stehy podrží případnou deformaci
  - Pokud jsou svary umístěné na ose je vhodné svařovat střídavě na jedné a na druhé straně od osy.
4. Pokud před svařováním předehtáváme materiál je vhodné předehtát celé součásti nikoliv jen okolí svaru.

#### 1.8.4 Jak snížit nebo odstranit vnitřní pnutí?

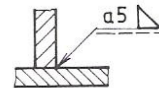
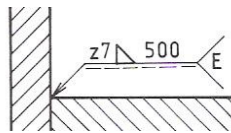
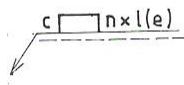
Častým, spolehlivým, ale také časově a energeticky náročným způsobem snížení napětí je:

##### **Žihání ke snížení vnitřního pnutí**

Materiál se ohřeje na teplotu 600 – 650°C; setrvání na této teplotě je 2,5 min na 1mm tloušťky – nejméně však 30 min; ochlazování z žhací teploty na 200°C provádíme v peci, v zábalu nebo ohřevem, rychlostí 50 – 250°C za hod., od 200°C na vzduchu.



1) Pod každou značku svaru napiš vše co můžeš z této značky vyčíst.



2) Jaký je princip svarového spoje

3) Jaké znáš druhy a) tavného svařování.....

.....  
 .....  
 .....

b) tavného s tlakem .....

.....  
 .....

c) tlakového svařování.....

.....  
 .....

4) V řezu svarem přiřaď správné názvy na správná místa

**Převýšení svaru**

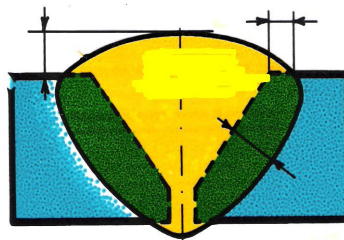
**Svarový kov**

**Základní materiál**

**Kořen svaru**

**Závar**

**Tepelně ovlivněná oblast**



5) Doplň do tabulky značky svarů

Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka
I			W			švový		
V			U			bodový		
1/2 V			1/2 U			děrový		
Y			lemový			oblý V		
1/2 Y			koutový			oblý 1/2 V		

6) Jaké máme typy svažitelnosti?

- a. ....
- b. ....
- c. ....
- d. ....

7) V jakých polohách se dá svařovat a jak se tyto polohy označují?

- a. Název polohy ..... značka .....
- b. Název polohy ..... značka .....
- c. Název polohy ..... značka .....
- d. Název polohy ..... značka .....
- e. Název polohy ..... značka .....
- f. Název polohy ..... značka .....
- g. Název polohy ..... značka .....

8) Jaký je maximální obsah uhlíku v oceli aby tato ocel byla zaručeně svažitelná?

9) Jaké se mohou vyskytnout vady svarového spoje?

10) Čím jsou způsobeny deformace materiálu po svařování?

11) Jakými způsoby předejdeme deformacím materiálu po svařování?

- a. ....
- b. ....
- c. ....
- d. ....

## 2 Svařování tavné



Plyn, inertní, hořlavost, výbušnost, injektor, transformátor, inventar, elektroda, hořák, svařenec, elektrický oblouk, napětí, proud, odpor,



Cílem této kapitoly je znát zařízení pro svařování tavnými metodami včetně přídavných materiálů a umět ho v praxi použít v souvislosti s pravidly BOZP.



6 hodin výuky + 12 hodin domácí přípravy



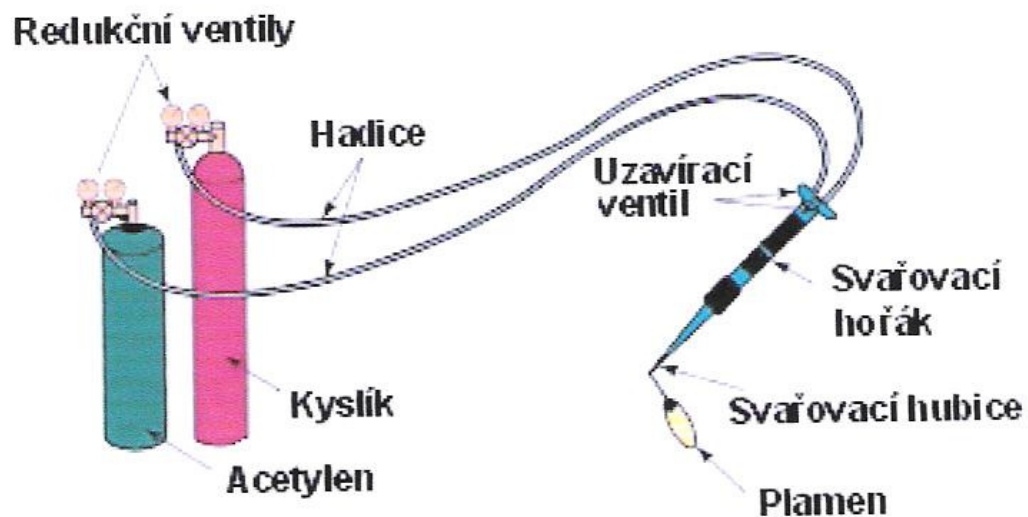
### 2.1 Svařování plamenem

U této metody se k roztavení základního a přídavného materiálu používá plamen, který se skládá ze směsi hořlavého plynu (většinou acetylen) a plynu hoření podporujícího (většinou kyslík)

#### 2.1.1 Druhy plynů

Druh	Vlastnosti
<b>Plyny hořlavé</b>	
Acetylen $C_2H_2$	Zápach po česneku, větší množství vyvolává narkotický účinek, velká výhřevnost, explozivnost s kyslíkem a se vzduchem. S mědí se slučuje na výbušnou sloučeninu, proto jsou pro zařízení přípustné slitiny s mědí do 60%. Je výbušný při stlačení na více než 200 kPa
Vodík $H_2$	Bezbarvý a bez zápachu, nejedovatý, lehký, se vzduchem a kyslíkem tvoří třaskavou směs
Propan $C_3H_8$ Butan $C_4H_{10}$	Nejedovaté, těžší než vzduch, zapáchající po sirovodíku, se vzduchem a kyslíkem tvoří třaskavou směs. Jsou v kapalném stavu a při odběru z lahví se odpařují. Pro praktické použití se užívá většinou jejich směs.
<b>Plyny hoření podporující</b>	
Vzduch	
Kyslík	Bez barvy, chuti a zápachu, nejedovatý. Při styku s olejem nebo jinými mastnotami je výbušný. Kapalný kyslík je průhledná modrá kapalina
<b>Plyny netečné</b>	
Argon Ar	Používá se jako ochranná atmosféra pro svařování holou elektrodou. Je inertní – neovlivňuje svár
Oxid uhličitý $CO_2$	Používá se jako ochranná atmosféra pro svařování holou elektrodou. Je aktivní – ovlivňuje svár

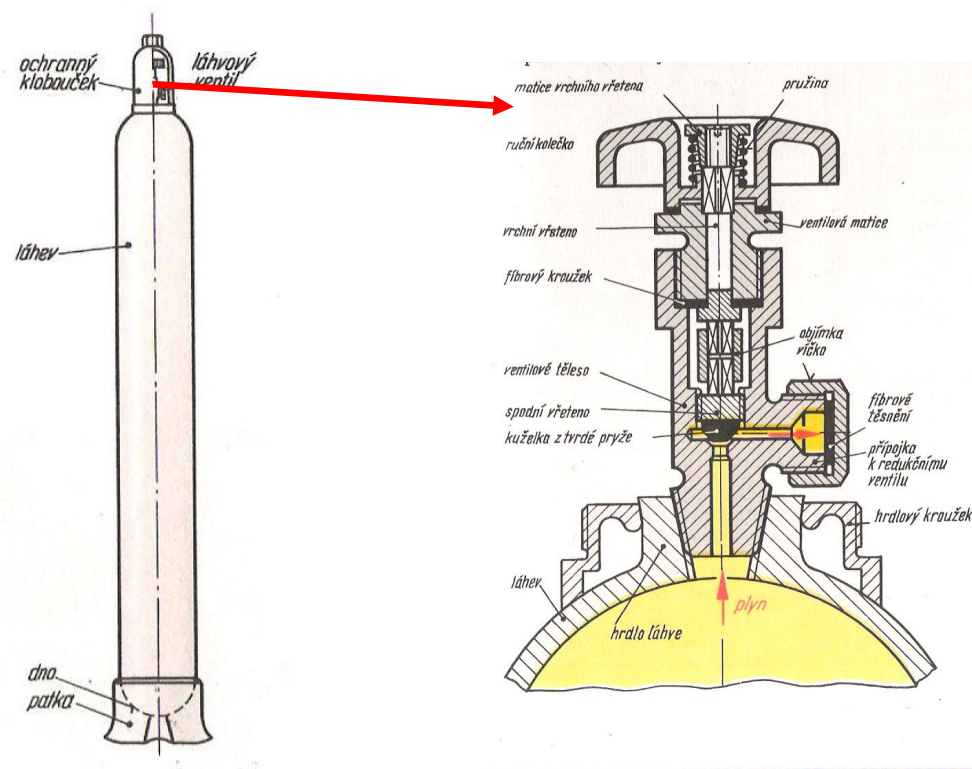
## 2.1.2 Zařízení pro svařování plynem



### 1) Tlakové lahve

Slouží pro dopravu a k práci s plynem. Základem je bezešvá roura tloušťky 5-8 mm.

#### ➤ Hlavní části lahve:

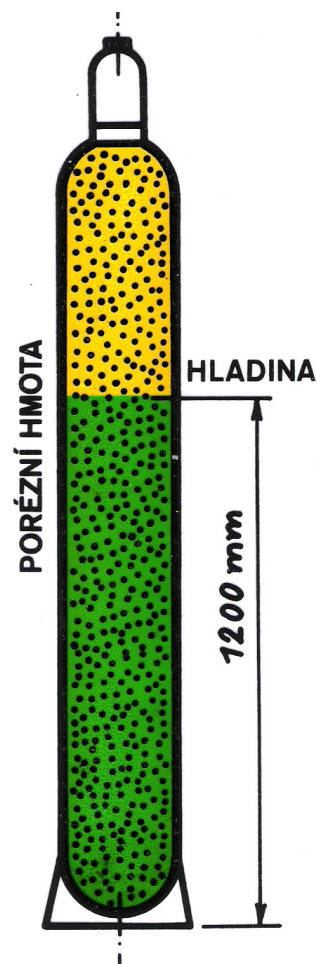


### ➤ Acetylenová lahev:

Acetylenová lahev je naplněna pórovitou hmotou (např. pemza), která rozděljuje vnitřní prostor na spoustu malých komůrek.

Účelem je, aby se eventuálně zahřátý acetylen nerozkládal v celém objemu lahve a tato reakce se dala zastavit ochlazováním.

Dále je lahev napuštěna čistým acetonem, v němž se acetylen rozpouští

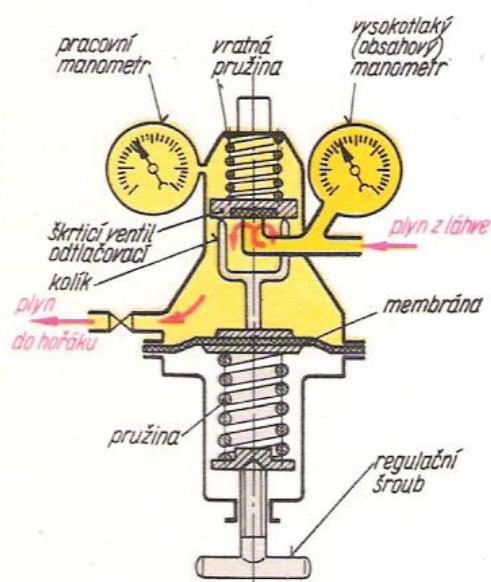


## 2) Redukční ventil

Slouží ke změně tlaku v lahvi na tlak menší (pracovní).

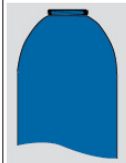

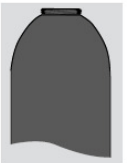

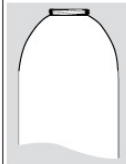
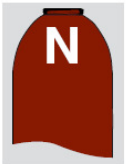
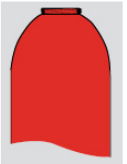
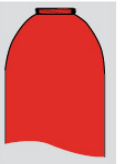
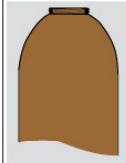
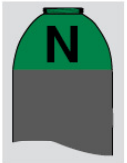
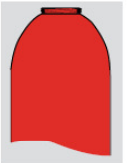

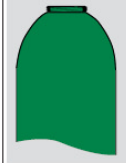

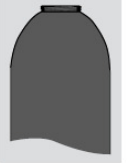

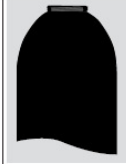
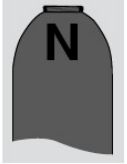
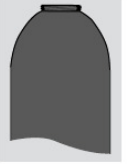

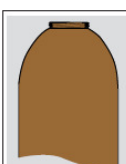
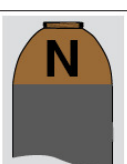
Skládá se z části vysokotlaké – manometr ukazuje tlak v lahvi a z části nízkotlaké – manometr ukazuje pracovní tlak nastavený regulačním šroubem.

Uchycení redukčního ventilu k lahvovému ventilu je pro každý druh plynu různé, proto aby se nedaly redukční ventily zaměnit (acetylén má třmen bez závitů, kyslík whitworthův závit pravý vnější).



## Barevné označení lahví

### Přehled stávajícího a nového barevného značení na příkladech Tabulka barev 1: Čisté plyny/směsi plynů pro průmyslové použití

Stávající stav (převažující)	Nový	Stávající stav (převažující)	Nový
 modrá modrá <b>kyslík technický</b>	 bílá modrá (šedá)	 šedá šedá (černá)	 jasně zelená šedá (jasně zelená)
 bílá bílá <b>acetylen</b>	 kaštanová kaštanová (bílá, šedá)	 červená červená	 červená červená <b>vodík</b>
 hnědá hnědá <b>argon</b>	 tmavě zelená hnědá (šedá, tmavě zelená)	 červená červená	 červená šedá <b>hořlavá směs plynů</b> (směsi: dusík/vodík, argon/vodík)
 zelená zelená <b>dusík</b>	 černá zelená (šedá)	 šedá šedá	 jasně zelená šedá <b>stlačený vzduch</b>
 černá černá <b>oxid uhličitý</b>	 šedá šedá	 šedá šedá	 jasně zelená šedá <b>inertní směs plynů</b> (směsi: dusík/oxid uhličitý, dusík/etylen, argon/oxid uhličitý, argon/kyslík, argon/oxid uhličitý/kyslík)
 hnědá hnědá <b>helium</b>	 hnědá (jasně zelená) hnědá (šedá)		

#### Poznámka:

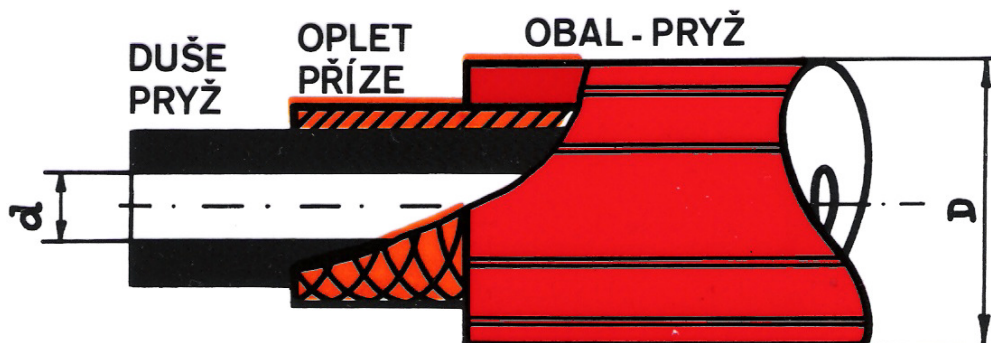
Válcová část lahve může být označena různými barvami, z nichž jedna je zde zobrazena barevně a ostatní jsou uvedeny v závorce.



### 3) Hadice

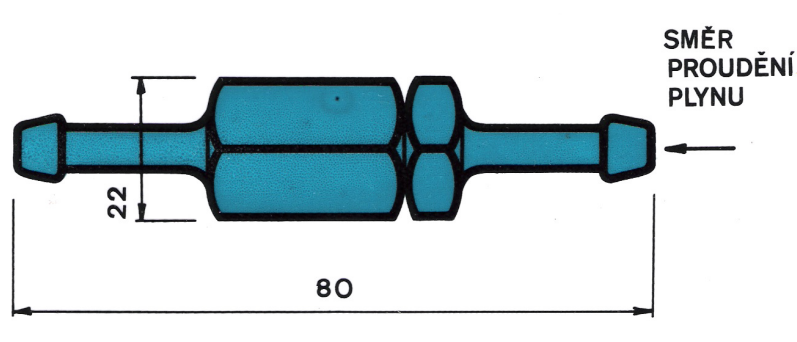
Hadice pro svařování jsou vysokotlaké a pryžové. Slouží k přivedení plynu od redukčního ventilu k hořáku. Pro každý druh plynu je předepsána jiná barva hadice:

- Acetylen červená a obvyklý vnitřní průměr (světlost) je 8 mm
- Kyslík modrá a obvyklý vnitřní průměr (světlost) je 6,3 mm



### 4) Pojistka proti zpětnému šlehnutí

Slouží k tomu aby zamezila vniknutí plamene zpátky do hadic následně do redukčního ventilu a do lahve s acetylenem. Umisťuje se asi 1 metr od hořáku na acetylenovou hadici. V jednom směru plyn propouští a v druhém směru funguje jako zpětný ventil – při montáži musíme správně určit směr ( podle šipky)!!!!!!



### 5) Držák hořáků

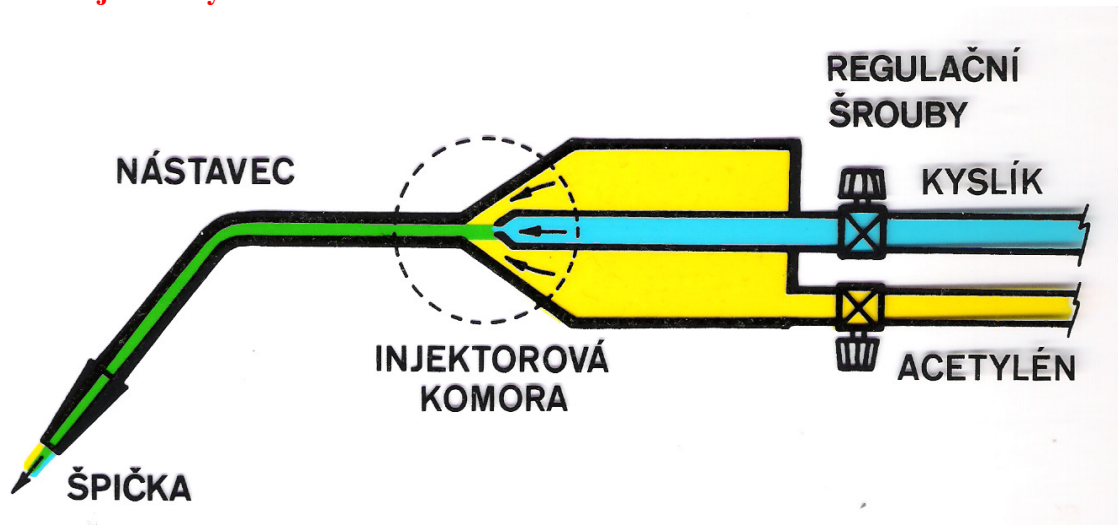
Je to v podstatě rukojeť na kterou se v zadní části připojí hadice acetylenová a kyslíková.

V přední části se pomocí převlečné matice našroubuje hořák. Má dva ventily, kterými se nastavuje průtok acetylenu a kyslíku a tím se mění plamen u špičky hořáku



## 6) Hořáky

Hořáky se dělí podle různých hledisek a je jich hodně různých druhů. Nejpoužívanější je hořák **injektorový**.



### Funkce injektorového hořáku:

Po otevření kyslíkového ventilu proudí kyslík do injektorové komory kde se ve zúženém místě zvyšuje jeho rychlost a tím nastává podtlak v injektorové komoře.

Tento podtlak (nasávací účinek hořáku) po otevření acetylenového ventilu způsobí nasávání acetylenu do injektorové komory a následné smísení obou plynů v hořlavou směs, která proudí ze špičky hořáku

### 2.1.3 Druhy plamenů

#### 1) Podle poměru plynů

**PLAMEN NEUTRÁLNÍ**



POMĚR:  $O_2 : C_2H_2 = 1,1 : 1$

**Neutrální plamen** - nejčastěji používaný plamen

**PŘEBYTEK ACETYLÉNU**  $C_2H_2$



POMĚR:  $O_2 : C_2H_2 = 1 : 1,2 - 1,5$

**Redukční plamen** - používá se pro svařování hořčkových slitin a k navařování tvrdých kobaltových slitin

**PŘEBYTEK KYSLÍKU**  $O_2$



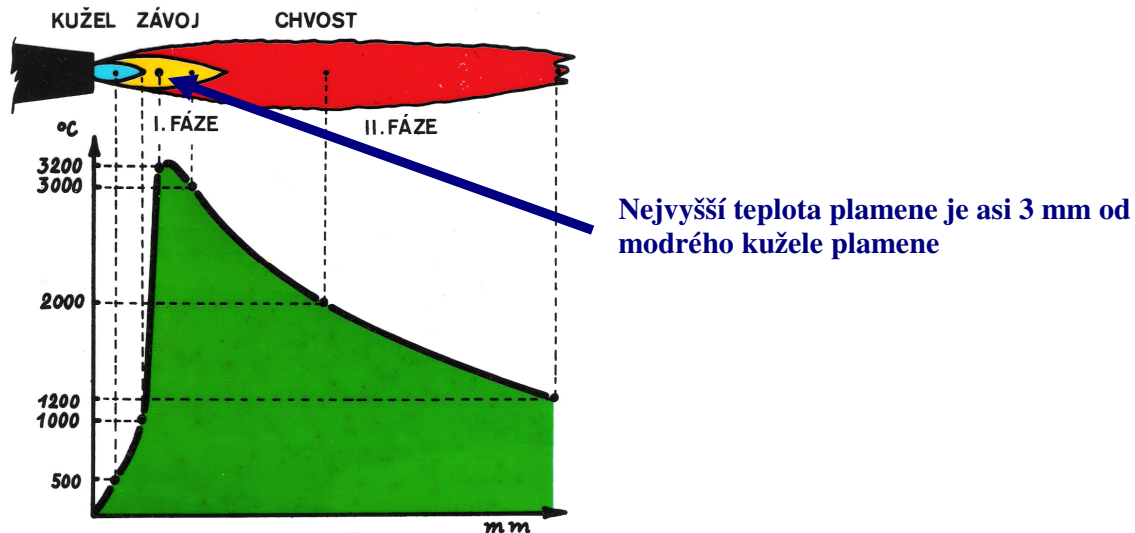
POMĚR:  $O_2 : C_2H_2 = 1,8 : 1$

**Oxidační plamen** - používá se na svařování mosazi a některých druhů bronzů

## 2) Podle výtokové rychlosti

- **Plamen měkký** – výtoková rychlost 70 – 100 m/s – používá se na svařování vysoko legovaných ocelí a kovů s nízkou teplotou tání
- **Plamen střední** – výtoková rychlost 100 – 120 m/s – používá se pro obvyklé svařování
- **Plamen ostrý** – výtoková rychlost nad 120 m/s

### 2.1.4 Teploty plamene



### 2.1.5 Přídavný materiál

Při svařování plamenem se někdy svařuje bez přídavného materiálu pouze s natavením základního materiálu – lemové svary. Ale ve většině případů se svařuje s přídavným materiálem, který je ve formě drátů dlouhých 1 metr a různých průměrů (nejčastěji používané průměry – 2,0; 2,5; 3,15; 4,0).

#### Označení nejpoužívanějších drátů:

- 1) **G 102** – drát je určen pro svařování nenáročných svarů potrubí a tenkých plechů, dále pro běžné stavební a zámečnické práce.
- 2) **G 104** – drát je určen pro svařování energetických zařízení, např. trubek z oceli 12 020 pracujících do teplot 425°C
- 3) **G 315** – pro svařování žárupevných ocelí

### 2.1.6 BOZP při plamenovém svařování

- Láhve je nutno umístit tak, aby k nim byl volný přístup.
- Láhve musí být zajištěny proti převržení, pádu nebo skutálení stabilními nebo přenosnými stojany, řetězy, objímkami, kovovým pásem apod.; každá samostatně tak, aby v případě potřeby bylo možno láhve rychle uvolnit.
- Při dopravě lahví v uzavřených vozidlech, např. v případě pojízdné dílny, musí být láhve před svařováním nebo řezáním vyloženy, pokud nejsou splněny zvláštní podmínky – viz změna – 1 čl. 4.1.1 ČSN 05 0610.

- Jsou-li láhve vystaveny sálavému teplu, musí být chráněny nehořlavou zástěnou.
- Připevňování hadic musí být provedeno svorkami vyrobenými k tomuto účelu.
- Hadice musí být chráněny před mechanickým poškozením a znečištěním mastnotami. Hadice a spoje musí být těsné.
- Hadice tažené přes přechody musí být chráněny krytem nebo musí být použity vhodné uzávěry.
- Při svařování s několika soupravami musí být jednotlivé soupravy od sebe vzdáleny minimálně 3 m nebo musí být od sebe odděleny nehořlavou pevnou stěnou.
- Při déle trvajícím přerušení svařování musí být lahvové ventily svářečem uzavřeny, vypuštěn plyn z hadic a povoleny regulační šrouby redukčních ventilů.
- Po skončení práce nebo pracovní směny na přechodném pracovišti musí být láhve odvezeny na vyhrazené místo a zajištěny před manipulací nepovolanými osobami

### **2.1.7 Základní povinnosti a požadavky platné pro všechny metody**

- Před začátkem svářečských prací se musí vyhodnotit, zda i v prostorách přilehlých nejde o práce se zvýšeným nebezpečím.
- V případě zvýšeného nebezpečí se může svařovat pouze na písemný příkaz a po provedení opatření nařízených v tomto příkaze.
- Před zahájením svářečských prací musí svářeč zkontrolovat, zda jsou v místě svařování odstraněny hořlavé látky, je zamezeno požáru nebo výbuchu a zda je na pracovišti a v jeho okolí zabezpečena předepsaná ochrana osob.
- Pracovníci, vybavení osobními ochrannými pracovními prostředky podle přílohy ČSN 05 0601, nesmí být znečištěni olejem, tukem apod. a na svařovacím pracovišti musí být rozestaveny zástěny pro ochranu osob proti záření a teplu.
- Svářeč musí mít u sebe platný svářečský průkaz.
- Na pracovišti musí být pořádek, aby svařovací zařízení a příslušenství nemohla být příčinou úrazu (např. zakopnutí, sklouznutí, pádu, poranění nástroji).
- Svařovací zařízení ohrožující zdraví nebo životy se musí ihned odpojit a zajistit proti použití např. tabulkou s nápisem „Porucha“.
- Po dobu práce, při jejím přerušení a po ukončení svařování nebo řezání v prostorách s nebezpečím požáru nebo výbuchu musí být místo svařování a přilehlé prostory kontrolovány po nezbytně nutnou dobu a u nebezpečných prací po dobu nejméně 8 hodin po skončení práce.

## 2.2 Svařování elektrickým obloukem

### 2.2.1 Základy elektrotechniky

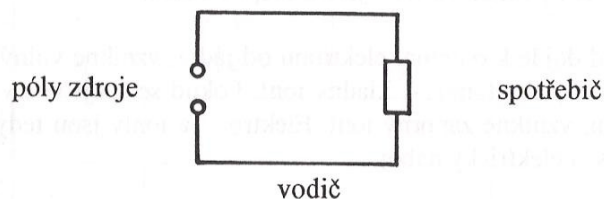
Základní veličiny	Značka	Jednotky
Elektrické napětí	U	V (volt)
Elektrický proud	I	A (ampér)
Elektrický odpor	R	$\Omega$ (ohm – čtí óm)

**Elektrické napětí** je určitý potenciál (množství) elektrické energie mezi dvěma póly (+ a -).

**Elektrický proud** je tok volných elektronů ve vodiči z místa vyššího do místa nižšího napětí.

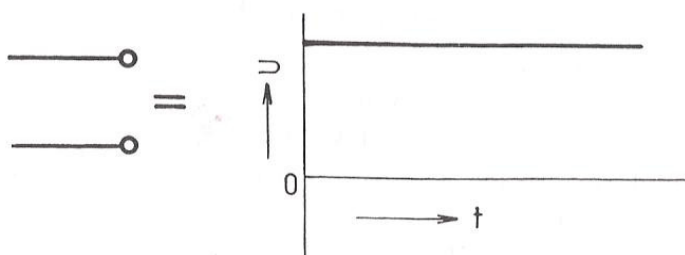
**Elektrický odpor** klade elektrickému proudu každý vodič nebo spotřebič.

#### ➤ Jednoduchý elektrický obvod

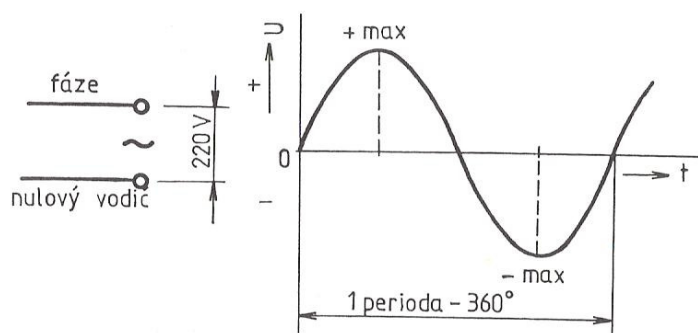


#### ➤ Druhy proudů

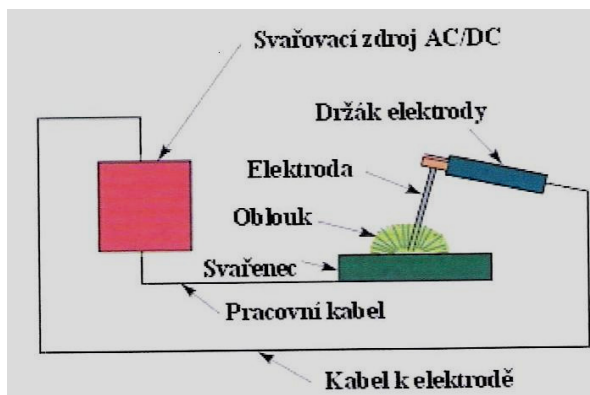
**Stejnosečný proud** – proud pohybu elektronů ve vodiči jedním směrem a nemění se



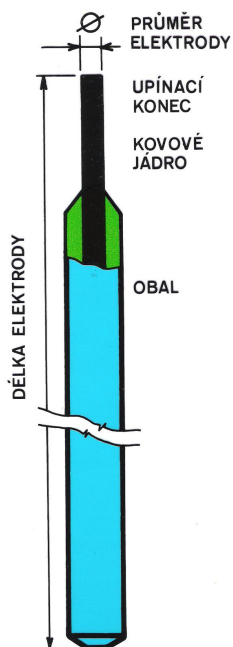
**Střídavý proud** - směr proudu elektronů se střídavě mění (tam a zpět)



## 2.2.2 Princip svařování elektrodou



## 2.2.3 Popis elektrody



Vyráběné průměry elektrod (mm)		
1,6	2,0	2,5
3,15	4	5
6,3	8	
Vyráběné délky elektrod (mm)		
200	250	(300)
(350)	400	450

## 2.2.4 Druhy elektrod

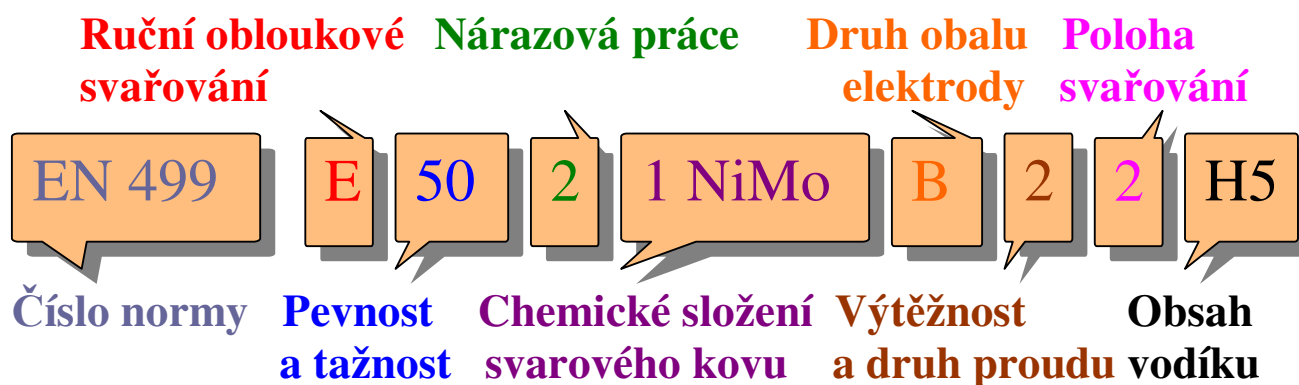
Netavící se	Uhlíková		
	Wolframová		
Tavící se (kovové)	Holé (dráty)		
	Obalené	Studené	Obal bazický
		Horké	Obal kyselý

## 2.2.5 Funkce obalu elektrod

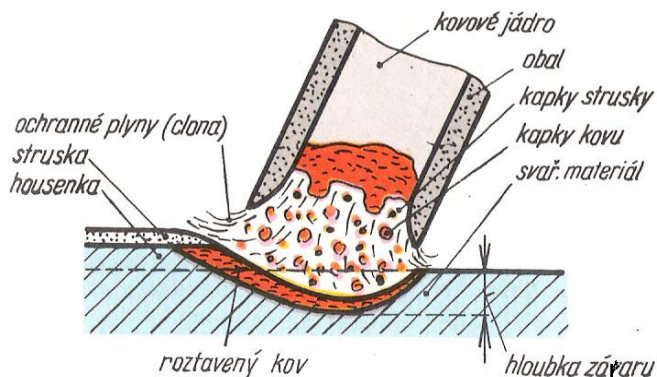
- **funkce plynotvorná** - při hoření oblouku vznikají z obalu kouře a plyny, které vytvářejí druh ochranné atmosféry a brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni.
- **funkce ionizační** - slouží v obalu pro usnadnění zapalování a hoření oblouku, např. soli alkalických kovů K a Na.
- **funkce metalurgická**
  - rafinace (snížení P a S)
  - desoxidace ( snížení O<sub>2</sub> )
  - legování ( především prvků náchylných k propalu – Cr,Mo,Ti atd.)

## 2.2.6 Značení elektrod

Označování elektrod uvádí ČSN EN 499



## 2.2.7 Elektrický oblouk a funkce obalu elektrody



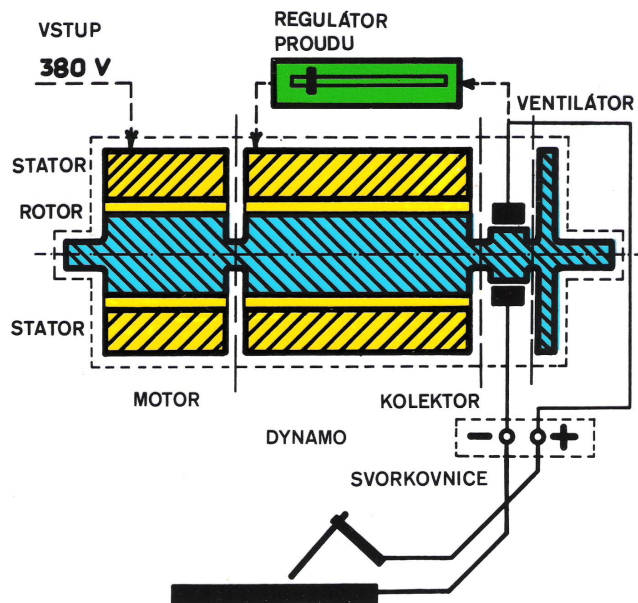
Elektrický oblouk je elektrický výboj (jiskra), který hoří v plynu mezi kladnou a zápornou elektrodou. Teplo vyvíjené elektrickým obloukem je až 6 000°C a slouží k roztavení

základního materiálu a odtavování elektrody a tím k vytvoření svarového spoje. Odtavuje se i obal elektrody, čímž vzniká plyn, který obklopuje okolí svaru a chrání ho před přístupem okolní atmosféry – tedy kyslíku. Ten pokud má přístup ke svaru, tak vytváří oxidy, které zabraňují vytvoření kvalitního svaru.

## 2.2.8 Stroje pro svařování elektrickým obloukem

### ➤ Točivé stroje – dynamo

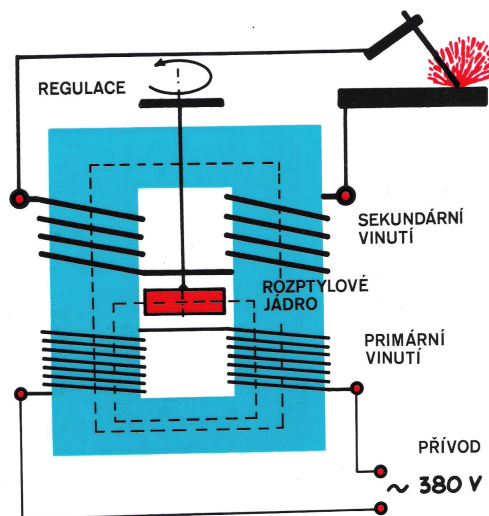
Tyto stroje mají dobré svařovací vlastnosti. Jsou však těžké, hlučné a mají velkou spotřebu el. energie při běhu naprázdno. Dnes se prakticky nepoužívají.



### ➤ Transformátory

Odebírají střídavý proud ze sítě a transformují (zmenšují) ho na proud pracovní. Princip transformátoru je ve dvou cívkách (primární a sekundární) na společném jádře. Když zmenšíme počet závitů sekundární cívky zmenší se nám i svařovací proud.

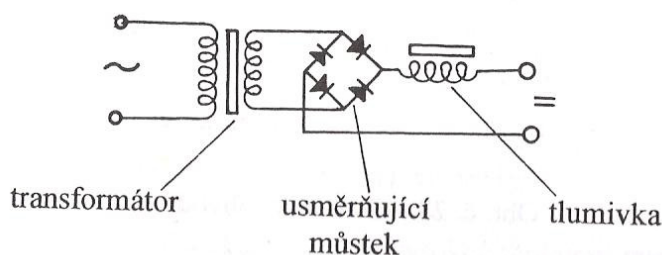
Při svařování používáme elektrodu s obalem rutilovým nebo kyselým.





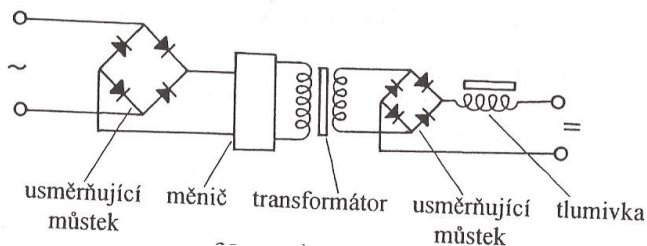
## ➤ Usměrňovače

Skládají se z transformátoru a usměrňujícího můstku s diodami, který střídavý proud usměrní na stejnosměrný.



## ➤ Inventory

Velikost a hmotnost transformátoru závisí na frekvenci proudu. Pokud se frekvence proudu zvýší, můžeme použít menší a lehčí transformátor. Touto metodou se nám hmotnost inventuru oproti usměrňovači sníží až 10x.



## 2.2.9 BOZP při svařování elektrickým obloukem

- Připojení svařovacích vodičů musí být provedeno tak, aby se zabránilo náhodnému neúmyslnému dotyku s výstupními svorkami svařovacího zdroje.
- Svařovací kabel musí být spojen se svařovaným předmětem nebo s podložkou svařovací svorkou.
- Svorka k připojení svařovacího vodiče ke svařenci musí být umístěna co nejbližší k místu svařování nebo na kovový svařovací stůl, na němž leží svařenec.
- Elektrody musí svářeč vyměňovat zásadně s nasazenými a neporušenými svářečskými rukavicemi (ne mokřými ani vlhkými).
- Držák elektrod a svařovací pistole musí být odkládány na izolační podložku nebo na izolační stojan.
- Vodič svařovacího proudu musí být uložen tak, aby se vyloučilo jeho možné poškození ostrými ohyby, jinými předměty a účinky svařovacího procesu.
- Příводы ke zdrojům svařovacího proudu musí být v případě nebezpečí mechanického poškození chráněny mechanicky odolným krytem nebo vhodným umístěním.
- Poškozené svařovací vodiče nesmí být používány.
- Periodické prohlídky svařovacího zdroje musí být prováděny pověřenými pracovníky podle pokynů výrobce.
- Pracovníci na svařovacím pracovišti musí být prokazatelně seznámeni s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem.



## 2.3 Svařování v ochranné atmosféře (MIG, MAG)

Je to svařování elektrickým obloukem holou elektrodou (drátem) v ochranném plynu, který chrání okolí sváru proti atmosféře – kyslíku a vodíku. Jako ochranný plyn se používají nejčastěji:

- 1) **Oxid uhličitý** -  $\text{CO}_2$  – svařování MAG
- 2) **Argon** - Ar – svařování MIG

**Významy zkratek:**

**MAG** – Metal Aktiv Gas – plyn tvoří ochrannou atmosféru a aktivně ovlivňuje vlastnosti sváru.

### MAG svařování:



**MIG** – Metal Inert Gas – plyn tvoří pouze ochrannou atmosféru a nijak jinak neovlivňuje svár.

### MIG svařování:



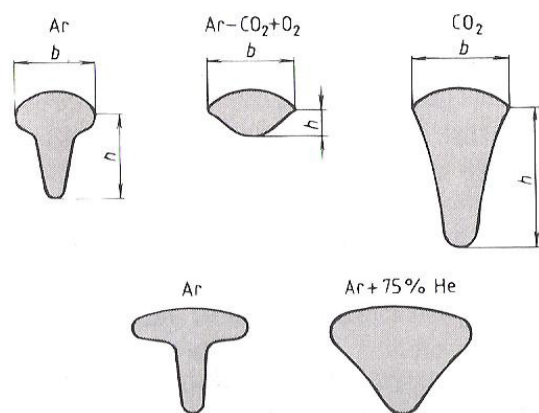
## 2.3.1 Vlastnosti plynů

### ➤ Oxid uhličitý

- Bezbarvý plyn, kyselé chuti a zápachu, nehořlavý
- Těžší než vzduch
- Nejedovatý ale při vyšší koncentraci brání dýchání ( při 15% ve vzduchu by se člověk udusil)
- V tuhém stavu je bílý a tvrdý (suchý led)
- Kapalný stav se docílí při teplotě 15°C a tlaku 6 MPa
- Dává pravidelný a hluboký závar a převýšenou svarovou housenku
- Používá se při svařování nelegovaných ocelí

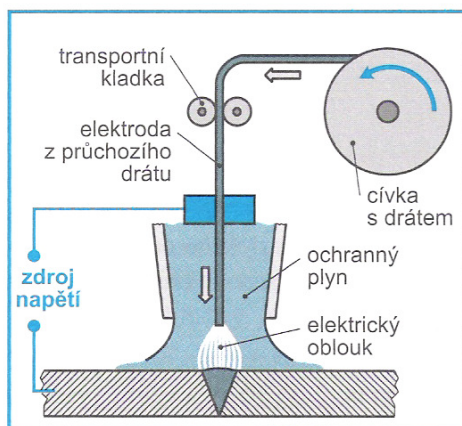
### ➤ Argon

- Bezbarvý plyn, chemicky netečný, bez chuti a zápachu, nehořlavý
- Těžší než vzduch
- Je nejvhodnější pro MIG svařování
- Umožňuje vysokou proudovou zatížitelnost
- Vytváří široký závar i svár



Obr. Tvary svarů různých plynů

## 2.3.2 Zařízení pro svařování MIG/MAG



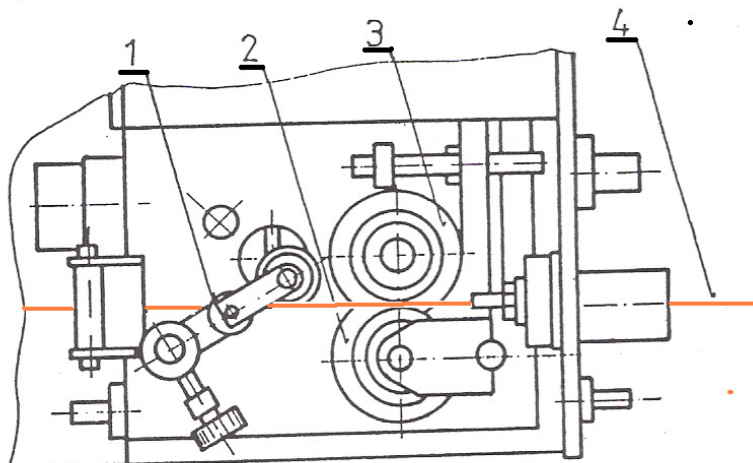
Obr. Princip svařování MIG/MAG

➤ **Zdroj svařovacího proudu**

Dříve se jako zdroj svařovacího proudu používaly usměrňovače ale dnes se stále více prosazují inventorové zdroje pro svou malou hmotnost a stabilitu svařovacího proudu.

➤ **Podávací zařízení svařovacího drátu**

Je to samostatná mechanická jednotka uvnitř zdroje nebo mimo zdroj, která pomocí kladek podává svařovací drát přes bovden do napájecího průvlastku (špička) svařovacího hořáku.

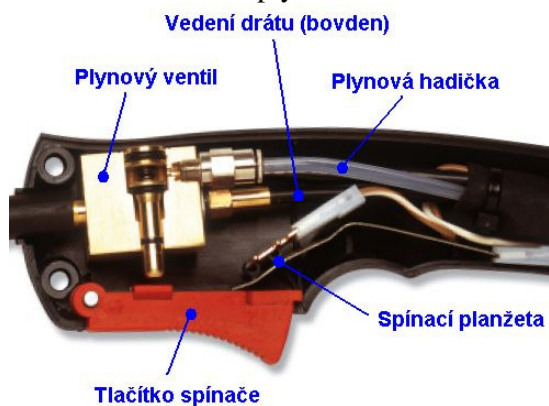


Obr. Podávací zařízení – 1 čistič drátu, 2 podávací kladka hnaná, 3 podávací kladka hnací, 4 svařovací drát

➤ **Svařovací hořák**

**Zabezpečuje:**

- přechod svařovacího proudu do svařovacího drátu
- plynovou ochranu



➤ **Zásobník svařovacího drátu**

Je to místo, kde se umísťuje cívka se svařovacím drátem

➤ **Láhev s ochranným plynem**



➤ **Redukční ventil s průtokoměrem**

Zajišťuje zvolený průtok ochranného plynu z lahve do plynové hadičky, která vede k hořáku. U ventilu je umístěno ohřívací zařízení, které zamezuje zamrznutí redukčního ventilu.

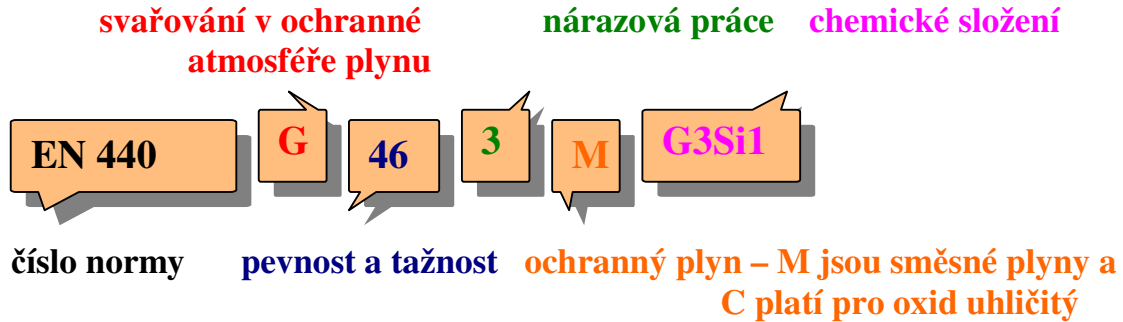


### 2.3.3 Přídavné materiály

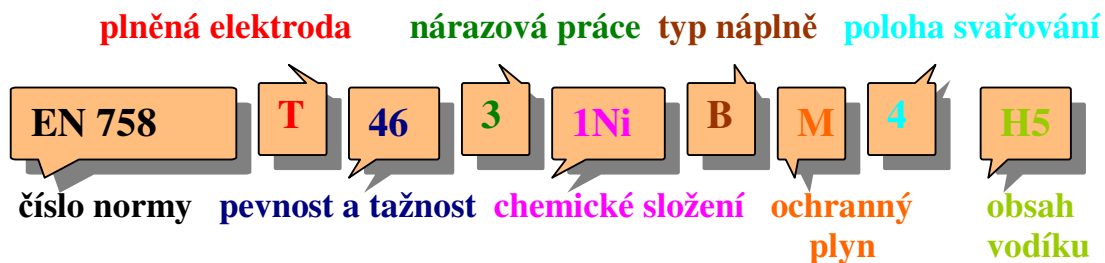
Pro metodu MIG/MAG se vyrábějí plně a plněné (trubičkové) dráty.

**Plné dráty** jsou vyráběny a dodávány v průměrech 0,6 0,8 1,0 1,2 1,6 2,0 a 2,4 mm. Nejčastěji používané průměry jsou 0,8 až 1,6 mm. Dodávají se na cívkách o hmotnosti nejčastěji 15 kg.

**Norma ČSN EN 440** označuje klasifikaci přídavných materiálů pro svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí MIG/MAG takto:



**Plněné elektrody** se označují podle normy ČSN EN 758 takto:



1) Popiš zařízení pro svařování plynem (souprava acetylen-kyslík) a vysvětli funkci jednotlivých součástí

- a. ....
- b. ....
- c. ....
- d. ....
- e. ....
- f. ....

2) Jaké máme druhy plamenů při svařování plamenem

Podle výtokové rychlosti plynů .....

.....

Podle poměru plynů .....

.....

a napiš, který používáme pro pájení na měkko a který pro běžné svařování.

3) Jak dělíme plyny používané ke svařování a jaké znáš?

4) Doplni značku elektrických veličin a jednotky v kterých se udávají

Základní veličiny	Značka	Jednotky
Elektrické napětí		
Elektrický proud		
Elektrický odpor		

5) Jaké znáš stroje pro svařování elektrickým obloukem?

a. ....

b. ....

c. ....

d. ....

6) Jaké existují druhy elektrod pro svařování elektrickým obloukem?

7) Jaká je funkce obalu u obalované elektrody?

8) Vysvětli zkratky

MIG.....

MAG.....

9) Popiš jednotlivé části zařízení pro svařování v ochranné atmosféře

a. ....

b. ....

c. ....

d. ....

e. ....

f. ....

### 3 Svařování tavné s tlakem



Elektrický odpor, stykové, bodové, švové a bradavkové svařování,



Cílem této kapitoly je znát princip tohoto svařování a zařízení, které k tomuto účelu slouží



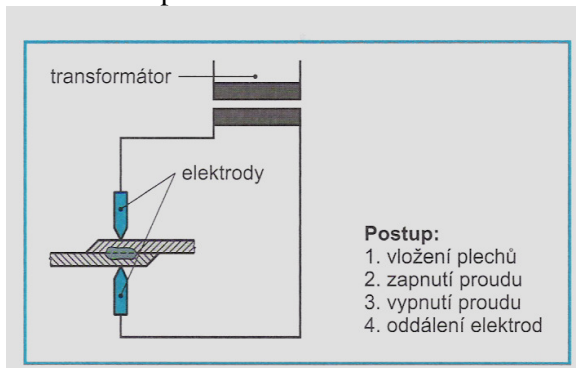
2 hodiny výuky + 4 hodiny domácí přípravy



#### 3.1 Svařování elektrickým odporem (stykové, bodové, švové)

##### 3.1.1 Princip odporového svařování

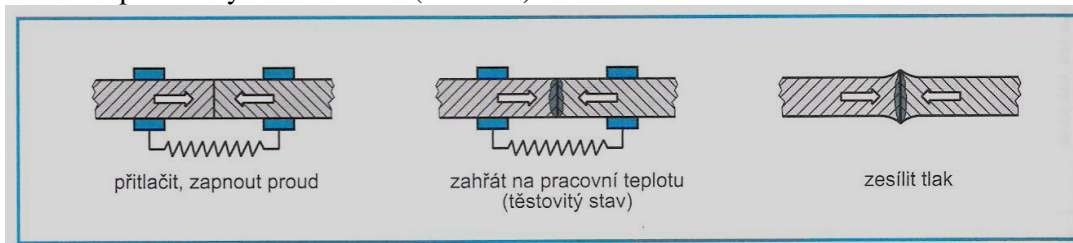
V místě svařování protéká materiálem elektrický proud. Tam kde se materiály dotýkají vzniká velký tzv. přechodový elektrický odpor. Tímto odporem vznikne velké teplo, čímž se materiál nataví a pokud ho tlakem zmáčkeme k sobě dojde ke svaření.



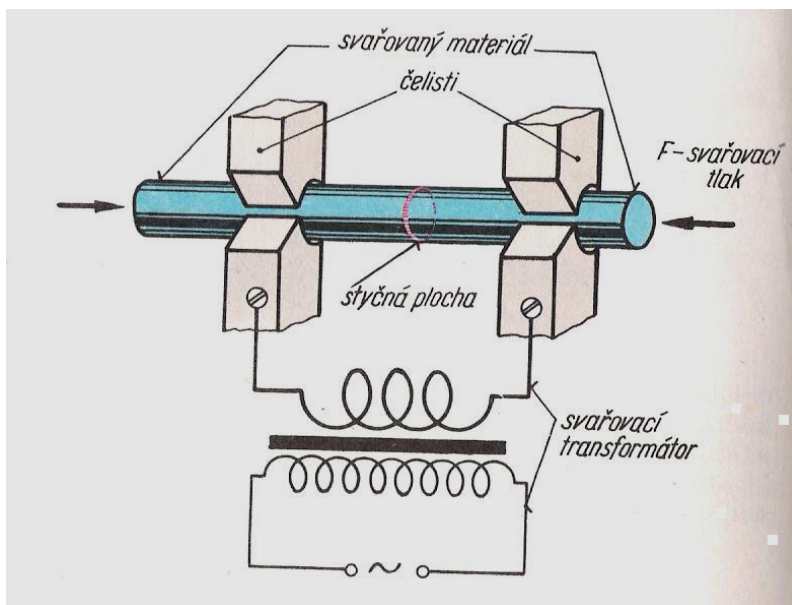
##### 3.1.2 Stykové svařování

Upínací čelisti z mědi svírají součásti, tlačí je k sobě a přivádějí proud do svařovaného místa. Po dosažení svařovací teploty (v místě styku vznikne těstovitý stav materiálu) proud se vypne, zvýší se tlak a součásti se svaří. V místě svaru vznikne přechováním zesílení.

Tento způsob je vhodný pro oceli s malým obsahem uhlíku, pro svařování mědi, hliníku a pro slitiny mědi a zinku (mosazi).

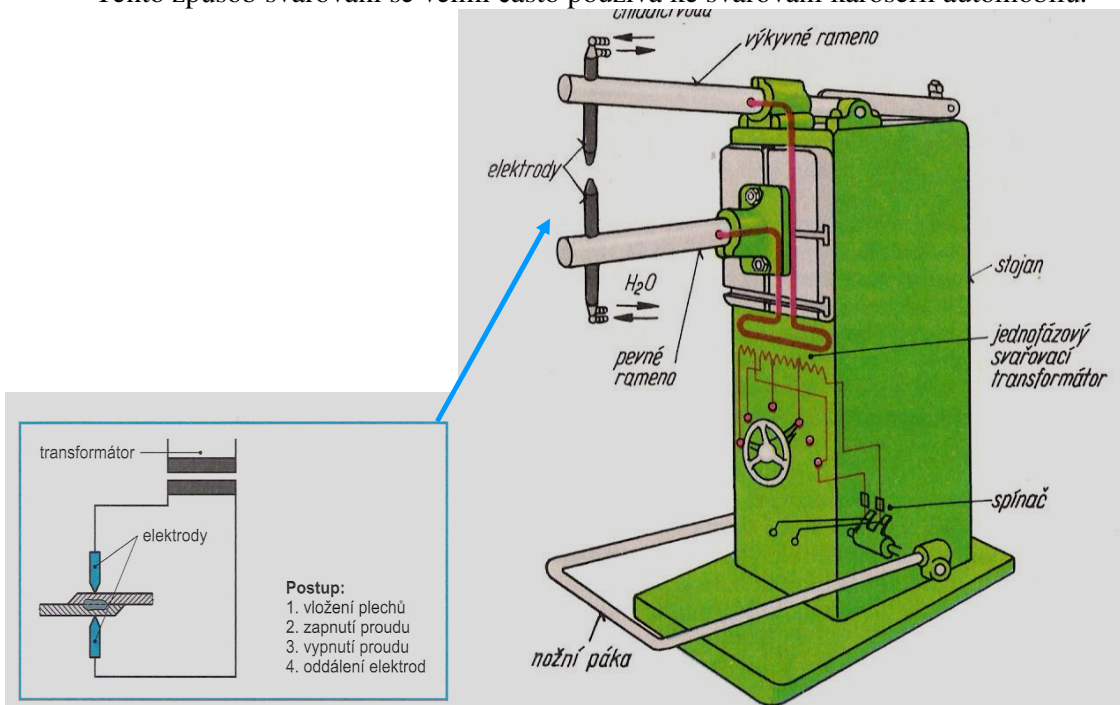






### 3.1.3 Bodové svařování

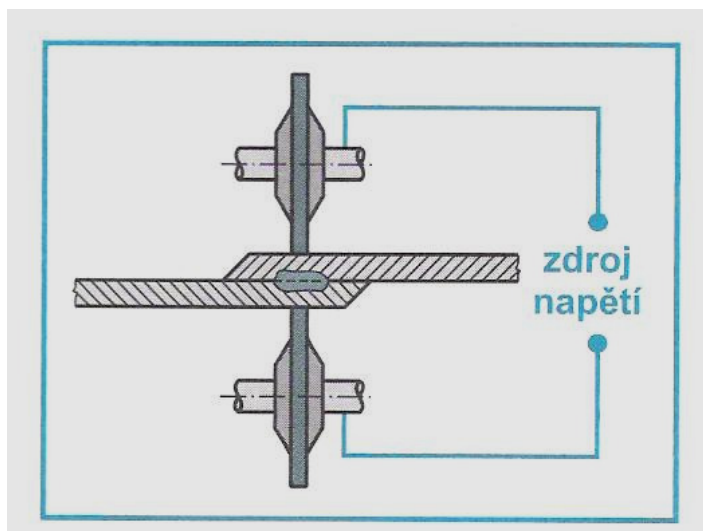
Součásti jsou stlačovány mezi dvěma měděnými elektrodami, které jsou chlazeny vodou a do kterých se přivádí elektrický proud. V místě stlačení se díky přechodovému elektrickému odporu vytvoří svarový spoj. Elektrický proud je vypínán časovým spínačem. Tento způsob svařování se velmi často používá ke svařování karosérií automobilů.





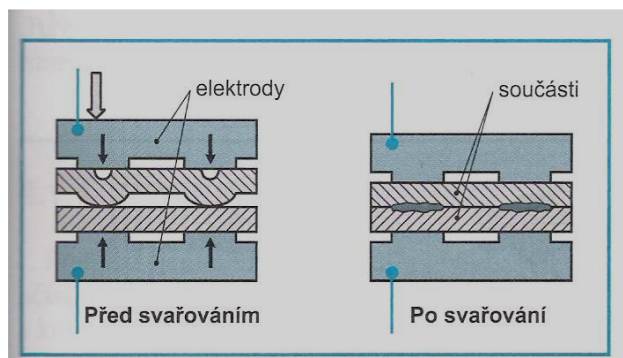
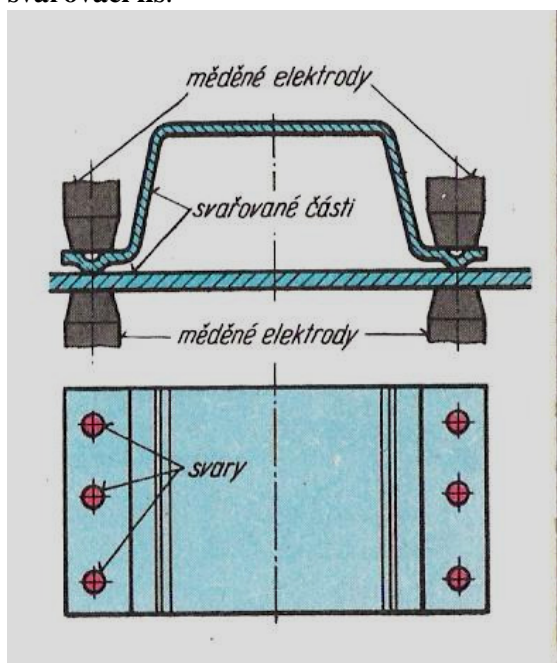
### 3.1.4 Švové svařování

Je to svařování obdobné jako bodové ale měděné elektrody mají tvar kotouče ( horní kotouč je obvykle poháněn). Tímto způsobem získáváme dlouhé, hladké a nepropustné svary.



### 3.1.5 Výstupkové (bradavkové) svařování

Jedna část plechu má vytlačené výstupky (bradavky), kterými přiléhá na druhou součást. Pomocí tlaku měděných elektrod ve tvaru desek se průchodem elektrického proudu v místě výstupků vytvoří svarové spoje. Stroj na kterém se provádí toto svařování se někdy nazývá svařovací lis.





- 1) Jaký je princip odporového svařování?
- 2) Popiš zařízení bodového odporového svařování.
- 3) Popiš zařízení švového odporového svařování.
- 4) Popiš zařízení bradavkového odporového svařování.
- 5) Popiš zařízení stykového odporového svařování.

## 4 Další svařovací technologie



plazma, laser, elektronový paprsek, termit, tavidlo, ultrazvuk



Cílem této kapitoly je poznat a umět vysvětlit principy jednotlivých svařovacích metod



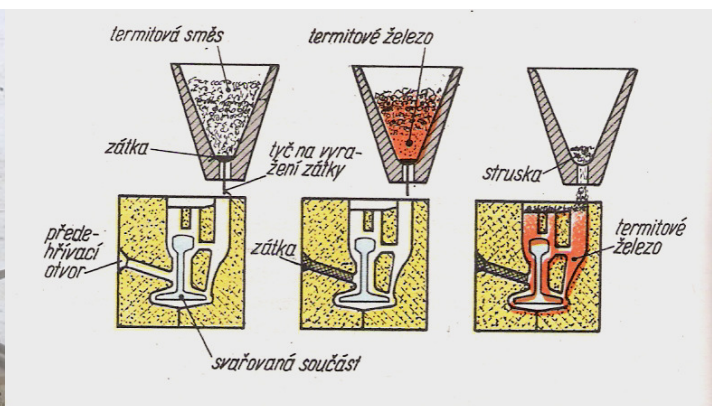
3 hodiny + 6 hodin domácí přípravy



### 4.1 Aluminotermické

Termit je směs práškového hliníku a práškového oxidu železitého v poměru 1 : 1. Zapálený termit hoří velmi prudce a oslnivě. Hořením termitu vzniká tzv. termitové železo teploty asi 3000°C a oxid hlinitý ( struska ).

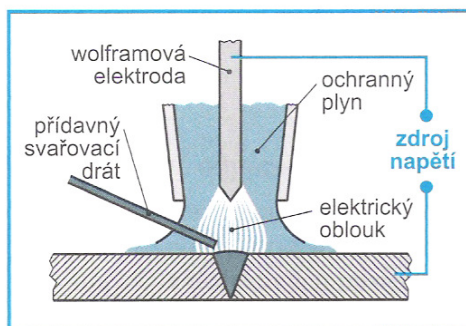
Tato metoda se používá při svařování kolejnic tak, že spojované konce zaformujeme do formy ( mezi konci se nechá mezera asi 10 mm ) a předehejí se asi na 900°C. Termitovou směs zapálíme v kelímku a počkáme na reakci ( asi 40 s ). Vzniklé termitové železo spodem kelímku nalijeme do formy. Nataví se tím konce součástí a vyplní mezera mezi konci kolejnic a nastane svaření.



### 4.2 Netavící se elektrodou v inertním plynu ( WIG, TIG )

Je to metoda, při které oblouk hoří mezi základním materiálem a wolframovou elektrodou v ochraně inertního plynu a přídavný materiál je do oblouku podáván samostatně. Svařování WIG (TIG) zajišťuje výjimečně čisté a vysoce kvalitní svary. Protože nevzniká

žádná struska, je sníženo na minimum riziko vměstků ve svarovém kovu a hotové svary nevyžadují žádné čištění. Metodou WIG (TIG) lze použít téměř pro všechny kovy a hodí se jak pro ruční svařování, tak pro automatizované svařování. Nejvíce se užívá na svařování hliníku a nerezavějících ocelí, kde je absolutně nejdůležitější celistvost svaru. Těto metody se široce používá k vysoce kvalitním spojům v nukleárním, leteckém, chemickém a potravinářském průmyslu.



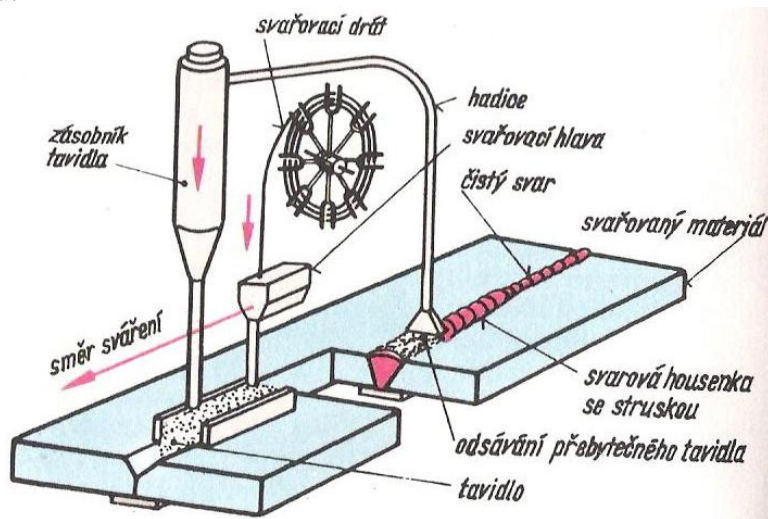
Obr. Svařování metodou **WIG**



**V anglosaské literatuře označované TIG (Tungsten Inert Gas)**

### 4.3 Pod tavidlem

U svařování pod tavidlem je oblouk zapalován mezi svařencem a koncem svařovacího drátu či pásky, přičemž obojí je pokryto vrstvou taveného nebo aglomerovaného tavidla (odtud název „pod tavidlem“). Oblouk je proto schován. Zbytek tavidla se odsává a používá znovu.



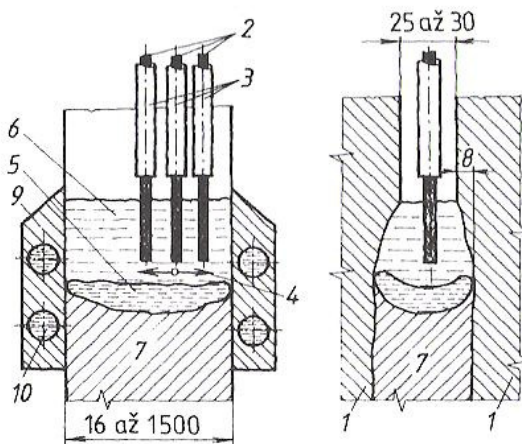
Část tavidla se roztaví a vytvoří ochranný struskový kryt nad tavnou lázní. Svařování pod tavidlem probíhá zásadně na mechanizovaném svařovacím zařízení. Pro zvýšení produktivity je možné uspořádání i s několika elektrodami.

Vzhledem k vysoké výtěžnosti je tato metoda zvláště vhodná ke zhotovení dlouhých rovných spojů, a to pouze v polohách PA, PB, PC. Používá se hlavně ke svařování tlakových nádob, chemických zařízení, v těžkém strojírenství a při opravách a stavbách lodí. Používá se také pro navařování rozměrných kusů.

## 4.4 Elektrostruskové

Oblouk vzniká po zahájení svařování mezi elektrodou a svařencem. Když se roztaví tavidlo vložené do spoje, vznikne struska a ta potom zvětší hloubku lázně. Když stoupne teplota strusky oblouk se uhasí a svařovací proud je veden roztavenou struskou, ve které se odporem vytvoří potřebná svařovací energie.

Svar vzniká mezi pevnými vodou chlazenými měděnými, pohyblivými patkami a čelní stranou spojů. Svařovací hlava se s postupem svařování pohybuje nahoru. Používá se jedna nebo více elektrod, a to podle tloušťky desky. Jestliže je základní materiál velmi silný, je možno elektrodou kývat.



Obr. Elektrostruskové svařování –

- 1 základní kov
- 2 elektrody
- 3 kluzové kontakty
- 4 příčný pohyb elektrod
- 5 svarová lázeň
- 6 roztavená struska ( tavidlo)
- 7 svar
- 8 závar
- 9 měděné příložky
- 10 chladicí voda

### Výhody této metody:

- Vysoká produktivita
- Nízké náklady na přípravu stroje
- Svar je možno zhotovit na jeden průchod bez ohledu na tloušťku desky
- U tupých svarů nenastává úhlová deformace
- Malé příčné namáhání
- Malé riziko trhlin z důvodů nízkého obsahu vodíku

## 4.5 Elektronovým paprskem

Tato metoda se uplatňuje zejména tam, kde se kladou velké nároky na svařovací techniku ( svařování vysokolegovaných ocelí, těžko tavitelných slitin apod.; např v raketové technice, stavbě reaktorů atd.)

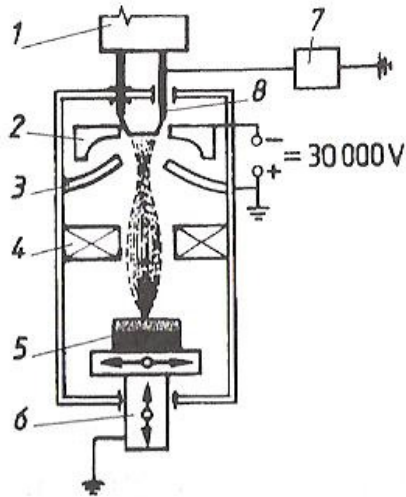
Principem této metody je vysílání elektronového paprsku (proud elektronů), který je urychlován rozdílem napětí mezi wolframovou katodou a anodovou clonou.

Pohybová energie elektronů se při dopadu na svařovaný materiál mění na energii tepelnou a tím se uskutečňuje svařování až při teplotě 6000°C. Pohybem svařovaného předmětu se vytváří potřebný svár. Celé zařízení je umístěno ve vakuové komoře. Vakuum zajišťuje ochranu svaru před oxidací a jiným znečištěním. Novější metody jsou vyvinuty na principu bez vakuové komory, což podstatně zjednodušuje celé zařízení.

### Přednosti této metody:

- 10x větší rychlost svařování než u metody WIG
- Možnost regulace hloubky svaru
- Svařování se provádí většinou bez přídavného materiálu
- Okolí svaru je minimálně ovlivňováno teplem

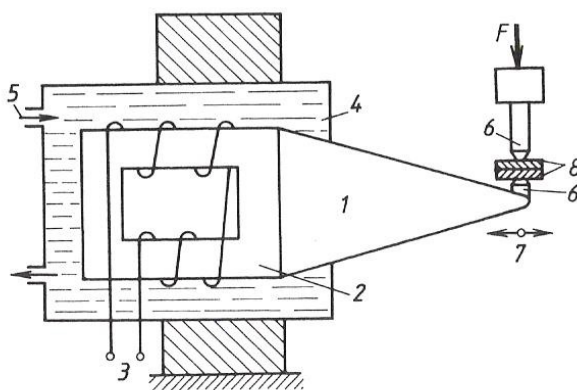




Obr. Svařování elektronovým paprskem

- 1 zdroj žhavicího proudu
- 2 wolframová elektroda
- 3 anoda (clona)
- 4 elektromagnetická čočka
- 5 svařované součásti
- 6 upínač (suport)
- 7 zdroj vysokého napětí
- 8 vlákno , - , + polarita

#### 4.6 Ultrazvukem



Obr. Svařování ultrazvukem

- 1 vlnovec
- 2 magnetostrikční měnič
- 3 zdroj vysokofrekvenčního proudu
- 4 chladič
- 5 chladící voda
- 6 sonotrody
- 7 kmitání
- 8 svařované součásti

Svařování ultrazvukem patří do svařování pouze tlakem – tedy za studena. Materiály jsou v místě svaru vystaveny účinkům ultrazvuku za současného působení tlaku. Mechanické kmity jsou přenášeny vlnovce na tzv. **sonotrody**, jejichž úkolem je soustředit tlakovou sílu a mechanické kmity do místa svaru.

Ultrazvukem lze svařovat nejen kovy (různého druhu a velmi malé tloušťky – 0,005 až 3 mm) ale i plasty.

#### 4.7 Plazmou

Plazma je tepelný vysoce žhavý, elektricky vodivý plyn. Plazma se tvoří ohřevem tohoto plynu, elektrickým obloukovým výbojem mezi dvěma elektrodami.

Vytvořený plazmový oblouk dosahuje teplot 11000 – 20000°C. Jeho výhodou je velká délka( až 300 mm) malá šířka čímž je svarová lázeň malá.

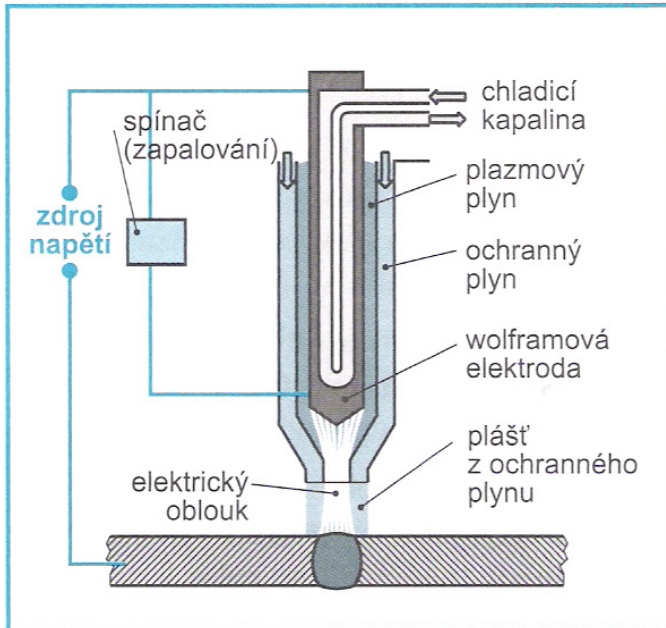
Jako plazmový plyn se používá:

- pro ocel - čistý **dusík**
- pro neželezné kovy - **argon a vodík**

Plazmový hořák musí být chlazen vodou. Plazma se používá také k řezání materiálů a k nástřikům kovových povlaků.

### Výhody plazmového svařování:

- Malé deformace a dobrý vzhled svaru
- Možnost svařovat velké tloušťky materiálů (do tloušťky 12 mm lze svařovat bez úkosů a bez přídavného materiálu)
- Mikroplazmové svařování naopak umožňuje svařovat minimální tloušťky (0,06 – 1 mm)



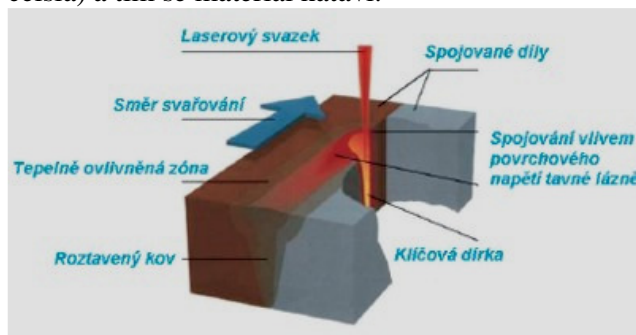
Obr. Plazmový hořák

## 4.8 Laserem

### Co je to laser?

Je to zesílený paprsek světla a zaostřený do malé plochy. Vznikne v xenonové výbojce, která paprsek vysílá přes rubínový krystal, ten paprsek zesílí a čočku, která soustředí paprsek do jednoho místa.

Svařování tímto způsobem je obdobné jako svařování elektronovým paprskem. Paprsek světla při dopadu na neprůhledný materiál vyvine teplo (několik desítek tisíc stupňů celsia) a tím se materiál nataví.



### Výhody svařování laserem:

- Svařování nemusí probíhat ve vakuu
- Tepelné ovlivnění svařovaného materiálu je malé což umožňuje svařovat velmi malé tloušťky ( $\mu\text{m}$ ) - **opakování  $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$ !!!!!!!**
- Lze svařovat metodou průchozího paprsku
- Lze kombinovat materiály jiným způsobem nesvařitelné





- 1) Co je to laser?
- 2) Co je to plazma?
- 3) Popiš způsob svařování termitem.
- 4) Popiš způsob svařování WIG.
- 5) Popiš způsob svařování plazmou.
- 6) Popiš způsob svařování laserem.
- 7) Popiš způsob svařování elektronovým paprskem.
- 8) Popiš způsob svařování ultrazvukem.
- 9) Popiš způsob svařování pod tavidlem.

## 5 Pájení



Pájka, pájedlo, tavidlo, borax, snášivost, zabíhavost, salmiak, kalafuna, pájecí voda



Cílem této kapitoly je pochopit princip pájeného spoje, umět rozlišit pájení na tvrdo a na měkko z hlediska praktického použití. Znat pravidla správného pájení a tyto znalosti umět použít v praxi.



2 hodiny výuky + 4 hodiny domácí přípravy



### 5.1 Princip pájeného spoje

Pájením vzniká nerozebíratelný spoj za pomoci přídavného materiálu kterému říkáme – **pájka**

Při pájení se materiál ohřívá ale na rozdíl od svařování nedochází k roztavení základního materiálu ale pouze k roztavení pájky. Podstatou pájeného spoje je **difuze** – což je pronikání roztavené pájky do povrchových vrstev spojovaných součástí.

#### Výhody pájení:

- Pájením lze spojovat běžné kovy, sklo, keramiku
- Protože se pracuje s nižšími teplotami je také nižší vnitřní pnutí než u svařování
- Pájené spoje jsou vodotěsné a elektricky i tepelně vodivé
- Je levnější než svařování

#### Nevýhody pájení:

- Pevnost spoje je menší než u svarového spoje
- Vzhledem k odlišnému chemickému složení pájky a základního materiálu hrozí v místě pájeného spoje elektrochemická koroze.
- Je nutná kvalitnější příprava stykových ploch pájeného spoje

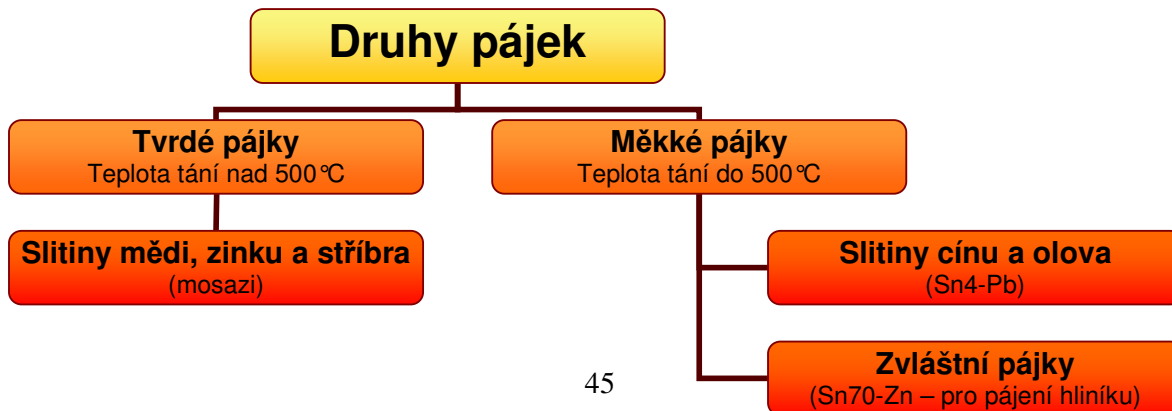
### 5.2 Pájky

Pájka je přídavný materiál pro pájení, která má vždy nižší teplotu tání než pájené součásti.

#### Důležité vlastnosti pájek:

Smáčivost – je to přilnavost k základnímu materiálu

Zabíravost – schopnost zatékat do dutin a mezer



### 5.3 Pájedla

Jsou to nástroje kterými nahříváme základní ( pájený) materiál. Skládá se z:

- měděného kladívka
- rukojeti
- zařízení k ohřevu

Podle druhu ohřívání dělíme pájedla na:

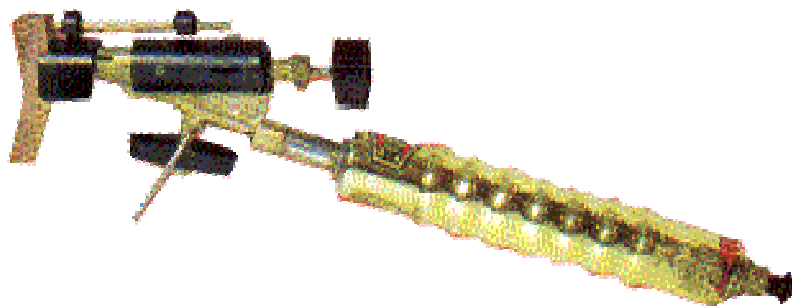
- Elektrická



- Plynová



- Na kapalná paliva (benzínová)



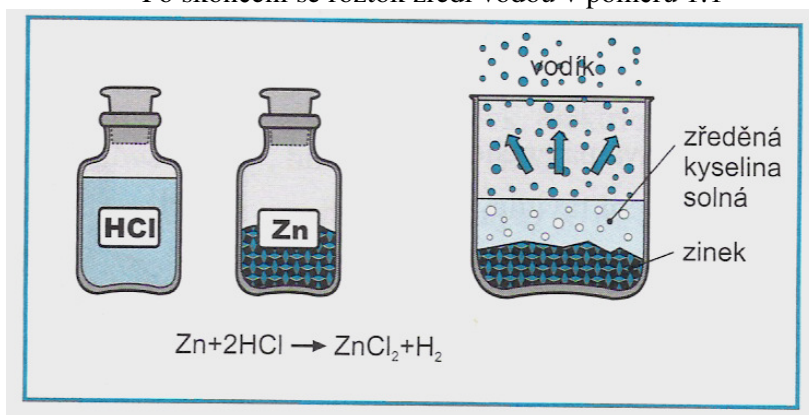
## 5.4 Tavidla

**Jsou to chemické látky, které:**

- odstraňují oxidy z povrchu pájených součástí
- chrání pájený povrch před oxidací
- zvyšují snášivost pájky

### Tavidla pro měkké pájení:

- **Pájecí voda** – je to kapalné tavidlo které se připravuje takto:
  - Do kyseliny chlorovodíkové (solné) se vloží zinek a nechá se proběhnout chemická reakce (kyselina začne vařit)
  - Po skončení se roztok zředí vodou v poměru 1:1



**Pozor na výpary vznikající při chemické reakci – jsou zdraví škodlivé.**



**Po pájení je třeba pájený spoj opláchnout vodou – protože by zbytky pájecí vody způsobily korozi.**

- **Salmiak** – je to tuhé tavidlo, které slouží k očištění pájedla

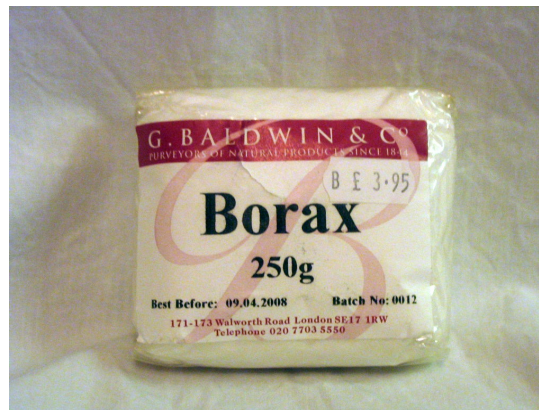


- **Kalafuna** – používá se převážně pro pájení v elektrotechnice

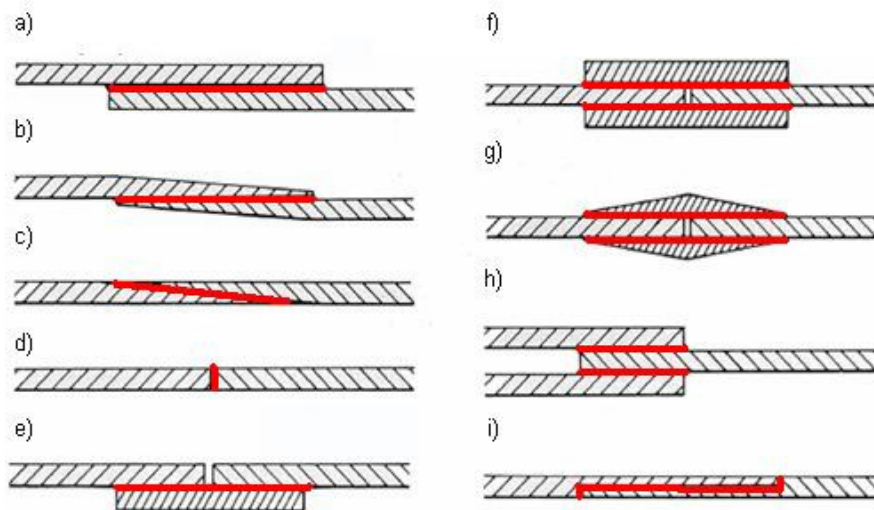


## Tavidla pro tvrdé pájení

- **Borax** – je to směs boraxu a kyseliny borité. Pro pájení je ve formě bílého prášku do kterého se namáčí nahřátá pájka ve formě drátu.



## 5.5 Konstrukční úprava pájených spojů



- a) jednoduchý přeplátovaný spoj, b) zúžený přeplátovaný spoj, c) zkosený spoj,  
d) tupý čelní spoj, e) přeplátovaný spojený pásem, f) dvojitě přeplátovaný spojený pásem, g) dvojitě přeplátovaný spoj se zúženými pásy, h) dvojitě přeložený spoj,  
i) stupňovitě přeložený spoj

## 5.6 Pájení na měkko

Pájení na měkko se používá pro pájení:

- ocelových pozinkovaných nebo pocínovaných plechů
- hliníkových plechů
- měděných plechů a trubek
- v elektrotechnice pájené spoje

Pájené spoje mají pevnost v tahu 80 MPa a ve stíhu 40 MPa. K pájení nejsou vhodné lesklé materiály, protože snášivost a zabíravost pájky je horší.

Nejpevnějšího spoje dosáhneme jeli tloušťka pájky mezi plechy 0,1 mm.

### Postup při pájení na měkko:

- Očistíme spojované plochy součástí:
  - Mechanicky – ocelovým kártáčem
  - Chemicky – odmaštěním a mořením
- Potřeme pájená místa tavidlem – pájecí vodou
- Součásti ustavíme do požadované polohy
- Očistíme ocelovým kartáčem ( případně pilníkem) hrot pájedla
- Očištěný hrot otřeme v salmiaku
- Pájedlo rozežijeme, nabere na něj pájku a přiložíme na pájené místo
- Pájené součásti se rozežijí a pájka zateče do spáry mezi součástmi
- Po zchladnutí spoje vyzkoušíme pevnost a pájené místo omyjeme pod tekoucí vodou, čímž odstraníme zbytky tavidla

### 5.7 Pájení na tvrdo

Pomocí tvrdého pájení spojujeme součásti:

- Ocelové – jako u měkkého pájení s výhodou větší pevnosti spoje
- Litinové – opravy prasklin
- Z neželezných kovů
- Ze slinutých karbidů – destičky soustružnických nožů

Pájené spoje mají pevnost v tahu až 400 MPa a ve střihu až 300 MPa.

### Postup pájení na tvrdo:

- Úprava stykových ploch je stejná jako u měkkého pájení pouze tavidla jsou jiná ( borax)
- K ohřevu se používá kyslíko-acetylenový plamen – **měkký**
- Materiál nahřejeme do červena a přiložíme pájku ( mosazný drát namočený do boraxu) která zateče do spáry mezi součástmi.
- Pájený spoj necháme zchladnout a očistíme ho ocelovým kartáčem od zbytků tavidla.

### 5.8 BOZP při pájení

Čím může vzniknout úraz při pájení:

- Popálením – rozežít pájedla a kyslíko-acetylenový plamen
- Zasažením elektrickým proudem – elektrická pájedla
- Poleptáním kyselinou - příprava pájecí vody a práce s ní
- Vdechnutím výparů z kyseliny - příprava pájecí vody a práce s ní



- 1) Jaký je princip pájeného spoje ( jak vznikne samotné spojení dvou pájených součástí)?
- 2) Jaké mohou být konstrukční úpravy pájených spojů?
- 3) Co je a k čemu slouží:  
Pájka.....  
Pájedlo.....  
Tavidlo.....
- 4) Napiš postup práce při pájení na měkko  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....
- 5) K čemu slouží pájecí voda a jak se připravuje?
- 6) Vysvětli hlavní rozdíly mezi pájením na měkko a na tvrdo
- 7) Jaké pájky a tavidla používáme při pájení na měkko?
- 8) Jaké pájky a tavidla používáme při pájení na tvrdo?
- 9) Jaké jsou rizika úrazů při pájení?



## 6 Použitá literatura

- 1) HLUCHÝ, M. a kol. *Strojírenská technologie*. vyd.Praha: SNTL, 1975. L 13-C2-II-84/25550
- 2) HLUCHÝ M., KOLOUCH J., PAŇÁK R. *Strojírenská technologie 2, první díl*. Vyd.Praha:Scientia, 2001. ISBN 80-7183-244-8
- 3) HRDLIČKOVÁ D. *Strojírenská technologie III*, Vyd.Praha:SNTL, 1982
- 4) Ing. MALINA Z. *Základní kurz svařování MIG/MAG*, Vyd. Ostrava:ZEROSS, 2000
- 5) BARTOŠ J. *Základní kurz svařování metodou 111*, Vyd. Ostrava:ZEROSS, 2002
- 6) Ing.MINAŘÍK V, CSc. *Plamenové svařování*, Vyd. Ostrava:ZEROSS, 2001
- 7) <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2006100502>

## 7 Obsah

Rozdělení svařování .....	3
1.1 Obecné principy .....	3
1.2 Metody svařování a příklady jejich použití .....	3
1.3 Typy svařitelnosti.....	5
1.3.1 Základní údaje o svařitelnosti kovů .....	5
1.4 Polohy svařování.....	6
1.5 Řez svarem .....	7
1.6 Označování svarů na výkresech.....	7
1.6.1 Značky svarů.....	7
1.6.2 Doplnkové značky svarů.....	7
1.6.3 Značení svarů na výkresech.....	8
1.7 Vady svarových spojů .....	9
1.7.1 Trhliny .....	10
1.7.2 Dutiny .....	10
1.7.3 Vměstky.....	11
1.7.4 Studené spoje a neprůvary .....	11
1.7.5 Vady tvaru a rozměru .....	12
1.8 Napětí a deformace při svařování .....	12
1.8.1 Druhy deformací podle působení napětí.....	12
1.8.2 Deformace u jednostranného svaru .....	12
1.8.3 Postupy snižující napětí a deformace .....	12
1.8.4 Jak snížit nebo odstranit vnitřní pnutí?.....	13
2 Svařování tavné .....	16
2.1 Svařování plamenem.....	16
2.1.1 Druhy plynů .....	16
2.1.2 Zařízení pro svařování plynem .....	17
2.1.3 Druhy plamenů.....	21
2.1.4 Teploty plamene.....	22
2.1.5 Přídavný materiál .....	22
2.1.6 BOZP při plamenovém svařování.....	22
2.1.7 Základní povinnosti a požadavky platné pro všechny metody .....	23
2.2 Svařování elektrickým obloukem .....	24
2.2.1 Základy elektrotechniky .....	24
2.2.2 Princip svařování elektrodou .....	25
2.2.3 Popis elektrody.....	25
2.2.4 Druhy elektrod .....	25
2.2.5 Funkce obalu elektrod .....	26
2.2.6 Značení elektrod.....	26
2.2.7 Elektrický oblouk a funkce obalu elektrody .....	26
2.2.8 Stroje pro svařování elektrickým obloukem.....	27
2.2.9 BOZP při svařování elektrickým obloukem .....	28
2.3 Svařování v ochranné atmosféře (MIG, MAG).....	29
2.3.1 Vlastnosti plynů .....	30
2.3.2 Zařízení pro svařování MIG/MAG .....	30
2.3.3 Přídavné materiály.....	32
3 Svařování tavné s tlakem .....	35
3.1 Svařování elektrickým odporem(stykové,bodové, švové) .....	35
3.1.1 Princip odporového svařování .....	35
3.1.2 Stykové svařování .....	35

3.1.3	Bodové svařování.....	36
3.1.4	Švové svařování .....	37
3.1.5	Výstupkové (bradavkové) svařování.....	37
4	Další svařovací technologie .....	39
4.1	Aluminotermické .....	39
4.2	Netavící se elektrodou v inertním plynu ( WIG, TIG ).....	39
4.3	Pod tavidlem .....	40
4.4	Elektrostruskové .....	41
4.5	Elektronovým paprskem.....	41
4.6	Ultrazvukem .....	42
4.7	Plazmou .....	42
4.8	Laserem .....	43
5	Pájení.....	45
5.1	Princip pájeného spoje .....	45
5.2	Pájky.....	45
5.3	Pájedla .....	46
5.4	Tavidla.....	47
5.5	Konstrukční úprava pájených spojů.....	48
5.6	Pájení na měkko.....	48
5.7	Pájení na tvrdo .....	49
5.8	BOZP při pájení.....	49
6	Použitá literatura.....	51
7	Obsah .....	52