

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
<b>STT</b>	<b>první</b>	<b>Jindřich RAYNOCH</b>	<b>30.9.2012</b>
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
<b>SVAŘOVÁNÍ</b>			

## Svařování

### Osnova učiva:

- ✚ Úvod
- ✚ Historie svařování
- ✚ Základy svařování
- ✚ Základní pojmy
- ✚ Rozdělení svařování
- ✚ Základní rozdělení svarů
- ✚ Deformace a typy svarů
- ✚ Svařovací metody
- ✚ Metody tavného svařování
- ✚ Metody svařování za působení tepla a tlaku
- ✚ Metody svařování za působení tlaku
- ✚ Nekonvenční metody svařování
- ✚ Svařování plastů
- ✚ Bezpečnost a ochrana zdraví při svařování
- ✚ Závěr

**Svařování** je technologický proces, kterým vytváříme trvalé, nerozebíratelné spojení dvou či více strojních součástí i celých konstrukcí ze součástí jednoduchých tvarů. Tyto součásti jsou většinou z hutních polotovarů (tyče, pásy, plechy, profily) někdy i výkovků a odlitků. Svařováním je možné spojovat kovové i nekovové materiály podobných i různých mechanických a fyzikálně-chemických vlastností.

### Historie sváření

První údaje o svařování jsou známy již ve starověku. Nejranější příklady sváření pocházejí z doby bronzové. Je prokázáno, že již v době železné se Egypťané a sousední národy naučili svařovat železo. S rozvojem kovářství se začínalo vyrábět mnoho předmětů kovářským svařováním, což je způsob sváření, kdy se dva předměty dožhava zahřejí a následně skovají do jednoho celku.

První metody svařování, jak je známe dnes, sahají do 18. století, kdy bylo první železo řezáno a svařováno spalováním acetyleny. S vynálezem elektrického generátoru se objevily metody svařování elektrickým obloukem. V 60. letech byl využit pro svařování laser a v 70. letech pro materiály a konstrukce leteckého a vojenského průmyslu elektronový paprsek. Poslední vyvinutou metodou z 90. let minulého století je třecí svařování promíšením.

### Základy svařování

Svařováním vyrábíme strojní části a polotovary ze součástí jednoduchých tvarů, nejčastěji z hutních normalizovaných polotovarů. Svařováním vznikají trvanlivá nerozebíratelná spojení s velkou pevností a těsností. Materiály vhodné ke svařování musí mít dobrou svařitelnost. Charakteristické pro svar je vznik tavná lázně v místě svaru, která po ztuhnutí součásti spojí nerozebíratelným spojem.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Na vytvoření kvalitního svaru má vliv zejména:

- + Vhodně zvolený materiál polotovarů
- + Volba metody svařování
- + Druh a velikost zvoleného svaru
- + Délka svaru, počet svarů
- + Způsob svařování
- + Vlastnosti elektrod a přídavného materiálu
- + Rychlost chladnutí svaru
- + Atmosféra, ve které svařujeme
- + Tepelné zpracování svarků apod.

### Při vhodně zvoleném způsobu můžeme svařovat např.:

- + Oceli uhlíkové, legované i nerezové
- + Litinu
- + Měď
- + Nikl
- + Titan
- + Hliník
- + Mosaz
- + Bronz
- + Slitiny neželezných kovů
- + Termoplasty

**Výhody svarových spojů jsou** trvanlivost, velká pevnost, těsnost, velká produktivita práce, jednoduchá konstrukce.

**Nevýhodou svarových spojů je** potřeba kvalifikovaných pracovníků, změna struktury a mechanických vlastností svarového spoje, vznik vnitřního pnutí a deformace.

### Základní pojmy svařování

**Svařování** - spojování materiálu v nerozebíratelný celek

**Navarování** - nanášení roztaveného kovu na danou součást pro zvýšení objemu, změnu vlastností, opravu vyloméné či opotřebené části apod.

**Základní materiál** – materiál, který svařujeme nebo na který navařujeme

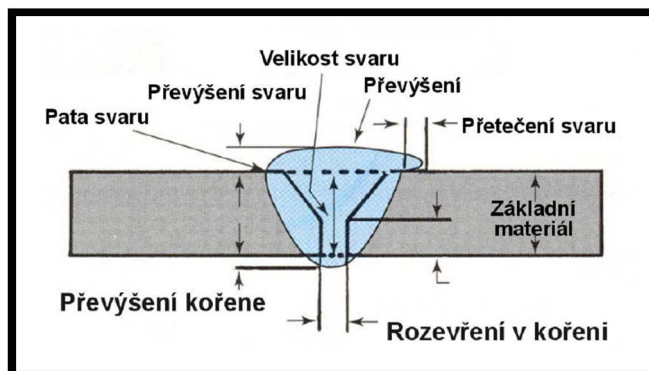
**Přídavný materiál** – materiál, který se přidává do svarové lázně

**Svarek** – montážní jednotka zhotovená svařováním

**Svarový kov** – kov odtavený z přídavného materiálu bez promísení se základním materiálem

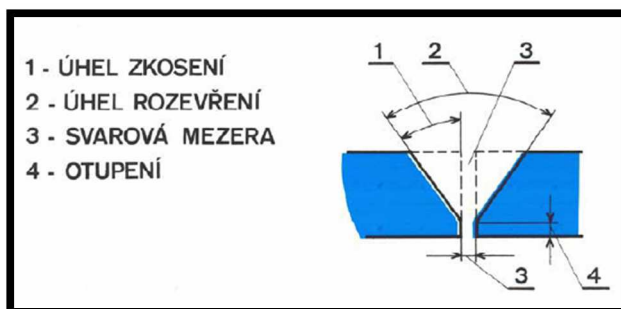
**Svarový kov spoje** – kov odtavený z přídavného materiálu promísený se základním materiálem

### Popis svarového spoje:

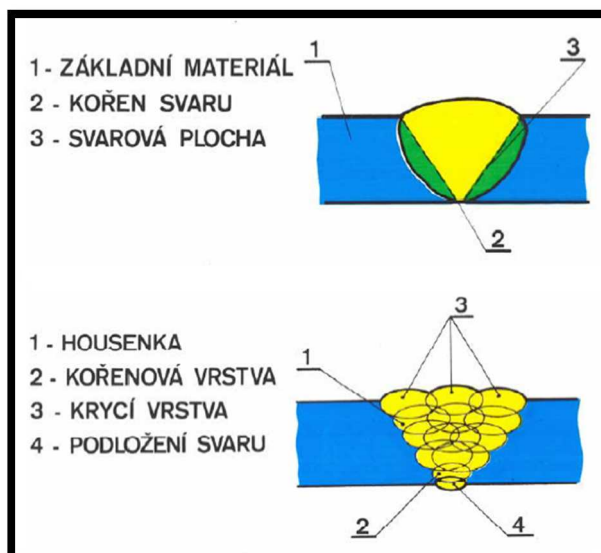


## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Příprava svarových ploch:



### Jednovrstvý a vícevrstvý svarový spoj:



### Deformace a typy svarů

Deformace, které vznikají během svařování, jsou přímým důsledkem smršťování svarového kovu při tuhnutí a chladnutí. Základní materiál brání smršťování svarového kovu a tím vzniká tahové napětí. Vzhledem k tomu, že se svarový kov smršťuje ve všech směrech stejně, vnitřní pnutí působí obdobně.

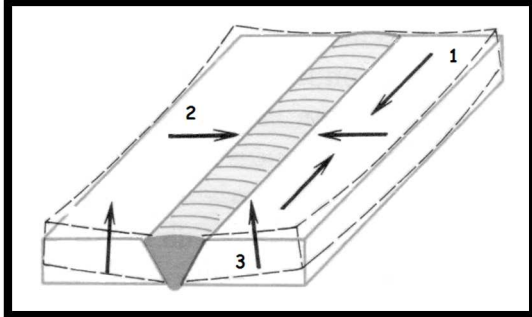
#### Pro praxi mají význam tato pnutí:

- ✚ **podélné pnutí:** vzniká smršťováním délky svaru
- ✚ **příčné pnutí:** vzniká smršťováním šířky svaru
- ✚ **úhlové pnutí:** vzniká proto, že v horní části svaru je více svarového kovu než u jeho kořene a proto tam bude i větší smrštění, které způsobí zkroucení materiálu

Obecně platí, že čím rychleji svarová lázeň chladne, tím větší deformace vznikají a dochází k většímu pnutí.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Pnutí v tupém svaru:



1. Podélné pnutí
2. Příčné pnutí
3. Úhlové pnutí

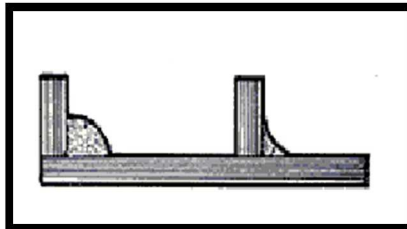
### Základní rozdělení svarů

Svary rozdělujeme na 2 základní typy: **koutové a tupé**

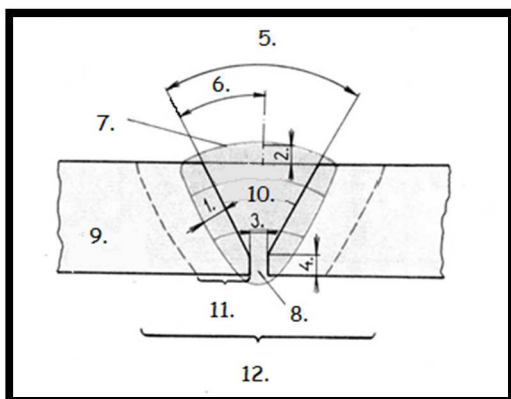
**Svary koutové** se používají tam, kde svařované díly spolu svírají pravý úhel. Jsou jednostranné nebo oboustranné a používají se do tl. 3 mm. Menší tloušťky se svařují způsobem dopředu, větší tloušťky dozadu.

**Tupé svary** – u těchto svarů se musí svařovaný materiál před svařováním vhodně upravit do určitého tvaru. Podle tvaru pak rozlišujeme například svar lemový, svar I, svar V, svar X atd. Přehled těchto svarů najdeme v ČSN nebo Strojnických tabulkách

### Koutový svar vypouklý a vydutý:



### Tupý svar:



1. Hloubka závaru
2. Převýšení svaru
3. Kořenová mezera
4. Výška otupení
5. Úhel rozevření
6. Úhel zkosení
7. Líc svaru
8. Kořen svaru
9. Základní materiál
10. Svarová plocha
11. Tepelně ovlivněná oblast
12. Svarový nerozebíratelný spoj

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Krom těchto základních typů svarů můžeme použít při konstrukci či výrobě montážních svarových celků i svary lemové, švové, bodové, děrové, oblé aj.

### Tabulka označení a značky svarů na výkresech:

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

### Svařovací metody

U všech svařovacích metod je účelem spojit materiály kompaktním spojem působením dodávané energie, která překoná daný termodynamický stav látky. Dodávanou energií může být teplo (elektrický oblouk, plamen, plasma), plastická deformace (tření, výbuch, kovářská činnost) nebo radiace (elektronové nebo iontové záření). Při samotném svařování dochází k interakci mnoha vlivů, např. difúze, deformace, rekrytalizace, precipitace, rozpouštění a vznik nových fází, atd., jejichž existence a vývoj závisí na dané použité metodě. Po ukončení procesu svařování vzniká takový spoj, který nelze, za předpokladu kvalitně provedeného svaru, nedestruktivně rozebrat.

Při svařování dochází ke změnám vlastností základního materiálu v okolí spoje. Abychom vytvořili kvalitní svarový spoj, je nutné vytvořit takové podmínky, při kterých je umožněn vznik nových meziatomárních vazeb. Za normálních podmínek jsou spojované materiály ve stabilním termodynamickém stavu. Abychom dosáhli jejich spojení, je třeba tento stav změnit a to zpravidla změnou tlaku a teploty. Obecně platí závislost, že čím vyšší tlak působí, tím menší teplo je potřebné a obráceně.

#### Podle toho je svařování možné rozdělit na:

- svařování za působení tlaku - tlakové
- svařování za působení tepla - tavné
- svařování za působení tepla a tlaku zároveň

Pro různé typy spojů a různé materiály jsou vhodné různé metody svařování.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Schéma rozdělení svařování:



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Metody tavného svařování

Při tavném svařování se přivádí do místa svaru energie pouze ve formě tepla a ke spojení materiálů dochází jejich roztavením ve svarové lázni. Roztavený kov však reaguje s okolní atmosférou, zejména kyslíkem a dusíkem nebo může být na svarové ploše znečištěn. Pro ochranu před vlivem prvků v atmosféře se používají způsoby zabraňující nežádoucí reakci se svarovou lázní. Jako ochrana se používá ochrana záměrně dodávaným plynem, plynem vytvořeným během svařování nebo tavidlem, které omezuje přístup vzduchu ke svarové lázni. Nečistoty ve svarové lázni se vyplaví struskou, která vzniká reakcí záměrně dodávaných tavidel a nežádoucích prvků.

Mezi základní metody tavného svařování patří:

- ✚ Svařování plamenem
- ✚ Svařování elektrickým obloukem
- ✚ Svařování pod tavidlem
- ✚ Svařování elektronovým paprskem
- ✚ Svařování laserem
- ✚ Svařování plazmou

### Svařování plamenem

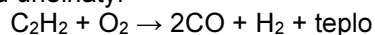
Tato metoda tavného svařování využívá pro natavení svarových ploch a roztavení přídavného materiálu teplo dodávané spalováním směsi hořlavého plynu a kyslíku nebo vzduchu.

Jako směs plynů používáme nejčastěji směs:

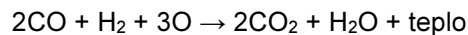
- ✚ acetylenu a kyslíku
- ✚ kyslíku a vodíku
- ✚ kyslíku + propanu

### Svařování kyslíkoacetylenovým plamenem

Při hoření kyslíko-acetylenového plamene dochází k chemické reakci acetylenu  $C_2H_2$  s kyslíkem  $O_2$  za vzniku tepla. V první fázi dochází k nedokonalému spalování, při kterém se acetylen rozkládá na vodík a uhlík, který se spaluje na oxid uhelnatý:

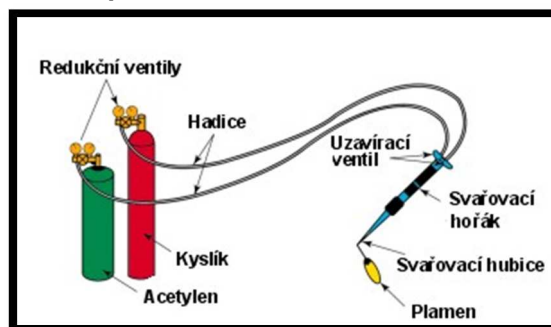


Ve druhé fázi si plamen k reakci přibírá kyslík z okolní atmosféry a dochází ke spalování oxidu uhelnatého na oxid uhličitý:



Tato směs ve správném poměru umožňuje dosáhnout teploty plamene až okolo 3200°C.

Svařovací souprava pro svařování plamenem:



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Druhy kyslíko-acetylenového plamene** můžeme rozlišit podle různých hledisek:

### ✚ Podle poměru mísení plynů:

**Neutrální plamen** má poměr mísení plynů  $O_2:C_2H_2$  1-1,2 : 1. Plamen má svařovací ostře ohraničený kužel a používá se pro běžné svařování.

**Redukční plamen** s přebytkem acetylénu má svařovací kužel zakrytý bílým závojem, jeho délka závisí na přebytku acetylénu. Plamen má schopnost nauhličovat svarový kov. Vzniklý svar je křehký, tvrdý a pórovitý. Používá se pro navařování tvrdými kovy, k cementování nebo svařování hořčíkových slitin.

**Oxidační plamen** s přebytkem kyslíku má svařovací kužel kratší a zbarvený do modrofialova. Používá se např. při svařování mosazi a některých bronzů.

### ✚ Podle výstupní rychlosti

**Měkký plamen** s výstupní rychlostí 70-100 m/s se používá se minimálně. Je nestabilní a náchylný ke zpětnému šlehnutí.

**Střední plamen** s výstupní rychlostí 100-120 m/s je stabilní, zaručuje dobrou jakost svaru a má dostatečný výkon.

**Ostrý plamen** s výstupní rychlostí větší než 120 m/s má sice vyšší výkon při svařování, ale svar má menší jakost a zvětšuje se tepelně ovlivněná oblast svaru.

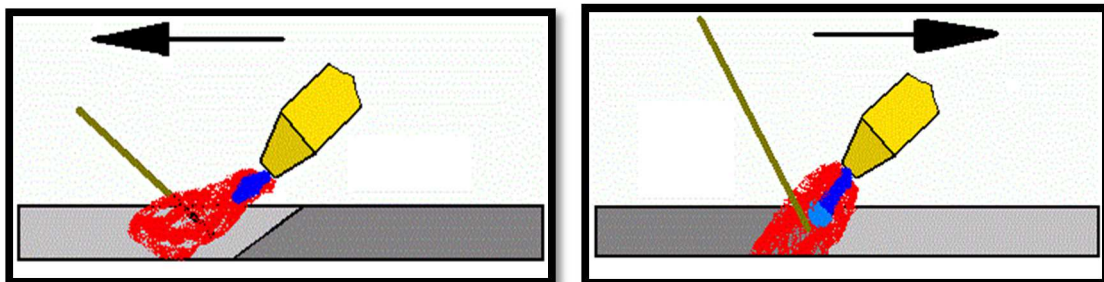
**Při svařování plamenem postupujeme buď:**

- ✚ technikou vpřed (vlevo)
- ✚ technikou vzad (vpravo)

Při **svařování vpřed** vedeme svařovací drát před hořákem ve směru svařování. Způsob je méně náročný na provádění, má ale nevýhodu v riziku rychlého chladnutí svaru a jeho zkřehnutí, nedokonalého provaření kořene svaru, vzniku vnitřního napětí a malé pevnosti svaru. Používá se pro svařování tenkých plechy do tloušťky 4 mm.

Při **svařování vzad** postupuje svařovací drát za hořákem, kdy plamen nahřívá tavnou lázeň i chladnou svar. Tím dochází k ochraně tavné lázně i tuhajícího svaru před nepříznivými účinky okolní atmosféry. Vznikají kvalitnější svary s menším vnitřním pnutím a deformacemi, je zaručeno provaření kořene. Tento způsob je předepsaný pro namáhané svary nejrůznějších konstrukcí.

**Levosměrné a pravosměrné svařování:**



Svařovací dráty používané jako přídavný materiál by měly být stejného nebo podobného chemického složení jako svařovaný základní materiál. Jejich průměr pak odpovídat tloušťce svařovaného základního materiálu.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ






### **Svařování propanem, butanem, metanem nebo vodíkovým plamenem**

Jako hořlavý plyn lze využít i vodík nebo propan, ale teplota plamene je nižší (maximálně 2500°C). To stačí ke svařování kovů s nižší teplotou tavení, jako je hliník, měď, hořčík nebo olovo, tepelné zpracování svařenců a pro čištění povrchů plamenem, k pájení apod.

### **Svařování elektrickým obloukem**

Svařování elektrickým obloukem je nejpoužívanější způsob tavného svařování. Zdrojem tepla je elektrický oblouk, který vzniká mezi elektrodou a svařovaným materiálem. Zdrojem proudu jsou svařovací agregáty a transformátory. Při svařování elektrickým obloukem používáme elektrody tavné i netavné.

#### **Mezi metody obloukového svařování patří např.:**






-  svařování obalenou elektrodou
-  svařování v ochranné atmosféře MIG, MAG, WIG.
-  svařovací metoda FLUX
-  svařování pod tavidlem
-  elektrostruskové svařování

#### **Obloukové svařování obalenou elektrodou, svařování MMA (Metal Manual Arc):**

Metoda ručního svařování elektrickým obloukem s použitím obalených svařovacích elektrod patří mezi nejstarší technologie svařování. Zdrojem pro sváření může být napětí AC – střídavé (trafosvářečky) nebo DC – stejnosměrné (invertory). Elektroda se připojuje ke kladnému (+) pólu zdroje. Zemnicí svorka se připojuje k zápornému (-) pólu zdroje. V okamžiku zážehu oblouku mezi elektrodou a svařovaným materiálem vzniká vysoká teplota, která roztavuje jak materiál elektrody, tak i základní materiál.

Obalená elektroda je složena z jádra a obalového materiálu. Jádro elektrody tvoří přídavný materiál svaru, obalový materiál elektrody zabezpečuje ochranu svarové lázně a vytváří ochrannou atmosféru a strusku, která chrání svar při procesu chladnutí. Po zchladnutí je doporučeno strusku odstranit.

#### **Úkoly elektrodového obalu a jeho složení:**

-  **Vytvoření ochranného plynového zvonu**  
ochranný plynový zvon se tvoří spalováním složek jako dřevěné uhlí, papírová vlákna, celulóza a dřevitá moučka (se vzdušným kyslíkem tvoří CO<sub>2</sub>), karbonát vápno, dolomit či magnezit uvolňují působením teploty oblouku rovněž CO<sub>2</sub>.
-  **Tvorba strusky**  
Struska vzniká ze složek jako železná ruda, manganová ruda, křemen (SiO<sub>2</sub>), rutil (TiO<sub>2</sub>), vápno, dolomit.
-  **Stabilizace oblouku**
-  **Ionizace vzduchové dráhy**  
Ionizaci zvyšuje vodivost dráhy oblouku. Tu obstarávají složky jako draslík, sodík, lithium a sloučeniny vápníku
-  **Pomalé ochlazování svaru**

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Použití metody MMA:

Ruční svařování se využívá zejména pro svařování ocelových konstrukcí, tlakových nádob nebo v lodním průmyslu. Metoda je použitelná na svařování běžných uhlíkových ocelí, nerezových ocelí, litiny, hliníku a jeho slitin, niklu a niklových slitin a mědi. V současné době je její nasazení omežováno z důvodu nízké výkonnosti a nutnosti velmi dobré manuální zručnosti svářeče.

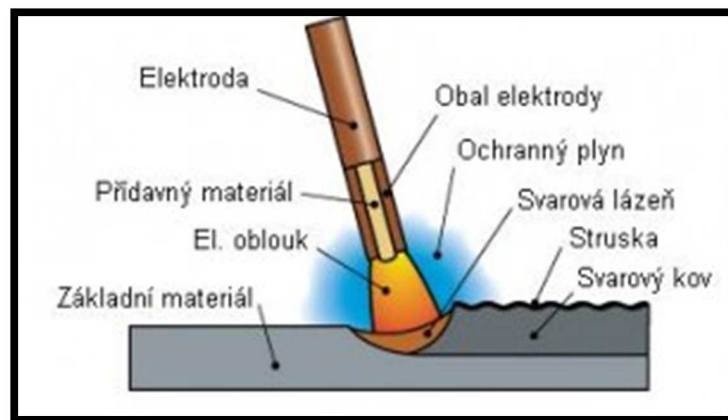
### Výhody metody MMA:

- + zařízení pro MMA je relativně jednoduché a přenosné
- + metoda nevyžaduje zařízení pro přívod ochranného plynu
- + svařovat je možné i za zhoršených povětrnostních podmínek, kdy hrozí odfouknutí plynu
- + použitelnost pro různé druhy materiálů (uhlíková ocel, slitiny, nerez, litina, hliník apod.)
- + možnost svařování v polohách

### Nevýhody metody MMA:

- + nutnost odstranění strusky z povrchu materiálu
- + nízká produktivita
- + nutnost často vyměňovat elektrody
- + metoda není vhodná na povrchově upravené materiály jako Ti, Zn

### Svařování obalenou elektrodou:



### Obloukové svařování v ochranné atmosféře

Metody obloukového svařování v atmosféře ochranného plynu se využívají pro jejich výhody, jako jsou:

- + možnost mechanizovaného i automatizovaného svařování
- + vysoká kvalita svarů
- + výborná kontrola nad svarovou lázní
- + lze svařovat zcela bez přídavného materiálu nebo naopak využít vysoké odtavení
- + vysoká teplota oblouku s možností regulace přísunu tepla do svaru
- + výborná ochrana svarové lázně před škodlivými účinky vzduchu
- + úzké teplotní pole a menší tepelné ovlivnění základního materiálu a deformace svaru
- + je možné dosáhnout velké hloubky závaru
- + možnost svařování velice tenkých materiálů aj.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Podle použité elektrody a ochranné atmosféry rozlišujeme tyto metody:

- ✚ Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu
- ✚ Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře

### ***Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu.***

Tato metoda známá jako **WIG (Wolfram Inert Gas)** nebo **TIG (Tungsten Inert Gas)** využívá teplo uvolňované ze zapáleného elektrického oblouku, který hoří mezi netavící se wolframovou elektrodou a svařovaným dílem. Wolframová elektroda je upevněna ve svařovací pistoli vhodná pro přenos potřebného svařovacího proudu. Keramické hubice chrání samotnou elektrodu a svařovací lázeň před atmosférickou oxidací prostřednictvím proudu inertního plynu proudícího z hubice.

### **Jako ochranný plyn se nejčastěji používá:**

- ✚ argon (Ar 99,5%)
- ✚ hélium He, ve směsích pak
- ✚ argon+hélium v poměrech 30% Ar + 70% He, 50% Ar + 50% He nebo 70% Ar + 30% He
- ✚ argon + vodík Ar + 5-10% H
- ✚ argon + dusík.

Svařovat je možné jen natavením okrajů svařenců nebo můžeme použít ruční přidávání svařovacího materiálu. Při svařování nerezových plechů lze použít jako přídatný materiál i odstřížek plechu, vzniklý svar má poté identické chemické složení materiálu.

Metoda se nejčastěji využívá při ručním svařování a její technika je podobná jako u svařování plamenem. Lze ji však použít i pro automatizované svařování svařovacím robotem či jinou mechanizací, kdy se používají jako přídatné materiály svařovací dráty.

V závislosti na druhu svařovaného materiálu se pro svařování používá střídavý i stejnosměrný proud, případně usměrněný pulsní proud.

### **Svařování stejnosměrným proudem TIG DC:**

Druh svařování vhodný pro čisté svařování všech druhů uhlíkové oceli s nízkým a vysokým obsahem slitin a ocelí s obsahem mědi, niklu, titanu a jejich slitin. Pro svařování TIG DC je elektroda připojena na záporný pól, dochází k velkému průvaru svaru.

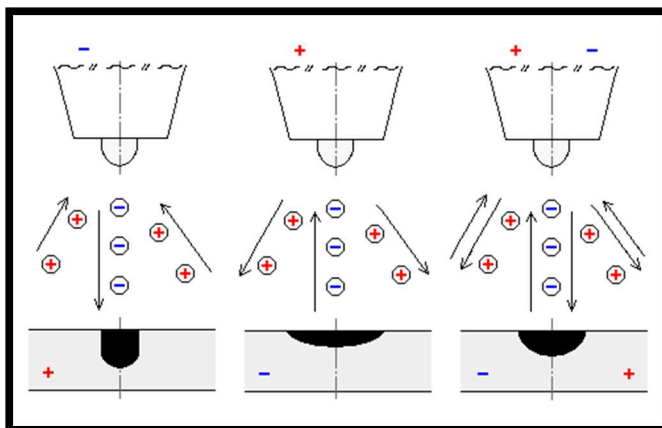
### **Svařování střídavým proudem TIG AC**

Používá se pro svařování kovů jako je hliník a hořčík, které vytvářejí při sváření na tavenině ochranný izolační oxid s teplotou tavení nad 2000°C. Změnou polarity svařovacího proudu je možné povrchovou vrstvu oxidu rozbít, efekt má čistící účinek. Napětí na wolframové elektrodě je střídavě kladné (EP) a záporné (EN). Polarita se mění asi 300x za sekundu.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

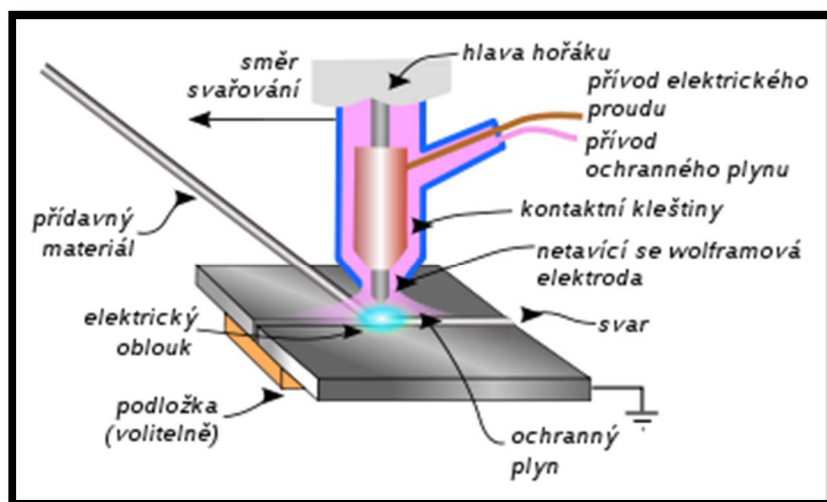
### Velikost závaru při různém zapojení stejnosměrného proudu a závar při proudu střídavém:



### Svařování impulsním proudem:

Tato technika svařování umožňuje snižovat objem vneseného tepla do svaru. Stejnoseměrný nebo usměrněný proud má v základním režimu nízké hodnoty postačující na udržení stabilního oblouku. V určitých intervalech se hodnoty svařovacího proudu zvyšují, kdy svařovací proud může mít v čase sinusový, obdélníkový nebo lichoběžníkový průběh. Impulsní svařování je velmi výhodné při svařování materiálů citlivých na přehřátí např. mědi, pro velmi tenké plechy nebo titanové slitiny.

### Svařování wolframovou elektrodou:



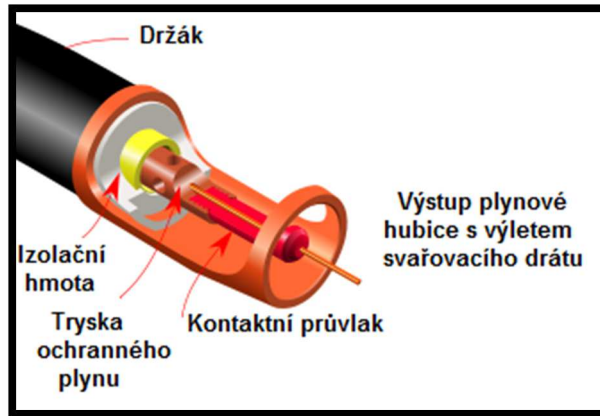
### Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu.

Tato metoda je známá jako **MIG (Metal Inert Gas)**. Oblouk zde hoří mezi kovovou elektrodou, která zároveň slouží jako přidavný materiál a základním materiálem svarové lázně. Přidavný materiál je plynule dodáván do místa svaru podávacím zařízením. Taví se elektrickým obloukem a tavná lázeň je chráněna před atmosférickou oxidací inertním plynem (Ar, Ar+He).

Metoda neklade vysoké nároky na zručnost svářeče a lze ji snadno mechanizovat a robotizovat. Při automatickém podávání svařovacího drátu lze dosáhnout značný výkon odtavování.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Schéma svařovacího hořáku:



### ***Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu.***

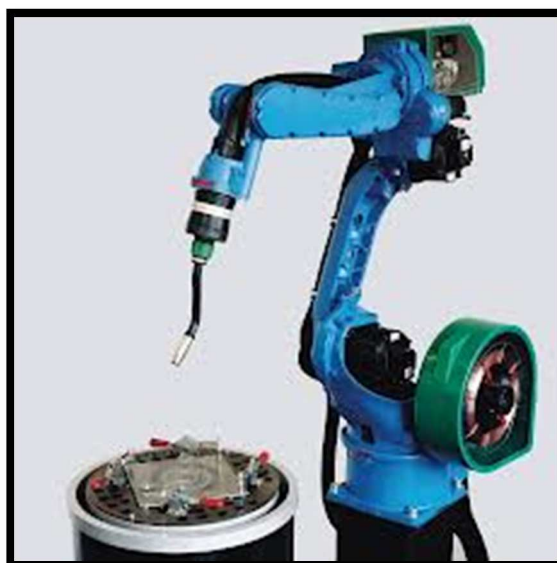
Při metodě **MAG (Metal Active Gas)** je tavná lázeň chráněna před atmosférickou oxidací aktivním plynem.

#### **Jako aktivní plyn se používá nejčastěji:**

- ✚ oxid uhličitý  $\text{CO}_2$
- ✚ oxid uhličitý ve směsi s argonem  $\text{Ar}+\text{CO}_2$
- ✚ argon ve směsi s kyslíkem  $\text{Ar}+\text{O}_2$

Obě tyto metody se používají pro svařování široké palety základních materiálů, např. ocelí uhlíkových, vysokolegovaných ocelí korozivzdorných, slitin hliníku, hořčíku, titanu, mědi, niklu a dalších.

### **Svařovací robot MIG-MAG:**



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Obloukové svařování v ochranné atmosféře tavící se trubičkovou elektrodou**

Moderní svařovací metoda nazývaná **FLUX** nebo též **MOG** je podobná metodě MIG-MAG, kde ochranu inertním plynem nahrazuje materiál odpařený tavením plněného svářecího drátu. Svářecí drát nazývaný trubičkový, dutinkový či plněný je svinutý pásek naplněný rutilovou nebo bazickou náplní s příměsemi. U metody FLUX odpadá nutnost použít dodatečné plynové zařízení při zachování výhod svařování MIG-MAG. Jelikož tavenina vzniká odtavováním drátu po jeho kruhovém obvodu a je rozstříkována jemnými kapičkami do lázně, je svár proti klasické metodě MIG-MAG úhlednější, zaoblený a homogenní.

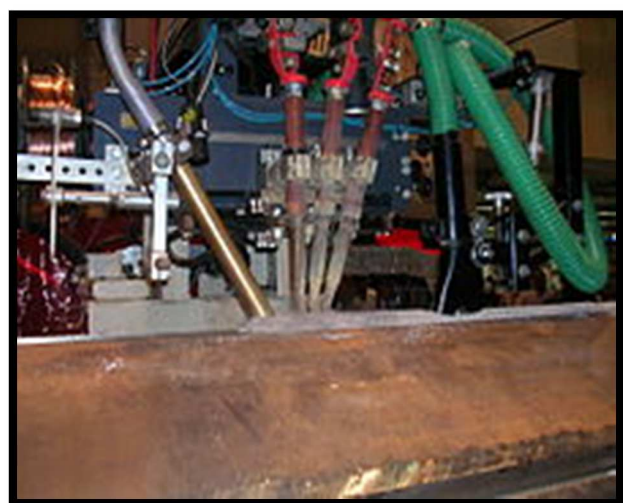
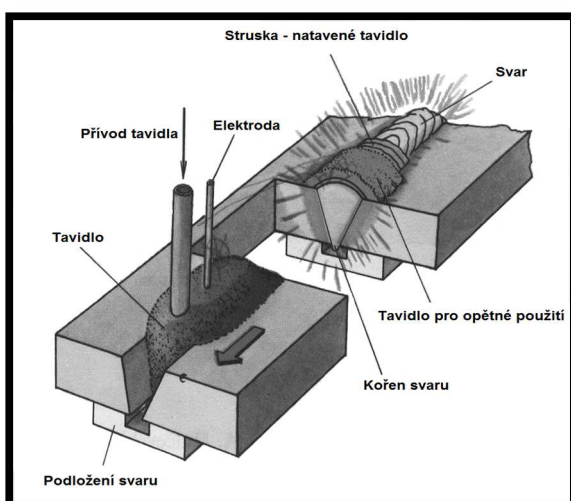
### **Svařování pod tavidlem**

Metoda automatického svařování pod tavidlem (APT) dosahuje vysokého výkonu odtavení při svařování velmi dlouhých svarů při stavbě lodí, mostů, trub a tlakových nádob z plechů větších tloušťek. Je to plně automatizovaná metoda obloukového svařování.

Podstatou metody svařování pod tavidlem je použití holé elektrody, která je podávána do místa svaru automaticky ze zásobníku. Elektroda se odtavuje vlivem tepla elektrického oblouku pod vrstvou anorganického tavidla, které se sype před elektrodou ze sypače. Jeho úkolem je chránit oblouk a tavnou lázeň před škodlivými účinky vzduchu, soustřeďuje a usměrňuje elektrický oblouk, chrání tavnou lázeň před vyzařováním tepla a svářeče před zářením elektrického oblouku. Neroztavené tavidlo je odsáváno sběračem a opětovně se použije. Nečistoty a roztavená struska vyplave z tavné lázně a ztuhne na povrchu svaru.

Tyto svary vyhovují nejvyšším požadavkům, a proto se používají pro svařování důležitých konstrukcí. Je to nejvýkonnější a nejekonomičtější způsob tavného svařování do tloušťky asi 40 mm, pro svařování nízkolegovaných konstrukčních ocelí tupými nebo koutovými svary.

### **Svařování pod tavidlem – schéma a praktická ukázka:**



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Metody svařování za působení tepla a tlaku**

U způsobů svařování působením tepla a tlaku dojde nejprve k natavení stykových ploch a po té k vyvození potřebného tlaku, kterým nastane svaření součástí.

#### **Mezi metody svařování za působení tepla a tlaku patří:**

- ✚ Svařování elektrickým odporem
- ✚ Indukční svařování
- ✚ Svařování třením

#### **Svařování elektrickým odporem**

Svařování elektrickým odporem je metoda vhodná pro plně automatický provoz. Svařovaným materiálem protéká proud, který v místě spoje přechodovým odporem zahřívá svařovaný materiál na teplotu svařování. Množství tepla závisí na elektrickém odporu v místě svaru. Dosedací tlak elektrod po té součásti svaří. Při odporovém svařování se kovy spojují bez přídavného materiálu.

Zařízení pro odporové svařování zahrnuje všechny typy, od malých ručně ovládaných bodových svářeček až po celé automatické řetězové linky, které se používají např. v automobilovém průmyslu pro rychlé a efektivní svařování tenkých materiálů.

#### **Mezi metody odporového svařování řadíme:**

- ✚ svařování bodové
- ✚ stykové odporové svařování
- ✚ svařování švové
- ✚ svařování výstupkové
- ✚ svařování natupo odtavením

#### **Bodové odporové svařování**

Bodové svařování je nejznámějším druhem odporového svařování. Používá se pro spojování přeplátovaných plechů, tloušťky běžně do cca 2,5–3 mm, i když bodově svařovat lze i tloušťky větší. Spoj je tvořen jedním nebo několika bodovými svary. Pro svařování se používají válcové duté elektrody, obvykle s vyměnitelnou čepičkou. Ty se vyrábějí nejčastěji měděné, ale elektrody mohou být např. ze slitin kobaltu a kadmia, mědi a stříbra a kadmia, mědi a niklu a křemíku, a dalších.

#### **Elektrody pro bodové svařování:**



Elektrody nejprve materiál stlačí, pak dojde k sepnutí zdroje spínačem na dobu svařování. Svařovanými materiály začne procházet vysoký elektrický proud, který v místě jejich styku vlivem přechodového odporu materiály nataví. V místě styku materiálů se tak vytvoří bodový svar.

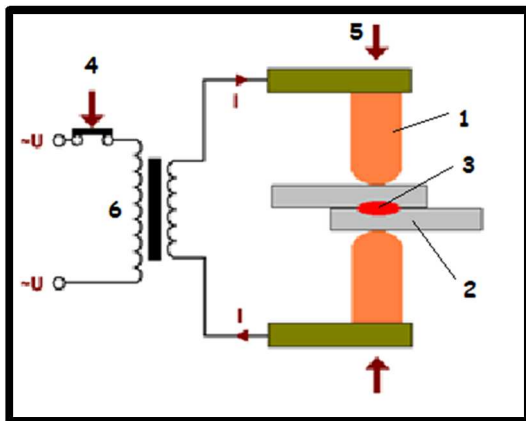
#### **Potřebné množství tepla do svaru můžeme dodat buď:**

- ✚ Tvrdým režimem - velkým proudem a krátkým časem, nebo
- ✚ Měkkým režimem - nižším svařovacím proudem dodaným v delším čase

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Bodové svařování je nejpoužívanější spojovací technologie v automobilové výrobě. Svařuje se pomocí robotů a ve tvrdém režimu. Kromě výroby automobilů a jiných dopravních prostředků jako vagónů či letadel se bodové svařování používá např. při výrobě domácích spotřebičů, vzduchotechniky, ve výrobě plechových krytů strojních zařízení apod. Kromě plechů se bodují také dráty a tyče při výrobě tzv. drátěných programů v nábytkářském průmyslu, police, apod.

### Princip bodového svařování:

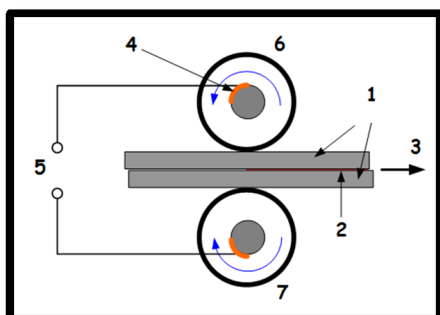


1. Měděná elektroda
2. Svařovaný materiál
3. Bodový svar
4. Spínač
5. Přítlačná síla
6. Svařovací transformátor

### Švové svařování

Při švovém odporovém svařování se spojují plechy dlouhým svarem za pohybu otáčejících se kotoučových elektrod. Tím vzniká nepropustný spoj po celé délce svaru. Svařovaným materiálem protéká proud, který v místě spoje přechodovým odporem zahřívá svařovaný materiál na teplotu svařování. Dosedací tlak elektrod po té součásti svaří.

### Princip svařování kotoučovými elektrodami:



1. Svařovaný materiál
2. Svar
3. Směr svařování
4. Elektrický kontakt
5. Zdroj stejnosměrného napětí
6. Horní kotoučová elektroda
7. Spodní kotoučová elektroda

### Stykové svařování

Stykové odporové svařování se používá pro svařování dílců v celé styčné ploše.

### Rozeznáváme dva způsoby stykového svařování:

- Stlačovací stykové svařování
- Odtavovací stykové svařování

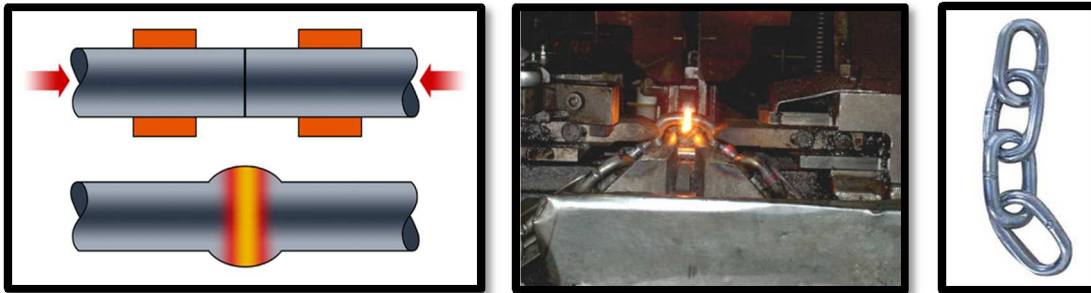


## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### ***Stlačovací stykové svařování***

Při stlačovacím stykovém svařování se nejprve dílce stlačí k sobě a poté se zapne proud. Takto se svařují dráty do průměru 10 mm, menší článkové řetězy apod.

**Princip stlačovacího stykového svařování a ukázka výroby řetězu:**



### ***Odtavovací stykové svařování***

K sepnutí elektrického proudu dochází ještě před stlačení dílců, vznikem oblouku dochází k odtavení stykových ploch a následnému stlačení. Svařované díly se mohou před spojením predehřát, např. indukčně nebo obloukem opakovaným přiblížením a oddálením.

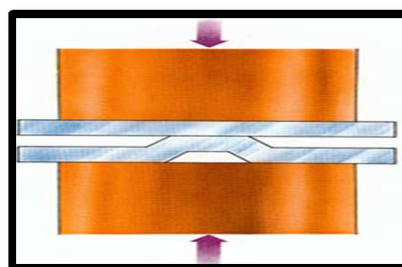
**Styková svářečka pilových listů s ukázkou svaru:**



### ***Výstupkové svařování***

Při výstupkovém odporovém svařování vzniká svar na speciálně připravených místech na svarovém kusu. Tato kontaktní místa jsou tvořena kruhovými nebo prodlouženými výstupky. Svařování může probíhat v několika kontaktních místech najednou. Délka elektrody musí být taková, aby pokryla všechny svary, které budou svařovány během jedné operace.

**Princip výstupkového odporového svařování:**

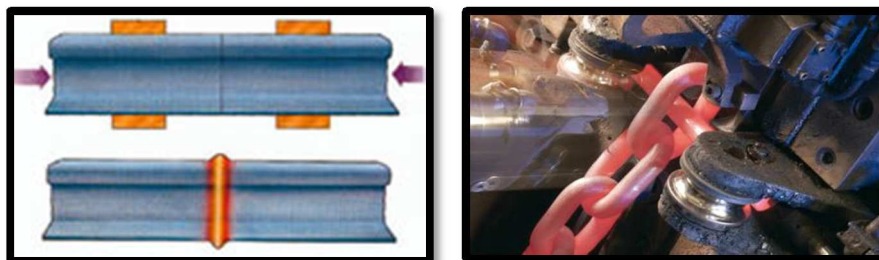


## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Odporové svařování natupo**

U odporového svařování natupo se provede přehřátí spojovaných dílů při nižším svařovacím tlaku. Jakmile je svarový spoj zahřátý, dochází ke stlačení a vytvoření svarového spoje s otřepem. Po té se otřep odstraní. Svařování natupo se používá u odporového svařování drátů, řetězů, kolejnice, potrubí.

#### **Ukázky svařování natupo - kolejnice a hrubý článkový řetěz:**



### **Odporové svařování natupo stlačením**

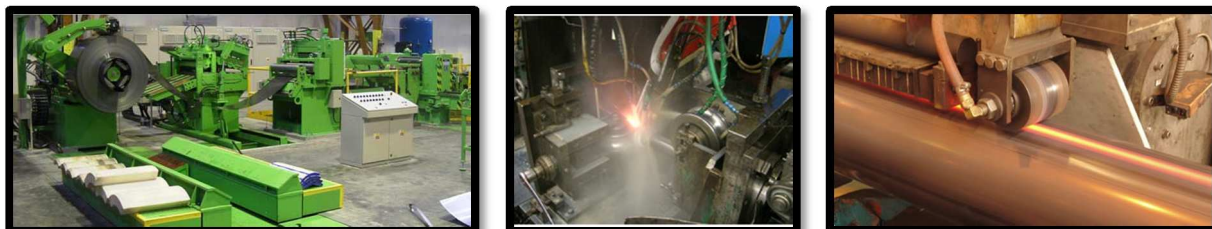
Metoda svařování drátů, při které se konce svařovaných drátů k sobě přitlačí a do obou konců drátů se přivede svařovací proud. Průchodem proudu se čelní plochy zahřívají a vytvoří se svarový spoj.

### **Indukční svařování**

Indukční svařování využívá tepelného účinku indukovaného střídavého proudu. Indukční cívka – induktor - provede místní ohřev materiálu na teplotu svařování, asi 150 °C pod teplotu tavení. Cívka má tvar profilu svařovaných součástí a těsně jej obepíná. Tlakové zařízení následně vyvede potřebný tlak pomocí tlačného zařízení a svar se dokončí. Výhodou této metody je velká rychlost svařování a velmi úzká tepelně ovlivněná oblast. Používá se zejména v automatizované výrobě trubek a profilů.

Pro výrobu uzavřených profilů se používají válcovací linky. Vstupním materiálem je ocelový pásek o šíři odpovídající obvodu budoucího profilu, navinutý do svitku. V první, formovací části linky se pásek stočí do trubky a vzniklý šev je zavařen vodou chlazenou, jedno až tři závitovou pracovní cívkou. Svařená trubka dále prochází druhou, kalibrační částí válcovací linky, kde dalším tvářením vznikne vyráběný profil. Induktor je napájen velkým proudem 0,5 až 10kA o vysokém kmitočtu 200 až 400kHz z vysokofrekvenčního generátoru.

#### **Ukázka výroby trub – svitek, svařování a kalibrace:**



### **Svařování třením FSW (Friction Stir Welding)**

Princip metody u svařování třením spočívá v přímé přeměně mechanické energie v energii tepelnou. Svařovat můžeme buď přímo rotačním třením dvou materiálů o sebe, nebo lze použít rotační nástroj odolný proti tření.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

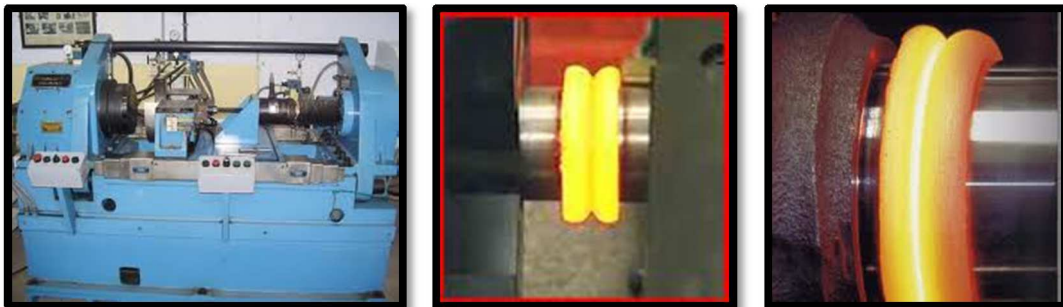
**Svařování třením rotačních součástí**, kdy je mechanická energie přeměněna na tepelnou, se rotující součásti nejprve o sebe třou, čímž vzniká teplo potřebné pro svaření. Po dosažení teploty svařování se rotace zastaví a obě součásti se spojí pýchovacím tlakem.

Svařovaná součást se otáčí rychlostí 2 až 4 m.s<sup>-1</sup> a současně působí tlak 30 až 80 MPa. Ke svaření dojde po zastavení stroje vyvozením pýchovacího tlaku 80 až 100 MPa.

### Metodou lze svařovat:

- ✚ Konstrukční legované a nelegované oceli
- ✚ Neželezné kovy jako měď či mosaz

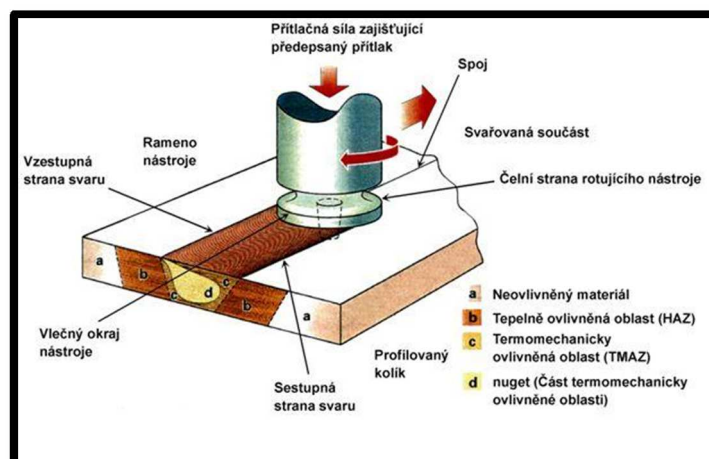
### Stroj na svařování třením, ukázka svarů:



### Frikční svařování promíšením

Metoda třecího svařování s promíšením (FSW – Friction Stir Welding) patří v současné době mezi nejperspektivnější a nejrychleji se rozvíjející svařovací technologie. Při svařování se rotační nástroj s profilovanou sondou otáčí a pomalu ponořuje do místa spoje. Třecí teplo vzniklé těsným kontaktem rotujícího nástroje a svařence způsobuje změknutí, aniž by materiál dosáhl bodu tavení. Po dosažení potřebné teploty se nástroj postupně pohybuje podél spoje a vytváří svar. Během svařovacího procesu dochází k mechanickému překovávání a promísení materiálů dvou spojovaných částí. Metoda se vyznačuje vysokou produktivitou, kvalitou spoje a je energeticky účinná.

Svařování třením se používá pro spojování hliníkových plechů a desek o tloušťce 1,6 až 30 mm při plném průniku a bez pórů a vnitřních dutin. Svařuje se bez přídavného materiálu nebo ochranného plynu. Svařovat třením lze také olovo, měď, hořčík či slitiny titanu.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Svařování za působení tlaku**

Při této metodě se svařované součásti stlačí obrovským tlakem tak, že dojde k difuznímu spojení atomů v sousedních mřížkách obou součástí. Jednou z používaných metod je metoda svařování tlakem za studena.

**Svařování tlakem za studena** je metoda používaná při výrobě konzerv, nádrží, trubek apod. Svařované plochy zbavené oxidů se stlačí čelistmi, které vyvinou tlak za hranici meze plasticity svařovaného materiálu. Tato metoda je vhodná pro svařování hliníku, niklu, mědi a stříbra.

### **Navařování**

Kromě klasického svařování pro spojování různých dílů a polotovarů roste také počet aplikací pro navařování nových součástí, jejichž výsledkem je povrch odolný proti korozi, otěru, nárazu a opotřebením. Pomocí navařování se ukládá vrstva vhodného materiálu na levnější nebo houževnatější základní kov. Dále lze navařováním opravit opotřebenou část např. lisovací formy, klikové hřídele, zápustky, kolejnic apod. a následně místo obrobit na požadovaný tvar a rozměr.

### **Navařená chrom-niklová slitina na uhlíkovou ocel tř. 11 373:**



### **Nekonvenční metody svařování**

**Nekonvenční metody svařování** jsou charakterizovány využitím různých fyzikálních jevů, které doprovází vznik tepla potřebného k natavení materiálu svaru nebo se jedná o procesy difuzní. Tyto metody využíváme pro svařování špatně či vůbec nesvařitelných materiálů, u kombinací materiálů či pro svary s vysokými nároky na přesnost.

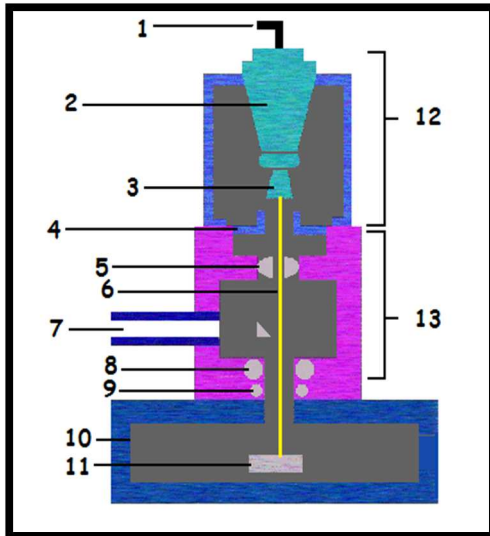
**Mezi nekonvenční metody řadíme např.:**

### **Svařování elektronovým paprskem**

**Svařování elektronovým paprskem** patří mezi zvláštní způsoby tavného svařování. Princip metody spočívá ve využití kinetické energie elektronů emitovaných wolframovou elektrodou umístěnou ve vakuové komoře, které jsou urychlovány a při nárazu se jejich energie přemění na teplo.

Rychlost elektronů může dosáhnout až  $165\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . Svazek paprsků prochází otvorem anody a je zaostřen elektromagnetickými čočkami, které ho soustřeďují do místa svaru. Teplota v místě svařování může dosahovat  $5000 - 6000^\circ\text{C}$  a pohybem svařovaného materiálu se vytvoří potřebný svar. Celé svařovací zařízení je umístěno ve vakuové komoře z korozivzdorné oceli. Velkou výhodou je možnost regulace hloubky svaru.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

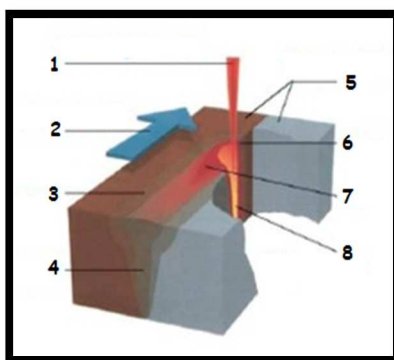


1. Zdroj vysokého napětí
2. Izolátor
3. Wolframová katoda
4. Anoda
5. Odchylovací klapka
6. Elektronový paprsek
7. Optika
8. Magnetická čočka
9. Vychylovací cívka
10. Vakuovaná pracovní komora
11. Svařovaná součást
12. Horní část zařízení
13. Dolní část zařízení

### Svařování laserem

**Princip metody** spočívá v soustředění elektromagnetického záření viditelného světla na malou plochu do místa svaru. Generátorem paprsků vysoké intenzity je laser. Z vysílače, jehož základem je xenonová výbojka a rubínový krystal, vychází mnohonásobně zesílený světelný paprsek, který je do místa svaru soustředěn čočkou. Přeměnou energie záření na energii tepelnou se místo dopadu ohřeje na teplotu značně převyšující teplotu svařování. Výhoda této metody spočívá v minimálně ovlivněné svarové ploše a ve svařování metodou průchozího paprsku.

**Svařování laserem** se používá pro svařování materiálu, které nelze svařit jinými způsoby, pro dělení kovových i nekovových materiálů, pro svařování minimálních tloušťky a pro svařování materiálů s vysokým bodem tání.

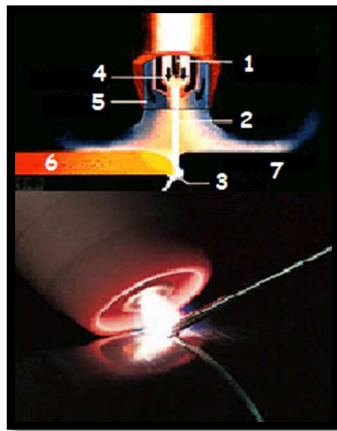


1. Laserový svazek
2. Směr svařování
3. Tepelně ovlivněná oblast
4. Roztavený kov
5. Spojované díly
6. Spojování vlivem povrchového napětí
7. Tavná lázeň
8. Klíčová dírka

### Svařování plazmou PAW - Plasma Arc Welding

**Svařování plazmou** je založeno na principu hoření ionizovaného vysokotlakého plynu, který vystupuje nadzvukovou rychlostí z trysky plazmového hořáku. Jako plazmový plyn se používá dusík, argon nebo vodík. Zdrojem tepla je úzký svazek vysokotlakého plazmatu o teplotě řádově 104 C°. Metoda je velmi podobná TIG, zaručuje však vyšší produktivitu.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



1. Netavná elektroda
2. Plasma
3. Klíčová dírka
4. Plazmový plyn
5. Ochranná atmosféra
6. Svar
7. Svařovaný materiál

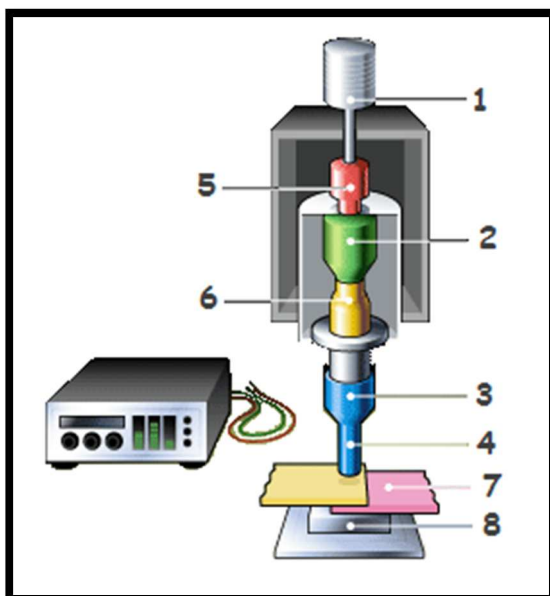
### Rozlišujeme tři způsoby plazmového svařování:

- + Mikroplazmové svařování se svařovacím proudem 0,1 A - 20 A.
- + Středněplazmové svařování se svařovacím proudem 20 A - 100 A.
- + Svařování klíčovou dírkou (keyhole welding), nad 100 A, kde plazmový oblouk proniká tloušťkou stěny a při posuvu svařovací trubice dochází vlivem povrchového napětí ke slévání roztaveného kovu v místě za "klíčovou dírkou".

Používá se pro náročné spoje v leteckém, kosmickém, chemickém a ropném průmyslu.

### Svařování ultrazvukem

**Svařování ultrazvukem** je princip svařování mechanickými kmity sonotrody za současného působení tlaku na svařovaný materiál. Touto metodou lze svařovat různé kovy velmi malé tloušťky od 5 $\mu$ m. Spojovaný materiál vystaven účinkům ultrazvuku, který je pomocí magnetostrikčního měniče přeměněn na mechanické kmity, za současného působení tlaku. Tímto způsobem se svařují kovy tloušťky 0,005 – 3mm, ale i plasty. Omezená je jen tloušťka svařované součásti, druhá může být libovolně tlustá. Spoje se dělají bodové nebo švové.



1. Pneumatický píst
2. Měnič
3. Sonotroda
4. Hrot
5. Transducer
6. Posilovač
7. Svařovaný materiál
8. Kovadlina

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Svařování plastů**

Metody svařování plastů jsou odvozeny od metod svařování kovů. Svařovat lze pouze termoplasty, které lze dodáním potřebného tepla přivést do viskózního stavu. Reaktoplasty a elastomery se po zesíťování vytvrdí a nelze je již do plastického stavu převést, jsou tedy nesvařitelné.

Při svařování plastů se díly spojují za použití tepla nebo tlaku, s přídavným materiálem nebo bez něho, přičemž materiál lze spojit ve viskózně-tekutém stavu.

**Podle způsobu předání tepla** potřebného k roztavení povrchů spojovaných součástí rozlišujeme metody kdy:

- ☞ Tepla je předáno přímo nosičem tepla
- ☞ Tepla vzniká přeměnou jiných druhů energií na teplo např. přeměna energie mechanické nebo elektrické

**Z hlediska postupu provedených operací** rozlišujeme metody, kdy:

- ☞ Svařované povrchy jsou nejprve uvedeny ve vzájemný kontakt a teprve potom jsou zahřívány
- ☞ Svařované povrchy jsou nejprve zahřívány a potom jsou uvedeny ve vzájemný kontakt
- ☞ Svařované povrchy jsou současně ve vzájemném kontaktu a současně se i zahřívají

**Nejpoužívanější jsou tyto metody:**

### **Svařování horkým plynem**

Při svařování horkým plynem se spoj vytváří pomocí přídavného materiálu, který se ohřívá proudem horkého plynu. Základní i přídavný materiál se působením horkého vzduchu zahřeje do viskózně - tekutého stavu. K vzájemnému spojení pak dochází vtlačení přídavného materiálu do místa svaru.

### **Svařování kontaktní**

U kontaktního svařování se dotýká zahřátý nástroj přímo svařovaných ploch. K přenosu tepla dochází kondukcí neboli vedením. Vznikají kvalitní svary vysoké pevnosti, téměř bez vnitřního pnutí. Pro ohřev svařovaných součástí používáme topné těleso, které předává teplo základnímu materiálu. Nástrojem jsou kovová tělesa z hliníku, mědi nebo chromové oceli vytápěná elektricky nebo plynem nebo tzv. svařovací lišta pro svařování fólií a deskových materiálů. Jejich pracovní plocha je opatřena separační látkou proti připečení.

Princip svařování spočívá v přitlačení svařovaného materiálu nahřívacím tlakem k plochám nástroje, který je ohřátý na požadovanou teplotu. V první fázi se plochy svařovaných předmětů přizpůsobují plochám nástroje. Po prohřátí se svařované materiály oddálí od nástroje a plochy se k sobě přitlačí.

### **Svařování radiální**

Rozdíl mezi svařováním kontaktním a radiálním je pouze v tom, že povrch svařovaných materiálů je ohříván přenosem tepla sáláním či zářením neboli radiací. Na povrchu svařovaných ploch však dochází k oxidaci a zhoršení kvality a pevnosti svarového spoje, proto je tato metoda používána jen ojediněle.

### **Svařování ohraňování**

Svařování ohraňování neboli ohýbáním se používá pro tvarování a svařování deskových polotovarů. Nástrojem je zde svařovací lišta opatřená klínovitým zkosením. Prohřívání svařovací lišta se

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

položí na místo ohybu a mírně vtlačí až do 2/3 tloušťky desky. Poté se nástroj odsune a materiál se ohne do požadovaného úhlu.

### ***Polyfúzní svařování***

Polyfúzní svařování jako obdoba svařování kondukčního se používá především pro svařování trubek pomocí tzv. hrdlových spojů. Svařované plochy se nahřívají kovovým nástrojem, na který se svařované díly nasouvají. Nástroj zahřívá současně vnější povrch trubky i vnitřní povrch hrdla. Po prohřátí se trubka i hrdlo stáhnou z nástroje, zasunou do sebe a mírně stlačí.

Pro svařování plastů se používají i další metody jako elektrofúzní svařování, svařování pomocí extruderu, vysokofrekvenční dielektrické svařování, svařování ultrazvukem, svařování tepelným impulsem, svařování tlakovým impulzem, svařování třením, vibrační svařování apod.

**Svářečky plastů – souprava pro svařování horkým vzduchem, stroj na ohraňování a polyfúzní svářečka na svařování trubek:**



### ***Bezpečnost při svařování***

Z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jsou svařovací práce velmi rizikové. Je známo, že svářeči jsou ohroženi i vyšším počtem úrazů a nemocí z povolání.

**Přehled rizik spojených se svařováním:**

- ✚ Nebezpečí vznícení hořlavých látek na stanovišti svářeče a v jeho okolí a vznik požáru
- ✚ Riziko popálení odstříkujícího kovu, okují i strusky ze svarové lázně
- ✚ Nebezpečí dotyku horkých svařovaných částí
- ✚ Vznik toxických dýmových zplodin, kovových par, prachových částic aj.
- ✚ Při dlouhodobé inhalaci vznik patologických změn zdravotního stavu svářeče
- ✚ Nahromadění CO<sub>2</sub> v nevětraných prostorách může způsobit ztrátu vědomí a udušení
- ✚ Vysoká hladina hluku
- ✚ Riziko úrazu elektrickým proudem
- ✚ Poškození zraku UV zářením vzniklým při hoření elektrického oblouku

**Při práci je proto nutností používat ochranné pomůcky jako:**

- ✚ svářecí zástěru, případně nehořlavý oblek
- ✚ pevnou pracovní obuv
- ✚ rukavice
- ✚ pokrývku hlavy nebo svářecskou kuklu s odpovídajícím filtrem, popř. helmu
- ✚ svářecské brýle
- ✚ sluchátka nebo ochranné špunty do uší
- ✚ respirátor apod.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Ochranné pomůcky pro svářeče:



### A na závěr svářečská kukla jako umělecké dílko:



### Otázky k procvičení tématu:

- ✚ Definuj pojem svařování.
- ✚ Co ovlivňuje kvalitu svaru?
- ✚ Jaké materiály je možné svařovat?
- ✚ Jaké jsou výhody a nevýhody svarových spojů?
- ✚ Vysvětli základní pojmy svařování.
- ✚ Nakresli a popiš tupý svar V.
- ✚ Vyjmenuj typy svarů.
- ✚ Jaká základní metody svařování rozlišujeme?
- ✚ Popiš jednotlivé metody tavného svařování.
- ✚ Popiš jednotlivé metody svařování za působení tepla a tlaku.
- ✚ Jaký je princip svařování tlakem za studena.
- ✚ Co je to navařování?
- ✚ Popiš nekonvenční metody svařování.
- ✚ Jak svařujeme plasty?
- ✚ Jaká jsou bezpečnostní rizika spojená se svařováním?

### Poznámky:

#### Použitá literatura a zdroj použitých obrázků a informací:

HLUCHÝ, Miroslav a kol. *Strojírenská technologie 2: Polotovary a jejich technologičnost*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1979. 408 s

<http://cs.wikipedia.org>

<http://www.google.cz/>

[www.svarak.cz](http://www.svarak.cz)

<http://www.svarecky-elektrody.cz>

[www.svarbazar.cz](http://www.svarbazar.cz)

[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/12.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm)

<http://www.pristrojenaplasty.cz/>