

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování

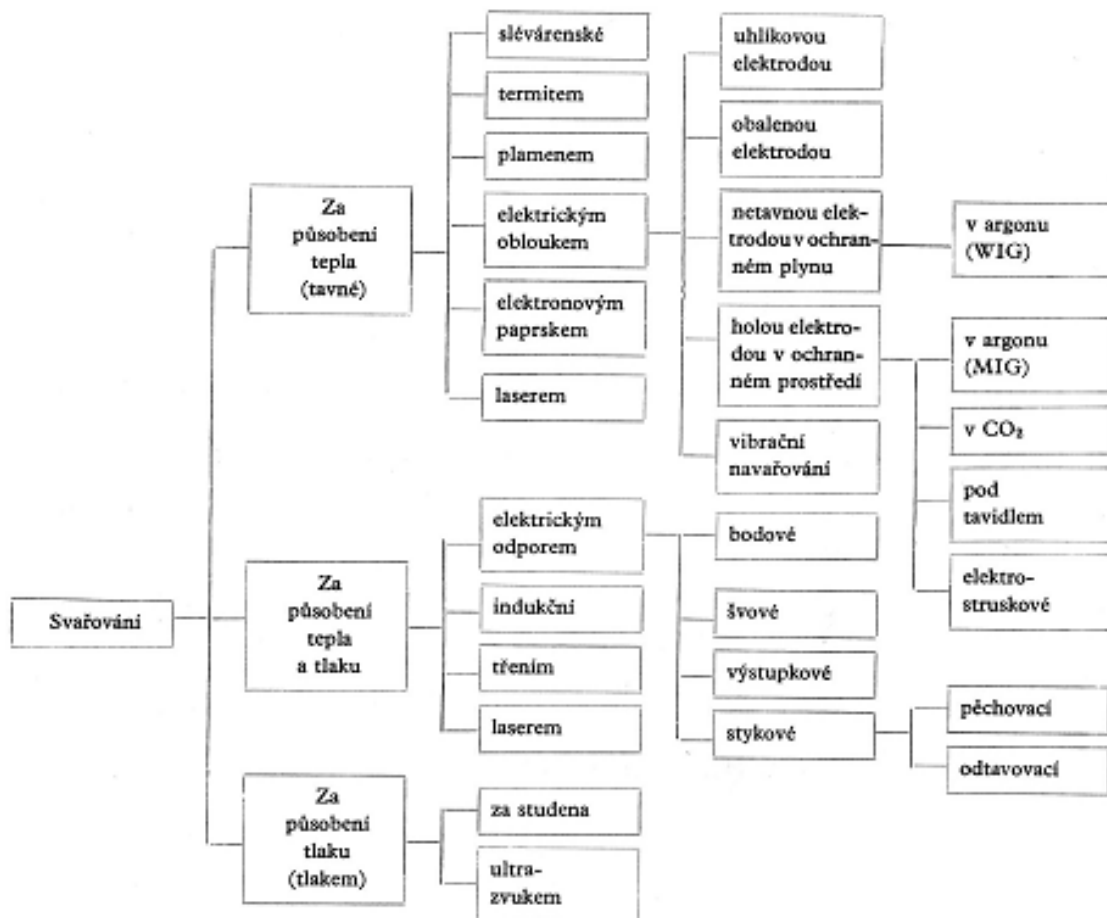
Rozdělení svařování

Definice svařování: svařování je technologický proces, při kterém dochází k vytvoření nerozebíratelného spojení 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.

Výhody: trvanlivost, velká pevnost, těsnost, velká produktivita práce, zjednodušuje konstrukci

Nevýhody: potřeba kvalifikovaných pracovníků, změna struktury a mechanických vlastností svarového spoje, vznik vnitřního prnutí a deformace

Rozdělení:



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

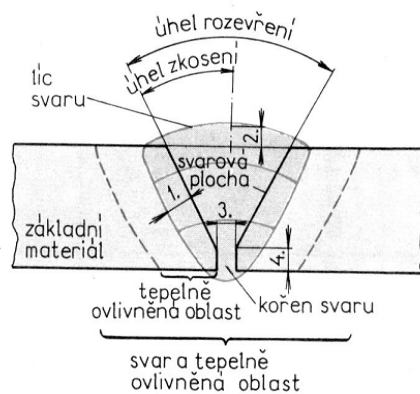
Deformace a typy svarů

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

obr. podélné, příčné a úhlové pnutí



Obr. 186. Základní pojmy tavného svařování
1 - hloubka závaru,
2 - převýšení,
3 - kořenová mezera,
4 - výška otupení

Rozdělení svarů

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

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

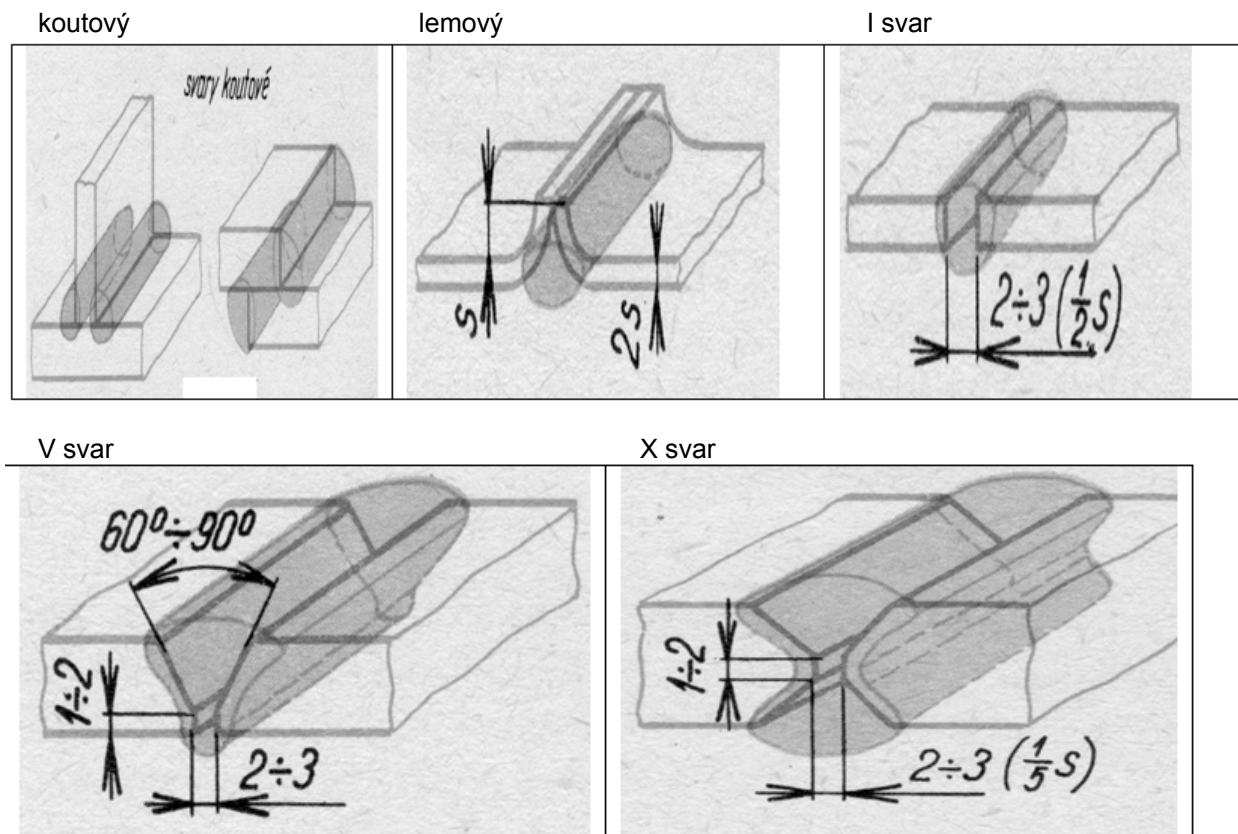
dozadu.

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.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. základní typy svarů



Svařování za působení tepla

Definice: ke spojení materiálu dojde místním natavením svarových ploch základního materiálu, aniž by se použilo tlaku nebo rázu. Obvykle se ještě používá přídavný materiál, který musí mít stejné nebo podobné složení jako svařovaný (základní) materiál.

Svařování plamenem

Definice: zdrojem tepla je plamen, který vzniká spalováním směsi hořlavého plynu, většinou acetylenu a kyslíku. Místo acetylénu se používá i vodík, propan nebo butan. Ke svařování potřebujeme svařovací soupravu, která se skládá:

- **plynové láhve:** jsou to bežešvé, ocelové nádoby (10,20,40 l), které jsou barevně rozlišeny (modré hrdlo – kyslík, bílé hrdlo – acetylén, červené hrdlo – vodík) a mají vyznačeny druh plynu, jméno výrobce, výrobní číslo, hmotnost, zkušební tlak atd. Každá láhev je u hrdla opatřena lahvovým ventilem.
- **redukční ventil:** slouží ke snížení tlaku plynu vytékajícího z láhve na svařovací tlak a udržuje tlak na stejné výši. Připevňuje se na lahvový ventil.
- **hadice:** hadice slouží k vedení plynu k svařovacímu nebo řezacímu hořáku. Jsou barevně rozlišeny (kyslík – modrý, acetylén – červený) a musí mít minimální délku 5 m.
- **svařovací hořáky** : je to nástroj, kterým se svařuje. Dochází zde ke směšování hořlavého plynu s kyslíkem. Rozdělují se:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. nízkotlaký (injektorový) - injektor při proudění kyslíku nasává acetylén o nízkém tlaku do směšovací komory, kde se plyny smíchají a vytékají otvorem hořáku ven.

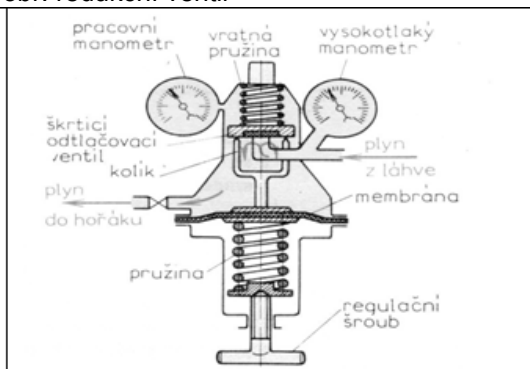
2. vysokotlaký – nemá injektor, proto oba plyny vstupují do směšovací komory s přibližně stejným tlakem.

3. speciální – jsou to speciální hořáky, které se konstruují jen pro určité použití a nemají význam pro běžného svářeče.

Obr. svařovací láhev



obr. redukční ventil



Druhy plamenů:

1. podle poměru kyslíku a acetylénu dělíme plamen na:

- **neutrální:** poměr kyslíku a acetylénu je přibližně stejný, používá se pro svařování oceli
- **redukční:** převládá množství acetylénu, způsobuje nauhličení svaru, které se projeví vznikem křehkého, tvrdého a pórovitého svaru a proto se používá pro svařování ocelí u kterých chceme zvýšit množství uhlíku, barevné kovy.
- **oxidační:** převládá množství kyslíku, způsobuje okysličování svaru, a proto se používá pro svařování mosazi, bronzu nebo pro řezání kyslíkem.

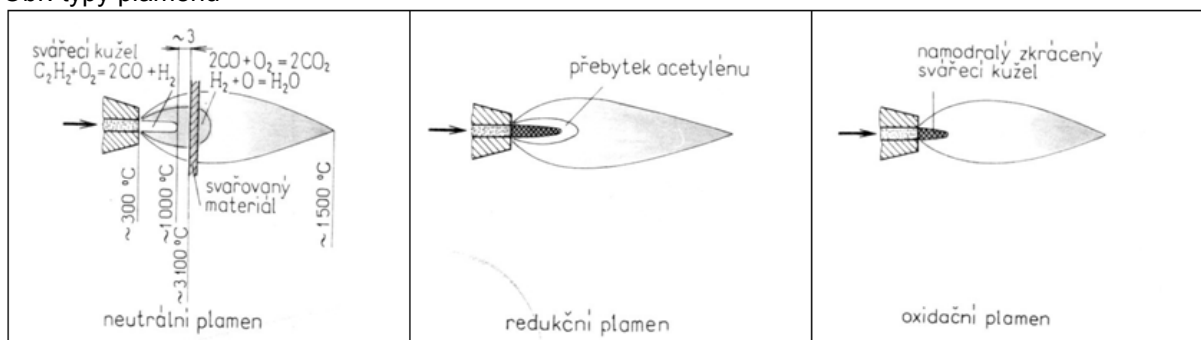
2. podle intenzity plamene na:

- **měkký:** výstupní rychlost plamene je 70-100 m/s, je nestabilní, náchylný ke zpětnému šlehu.
- **střední:** výstupní rychlost je 100-120 m/s, zaručuje jakost i výkon ke svařování
- **ostrý:** výstupní rychlost je větší než 120 m/s, má negativní vliv na jakost svaru, způsobuje

rozhánění svarového kovu do stran, dochází k rozpouštění plynů v lázni a k většímu tepelnému ovlivnění.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. typy plamenů



Tabulka: druhy svařovacích plamenů

Podle intenzity				Podle poměru míšení			
Název	Výtoková rychlost směsi (m s ⁻¹)	Vliv	Použití	Název	Poměr O ₂ : C ₂ H ₂	Vliv	Použití
měkký	70 až 100	labilní, často šlehá zpět, menší výkon svařování	svařování vysoce legovaných ocelí, kovů s nízkým bodem tání, tvrdých kovů	neutrální	1,1 : 1	—	většina svařování
střední	100 až 120	stabilní, dobrá jakost svaru a výkon svařování	obvyklé svařování	oxidační	1,2 : 1	volný kyslík se s kovem slučuje na oxidy (pokles σ _{Ft} a R svaru)	svařování mosazi a některých druhů bronzů
ostrý	nad 120	víří lázeň, napomáhá rozpouštění plynů, přehřívá kov	—	redukční	1 : 1	nauhličuje lázeň, svar tvrdý, křehký, bublinatý	svařování lehkých slitin Mg, navařování tvrdých kobaltových slitin

Použití: pro svařování do tloušťky cca 4 mm, větší tloušťky se svařují u potrubí

Svařování elektrickým obloukem

Podstata: potřebné teplo vzniká v elektrickém oblouku, který hoří mezi svařovaným materiálem a elektrodou, popřípadě mezi dvěma elektrodami. Podle ochranného prostředí rozdělujeme svařování na:

- svařování obalenou elektrodou
- svařování v ochranné atmosféře plynu (WIG, MIG, MAG)
- svařování pod tavidlem
- svařování elektrostruskové

Rozdělení elektrod:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

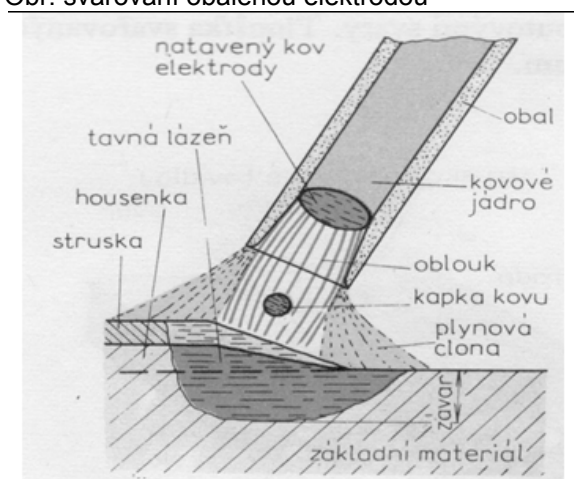
1. **Netavné** (trvalé) – slouží pouze k vytvoření elektrického oblouku, během svařování se netaví, a proto musíme dodávat přídatný materiál. Patří sem elektroda wolframová nebo uhlíková.
2. **Tavné** (netrvalé) – v průběhu svařování se odtavují, vytvářejí tavnou lázeň, a proto není třeba dodávat přídatný materiál. Tyto elektrody dále dělíme na **holé**, které se používají pouze pro svařování v ochranné atmosféře a **obalené**, u kterých obal slouží ke zlepšení a ochraně svaru.

Svařování obalenou elektrodou

Podstata: vlivem tepla elektrického oblouku (5000C°), který hoří mezi svařovaným materiálem a obalenou elektrodou, se nataví jádro elektrody i základní materiál. Roztavený kov elektrody prochází elektrickým obloukem a spojuje se základním materiálem. Obal elektrody se vlivem tepla přemění v plynovou clonu, která chrání svarový kov před účinky vzduchu. Mezi další úkoly obalu patří: zachovávat houževnatost svaru, tažnost a čistotu kovu, zlepšovat mechanické vlastnosti svaru, zabraňovat vyhořívání uhlíku, manganu apod., zlepšovat vzhled svaru, zpomalovat ochlazování svaru a tím vytvořit rovnoměrnou a jemnou strukturu.

Použití: pro všechny tloušťky materiálu od 1,5 mm, pro oceli legované i nelegované, pro svary koutové i tupé.

Obr. svařování obalenou elektrodou



Svařování pod tavidlem

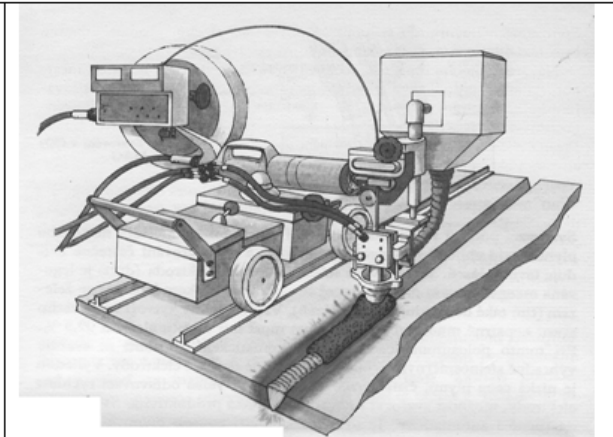
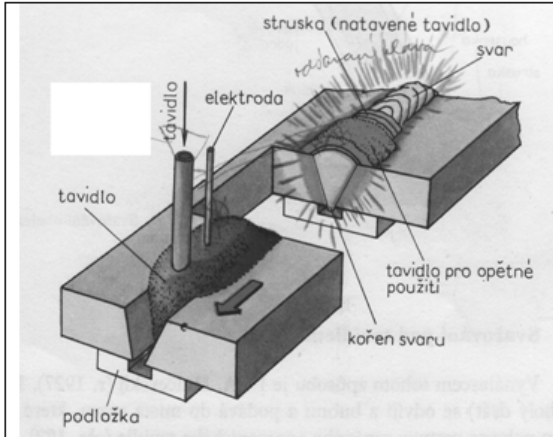
Podstata: holá elektroda, která je podávána do místa svaru automaticky ze zásobníku, se odtavuje vlivem tepla elektrického oblouku pod vrstvou anorganického tavidla, které se sype před elektrodou ze sypače. Jeho úkolem je chránit oblouk a tavnou lázeň před škodlivými účinky vzduchu, soustřeďuje a usměrňuje 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.

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

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. svařování pod tavidlem

svařovací agregát



Svařování v ochranné atmosféře plynu

Mezi tyto metody řadíme :

- metodu WIG (wolfram inert gas)
- metodu MAG (metal activ gas)
- metodu MIG (metal inert gas)

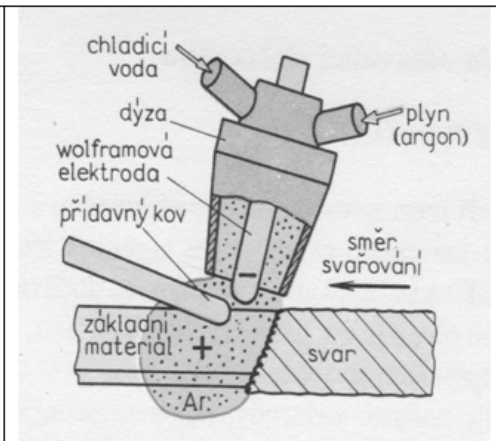
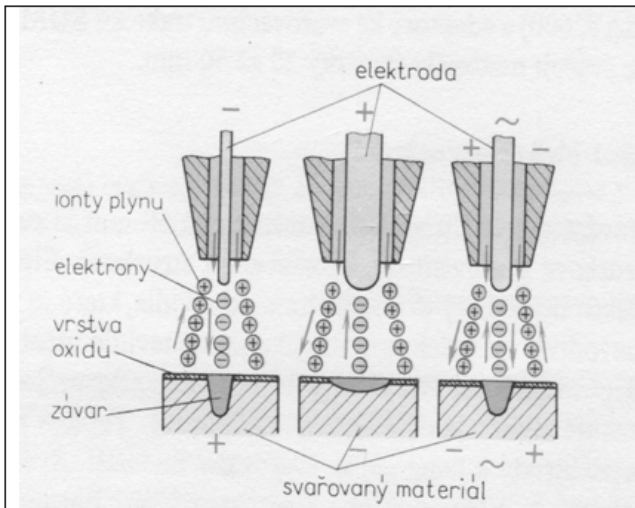
Svařování metodou WIG

Podstata: oblouk hoří mezi netavicí se wolframovou elektrodou a základním materiálem v ochranné atmosféře netečného plynu argonu (helia). Většinou se dodává přídatný materiál ve formě drátů. Svařuje se střídavým (pro Al, Mg, a jejich slitiny), nebo stejnosměrným proudem (pro ocel, Cu, Ti a jejich slitiny) při zapojení elektrody na kladný nebo záporný pól. Při svařování se udržuje krátký oblouk, aby se dosáhlo úzké tepelně ovlivněné oblasti.

Použití: pro svařování chromnikových nerez ocelí, hliníku, hořčíku, titanu a dalších nezelezných kovů. Svařování uhlíkových ocelí je neekonomické a je zde nebezpečí vzniku pórů ve svaru.

Obr. svařování metodou WIG

svařování metodou MIG



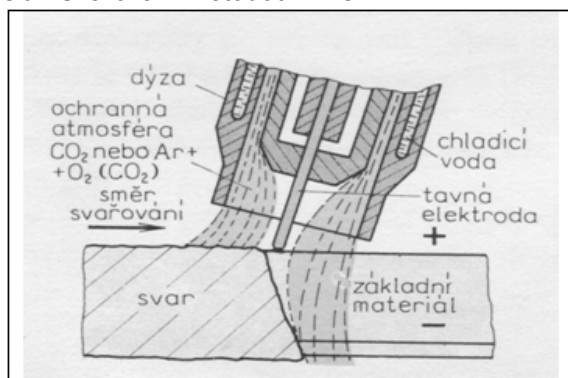
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování metodou MAG

Podstata: elektrický oblouk hoří mezi kovovou holou elektrodou a základním materiálem v atmosféře CO₂. Jakost svaru se zlepšuje tím, že se elektroda leguje manganem a křemíkem, které se slučují s kyslíkem lépe než se železem. Vzniklé oxidy vytvoří na povrchu svaru nepatrné množství strusky. Svařuje se jen stejnosměrným proudem při kladné polaritě elektrody, svařujeme ručně i automaticky. Výhoda této metody spočívá ve výhodné ceně plynu, můžeme svařovat i navařovat a hluboký závar dovoluje svařovat plechy do tloušťky 12 mm bez úkosu.

Použití: je to nejrozšířenější způsob plynové ochrany, používá se i pro oceli uhlíkové.

Obr. Svařování metodou MAG



Svařování metodou MIG

Podstata: elektrický oblouk hoří mezi kovovou tavnou holou elektrodou a základním materiálem v proudu netečného plynu. Svařovací zařízení je stejné jako u metody MAG, mění se jen ochranný plyn. Svařuje se stejnosměrným proudem při kladné polaritě elektrody, poloautomaticky nebo automaticky.

Použití: pro podle materiálového listu legované oceli.

Svařování za působení tepla a tlaku

Definice: u toho způsobu svařování dojde nejdříve k natavení materiálu pomocí zdroje tepla a teprve po vytvoření potřebného tlaku dojde ke svaření materiálu.

Svařování elektrickým odporem

Podstata: ke svařování se používají odporové svářečky, které mají část elektrickou (svařovací transformátor), která slouží k vytvoření elektrického odporu, jako zdroje tepla a část mechanickou (přítlačné zařízení), která slouží k vytvoření potřebného tlaku.

Mezi svařování elektrickým obloukem řadíme:

- svařování stykové
- svařování bodové
- svařování švové

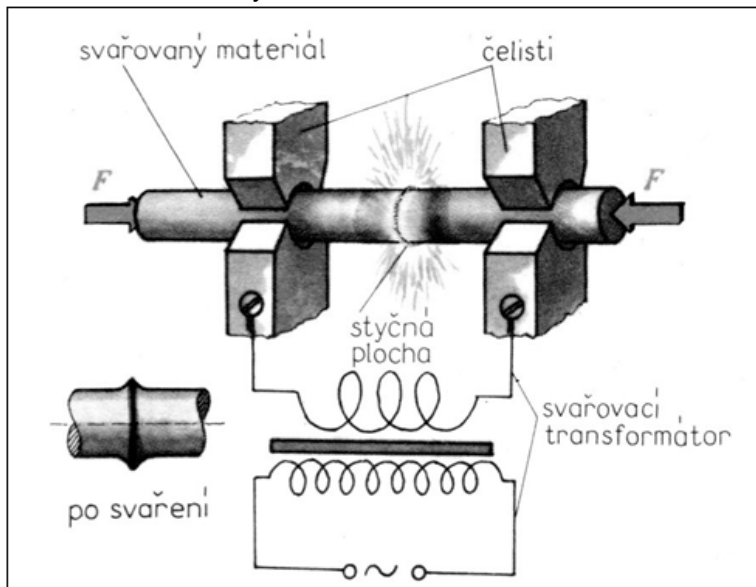
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování stykové

Podstata: svařovaným materiálem, který svírají měděné čelisti, protéká elektrický proud. V místě přerušení je největší elektrický odpor, který se mění na teplo, tím dojde k natavení materiálu a po přitlačení se spojí. Svařování probíhá odbavovacím způsobem, a proto není nutno čistit stykové plochy. Při svařování se vytvoří charakteristický ořep, ale svar má dobrou jakost. U tohoto způsobu se nepoužívá přídavný materiál.

Použití: nejčastěji pro oceli nelegované, ale můžou se svařovat i oceli legované

Obr. svařování stykové

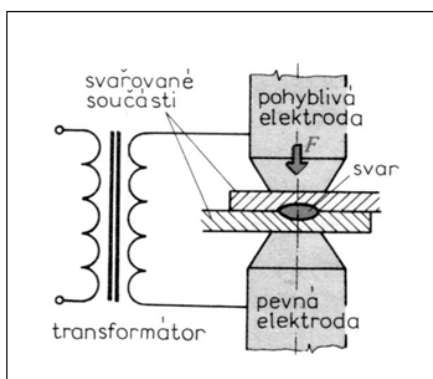


Svařování bodové

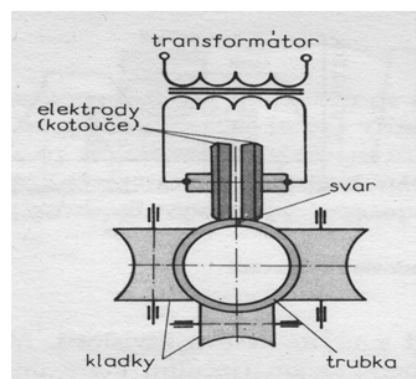
Podstata: Součásti se přeplátují a sevrou mezi dvě elektrody. Potem se zapne elektrický proud. Ke svaření dojde v místě největšího přechodového odporu tzn. v místě styku obou součástí. Jakmile je svar proveden, vypne se elektrický okruh, ale svar dále tuhne pod tlakem a tím se zabrání vzniku staženin. Elektrody jsou z mědi a jejich slitin a uvnitř jsou chlazeny vodou. Vlivem chladícího účinku má svar jemnou strukturu.

Použití: pro svařování nelegovaných i legovaných ocelí. V sériové výrobě rozměrnějších součástí se používá mnohobodových svářeček.

Obr. svařování bodové



Obr. svařování švové



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování švové

Podstata: je to obdoba svařování bodového. Elektrody chlazené vodou mají tvar kotouče. Lze jimi zhotovit průběžné svary. Plechy tloušťky 2 x 1 mm se svařují nepřerušovaným střídavým proudem, plechy větších tloušťky se svařují proudem přerušovaným.

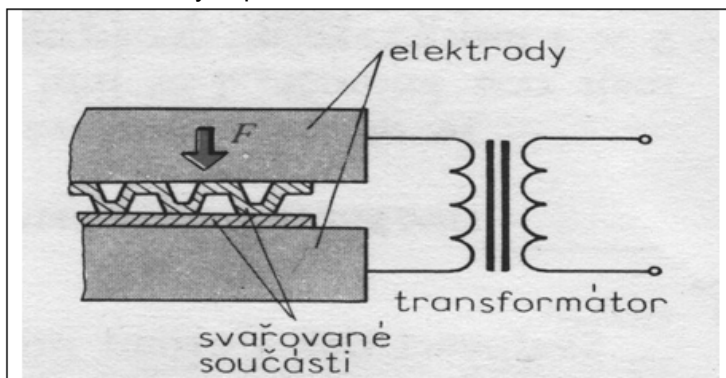
Použití: pro svařování ocelí nelegovaných i legovaných, pro svary přeplátované nebo tupé.

Svařování výstupkové

Podstata: deskové elektrody nejprve stisknou svařované součásti a po dosednutí výstupků se zapne svařovací proud. Tím dojde k natavení materiálu v místech styku a po vyvození příslušného tlaku dojde ke svaření. Výstupky se zhotovují předem lisováním nebo obráběním.

Použití: je to nejproduktivnější způsob odporového svařování pro oceli nelegované i legované.

Obr. svařování výstupkové

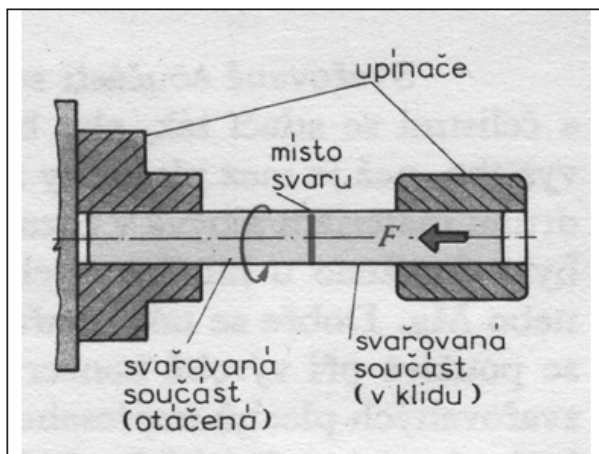


Svařování třením

Podstata: spočívá v přímé přeměně mechanické energie v energii tepelnou. Svařované součásti se upnou do svařovacího zařízení tak, aby se vzájemně dotýkaly svarovými plochami. Otáčením jedné součásti ($v = 2 - 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a za působení tlaku 30 – 80 MPa se vlivem tření svarové plochy nataví a po zvýšení tlaku na 80 – 100 MPa dojde ke svaření.

Použití: Především pro svařování rotačních součástí z hliníku a jeho slitin nebo pro dlouhé rovné plechy z hliníku.

Obr. Svařování třením



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Svařování indukční

Podstata: podstata spočívá v ohřevu na teplotu svařování (asi 150° C pod teplotu tavení) pomocí zdroje, kterým je indukční cívka (induktor). Cívka je konstruovaná podle tvaru svařovaných součástí a provede místní ohřev. Potom se vyvodí potřebný tlak pomocí tlačného zařízení a svar se dokončí. Výhodou této metody je velká rychlost svařování a velmi úzká tepelně ovlivněná oblast.

Použití: zejména v automatizované výrobě trub

Svařování za působení tlaku

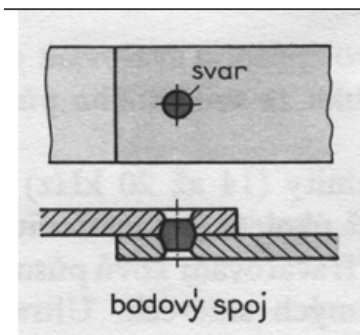
Definice: podstata metody záleží ve vzájemném přiblížení spojovaných součástí na vzdálenost odpovídající řádově parametru krystalické mřížky. Ke svaření dojde vlivem difúze, kdy se ve stykových plochách vytvoří vazby mezi hraničními mřížkami.

Svařování za studena

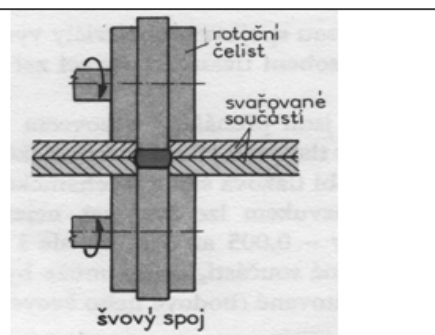
Podstata: svařované součásti se přiloží k sobě plochami zbavenými oxidů a čelistmi se tlačí k sobě tak, aby bylo ve stykových plochách dosaženo tlaku vyššího, než je mez plasticity základního materiálu. Velikost tlaku závisí na druhu materiálu a bývá v rozmezí 300 – 3800 MPa. Nejlepších výsledků se dosahuje u hliníku a jeho slitin, které nemají více než 3% křemíku nebo manganu. Dobře se taky touto metodou svařuje nikl, olovo, měď, stříbro.

Použití: výroba konzerv, nádrží, trubek aj. Tloušťka svařovaného plechu nepřesahuje 5mm. Spoje se dělají jako přelátované, stykové nebo bodové.

Obr. svařování za studena - bodové



svařování za studena - švové



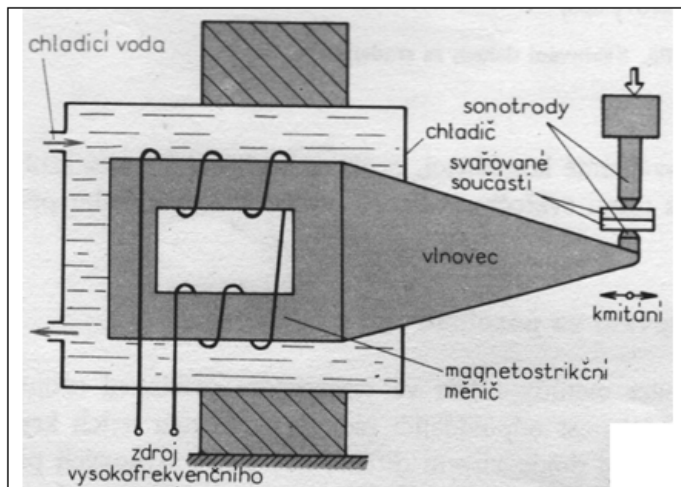
Svařování ultrazvukem

Podstata: u tohoto způsobu svařování je spojovaný materiál vystaven účinkům ultrazvuku, který je pomocí magnetostrikčního měniče přeměněn na mechanické kmity, za současného působení tlaku. Mechanické kmity (14 – 20 kHz) jsou přenášeny vlnovcem na tzv. sonotrody, jejichž úkolem je soustředit tlakovou sílu a mechanické kmity do místa svaru.

Použití: 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.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. svařování ultrazvukem



Tepelné zpracování před a po svařování

Tepelné zpracování před svařováním:

- **Normalizační žihání:** slouží k dosažení rovnoměrnější a jemnější struktury a tím se získají lepší mechanické vlastnosti.
- **Zušlechťování:** úkolem je dosažení nejvýhodnějších plastických vlastností (tažnosti, houževnatosti), svar lépe odolává pnutí
- **Žihání na měkko:** slouží k odstranění nepříznivého vlivu po kalení
- **Předehřívání:** jeho úkolem je zamezit teplotnímu spádu a tím zamezit praskání svaru

Tepelné zpracování po svařování:

- **Normalizační žihání:** účelem je odstranění hrubého zrna ve svaru a dosažení tažnosti a houževnatosti.
- **Žihání ke snížení vnitřního pnutí:** úkolem je odstranění vnitřního pnutí.
- **Popouštění:** úkolem je odstranění vnitřního pnutí a současně změkčuje svar a přechodovou oblast a zajišťuje dobré plastické vlastnosti.

Speciální metody svařování

Svařování elektronovým paprskem

Podstata: spočívá v přeměně kinetické energie v energii tepelnou. Svazek elektronů vysílaný rozžhavenou wolframovou katodou je urychlován velkým potenciálním rozdílem mezi katodou a anodou. 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



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

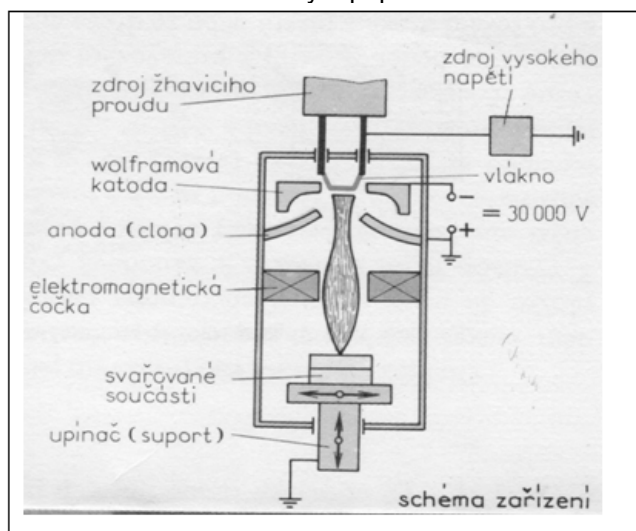


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

potřebný svar. Celé svařovací zařízení je umístěno ve vakuové komoře z korozivzdorné oceli. Velkou výhodou je možnost regulace hloubky svaru.

Použití: tato metoda je 10 x rychlejší než metoda WIG, je zde možnost svařování přes stěnu tzn. paprsek proniká přes celou tloušťku stěny, vznikne velmi úzký svar a pouze malá tepelně ovlivněná oblast. Svařování se provádí bez přídavného materiálu a používá se hlavně v leteckém a kosmickém průmyslu.

Obr. svařování elektronovým paprskem



Svařování laserem

Podstata: 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.

Použití: 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.

Svařování plazmou

Podstata: zdrojem tepla je úzký svazek vysokotlakého plazma o teplotě řádově 10^4 C vystupující nadzvukovou rychlostí z trysky plazmového hořáku. Oblouk je stabilní a mimořádně dlouhý (až 300 mm), který se málo rozšiřuje a tím vzniká pouze málo tepelně ovlivněná oblast. Svařovat můžeme proudem stejnosměrným i střídavým.

Použití: běžně pro svařování klasických ocelí i nerez ocelí, ne zcela běžně pro svařování hliníku



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Otázky a úkoly

1. Jaký je princip svařování a jaké má svařování výhody?
2. Uveďte základní způsoby svařování a vyjmenujte, které metody tam patří.
3. V čem spočívá podstata svařování plamenem?
4. Jaké znáte druhy plamenů a kde se používají?
5. Vysvětlete a načrtněte princip svařování obalenou elektrodou?
6. Jaké znáte druhy elektrod?
7. Proč a jaké deformace vznikají při svařování?
8. Jaké máme typy svarů?
9. Vysvětlete a zakreslete princip svařování v ochranném plynu.
10. Vysvětlete a zakreslete princip svařování pod tavidlem.
11. Vysvětlete a zakreslete základní způsoby svařování elektrickým odporem.
12. Vysvětlete a zakreslete princip svařování třením.
13. Vysvětlete princip svařování za působení tlaku.
14. Vysvětlete a zakreslete princip svařování ultrazvukem.
15. Jaké provádíme úpravy před a po svařování?