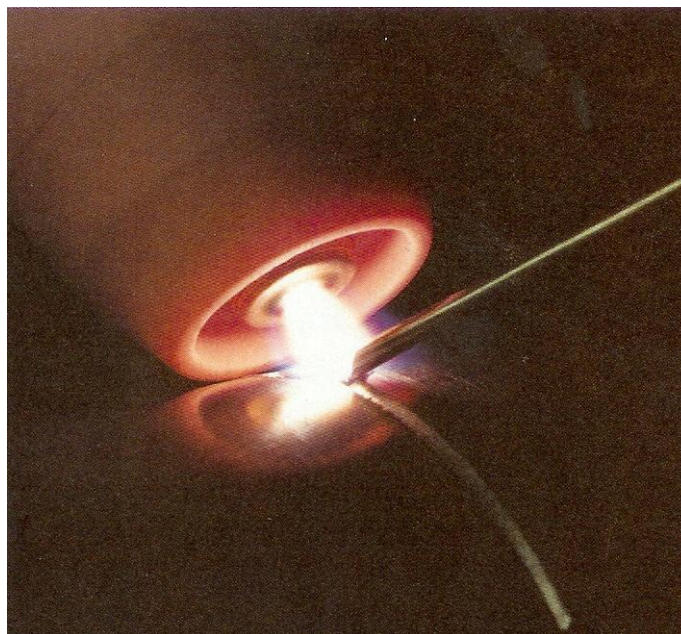




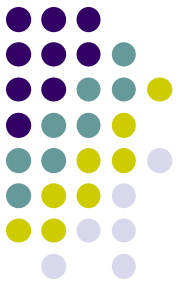
TECHNOLOGIE II

ČÁST SVAŘOVÁNÍ -1

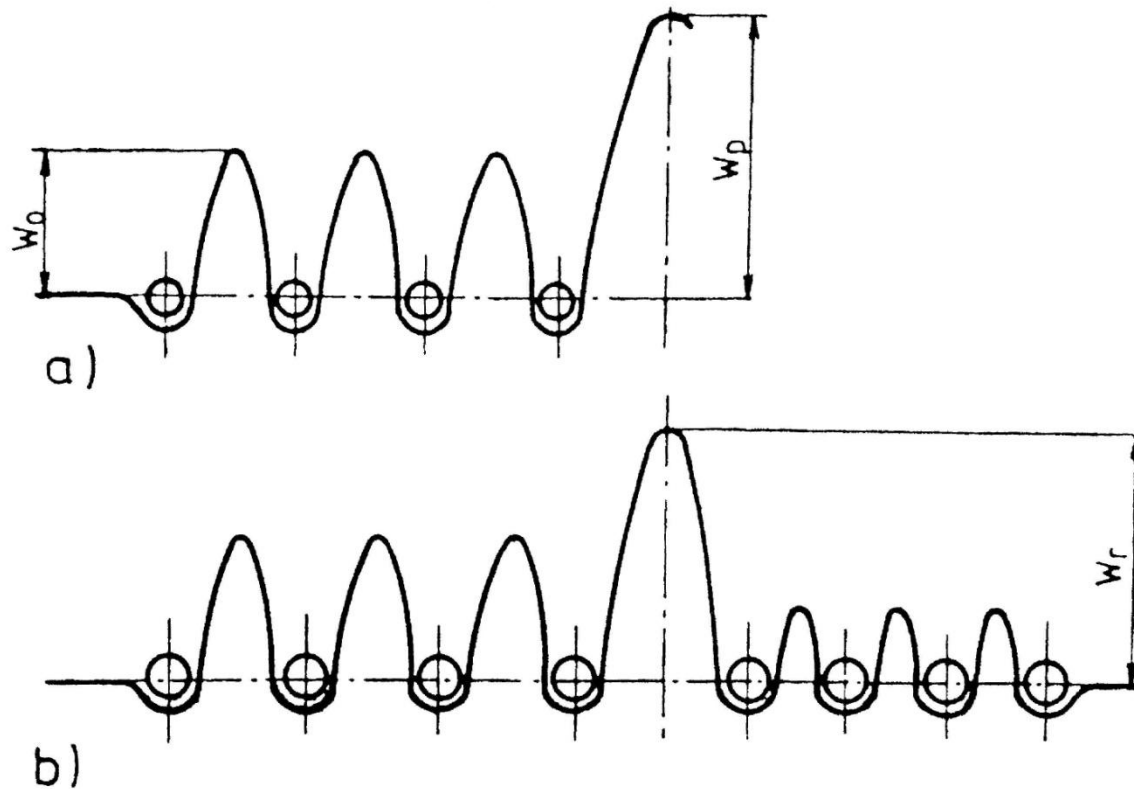
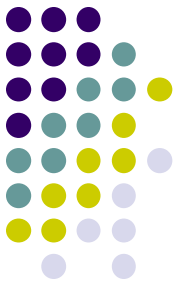


Autor: Jaroslav KUBÍČEK

TEORIE VZNIKU SVAROVÉHO SPOJE



- Svařováním kovů a jejich slitin je definováno jako nerozebíratelná spojení s využitím tepelné, mechanické nebo radiační energie. Spojení nastane působením meziatomových sil, a adhezních vazeb na teplem nebo tlakem aktivovaných kontaktních plochách. Pevné látky mohou mít různý typ vazby, která odpovídá různým typům rozložení elektronů a iontů. Ionty jsou v atomu uspořádány tak, aby potenciální energie krystalu byla co možná nejmenší. Základem je mrak valenčních elektronů, které mohou volně přecházet od atomu k atomu. Ke kovové vazbě tedy dochází, pokud přitažlivé síly mezi kovovými ionty a elektronovým mrakem převyšují odpudivé síly elektronů v tomto mraku. Ionty jsou uspořádány podle přesně definovaného rozložení, podle něhož v pevných látkách existují mezi ionty síly přitažlivé a odpudivé.
Proces svařování vyžaduje aktivaci kontaktních ploch, tj. dodání energie aktivace pro překonání bariery potenciální energie povrchových atomů
Pro svařování lze použít následující formy aktivační energie:
- termická aktivace - tavné svařování
- pružné a plastické deformace – mechanická aktivace – tlakové svařování
- fotonové, elektronové nebo iontové ozáření – radiační aktivace - tavné svařování



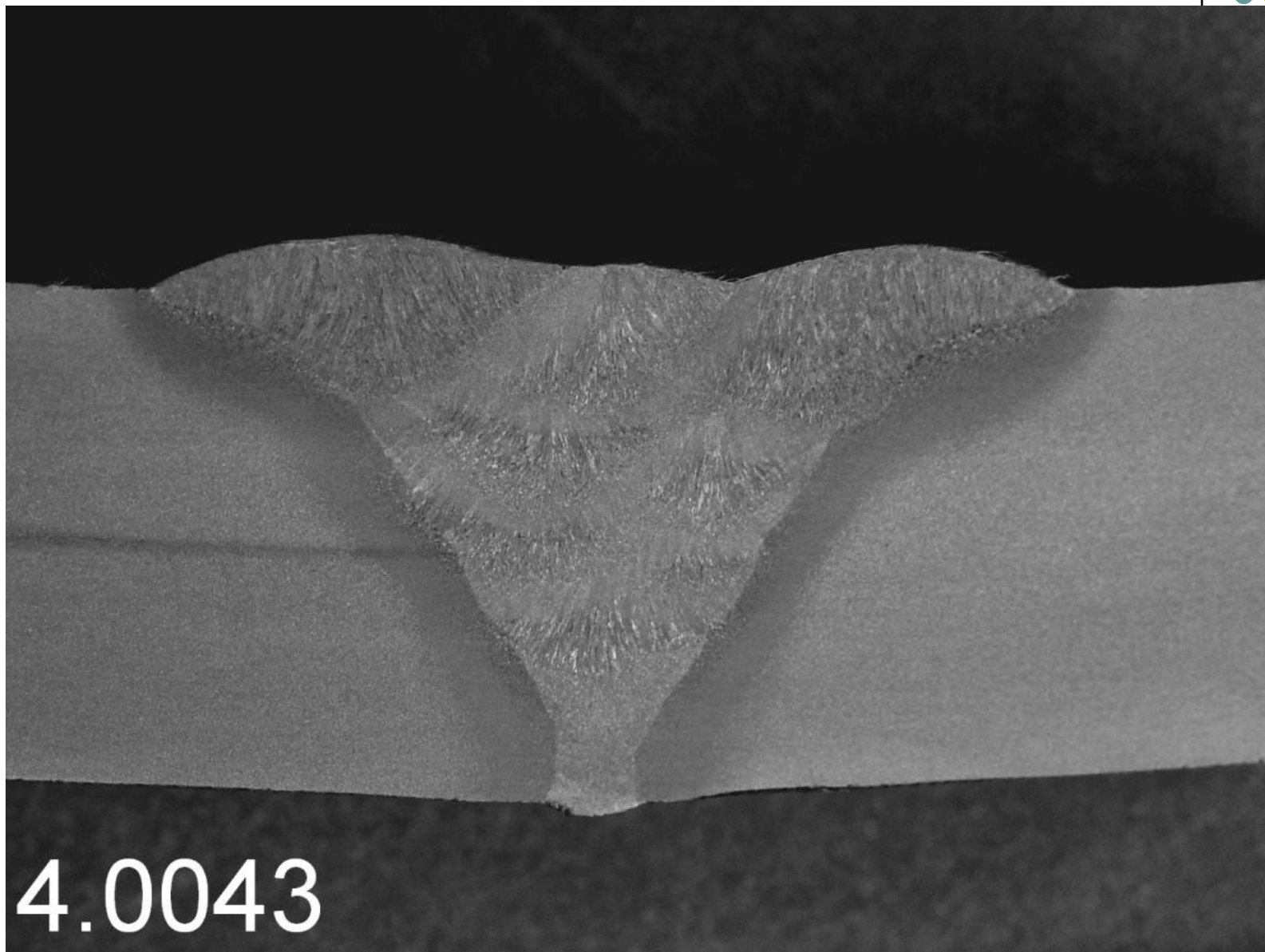
W_0 – potenciální energie nutná pro změnu polohy iontu uvnitř krystalu

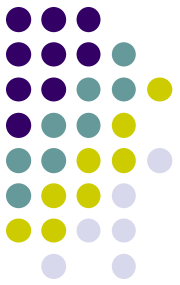
W_p – vliv povrchu krystalu na velikost potenciální energie (energie nutná pro změnu polohy iontu)

W_r – potenciální energie na rozhraní fází

Obr. 1 Energetické bariéry potenciální energie.

Vícevrstvý svar- tavné svařování



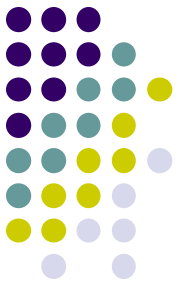


Rozdělení metod svařování

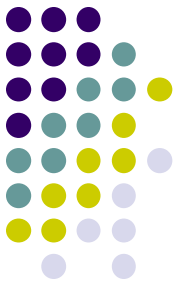
Rozdělení metod svařování je uvedeno v normě ČSN EN ISO 4063. U každé metody svařování je v kulaté závorce uvedeno i číselné označení metody svařování, tak jak je toto označení metody svařování uvedeno v dalších materiálech u svařování, např. u WPS – technologické postupy, označování zkoušek svářečů apod.

A) Metody tavného svařování(0)

- Svařování elektrickým obloukem (1)
- Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111)
- Pod tavidlem(12)
- Obloukové svařování v ochranné atmosféře(13)
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu-MIG (131)
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu-MAG(135)
- Obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu (136)
- Obloukové svařování plněnou elektrodou v inertním plynu(137)
- Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu-WIG (141)

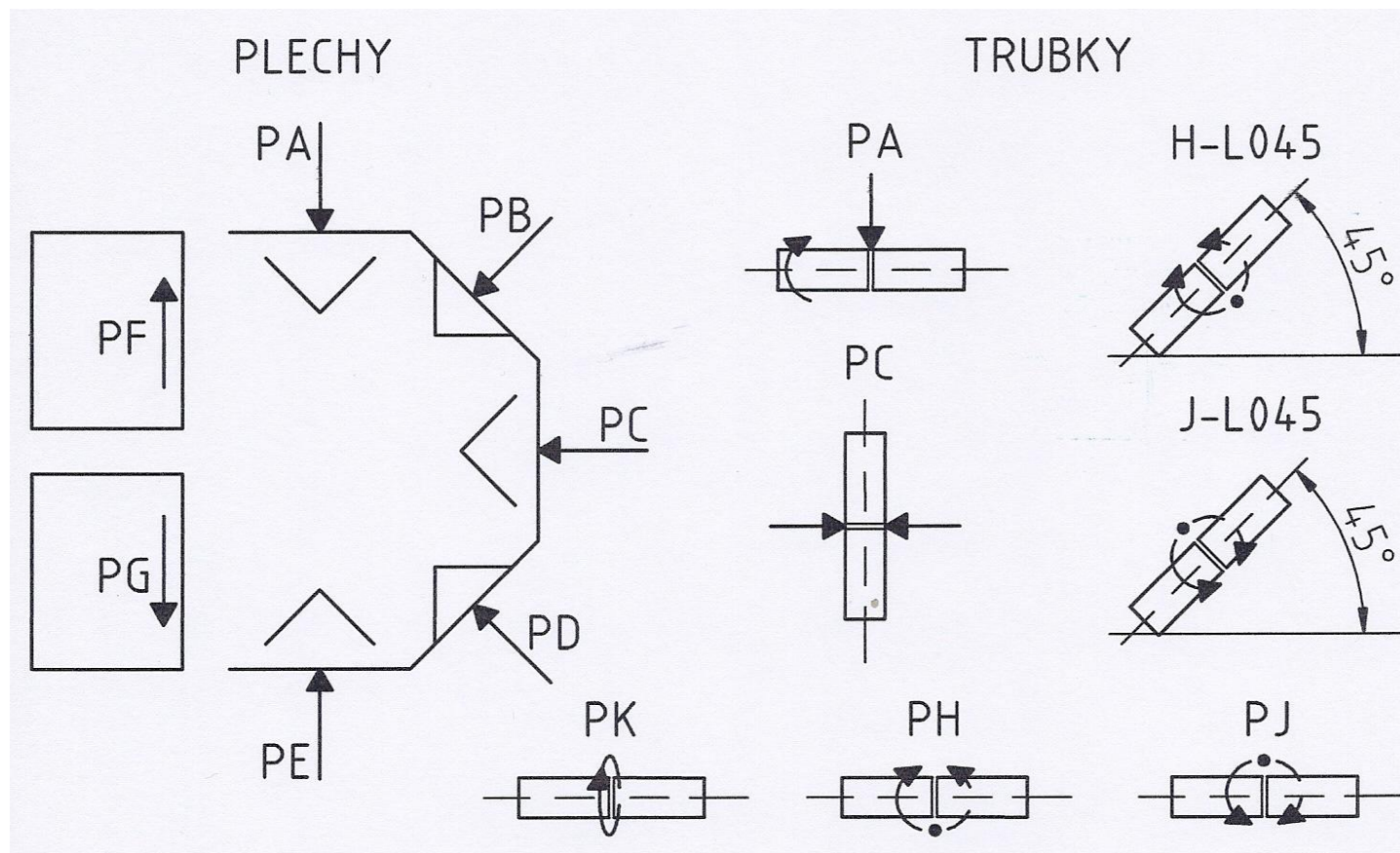


- Svařování plazmové(15)
- Svařování plazmové MIG svařování(151)
- Svařování magneticky ovládaným obloukem(185)
- Elektronové svařování (76)
- Plamenové svařování(3)
 - a)kyslíko-acetylenové svařování(311)
 - b)kyslíko-vodíkové svařování(313)
- Svařování slévárenské
- Svařování světelným zářením(75)
- Laserové svařování(751)
- Aluminotermické svařování(71)
- Elektroplynové svařování(73)
- Indukční svařování(74)



B) Metody tlakového svařování(4)

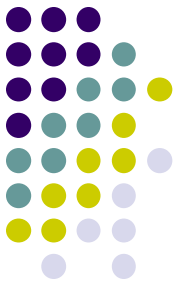
- Tlakové svařování za studena(48)
- Odporové svařování(2)
 - a) stykové
 - α) stlačovací stykové svařování(25)
 - β) odtavovací stykové svařování(24)
 - b) přeplátováním
 - α) bodové odporové svařování(21)
 - β) švové odporové svařování(22)
 - δ) výstupkové(23)
 - ϵ) vysokofrekvenční odporové svařování(291)
- Svařování indukční(74)
- Svařování v ohni
 - a) kovářské svařování(43)
 - b) tlakové svařování s plamenovým ohřevem(47)
- Třecí svařování(42)
- Ultrazvukové svařování(41)
- Výbuchové svařování(44)



- Polohy svařování dle ČSN EN ISO 6947** Svařování a příbuzné procesy – Polohy svařování. *Plechy:* PA - poloha vodorovná shora, PB - poloha vodorovná šikmo shora, PC - poloha vodorovná, PD - poloha vodorovná šikmo nad hlavou, PE - poloha vodorovná nad hlavou, PF - poloha svislá nahoru, PG - poloha svislá dolů. *Trubky:* PH - svařování trubky zdola nahoru, PJ - svařování trubky shora dolů, PK - orbitální svařování trubek nebo trubka-plech, H-L045- svařování trubky v šikmé poloze 45° zesponu nahoru, J-L045- svařování trubky v šikmé poloze 45° shora dolů.

TAVNÉ SVAŘOVÁNÍ

METODY VYUŽÍVAJÍCÍ TEPLLO CHEMICKÉ REAKCE



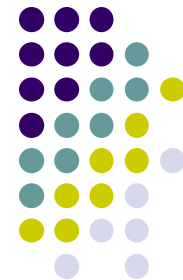
- **PLAMENOVÉ SVAŘOVÁNÍ**

- Zdrojem tepla při plamenovém svařování je chemická energie, která vznikne hořením směsi okysličujícího a hořlavého plynu. Parametry zdroje tepla – plamene se řídí použitými plyny.

U kyslíko-acetylenového plamene je:

- maximální teplota plamene $\sim 3150^{\circ}\text{C}$
- nejmenší plocha ohřevu $1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$
- hustota energie $5 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$

Kyslíko – acetylenový plamen.

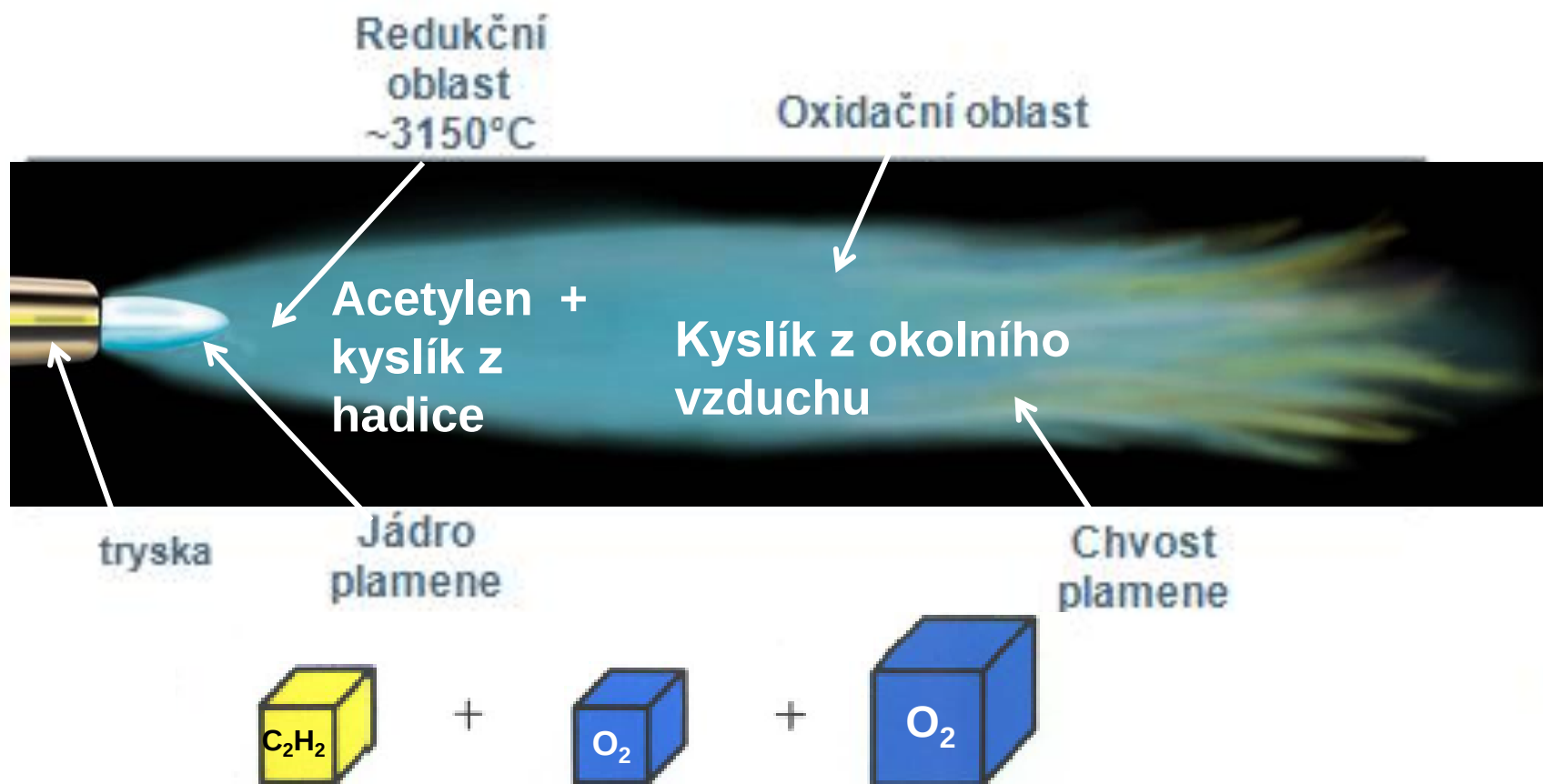
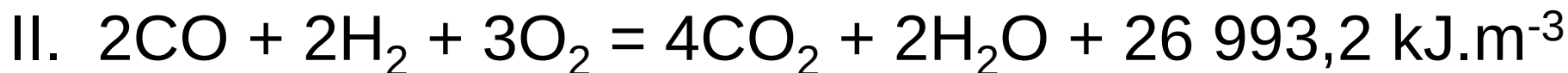
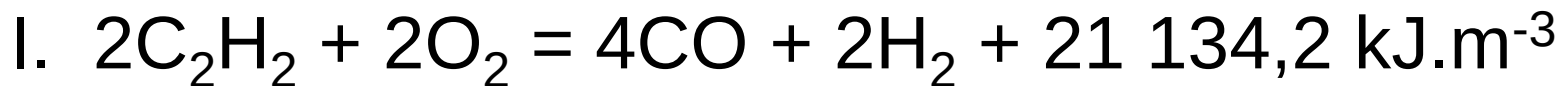
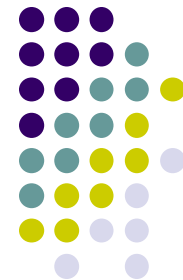


- Tento plamen se podle poměru kyslíku a acetylenu dělí na následující druhy:
- neutrální , poměr $O_2 : C_2H_2 = 1$ až $1,2$
- redukční, poměr $O_2 : C_2H_2 < 1$
- oxidační, poměr $O_2 : C_2H_2 \geq 1,2$

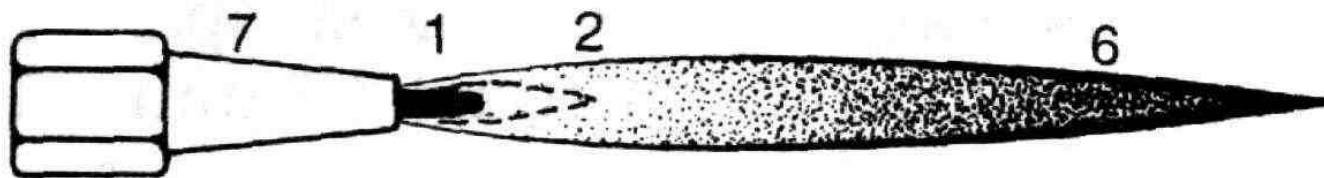
V neutrálním plameni je svařovací plamen ostře ohraničen a září oslnivě bíle.

Neutrálním plamenem se obvykle svařuje ocel.

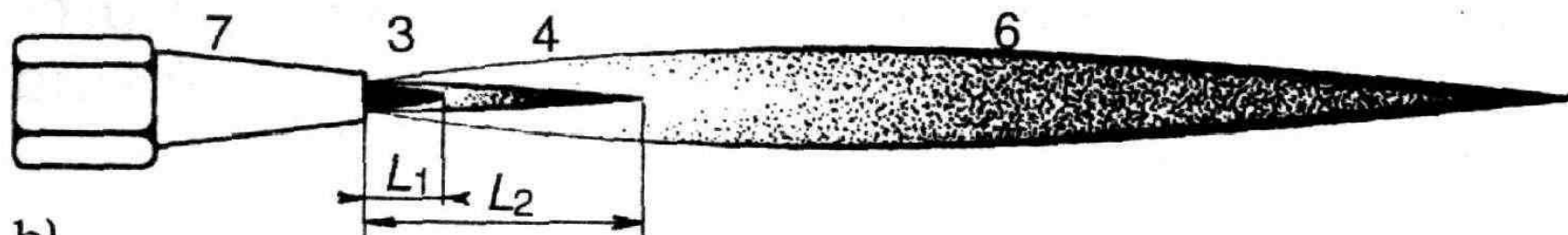
Kyslíko-acetylenový plamen



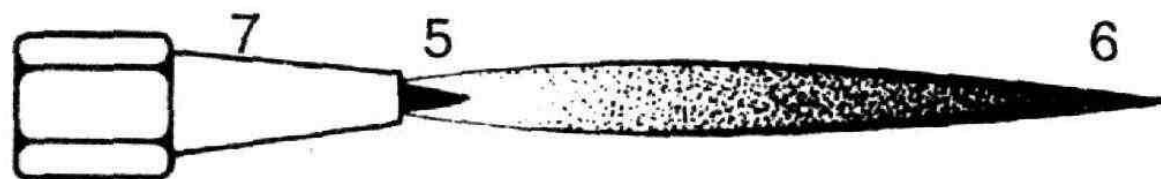
DRUHY PLAMENŮ



a)



b)



c)

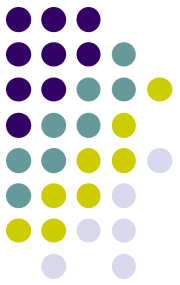
Svařování plamenem





DRUHY PLAMENŮ

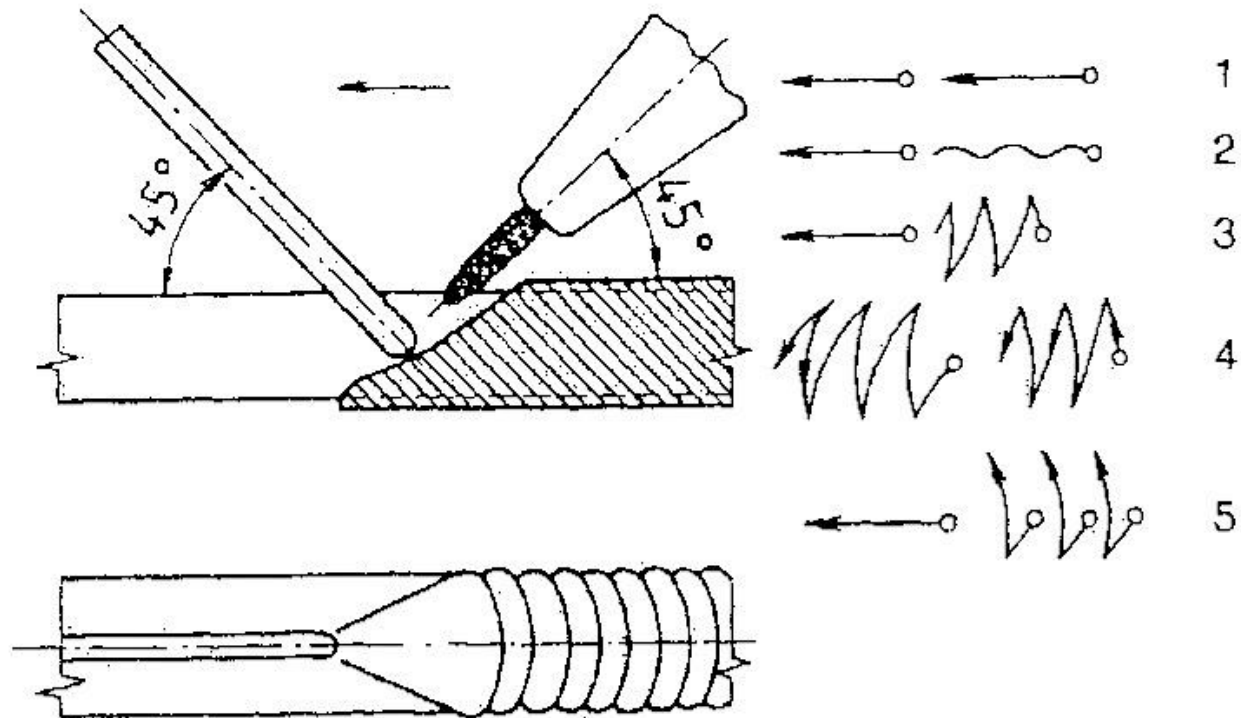
- Neutrální plamen se v praxi používá pro svařování ocelí slitin niklu, mědi a dále pro nahřívací plamen při řezání kyslíkem. Plamen s přebytkem acetyleny (přebytek acetyleny 5 až 15%) se používá pro svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin, k navařování tvrdokovů a k cementování plamenem. Přebytek acetyleny v plameni lze také určit podle délek svítících kuželů. Plamen s přebytkem kyslíku (přebytek kyslíku 5 až 20%) se používá pro svařování mosazi a bronzů.



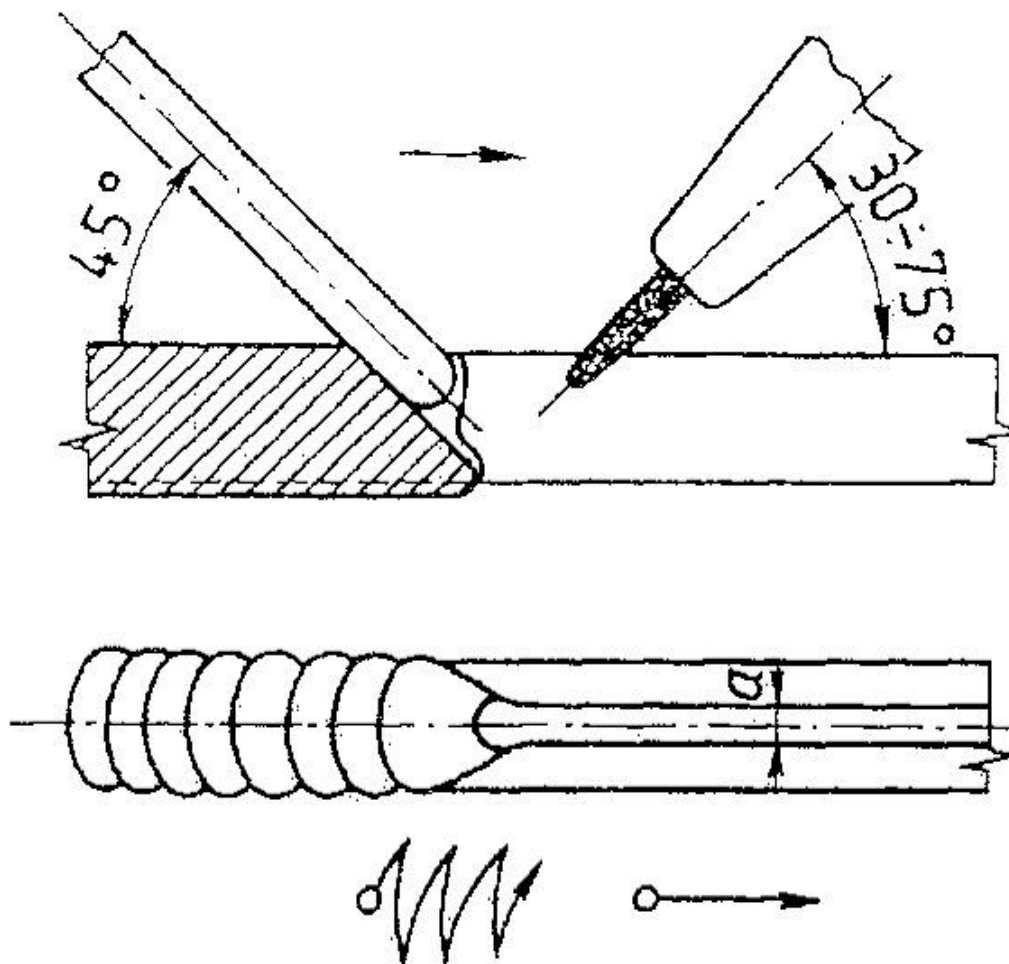
Svařování vpřed - tupý V svar

Vedení hořáku a drátu: 1- tenké plechy, 2- svar I do 4mm,

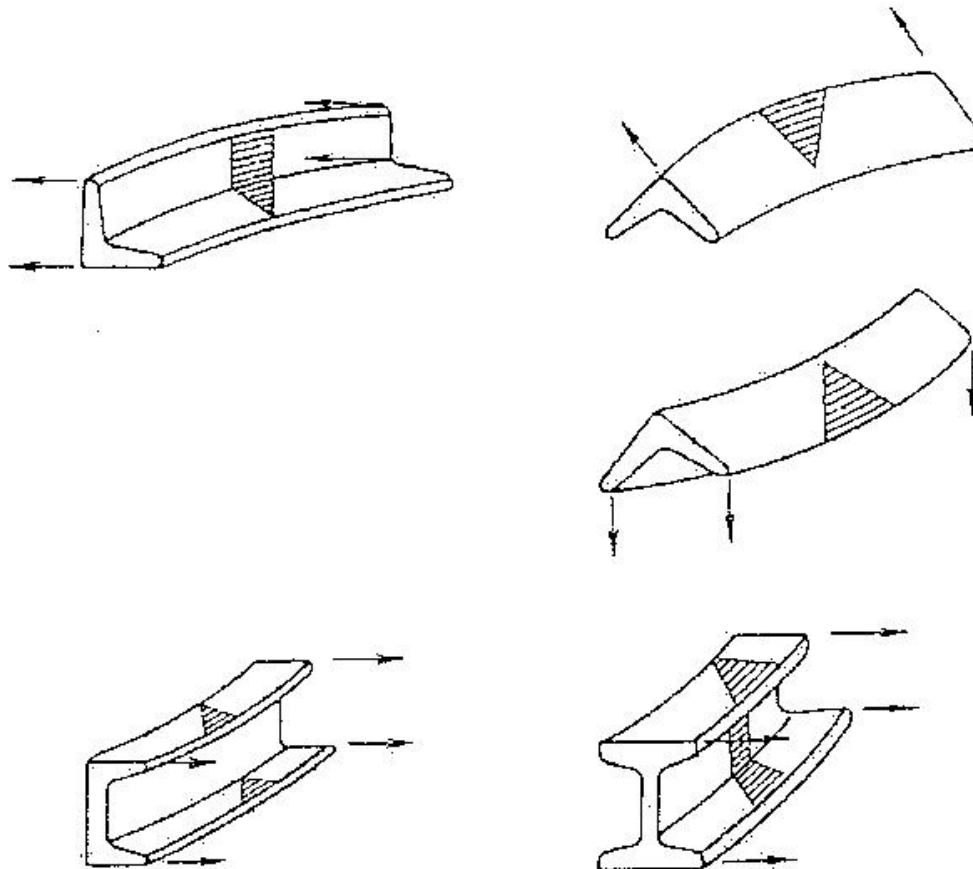
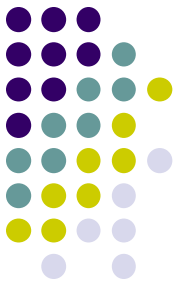
3- svar V do 8mm, 4- svar V nad 8mm, 5 nesprávné vedení hořáku



svařování vzad tupý V svar



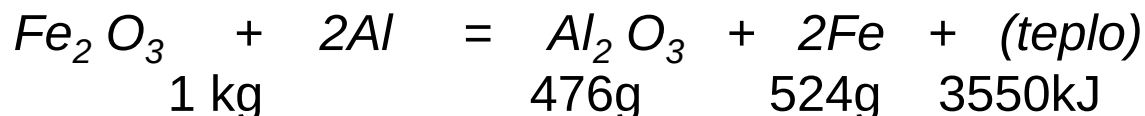
Rovnění plamenem



ALUMINOTERMICKÉ SVAŘOVÁNÍ

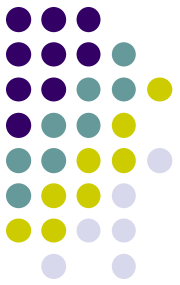


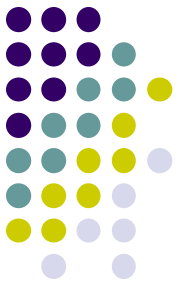
- Aluminotermické svařování využívá jako zdroje tepla aluminotermické reakce, která je svou povahou a tepelným zabarvením exotermickou reakcí. Při aluminotermickém svařování probíhá redukce oxidu železa hliníkem, přičemž získáme vysoko přehřátý kov se značným tepelným obsahem. Tento získaný kov slouží jednak jako zdroj tepla pro svařování a jednak jako přídavný materiál (svarový kov) pro svarový spoj.
- Pro vlastní svařování se v praxi používá aluminotermická dávka, která obsahuje:
oxidy kovů přídavného materiálu, hliník, legující přísady.
- Zápalná teplota směsi je 800 až 1100°C a délka trvání reakce je několik vteřin.
Výtěžnost aluminotermické dávky je v případě oceli přibližně 50% ocele a 50% strusky. Teplota vyredukovaného kovu je asi 2100 až 2200°C.
- Pro aluminotermické svařování oceli lze použít do aluminotermické dávky jeden ze tří oxidů, které tvoří železo. V případě použití oxidu železitého (Fe_2O_3) proběhne následující exotermická reakce:



ALUMINOTERMICKÉ SVAŘOVÁNÍ KOLEJNIC







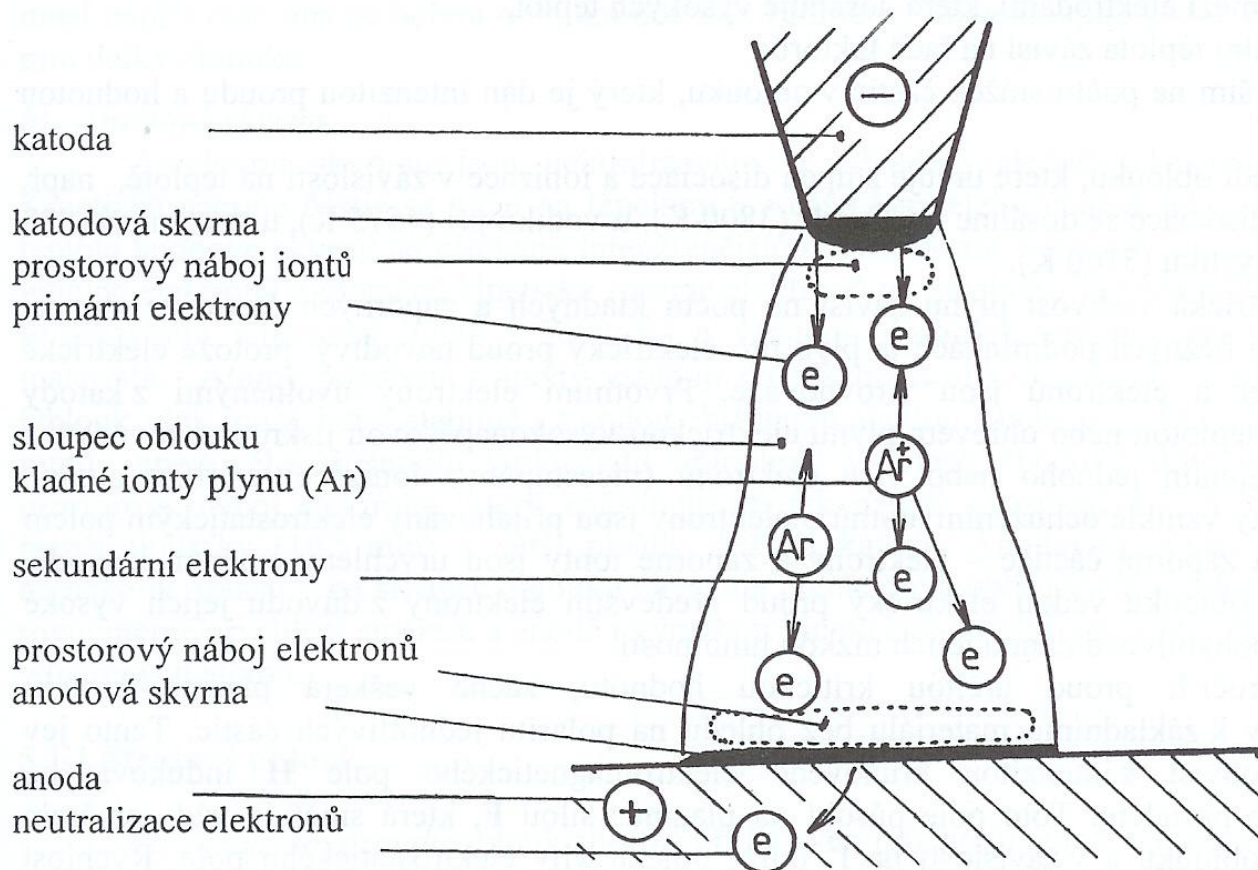


SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM



- ELEKTRICKÝ OBLOUK** Pro běžné metody svařování je charakteristické napětí $U = 10 - 50V$ na oblouku a svařovací proud v rozmezí $I = 10 - 2000 A$.

Části elektrického oblouku



Princip disociace a ionizace



Dvouatomový plyn

Jednoatomový plyn

H_2 (Vodík)

Ar (Argon)

Molekula

Atom

Energetická úroveň 1

3000-5000°

DISOCIACE

- 422 J/ atom

REKOMBINACE

+ 422 J/ atom

H

Atom

Atom

H

Energetická úroveň 2

8000-10 000 °C

IONIZACE

12 000 -
20 000 °C

Proton

H^+

H^+

Proton

Proton

Ar^+

+ e^-

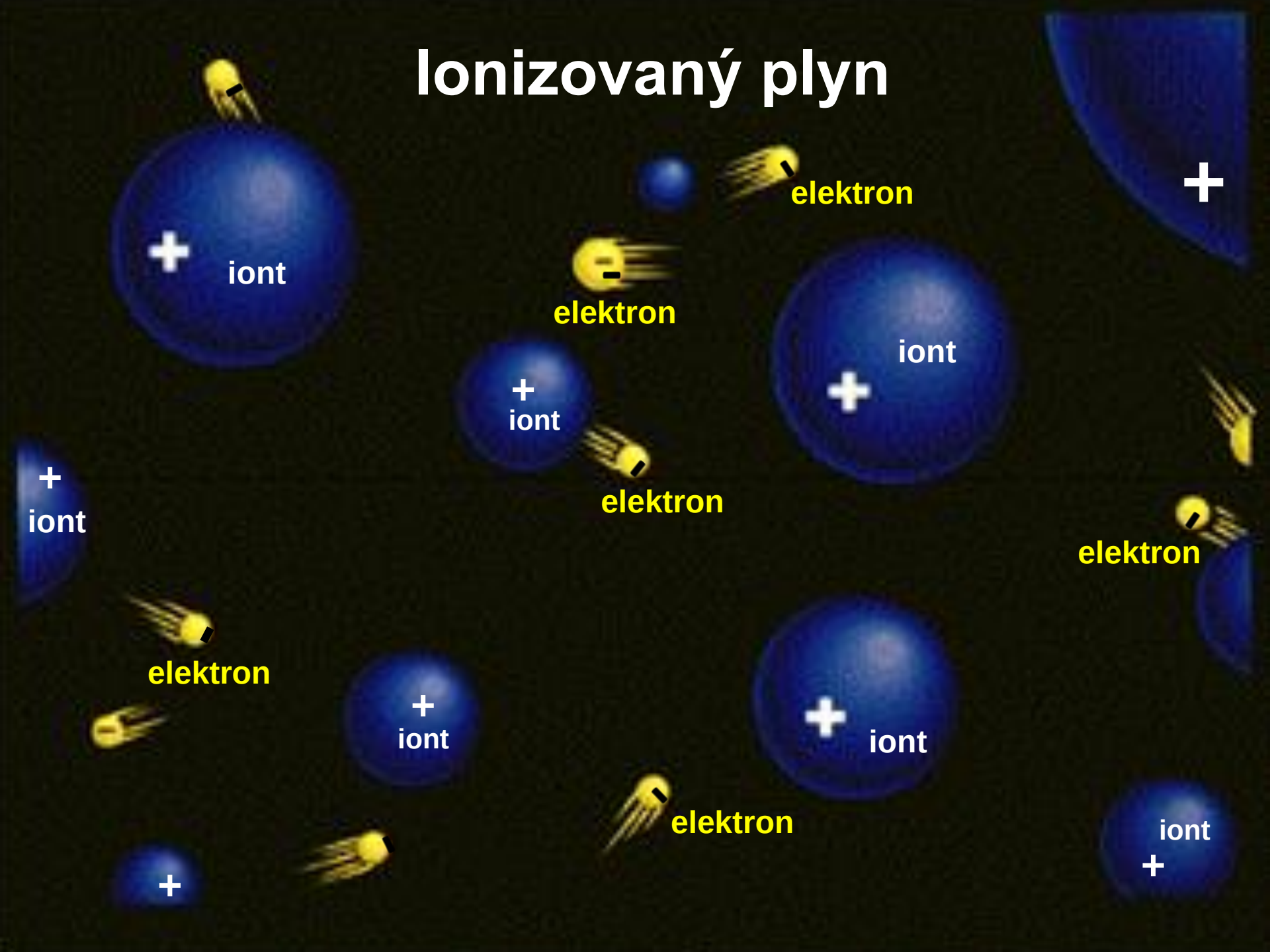
(Elektricky vodivý plyn)

+ e^-

+ e^-

Plazma

Ionizovaný plyn





- Tepelné účinky
oblouku- tepelná
bilance
- Mechanické účinky –
tlak plazmatu
- Síly působící v
oblouku na kapku
kovu

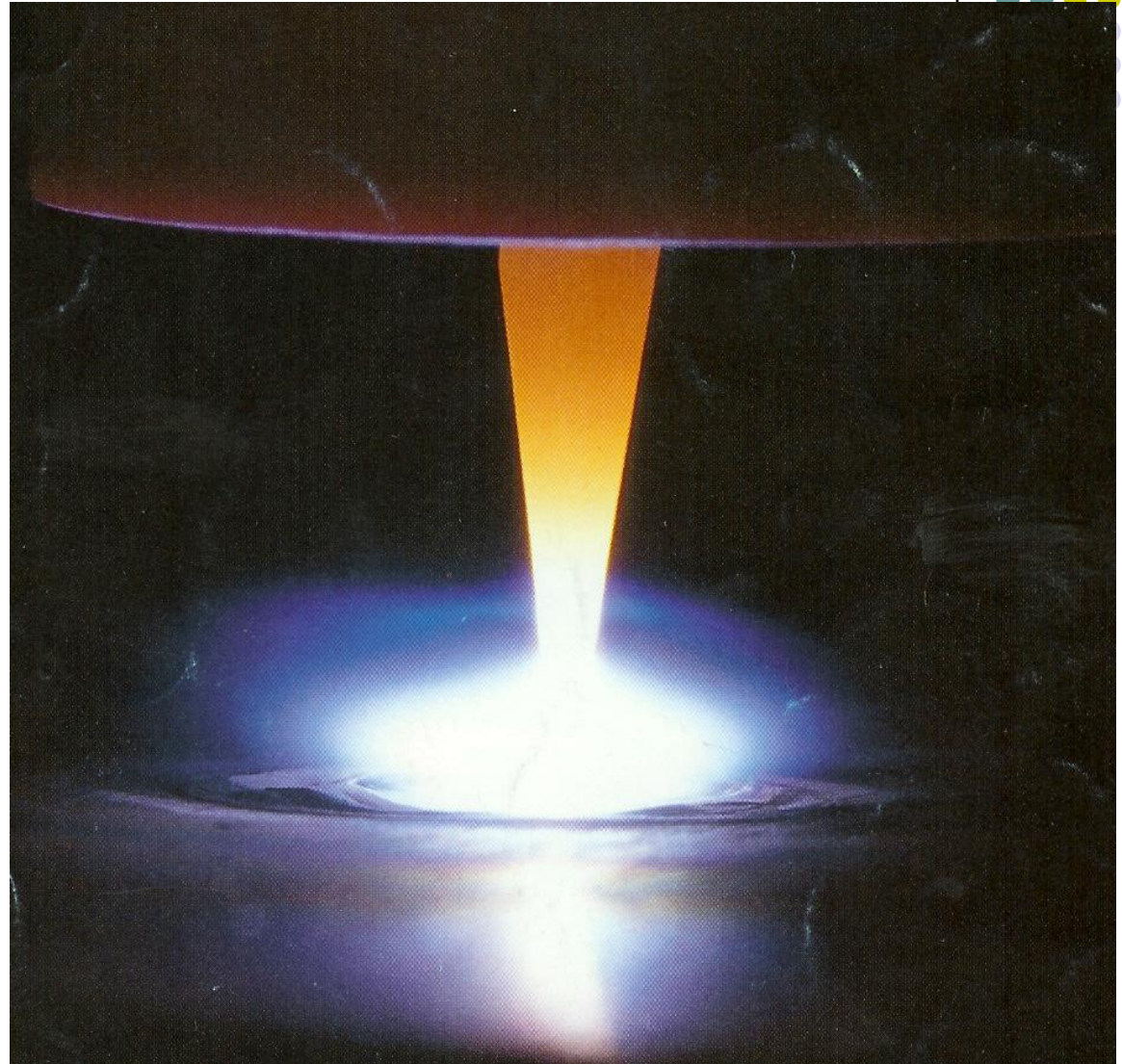
Povrchové napětí

Tlak par

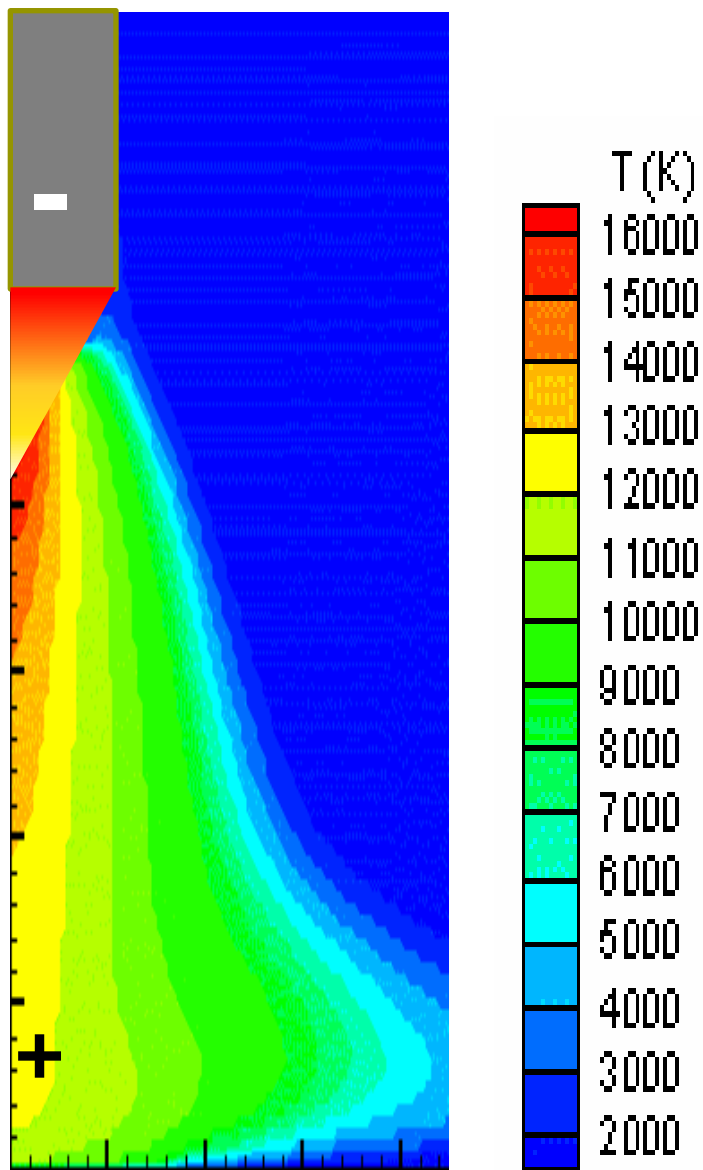
Elektromagnetická
síla

Gravitační síla

Hydrodynamická síla



Teploty v elektrickém oblouku



Maximální teploty oblouku jsou ve středu sloupce oblouku a k okraji postupně klesají, přičemž nejvyšší teplota je těsně pod katodovou skvrnou, kde dosahuje až **16 000 °C.**

**Obalená elektroda 4 200 – 6 400 °C,
Pod tavidlem 6 200 – 7 800 °C,
TIG (WIG) 6 500 – 9 000 °C,
MIG/MAG 8 000 – 15 000 °C.**

VLIV FREKVENCE TRANSFORMACE NA VELIKOST TRANSFORMÁTORU

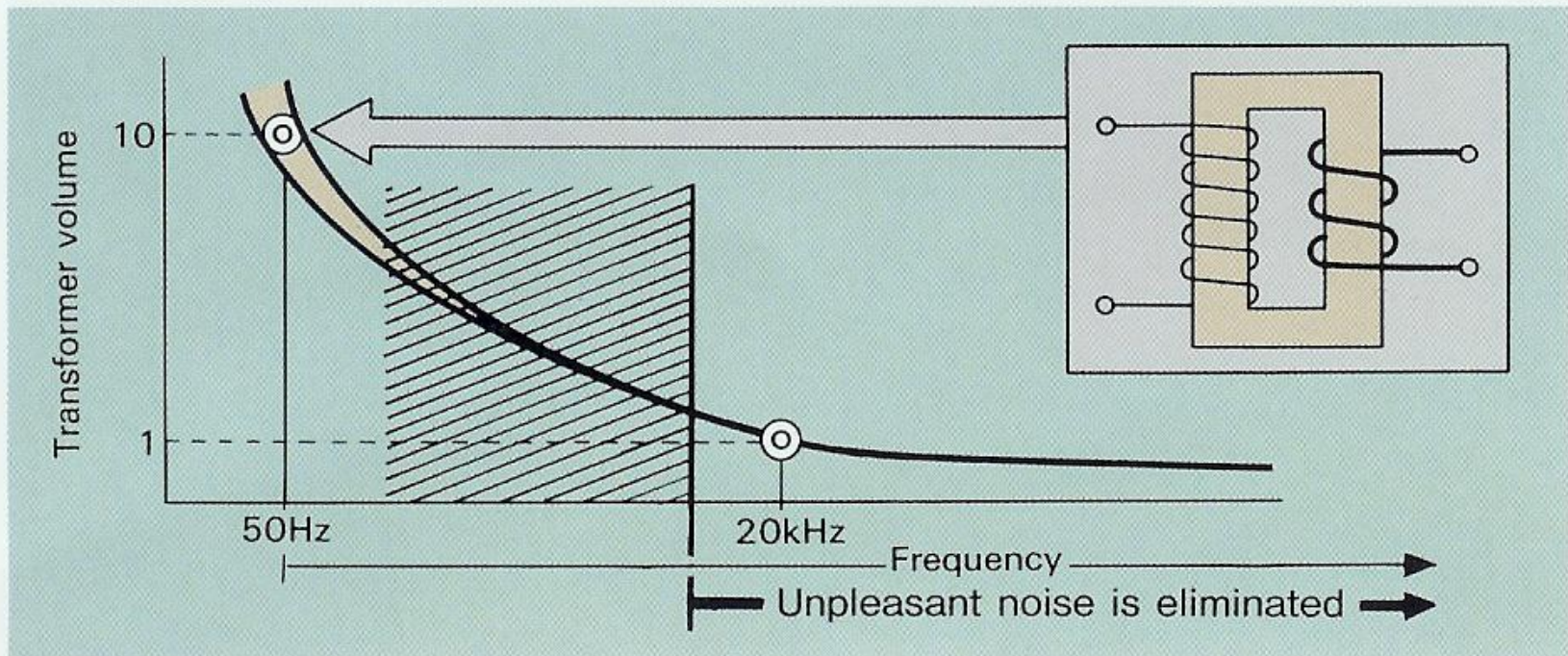
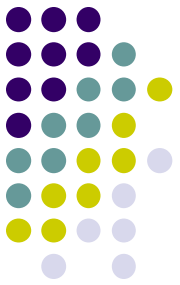
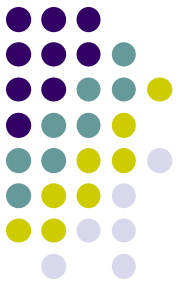
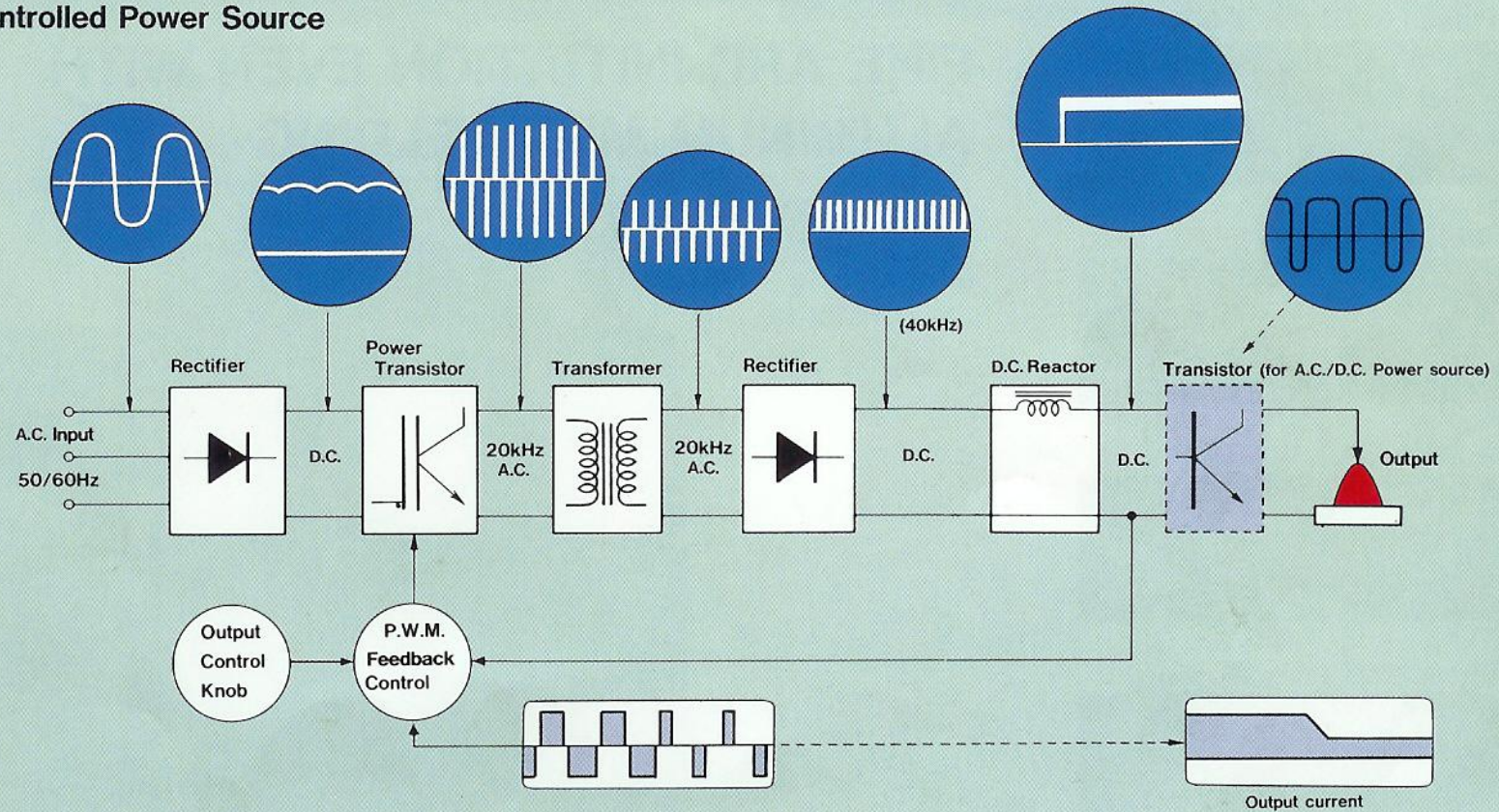
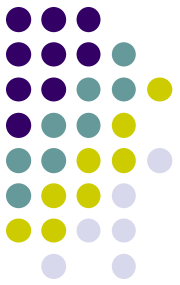


SCHÉMA INVERTORU



Inverter Controlled Power Source

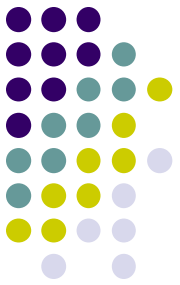


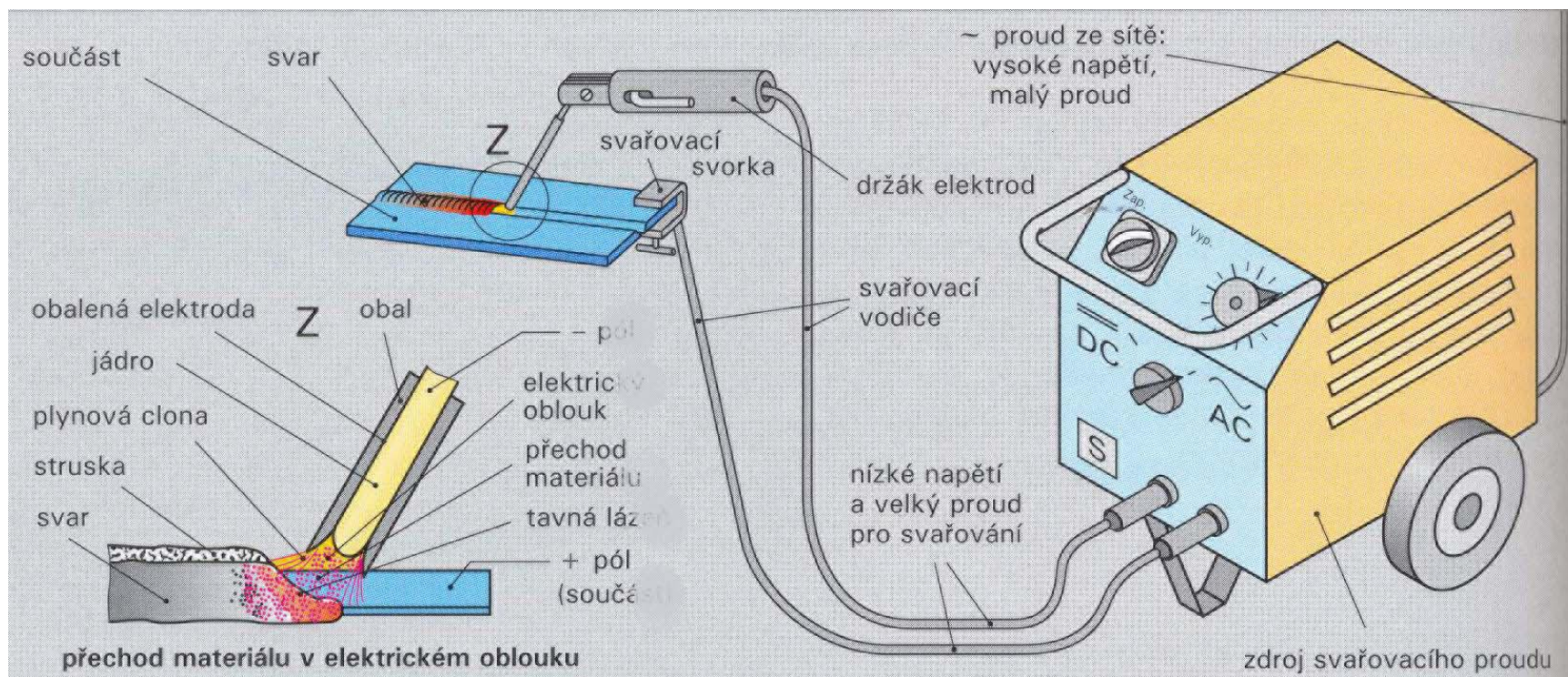


SVAŘOVÁNÍ RUČNÍ OBALENOU ELEKTRODOU

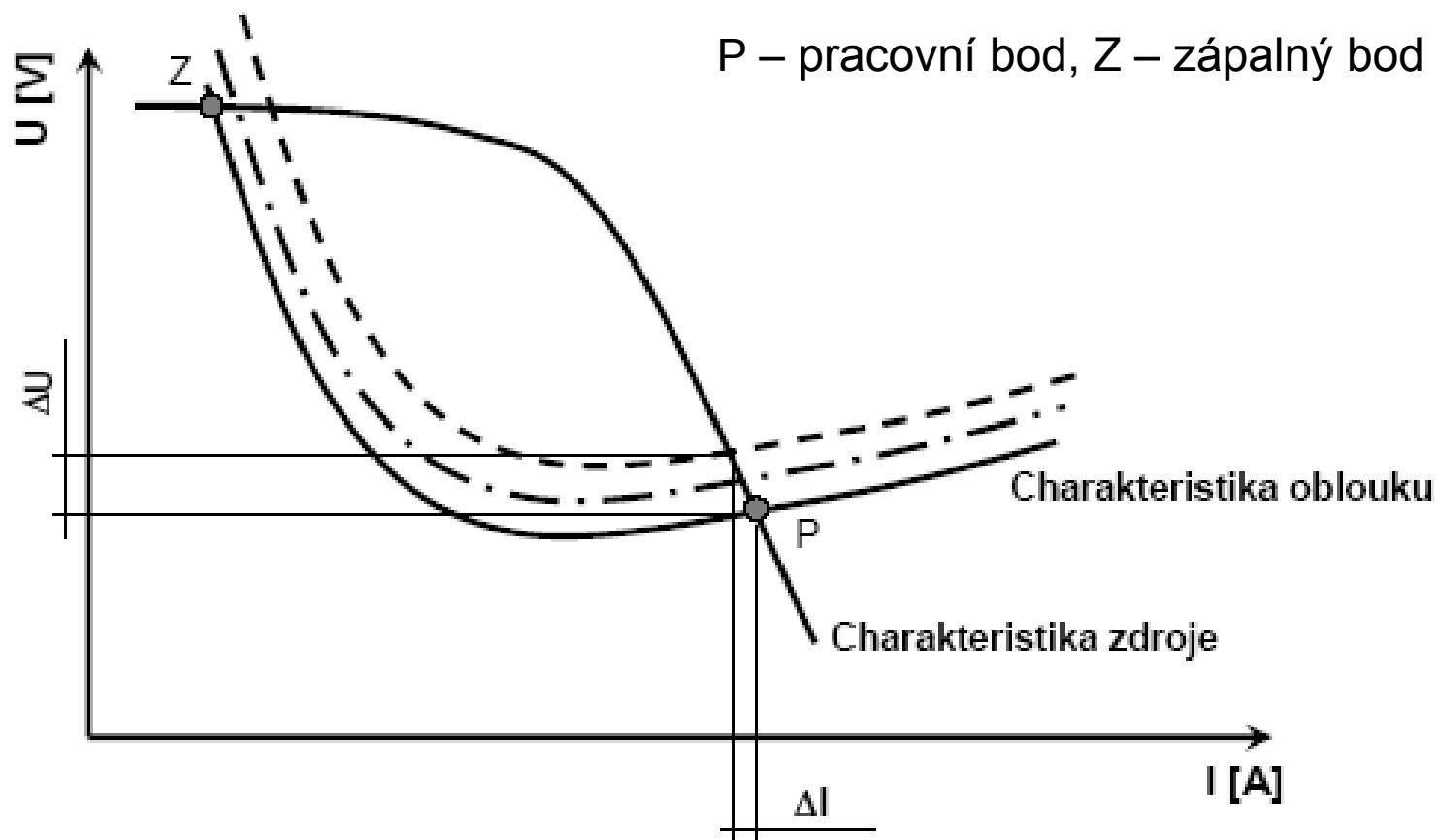
111.



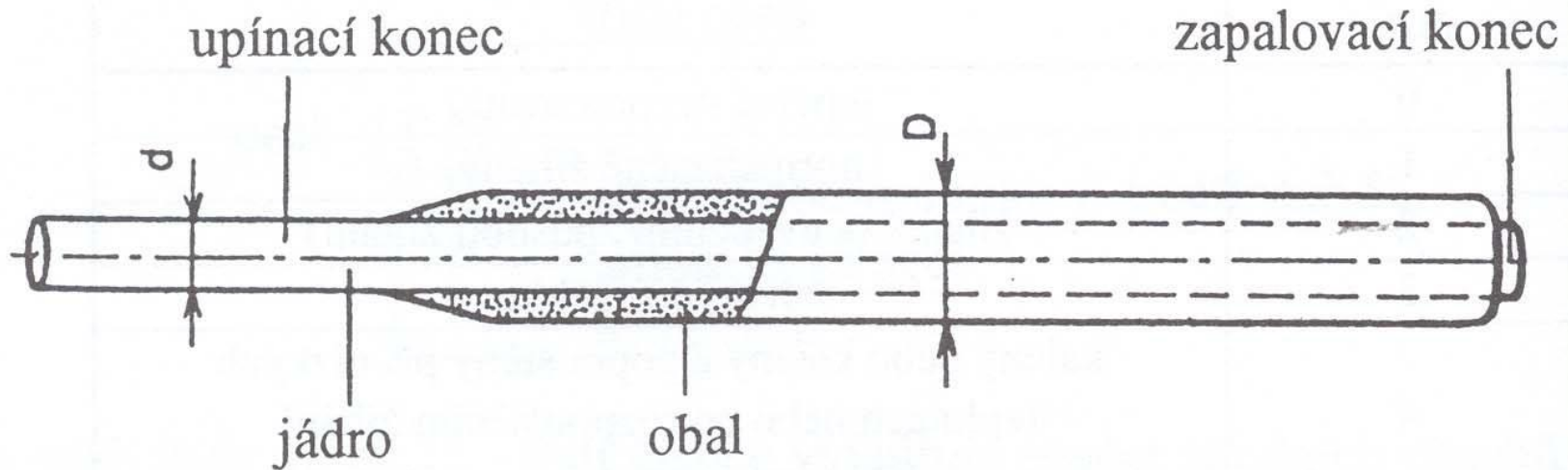
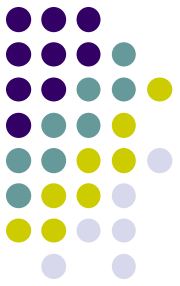




V – A charakteristika zdroje a oblouku



Svařovací elektrody



Elektrody se skládají z jádra (složení jádra pro jednu skupinu ocelí stejné) a z obalu elektrody.

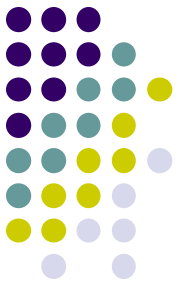
Jádro elektrody tvoří drát průměru 1,6 2,0 2,5 3,2 4,0 5,0 a 6,3 mm.



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, např. celulóza, tepelný rozklad CaCO_3 na CO_2 a CaO ,
- - **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) pomocí CaO se váže síra na CaS a manganem se váže na MnS , *desoxidace* (snížení O_2) pomocí prvků s vyšší afinitou ke kyslíku jako má Fe, např.: Mn, Si, Ti, Al. Vznikají oxidy MnO , SiO_2 , ..., které vyplouvají do strusky. a *legování* (především prvků náchylných k propalu – Cr, Mo, Ti, Ni, V atd.)



Podle složení obalu rozdělujeme elektrody na:

- - stabilizační S,
- - rutilové označení R,
- - rutil-celulozové označení RC,
- - rutil-kyselé označení RA,
- - rutil- bazické označení RB,
- - tlustostěnné rutilové označení RR,
- - kyselé označení A,
- - bazické označení B,
- - celulosové C,

Druhy obalů dle chemického složení

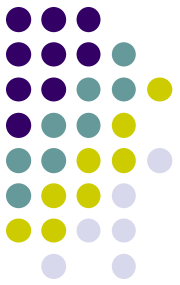


Kyselý

- - obsahuje Fe a Mn rudy, křemičitany, SiO_2 – komponenty s kyselou reakcí
- - vhodné pro střídavý i stejnosměrný (-) svařovací proud
- - snáší vysoké proudové zatížení – vysoký odtavovací výkon a velký průvar
- - zhoršené operativní vlastnosti pro svařování v polohách
- - svar. kov náchylný na vznik krystalických trhlin

Bazický

- - obsahuje Vápenec, Kazivec, Mramor, CaO , MgO , Fe prášek – zásadité reakce
- - nejpoužívanější elektrody – zaručují svarový kov vysoké celistvosti a nejlepší plastické vlastnosti – dynamicky zatížené konstrukce
- - vhodné pro stejnosměrný proud (+) jinak oblouk hoří nestabilně
- - vysoká rafinační schopnost strusky – vysoká čistota svarového kovu
- - hustá struska umožňuje svařování v polohách
- - formování svaru je horší, výkonové vlastnosti nižší
- - tavením obalu vznikají zdraví škodlivé plyny – nutné odsávání
- - nevýhodou obalu je schopnost pohlcovat vlhkost – nutné vysoušení



Rutilový

- - obsahují jako základní složku TiO_2 – oxid titaničitý (rutil)
- - vhodné pro svařování střídavým i stejnosměrným (+) proudem
- - vyznačují se velmi dobrými svařovacími schopnostmi , svarový kov má jen o málo menší pevnostní a plastické vlastnosti než bazický obal
- - rutilové elektrody jsou schopné překlenout i větší mezery - montáže
- - svařovací proces má požadovanou stabilitu ve všech polohách

Organický

- - obsahují Celulózu, škrob, rašelinu
- - význam mají při ochraně svarové lázně před okolní atmosférou
- - obal produkuje hodně plynů, ale málo strusky

kombinované obaly :

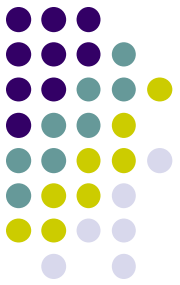
- - rutil - organický
- - rutil - kyselý
- - rutil - bazický

Nastavení svařovacího proudu



- Svařovací proud může svářeč nastavit podle údajů výrobce elektrod. Nemá-li k dispozici údaje o velikosti svařovacího proudu může použít následujících empirických údajů:
- - pro elektrody s kyselým a rutilovým obalem činí svařovací proud $I(A) = (40 \text{ až } 55) \cdot d$
- - pro elektrody s bazickým obalem činí svařovací proud $I(A) = (35 \text{ až } 50) \cdot d$
- kde d - je průměr jádra elektrody

Využití metody 111

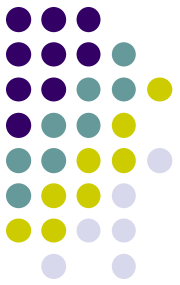


- Stavby budov, mostních konstrukcí, lodí, těžních plošin, armovacích ocelových prutů do betonu.
- Svařování plynovodů a ropovodů v liniové části i regulačních stanicích.
- Navařování v renovacích.
- Tlakové nádoby.
- Drobné zámečnické práce.



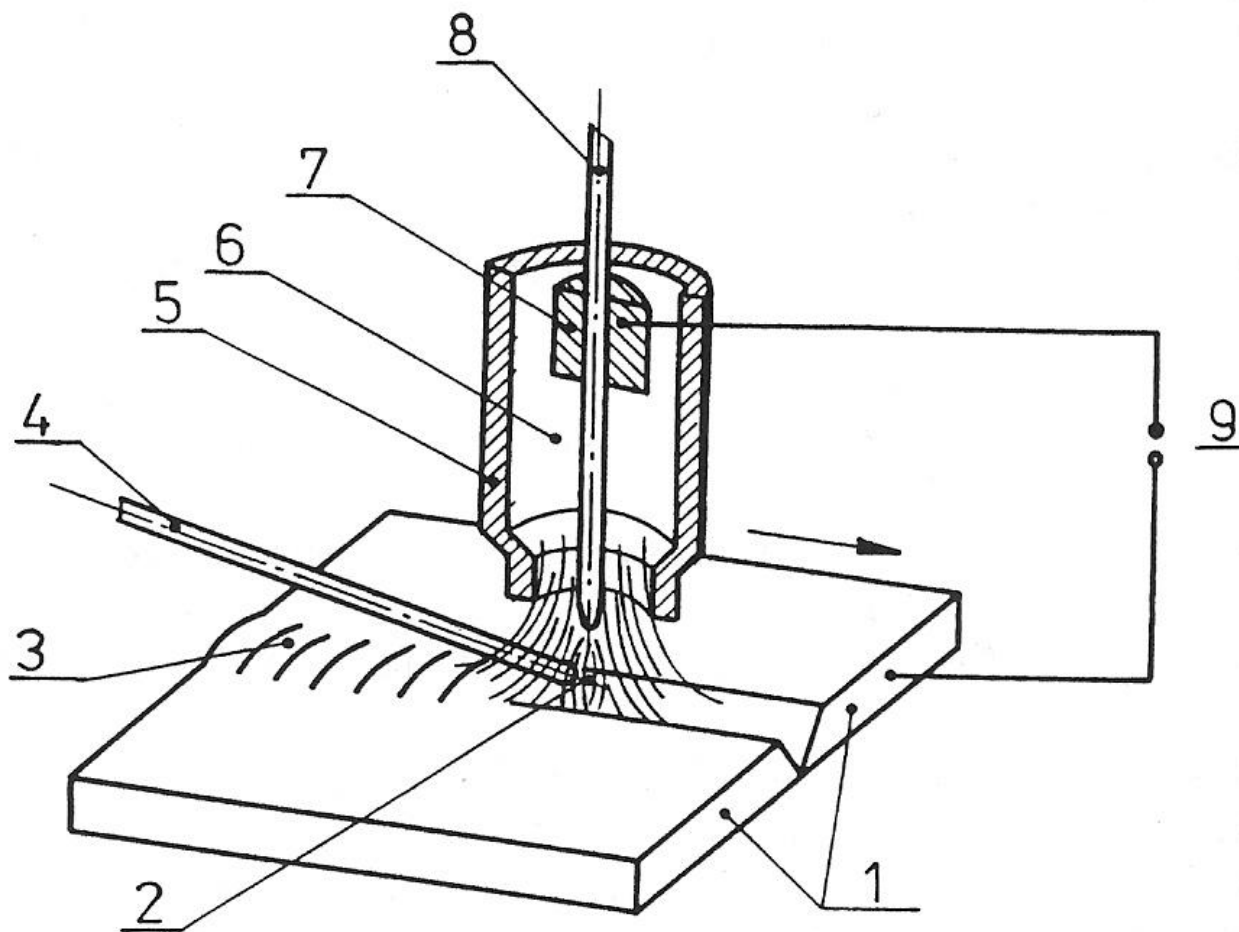


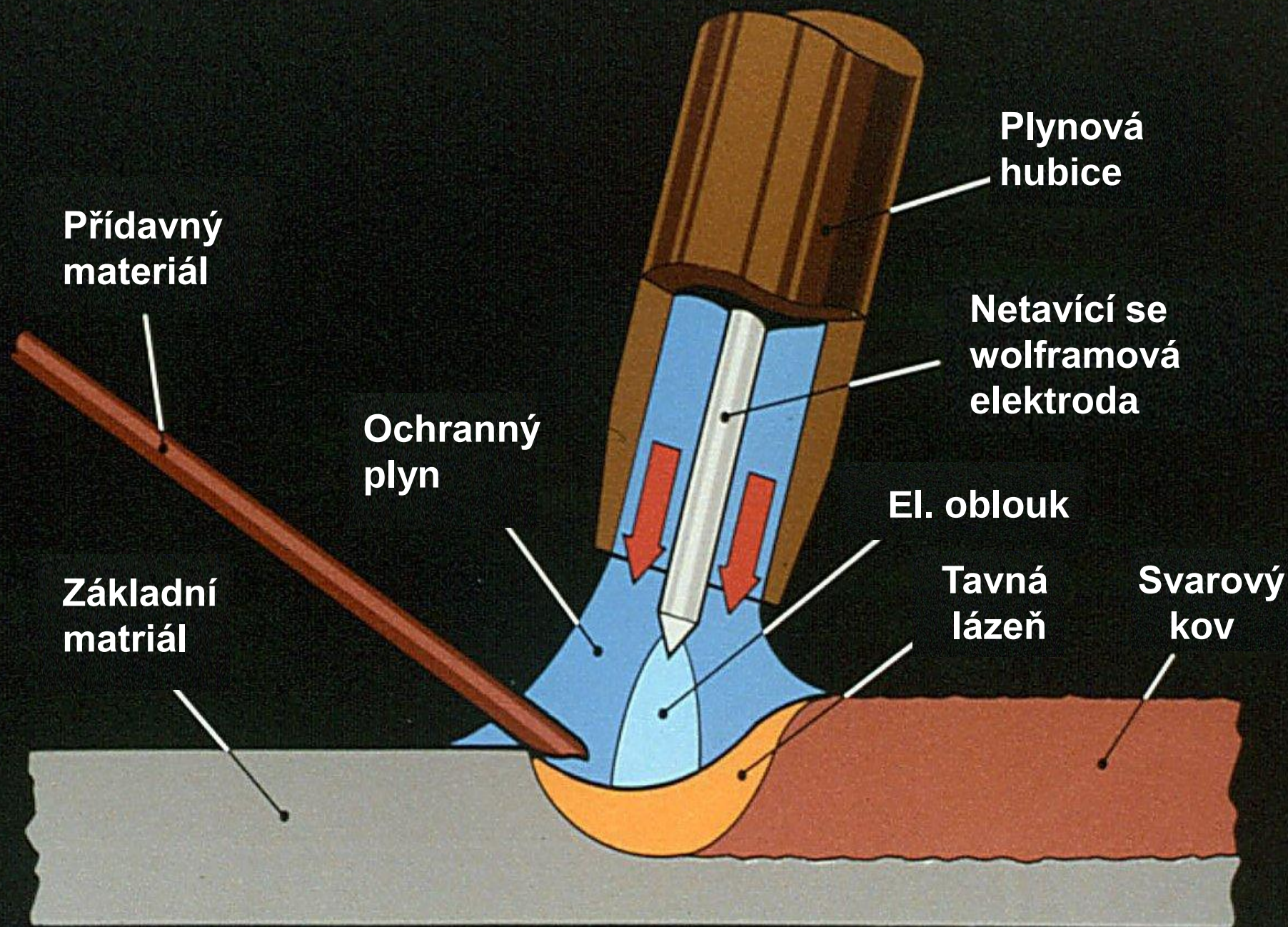
OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÝCH ATMOSFÉRÁCH.



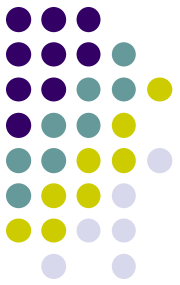
- **WIG** Wolfram Inert Gas (něm.)
Svařování netavící se wolframovou elektrodou v inertním plynu. V angličtině je metoda označena zkratkou **TIG** – Tungsten IG.
- **MIG** Metal Inert Gas (něm.) Svařování tavící se kovovou elektrodou v inertním plynu.
- **MAG** Metal Activ Gas (něm.) Svařování tavící se kovovou elektrodou v aktivním plynu.

PRINCIP SVAŘOVÁNÍ WIG (TIG) 141.



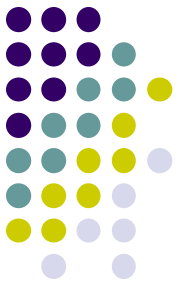






Svařování WIG má proti jiným metodám tavného svařování tyto metalurgické a technologické výhody:

- inertní plyn zabezpečuje efektivní ochranu svarové lázně a přehřáté oblasti základního materiálu před účinky vzdušného kyslíku,
- inertní plyn zabraňuje propalu prvků a tím i vzniku strusky - výsledkem je čistý povrch svaru,
- vytváří velmi příznivé formování svarové housenky na straně povrchu i kořenové části svaru,
- nevyžaduje použití tavidel, ale lze je použít,
- vytváří elektrický oblouk vysoké stability v širokém rozsahu svařovacích proudů,

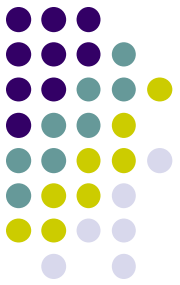


- zajišťuje vysokou operativnost při svařování v polohách,
- zabezpečuje svary vysoké celistvosti i na materiálech náchylných na naplynění a oxidaci při zvýšených teplotách,
- jednoduchá obsluha a přesná regulace parametrů svařování,
- svarová lázeň je viditelná a snadno ovladatelná,
- možnost velmi přesného dávkování množství tepla vneseného do svaru,
- svařovací oblouk je velmi flexibilní – jeho tvar a směr lze snadno ovládat magnetickým polem.

Nevýhody TIG:

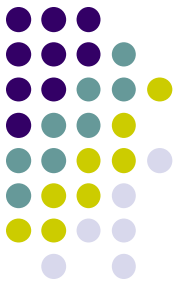
- větší tepelné ovlivnění i deformace než MIG/MAG metoda
- ekonomicky nevýhodné

Svařování WIG se používá v těchto oblastech:



- svařované konstrukce z vysokolegovaných ocelí pro chemický, farmaceutický a potravinářský průmysl, klasickou i jadernou energetiku
- žárupevné a žáruvzdorné oceli pro stavbu kotlů, tepelných výměníků a pecí
- titanové a speciální slitiny v oblasti výroby letadel a kosmické techniky
- svařování hliníkových slitin v oblasti dopravní techniky i všeobecného strojírenství.

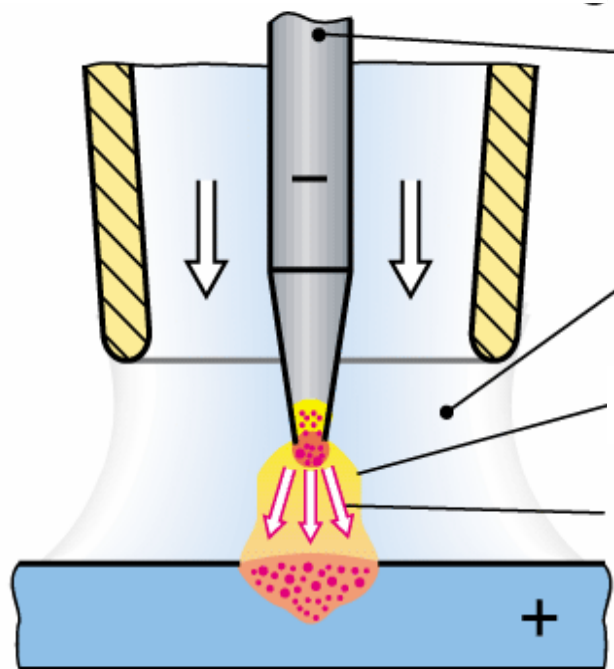
Ovládací panel



Druhy svařovacího proudu



Stejnoseměrný proud



Wolframová elektroda

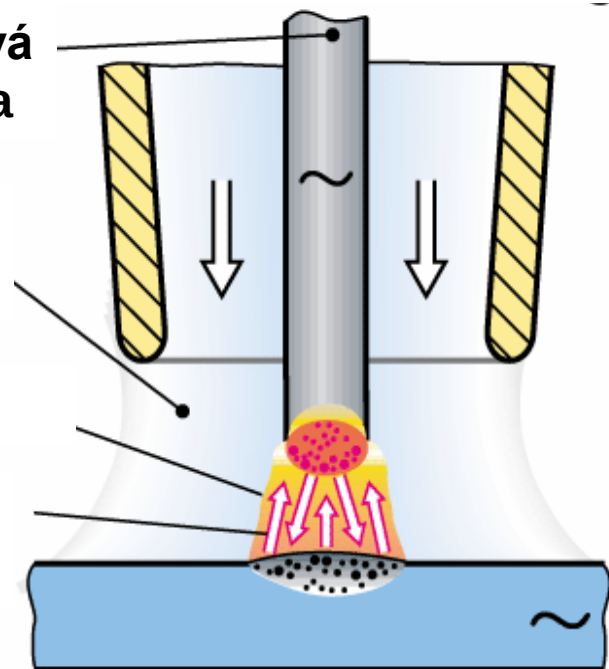
Ochranný plyn

El. oblouk

Tok elektronů

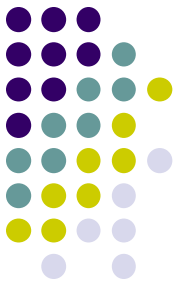
Použití pro :
Ocel, CrNi oceli, Měď

Střídavý proud



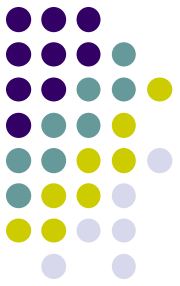
Použití pro :
Hliník a jeho slitiny

Svařování stejnosměrným proudem.



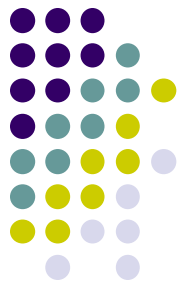
- **Svařování stejnosměrným proudem s přímou polaritou se používá pro spojování všech typů ocelí, mědi, niklu, titanu a jejich slitin .**
- Při tomto zapojení je elektroda připojená k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál na kladný (přímé zapojení). Rozdělení tepla oblouku je nerovnoměrné a přibližně $\frac{1}{3}$ tepla připadá na elektrodu a $\frac{2}{3}$ celkového tepla se přenáší do základního materiálu.

Svařování střídavým proudem.



- Svařování střídavým proudem se používá z důvodu čistícího účinku, při kladné polaritě elektrody na svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin. Výrazným problémem při svařování hliníku je vrstva oxidu hlinitého, která chrání za běžných podmínek hliník proti další oxidaci. Vrstvička Al_2O_3 má však vysokou teplotu tavení $2050\text{ }^{\circ}\text{C}$ a brání spojení tavné lázně.

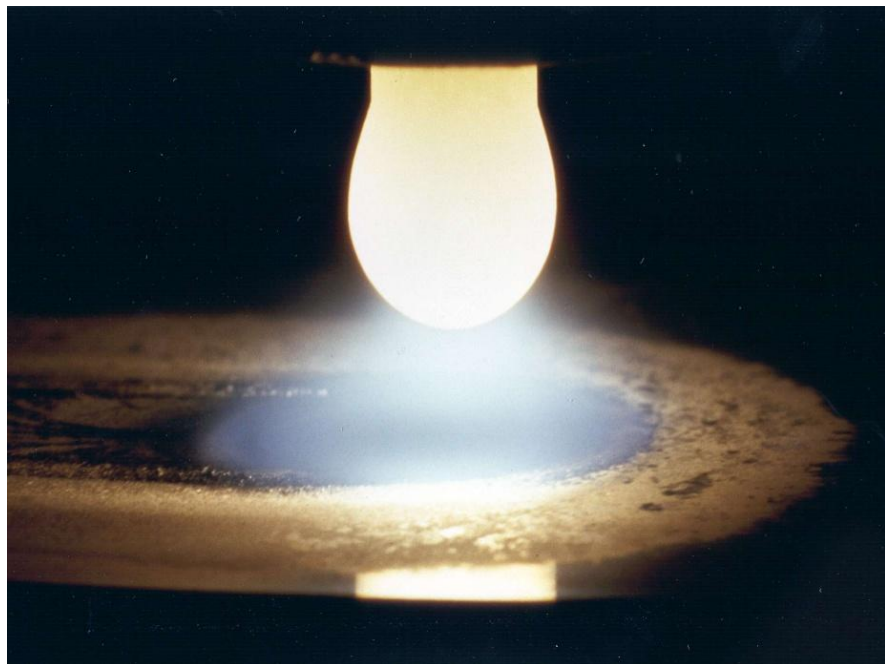
- Čistící účinek vzniká při zapojení elektrody na kladný pól zdroje. Na základním materiálu se vytvoří katodová skvrna, která není stabilní a pohybuje se na místa pokrytá oxidy. Tato místa mají nižší emisní energii pro emisi elektronů a po zasažení katodovou skvrnou se oxidy snadněji odpaří. Druhá forma čistícího účinku se projevuje při rozložení argonu na kladné ionty a elektrony. Argonové ionty o relativně vysoké hmotnosti, které jsou urychlené směrem k tavné lázni, působí na oxidy mechanickým účinkem. Dynamickým účinkem tohoto proudu dochází ke stažení vrstvy oxidu k okraji svarové lázně. Při kladném zapojení elektrody vzniká pouze malý závar. Vysoká hloubka závaru se dosahuje při zapojení elektrody na záporném pólu zdroje, kdy a do tavné lázně dopadají urychlené elektrony. Poměr kladné a záporné periody lze měnit funkcí – [balance](#).



Čisticí účinek TIG střídavého proudu



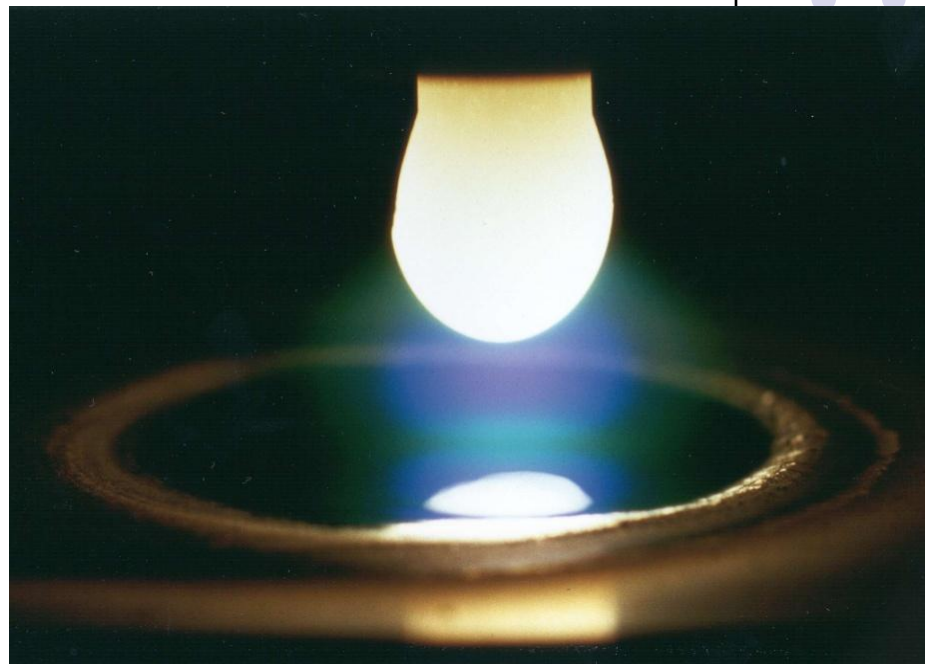
Kinetická energie iontů plynu argonu⁺ a helia⁺



Argon

$I = 180 \text{ A}$

$U = 18 \text{ V}$



Helium

$I = 180 \text{ A}$

$U = 27 \text{ V}$

TIG svařování AlMg3 střídavým proudem

WT 20, Ø 4,0 mm

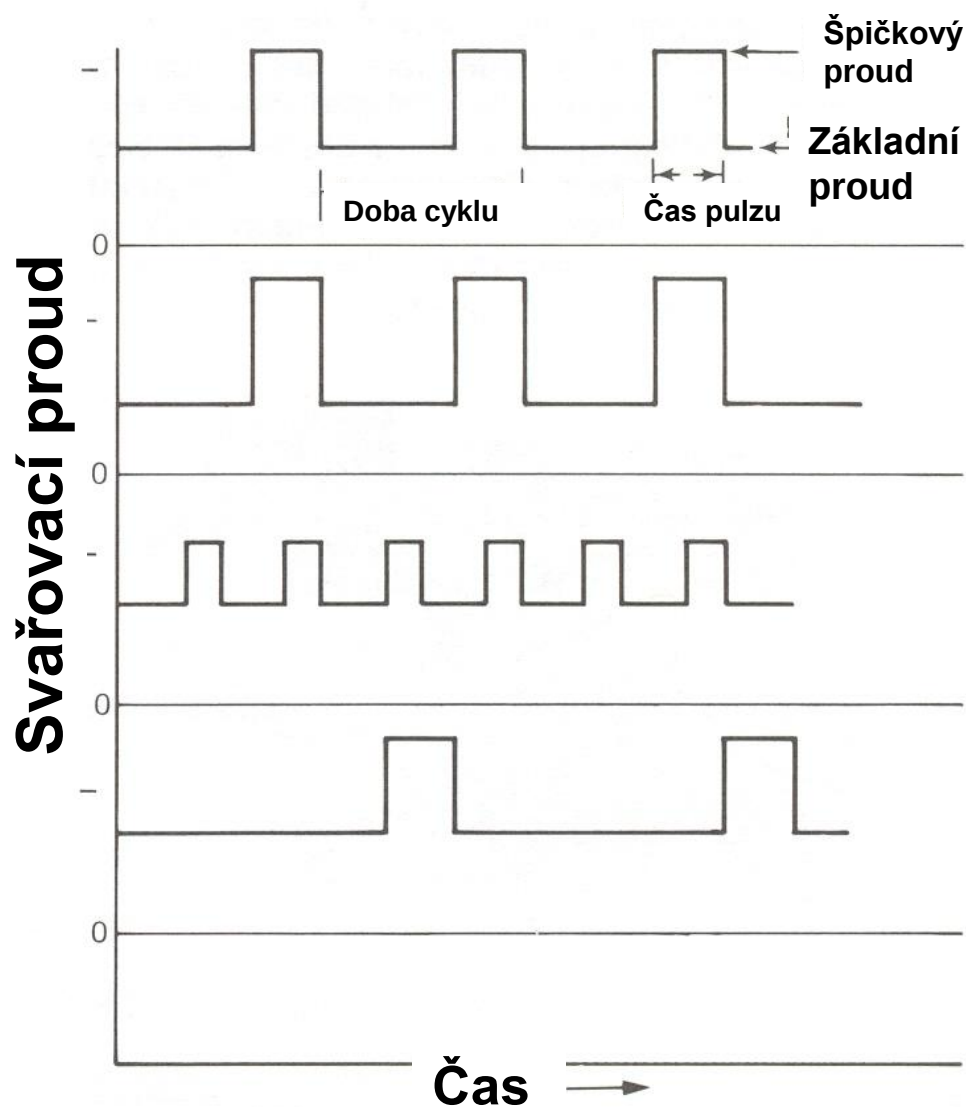
$v_s = 25 \text{ cm/min}$

Svařování impulsním proudem.



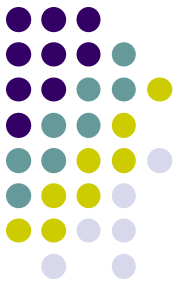
- Impulsní svařování je nejnovější variantou WIG svařování, při kterém se intenzita proudu mění pravidelně s časem mezi dvěma proudovými hladinami a to základním proudem I_z a impulsním proudem I_p

Pulzní proud



**Svar zhotovený
v pulzním režimu**

Výhody impulsního svařování:



- lepší celistvost, mechanické a plastické vlastnosti svarů
- snížení tepelného ovlivnění materiálu a tím menší deformace
- velmi dobré formování a vzhled svarové housenky
- snížení náchylnosti svarů na vznik mezikrystalické koroze u vysokolegovaných ocelí
- výhodný průřez svaru
- možnost svařování plechů tl. 0,5 až 5 mm bez použití podložek
- široká oblast regulace svařovacího proudu

NETAVÍCÍ SE WOLFRAMOVÉ ELEKTRODY.



- Netavící se elektrody používané při svařování WIG se vyrábějí ze spékaného wolframu, který má teplotu tavení 3380°C , teplotu varu 5700°C , měrný elektrický odpor $5,36 \cdot 10^{-8}$ ohmů a hustotu $19,1\text{ g cm}^{-3}$.
- Elektrody se vyrábějí čisté bez příměsí o čistotě 99,9 % W, nebo legované oxidy kovů – thoria (Th), lanthanu (La), ceru (Ce), zirkonu (Zr) nebo yttria (Y), které jsou v elektrodě rovnoměrně rozptýleny. Přísada oxidů snižuje teplotu ohřevu elektrody o 1000°C , zvyšuje životnost, zlepšuje se zapalování oblouku a jeho stabilitu díky zvýšené emisi elektronů.

Značení a složení wolframových elektrod

Označení elektrody	Barva	Legování
WP	zelená	čistý wolfram 99,8%
WT 10	Žlutá	thorium 1% ThO ₂
WT 20	Červená	thorium 2% ThO ₂
WT 30	Fialová	thorium 3% ThO ₂
WT 40	oranžová	thorium 4% ThO ₂
WC 20	šedá	cerium 2,0% CeO ₂
WL 10	černá	lanthan 1,0% LaO ₂
WL 15	zlatá	lanthan 1,5 % LaO ₂
WL 20	modrá	lanthan 2,0% LaO ₂
WZ 08	bílá	zirkon 0,8% ZrO ₂

Správná úprava wolframových elektrod



Nízká proudová zátěž

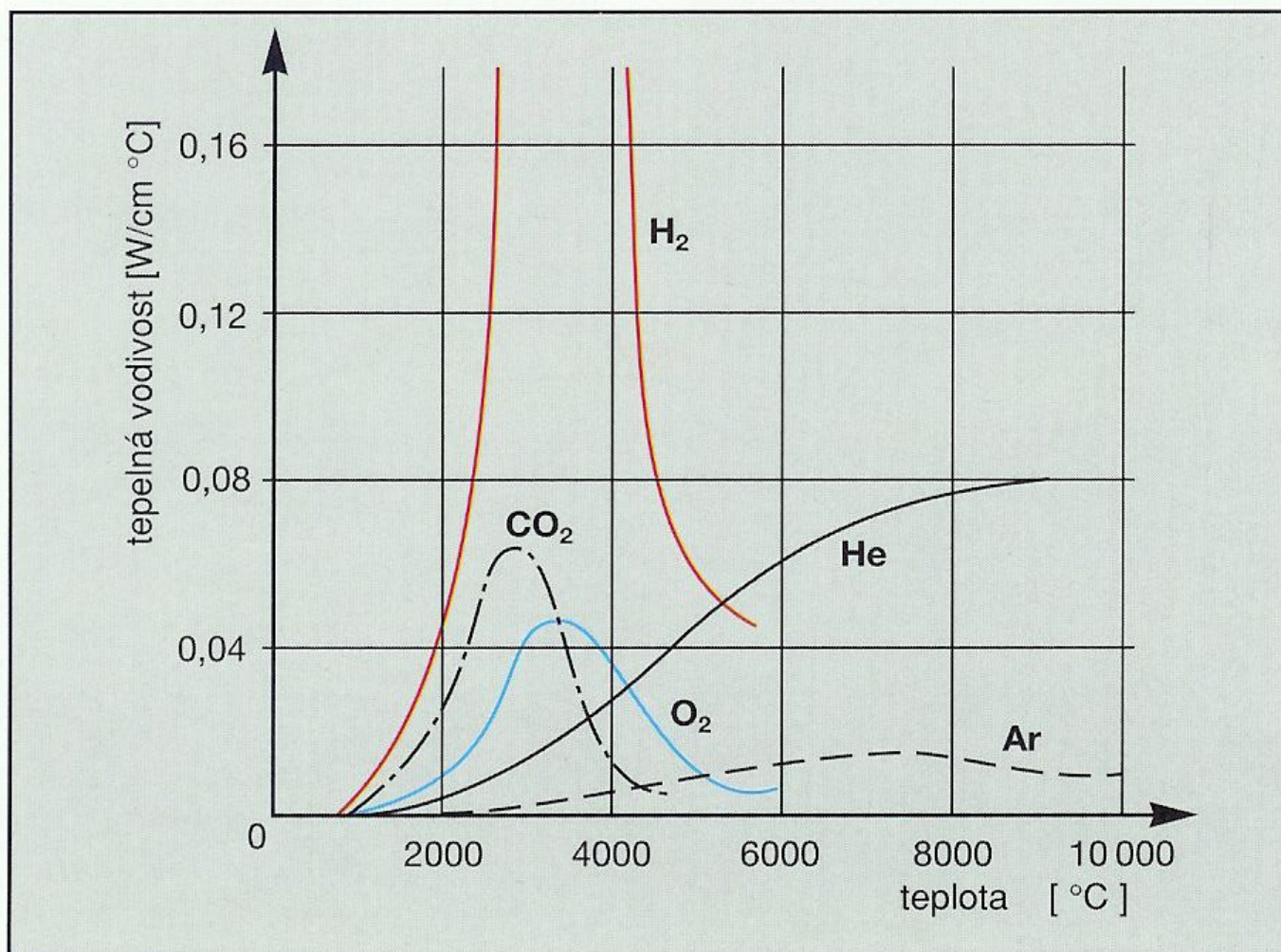


Vysoká proudová zátěž

Ochranné plyny



Tepelná vodivost komponentů ochranných plynů



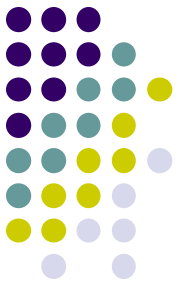
Ochranné inertní plyny.



- Ochranné plyny zabezpečují ochranu netavící se elektrody, svarové lázně a její okolí proti vlivům okolního vzduchu, především proti oxidaci a naplynění. Současně vytvářejí příznivé podmínky pro zapálení oblouku a jeho stabilitu, přenos tepla do svaru i jeho tvarování.

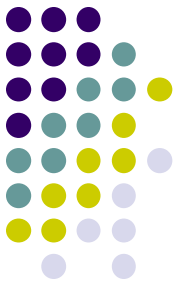
Argon.

- Argon (Ar) je jednoatomový plyn, bezbarvý, bez chuti a zápachu, který je inertní a nevytváří se žádným prvkem chemické sloučeniny. Vyrábí se destilací zkapalněného vzduchu, kde teplota varu argonu při atmosférickém tlaku je $-185,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve vzduchu je argonu 0,934%. Argon má malou tepelnou vodivost a relativně nízký ionizační potenciál 15,8 eV. Z těchto důvodů se oblouk v argonu dobře zapaluje, má vysokou stabilitu i při relativně velké délce, umožňuje vysokou proudovou zatížitelnost a sloupec oblouku dosahuje vysokých teplot.



Helium.

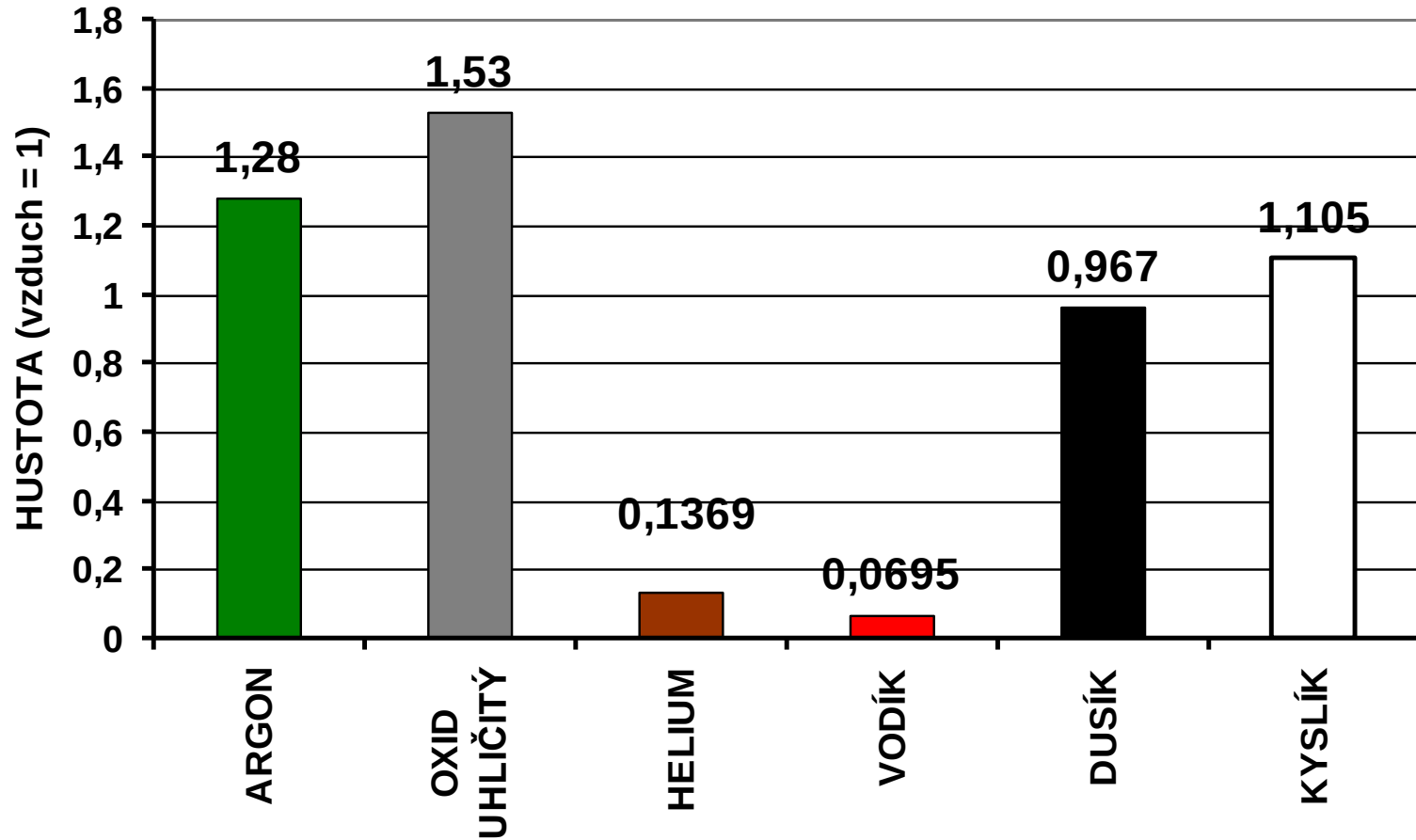
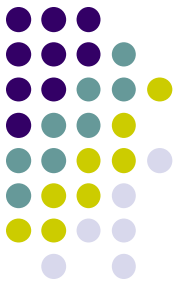
- Helium (He) je jednoatomový inertní plyn, bez barvy a zápachu. Vyrábí se separací z některých druhů zemního plynu, kde se He vyskytuje v množství kolem 1%. Helium je velmi lehký plyn s hustotou $0,178 \text{ kg.m}^{-3}$ a tato skutečnost snižuje efektivitu plynové ochrany a proto vyžaduje pro dokonalou ochranu svaru vyšší průtok plynu.
- Helium má podstatně vyšší tepelnou vodivost než argon. Ionizační potenciál helia 24,6 eV je také vyšší než u argonu a proto se oblouk špatně zapaluje a je nestabilní při větší délce oblouku.
- Díky vysoké tepelné vodivosti je přenos tepla v oblouku velmi vysoký a proto se směsi s heliem používají pro svařování materiálů s vysokou tepelnou vodivostí větších tloušťek především hliníku a mědi včetně jejich slitin.

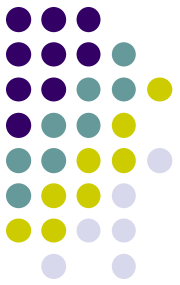


Směsi argonu a helia.

- Směsi argonu a helia tvoří samostatnou skupinu inertních plynů. Ve směsi jsou spojeny výhodné vlastnosti obou plynů a pro svařování WIG se nejčastěji používají tyto kombinace 70% Ar + 30% He, Ar-He 50/50, 30%Ar + 70% He.

Srovnání hustoty plynů





Přídavné materiály.

Přídavné materiály plní při svařování metodou WIG několik funkcí:

- doplnit objem svarového kovu a vytvořit svar požadovaného tvaru a průřezu,
- legovat svarový kov přísadami, které zlepšují užité vlastnosti svaru,
- dodat do svarového kovu přísady, které zajišťují desoxidaci, odplynění a příznivě ovlivňují metalurgické děje ve svarovém kovu,
- zlepšit formování svaru, smáčení svarových ploch a operativnost při svařování v polohách.

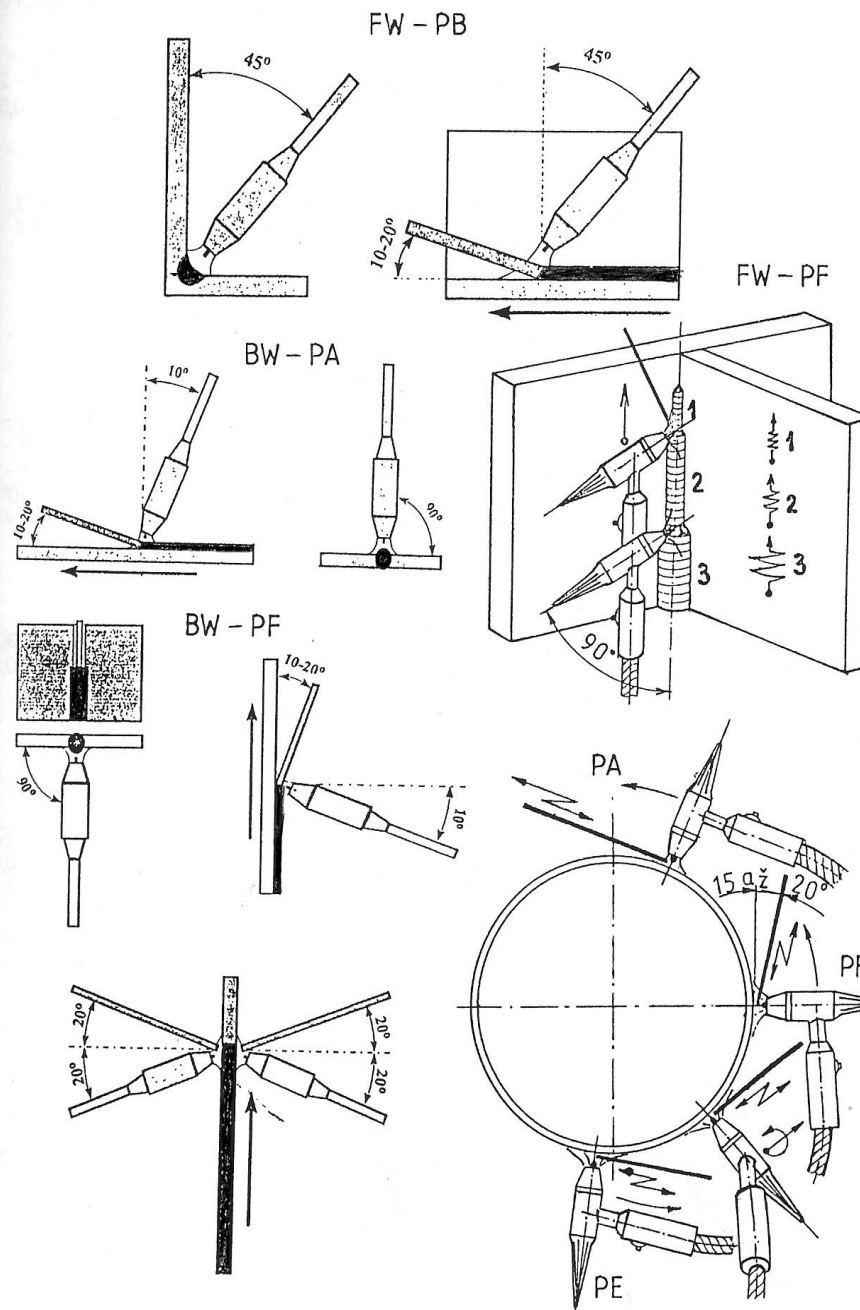
PŘÍKLAD OZNAČENÍ PŘÍDAVNÉHO MATERIÁLU:

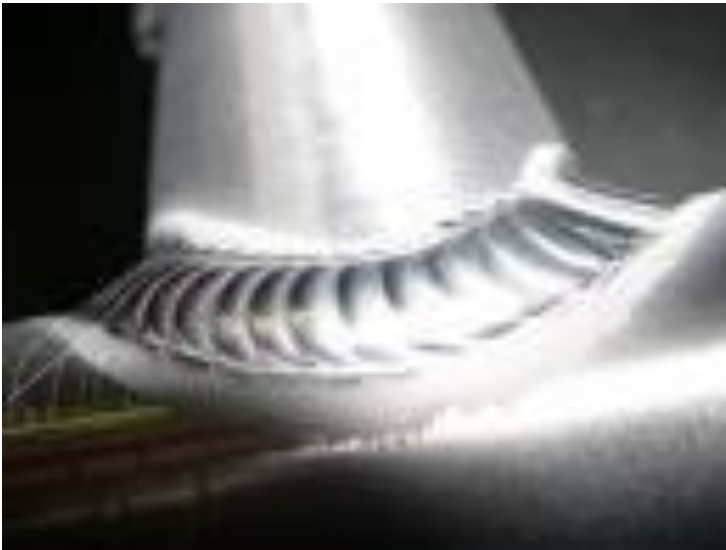


TYČ EN ISO 636 – W 46 3 W3Si1

- ISO 636 = číslo normy
- W = svarový kov/drát pro obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu
- 46 = pevnost a tažnost dle příslušné tabulky (mez kluzu 460 MPa)
- 3 = nárazová práce (47 J při –30 °C)
- W3Si1 = chemické složení dle příslušní tabulky.

Ruční svařování



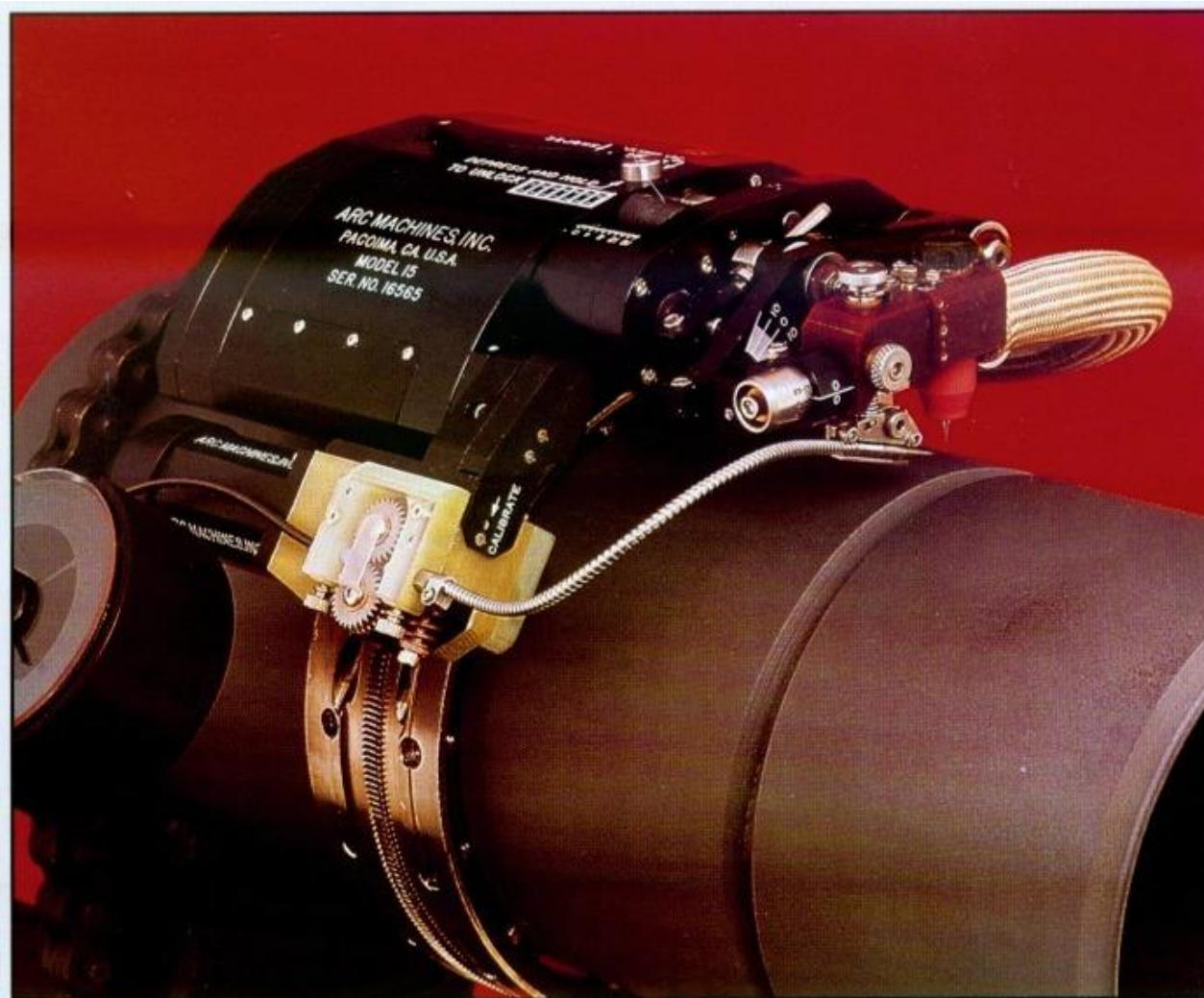


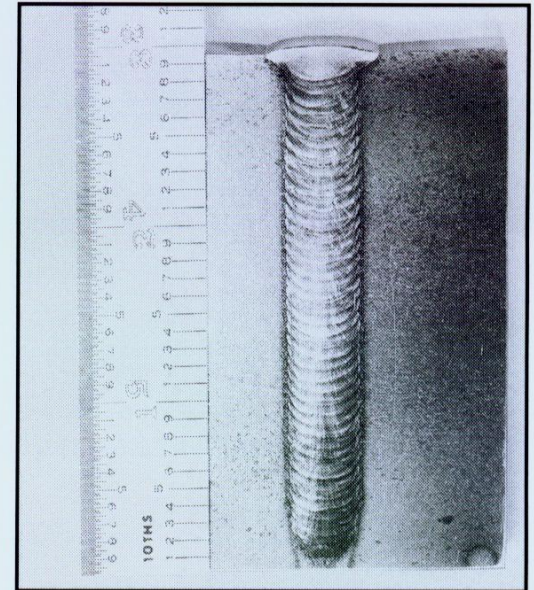
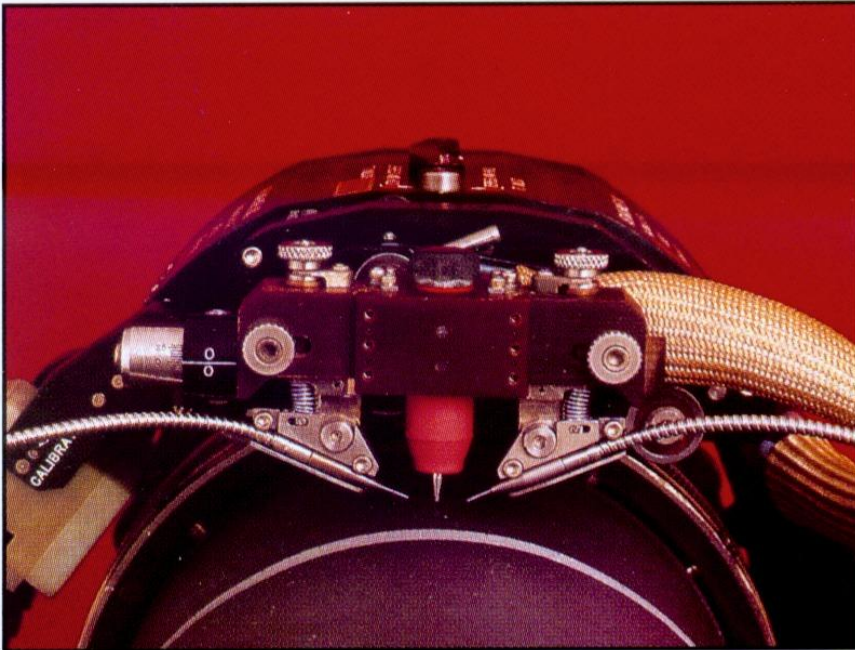
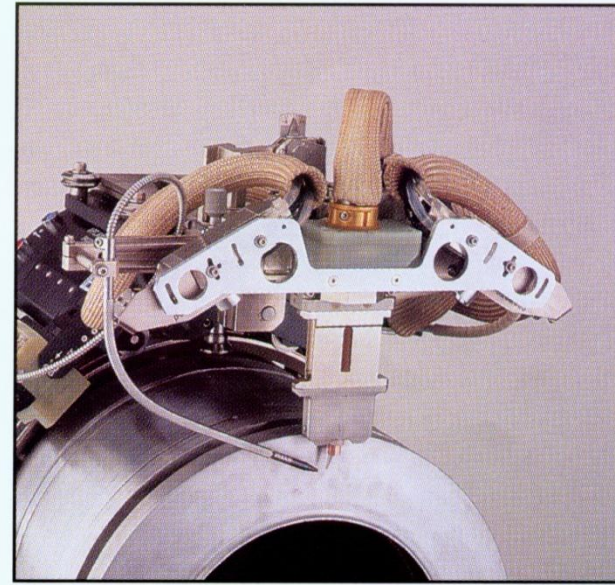
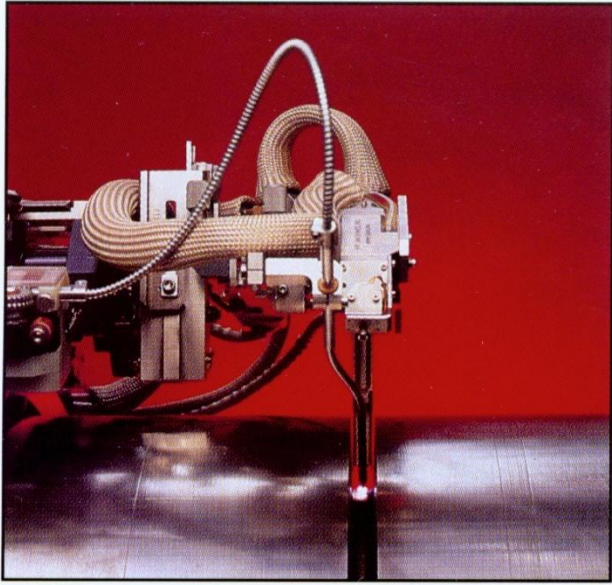
TIG - mechanizace

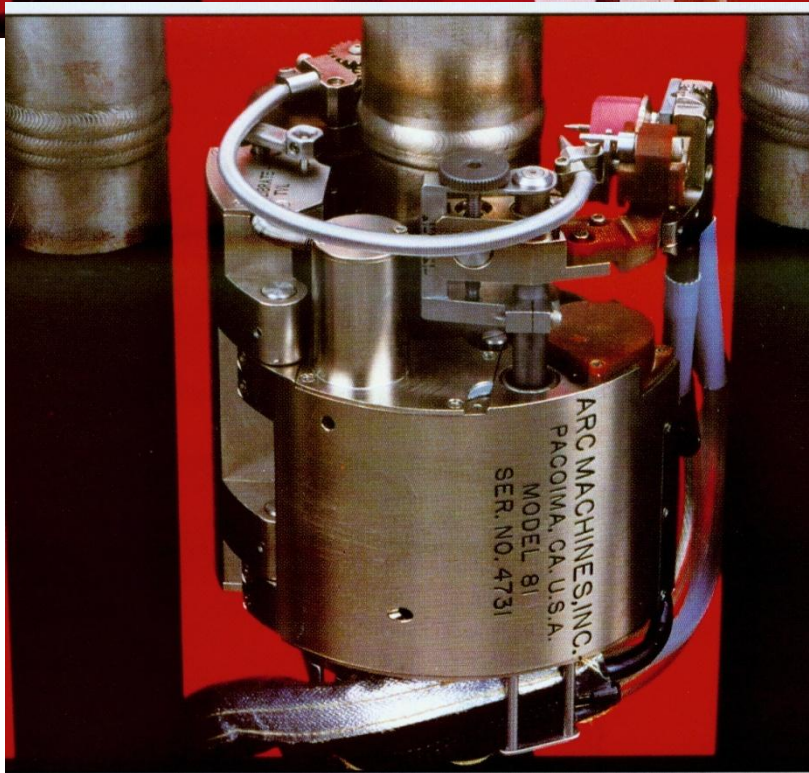
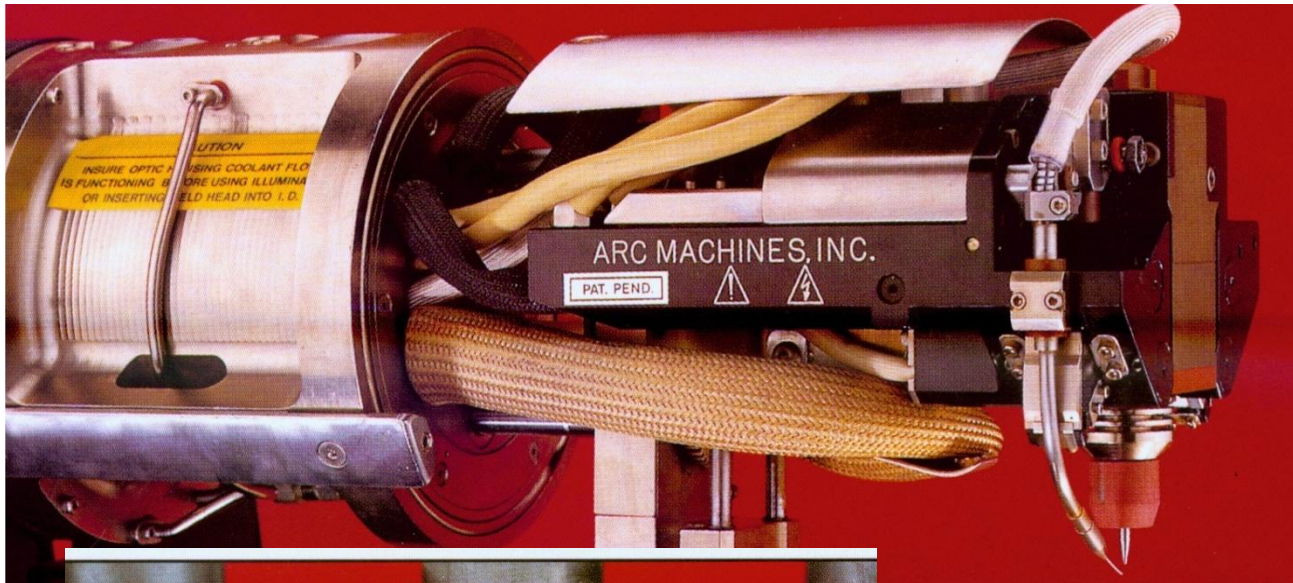


Přivařování trubek do trubkovnice

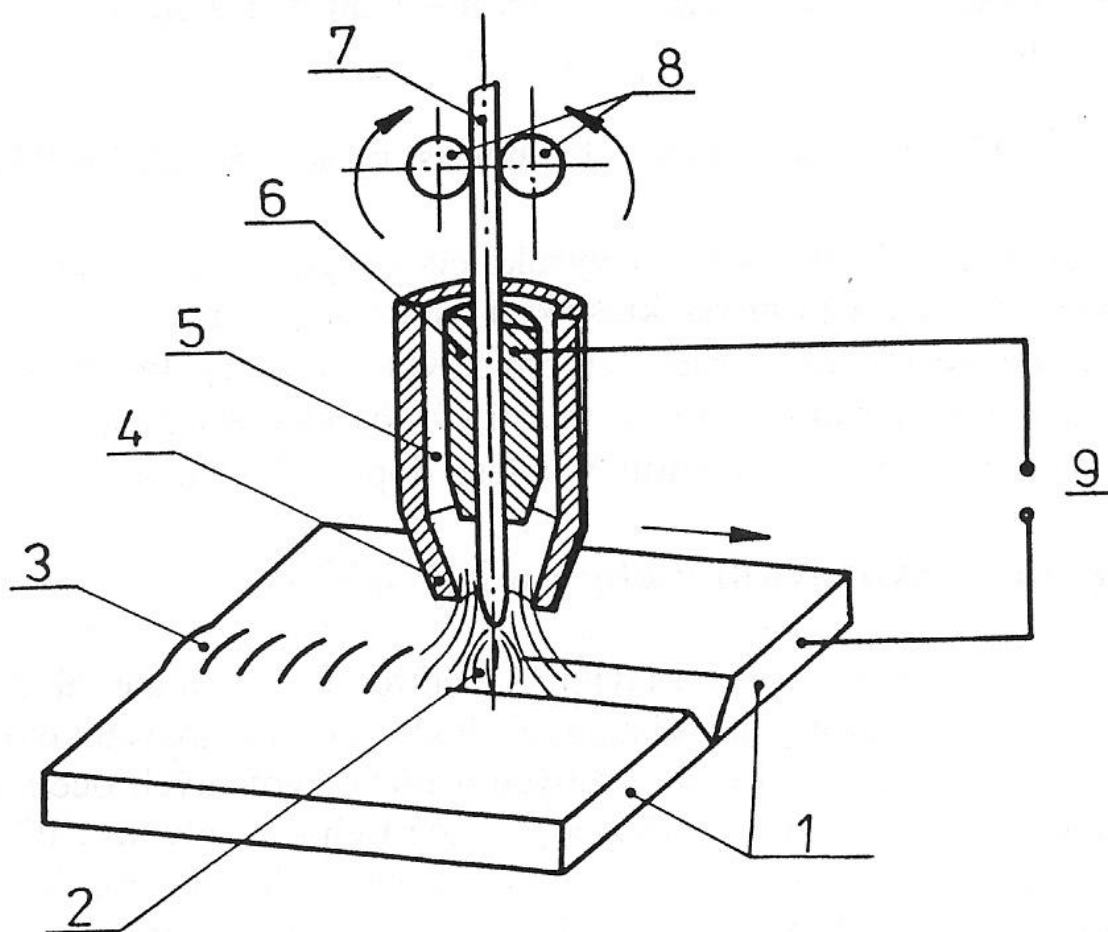
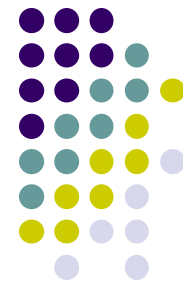
Strojní svařování







Princip svařování metodou MIG/MAG



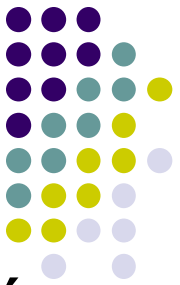


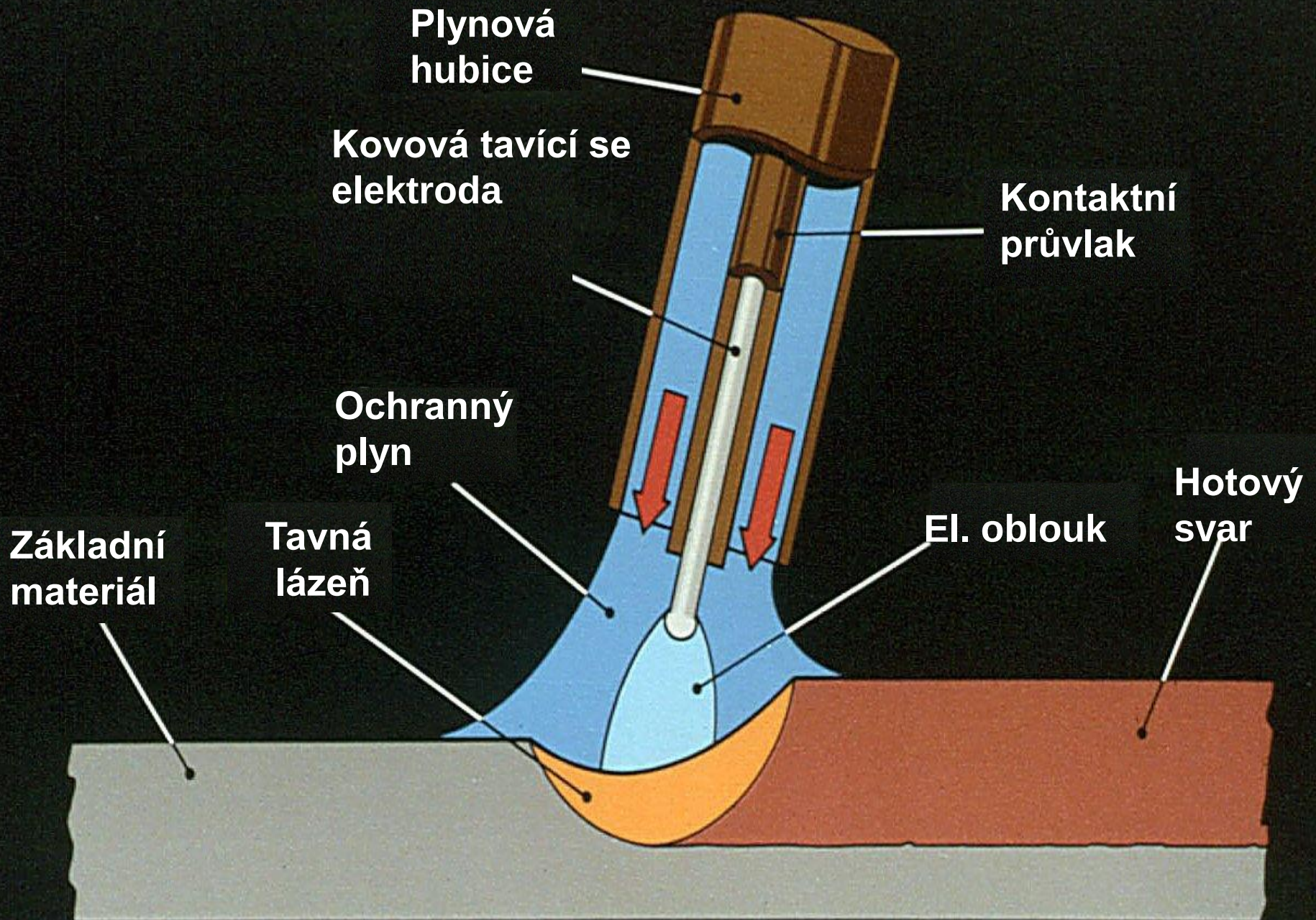
MIG

Metal Inert Gas
Svařování tavící se
kovovou elektrodou
v inertním plynu.

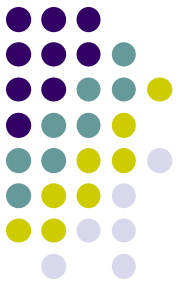
MAG

Metal Activ Gas
Svařování tavící se
kovovou elektrodou
v aktivním plynu.



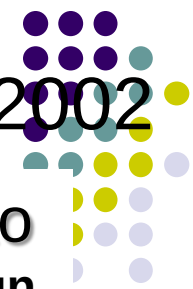


Metoda svařování MIG/MAG se vyznačuje těmito výhodami:

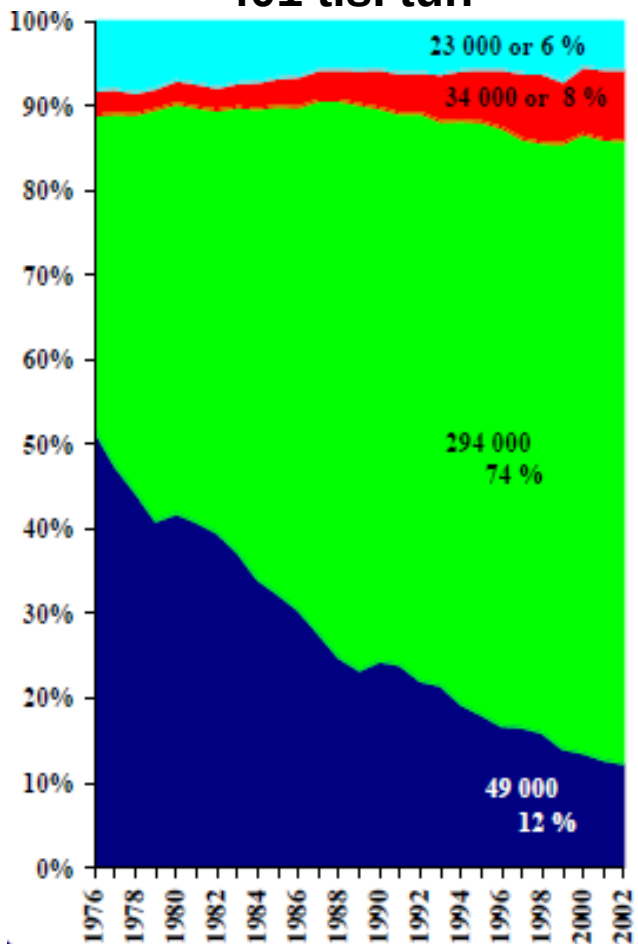


- svařování ve všech polohách od tloušťky materiálu 0,8 mm,
- minimální tvorba strusky,
- .přímá vizuální kontrola oblouku a svarové lázně,
- vysoká efektivita, úspory nedopalků tzv. nekonečným drátem,
- snadný start oblouku bez nárazu svařovacího drátu do svařence,
- velmi dobrý profil svaru a hluboký závar,
- malá tepelně ovlivněná oblast především u vysokých rychlostí svařování,
- vysoká proudová hustota,
- vysoký výkon odtavení,
- široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu,
- stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů,
- nízká pórovitost,
- malý nebo žádný rozstřík kovu elektrody,
- snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování.

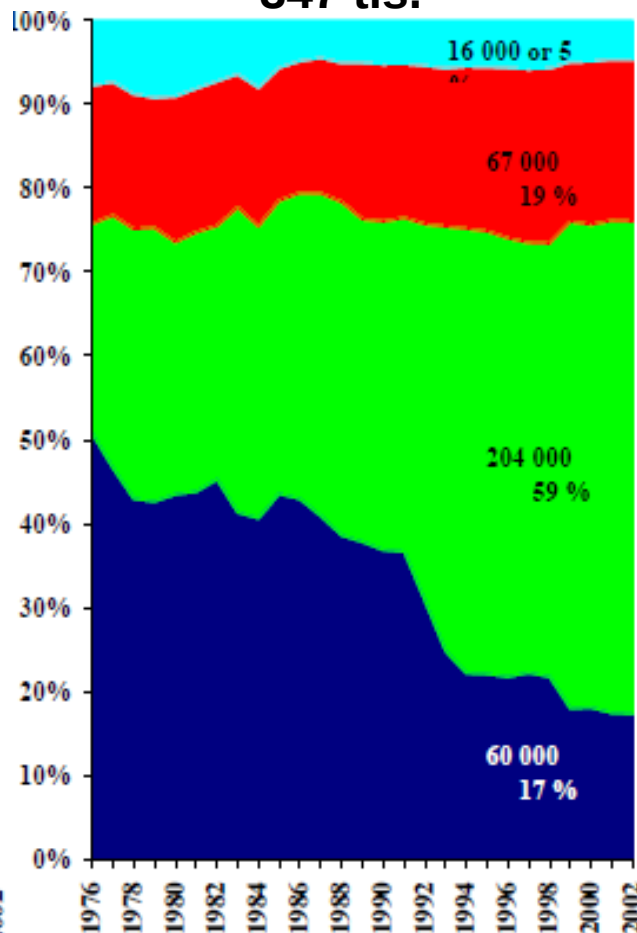
Trendy ve spotřebě přídatného materiálu 1975 - 2002



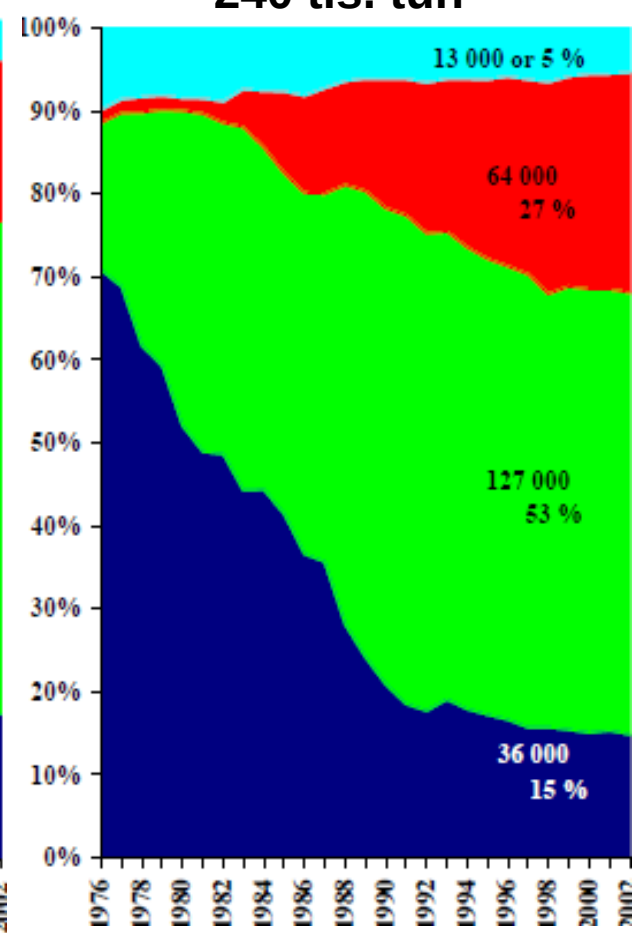
Evropa
401 tis. tun



USA
347 tis.



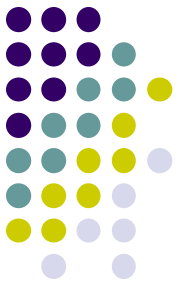
Japonsko
240 tis. tun

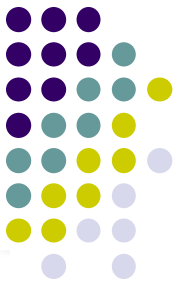


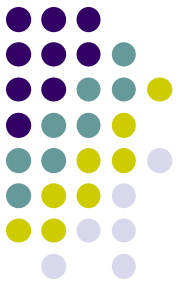
Elektroda
 MIG/MAG drát
 Trubička
 Drát pod tavidlem

Aplikace







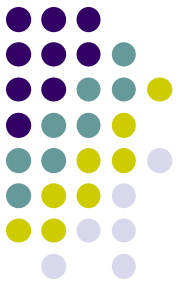




MIGATRONIC



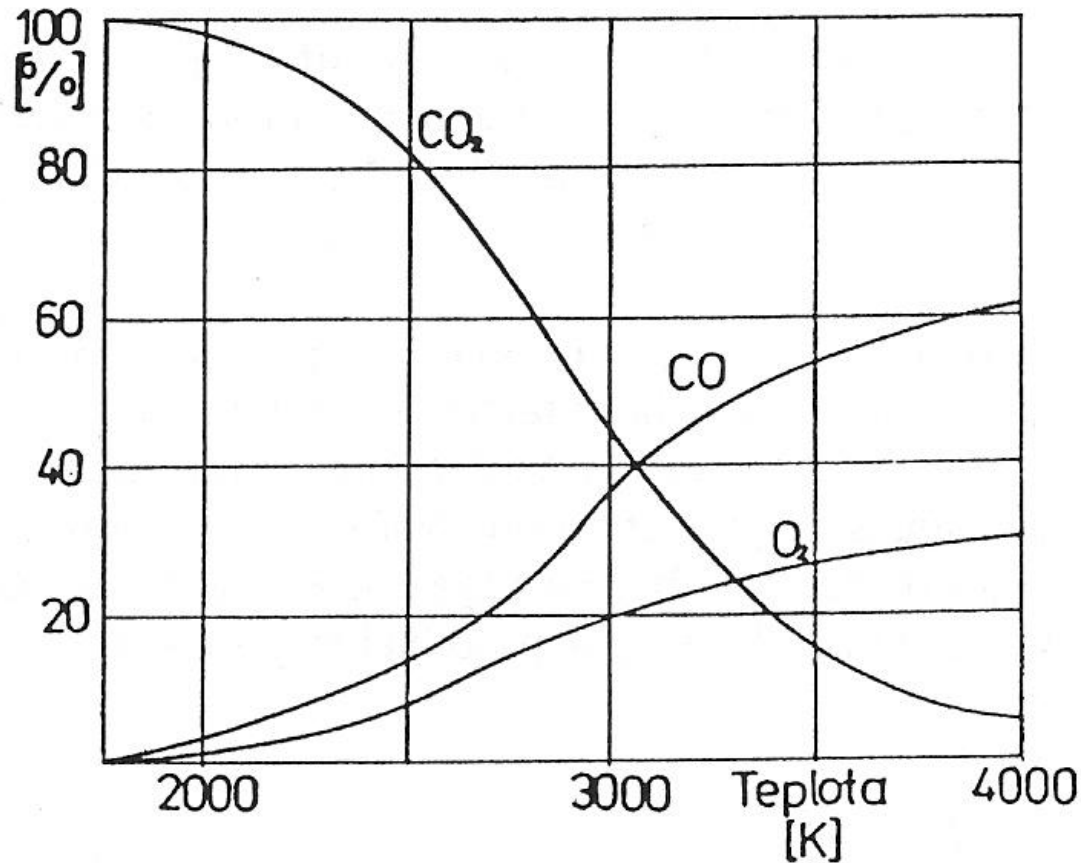
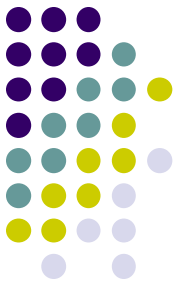
Ochranné plyny



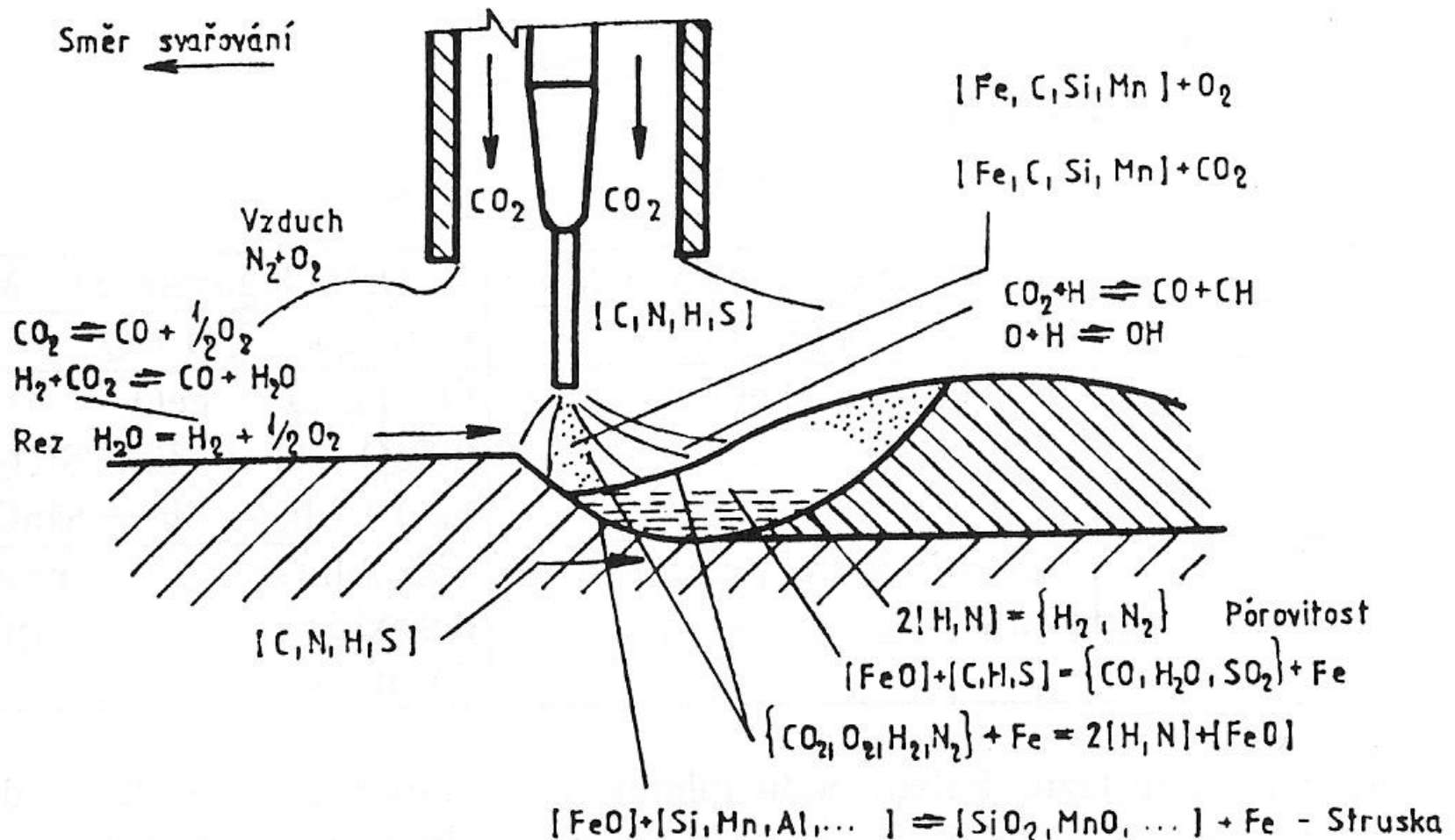
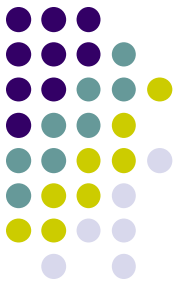
U metody MIG/MAG má ochranný plyn vliv na:

- způsob přenosu svarového kovu obloukem,
- hloubka závaru a profil svaru,
- množství rozstříku,
- rychlost svařování,
- stabilita elektrického oblouku.
- Jako ochranné plyny pro metodu **MAG** se používá čistý plyn oxid uhličitý CO_2 , nebo v současnosti častěji používané vícesložkové směsné plyny se základem argonu – $\text{Ar} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{O}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ a $\text{Ar} + \text{He} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$.
- Při svařování metodou **MIG** se používá většinou čistý plyn argon a helium nebo jejich dvousložková směs $\text{Ar} + \text{He}$.
- Druhy plynů a směsí pro tavné svačování jsou stanovené normou ČSN EN ISO 14175

Disociace oxidu uhličitého v závislosti na teplotě.



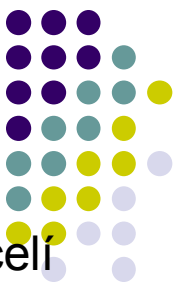
Reakce ochranné atmosféry s povrchem svarové lázně.





Vliv plynu na množství strusky

OCHRANNÝ PLYN	
STARGON C – 8 92Ar 8CO ₂	 A close-up photograph of a welded joint. The weld metal is a light, silvery-grey color with a fine, wavy texture. There are three distinct, dark, circular spots on the weld surface, which are likely slag inclusions.
STARGON C -18 82Ar 18CO ₂	 A close-up photograph of a welded joint. The weld metal is dark and has a rough, granular texture. There are several small, dark, circular spots on the weld surface, indicating slag inclusions.
STARGON PB 95Ar 3CO ₂ 2O ₂	 A close-up photograph of a welded joint. The weld metal is a light, silvery-grey color with a fine, wavy texture. There are three distinct, dark, circular spots on the weld surface, which are likely slag inclusions.



Plyny pro svařování uhlíkových ocelí

Směsné plyny Ar + 15 až 25% CO₂

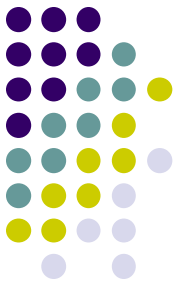
- Univerzálním plynem pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí metodou MAG je z této skupiny směsný plyn Ar + 18% CO₂. Vyznačuje se velmi dobrými svařovacími vlastnostmi, stabilním elektrickým obloukem a hlubokým závarem. Umožňuje svařování se zkratovým i sprchovým přenosem kovu a malým rozstříkem, který neulpívá na povrchu. Poskytuje hladký povrch sváru s dobrým přechodem do základního materiálu a je použitelný pro všechny tloušťky plechů.

Směsný plyn A + 8% CO₂

- Směsný plyn optimální pro impulsní a sprchový přenos kovu obloukem: Je doporučovaný také pro vysokovýkonné metody svařování při vysokých proudech. Vyznačuje se vysokou rychlostí svařování, plochým svarem, nízkým rozstříkem a minimální tvorbou strusky. Je vhodný pro ruční i mechanizované svařování všech tloušťek plechů.

Směsné plyny Ar + 5 až 13% CO₂ + 5% O₂

Tato směs poskytuje klidný svařovací proces s měkkým elektrickým obloukem, hladké a čisté svary. Vysoký obsah kyslíku zajišťuje velmi dobrou tekutost tavné lázně a výborné odplynění. Sprchový přenos kovu obloukem je možný i při nižší intenzitě proudu. Přednostně se využívá při mechanizovaných a robotizovaných způsobech svařování malých a středních tloušťek.



Plyny pro svařování vysokolegovaných ocelí:

- **Argon + 2% oxidu uhličitého**

Směs doporučená pro všechny druhy vysokolegovaných ocelí, kromě zvláště nízkouhlíkových. Vhodný plyn pro krátký zkratový oblouk s nízkým propalem, dobrým smáčením svarového úkosu a malým rozstříkem.

- **Argon + 2% kyslíku**

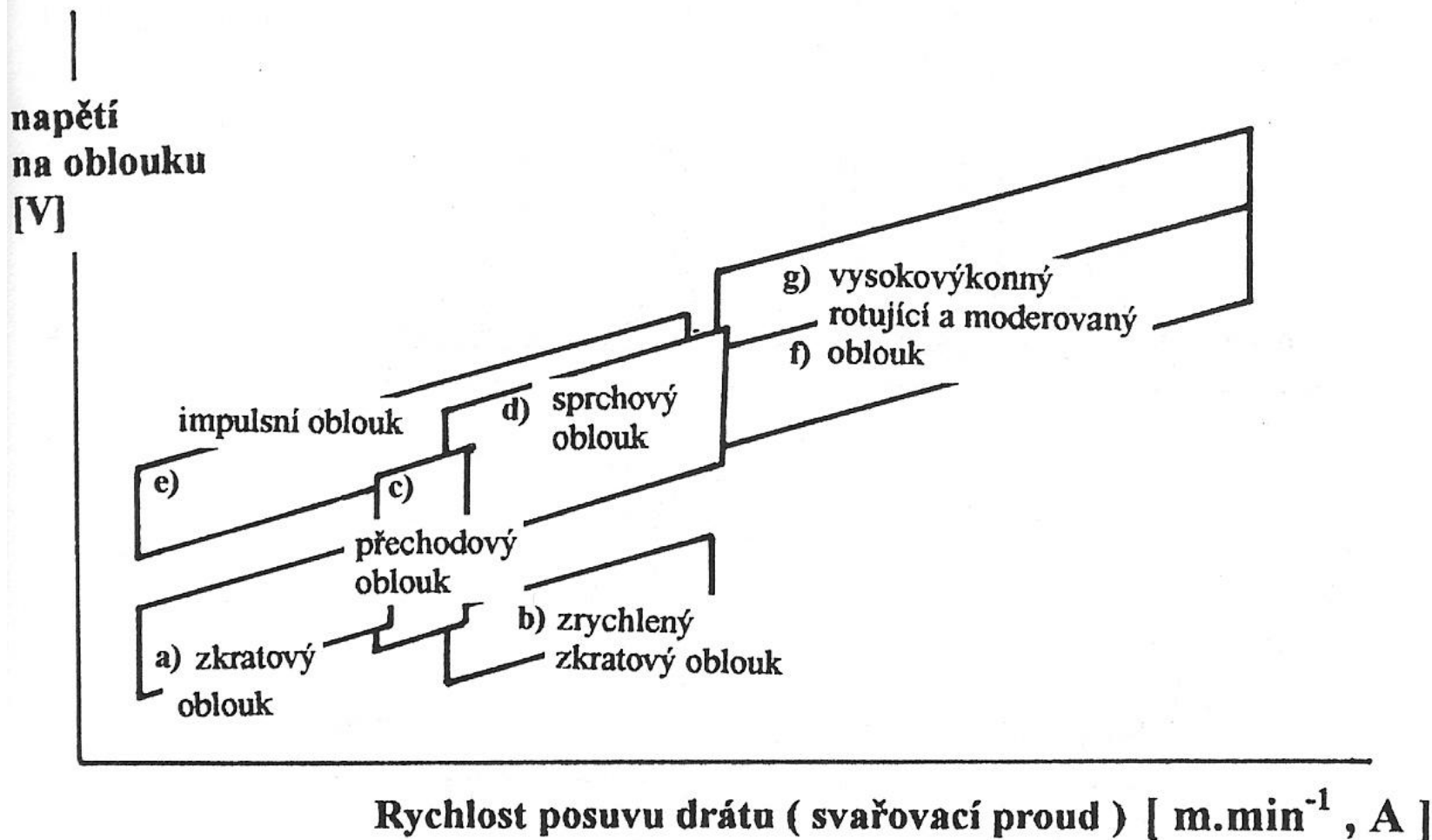
Doporučuje se z hlediska propalu svařovat zkratovým přenosem malými kapkami a plyn je vhodný i pro sprchový nebo impulsní přenos kovu.

- **Ar + 30 až 50% He +1 až 2% O₂**

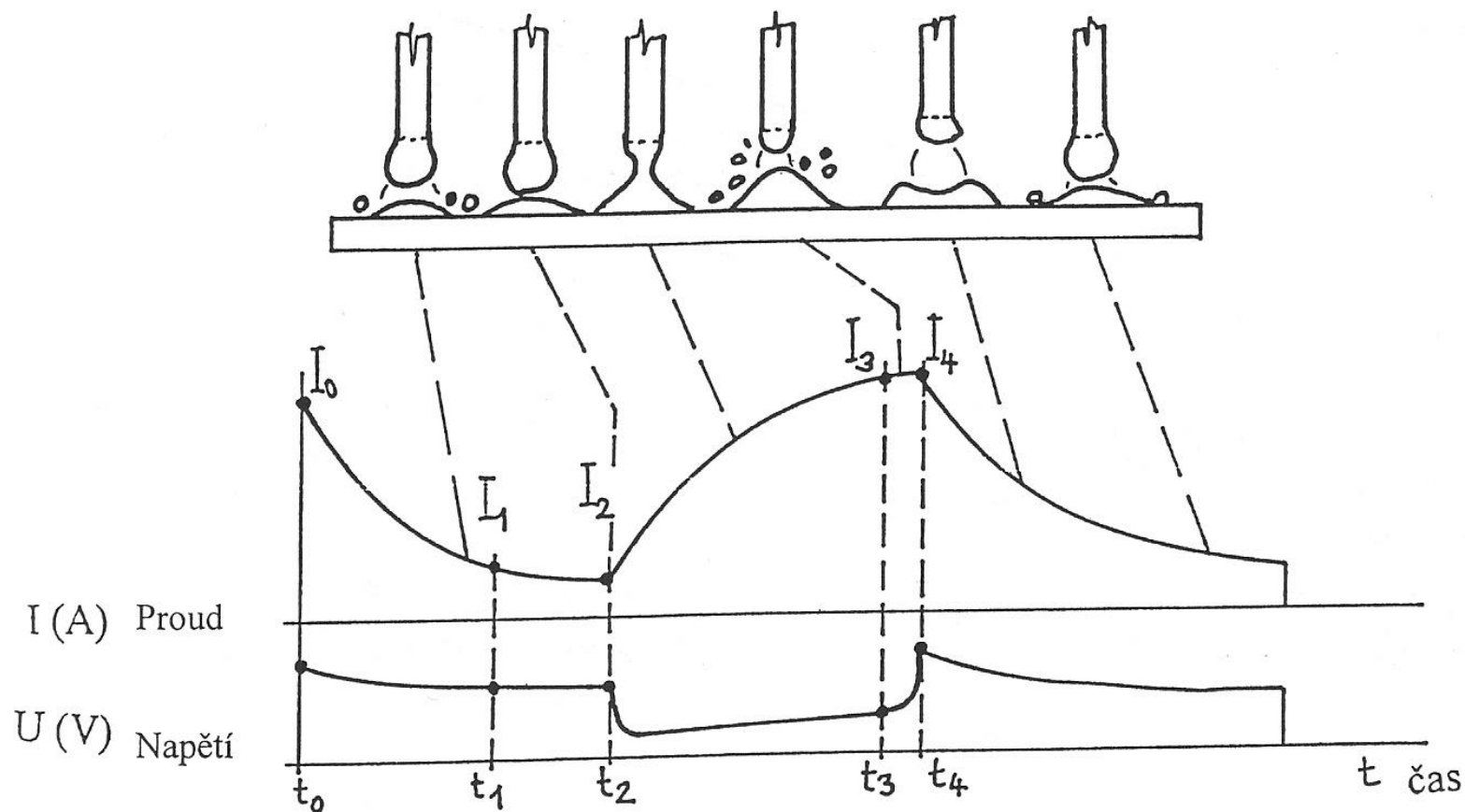
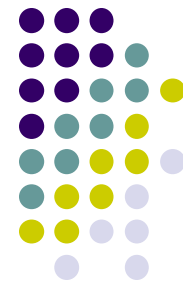
Směs vhodná pro mechanizované a robotizované svařování. Plyn umožňuje stabilní hoření oblouku při zkratovém i sprchovém přenosu, velmi příznivý profil svaru a vysoký odtavovací výkon bez nebezpečí nahličení svarové lázně..

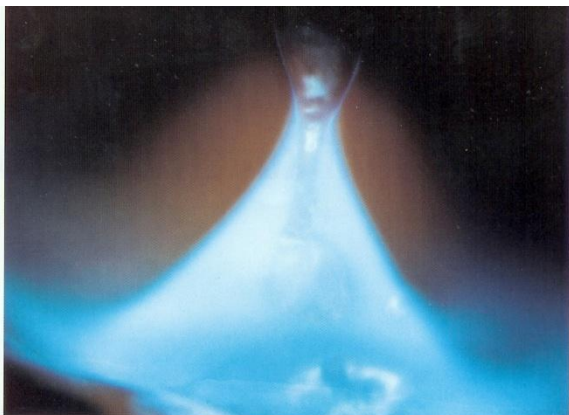


Přenos kovu v oblouku



Krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu

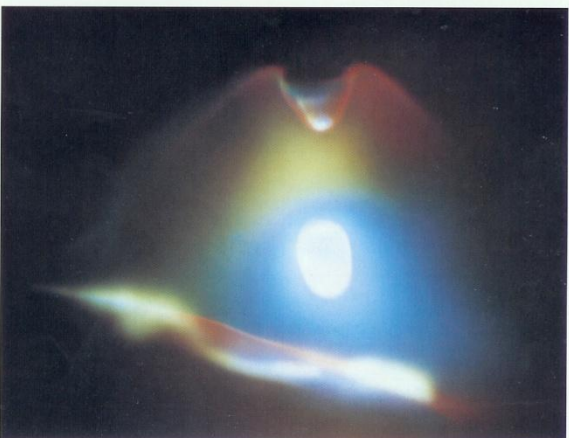




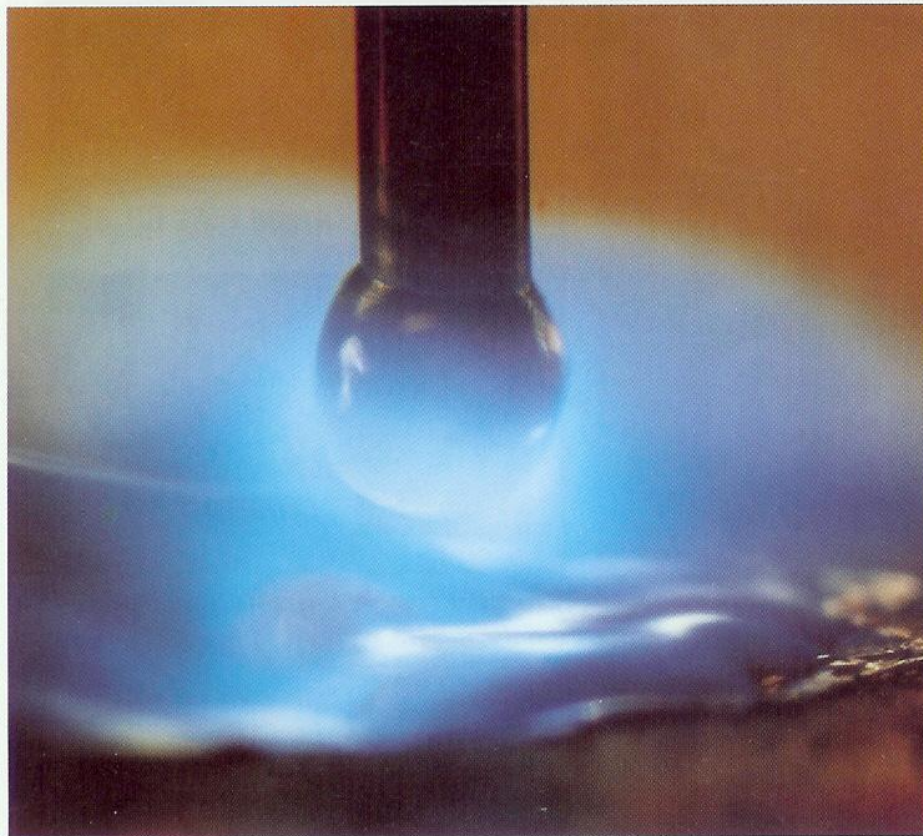
Sprchový oblouk



Rotující oblouk



Impulzní oblouk



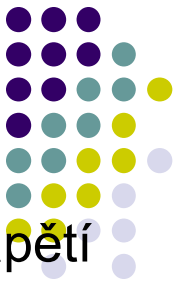
Krátký oblouk

Zkratový přenos



- Se uplatňuje v rozsahu svařovacího proudu od 60 do 180A a napětí 14 – 22V. Výkon navaření při těchto parametrech se pohybuje v rozmezí 1 – 3 kg.hod⁻¹.
- Při zkratovém způsobu přenosu dochází k přerušování oblouku zkratem, při kterém se odděluje část kovu elektrody.
- Při nízkých proudech a vysokém napětí 25 – 30V je frekvence kapek malá a rozstřík kovu velký. Pro drát 1,2mm je frekvence kolem 5 kapek za sekundu při napětí cca 27 V. Se snižujícím se napětím roste počet zkratů na 150 až 200 za sec. při 14 – 18V.
- Tento proces souvisí se zkracující se délkou oblouku, kdy se vlivem posunu přiblíží drát do zkratu s tavnou lázní dříve, a tím se zamezí růstu kapky kovu. Vlivem povrchového napětí taveniny se kapka kovu rovnoměrně rozptýlí ve svarové lázni.
- Využití: svařování v polohách, tenké plechy, kořen svaru.

Sprchový přenos



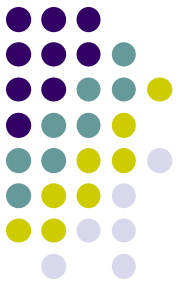
- Je typický pro hodnoty svařovacího proudu do 200 do 500A a napětí 28 až 40V. Tento typ přenosu se dá realizovat ve směsích plynů Ar s CO₂, případně O₂, nebo čistém Ar u svařování neželezných kovů. Vzhledem k vysokým hodnotám povrchového napětí v CO₂, nelze tento přenos realizovat, poněvadž nelze získat dostatečně drobné kapky.
- Charakteristické pro sprchový přenos v Ar a směsích bohatých argonem (minimálně 80%) je, že díky snadné ionizaci plynu obklopuje plazma i konec tavicí se elektrody a tím se urychluje ohřev drátu, který tvoří ostrý hrot. Tomu přispívá i předehřev drátu vlivem odporového tepla při dlouhém výletu (15x průměr drátu). Účinkem magnetického pole jsou tvořící se drobné kapky ustřiženy a jsou osově urychleny ve vysoké frekvenci 150 – 350Hz směrem do tavné lázně.
- Využití: velké tloušťky materiálů, výplňové a krycí housenky. Omezení v polohových svarech – velká svarová lázeň.

Impulsní přenos



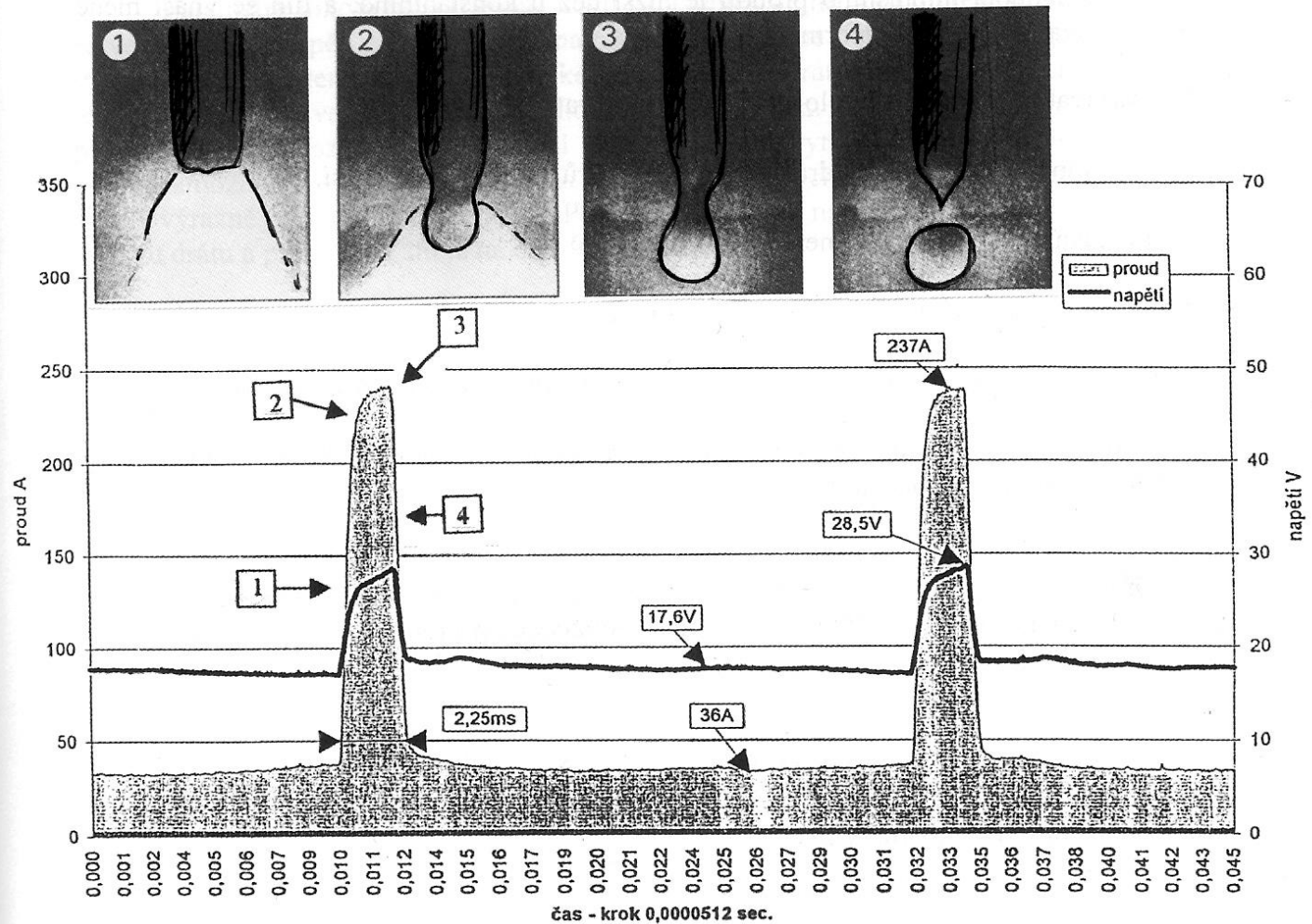
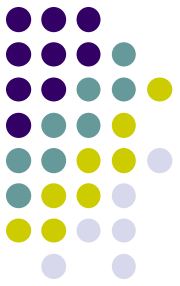
- Impulsní forma přenosu kovu obloukem, jehož průběh je řízen elektronickou cestou, má pravidelný cyklus daný frekvencí amplitudy impulsního proudu. Překrývá oblast zkratového i sprchového přenosu. Základní proud je nízký cca 40 A a jeho funkce je udržení ionizace sloupce oblouku, a tím i vedení proudu. Impulsní proud, který se nastavuje, je tvarově i časově řízený a v konečné fázi jeho amplitudy je zajištěno odtavování kapky přídavného materiálu. V celém průběhu amplitudy impulsního proudu intenzivně hoří oblouk, který ohřívá svarovou lázeň i samotný přídavný materiál.

Svařování impulsním proudem má řadu výhod :

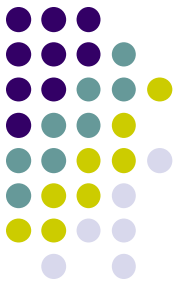


- efektivní hodnota impulsního proudu je nižší než u konstantního, a tím se vnáší méně tepla do svaru s menším deformačním účinkem
- lze svařovat tenké plechy i polohové svary bezzkratovým přenosem
- vysoký impulsní proud taví i dráty větších průměrů, které jsou levnější
- výkon navaření se pohybuje mezi 2 – 5kg. hod⁻¹
- pravidelná jemná kresba povrchu svaru i kořene
- velmi vhodný přenos pro svařování hliníku a jeho slitin i vysokolegovaných ocelí
- díky možnosti nastavení proudu, napětí, frekvence a amplitudy poskytuje zdroj impulsního proudu široké aplikační možnosti.
- Optimální plyn pro svařování uhlíkových ocelí je směs Ar s 8% CO₂ a pro nerezavějící oceli Ar + 2%O₂. U hliníku se používá čistý argon.

Impulsní přenos kovu



Přídavné materiály pro svařování metodou MIG/MAG



- Pro metody obloukového svařování MIG/MAG se používají přídavné materiály ve formě plného drátu a plněného drátu (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. **Norma ČSN EN ISO 14341** označuje klasifikaci přídavných materiálů pro svařování nelegovaných a jemnozrných ocelí MIG/MAG takto:

ISO 14341 - G 46 3 M G3Si1

Plněné elektrody se označují podle normy ČSN EN ISO17632 Svařovací materiály - Plněné elektrody pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí s ochranou plynu a bez ochrany plynu - Klasifikace



- **Plněná elektroda ISO 17632– T 46 3 1Ni B M 4 H5**

kde ISO17632 je číslo normy

T plněná elektrody

46 pevnostní vlastnosti

3 nárazová práce

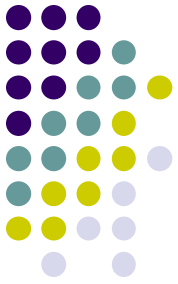
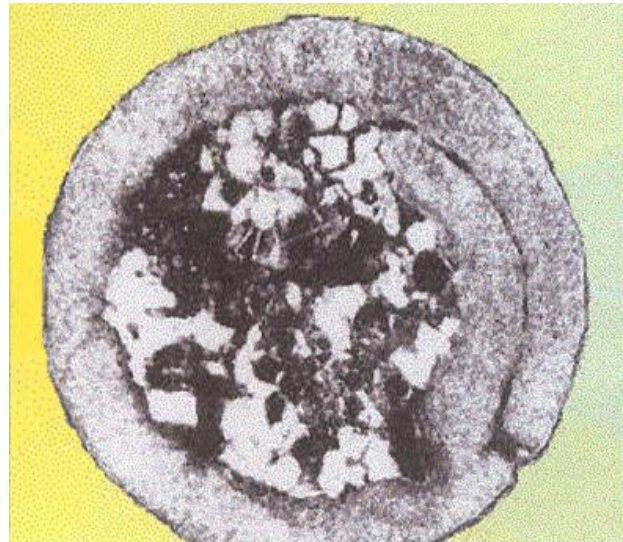
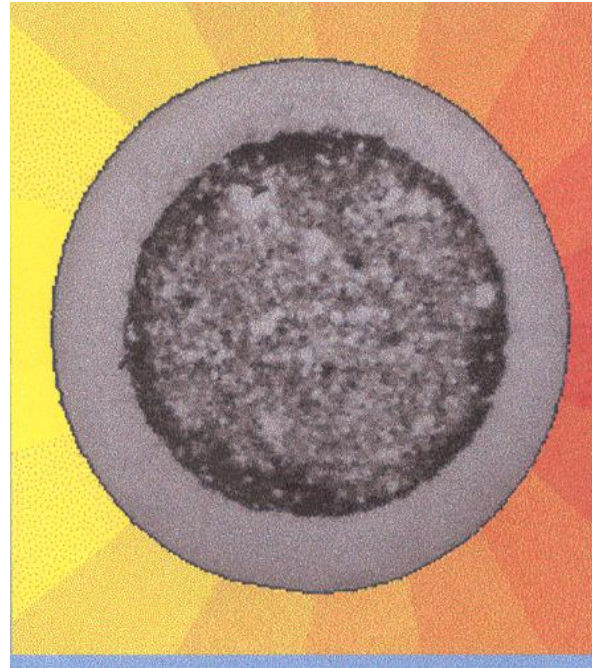
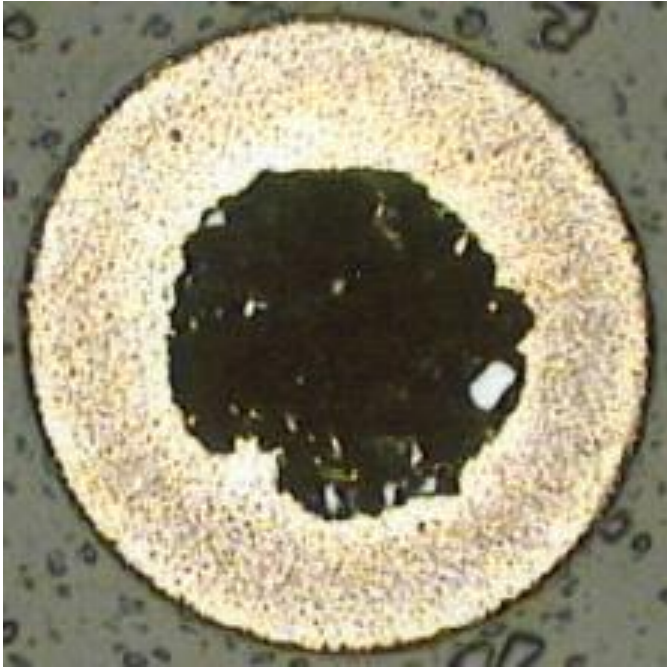
1Ni chemické složení dle tabulky

B typ náplně – bazická náplň

M ochranný plyn – směsný plyn

4 poloha svařování. Poloha svařování označená 4, platí pro tupý svar v poloze vodorovné shora a koutový svar do úžlabí.

H5 obsah vodíku. Označení H5 platí pro 5 ml/100g čistého svarového kovu.

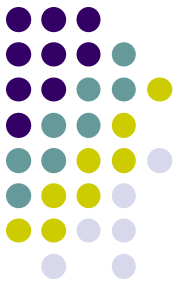


Typy náplní



- **Bazická** – svarový kov je pokryt vrstvou strusky, která obsahuje vápenec, fluoridy a oxidy hliníku a alkalických zemin. Bazické náplně mají dobré rafinační účinky na svarový kov, což příznivě ovlivňuje vrubovou houževnatost a odolnost proti trhlinám při nízkých teplotách. Struska je hůře odstranitelná.
- **Rutilová**- svarový kov je pokryt vrstvou strusky, která obsahuje převážně oxid titaničitý. Tato struska je rychletuhnoucí a je určena hlavně pro svařování v polohách, kde pomáhá formovat svar a výrazně zvyšuje rychlost svařování v pozicích. Struska je snadno odstranitelná.
- **Kovová** - svarový kov je bez strusky, trubička je plněna kovovým práškem, legujícími přísadami a prvky stabilizují hoření oblouku. Tento typ má vysokou výtěžnost a výsledný svár je bez strusky a rozstříku. Moderní typy těchto trubiček určeny do všech poloh svařování

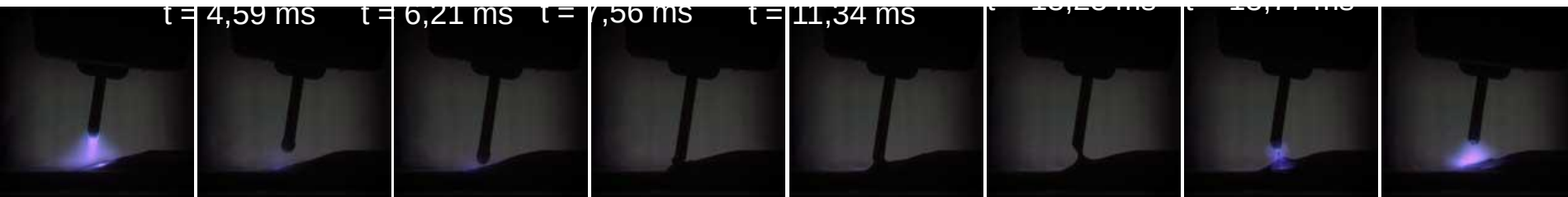
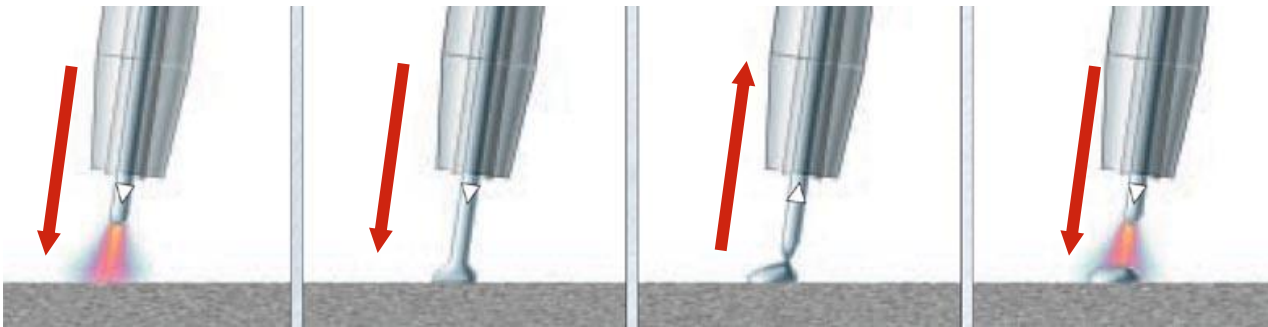
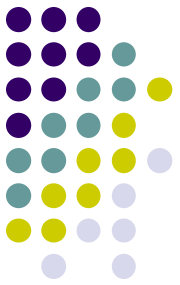
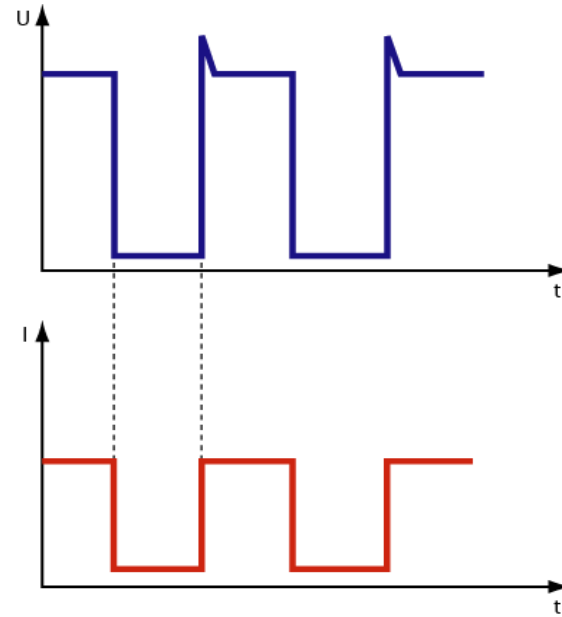
CTM – COLD METAL TRANSFER



- Proces svařování MIG/MAG krátkým zkratovým obloukem.
- Tato nová modifikace svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře kombinuje horkou fázi hoření oblouku, kdy se taví drát i ZM se studenou částí procesu, kdy po kontaktu nataveného drátu s tavnou lázní se snižuje intenzita proudu a drát se vrací do hubice. Tím je podpořeno oddělení kapky bez rozstříku a s nízkou hodnotou vneseného tepla do svaru. Celý proces je digitálně řízený a zpětný pohyb drátu probíhá až 70 x za sekundu

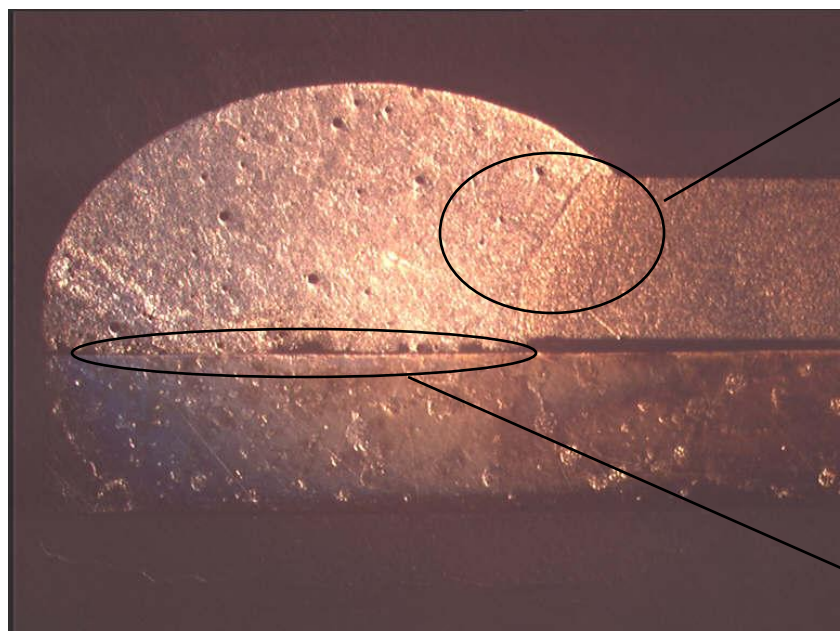
Nový spojovací proces

Zpětné zatažení drátu má vliv na snadnější uvolnění kapky kovu při snížení intenzity proudu i napětí





CMT – Spoj hliník / pozinkovaná ocel

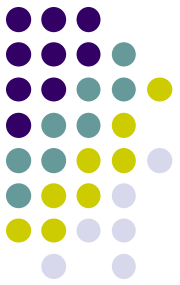
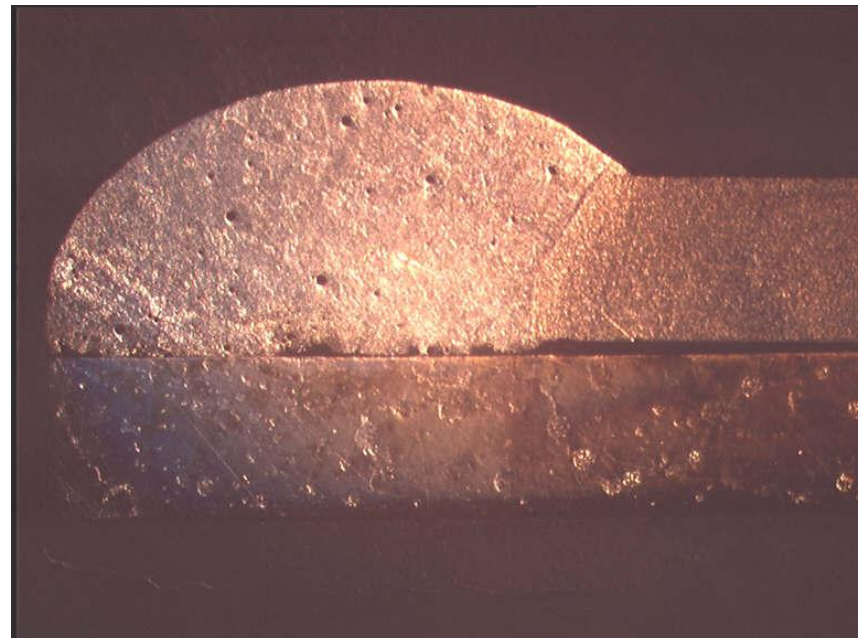
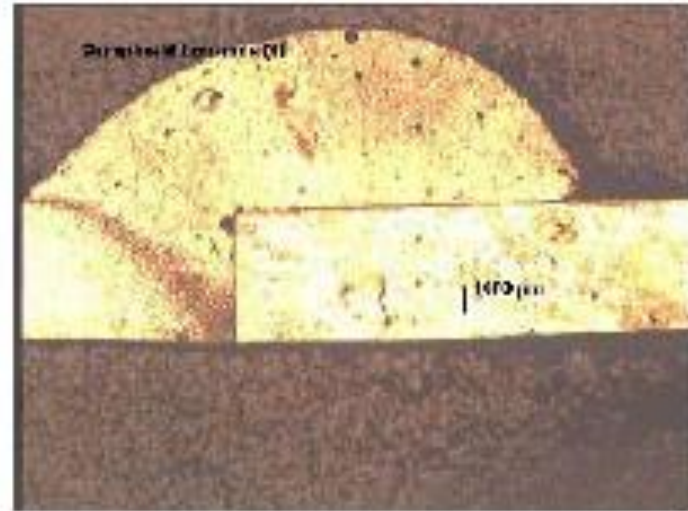
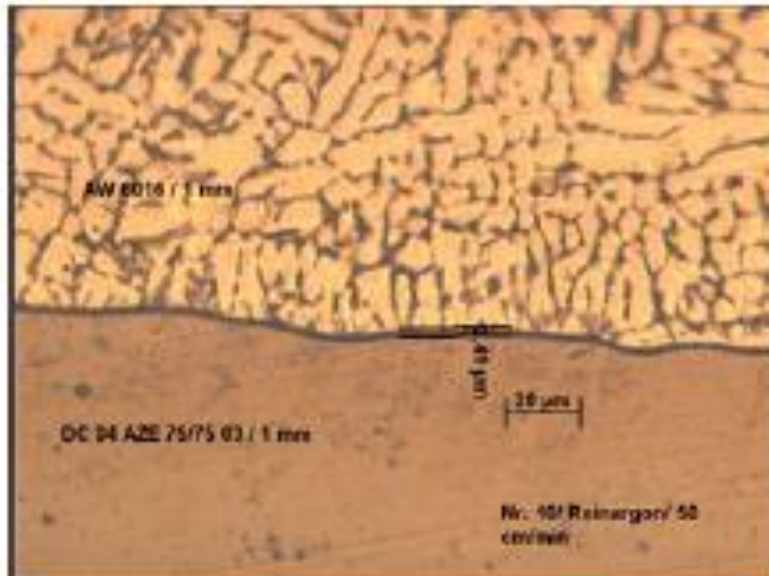
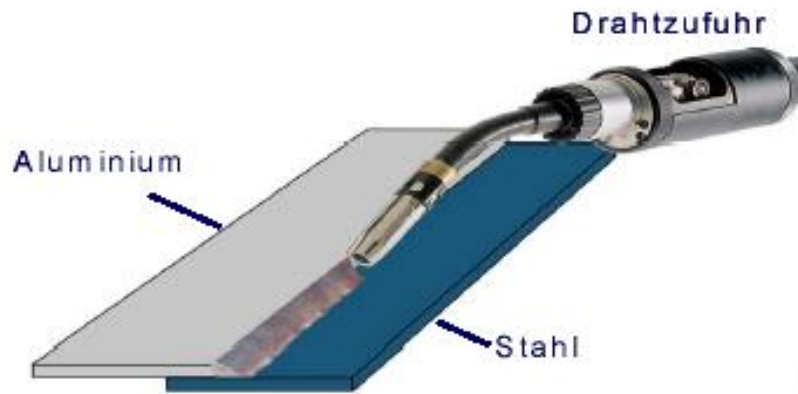


svařování

- U hliníku je svarový spoj
- Pozinkovaná ocel je pájená
- Požadavek na zinkovou vrstvu $>10\mu\text{m}$

pájení

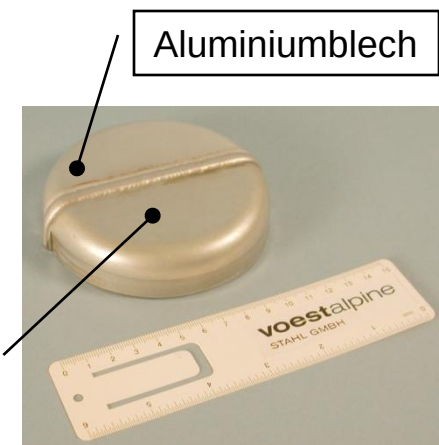
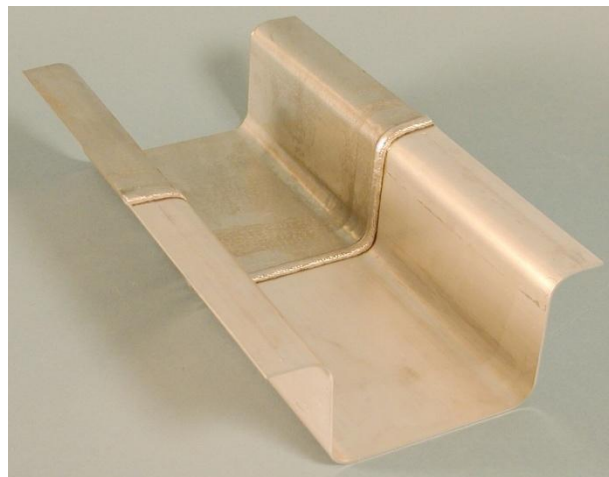
CMT



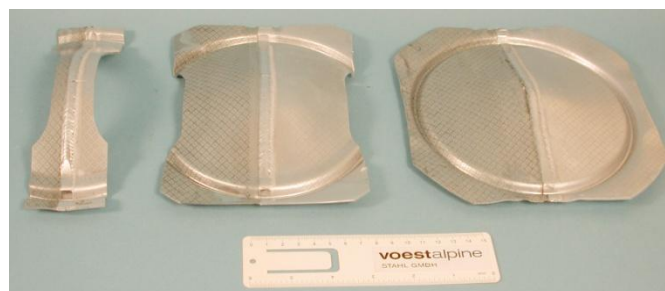
Novinka: Vysoká plasticita spojů ocel hliník



- Ostré rádiusy
- Vysoká tvarová stabilita
- Analýza určení tvaru
- Crashtest na profilech



Crash-
test

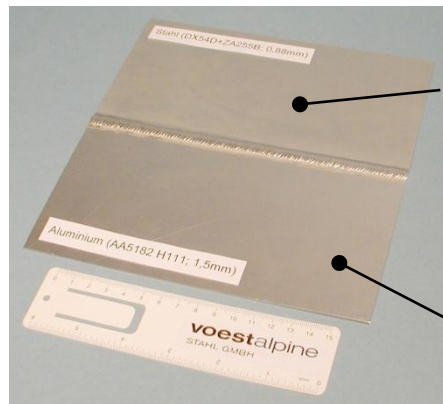


Analyse zur
Formgebung

Novinka: Vysoká plasticita spojů ocel – hliník



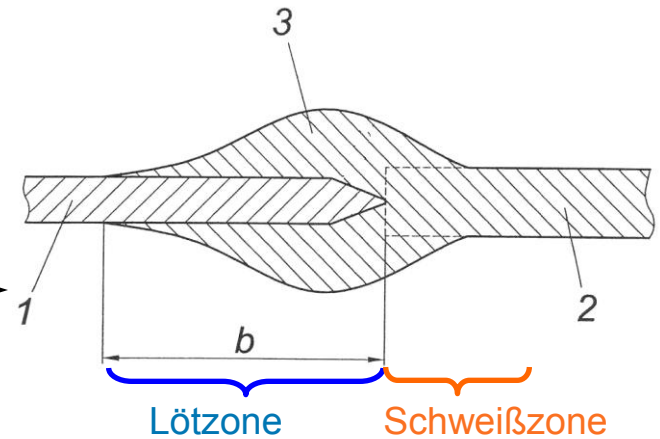
Oboustranně pájeno metodou CMT



Ocelový plech (1)

Hliníkový plech (2)

Füge-
Geometrie

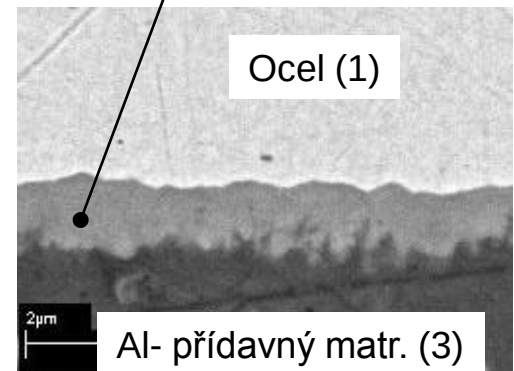
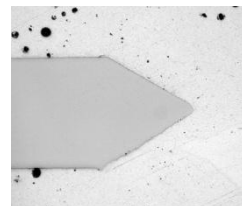


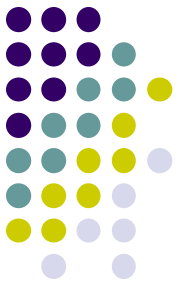
Füge Zone

Křehká vrstva
IM - fáze
<2 μ m



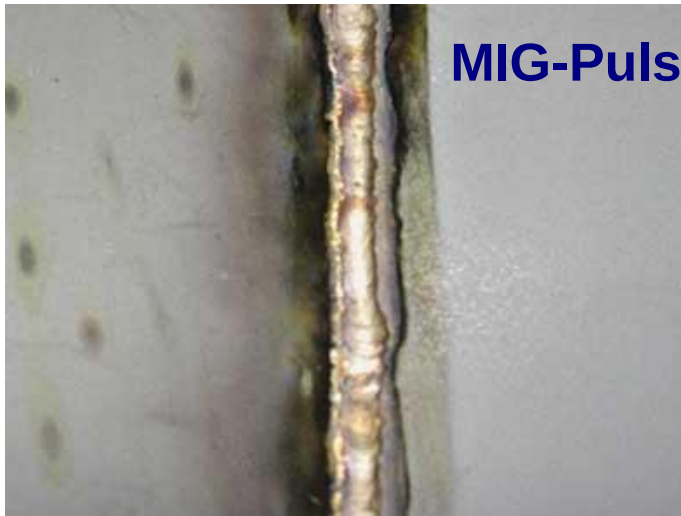
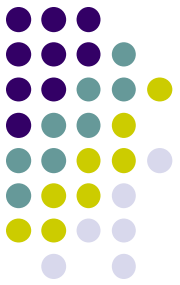
Detail





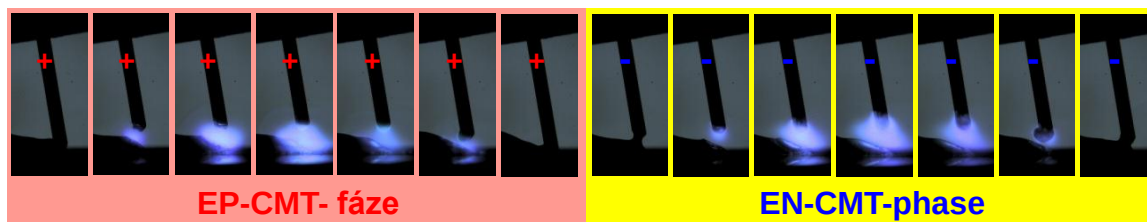
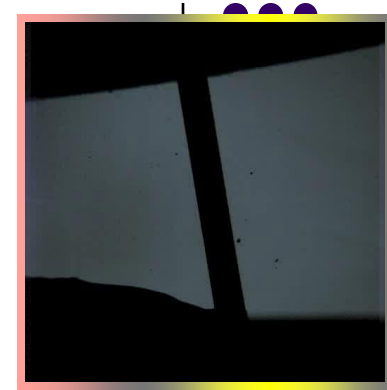
- CMT umožňuje spojovat automatizovaným a robotizovaným procesem bez podložky a na tupo, tenké hliníkové plechy 0,8 mm svařovacími rychlostmi kolem 2 m/min. V
- Vysokolegované ocelí o tloušťkách do 1,5 mm, je možno svařovat bez deformace díky nízkému tepelnému zatížení a výborné stabilitě oblouku.
- MIG - pájecím procesem bronzovým drátem je možné realizovat pájené spoje pozinkovaných plechů, které se často využívají v automobilovém průmyslu, s minimálním rozstříkem (a tedy prakticky bez nutnosti následného opracování), prováděné rychlostí až 1,5 m/min.

Aplikace pájení CMT



- Srovnání:
 - Nahoře: CMT-pájení
 - Dole: Standardní MIG-pájení
- Přednosti:
 - Spoje bez rozstříku
 - Úhlednější a zcela pravidelný spoj

Novinka: CMT Advanced



oblast obloukového procesu

CMT Advanced technologie

CMT Advanced proces

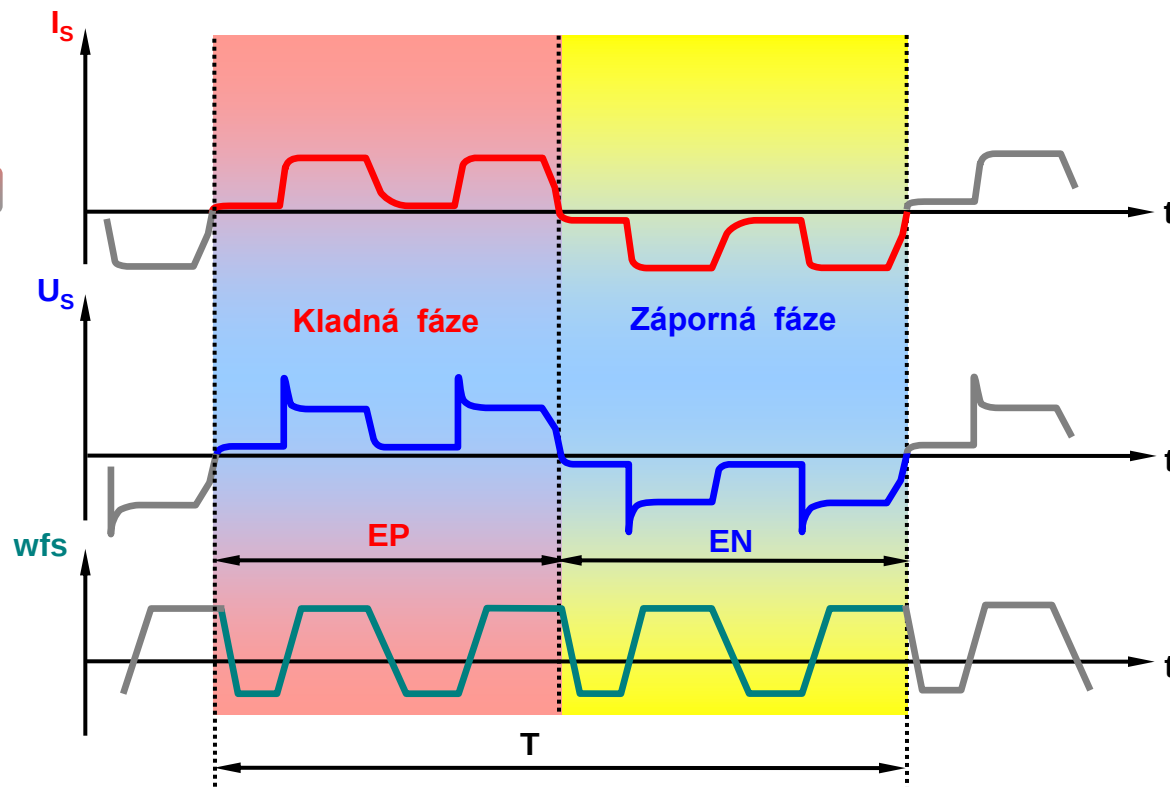
chování oblouku

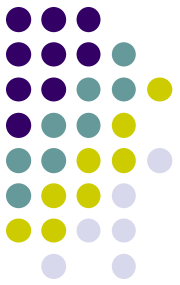
odtavný výkon & energie

výhody

přemostitelnost mezery

výhled





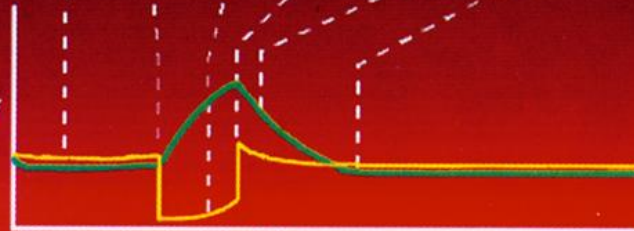
SVAŘOVÁNÍ METODOU STT – SURFACE TENSION TRANSFER

Konvenční zkratový proces

Elektroda



— Prac. napětí
elektrody
— Proud
elektrody



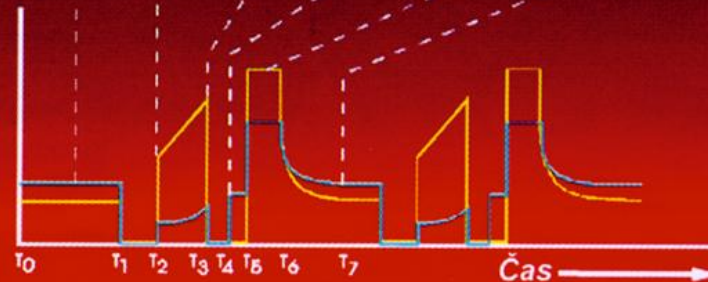
Čas →

Technologie STT

Elektroda



Prac. napětí
elektrody
Proud
elektrody



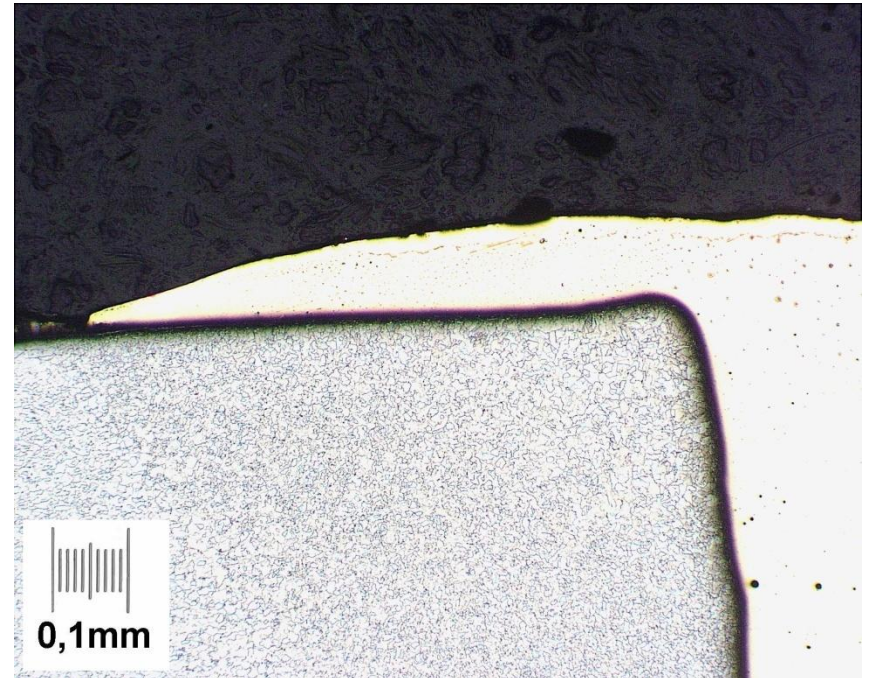
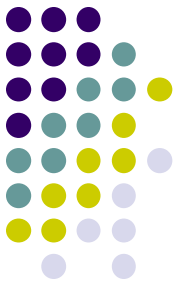
Čas →

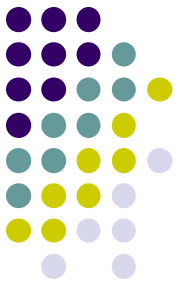
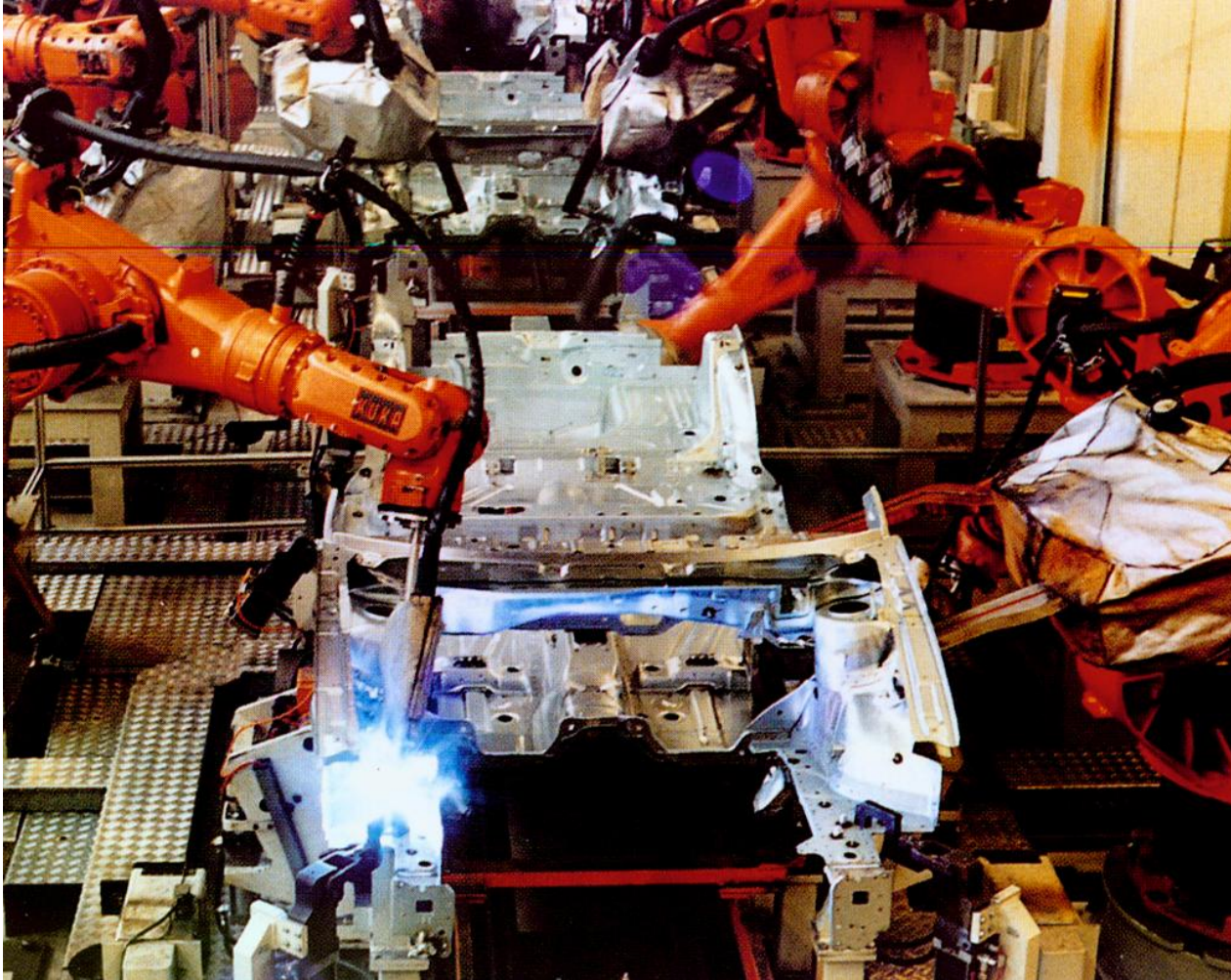
MIG – pájení pozinkovaných plechů



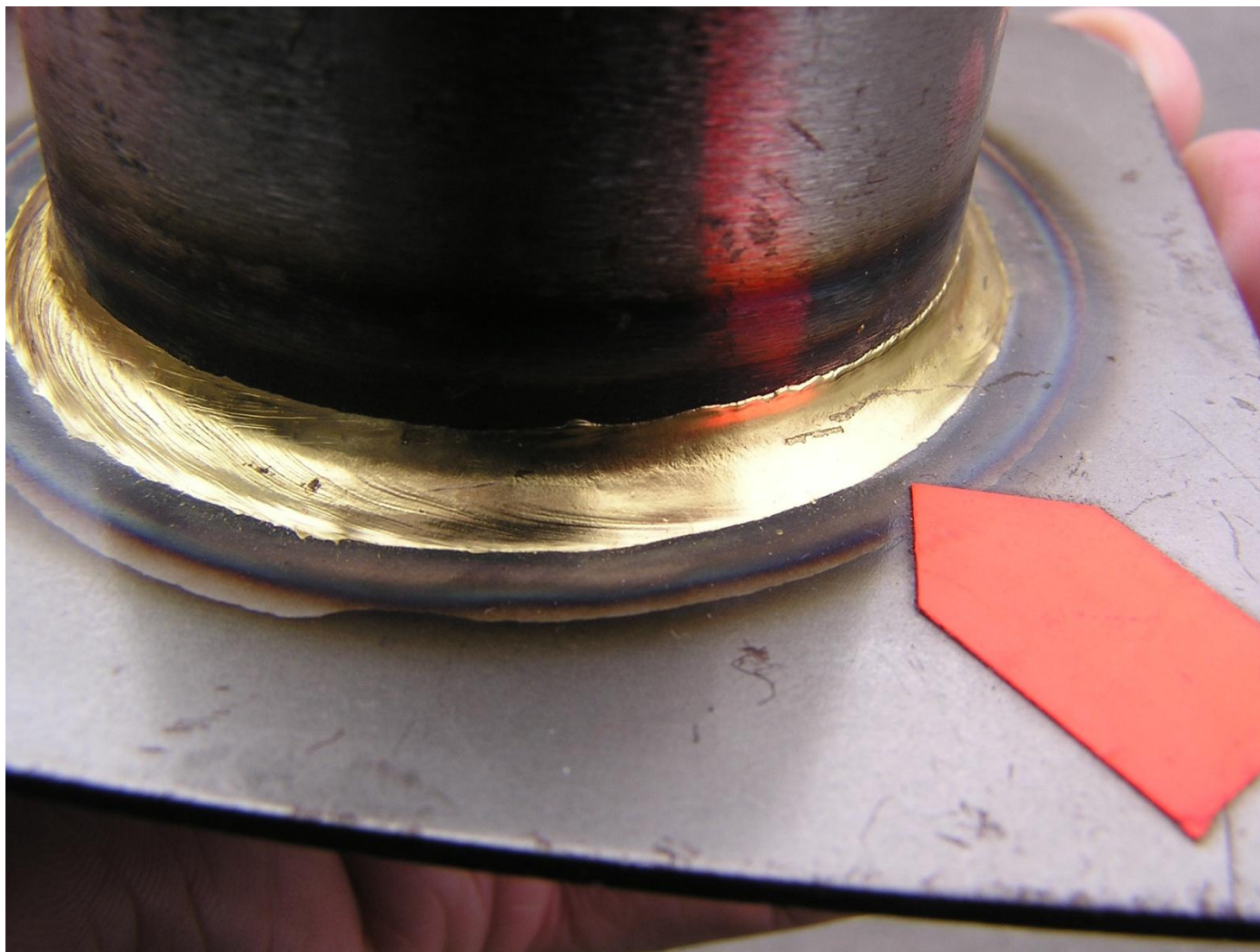
Pozinkované plechy jsou v současné době stále častěji používány v automobilovém průmyslu, ve stavebnictví, vzduchotechnice, nábytkářství a výrobě domácích spotřebičů. Tloušťka zinkového povlaku se pohybuje od 5 do 20 mikrometrů a požadavkem při spojování je nepoškodit povlak který katodickým účinkem chrání základní materiál. Při klasickém svařování způsobují páry zinku, které se odpařují při 906 °C, pórovitost svaru, neprůvary a trhliny. Pro spojování těchto plechů byla vyvinuta metoda MIG – pájení křemíkovým bronzem CuSi3, CuSi2 nebo hliníkovým bronzem CuAl8, CuAl8Ni2 kterým se pozinkované plechy spojují v intervalu teplot 1030 až 1080 °C.

- MIG –pájení se provádí impulsním proudem do 350 A v ochranné atmosféře Ar nebo Ar + 2,5 % CO2.
- Výhody MIG - pájení: minimální opal povlaku vedle svaru i na spodní straně plechu, svar bez koroze – katodická ochrana v těsné blízkosti svaru, žádné dodatečné úpravy materiálu, minimální tepelné ovlivnění materiálu a deformace, možnost robotizace.

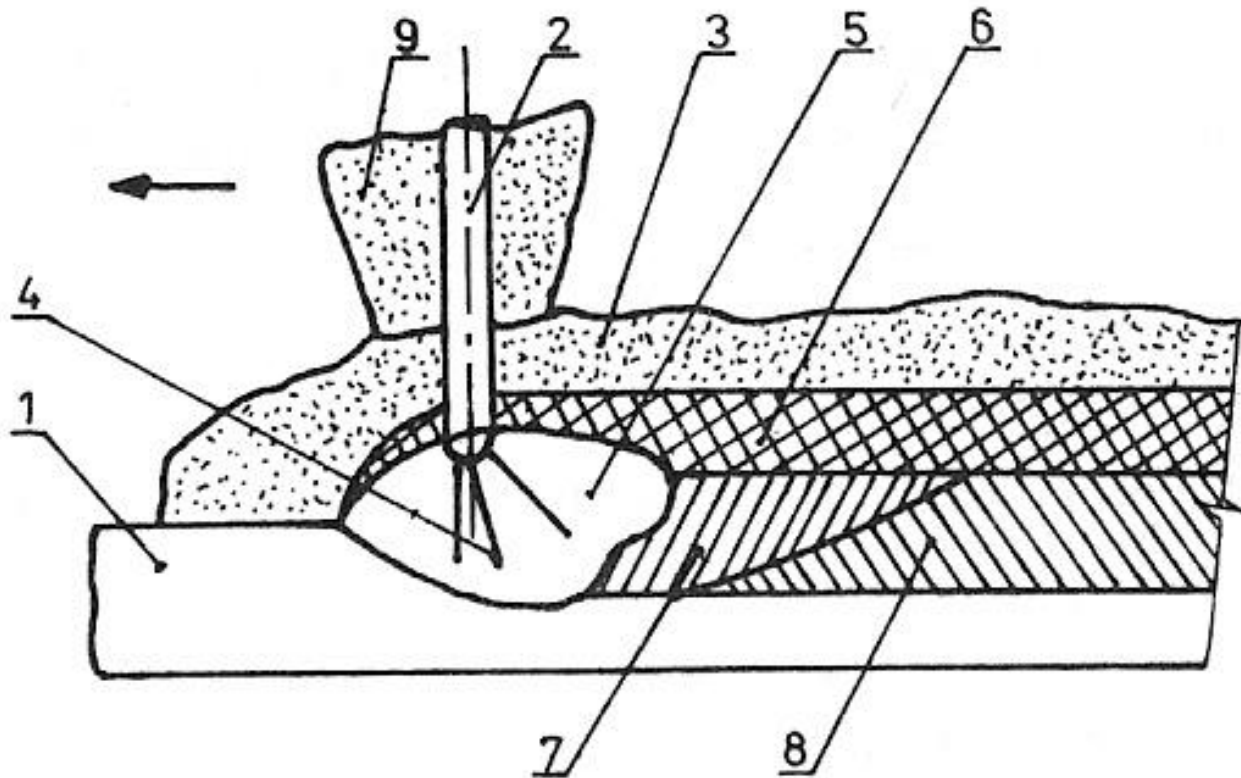
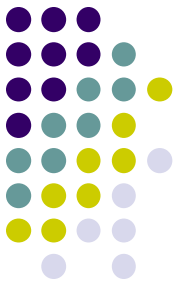




Pájení hliníkovým bronzem



SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM POD TAVIDLEM



Odsávání přebytečného
tavidla

Přívod
tavidla

Kontaktní
průvlak

Tavící se
elektroda

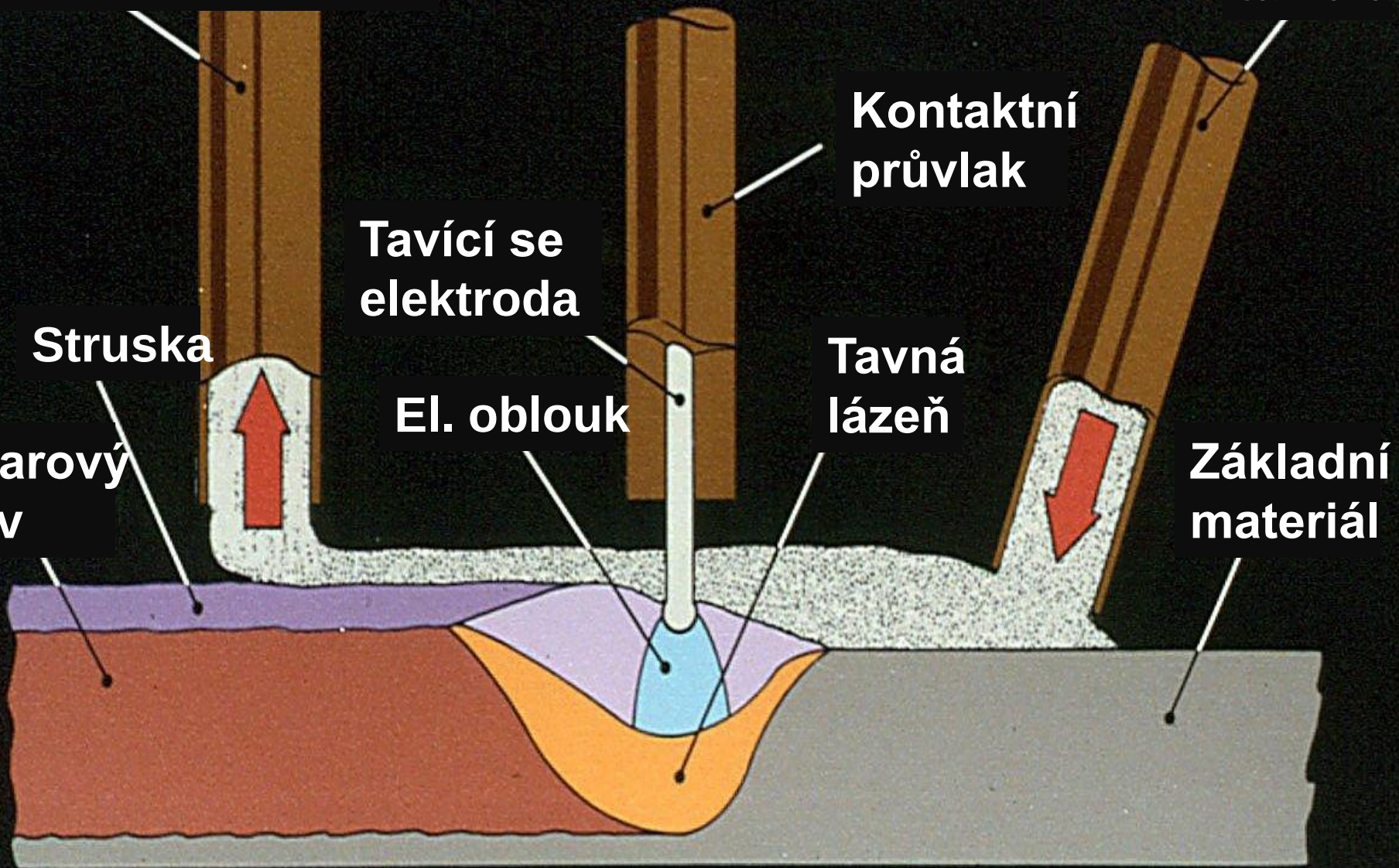
Struska

El. oblouk

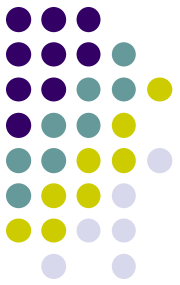
Tavná
lázeň

Základní
materiál

Svarový
kov







- Charakteristické parametry svařování jsou : svařovací proud – 100 až 2000 A, napětí - 20 až 60 V.
- PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY
- Plné dráty: ČSN EN 756 pro nelegované a jemnozrnné oceli - nejčastější průměry jsou od 2 do 5 mm. Pro spojovací svary ocelových konstrukcí.
- Plněné dráty: ČSN EN 12 073 pro korozivzdorné návary. Dále návary tvrdokovu.
- Páskové elektrody: ČSN EN 12 072 pro korozivzdorné návary. Rozměr 0,5 x 60 mm.
- Plněné pásky pro tvrdé návary. Rozměr 2 – 3 x 40 mm.

ČSN EN ISO 14174 (055701)

Svařovací materiály - Tavidla pro obloukové svařování pod tavidlem a elektrostruskové svařování - Klasifikace



Dle výroby se tavidla dělí na

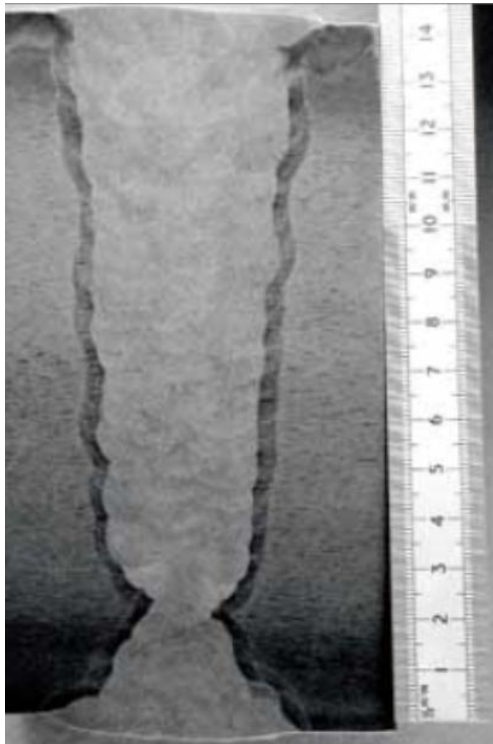
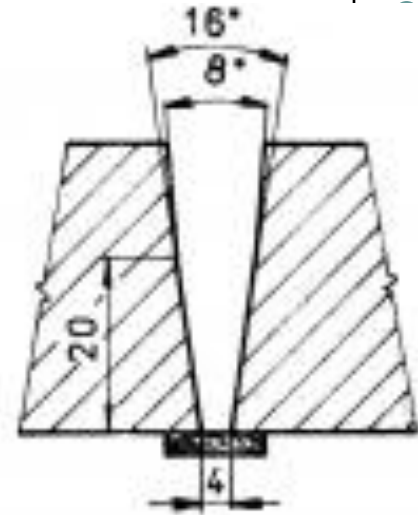
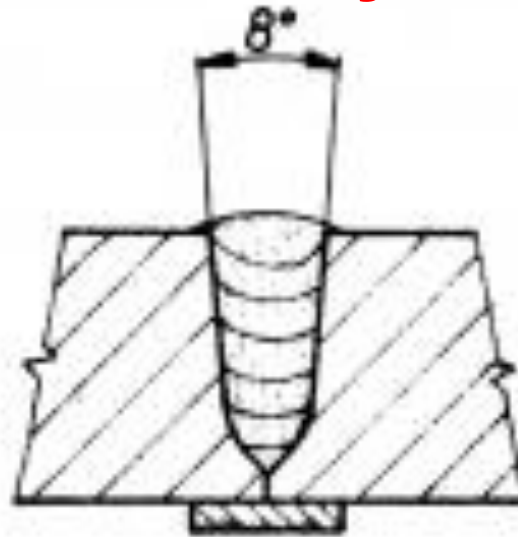
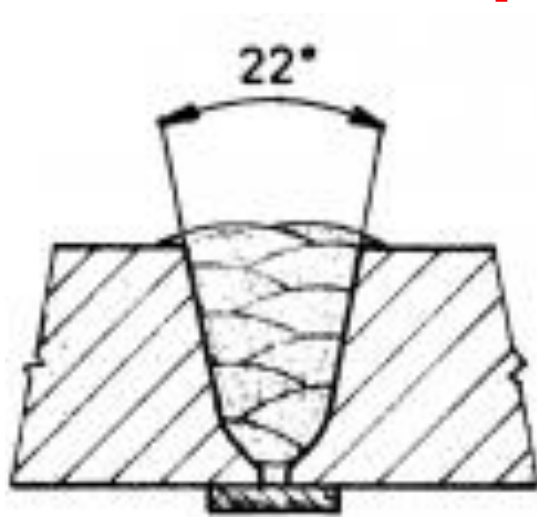
- Tavená - vyráběná v elektrických obloukových pecích
- tavidlo pro nelegované materiály
- Aglomerovaná (keramická) - vyráběná z práškových komponentů a pojená vodním sklem. Tavidla s přesně daným chemickým složením vhodná pro legované materiály a pro navařování.
- Sintrovaná – spékaná z práškových komponentů za působení tlaku. Vhodná pro legované materiály a pro svařování do úzkého úkosu z důvodu dobré odstranitelnosti strusky.

Dle chemického složení se tavidla dělí na:

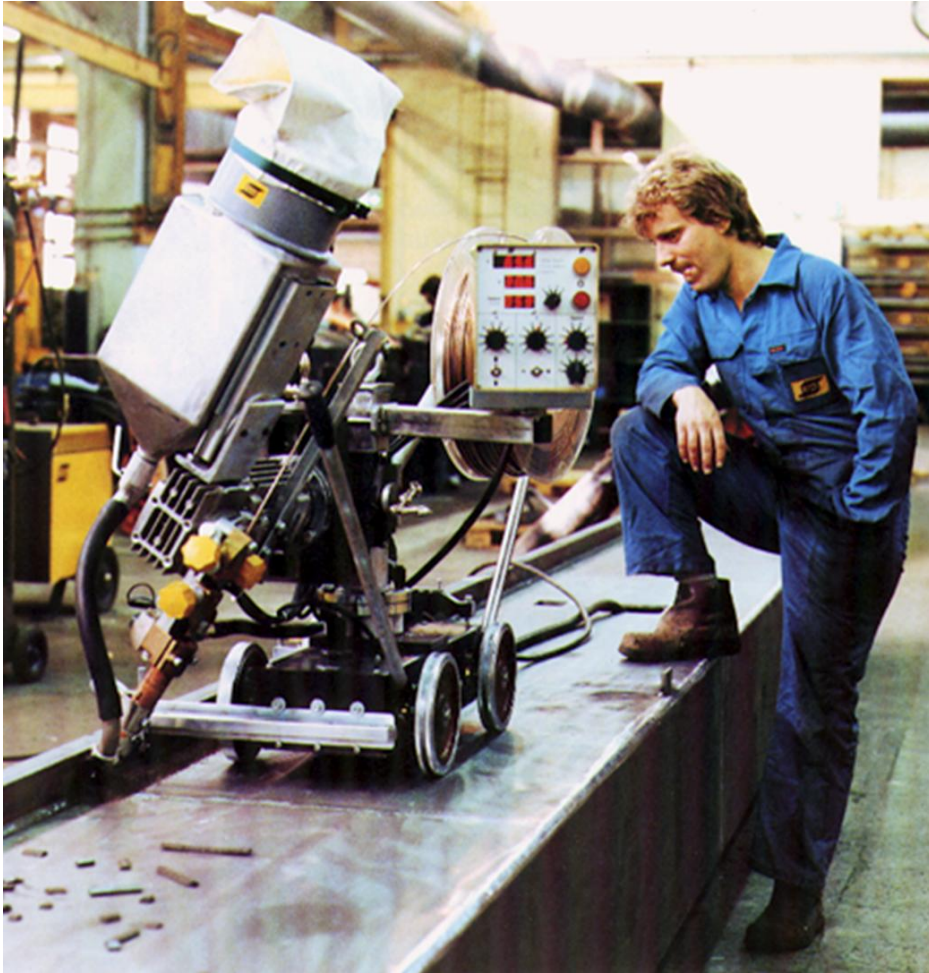
- Mangan- silikátová, zirkon- silikátová, rutil - silikátová
- Aluminát – bazická, aluminát – fluorid – bazická
- Fluorid – bazická

Zrnitost tavidel se pohybuje mezi 0,25 – 2,5 mm.

Úprava svarových ploch

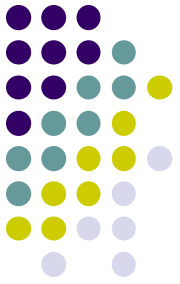
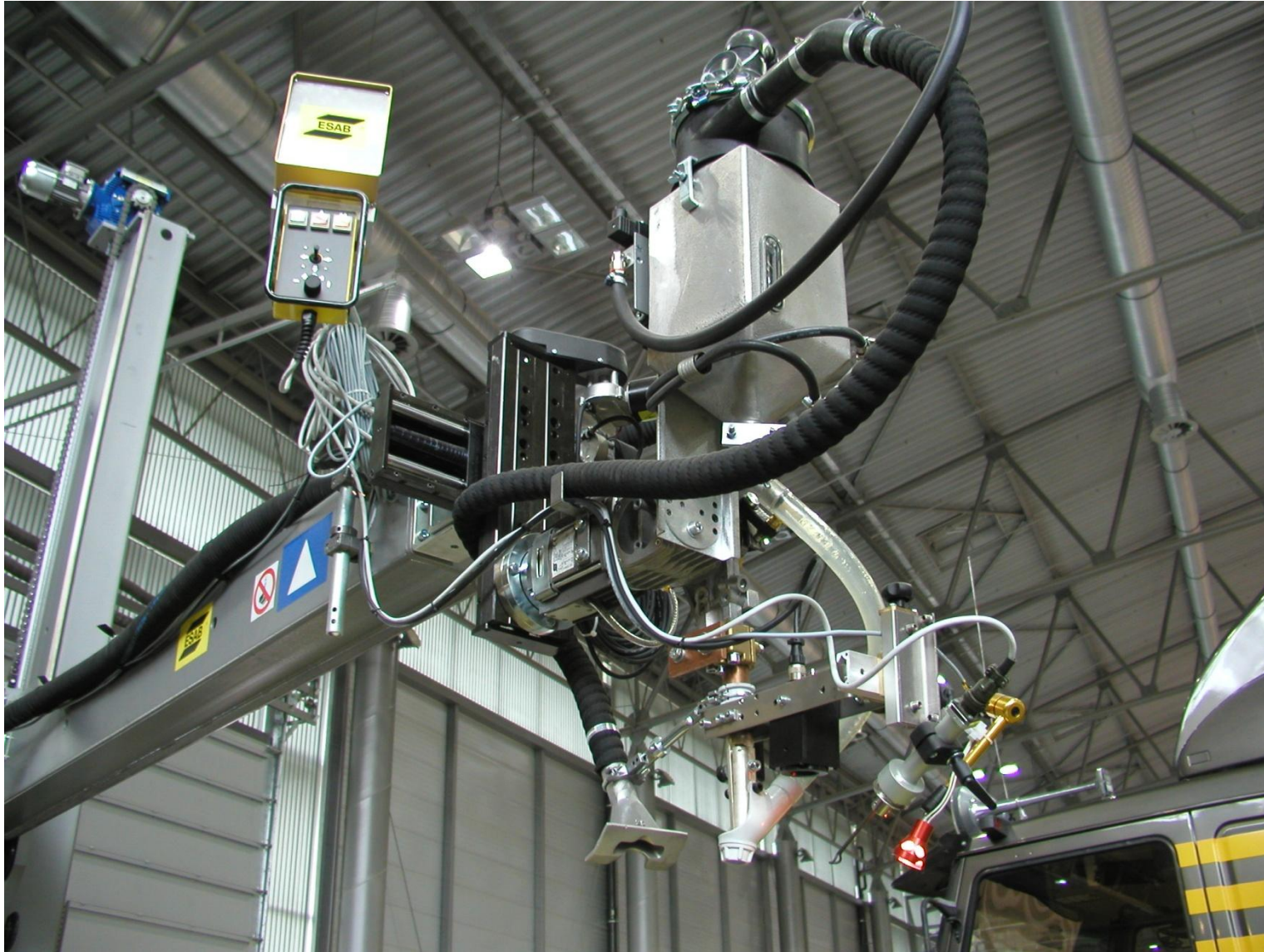


Pojezd po výložníku



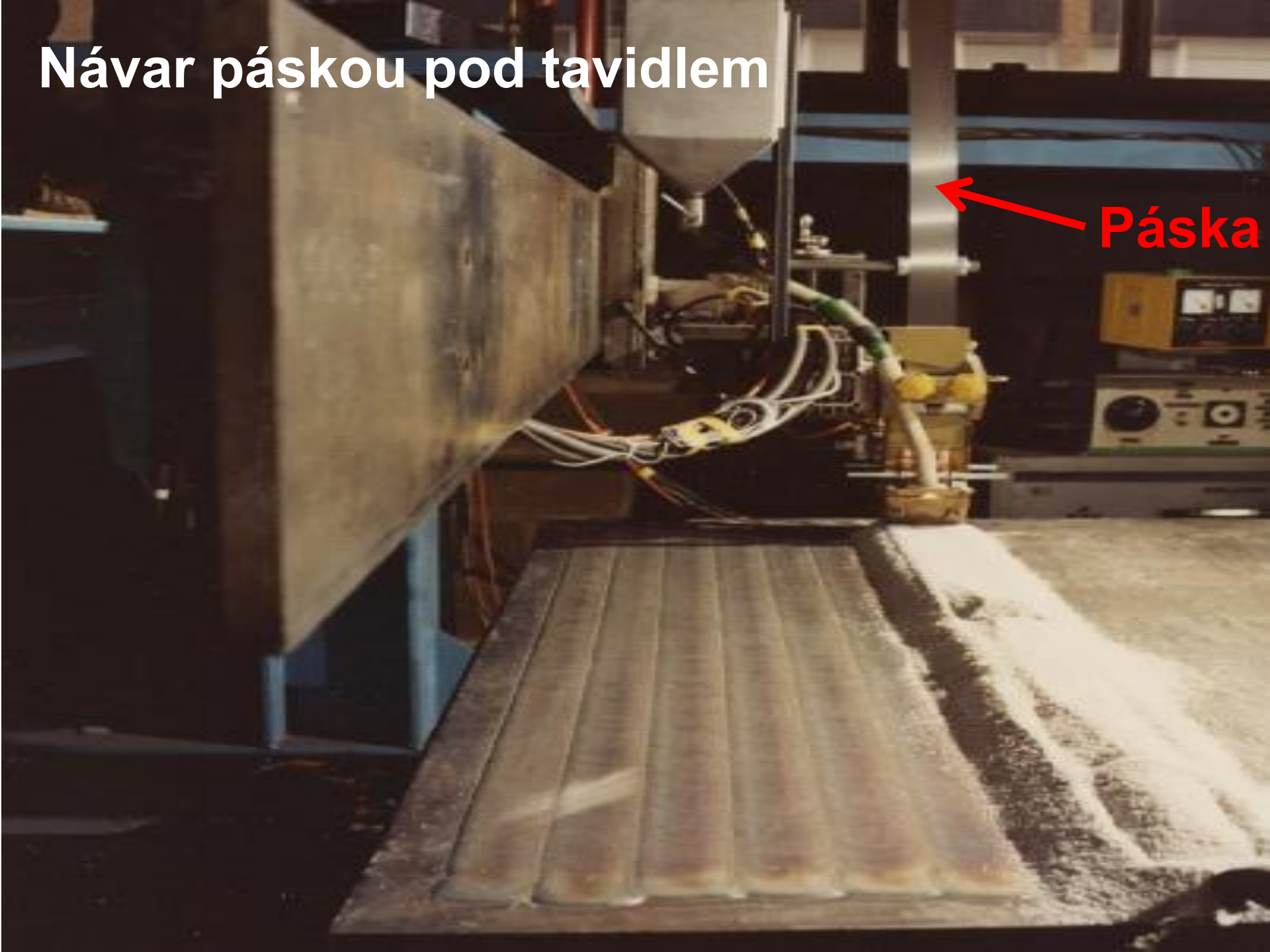
Pojezd po svařovaném dílu





Návar páskou pod tavidlem

Páska





Typické složení navařovací pásky

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,02	0,3	1,8	24,0	13,0

Podklad pro přechod mezi feriticko-perlitickou ocelí a austenitickou ocelí

C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb
0,02	0,5	1,8	19,8	10,5	0,6

C	Si	Mn	Cr
0,06	0,3	0,45	16,5

Obvyklá šířka pásky 60 mm
Tloušťka 0,5 mm

Navařování páskou pod tavidlem





Pohled do svarové mezery

Elektrostruskové svařování



Přídavný materiál se taví odporovým teplem
při průchodu elektricky vodivou struskou !

Drátová
elektroda

Pohyblivé
vedení
drátu

Základní
materiál

Tekutá struska
Tekutý svarový
kov
Tuhnoucí svarový
kov

(a)

Čelní pohled

Chlazené
příložky

Vstup
chladicí
vody

Výstup
chladicí vody

(b)

Řez –boční pohled

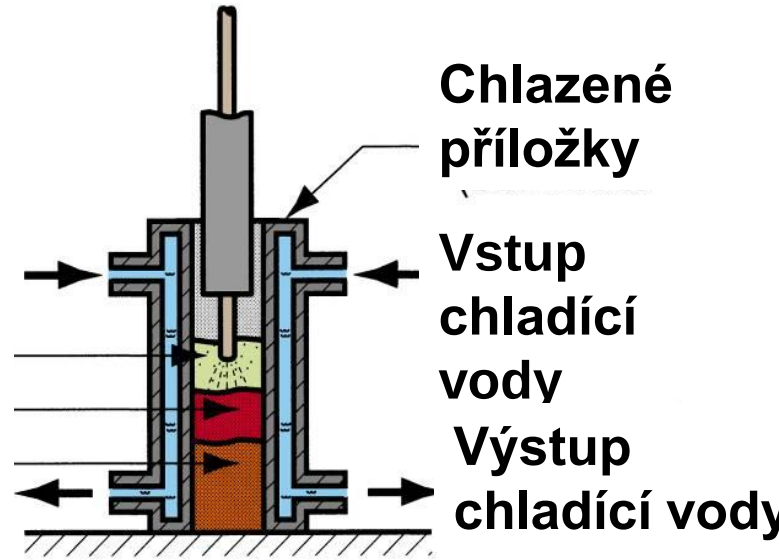
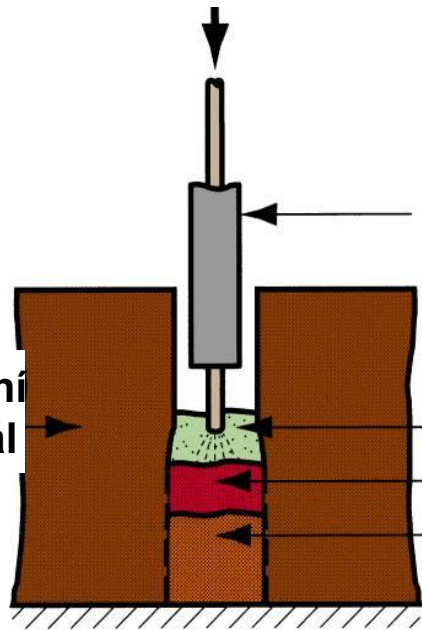
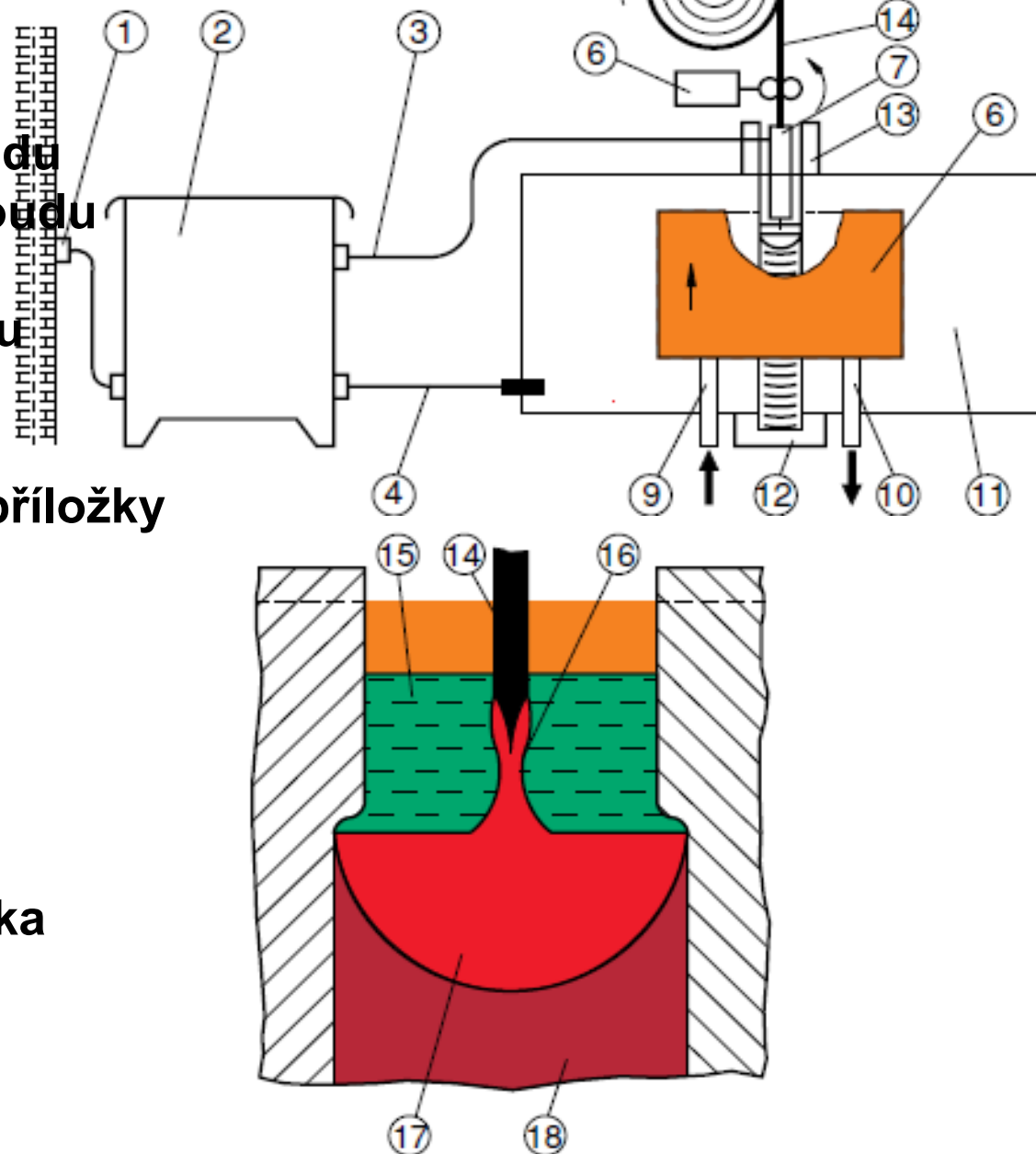
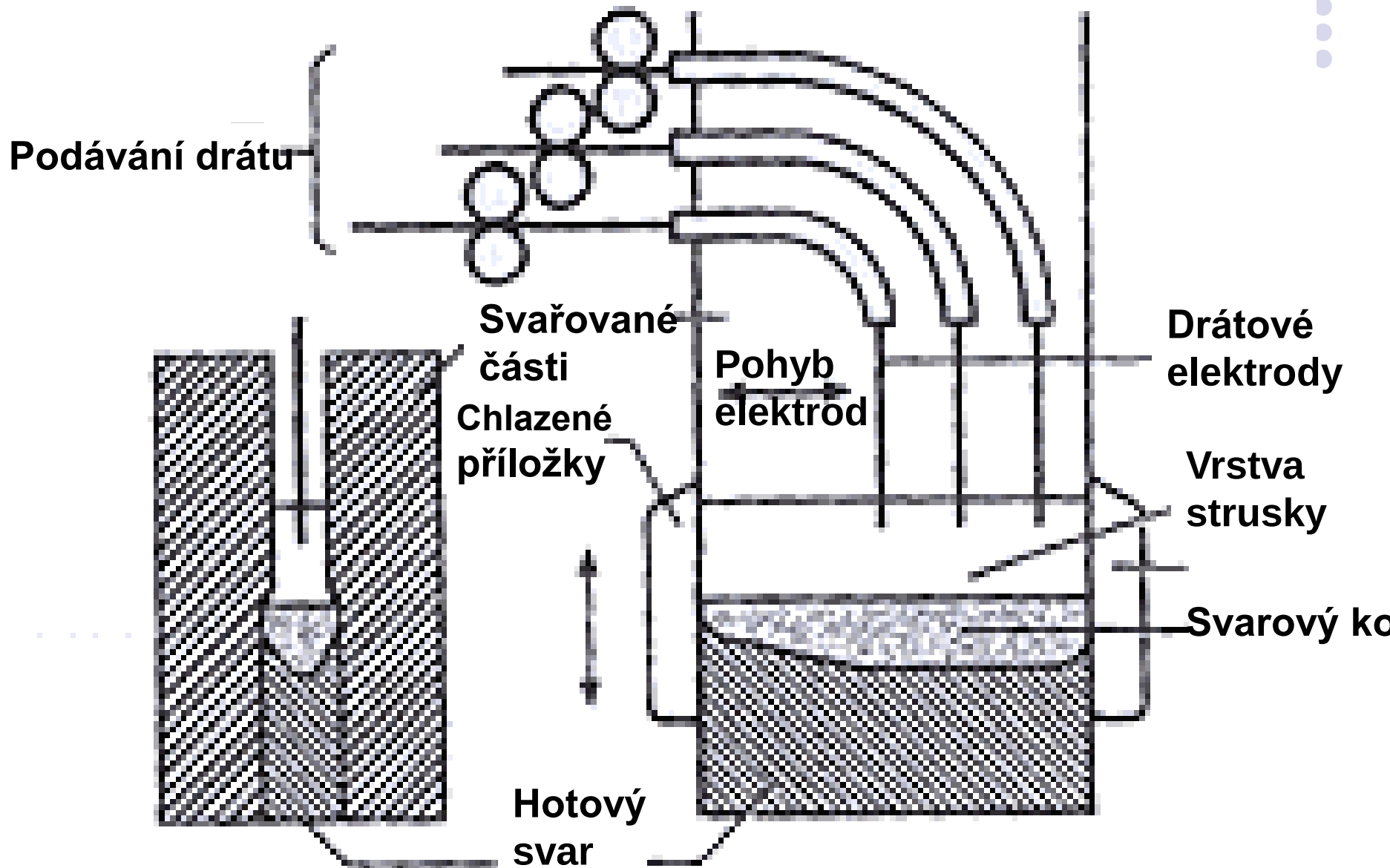
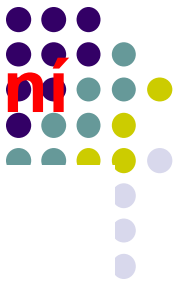


Schéma elektrostruskového svařování

- 1 Připojení do sítě
- 2 Zdroj svařovacího proudu
- 3 Vedení svařovacího proudu
- 4 Zemní kabel
- 5 Cívka svařovacího drátu
- 6 Podávací zařízení
- 7 Kontaktní průvlak
- 8 Chlazené posuvné Cu příložky
- 9 Přívod chladicí vody
- 10 Odtok chladicí vody
- 11 Svařovaný materiál
- 12 Startovací deska
- 13 Výběhový plech
- 14 Přídavný materiál
- 15 Elektricky vodivá struska
- 16 Tavný se drát
- 17 Tavná lázeň
- 18 Ztuhlý svarový kov

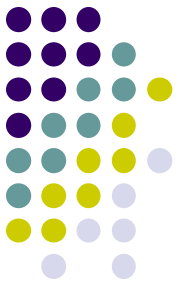


Uspořádání elektrostruskového svařování





- Elektroda (skupina elektrod), tj holý drát zasahuje do tavidla, které se po zapálení oblouku se začne tavit -> nabývá elektrické vodivosti
- Po určité době oblouk zanikne a tekuté tavidlo je zahříváno odporově a teplem strusky se odtavují konce elektrody a natavuje se svařovaný materiál.
- Svařuje se směrem zdola nahoru v celém průřezu najednou
- Formování a ochlazování svarového kovu obstarávají měděné vodou chlazené příložky, které se posouvají současně s vlastním zařízením
- Je-li tloušťka svařovaného materiálu větší než průřez tavné lázně, koná skupina elektrod přímočarý vratný pohyb v příčném směru s určitou výdrží v úvrati



- Výhody:
 - Vysoká tepelná účinnost až 80%
 - Značná produktivita (roste s tloušťkou součástí)
 - Možnost zhotovit obvodové svary a návary
- Použití:
 - Svařování materiálů tlustších než 50 mm
 - Kotlové pláště
 - Velké celky z odlitých nebo vykovaných součástí

