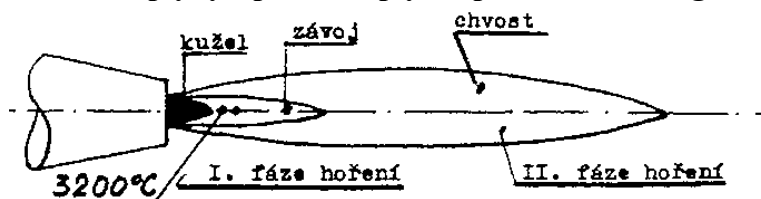




TMSV – Otázky ke zkoušce

1) Svařování plamenem, plyny, spalování plynů, použití technologie



Zdrojem tepla je chemická reakce hoření plamene, který vznikne hořením směsí oxidujícího a hořlavého plynu. Parametry plamene jsou závislé na druhu použitého plynu. Po smíšení obou plynů v hořáku vzniká směs, která se na výstupu z trysky zapálí a vznikne plamen s pásmy viz. obr.

Oblasti použití svařování plamenem:

Nezastupitelnou úlohu má v opravárenství, topenářství, navařování tvrdých a jiných návarů.

Plyny: a) oxidační

b) hořlavé

ad a) oxidační: (kyslík a vzduch),

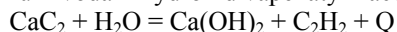
Kyslík (O_2) – bezbarvý plyn, bez zápachu, nehořlavý, ale hoření podporuje. Lze zkapalnit při $-182,95^\circ C$. Z litru kapalného kyslíku lze získat 874 l kyslíku plynného. Vyrábí se destilací kapalného vzduchu.

Vzduch – směs kyslíku (21%) dusíku (78%) a argonu, oxidu uhličitého (1%)

ad b) plyny hořlavé:

Acetylen: hoří bílým plamenem s velkým vývinem sazí. Výroba acetyleny probíhá podle rovnice:

Karbíd vápníku + voda = hydroxid vápenatý + acetylen + teplo



$$1 \text{ kg} + 0,56 \text{ kg} = 1,156 \text{ kg} + 344,5 \text{ l} + 1766,5 \text{ kJ}$$

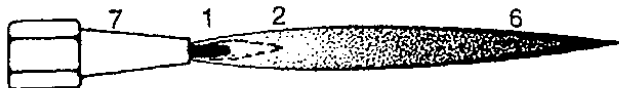
Typy plamene:

Kyslíko – acetylenový:

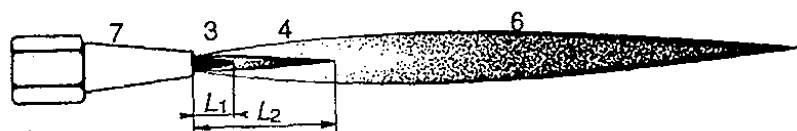
a) neutrální: $O_2 : C_2H_2 = 1:1$ až $1,1:1$

b) redukční: $O_2 : C_2H_2 < 1$

c) oxidační: $O_2 : C_2H_2 = 1,2:1$



a)



b)



c)

2) Elektrický oblouk, vznik, složení, přenos kovu, základní parametry

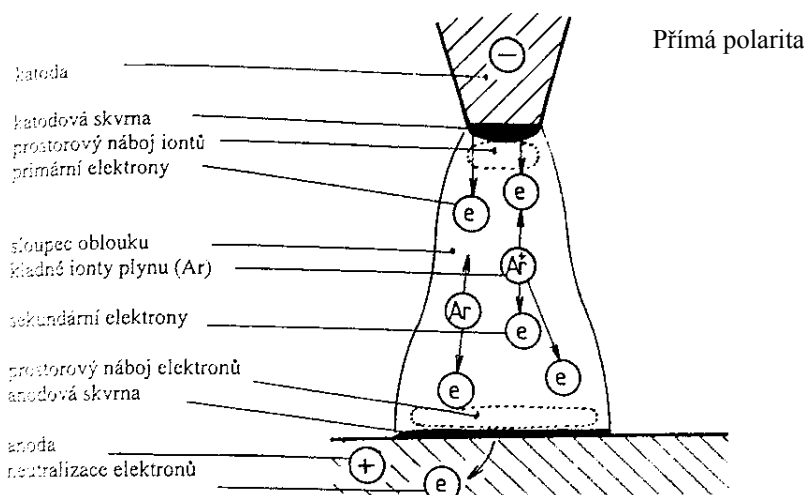
Charakteristické znaky oblouku:

- malý anodový úbytek napětí
- malý potenciální rozdíl na elektrodách
- proud řádově ampéry až tisíce ampér
- velká proudová hustota katodové skvrny
- intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku
- intenzivní vyzařování UV záření

Zapálení el. oblouku:

- krátkodobým dotykem elektrody a základního materiálu při nastaveném svařovacím proudu
- vysokonapěťovým vysokofrekvenčním ionizátorem se zapálí na vzdálenost několika mm el. jiskra, která ionizuje plynné prostředí výbojem
- dotykové zapalování tzv. startovacím proudem. Používá se u metody WIG. Startovací proud dosahuje max. 10 A, ohřívá se pouze hrot wolframové elektrody

Části oblouku (stejnoseměrný oblouk):



- a) katodová skvrna – ostře ohraničená oblast, která emituje prvotní elektrony důležité pro zapálení oblouku a ionizaci plynného prostředí. Elektrony získávají v oblasti katodového úbytku tak velkou kinetickou energii, že jsou schopny při srážkách ionizovat neutrální atomy na kladné ionty a sekundární elektrony. Teplota KS se pohybuje kolem 2400 – 3000 °C. Proudová hustota je kolem 1000 – 1500 A.mm⁻².
- b) Sloupec oblouku – zářivě svítící oblast disociovaného a ionizovaného plynu ve formě plazmy mezi elektrodami, která dosahuje vysokých teplot
- Max. teplota závisí na řadě faktorů
 - počet srážek částic v oblouku – je dán intenzitou proudu a hodnotou napětí
 - prostředí oblouku, které určuje stupeň disociace a ionizace v závislosti na teplotě

Maximální teploty oblouku jsou ve středu a k okrajům klesají, přičemž nejvyšší teplota je těsně pod katodovou skvrnou kde dosahují až 16 000°C. Při ručním svařování obalenou elektrodou se teplota oblouku pohybuje mezi 4200 – 6400°C. Při svařování pod tavidlem 6200 – 7800°C, v ochranné atmosféře WIG 6500 – 9000°C a u svařování MIG/MAG jsou v rozmezí 8000 – 15 000°C.

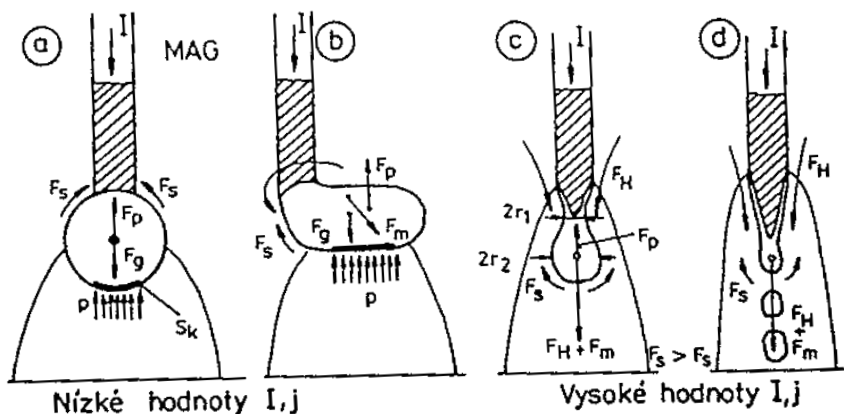
- c) anodová skvrna: AS jsou neutralizovány a odváděny dopadající záporné částice. Kinetická energie se mění na tepelnou a z části i na elektromagnetické záření. Vyšší teplota AS se připisuje intenzivnějšímu uvolňování tepla při neutralizaci rychle letících elektronů a přeměně kinetické energie elektronů na tepelnou. Teplota AS je mezi 2700 – 3600°C a většinou dosahuje teploty varu svařovaných materiálů.

Střídavý oblouk: Oblouk zhasíná při každém průchodu nulou a je znovu zapalován při opačné polaritě elektrod. Tento děj se opakuje při frekvenci 50Hz (nebo jiné). Katoda zahřátá z předcházející půlperrody emituje elektrony ihned na začátku nové půlperrody. Stabilizace hoření oblouku se dosahuje zařazením zdánlivého nebo činného odporu do obvodu střídavého proudu.

Přenos kovu: při hoření oblouku a tavení elektrody ovlivňují velikost, tvar a frekvenci kapek tyto faktory:

- fyzikální vlastnosti roztaveného kovu (povrchového napětí, viskozita, teplota tavení a bod varu)
- vlastnosti prostředí (teplota, chem. interakce, tepelná vodivost)
- technologické parametry (proud, napětí, proudová hustota)

Působící síly:



obr.5.6 Síly působící na kapku tavicí se elektrodou při různých proudových hustotách:
a, bpři nízkém proudu, c,d při vysokém proudu

- a) síla povrchového napětí
– $F_s = 2\pi \cdot r \cdot \chi$ - snaží se udržet kapku na konci elektrody a získat kulový tvar. Síla klesá se vzrůstající teplotou
- b) síla vyvolaná tlakem kovových par –
 $F_p = \text{konst.} \cdot S_s \cdot I \cdot j$ – působí proti oddělení kapky z důvodu tlaku odpařovaného kovu tryskajícího z katodové nebo anodové skvrny.
- c) Gravitační síla
- d) Elektromagnetická síla –

$$F_m = \text{konst.} \cdot I^2 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$$



- síla působí v radiálním i axiálním směru (Lorenzovy síly). Radiální síla (pinch efekt)
- e) Hydrodynamická síla – působí při vysokých proudových hustotách, kdy plazma proudí rychlostí kolem 100 m.s^{-1} napomáhá oddělení kapek z elektrody a urychluje kapky směrem do tavné lázně. Má vliv hlavně při oddělení a urychlení drobných kapek při sprchovém přenosu

3) Ruční svařování elektrickým obloukem, základní parametry, elektrody, zdroje, technologie

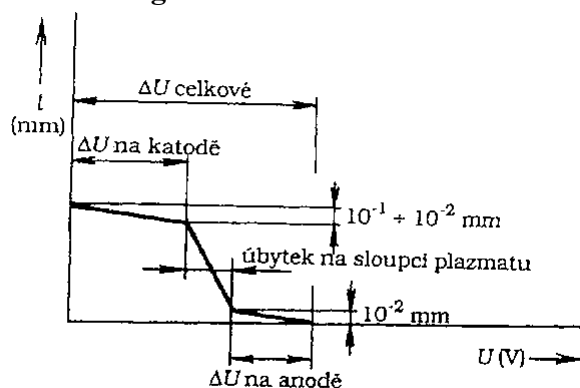
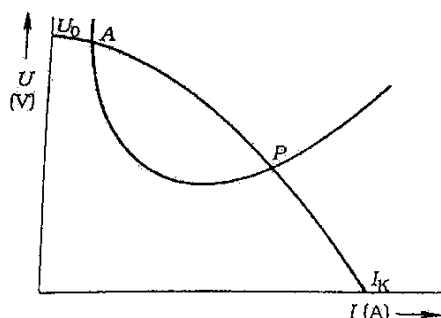
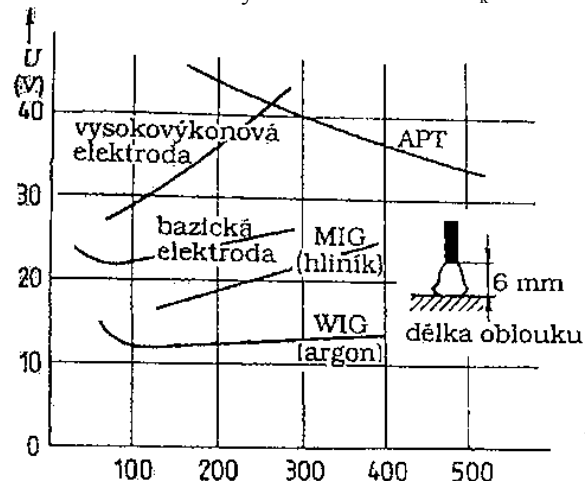


Schéma a rozdělení oblastí elektrického oblouku

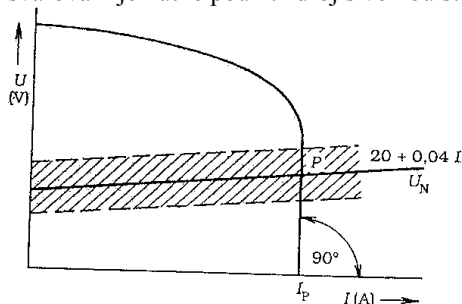
statické charakteristiky s vodorovnou osou I_k udává zkratový proud a je to nejvyšší proud svařovacího zdroje.



4 Statické charakteristiky zdroje svařovacího proudu a svařovacího oblouku

A – zápalný bod, B – pracovní bod,
 U_0 – napětí naprázdno, I_k – zkratový proud

Při velké strmosti statické charakteristiky se udržuje svařovací proud v úzkých mezích při kolísání napětí. Pro ruční svařování je nutné použít zdroj s velkou strmostí svařovací charakteristiky



požaduje způsob svařování

Pro svařování střídavým proudem se používají jednofázové transformátory

Pro svařování stejnosměrným proudem:

- svařovací agregáty (rotační svářečky)
- svařovací usměrňovače (s transduktorem, s tyristorovým řízením, sekundárně taktované inventory)

Technologie:

Svařovací proud – pokud nejsou k dispozici údaje o velikosti sv. proudu, dají se použít následující empirické údaje:

- pro elektrody s kyselým a rutilovým obalem $I = (40 - 55) \cdot d$
- elektrody s bazickým obalem $I = (35 - 50) \cdot d$

d – průměr elektrody

Ruční svařování obalenou elektrodou: lze svařovat prakticky všechny materiály ve všech polohách, svařovací proud $10 - 2000 \text{ A}$, napětí na el. oblouku $10 - 50 \text{ V}$. Teplota el. oblouku se pohybuje přibližně kolem 5000°C .

Charakteristiky oblouku:

Statická charakteristika oblouku udává závislost elektrického napětí na oblouku a svařovacího proudu v ustáleném stavu.

Dynamická charakteristika udává poměr při reálném stavu svařování a lze ji registrovat pouze pomocí pišícího registračního zařízení.

Pro ruční svařování je nutno použít zdroj svařovacího proudu se statickou charakteristikou s klesající tendencí.

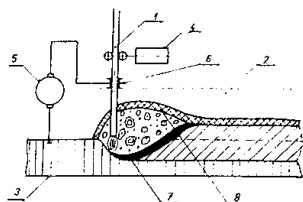
Tzn., že napětí naprázdno U_0 je nejvyšším napětím a s přibývajícím proudem toto napětí klesá. Průsečík



Při vedení elektrického oblouku a elektrody je třeba postupovat tak, že elektroda je mírně skloněna proti svarové housence, aby roztavená struska nepředbíhala elektrický oblouk a nezpůsobovala struskové vměstky ve svarovém kovu (vada svaru). Délka el. oblouku má být přibližně rovna průměru elektrody.

Zakončení svarové housenky musí být takovým postupem, aby nedošlo ke vzniku staženiny v koncovém kráteru. Pro svařeče to znamená, že se musí v koncovém kráteru při odtavení svarového kovu provést ještě zatočení se s obloukem a odtavit ještě určité množství svarového kovu, aby bylo ještě z čeho dosazovat svarový kov a zabránit tak vzniku staženiny.

4) Automatické svařování pod tavidlem, princip, volba parametrů, regulace, přídavné materiály, technologie



1.1 Schematické znázornění metody svařování elektrickým obloukem pod tavidlem

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1-svařovací drát | 2-tavidlo |
| 3-základní materiál | 4-podávací mechanismus svař. drátu |
| 5-zdroj svařovacího proudu | 6-přívod proudu do elektrody |
| 7-roztavený svarový kov | 8-roztavená struska |

Charakteristiky metody: byla vyvinuta za účelem zvýšení množství odtavovaného svarového kovu.

Poloha svařování: vodorovná shora

PA (nebo mírně skloněná cca do 7° od této polohy)

Minimální ekonomická délka svaru: nad 1000 mm

Rozsah tlouštěk základního materiálu: 3 – 100 mm

Rozsah používaného svařovacího proudu: 200 – 2000 A

Rozsah napětí na oblouku: 20 – 50 V

Rozsah svařovací rychlosti: 15 – 120 m/h

Druh používaného svařovacího proudu: střídavý i

stejnoseměrný

Průměr přídavného materiálu (drátu) 2,0 – 8,0 mm

Výhody:

- vysoká produktivita svařování (2x – 5x oproti svařování obalovanou elektrodou)
- velký průvar do základního materiálu
- široká tepelně ovlivněná oblast ?
- velká proudová hustota i při tenkých svařovacích drátech
- možnost snížení velikosti koutových svarů ve srovnání s ručním svařováním el. obloukem (až o 25%)
- zvýšená kvalita svarů

Nevýhody:

- zvýšené nároky na přípravu svarových ploch a jejich čistotu
- zakrytý svařovací proces a obtížnost jeho kontroly
- možnost svařování pouze v polohách PA nebo PB podle ČSN EN ISO 6947

Regulace svařovacího procesu:

- regulace statickou charakteristikou svařovacího zdroje (samoregulace) – změna napětí na oblouku vyvolává tak výraznou změnu svařovacího proudu, že tato je schopna urychlit nebo zpomalit odtavování svařovacího proudu tím upravit délku svařovacího drátu na původní hodnotu (plochá stat. charakteristika)
- regulace pomocí Ward-Leonardova zapojení elektromotorů – regulace spočívá ve změně otáček elektromotoru pohánějícího podávací zařízení pro podávání přídavného materiálu v závislosti na změně napětí na oblouku
- elektronická automatická regulace – mezi obloukem a kotvou pohonného elektromotoru přídavného materiálu je vložen elektronický zesilovač (nečastěji tvořen tyratrony). Jejich uvedení do činnosti je způsobeno změnou napětí na mřížce tyratronu.
- regulace magnetickými zesilovači – úloha magnetických zesilovačů je obdobná jako v předcházejícím případě

Přídavné materiály:

Přídavný materiál je ve formě lesklého, za studena taženého drátu. Pro navařování se používají pásy, nebo se používají trubičkové elektrody, které jsou vytvořeny ze svinutého pláště z měkkého materiálu. Dráty pro svařování pod tavidlem mají malý obsah fosforu a síry a zpravidla vysoký obsah manganu. Drát nemá obsahovat více jak 0,15 % P.

Klasifikace samostatného svařovacího drátu se skládá z 5 částí

- označení výrobku/metody svařování (v tomto případě označení písmenem S)
- označení pevnostních vlastností a tažnosti čistého svarového kovu pro vícevrstvé svařování nebo pevnostních vlastností základního materiálu použitého pro klasifikaci oboustranného svařování
- označení pro nárazovou práci čistého svarového kovu nebo svarového kovu svarového spoje
- označení typu použitého tavidla
- označení chemického složení použitého svařovacího drátu

5) Svařování WIG princip, základní parametry, zapalování oblouku, použití

Oblouk hoří mezi netavicí se elektrodou a základním materiálem. Ochranu elektrody i tavné lázně před okolní atmosférou zajišťuje netečný plyn o vysoké čistotě minimálně 99,995%. Používá se Ar, He nebo jejich směsi. Svařování lze realizovat s přídavným materiálem ve formě drátu ručním způsobem, nebo automatické svařování s podavačem drátu s proměnnou rychlostí jeho podávání dle postupu svařování.

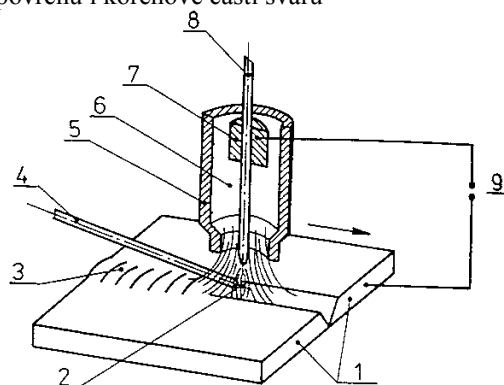
Svařování WIG: a) střídavým proudem – pro Al, Mg a jejich slitiny



b) stejnosměrným proudem – středně a vysoce legované oceli, Cu, Ni, Ti, Zr, Mo a další

Výhody svařování metodou WIG:

- 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 k naplynění a oxidaci při zvýšených teplotách
- jednoduchá obsluha a přesná regulace parametrů svařování
- svary mají malou tepelně ovlivněnou oblast a minimální deformace
- 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

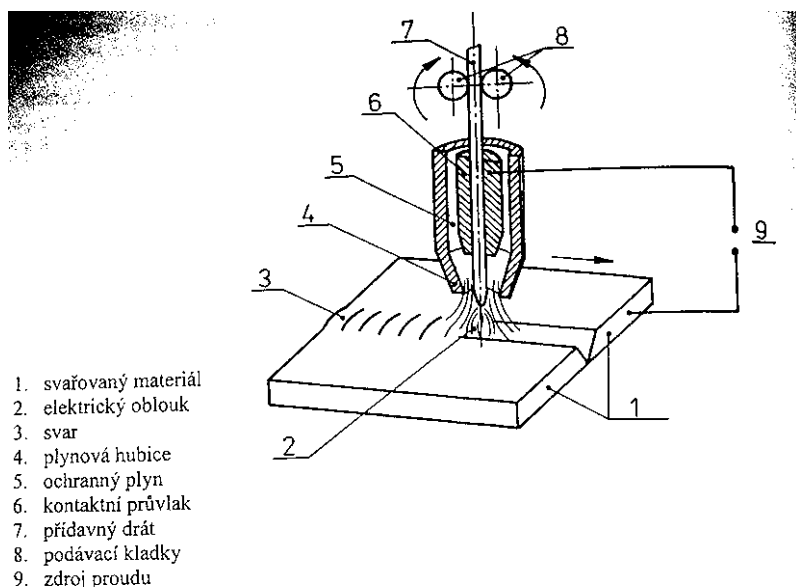


- svařovaný materiál
- elektrický oblouk
- svar
- přídavný materiál
- plynová hubice
- ochranný plyn
- kontaktní kleštiny
- wolframová elektroda
- zdroj proudu

Použití:

- svařované konstrukce z vysokolegovaných ocelí pro chemický, farmaceutický a potravinářský průmysl, klasickou i jadernou energetiku
- žárovečné 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

6) Svařování MIG/MAG princip, volba parametrů, regulace, použití



- svařovaný materiál
- elektrický oblouk
- svar
- plynová hubice
- ochranný plyn
- kontaktní průvlak
- přídavný drát
- podávací kladky
- zdroj proudu

Princip: je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší.

Proudová hustota je u MAG až $600 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$ a svařovací proudy se pohybují od 30 A až do 800 A.

Charakter přenosu kovu – běžný je zkratový pro tenké plechy a sprchový pro větší tloušťky plechů. U vysokých proudů se dosahuje rotujícího oblouku. Teplota kapek kovu se pohybuje v rozmezí $1700 - 2500^\circ\text{C}$. Teplota tavné lázně se pohybuje mezi $1600 - 2100^\circ\text{C}$. Díky vysokým svařovacím proudům a rychlosti blížící se hranici $150 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ přesahuje rychlost kapek přenášených obloukem $130 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Použití: ruční a mechanizované svařování nelegovaných, nízkouhlíkových a

Obr.7.2 Princip svařování tavící se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu - MIG/MAG

nízkolegovaných ocelí, při použití směsného plynu argonu s oxidem uhličitým.

Výhody:

- 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 svaru



- 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 svaru
- stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů
- nízká pórovitost
- malý nebo žádný rozstřik kovu elektrody
- snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování

Parametry MAG:

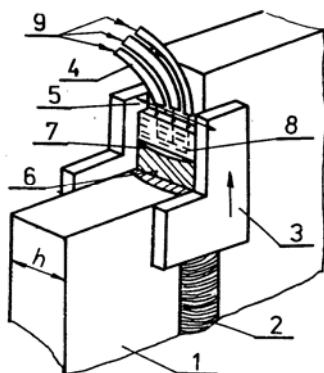
Svařovací proud: 40 – 500 A
 Napětí na oblouku: 16 – 35 V
 Rychlost svařování: 15 – 60 m/hod
 Charakteristika sv. zdroje: plochá
 Druh sv. proudu: stejnosměrný, polarita obrácená

Parametry MIG:

svařovací proud: 150 – 500 V
 napětí na oblouku: 20 – 30 V
 rychlost svařování: 6 – 90 m/hod
 spotřeba argonu: do 20 l/min
 charakteristika sv. zdroje: plochá
 Druh sv. proudu: stejnosměrná, polarita obrácená

7) Elektrostruskové svařování, princip, volba parametrů, tvorba svarů

Vhodné pro spojování velkých tloušťek materiálů (od 50 mm, lze ale cca od 12 mm). Svařuje se ve svislé poloze, ze zdola nahoru na jeden průchod svařovacího automatu s nuceným formováním svaru z obou stran základního materiálu, se svaří celá tloušťka plechu.



Obr. 5.21 Princip elektrostruskového svařování

kde: 1 – základní materiál, 2 – hotový svar,
 3 – formovací příložka, 4 – hubice automatu
 5 – příčný rozkvy hubice, 6 – ztuhlý svarový kov,
 7 – svarová lázeň, 8 – strusková lázeň,
 9 – přídavný drát.

179

Princip:

Vznikne potřebné teplo k natavení základního a přídavného materiálu průchodem proudů roztavenou struskou malé elektrické vodivosti (přeměna el. energie v tepelnou se děje ve strusce) El. oblouk je zapálen jen v počátečním období svařovacího procesu, než se docílí roztavení struskové lázně z naspaného tavidla. Potom oblouk zaniká. Svarová lázeň vzniká odtavováním jednoho nebo více drátů nepřetržitě do ní podávaných, popřípadě deskových elektrod; je udržována i v mezeře mezi dnem a bočními hranami svařovaných součástí prostřednictvím dvou měděných lišt, chlazených vodou.

Při svařování materiálů větších tloušťek konají přídavné dráty příčný kývavý pohyb. Svarová lázeň se posouvá směrem nahoru a současně s její krystalizací se posouvají i boční měděné příložky. Celý proces je automatizován.

Použití:

Pro svařování tlustostěnných nádob jaderných reaktorů, rámů lisů a válcovacích stolic, odlitky vodních turbin apod.

Rozsah obvyklého použití elektrostruskového svařování:

- základní materiál: konstrukční oceli, legované oceli
- přídavný materiál: drát Ø (2 – 6) mm, pásek, deska

Parametry svařování:

Svařovací proud: 200 – 2000 A

Svařovací napětí: 25 – 50 V

Druh svařovacího proudu: stejnosměrný i střídavý

8) Svařování plazmatem, svařování elektronovým paprskem, princip, základní parametry, technologie, použití

Plazmové svařování:

Používají se 3 druhy plynů:

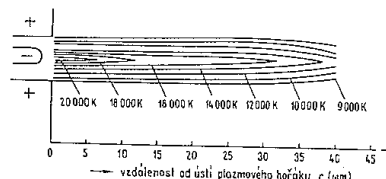
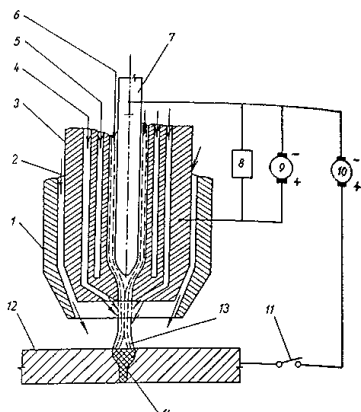
- a) plazmový: Ar, Ar + H₂, Ar + He, s průtokem 0,5 – 9 l.min⁻¹
- b) fokusační pro zúžení plazmového paprsku a průtokem 3 – 18 l/min
- c) ochranný pro ochranu svarové lázně proti oxidaci s průtokem 2 – 20 l/min, u aktivních materiálů Ti, Zr, Ta se průtok zvyšuje na 20 – 30 l/min

Princip metody je odvozen od svařování metodou WIG, kde keramická hubice je nahrazena kovovou tryskou chlazenou vodou nebo plynem. Existují 2 zapojení hořáku.



Zapojení závislé – záporný pól je připojen na wolframovou elektrodu a kladný pól na materiál. Pro nastartování a

- 1) hubice pro přívod ochranného plynu
- 2) ochranný plyn
- 3) tryska hořáku
- 4) fokusační plyn
- 5) vodní chlazení
- 6) plazmový plyn
- 7) wolframová elektroda
- 8) vysokofrekvenční a vysokonapěťový ionizátor
- 9) zdroj pomocného oblouku tzv. nezávislé zapojení
- 10) zdroj hlavního elektrického oblouku, tzv. závislé zapojení
- 11) spínač
- 12) základní svařovaný materiál
- 13) plazmový paprsek
- 14) provedený svar



Obr. 13.3 Princip plazmového hořáku a rozložení teplot v argon-vodíkovém plazmatu

zapálení pomocného oblouku se používá VF ionizátor připojený ke kovové trysce. Pomocný (pilotní) oblouk vytvoří dostatečně vodivé prostředí pro zapálení hlavního oblouku i na relativně dlouhou vzdálenost. Toto zapojení se používá především u svařování, navařování a řezání.

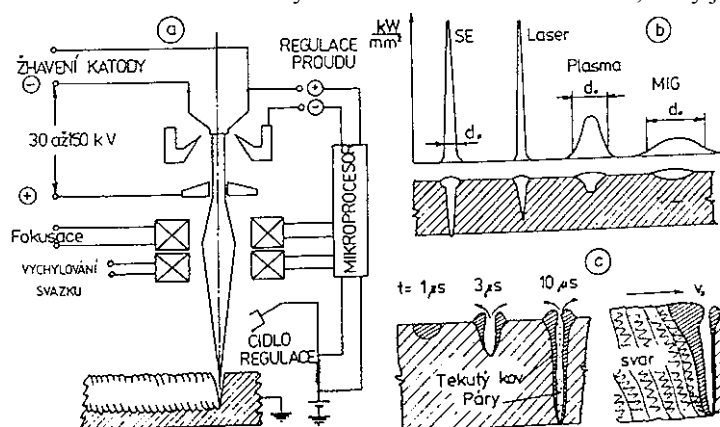
Zapojení nezávislé – nepřenesený oblouk – používá se především u žárových nástříků nebo povrchového kalení. Plazmový hořák má zúženou výstupní trysku, která přispívá ke kontrakci plazmového paprsku.

Výhody plazmového svařování:

- a) jednoduchá úprava svarových ploch středních tloušťek
- b) svařování bez podložení kořene
- c) velmi dobrý průvar i tvar svaru
- d) možnost mechanizace
- e) vysoká čistota svaru bez pórů a bublin
- f) dobré mechanické vlastnosti svarového spoje
- g) možnost svařování střídavým i impulsním proudem

Svařování svazkem elektronů

Princip: zdrojem elektronů je válcová vakuová nádoba, na jednom konci opatřená přímo, nebo nepřímo žhavenou emisní elektrodou a na druhém konci vybavená oddělovacím uzávěrem, který je kombinovaný s hranolem pozorovací optiky.



13.8 Princip svařování svazkem elektronů

- a) schéma zařízení,
- b) rozložení hustoty energie a odpovídající závar,
- c) mechanismus tavení

Zdroj elektronů (elektronové dělo) je vyčerpán na vysoké vakuum ($5 \cdot 10^{-4}$ Pa). Elektrony jsou termoemisí uvolněny ze žhavené záporné elektrody (W, Mo, Te, Ta, Nb a pro vyšší výkony LaB_6) a od elektrody jsou elektrony odraženy tzv. zaostřovací elektrodou, která má vůči katodě záporné předpětí přibližně 100 V.

Svazek elektronů je fokusován pomocí magnetických polí do místa dopadu. Svařování ve vakuu umožňuje spojovat i chemicky velmi aktivní kovy – Ti, Zr, Mo, Nb, Hf, W aj., které mají vysokou afinitu ke kyslíku, dusíku a vodíku. Je možné svařovat i vysokotavitelné a žáropevné slitiny typu Inconel, Nimonic.

Výhody svařování svazkem elektronů:

- velmi dobrý vzhled s jemnou povrchovou kresbou
- úzká natavená a tepelně ovlivněná oblast svaru
- minimální deformace
- možnost svařování v nepřístupných místech pro klasické technologie
- dokonalá ochrana svaru před vlivem vzdušné atmosféry
- rafinační účinky vakua
- možnost přenosu energie i na vzdálenost větší jak 500 mm
- velice snadná a programovatelná regulace výkonu paprsku
- svařování na jeden průchod paprsku
- svařitelnost širokého sortimentu materiálů a jejich kombinací
- vysoký stupeň automatizace, bez ovlivnění svaru lidským činitelem

Nevýhody:

- vysoké nároky na čistotu svarových ploch a jejich přesné opracování
- přesné vedení svazku ve spáře ?
- vysoké investiční náklady
- nutnost vakua a dlouhý čas na jedno čerpání
- požadavky vnitřní čistoty materiálů



9) Svařování laserem, princip, druhy laserů, použití, technologie

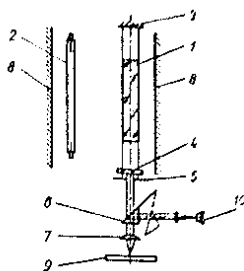
Pevnolátkové lasery:

Princip: Rubín ozařovaný bílým světlem výbojky absorbuje zelenou a modrou složku světla. Ionť chromu pohltí kvantum energie odpovídající přechodu z energetické hladiny E_1 na hladinu E_3 . Na této hladině setrvávají excitované ionty jen velmi krátkou dobu a v čase $\tau_{32} = 10^{-8}$ s padají na energetickou hladinu E_2 bez emise světelného záření. Na střední – metastabilní hladině E_2 setrvávají ionty delší čas $\tau_{21} = 10^{-3}$ s a tím zvyšují obsazení této hladiny. Tento proces přečerpávání iontů se neustále opakuje a dochází k inverzi obsazení hladin, kde počet iontů na hladině E_2 převyšuje počet iontů na základní hladině. Stimulovaná emise může nastat za podmínky $N_2 > N_1$.

Při průchodu fotonů s frekvencí f_{21} tímto prostředím, stimulují přechod excitovaných iontů chromu z energetické hladiny E_2 na hladinu E_1 za současného vyzáření fotonů stejné energie, směru, vlnové délky, polarizace a fáze kmitání jako stimulující záření.

Proces má charakter řetězové reakce a je dále zesilován průchody rezonátorem – aktivním prostředím laseru.

- 1- aktivní prostředí (výbrus)
- 2- výbojka
- 3- zrcadlo se 100% odrazivostí
- 4- zrcadlo s odrazivostí 80 – 90%
- 5- clona
- 6- optický hranol
- 7- zaostrovací optika
- 8- eliptická reflexní dutina
- 9- svařovaný materiál
- 10- pozorovací optika



Obr. 13.14 Schéma pevnolátkového laseru

Plynový CO₂ LASER

Aktivní prostředí je tvořeno směsí plynů He + N₂ + CO₂ uzavřených ve skleněné trubici.

Nejběžnější poměr plynů je 82:13,5:4,5. Celý proces zesílení začíná excitací molekuly dusíku na vibrační hladinu E_4 . Při srážkách molekul dusíku s molekulami oxidu uhličitého dochází k rezonačnímu přenosu energie a excitaci CO₂ na hladinu E_3 . Vyzáření fotonu je realizováno při

přechodu molekuly CO₂ z hladiny E_3 na hladinu E_2 . Aby nedošlo při kontinuálním vyzáření ke snížení inverze, je nutné zajistit návrat molekul CO₂ z hladiny E_2 na základní hladinu E_0 . Podle směru proudění plynu v aktivní zóně se lasery rozdělují na typy s podélným a příčným prouděním. Výkon plynových laserů se pohybuje kolem 0,5 – 20 kW (max. 200 kW). Vlnová délka je 10,6 μ m. Účinnost plynových laserů může dosáhnout až 20%.

Svařování Laserem:

Při svařování vzniká kapilára vyplněná parami kovu pod vysokým tlakem. Páry kovu jsou vysokou teplotou ionizovány a tato laserem indukovaná plazma tryská vysokou rychlostí z místa svaru. Plazma brání pronikání fotonů do svarové spáry, pohlcuje velkou část záření svazku a snižuje hloubku průniku fotonů. Plazma se většinou odstraňuje ofukováním ochranným plynem (Ar, Ar+CO₂, N₂). Nejlepší je He.

Parametry:

Parametry mohou být nastaveny také tak, aby se materiál neodpařoval, dokud se neprohřeje do oblasti tavení v podpovrchové vrstvě. Tímto způsobem se vytváří svarový kráter s příhodným rozložením taveniny. Svařitelnost materiálů je podobná jako u metody WIG. Obsah uhlíku u oceli nesmí přesáhnout hodnotu 0,2%.

Výhody:

- rychlá změna technologie
- čistý provoz, bez přídavných materiálů a odpadů. Zplodiny lze snadno odsávat
- vysoká přesnost oblastí ovlivněné laserem
- tichý provoz
- laserový paprsek lze dělit na více pracovišť pomocí zrcadel a hranolů
- snadná automatizace
- svarové tloušťky od několika mikrometrů do 15 mm
- ohnisková vzdálenost až do 1,6 m
- svařování tenkých plechů v automobilovém průmyslu bez ochranného plynu

10) Svařování tlakové odporové, základní principy, režimy, volba parametrů, metalurgie svarů

Charakteristika metody

- vysoká rychlost svařování
- možnost svařování ve všech polohách
- možnost svařování většiny kovových materiálů
- vhodné pro malosériovou i hromadnou výrobu

Rozsah svařovaných tlouštěk	0,4 – 4,0 mm
Druh svařovaných materiálů	nelegované, legované oceli, Al, Ni, Cu a jejich slitiny
Velikost svařovacího proudu	$10^3 - 10^5$ A
Druh svařovacího proudu	střídavý
Sekundární napětí	0,5 – 10 V
Svařovací čas	0,04 – 2 s
Přítlačná síla	$500 - 10^4$ N
Průměr elektrod	2 – 3 mm



Princip metody: Průchodem el. proudu se materiál svařovaných částí ohřeje, stane se tvárným, nebo se roztaví, načež se materiály stlačí a tím se svaří. Zdrojem tepla je el. odpor v místě styku svařovaných materiálů

Parametry svařování:

- svařovací proud I_s
- přitlačná síla P_s
- svařovací čas t_s

Vysoký proud + krátký čas = tvrdý režim

Nízký proud + delší čas = měkký režim

Výhody měkkého režimu:

- a) nevyžaduje stroje velkého příkonu
- b) umožňuje používat menší průřezy el. vodičů
- c) méně citlivý na odchylky odporové svařitelnosti svařovaných materiálů

Nevýhody měkkého režimu:

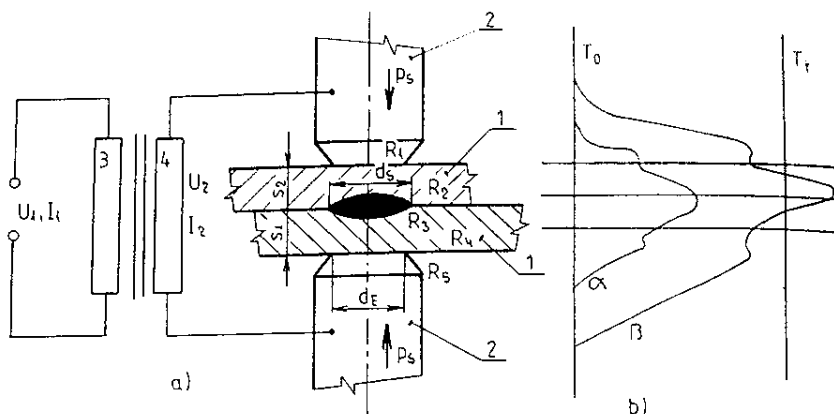
- a) delší strojové časy
- b) větší deformace a napětí ve svarových spojích
- c) hrubozrnná struktura
- d) častější úpravy svařovacích elektrod

Výhody tvrdého režimu:

- a) krátké strojní časy
- b) krátké působení svařovací teploty (jemnozrnná struktura)
- c) minimální deformace a napětí
- d) snižuje spotřebu el. energie a elektrod

Nevýhody tvrdého režimu:

- a) stroje velkých příkonů a silnějších konstrukcí
- b) vyžaduje dobrou energetickou situaci v podniku



a) schéma uspořádání

b) průběh teplot (α -po době 0,02s, β -po době 0,1s)

Obr. 12.1 Schéma odporového bodového svařování

- 1 - svařované materiály,
- 2 - svařovací elektrody,
- 3 - primární vinutí transformátoru,
- 4 - sekundární vinutí transformátoru

11) Definice teplotního cyklu svařování, základní parametry, teplotní pole

Svařovací pochod lze rozdělit na:

- 1) ohřívání
- 2) vlastní svařování
- 3) chladnutí – krystalizace svarového spoje
- 4) postupy ke zlepšení vlastností svarového spoje po svaření, zejména tepelné zpracování

ad 1) základní materiál v bezprostřední blízkosti zdroje tepla (závaru) postupně prochází během ohřívání body přeměn (např.: ocel bod A_1 , A_3 , solidus, likvidus) vzdálenější oblasti pak podle nejvyšší docílené teploty. Dlouhé prodlevy nad překrystalizační teplotou A_3 vedou k růstu, a tedy ke zhrubnutí zrna již během ohřevu.

ad 2) Probíhá za ustálené teploty svarové lázně. Tekutý kov je ve styku se zplodinami svařování (plyny, struska). Dochází k rozpouštění plynů v tavné lázni, dále k chemickým reakcím se zplodinami plamene, oblouku nebo jiného použitého zdroje tepla – tvoří se oxidy, nitridy, snižuje se obsah některých přísad.

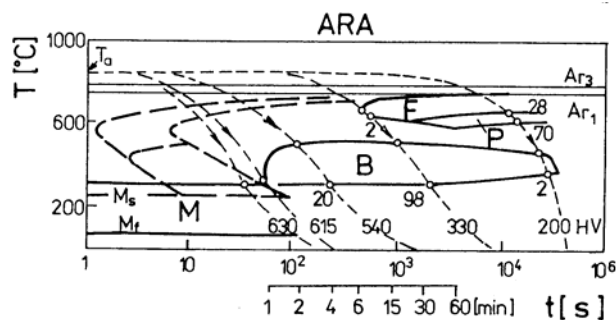
ad 3) probíhá rekrystalizace a příslušné změny podle rovnovážného diagramu

12) Vliv teplotního cyklu na strukturu svarového spoje, využití ARA diagramu k určení struktury

ARA diagram:

Zvláštní význam mají následující 2 rychlosti ochlazování.

První z nich odděluje rychlosti ochlazování, při kterých vznikají rovnovážné strukturní složky od ostatních větších rychlostí, při nichž vznikají pouze nerovnovážné strukturní složky (bainit a martensit), tedy ty, které jsou nutné k zakalení oceli. Tuto rychlost ochlazování nazýváme dolní mezní rychlost zakalení a na obr. je to ta, která se zleva dotýká oblasti feritické přeměny. V eutektoidní oceli a v jiných ocelích, ve kterých bainitická přeměna nevyhnutelně předchází perlitická přeměna, bývá dolní mezní rychlost zakalení definována na základě nejvyššího přípustného podílu perlitu (obvykle 50% obj.). Horní mezní rychlost zakalení je taková nejmenší ochlazovací rychlost, od níž dochází pouze k martensitické přeměně, takže se v diagramu ARA zleva dotýká oblasti bainitické přeměny





13) Tepelné zpracování svarů, předehřev při svařování, volba teplotního režimu při svařování

Tepelné zpracování svarů:

Žihání ke snížení vnitřních pnutí – provádí se ohřevem na teplotu 600 – 650 °C s prodlevou 3 – 5 min na 1 mm tloušťky s následujícím pomalým chladnutím v peci. K fázovým přeměnám nedochází

Normalizační žihání – překrystalizační tepelné zpracování při kterém nastává úplná (nebo téměř úplná) přeměna feritu a perlitu na austenit. Používá se jen u náročných svarových spojů, kde odstraňuje nehomogenní strukturu. Ohřev na teplotu $A_3 + (20 \div 50)^\circ\text{C}$ s prodlevou 1 – 2 minuty na 1 mm tloušťky – chlazení na vzduchu.

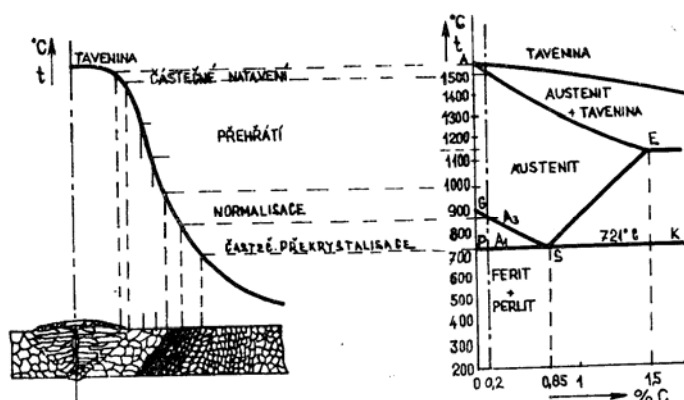
Kalení a popouštění – jen ve zvláštních případech u svarových spojů vyšších pevností s náročnými požadavky na vlastnosti mechanické a technologické

Žihání svařenců na měkko – při teplotě 680 – 700 °C těsně pod A_1 s prodlevou 4 – 8 hod. s následným pomalým ochlazováním v peci. Provádí se ke zlepšení obrobiteľnosti svarových spojů. Současně s tvrdostí klesá i mez pevnosti a tečení.

14) Metalurgické děje při svařování, přechod kovu, ochrana svarové lázně, vliv strusky, bazicita strusek

Svařovací pochod lze rozdělit na:

- 1) ohřívání
- 2) vlastní svařování
- 3) chladnutí – krystalizace svarového spoje
- 4) postupy ke zlepšení vlastností svarového spoje po svaření, zejména tepelné zpracování



ad 1) základní materiál v bezprostřední blízkosti zdroje tepla (závaru) postupně prochází během ohřívání body přeměn (např.: ocel bod A_1 , A_3 , solidus, likvidus) vzdálenější oblasti pak podle nejvyšší docílené teploty. Dlouhé prodlevy nad překrystalizační teplotou A_3 vedou k růstu, a tedy ke zhrubnutí zrna již během ohřevu.

Ad 2) Probíhá za ustálené teploty svarové lázně. Tekutý kov je ve styku se zplodinami svařování (plyny, struska, struska). Dochází k rozpouštění plynů v tavné lázni, dále k chemickým reakcím se zplodinami plamene, oblouku nebo jiného použitého zdroje tepla – tvoří se oxidy, nitridy, snižuje se obsah některých přísad.

Oblast kde došlo k úplnému natavení: svarový kov se skládá z poměrně dlouhých krystalů, které narůstají od svarových ploch do středu svaru. Krystaly jsou hrubé.

Oblast částečného natavení: rozhraní svarový kov – základní materiál. Nemůže dojít v důsledku rychlého ochlazování k řádnému a pravidelnému rozložení jednotlivých složek taveniny, která je potom na některé složky s nižší teplotou tavení bohatší. Vzniká chemicky nesourodá struktura. Obsahuje spoustu nečistot – má velký vliv na kvalitu svarového spoje.

Oblast přehřátí základního materiálu: (teplota nad 1000 °C) – zvětšuje se velikost zrna (pokles mech. vlastností)

Oblast normalizace: normalizační vyžhání materiálu (teplota těsně nad A_3) – zrno je nejmenší a stejnoměrně se zvětšuje směrem k vyšším teplotám

Oblast částečné překrystalizace: další rozdrobování zrna

Ad 3) při chladnutí probíhá rekystalizace a příslušné strukturální změny v oblasti svarového spoje podle rovnovážného diagramu. Na svarových plochách se tvoří zárodky primární struktury, tyčové krystaly (dendrity). Postupně se vylučují z roztaveného svarového kovu rozpuštěné plyny a struska (výhodnější pomalé chladnutí).

STRUSKA:

Funkce: při svařování elektrickým obloukem:

- a) ionizace a stabilizace oblouku
- b) ochrana roztaveného kovu elektrody během přechodu kapiček přídavného materiálu do svarové lázně a zejména povrchu vlastní svarové lázně před atmosférickým vzduchem. Tuto ochranu vytvářejí plyny a páry vznikající při tavení a přehřátí struskových složek obalu nebo tavidla
- c) čištění (rafinace) svarového kovu (přechod nežádoucích příměsí do strusky)
- d) odplynování svarové lázně
- e) legování svarového kovu přísadami z obalu nebo tavidla
- f) zvýšení výkonu navaření obalené elektrody až na 200% hmoty kovového jádra elektrody přísadou železného prachu do obalu elektrody (vysokovýkonné elektrody)



- g) zvýšení teploty svarové lázně, zvýšení její tekutosti, stejnoměrné formování povrchu svarové vrstvy, urychlení fyzikálně chemických reakcí ve svarové lázni
- h) zpomalení chladnutí povrchové svarové vrstvy v důsledku tepelné izolace svaru pokrytého vrstvou strusky

Bazické strusky: patří k soustavě $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ nebo i složitějším soustavám silikátů $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ a $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

15) Vliv kyslíku na vlastnosti svarů

V rozpuštěném stavu působí kyslík bezprostředně na mechanické vlastnosti svarového kovu oceli, snižuje pevnost, mez kluzu, vrubovou houževnatost, naopak zvyšuje přechodovou teplotu. Podstatně méně ovlivňuje tažnost. Vměstky oxidů ve svarovém kovu porušují soudržnost a dále zhoršují mechanické vlastnosti. Při ručním svařování elektrickým obloukem má na obsah kyslíku ve svarovém kovu vliv:

- druh a tloušťka obalu
- svařovací proud
- délka oblouku

16) Vliv dusíku na vlastnosti svarů

Dusík se rozpouští ve svarovém kovu, do kterého se dostává z prostředí i ze základního materiálu. Rozpouští se v železe α a τ a vytváří intersticiální tuhý roztok. V přesyceném roztoku se vylučuje jako stabilní nitrid Fe_4N popřípadě i jako nestabilní nitrid Fe_{16}N_2 , který se po čase za určitých podmínek mění na stabilní nitrid Fe_4N . Dusík při svařování se jeví jako nežádoucí prvek, neboť snižuje deformační schopnosti svarového spoje, tj. zvyšuje pevnost, mez kluzu, snižuje tažnost, vrubovou houževnatost, působí vytvrzování a urychluje proces stárnutí.

Absorpce dusíku je ovlivněna složením obalu elektrod a vlivem přísad (zvětšuje se přísadami V, Al, Cr, Mo, zmenšuje přísadami Si, Mn, Ti, C)

17) Vliv vodíku na vlastnosti svarů

Škodlivé jevy vodíku – vodíková křehkost (mikrotrhliny při chladnutí svaru, rybí oka)

Vodík se při svařování vyskytuje ve 3 formách:

- molekulární H_2 nebo jako sloučeniny H_2O , CH_4 , H_2S , NH_3 které tvoří plynové vměstky (bubliny)
- atomický H
- vodíkový iont H^+ uložený intersticiálně v mřížce železa

Charakteristickou vlastností atomického vodíku a vodíkového iontu je snadná difúze mřížkou železa. Atomický vodík se hromadí v mikrodutinách (vměstky, bubliny) nebo na hranicích mozaikovitých bloků struktury. Při chladnutí se mění rozpustnost vodíku, a také se vodík mění na molekulární (větší rozměr). V místech nahromadění vznikají bubliny s tlakem řádově 10^4 MPa \rightarrow vodíková křehkost

18) Svařitelnost, definice, klasifikace oceli podle svařitelnosti, metody výpočtu hlavních ukazatelů svařitelnosti

Svařitelnost (dle ČSN 05 1310)

Svařitelnost je komplexní charakteristika materiálů, která určuje za daných podmínek svařování jejich technickou vhodnost pro spoje předepsané jakosti

Klasifikace svařitelnosti:

- a) zaručená – stupeň 1a
- b) zaručená podmíněná – stupeň 1b
- c) dobrá – stupeň 2
- d) obtížná – stupeň 3

Výpočet ukazatelů svařitelnosti:

Slitinové oceli: Používá se tzv. uhlíkový ekvivalent:

$$C_{\text{ekv}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{\text{Cu}}{14} + \frac{\text{P}}{2} + 0,0024 \cdot t$$

t tloušťka v mm

Svařitelnost kovů a její hodnocení dle ČSN 05 1309 (nová norma)

Definice: Svařitelnost je komplexní charakteristika vyjadřující vhodnost kovu pro zhotovení svařenců s požadovaným účelem, při určitých technologických možnostech svařování a konstrukční spolehlivosti svarového spoje.

- a) vhodnost kovu pro svařování – charakteristika, která vyjadřuje změnu jeho vlastností v důsledku svařování a zabezpečuje se těmito základními faktory:
 - a. chem. složením
 - b. metalurgickým způsobem výroby
 - c. způsobem lití a tváření
 - d. tepelným zpracováním
- b) technologická možnost svařování kovu – charakteristika, která vyjadřuje vliv použitého druhu svařování a zabezpečuje se těmito základními faktory:



- a. metodou svařování
 - b. přídavným materiálem
 - c. tepelným příkonem
 - d. postupem kladení vrstev svaru
 - e. tepelným režimem svařování
 - f. tepelným zpracováním svarového spoje
- c) konstrukční spolehlivost svarového spoje – charakteristika, která vyjadřuje vliv konstrukčního řešení svarového spoje a zabezpečuje se těmito základními faktory:
- a. tloušťkou materiálu
 - b. tvarem spoje
 - c. tvarem a přípravou svarových ploch
 - d. tuhostí spoje ve svařenci
 - e. rozložením svarů a spojů v závislosti na namáhání

Pro hodnocení svařitelnosti se používají tyto skupiny ukazatelů:

- celistvosti svarových spojů
- vlastností svarových spojů

Ukazatele svařitelnosti (obloukové svařování): $Q_p = \frac{U \cdot I}{10^3 \cdot v} \quad [kJ \cdot mm^{-1}]$

U napětí na oblouku [V]
 I svařovací proud [A]
 v rychlost svařování [mm.s⁻¹]

19) Svařování legovaných ocelí tř. 17, tepelné zpracování, stabilizace Ti, Nb



Zásady pro ruční svařování vysokolegovaných ocelí:

- Používá se stejnoměrný proud s konstantním nebo impulsním průběhem. Elektroda je na záporném pólu zdroje
- Plynová ochrana je zajištěna Ar, Ar + He, nebo Ar + H₂, pro austenitické oceli. Heliem i vodíkem se zvyšuje přenos tepla do svaru a tím i hloubka závaru a rychlost svařování
- Do tl. 2 mm se tupé svary svařují bez styčné spáry, do tl. 4 mm se styčnou spárou cca 1 mm a nad 4 mm se upravuje hrana do úkosu „V“ s rozvěvením 60 – 70°, s otupením 2 mm
- Hodnota svařovacího proudu se volí od 30 do 50 A a na 1 mm tl. Materiálu
- Délka oblouku by měla odpovídat průměru elektrody
- Svařovat s minimálním možným tepelným příkonem do svaru
- U vícevrstevných svarů dodržovat teplotu interpass max. 100°C a používat úzké housenky
- Používat Nb stabilizované přídavné materiály o rozměrech menších než tloušťka materiálu. Doporučené množství Nb je desetinásobek množství uhlíku
- Pro větší tloušťky svařovaných materiálů použít přídavný materiál, který dává svarový kov s malým obsahem delta feritu
- Vlivem špatné tepelné vodivosti je nutno stehovat v malých vzdálenostech cca 40 mm od středu svaru. I pro svařování stehů je nutno použít formovacího plynu pro ochranu kořene
- Pro tenké plechy používat upínací přípravky a měděné podložky pro snížení deformace

20) Metody tepelného dělení materiálu, princip řezání O₂, podmínky řezatelnosti

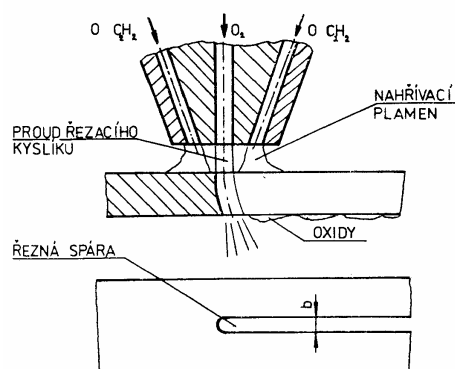
Řezání kyslíkem:

Jde o spalování základního materiálu v proudu kyslíku za vývinu tepla, které urychluje další proces spalování a vzniku strusky, která je kyslíkem z místa řezu vyfukována. Zápalná teplota se pohybuje v rozmezí 1050°C – 1350°C. Se zvyšujícím se % obsahu C se teplota zvyšuje. Z tepelných zdrojů je nejčastěji používán kyslíko-acetylenový ohřívací plamen, jehož teplota je při kombinaci acetylen – kyslík 1:(1,1 – 1,2) cca 3150 °C

Ze nejmenší řezatelnou tloušťku je považován 0,5 mm, horní hranice je okolo 800 mm.

Řezatelnost kovů kyslíkem: (kov musí splňovat následující požadavky)

- a) kov ohřátý na zápalnou teplotu se musí v proudu kyslíku spalovat
- b) při spalování se musí vyvinout dostatečné množství tepla ke krytí všech tepelných ztrát
- c) zápalná teplota kovu musí být nižší nebo alespoň stejná jako teplota tavení kovu
- d) teplota tavení vzniklých oxidů musí být nižší nebo alespoň rovná teplotě tavení kovu
- e) zplodiny hoření – struska musí být tak tekutá, aby ji proud kyslíku z řezné spáry vyfukoval





(vyhovuje nízkouhliková ocel)

Rychlost řezání je 600 – 100 mm/min

Řezání metodou OXYARC:

Používají se kovové obalené elektrody, které jsou duté. Zdrojem tepla je el. oblouk, který hoří mezi touto elektrodou a řezaným materiálem. Do elektrody je přiváděn kyslík. Materiál je částečně odtavován a částečně spalován.

Řezání kyslíkem pod vodou:

Zdrojem tepla je buď elektrický oblouk, nebo ohřívací plamen. Je možné řezat až do hloubky 60 m, tloušťky materiálů do 150 mm

Vrtání kyslíkovým kopím:

Kyslíkové kopí je měkká tlustostěnná ocelová trubka, dlouhá i několik metrů. Do trubky jsou vloženy, rovněž z měkké oceli, tyče kruhového nebo čtyřhranného průřezu. Na konci kopí je připojena hadice s přívodem kyslíku. Konec kopí se plamenem ohřeje na zápalnou teplotu. Po puštění kyslíku se kopí přitlačí silou cca 500 – 700 N do materiálu.

Řezání plazmovým obloukem a laserem:

Plazmový oblouk – (těžkoobrobitelné materiály)

Laserový paprsek – lze řezat kovové i nekovové materiály

21) WPS

Požadavky na obsah „Specifikace svařovacího postupu – WPS (Welding procedure specification)“ stanovuje norma ČSN EN 288-2:1995/ A1:1998. Tento postup svařování se zpracovává ve formě přehledného formuláře, ve kterém jsou uvedeny všechny podstatné údaje o svařování (dále v textu jen postup svařování nebo WPS). Normalizované údaje uvedené ve formuláři jsou vhodné pro převážnou část svařovacích postupů.

Svářečské proměnné uvedené v této normě jsou veličinami, ovlivňujícími metalurgické a mechanické vlastnosti a geometrii svarového spoje. Zpracovaná WPS platí např. pro určitý rozsah tloušťky spojovaných částí a základních a přídatných materiálů.

Ve specifických případech je možné uvedené údaje ve formuláři doplnit o nové informace a to formou doplňujícího textu nebo odkazem na příslušnou instrukci. Nejsou-li ve formuláři WPS uvedeny příslušné údaje o protokolárním schválení tohoto svařovacího postupu, je třeba tento dokument pokládat za předběžný postup svařování – pWPS.

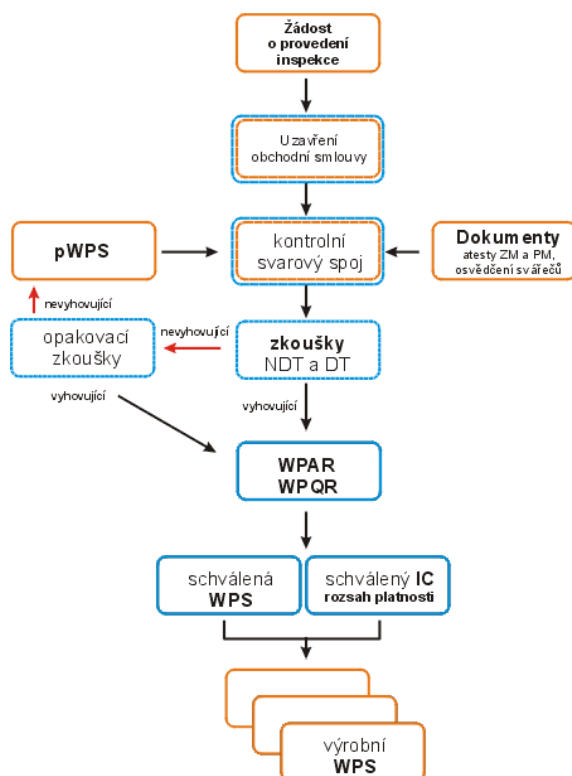
Zkoušení a schvalování postupu svařování se provádí podle požadavků uvedených v normě ČSN EN 288 – 3: 1995/ A1:1998 nezávislou akreditovanou organizací. Norma definuje požadavky, podle kterých se provádí předepsané zkoušky postupu svařování oceli a jeho schválení. Schválení požadovaného postupu svařování se provádí na základě

- zpracovaného návrhu předběžného postupu svařování – pWPS,
- zhotovení a svaření zkoušky podle vypracovaného návrhu pWPS,
- prohlídky a vyzkoušení svařené zkoušky v předepsaném rozsahu touto normou,
- provedení schválení výsledků této zkoušky ve vztahu k materiálu (jakosti, polotovaru, tloušťky) a procesu svařování (použité metody a polohy svařování, přídatného materiálu a parametrů svařování, předehřevu a tepelného zpracování po svaření) s následným vystavením protokolu o schválení postupu svařování – WPAR (Welding procedure approval – Record).

V případě, že svařená zkouška nevyhoví předepsaným požadavkům, lze svařit opakovací zkušební kus, který se podrobí stejným zkouškám. Nevyhoví-li při destruktivních zkouškách některý zkušební vzorek (tyč, kus), odeberou se za vadný vzorek dva nové kusy a vyzkouší se podle původního požadavku. Náhradní vzorky se mohou odebrat z původního (stejněho) kusu nebo z nově svařeného a nedestruktivně odzkoušeného zkušební kusu. Nevyhoví-li nový zkušební kus nebo náhradní vzorky požadavkům opakovací zkoušky, pokládá se provedená zkouška podle navržené pWPS za nevyhovující. Z důvodu provádění jen nezbytného množství zkoušek postupů svařování jsou v normě oceli uspořádány do jedenácti skupin a to podle jejich chemického složení a technologických vlastností.

Zkouška postupu svařování provedená na konkrétní oceli platí též pro další oceli v příslušné materiálové skupině, které mají obdobné vlastnosti. Samostatnou zkoušku postupu svařování je nutno provést pro každou ocel nebo svařovanou kombinaci ocelí, která není v souladu s rozsahem ocelí materiálové skupiny uznaným touto normou.

Protokol WPAR je zpracován formou normalizovaného formuláře, který obsahuje v úvodní části (na prvním listě) potřebné informace o uznání nebo zamítnutí provedené zkoušky. V druhé části je uveden postup svařování, který obsahuje předepsané údaje použité při svařování zkušební





kusu. Závěrečná třetí část tohoto dokumentu obsahuje přehled dosažených výsledků z provedených nedestruktivních a destruktivních zkoušek na zkoušeném kusu – viz vyplněný vzor WPAR. Přílohou zpracovaného protokolu WPAR jsou i příslušné dílčí protokoly z provedených zkoušek.

Pokud nebyly nalezeny žádné vady nebo nevyhovující výsledky zkoušek, je „Protokol o schválení postupu svařování – WPAR“ (dále v textu jen Protokol o schválení postupu svařování – WPAR nebo jen WPAR) s uvedenými výsledky zkoušek schválen a potvrzen datovaným podpisem zkušebního orgánu nebo zkušební organizace.