INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ruční obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu

Výukový materiál

Ing. R. Bartoňová; M. Erla; Ing. J. Polášek; M. Vrbka

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu:
Rozvoj přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici

O projektu Rozvoj 2014

Základní údaje o projektu:

Název projektu:	**Rozvoj přírodovědného a technického vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici**
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
Prioritní osa:	7.1 Počáteční vzdělávání
Oblast podpory:	7.1.1 Zvyšování kvality ve vzdělávání
Předkladatel:	Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace
Partner projektu:	Porgest, a.s.
Rozpočet projektu:	9 288 965,12 Kč
Doba realizace:	14. 02. 2012 - 30. 09. 2014 (32 měsíců)

Cílem projektu zkráceně nazvaného Rozvoj 2014 je zvýšení kvality výuky přírodovědných i technických předmětů a odborného výcviku na VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice prostřednictvím inovací obsahu příslušných vzdělávacích modulů, tvorby nových výukových i metodických materiálů a pořízení moderního vybavení pro výuku odpovídajících předmětů.

Projekt je řešen v těsné spolupráci s podniky - zaměstnavateli v regionu, abychom dosáhli co nejužšího propojení výuky s praxí. Využíváme zkušenosti partnera projektu – firmy Porgest a. s. i dalších podniků, které projevily zájem s námi spolupracovat.

Modernizace výuky je zaměřena na tři oblasti:
- svařování,
- strojírenství,
- přírodní vědy (fyzika, chemie, biologie).

V období realizace projektu bylo vytvořeno celkem 10 vzdělávacích modulů zahrnujících metodické texty pro učitele, výukové texty pro žáky, prezentace i videosekvence. Bylo obnoveno vybavení svářečské dílny a strojní laboratoře, doplněno vybavení chemické laboratoře a vybudována nová učebna přírodovědných předmětů. Další informace a výstupy projektu jsou k dispozici na stránkách projektu www.voskop.cz/rozvoj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

OBSAH

Obsah

1 Svařování kovů 9
1.1 Oprávnění ke svařování 11
1.2 Platnosti svářečského oprávnění 11
2 Bezpečnostní ustanovení v provozu svařovny 12
2.1 Nebezpečí při svařování 12
2.1.1 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem 12
2.1.2 Nebezpečí popálení 12
2.1.3 Nebezpečí rozstřiku kovu a úlomků strusky 12
2.1.4 Nebezpečí svářečského aerosolu 13
2.1.5 Záření 13
2.1.6 Hluk 15
2.1.7 Mikroklimatické podmínky 15
3 Svařování se zvýšeným nebezpečím 16
3.1 Písemný příkaz k vykonávání prací se zvýšeným nebezpečím 16
3.2 Bezpečnostní opatření pro práci v těsných a uzavřených prostorech 16
3.3 Bezp. opatření pro svařování v potrubích, v zařízeních a ve znečištěných nádobách 17
3.4 Bezpečnostní opatření pro práce v prostorech s nebezpečím výbuchu a požáru 17
3.5 Bezpečnostní opatření pro práce v nádobách, zařízeních a potrubích pod tlakem 17
3.6 Bezpečnostní opatření pro práce v prostředí s nevyhovujícím ovzduším 18
3.7 Bezpečností opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím záření 19
3.8 Bezpečnostní opatření pro práce v neúnosných mikroklimatických podmínkách 19
3.9 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím hluku 19
4 Příslušenství na plyn 20
4.1 Obsluha láhví a jejich příslušenství 20
4.2 Přeprava a uskladňování láhví 21
4.3 Hadice 23
5 Svářecí pracoviště a jeho provoz 24
5.1 Údržba a oprava zařízení určených pro svařování 25
6 Bezpečnostní ustanovení pro svařování elektrickým obloukem 26

OBSAH

6.1 Ochrana před úrazy elektrickým proudem ... 26
6.2 Ochrana před úrazem úlomky strusky a rozstřiku ... 27
6.3 Ohrožení zdraví škodlivinami ... 27
6.4 Zvýšené nebezpečí při úrazu elektrickým proudem ... 27
6.5 Provoz svářecích zařízení ... 28
6.6 Oprava a údržba svářecích zařízení ... 29
7 Podmínky požární bezpečnosti ... 30
7.1 Podmínky před zahájením svařování ... 30
7.2 Opatření proti vzniku a šíření požáru ... 30
7.3 Podmínky po skončení svařování ... 31
8 Svářečská pracoviště ... 32
8.1 Požadavky na přilehlé prostory ... 32
9 Nauka o materiálu ... 33
9.1 Úvod ... 33
9.2 Struktura a složení oceli ... 33
9.3 Rovnovážný diagram železo - karbid železa ... 34
9.4 Rozdělení a značení ocelí ... 35
9.4.1 Podle ČSN 42 0002 ... 36
9.4.2 Podle ČSN EN 10027-1 (ČSN EN 10027-2) ... 40
9.5 Svařitelnost ocelí s ohledem na obsah uhlíku a tloušťku základního materiálu ... 46
9.6 Stupně svařitelnosti ... 47
9.7 Určení obsahu uhlíku u jednotlivých tříd ocelí ... 47
9.8 Tepelné zpracování oceli ... 48
9.9 Tepelně ovlivněná oblast při svařování a závar ... 48
10 Příd. materiály pro svařování el. obloukem v aktivním plynu MAG (Metall – Aktiv – Gas) ... 49
10.1 Popis metody ... 49
10.2 Přídavné materiály ... 49
10.3 Značení přídavných materiálů ... 50
10.4 Ochranné plyny ... 51
11 Základy elektrotechniky ... 52
11.1 Elektrostatika ... 52

OBSAH

11.2 Elektrický proud I [A] 1 ampér 53
11.3 Elektrický obvod 55
11.4 Ohmův zákon 55
11.5 Elekromagnetismus 56
11.6 Elektrický oblouk 56
11.7 Přenos svarového kovu elektrickým obloukem 58
11.8 Polarita při svařování 59
11.9 Foukání oblouku 59
12 Elektrické zdroje 61
12.1 Požadavky na svařovací zdroje 61
12.2 Rozdělení svařovacích zdrojů 61
12.3 Stabilita oblouku 61
12.4 Statická charakteristika svařovacího zdroje (svářečky) 62
12.5 Dynamická charakteristika svařovacího zdroje (svářečky) 63
12.6 Druhy svařovacích zdrojů 64
12.7 Příslušenství svařovacích zdrojů 68
13 Technologie svařování CO_2. Volba parametrů svařování a její vliv na tvarování housenky 71
13.1 Svařovací proud a rychlost podávání drátu 71
13.2 Svařovací napětí 71
13.3 Průměr drátu 71
13.4 Druh a polarita svařovacího proudu 71
13.5 Výběh elektrody 71
13.6 Množství ochranného plynu 71
14 Přenos kovu v oblouku 72
14.1 Stehování 72
14.2 Zapálení oblouku při stehování 72
15 Technika svařování koutových a tupých svarů 73
15.1 Zapálení elektrického oblouku a správný způsob napojení na steh 73
15.2 Koutový svar v poloze PB vpřed 73
15.3 Koutový svar v poloze PF 74
15.4 Svařování V – svaru v poloze PA 76

OBSAH

15.5 Svařování tupého V – svaru v poloze PF ... 78
16 Deformace a pnutí ve svarech ... 80
17 Vady ve svarech ... 84
17.1 Rozdělení vad ... 84
17.2 Klasifikace vad ... 84
17.2.1 Skupina č. 1 Trhliny ... 84
17.2.2 Skupina č. 2 Dutiny ... 85
17.2.3 Skupina č. 3 Pevné vměstky ... 85
17.2.4 Skupina č. 4 Studené spoje a neprůvary ... 85
17.2.5 Skupina č. 5 Vady tvaru a rozměru ... 86
17.2.6 Skupina č. 6 Různé vady ... 87
17.3 Označování vad ... 87
18 Zkoušky svarů ... 89
18.1 Rozdělení zkoušek ... 89
Destruktivní zkoušky ... 89
Nedestruktivní zkoušky ... 89
18.2 Destruktivní zkoušky ... 89
18.2.1 Zkoušky tvrdosti ... 89
18.2.2 Zkoušky lámavosti svarů ... 91
18.2.3 Tahové zkoušky ... 91
18.2.4 Zkoušky rázem v ohybu ... 92
18.2.5 Zkoušky rozlomením ... 93
18.2.6 Zkoušky struktury ... 93
18.3 Nedestruktivní zkoušky ... 94
18.3.1 Vizuální kontrola ... 94
18.3.2 Penetrační (kapilární) zkouška ... 95
18.3.3 Magnetická prášková zkouška ... 96
18.3.4 Prozařovací zkoušky ... 98
18.3.5 Ultrazvukové zkoušky ... 100
19 Předpisy a normy ... 103
19.1 Předmět normy ... 103

OBSAH

19.2 Definice ... 103
19.3 Označení kurzů ... 104
19.3.1 Kovy ... 104
19.3.2 Metody svařování ... 104
19.3.3 Svařované materiály ... 105
19.3.4 Označení zaškolení ... 106
20 Označování zkoušek ... 107
20.1 Označení kvalifikační zkoušky zaškoleného pracovníka ... 107
20.2 Označení kvalifikační zkoušky účastníky základního kurzu ... 107
21 Organizace školení pracovníků ve svařování ... 108
21.1 Zaškolení pracovníků ... 108
21.2 Základní kurzy ... 108
21.3 Rozšíření oprávnění základního kurzu ... 108
22 Zkoušky ... 109
22.1 Všeobecně ... 109
22.2 Zaškolení svářečských pracovníků ... 109
22.3 Základní kurz ... 110
22.4 Technologické podmínky svařování kovů ... 110
22.5 Posuzování zkoušky v základním kurzu ... 111
22.6 Vyhodnocení vzorků při svařování kovových materiálů ... 111
22.7 Hodnocení praktické zkoušky ... 111
22.8 Opravná zkouška ... 111
23 Rozsah oprávnění a platnost zkoušky ... 112
23.1 Obecně ... 112
23.2 Metoda svařování ... 112
23.3 Platnost Osvědčení o zaškolení pracovníka ... 112
23.4 Platnost Osvědčení o základním kurzu ... 112
23.5 Základní kurz – protokol o zkoušce ... 113
23.6 Osvědčení o základním kurzu svařování ... 113
23.7 Průkaz odborné kvalifikace (svářečský průkaz) ... 113
23.8 Zrušení svářečské školy ... 113

OBSAH

24 ČSN EN 22553 svarové a pájené spoje – označování na výkrese 114

24.1 Doplňující značky 114

24.2 Velikost svarů 115

24.3 Polohy svařování 116

Literatura a informační zdroje 119

1 Svařování kovů

Dle norem:

ČSN 050600 - Bezpečnostní ustanovení pro svařování. Projektování a příprava pracovišť.

ČSN 050601 - Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro svařování. Provoz.

Norma nám podává informace o bezpečnostních požadavcích na svařování, navařování, tepelné dělení materiálu při použití svářecích zařízení.

ČSN 050630 - Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro obloukové svařování.

Norma nám určuje bezpečnostní podmínky pro údržbu a opravu zařízení pro obloukové svařování kovů a tepelné dělení materiálu elektrickým obloukem.

Vyhláška 87/2000 Sb. - Stanovuje podmínky požární bezpečnosti při svařování.

ČSN 05 0705 – Předpisy pro základní zkoušky svářečů. Jsou zde zpracovány osnovy pro jednotlivé kurzy, zaškolení a školení svářečů dle příslušných norem a technických pravidel.

Obr. č. 1 Osobní ochranné prostředky svářeče

1.1 Oprávnění ke svařování

a) Osoby, které prokáží na svářečském pracovišti svoji odbornou způsobilost ke svařování.

b) Osoby, které jsou ve výcviku svářecího kurzu a jsou pod přímým dozorem svářecího instruktora.

c) Žáci SOU a škol praktického vyučování (mladších 18 let) s platným dokladem odborné způsobilosti.

1.2 Platnosti svářečského oprávnění

a) Potvrzení zaměstnavatele ve svářečském průkazu (provádění svářečských prací).

b) Potvrzení svářecího technologa o periodickém přezkoušení z bezpečnostního ustanovení dle platných norem, které nesmí být starší 2 let.

c) Lékařské potvrzení o zdravotní způsobilosti ke svařování

- do 50 let lékařské potvrzení každých 5 let
- nad 50 let lékařské potvrzení po 3 letech

2 Bezpečnostní ustanovení v provozu svařovny

2.1 Nebezpečí při svařování

a) Úraz elektrickým proudem.

b) Popálení.

c) Rozstřik kovu a úlomky strusky.

d) Svářečský aerosol.

e) Záření.

f) Hluk.

g) Mikroklimatické podmínky.

2.1.1 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Úrazu je nutné zabránit vyloučením dotyku pracovníka s živými součástmi zařízení, a jestliže je napětí tohoto zařízení vyšší než bezpečné napětí živých částí.

Při vzniklé poruše viditelného úniku chladicí kapaliny je povinností svářeče zařízení vypnout a vzniklou poruchu nechat opravit pověřeným údržbářem.

Přenosná lampa, použitá v uzavřeném prostoru, musí mít bezpečné napětí a oddělovací transformátor musí být umístěn mimo tento prostor.

2.1.2 Nebezpečí popálení

Používat osobní ochranné prostředky.

Zkontrolovat místo svařování, zdali nejsou přítomny hořlavé látky, a zabezpečit předepsanou ochranu osob.

2.1.3 Nebezpečí rozstřiku kovu a úlomků strusky

Nutno zajistit ochranu zraku, tváře a jiných částí těla osobními ochrannými prostředky (ochranné brýle, kukla, štít, svářečské rukavice s manžetou, kožená obuv, kožená zástěra, impregnované svářecí montérky).

2.1.4 Nebezpečí svářečského aerosolu

V dýchací zóně svářeče nesmí být překročeno přípustné množství škodlivin (přívod čerstvého vzduchu).

Škodliviny nesmějí procházet dýchací zónou svářeče, proto je důležité správné umístění polohy sacích nadstavců.

Zákaz přivádět kyslík do dýchacího prostoru svářeče a k místu svařování.

2.1.5 Záření

Z důvodu nebezpečného záření (infračervené, vysokofrekvenční, ultrafialové, viditelné, ionizující) je nutné používat osobní ochranné prostředky (ochranné brýle, kukla, štít, svářečské rukavice s manžetou, kožená obuv, kožená zástěra, impregnované svářecí montérky). Okolí pracoviště musí být ochráněno clonami, závěsy a kryty.

- Za rozestavění závěsů, clon a krytů je zodpovědný svářeč.
- Zástěny musí být z nehořlavého nebo nízko hořlavého materiálu.

Obr. č. 2 Rukávy musí zakrývat celou ruku

Obr. č. 3 Porušené OOP je nutné vyřadit

2.1.6 Hluk

Zdroj hluku umístit mimo svářecí pracoviště. Pracovník musí být ochráněn osobními ochrannými prostředky (zátkové chrániče, protihluková přilba a protihluková sluchátka).

2.1.7 Mikroklimatické podmínky

Vhodný oděv.

Prostředky proti šíření tepla (clony, kryty, závěsy).

3 Svařování se zvýšeným nebezpečím

a) Větší pravděpodobnost požáru, výbuchu, poškození zdraví, úrazu.

b) Nejvyšší přípustná dlouhodobá pracovní zátěž.

c) Před začátkem svářečských prací je nutné vyhodnotit z hlediska nebezpečí pracovní místo i okolí (nad, pod, vedle), aby zjistil, zda nejde o práci se zvýšeným nebezpečím.

3.1 Písemný příkaz k vykonávání prací se zvýšeným nebezpečím

Provádět práce se zvýšeným nebezpečím je možné jen na písemný příkaz. Další podmínkou je doplnění bezpečnostních opatření. Pokud se změní podmínky práce nebo pracovníci, musí se vystavit příkaz nový.

Zplnomocněný pracovník je osoba pověřená organizací, která vystavuje písemný příkaz a kontroluje v něm uvedená nařízení.

V příkazu je i uveden odborník v dané oblasti (hasič, bezpečnostní technik apod.).

V nařízení musí být doba platnosti a stanovený dohled dalších osob.

Při opakování činnosti uvedené v písemném příkazu se tento stává pracovní postupem, který nesmí být v rozporu s bezpečnostním ustanovením.

3.2 Bezpečnostní opatření pro práci v těsných a uzavřených prostorech

Při zvýšeném nebezpečí otravy a zadušení je nutné v prostoru zabezpečit odsávání a přívod čerstvého vzduchu.

Rozbor ovzduší je nutné udělat bezprostředně před začátkem prací a po pracovní přestávce. Musí se udělat opatření, aby koncentrace plynů, par a prachu nedosáhla nebezpečné hodnoty a nehrozilo nebezpečí otravy a zadušení.

Minimálně dvě osoby musí být přítomny při práci se zvýšeným nebezpečím otravy a zadušení. Svářeč pracující v tomto prostoru musí být dostatečně ochráněn, aby mohl být bez problému vyproštěn z tohoto prostoru.

Druhý pracovník se zdržuje mimo prostor a je povinen v případě ohrožení svářeče zasáhnout. Jestli to situace vyžaduje, musí být přítomen další pracovník.

Jestliže opatření pro svařovací práce se zvýšeným nebezpečím otravy a zadušení nejsou dostatečná, je nutné přivádět čistý vzduch do dýchací zóny svářeče.

Se zařízeními, potrubími nebo nádobami, u nichž nelze identifikovat jejich obsah, je nutno zacházet tak, jako by měly nebezpečný obsah.

3.3 Bezpečnostní opatření pro svařování v potrubích, v zařízeních a ve znečištěných nádobách

Je nutné zajistit přívod čerstvého vzduchu do svařovacího prostoru:

a) Jestliže vzniknou plyny nebo páry zdraví škodlivé (nátěry barev, svařování hliníkových nádob).

b) Jestliže mohou vzniknout svářecí plyny, které vstoupí do nádoby po skončení svařování.

3.4 Bezpečnostní opatření pro práce v prostorech s nebezpečím výbuchu a požáru

Vzniku výbuchu a požáru v místech svařování a v přilehlých prostorách (pod, nad a vedle) zabráníme odstraněním výbušných a hořlavých látek nebo přikrytím hořlavin nehořlavou látkou, případně odvětráním. Výbušné látky, hořlavé látky musíme odstranit ve svařovaných nádobách, potrubích a zařízeních, aby nedošlo ke vzplanutí.

Při delší odstávce musíme zabránit vytvoření výbušné směsi.

Přilehlé prostory a místa svařování musí být z hlediska nebezpečí požáru a výbuchu kontrolovatelné:

a) Při přerušení a v průběhu svařování.

b) Po skončení svařování a řezání po dobu chladnutí svarku, nejméně však 8 hodin.

3.5 Bezpečnostní opatření pro práce v nádobách, zařízeních a potrubích pod tlakem

Je nutná přítomnost alespoň 2 osob. Ochrana svářeče musí být na takové úrovni, aby bylo svářeče v případě nebezpečí možno lehce vyprostit ze svářecího prostoru.

Druhý pracovník je mimo ohrožený prostor, monitoruje činnost svářeče a v případě nebezpečí musí zasáhnout. Jestliže není schopen zajistit ochranu druhý pracovník, musí být přítomen pracovník další.

Jestliže není zajištěno bezpečnostní opatření proti zadušení a otravě, musí se přivádět čistý vzduch přímo do dýchací zóny svářeče. Teplota a vlhkost se musí přizpůsobit potřebám svářeče.

Pokud nádoby, zařízení a potrubí obsahují neidentifikovatelný obsah média, je nutné s nimi zacházet jako s nebezpečným obsahem.

Vzniku výbuchu a požáru v místech svařování a v přilehlých prostorách (pod, nad a vedle) zabráníme odstraněním výbušných a hořlavých látek anebo přikrytím hořlavin nehořlavou látkou, případně odvětráním. Výbušné látky, hořlavé látky musíme odstranit ve svařovaných nádobách, potrubích a zařízeních, aby nedošlo ke vzplanutí.

Při delší odstávce musíme zabránit vytvoření výbušné směsi.

Přilehlé prostory a místa svařování musí být z hlediska nebezpečí požáru a výbuchu kontrolovatelné:

c) Při přerušení a v průběhu svařování.

d) Po skončení svařování a řezání po dobu chladnutí svarku, nejméně však 8 hodin.

3.6 Bezpečnostní opatření pro práce v prostředí s nevyhovujícím ovzduším

V případě zvýšeného nebezpečí otravy a zadušení je nutné v prostoru zabezpečit odsávání a přívod čerstvého vzduchu.

Rozbor ovzduší je nutné udělat bezprostředně před začátkem prací a po pracovní přestávce. Musí se udělat opatření, aby koncentrace plynů, par a prachu nedosáhla nebezpečné hodnoty a nehrozilo tak nebezpečí otravy a zadušení.

Minimálně dvě osoby musí být přítomny při práci se zvýšeným nebezpečím otravy a zadušení. Svářeč pracující v tomto prostoru musí být dostatečně ochráněn, aby mohl být bez problému vyproštěn z tohoto prostoru.

Druhý pracovník se zdržuje mimo prostor a je povinen v případě ohrožení svářeče zasáhnout. Jestli to situace vyžaduje, musí být přítomen další pracovník.

Jestliže opatření pro svařovací práce se zvýšeným nebezpečím otravy a zadušení nejsou dostatečná, je nutné přivádět čistý vzduch do dýchací zóny svářeče.

Se zařízeními, potrubími a nádobami, u kterých nelze zjistit jejich obsah, je nutno zacházet jako se zařízeními s nebezpečným obsahem.

3.7 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím záření

Před každým začátkem svařování se zvýšeným nebezpečím záření se musí zohlednit tato opatření:

a) pro viditelné záření – použít osobní ochranné prostředky (na ochranu očí) a na zabránění oslnění,

b) pro ultrafialové záření – použít osobní ochranné prostředky (na ochranu pokožku a zraku),

c) pro ionizující záření – vyřazení svářeče z dlouhodobého svařování, použít kombinace zkráceného času pro pobyt v prostředí ionizujícího záření, zvětšení vzdálenosti pracovníka od zdroje záření a dostatečného zastínění (např. zástěnami),

d) pro infračervené záření – použití osobních ochranných prostředků jako prostředku mezi skutečnou a nejvýše přípustnou hodnotou záření,

e) pro vysokofrekvenční záření – kombinace expozice (střídání svářečů nebo zkrácení času svářečských prací).

3.8 Bezpečnostní opatření pro práce v neúnosných mikroklimatických podmínkách

Před začátkem každého svařování je nutné udělat následující opatření:

a) upravit režim odpočinku a svařování,

b) zajistit možnost regulace mikroklimatických podmínek během svařování,

c) zajistit prostory na ohřívání, ochlazování a regulování podle potřeby svářeče,

d) použít osobní ochranné prostředky podle charakteru práce a pracovního prostředí (přehřátí, chlad a vlhkost).

3.9 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím hluku

Před začátkem každého svařování je nutné udělat následující opatření:

a) používat osobní ochranné prostředky na ochranu sluchu (špunty do uší, sluchátka),

b) nesmí se překračovat nejvyšší přípustná hluková zátěž, která obsahuje:

- střídání pracovišť s rozdílnou hladinou hluku,
- střídání svářečů v délkových intervalech svařování.

4 Příslušenství na plyn

Ventily a tlakoměry je možné použít pouze pro daný plyn, pro který byly vyrobeny.

Při použití hořlavých plynů a kyslíku musíme odstranit případné netěsnosti.

Netěsnosti příslušenství a spojů zajišťujeme vodou s pěnotvorným roztokem neobsahujícím mastnoty (mýdlová voda).

4.1 Obsluha láhví a jejich příslušenství

Ventily láhví otevíráme ručně bez použití nářadí. Láhve, které nejdou otevřít rukou, se nesmí používat a je nutné je vrátit do plnírny.

Před otevřením láhvového ventilu musíme zkontrolovat, jestli jsou uzavřené ventily na hořáku a povolený šroub redukčního ventilu. Jestliže se zjistí únik z láhvového ventilu, musíme dotáhnout matici ucpávky. Pokud i přesto dochází k úniku plynu, je nutné tuto láhev vrátit do plnírny.

Po otevření láhvového ventilu přezkoušíme těsnost redukčního ventilu v jeho vysokotlaké části.

Potírání kyslíkové láhve a příslušenství mastnotami se důrazně zakazuje!

Láhvové ventily a příslušenství se ochraňuje před poškozením. Na láhvový ventil se nesmí připojovat poškozené matice. Zjištěné nedostatky musíme okamžitě odstranit.

Při delším přerušení svařování musíme láhvové ventily uzavřít, vypustit plyn z hadic a povolit třmeny na redukčních ventilech.

Při svařování na přechodném pracovišti musíme zabezpečit svářecí zařízení před manipulací nepovolených osob.

Prázdné láhve se musejí viditelně označit nápisem **PRÁZDNÁ** a odvézt do skladu.

Přepouštění plynu z jedné láhve do druhé je zakázáno.

Prázdná láhev acetylenu musí mít minimální přetlak 0,05 MPa.

Ochranný klobouček nasazujeme po vyprázdnění láhve.

Ochranné kloboučky musí být umístěny v suchém a čistém prostředí. Tyto kloboučky pěvně dotahujeme.

Obr. č. 4 Ochranný klobouček láhve musí být umístěn na čistém místě

Těsnění kyslíkových láhví nesmí být znečištěno mastnotami a nesmí být zhotoveno z materiálu, který obsahuje i malé množství tuku (např. kůže).

Zamrznuté redukční ventily a příslušenství nikdy nerozmrazujeme plamenem, ale horkou vodou do teploty 200 ˚C.

4.2 Přeprava a uskladňování láhví

Láhve musejí být zabezpečeny proti převrhnutí a pádu objímkou nebo řetízkem. Musí být volný přístup k láhvím. Láhve nesmějí být umístěny tam, kde by je mohla převrhnout pohybující se část svářecího zařízení, pojízdný jeřáb nebo dopravní prostředek.

Obr. č. 5 Láhev a její uchycení proti pádu

Pokud máme pochybnosti o vhodnosti plynu v láhvích, vrátíme je zpět do plnírny.

Na pracovišti mohou být nejvýše dvě náhradní láhve stejného plynu nebo jiného druhu plynu. Dohromady může být v budově maximálně 15 láhví (40 l) stejného nebo jiného druhu plynu.

Při dodržení bezpečnostních a požárních předpisů může být v budově láhví více, a to pouze v těchto případech:

a) ve svářecí škole s větším počtem pracovišť pro výuku plamenového svařování,

b) v provozu, kde technologie výroby vyžaduje větší počet láhví a není možný rozvod plynu.

Počet láhví stanovuje zaměstnavatel, u kterého jsou práce vykonávány.

V tomto případě musí být stanovený evakuační plán.

Jestliže jsou láhve vystavené sálavému teplu, je nutné chránit tyto láhve nehořlavou zástěnou ve vzdálenosti nejméně 0,25 m, přesahující výšku láhve o 200 mm a šířku o 100 mm.

Pokud vznikne oheň na pracovišti, kde jsou umístěny láhve se svářecími plyny, anebo v nebezpečné blízkosti takového prostoru, je povinností láhve ochránit. Nejdříve se odstraní láhve plné hořlavého plynu. Pokud není možné včas tyto láhve ochránit, musíme tuto skutečnost nahlásit hasičům.

4.3 Hadice

Používáme jen pro typ plynu, pro který jsou vyrobeny.

Uchycení hadic: na hadicové přípojky se musí připevnit svorkami pro tento účel vyrobenými.

Hadice chráníme proti mechanickému poškození a proti znečištění mastnotami.

Hadice musí být těsné. Před začátkem svařování v prostorech se zvýšeným nebezpečím musíme překontrolovat těsnost hadic pěnotvorným roztokem. Zjistíme-li netěsnost, musíme hadici vyměnit, případně odstranit únik plynu.

Každé 3 měsíce musíme překontrolovat těsnost hadic a spojů nejvyšším pracovním přetlakem při ponoření do vody.

Nejvyšší pracovní přetlak při zkoušce těsnosti spojů je pro hadice:

- acetylén - 0,15 MPa,
- kyslík 0,8 - 1,5 MPa,
- plazma 0,4 - 0,6 MPa.

5 Svářecí pracoviště a jeho provoz

Pracoviště udržujeme v čistotě a pořádku. Svářecí zařízení a příslušenství nesmí být příčinou úrazu (např. zakopnutí, uklouznutí).

Zařízení nesmí být znečištěno prachem a nesmí být na něm nebezpečný materiál.

Při svařování se může použít jen zařízení, které je určeno výrobcem a vyhovuje bezpečnostním opatřením.

Před začátkem svařování musí svářeč zkontrolovat:

- čistotu, neporušenost a těsnost vnějších elektrických spojů (vodiče, zásuvky),
- bezchybnou funkci zařízení a manipulačních prostředků,
- předměty ohrožující bezpečnost.

Při odchodu nebo přerušení svařování se musí zařízení vypnout a zajistit proti užití neoprávněnými osobami.

Obr. č. 6 Svářecí zařízení musí být zajištěno proti použití cizími osobami

Jestliže zjistí svářeč, že zařízení ohrožuje život nebo zdraví spolupracovníků, musí okamžitě zařízení odpojit a zajistit proti použití. Toto zařízení musí být viditelně označeno nápisem „**PORUCHA**“.

Díly pro svařování musí být čisté, zbavené škodlivých látek, které by vznikaly při svařování.

5.1 Údržba a oprava zařízení určeného pro svařování

Opravu a údržbu provádějí jen pověření pracovníci podle pokynů výrobce.

Vnější přívody energie pro svařování musí být čisté, pevné a těsné (hadice, vodiče, zástrčky a zásuvka).

Bezchybnou činnost zařízení zajistíme pravidelným čištěním od zplodin vznikajících při svařování.

6 Bezpečnostní ustanovení pro svařování elektrickým obloukem

6.1 Ochrana před úrazy elektrickým proudem

Pracovníci na svářecím pracovišti musí být důkladně seznámeni s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem.

Při práci se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem musí být provedena taková opatření, která zabrání pádu svářeče a jeho následnému kontaktu s elektrickým proudem.

Svařovací vodiče musí být ochráněny, aby se zabránilo náhodnému dotyku s výstupními svorkami svařovacího zařízení.

Dotykové plochy přívodů, svorek a svarku musí být elektricky vodivé.

Kabel svařovacího proudu musí být uložen tak, aby se zabránilo porušení (kryty, vhodné umístění).

Svorka vodiče na svarek musí být umístěna co nejblíže k místu svařování.

Nebezpečí úrazu hrozí v případě, že jsou v místě svařování umístěny kovové předměty tak, že:

- se svářeč může dotknout svarku a některého tohoto předmětu,
- se svářeč může současně vodivě dotknout svař. nástroje, nebo některých předmětů,
- jsou tyto předměty v dosahu svářeče a svařovacího nástroje.

Zároveň se musí zabránit elektricky vodivému dotyku osob s těmito předměty.

Připojování svářecího vodiče na svarek se provádí pouze při vypnutém svařovacím zdroji nebo svařovacím zařízení.

Jestliže s potenciálem země může být spojený svařovací předmět (nebo svařovací stůl), musíme zapojit ochrannou svorku na nejbližší ochrannou svorku elektrické sítě.

Připojování svářecího kabelu na svarek provádíme pouze na vypnutém zařízení.
Při pracích se zvýšeným nebezpečím můžeme svářecí elektrodu vyměňovat pouze při vypnutém svářecím zdroji.

Pakliže je svařovaný předmět spojený s potenciálem země, musí se svářecí stůl (svařovaný předmět) připojit ochranným vodičem na nejbližší ochrannou svorku elektrické sítě. V tomto případě musí být dodrženo:

a) Připojení ochranného vodiče na svařovaný předmět je možné prostřednictvím stejné svorky, jako je připojený svářecí vodič nebo svorkou jinou v její těsné blízkosti.

b) Průměr ochranného vodiče musí být minimálně stejný jako průřez svářecího kabelu.

c) Nesmí dojít k neúmyslnému dotyku svářecího nástroje s láhví na plyn.

Pokud je svarek umístěný tak, že nemůže dojít k vodivému spojení s ochranným kabelem elektrické sítě, musí se svarek připojit na ochranný kabel sítě.

Pokud se na pracovišti používá více svařovacích zdrojů, musí se v případě nehody zabezpečit rychlé odpojení ohrožených zdrojů od zdrojů, které vyvolaly kolizi.

Svářecí zdroje a jejich kabely musí být jednoznačně identifikovatelné.

Pokud se svařuje s více zdroji s jednosměrným svářecím proudem, musí být svářecí nástroje připojené tak, aby měly stejnou polaritu. Mezi dvěma nástroji nesmí vzniknout součtové napětí, které by bylo větší, než absolutní hodnota napětí zdroje s nejvyšším svářecím napětím naprázdno.

Jestliže se svařuje z více zdrojů střídavým proudem, musí oprávněný pracovník překontrolovat zapojení těchto zdrojů, připojení kabelů svářecího proudu na svarek a svářecí nástroj. Okamžitá hodnota napětí naprázdno mezi dvěma svařovacími nástroji nesmí být vyšší, než maximální hodnota svařovacího napětí zdroje s nejvyšším napětím naprázdno.

Jestliže svářeč opustí své pracoviště, je povinen zajistit vypnutí svářecího zdroje a odpojit zdroj od elektrické energie.

6.2 Ochrana před úrazem úlomky strusky a rozstřiku

Svářeč se chrání proti rozstřiku a úlomkům strusky osobními ochrannými prostředky (ochranné brýle, kukla, štít, svářečské rukavice s manžetou, kožená obuv, kožená zástěra, impregnované svářecí montérky).

6.3 Ohrožení zdraví škodlivinami

Intenzita elektrického proudu a způsob svařování jsou závislé na stupni ochrany svářečských štítů a svářečských kuklí.
Při svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu musíme automatickým nebo ručním ovládáním zabezpečit předfuk a dofuk tak, aby inertní plyn zabránil vytvoření škodlivého kysličníku wolframového.

6.4 Zvýšené nebezpečí při úrazu elektrickým proudem

Svářeč musí dbát své vlastní ochrany. Nesmí mít v obleku ani na sobě žádné kovové předměty, které by se dotýkaly jeho těla. Svářečské práce musí provádět na elektricky nevodivé podložce.

Před vstupem do uzavřeného nebo těsného prostoru je povinen překontrolovat svářecí kabely a svorky.

Při svařování se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem musí být zdroj elektrického proudu umístěný mimo nebezpečný prostor.

Při svařování v uzavřených prostorech (potrubí, nádoby) musí svářeč použít:

- držáky a hořáky s neporušenou izolací,
- izolační podložku nebo stojan na odkládání svařovacího nástroje,
- izolační podložky a desky, aby nedošlo ke kontaktu těla s kovovými částmi v žádné svářecí poloze,
- svářecí zdroj musí být mimo prostor svařování a nesmí svařovat střídavým proudem.

Pokud je nutné použít střídavý elektrický proud, musí se udělat doplňující opatření na snížení možnosti úrazu elektrickým proudem (proudový chránič, dielektrické vložky).

Při svářečských pracích v mokrých a vlhkých prostředích mohou být platné zvláštní bezpečnostní předpisy pro trvale se opakující práce (technologický postup). Pokud je svářeč prokazatelně seznámený s tímto postupem, není nutný příkaz pro práci se zvýšeným nebezpečím.

Láhve se nesmějí nacházet v proudové smyčce kabelů vodících elektrický proud.

6.5 Provoz svářecích zařízení

Obloukové svářečky musí být zabezpečené proti samovolnému posunutí. Musí být zapojeny jen do připojovacích zásuvek, které jsou ověřené provozovatelem. V prostorách zvýšeného nebezpečí nesmíme umísťovat obloukové svářečky.
Před zasunutím vidlice je povinností svářeče překontrolovat zásuvku a vidlici, izolace na přívodech a vodiče svařovacího proudu i jejich spojky.

Před uvedením svářečky do provozu se musí svářeč přesvědčit o neporušenosti izolace držáku elektrody nebo svářecího hořáku. Zkontrolovat svářecí svorku, její neporušenost a připojení k nejbližšímu místu svařování.
Držáky elektrod se nesmí chladit ponořením do vody. Držáky na svařování wolframových elektrod a svářecí pistole s vodním chlazením se nesmějí používat, pokud dochází k úniku vody z těchto zařízení. Výměna wolframové elektrody nebo svářecího drátu provádíme vždy bez napětí svářecího zdroje.

Elektrody je možné vyměňovat pouze v neporušených rukavicích, které nejsou mokré. Svářecí pistol nebo držák elektrod se odkládají pouze na izolační podložku nebo izolační stojan.

Svářeč nesmí mít ovinuté kabely kolem těla během svařování.

Hlavní kabel musí být odpojený od zdroje proudu, pokud je svářečka přemístěná.

6.6 Oprava a údržba svářecích zařízení

Svářecí zařízení musí být ochráněno před účinky vody (práce na volném prostranství). Zařízení, na kterém se pracuje, musí být uloženo na suchém místě a v málo prašném prostředí. Před uvedením do provozu musí být svářecí zařízení přezkoušeno pověřeným údržbářem, a to zvláště tehdy, pokud bylo zařízení v půlroční nečinnosti.

Pří uskladňování nebo používání ve vlhkém nebo prašném prostředí se musí zařízení přezkoušet jednou za měsíc.

Svářecí kabely a přívody musí svářeč denně prohlédnout před začátkem svářečských prací. Viditelné poškození musí být odborně opraveno pověřeným pracovníkem. Poškozené svařovací vodiče musí být vyřazeny z provozu. Svářecí kabely musí být ochráněny před znečištěním (mastnota, agresivní látky) a musí být v suchu.

7 Podmínky požární bezpečnosti

7.1 Podmínky před zahájením svařování:

a) zabezpečit volné únikové cesty a přístup k nim,

b) vymezit oprávnění a povinnosti osob k zajištění požární ochrany při zahájení svařování, v jeho průběhu, při přerušení svařování a po jeho skončení,

c) stanovit a vyhodnotit možné požární nebezpečí ve vztahu k druhu svařování, stavu svářečského pracoviště a přilehlých prostorů, použitých zařízení a materiálů, vzhledem k požárně bezpečnostním opatřením,

d) stanovit požadavky na účastníky svařování vyžadující zvláštní požárně bezpečnostní opaření a na osoby provádějící požární dohled, včetně intervalů pro výkon tohoto dohledu při přerušení a po skončení svařování,

e) stanovit požadavky pro bezpečný pobyt a pohyb osob včetně zákazů,

f) určit provozní podmínky technických zařízení a technologického procesu, včetně podmínek případných odstávek zařízení nebo omezení provozu.

7.2 Opatření proti vzniku a šíření požáru:

a) odstranění hořlavých nebo hoření podporujících látek,

b) překrytí nebo utěsnění hořlavých látek nehořlavým nebo nesnadno hořlavým materiálem,

c) vybavení hasicími prostředky podle charakteru pracoviště a použité technologie,

d) měření koncentrace hořlavých plynů,

e) provětrání pracoviště,

f) ochlazování konstrukce,

g) rozmístění technického vybavení proti rozstřiku žhavých částí.

Svařování nesmíme zahájit, jestliže:

- nejsou splněny podmínky požární bezpečnosti,
- nejsou stanovena požárně bezpečnostní opatření s ohledem na druh a místo svařování,
- nejsou zúčastnění pracovníci svařování prokazatelně seznámeni s podmínkami požární bezpečnosti,
- pokud svářeč není schopen prokázat svoji způsobilost ke svařování.

7.3 Podmínky po skončení svařování

Kontrola požární bezpečnosti svářecího pracoviště a přilehlých prostorů. Zajištění požárního dohledu (min. 8 hodin) v intervalech dle bezpečnostních opatření.

Požární dohled je vykonáván:

a) osobou předem určenou,

b) osobou s písemně stanovenými právy a povinnostmi.

Požární dohled je vykonáván vzhledem k charakteru prací i v intervalech stanovených bezpečnostními opatřeními.

8 Svářečská pracoviště

Svářečská pracoviště určená ke svařování projektovou dokumentací stavby, se považují za svářečská pracoviště stálá, jiná se považují za pracoviště přechodná.

Svářečské pracoviště zabezpečujeme:

- proti vzniku požáru a výbuchu,
- proti vytvoření volné únikové cesty,
- proti ohrožení životů a zdraví.

8.1 Požadavky na přilehlé prostory:

a) zařízení a materiály na svářečském pracovišti se rozmisťují tak, aby byla zachována možnost volného průchodu a nevznikala kolizní místa,

b) svařovací zařízení musí být zabezpečeno tak, aby nedocházelo k jeho pohybu,

c) svařovací materiál se na pracovišti ukládá tak, aby nedošlo poškození zařízení a úrazu osob,

d) přechodná svářecí pracoviště musí být vybavena vhodnými hasicími prostředky (práškový a pěnový nad 5 kg),

e) na stálých pracovištích je zakázáno ukládat hořlavé látky,

f) příkazy a zákazy je nutno vyznačit bezpečnostním značením,

g) svařování v prostorách od 2 m výšky je nutné ochránit před účinky svařování a stanovit ochranná pásma,

h) náhrada přívodu čerstvého vzduchu přívodem kyslíku je nepřípustná,

i) účastníci svařování se musí předem dohodnout na způsobu dorozumívání,

j) svářeč dává pokyn k zapnutí svářecího zařízení jen tehdy, když je připraven k práci a zaujal pracovní polohu.

9 Nauka o materiálu

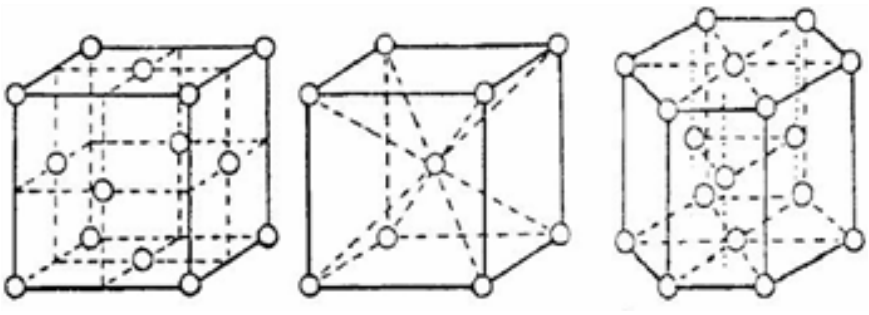
9.1 Úvod

V této části jsou uvedeny základní informace o materiálech vhodných ke svařování, zejména ocelích. Jsou zde uvedeny oceli z hlediska složení, struktury, vlastností se zřetelem na svařitelnost. Dále je zde provedeno rozdělení ocelí a jejich značení podle ČSN a EN.
Nejčastěji svařovanými materiály jsou oceli uhlíkové, slitinové, šedé litiny, neželezné kovy, hliník a jeho slitiny, měď a její slitiny.

9.2 Struktura a složení oceli

Ocel se získává z ocelárenského surového železa, kovového odpadu a legujících přísad. Obsahuje málo uhlíku, má vyšší bod tavení, je čistější a houževnatější než surové železo. Vyrábí se v ocelárnách v martinských pecích, konvertorech nebo v elektrických pecích, kde dochází ke zkujňování surového železa, což je snížení obsahu uhlíku okysličením. Ocel je slitinou železa s uhlíkem do **2,14 % C**. Tvoří ji, jako všechny ostatní kovy krystaly. Atomy kovů jsou pravidelně uspořádány v určitých prostorových geometrických tvarech, které určují vlastnosti kovů.
Základním prvkem každé oceli je **železo Fe**, vyskytuje se ve čtyřech modifikacích **α**, **β**, **γ**, **δ**, z nichž každá je stabilní v určitém rozmezí teplot. Kovy krystalizují nejčastěji v soustavě **krychlové** nebo **šesterečné**. Vzniklá kovová mřížka je tvořena mřížkovými elementy opakujícími se ve velkém množství všemi směry.
Většina kovů nejčastěji krystalizuje v těchto konkrétních typech mřížek (modifikacích):

- krychlové plošně středěné (14 atomů),
- krychlové prostorově středěné (9 atomů),
- šesterečné s těsným uspořádáním (16 atomů).



Obr. č. 7
plošně centrovaná prostorově centrovaná šesterečná

Dalším nezbytným prvkem v oceli je **uhlík C**, vyskytuje se v něm např. jako **grafit**, nebo **cementit** (Fe3C). Uhlík má největší vliv na svařitelnost oceli.

Slitiny železa a uhlíku nazýváme soustavami. Jsou to soustavy **železo – grafit** (stabilní soustava), používá se pro pomalé ochlazování (oceli, šedé a tvárné litiny) a **železo – karbid železa** (metastabilní soustava), používá se při vyšších obsazích uhlíku (oceli, bílá litina). Část pro ocel je v obou soustavách stejná. V praktickém využití je nejdůležitější soustava železo – karbid železa.

9.3 Rovnovážný diagram železo- karbid železa

Tento diagram nám určuje, jaká strukturální složka vzniká v určité oceli při určité teplotě. Uhlík se v technickém železe vyskytuje buď jako grafit nebo jako cementit.
Na vodorovnou osu naneseme obsah uhlíku C v % až do obsahu 6,67 % a na svislou osu teploty od 0 °C do 1800 °C. Z hlediska technického použití jsou význačné v diagramu tyto obsahy uhlíku C **0,8** %**, 2,14** %, **4,3** %**, 6,67** %. Dále pak jsou důležité tyto teploty **723** °C, **760** °C, **900** °C, **1147** °C, **1539** °C. V neposlední řadě jsou významné tyto body **S** - **eutektoidní** bod (eutektoid), při obsahu uhlíku 0,8 % a teplotě 723 °C a bod **C** – **eutektický** bod (eutektikum), při obsahu uhlíku 4,3 % a teplotě 1147 °C.

Eutektoidní bod S je význačný pro ocel a rozděluje ji:

- na ocel podeutektoidní (podperlitickou) **do 0,8 % C** - měkké, houževnaté oceli, konstrukční oceli,
- na ocel eutektoidní (perlitickou) s přesným obsahem **0,8 % C**,
- na ocel nadeutektoidní (nadperlitickou) **nad 0,8 %C** - tvrdé, kalitelné oceli, nástrojové oceli.

Eutektický bod C je význačný pro litinu a surová železa a rozděluje je:

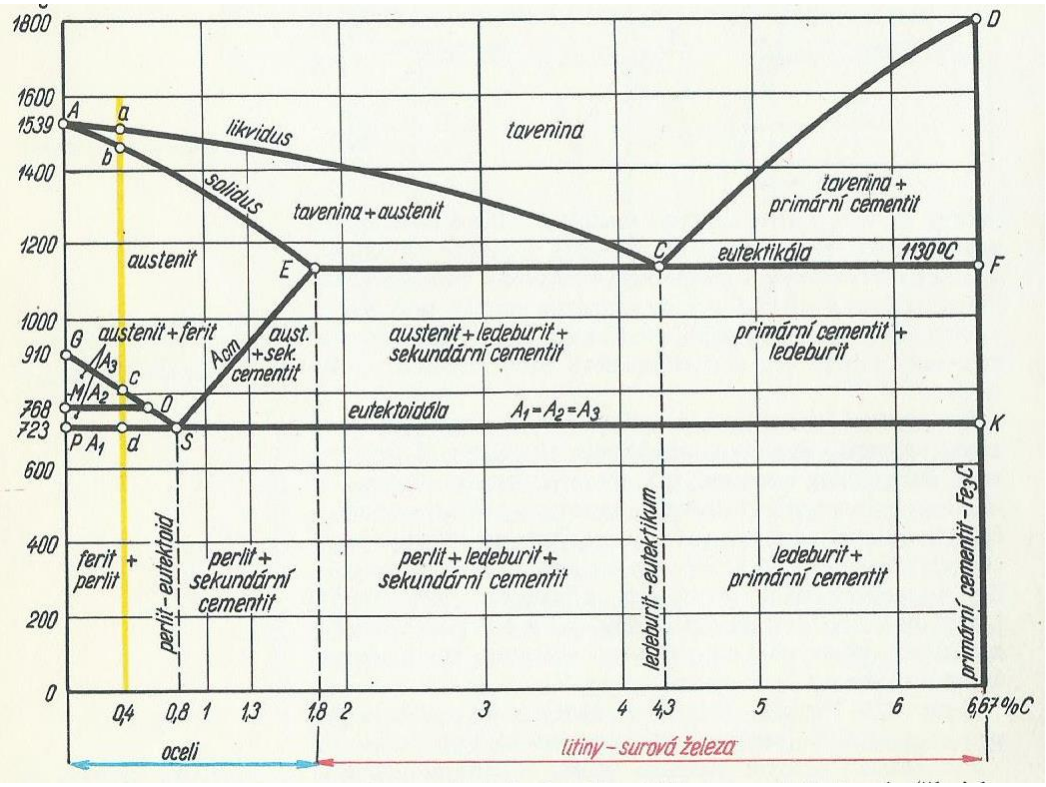
- na litinu podeutektickou **do 4,3 % C**,
- na litinu eutektickou s přesným obsahem **4,3 % C**,
- na litinu nadeutektickou **nad 4,3 % C**.

Význačné křivky a čáry jsou:

- **likvidus** křivka ACD, počátek přeměny, kdy se z taveniny začnou vylučovat krystaly,
- **solidus** křivka AECG, konec přeměny, kdy se tekutý kov promění na krystaly,
- **křivka** GOS, čára překrystalizace A3,
- **křivka** SE, čára segregační Acm,
- **čára** ECF, eutektikála,
- **čára** MO, slitiny železa a uhlíku ztrácejí magnetičnost,
- **čára** PSK, eutektoidála A1.

Strukturální složky oceli v diagramu vznikají při postupném ochlazování taveniny a jsou závislé na procentuálním obsahu uhlíku C a teplotě °C.

- **Austenit** tuhý roztok uhlíku v železe gama **Feγ**, je obsažen v ocelích uhlíkových a nízkolegovaných při teplotách A1, u některých vysocelegovaných ocelí s vysokým obsahem uhlíku C, má světlešedou barvu, měkký, houževnatý, tvárný, nemagnetický, vhodný pro tváření za tepla.
- **Ferit** tuhý roztok uhlíku v železe alfa **Feα**, téměř čisté železo, tvoří v oceli světlé krystaly do obsahu 0,035 % C, měkký, tvárný a do teplot 768°C je magnetický, je obsažen v oceli konstrukční, kde je důležitá houževnatost.
- **Cementit – karbid železa** Fe3C je sloučenina železa a uhlíku, má světlou barvu, je nejtvrdší složkou železa, vyskytuje se u ocelí s obsahem C nad 0,8 %, nadeutektoidních a nástrojových ocelí, je tvrdý, křehký a špatně obrobitelný.
- **Perlit** jeho krystaly se lesknou jako perleť, je tvořen feritem a cementitem, vzniká rozpadem austenitu při 0,8 %C, je tvrdý, pevný a málo tvárný, může být **lamelární** (páskový) nebo **globulární** (kuličkový).
- **Grafit** je obsažen v šedém surovém železu, měkký, pevný, má tvar lupínku, je rozložen mezi krystaly železa, litina obsahující grafit je měkká, málo pevná a křehká.
- **Ledeburit** je obsažen v surovém železu s obsahem uhlíku 4,3 %, bílý, lesklý, tvrdý.

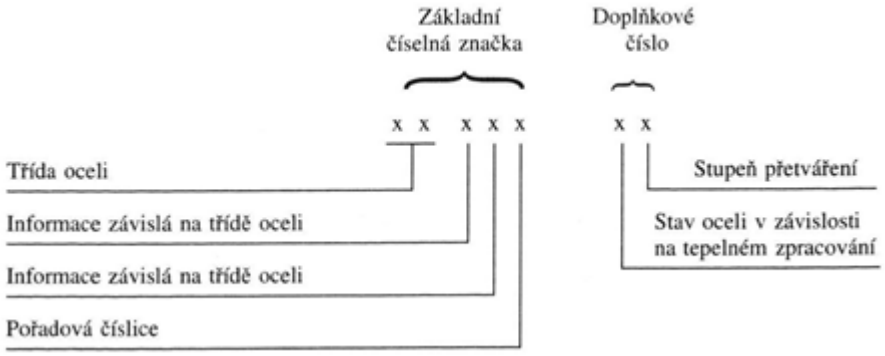


Obr. č. 8 Rovnovážný diagram Fe – Fe3C

9.4 Rozdělení a značení ocelí

9.4.1 Podle ČSN 42 0002

Oceli jsou na výkresech označeny dle příslušných ČSN. V České republice je zažité označení dle ČSN 42 0002 pro oceli určené ke tváření. Značka se skládá ze základního pětimístného označení, za kterým mohou následovat ještě za tečkou další dvě číslice.

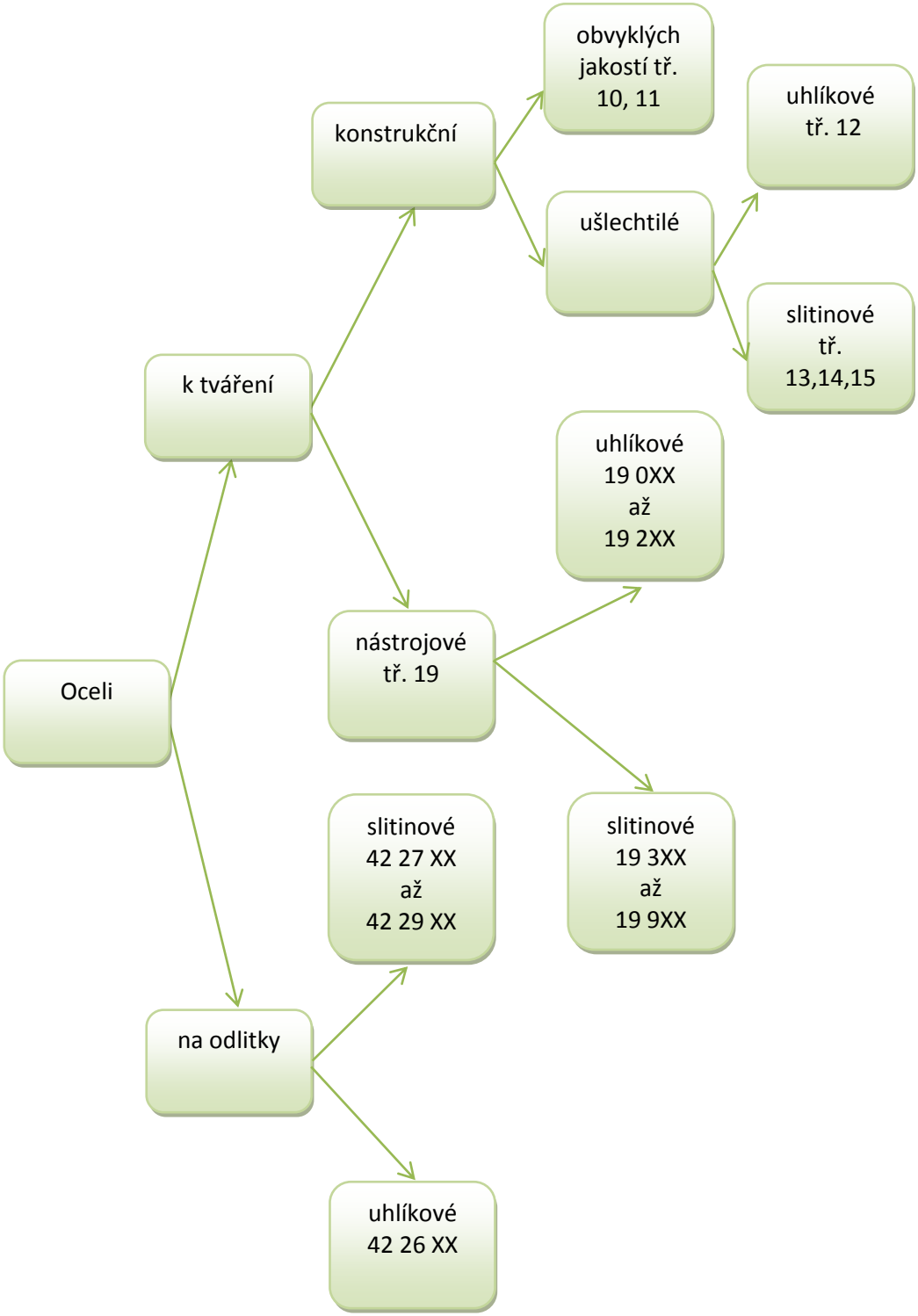


Obr. č. 9 Označení oceli dle ČSN 42 0002

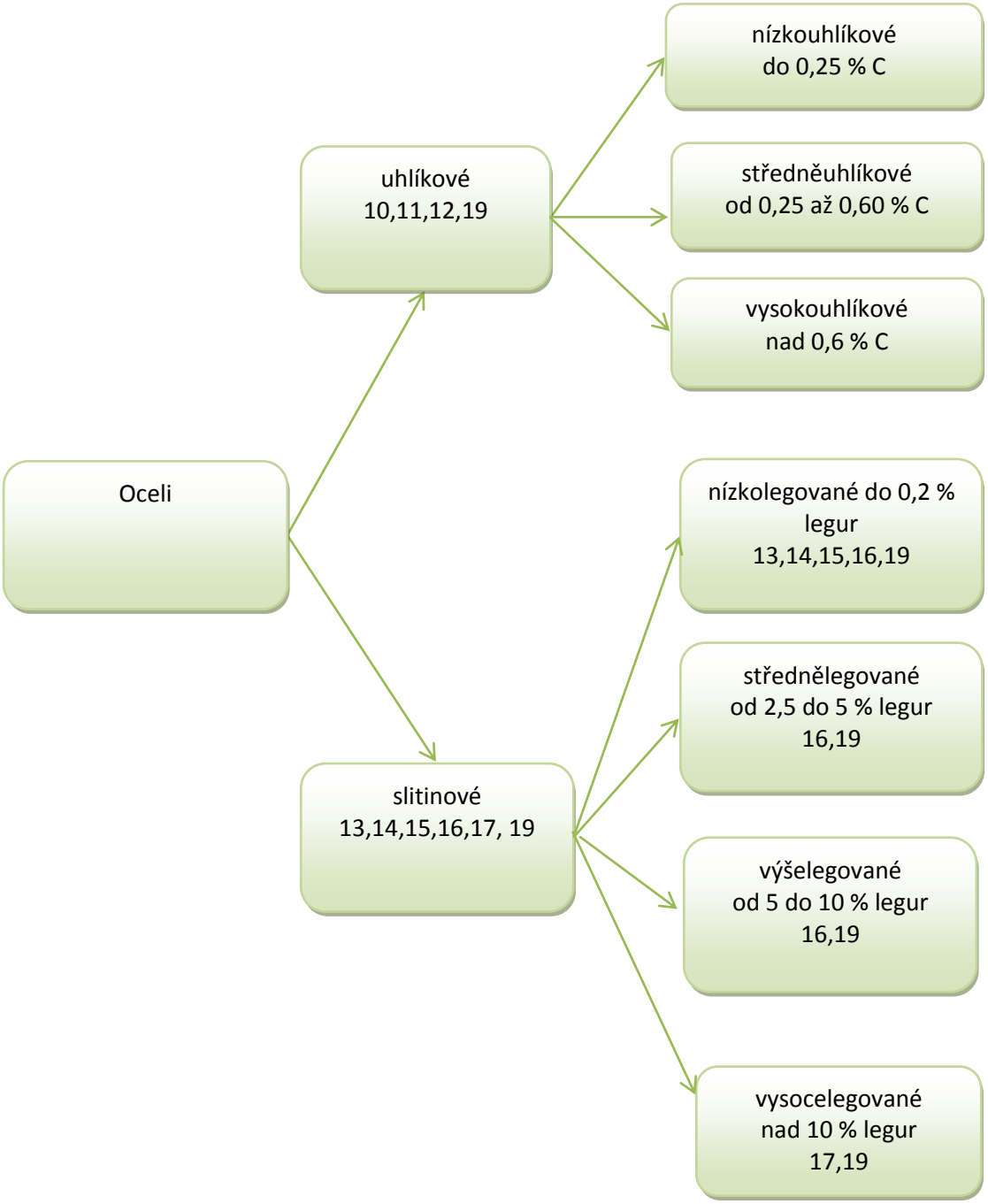
První číslice v základní značce je vždy **1** a označuje tvářenou ocel. Druhá číslice ve spojení s první označuje třídu oceli. Třetí, čtvrtá a pátá číslice ve značce se různí dle třídy oceli. První doplňková číslice určuje stav oceli (druh tepelného zpracování) a druhá doplňková číslice určuje stupeň přetváření.

Třída oceli	Oceli podle			Charakteristika ocelí
	použití	stupně legování		
10	konstrukční	nelegované		předepsané hodnoty mechanických vlastností, chemické složení není předepsáno
11	konstrukční	nelegované		předepsané hodnoty mechanických vlastností a obsah C, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků
12	konstrukční	nelegované		předepsaný obsah C, Mn, Si, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků
13	konstrukční	legované	nízkolegované	legovací prvky: Mn, Si,Mn-Si, Mn-V
14	konstrukční	legované	nízkolegované	legovací prvky: Cr, Cr-Al, Cr-Mn, Cr-Si, Cr-Mn-Si
15	konstrukční	legované	nízkolegované	legovací prvky: Mo, Mn-Mo, Cr-Mo, Cr-V, Cr-W, Mn-Cr-V, Cr-Mo-V, Cr-Si-Mo-V, Cr-Mo-V-W
16	konstrukční	legované	nízko a středně legované	legovací prvky: Ni, Cr-Ni, Ni-V, Cr-Ni-Mn, Cr-Ni-V, Cr-Ni-W, Cr-Ni-Mo, Cr-V-W, Cr-Ni-V-W
17	konstrukční	legované	středně a vysoko legované	legovací prvky: Cr, Ni, Cr-Ni, Cr-Mo, Cr-V, Cr-Al, Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-Ti, Cr-Mo-V, Mn-Cr-Ni, Mn-Cr-Ti, Mn-Cr-V, Cr-Ni-Mo-V, Cr-Ni-Mo-W, Cr-Ni-Mo-Ti, Cr-Ni-V-W, Cr-Ni-W-Ti atd.
19	nástrojové	nelegované		předepsaný obsah C, Mn, Si, P, S
19	nástrojové	legované (nízko, středně, vysoko)		legovací prvky: Cr, V, Cr-Ni, Cr-Mo, Cr-Si, Cr-V, Cr-W, Cr-Al, Cr-Ni-W, Cr-Si-V, Cr-Mo-V, Cr-V-W, Cr-Ni-Mo-V, Cr-V-W-Co, Cr-Ni-Mo-W, Cr-Ni-V-W atd.

Obr. č. 10 Označení oceli podle ČSN



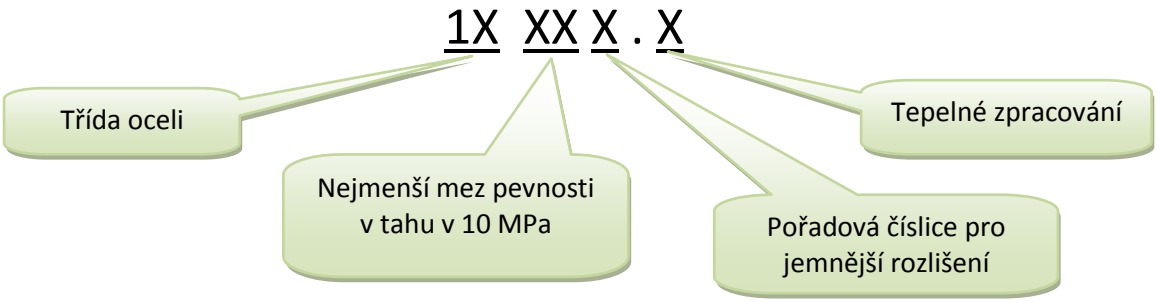
Obr. č. 11 Rozdělení oceli podle použití



Obr. č. 12 Rozdělení ocelí podle chemického složení

Značení ocelí vhodných ke svařování

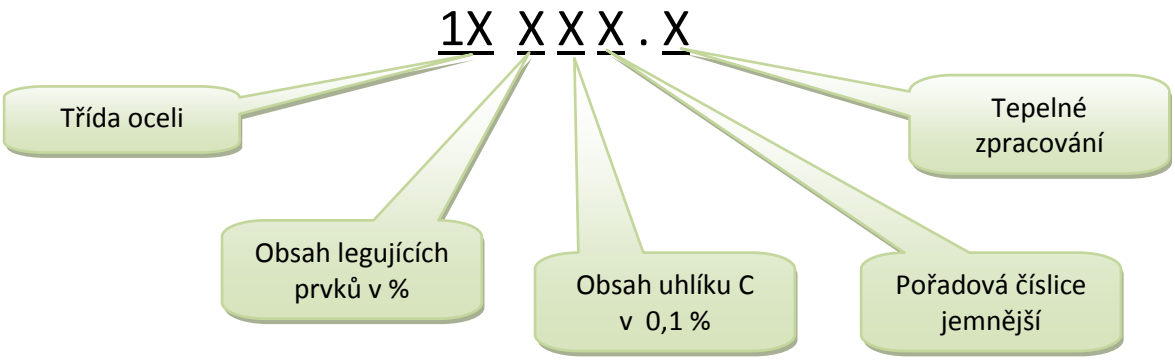
Třída 10 a 11



Tyto třídy oceli jsou nelegované, obvyklých jakostí, rozdíl mezi nimi je v tom, že ocel třídy 10 nemá zaručený obsah nečistot fosforu P a síry S a ocel třídy 11 má. Jen některé druhy oceli třídy 10 jsou svařitelné. V označení je uvedená jen první doplňková číslice, která určuje způsob tepelného zpracování, druhá doplňková číslice zde není uvedená, protože její význam není zásadní s ohledem na svařování.

Příklad: 11 416.1
Ocel třídy 11 s nejmenší mezí pevnosti v tahu 410 MPa, s pořadovým číslem hutě 6 a tepelně zpracována žíháním.

Třída 12 až 16



Ocel třídy 12 definujeme jako ušlechtilou nelegovanou ocel, oceli třídy 13 až 15 jako ušlechtilé nízkolegované oceli, ocel třídy 16 jako středně legovanou ocel.

Příklad: 12 021.1
Ocel třídy 12 s 0 % legujících prvků, s 0,2 % C, s pořadovým číslem hutě 1 a tepelně zpracována žíháním.

Třída 17

17 X X X . X

- Třída oceli
- Typ legování přísadovou skupinu
- Obsah Cr, Ni, Mn podle tabulky v normě

9.4.2 Podle ČSN EN 10027-1 (ČSN EN 10027-2)

Podle jejich použití a mechanických nebo fyzikálních vlastností.

Je rozděleno do několika základních skupin a je vyjádřeno pomocí písmen, číslic a symbolů. Pro ocel je používáno označení **S**, **P**, **L**, **E**, **B**, **R, Y, H, D, T, M** a ocel na odlitky **G.**

S 235 JR G1

Použití oceli
S - pro ocelové konstrukce
P - pro tlakové nádoby
L – na potrubí
E – na strojní součásti
B – pro výztuže do betonu
R – na kolejnice

Mez kluzu Re [MPa]

Tepelné zpracování, použití a zvláštní požadavky

Přídavné symboly pro ocel
Hodnoty vrubové houževnatosti

Nárazová práce			Zkušební teplota
27 J	40 J	60 J	°C
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Oceli podle EN S 235 JR G1 odpovídá ocel podle ČSN 11 373

OCELI PRO OCELOVÉ KONSTRUKCE

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G S n n n	an	+ an + an .....

Základní symboly		Přídavné symboly					
		Pro oceli					Pro ocelové výrobky
Písmeno	Vlastnosti	Skupina 1				Skupina 2	
G = ocel na odlitky (pokud je požadována) S = oceli pro ocelové konstrukce	nnn = minimální mez kluzu (R_e) v N/mm² pro nejmenší tloušťku výrobku	27 J	40 J	60 J	°C	C = se zvláštní tvářitelnosti za studena D = pro žárové pokovování E = pro smaltování F = pro kování H = duté profily L = pro nízké teploty M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno O = pro konstrukce v pobřežních vodách (off shore) P = štětovnice Q = zušlechtěno S = pro stavbu plavidel T = na trubky W = odolné atmosférické korozi an = symboly pro další předepsané prvky, např. Cu; jestliže je to potřebné, uvedou se spolu s číslem, které udává desetinásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah prvku (zaokrouhlené na 0,1%)	Tabulky 1,2,3
		JR	KR	LR	+20		
		J0	K0	L0	0		
		J2	K2	L2	-20		
		J3	K3	L3	-30		
		J4	K4	L4	-40		
		J5	K5	L5	-50		
		J6	K6	L6	-60		
		M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice					

Příklady a porovnání značek:

S185	10 000	S355J2G3	11 503
S235JRG1	11 373	S355J0	11 523
S235JRH	11 373	S355K2G4C 0,4% C	–
S235JRG2	11 375	S355MC	–
S235JO	11 378	S355J0W	15 217
S275JR	11 443	S350GD+Z100 Zn: 0,1%	–
S275J2G3	11 448	S460Q	–

Tabulka 1 – Příklady symbolů pro zvláštní požadavky

Symbol	Význam
+C	hrubozrnná ocel
+F	jemnozrnná ocel
+H	se zvláštní prokalitelností
+Z15	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 15 %
+Z25	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 25 %
+Z35	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 35 %

POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+) a v podstatě stanoví charakteristické požadavky pro oceli. Z praktického hlediska jsou ale považovány za přídavné symboly pro ocelové výrobky.

Tabulka 2 – Příklady symbolů pro druhy povlaků

Symbol	Význam
+A	žárově pohliníkováno
+AR	plátováno hliníkem navařováním
+AS	s povlakem ze slitiny Al-Si
+AZ	povlak ze slitiny Al-Zn (Al > 50%)
+CE	elektrolyticky pochromováno (ECCS)
+CU	měděný povlak
+IC	anorganický povlak
+OC	organický povlak
+S	žárově pocínováno
+SE	elektrolyticky pocínováno
+T	pokovováno v roztavené slitině Pb-Sn
+TE	elektrolyticky pokovováno slitinou Pb-Sn
+Z	žárově pozinkováno
+ZA	povlak ze slitiny Zn-Al (Zn > 50%)
+ZE	elektrolyticky pozinkováno
+ZF	zinkový povlak nanesený difuzním žíháním
+ZN	elektrolyticky pokovováno slitinou Zn-Ni

POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+). Záměně s jinými symboly lze zabránit předřazením písmena S, např. +SA.

Tabulka 3 – Příklady symbolů pro stavy zpracování

Symbol	Význam
+A	žíhání na měkko
+AC	žíhání na globulární karbidy
+AT	rozpouštěcí žíhání
+C	zpevněno za studena (např. válcováním nebo tažením)
+Cmn	zpevněno za studena na minimální pevnost v tahu v „mn" N/mm²
+CR	válcováno za studena
+HC	válcováno za tepla a zpevněno za studena
+LC	lehce přetaženo za studena příp. převáleováno za studena
+M	termomechanické válcování
+N	normalizační žíhání nebo normalizační válcování
+Q	kalení
+QA	kalení na vzduchu
+QO	kalení v oleji
+QT	zušlechťování
+QW	kalení ve vodě
+S	zpracováno na střihatelnost za studena
+T	popouštění
+U	nezpracováno

POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+). Záměně s jinými symboly lze zabránit předřazením písmena T, např. +TA.

OCELI NA STROJNÍ SOUČÁSTI

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
E n n n	an	+ an + an .....

Základní symboly		Přídavné symboly		
		Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Vlastnosti	Skupina 1	Skupina 2	
E = oceli na strojní součásti	nnn = minimální mez kluzu (R_e) v N/mm² pro nejmenší tloušťku výrobku	G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	C = se zvláštní tvářitelností za studena	Tabulka 3

Příklady a porovnání značek:

E295	11 500
E295GC	–
E335	11 600
E360	11 700

OCELI NA POTRUBÍ

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
L n n n	an	+ an + an .....

Základní symboly		Přídavné symboly		
		Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Vlastnosti	Skupina 1	Skupina 2	
L = oceli na potrubí	nnn = minimální mez kluzu (R_e) v N/mm² pro nejmenší tloušťku výrobku	M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	a = třída požadavků, jestliže je to potřebné, následuje jedna číslice	Tabulky 1,2,3

Příklady značek: L360Na, L360Qa, L360Ma

OCELI PRO TLAKOVÉ NÁDOBY

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G P n n n	an	+ an + an .....

Základní symboly		Přídavné symboly		
		Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Vlastnosti	Skupina 1	Skupina 2	
G = ocel na odlitky (pokud je požadována) P = oceli pro tlakové nádoby	nnn = minimální mez kluzu (R_e) v N/mm² pro nejmenší tloušťku výrobku	M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno B = láhve na plyny S = jednoduché tlakové nádoby T = trubky G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	H = vysoké teploty L = nízké teploty R = normální teploty X = vysoké a nízké teploty	Tabulky 1,2,3

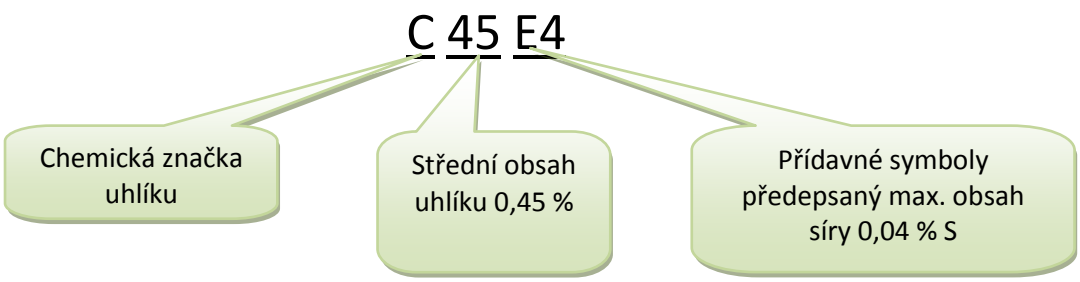
Příklady a porovnání značek: P235GH 11 368, P265GH 11 418
P295GN 13 030, P355NH –

Obr. č. 13 Doplňující údaje k označení ocelí podle použití dle EN a podle jejich chemického složení

Oceli jsou rozděleny do čtyř základních skupin:

- nelegované oceli (s výjimkou automatových ocelí) se středním obsahem manganu pod 1%,
- nelegované oceli se středním obsahem manganu 1% nelegované automatové oceli a legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) s obsahy jednotlivých legujících prvků pod 5%,
- legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) s obsahem jednoho legujícího prvku 5% ,
- rychlořezné oceli.

nelegované oceli (s výjimkou automatových ocelí) se středním obsahem manganu pod 1%

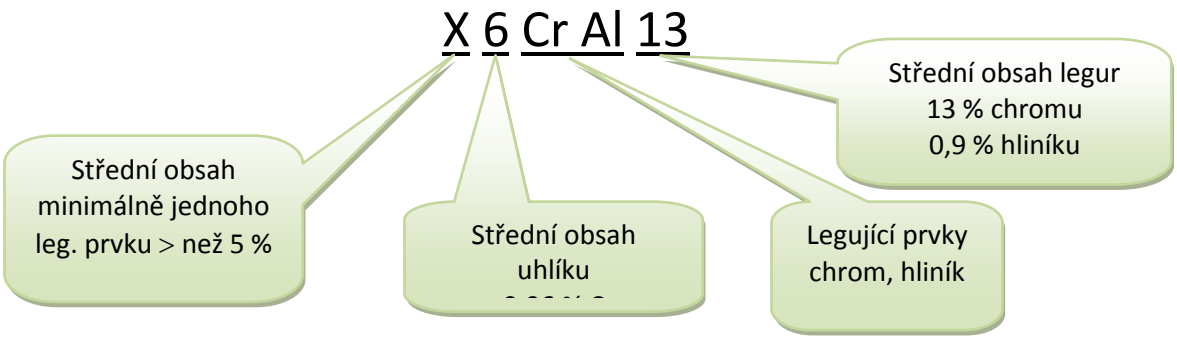


Oceli podle EN C45E4 odpovídá ocel podle ČSN 12 050, nelegovaná ocel vhodná k zušlechťování

nelegované oceli se středním obsahem manganu 1% nelegované automatové oceli a legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) s obsahy jednotlivých legujících prvků pod 5%

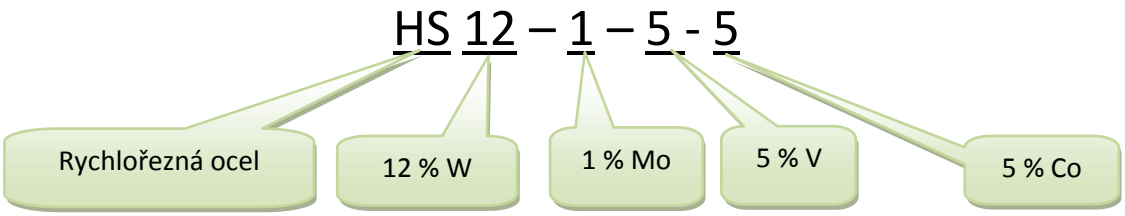
Oceli podle EN 11SMn30 odpovídá ocel podle ČSN 11 109, automatová ocel bez tepelného zpracování.
Příklad: 16MnCr5 je ocel cementační legovaná chromem se středním obsahem 0,16 % C a 1,25 % M podle ČSN 14 220.

legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) s obsahem jednoho legujícího prvku 5% rychlořezné oceli



Ocel podle EN X6CrAl13 odpovídá oceli podle ČSN 17 125, nerezavějící žáruvzdorná ocel feritická se středním obsahem uhlíku 0,06 % C, 13 % Cr, 0,9 % Al.

rychlořezné oceli



Příklad:
Ocel podle EN HS12 – 1 – 5 - 5 odpovídá oceli podle ČSN 19 858, rychlořezná ocel na řezné nástroje, se středním obsahem 12 % W, 1 % Mo, 5 % V, 5 % Co.
Ocel podle EN HS18 – 0 – 1 odpovídá oceli podle ČSN 19 824, rychlořezná ocel na řezné nástroje, se středním obsahem 18 % W, 0 % Mo, 1 % V.

Nelegované oceli (s výjimkou automatových ocelí) se středním obsahem manganu pod 1%

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G C n n n	an	+ an + an ..... [2])

Základní symboly		Přídavné symboly		
		Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Obsah uhlíku [3])	Skupina 1 [4]) [5])	Skupina 2	
G = ocel na odlitky (pokud je požadována) C = uhlík	nnn = stonásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah uhlíku; pokud rozsah obsahu uhlíku není uveden, uvede se reprezentativní hodnota	E = předepsaný maximální obsah síry R = předepsaný rozsah pro obsah síry D = pro tažený drát C = pro tváření za studena (pěchování a protlačování) S = pro pružiny U = nástrojové W = pro svařovací dráty G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	an = symboly pro další předepsané prvky, např. Cu, jestliže je to potřebné, uvedou se spolu s číslem, které udává desetinásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah prvku (zaokrouhleno na 0,1 %)	Tabulka 3

[2]) n = číslice; a = písmeno; an = alfanumerický znak
[3]) Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo pro obsah uhlíku zvýšeno o jednu jednotku.
[4]) Pro rozlišení mezi dvěma druhy ocelí příslušné normy na výrobky se za přídavné symboly skupiny 1, s výjimkou symbolů E a R, připojí jedna nebo dvě číslice.
[5]) Za symboly E a R skupiny se může připojit jedna číslice, která udává stonásobek maximálního příp. středního obsahu síry, zaokrouhleného na 0,01 %.

Příklady a porovnání značek:

C10E	12 010
C16E	12 020
C15E	12 023
C25	12 030
C30	12 031 (S~max. 0,045)
C30E	12 031 (S = 0,035 %)
C30R	12 031 (S = 0,020 ÷ 0,040)
C55	12 060

Nelegované oceli se středním obsahem manganu ≥ 1%, nelegované automatové oceli a legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) se středními obsahy jednotlivých legujících prvků pod 5 %

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G n n n a.. n-n..		+ an + an ..... [2])

Základní symboly			Přídavné symboly		
			Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Obsah uhlíku [3])	Legující prvky	Skupina 1	Skupina 2	
G = ocel na odlitky (pokud je požadována)	nnn = stonásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah uhlíku; pokud rozsah obsahu uhlíku není uveden, uvede se reprezentativní hodnota	a = chemické značky legujících prvků charakterizujících ocel, následují n-n = čísla, oddělená spojovací čárkou, která odpovídají střednímu obsahu příslušného prvku vynásobenému následujícím koeficientem			Tabulky 1,3

Prvek	Koeficient
Cr, Co, Mn, Ni, W	4
Al, Be, Cu, Mo,Nb, Pb, Ta,Ti,V,Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

[2]) n = číslice; a = písmeno; an = alfanumerický znak
[3]) Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo pro obsah uhlíku zvýšeného o jednu jednotku.

Příklady a porovnání značek:

11SMn30	11 109	25CrMo4	15 130
28Mn6	13 141	10CrMo9-10	15 313
16MnCrS5	14 220	34CrNiMo6	16 343
16Mo3	15 020		

Legované oceli (kromě rychlořezných ocelí) s obsahem minimálně jednoho legujícího prvku ≥ 5 %

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G X n n n a.. n-n..		+ an + an ..... [2])

Základní symboly			Přídavné symboly		
			Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Obsah uhlíku [3])	Legující prvky	Skupina 1	Skupina 2	
G = ocel na odlitky (pokud je požadována) X = střední obsah minimálně jednoho legujícího prvku ≥ 5	nnn = stonásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah uhlíku; pokud rozsah obsahu uhlíku není uveden, uvede se reprezentativní hodnota	a = chemické značky legujících prvků charakterizujících ocel, následují n-n = čísla, oddělená spojovací čárkou, která odpovídají střednímu obsahu příslušného prvku zaokrouhleného na nejbližší vyšší číslo			Tabulky 1,3

[2]) n = číslice; a = písmeno; an = alfanumerický znak
[3]) Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo pro obsah uhlíku zvýšeného o jednu jednotku.

Příklady a porovnání značek:

X6Cr13	17 020	X5CrNiMo17-12-2	17 346
X5CrNi18-10	17 240	X6CrNiMoTi17-12-2	17 348
X6CrNiTi18-10	17 246	X12CrMnNi18-9-5	17 460

Tabulka 1 – Příklady symbolů pro zvláštní požadavky

Symbol	Význam
+C	hrubozrnná ocel
+F	jemnozrnná ocel
+H	se zvláštní prokalitelností
+Z15	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 15 %
+Z25	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 25 %
+Z35	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 35 %

POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+) a v podstatě stanoví charakteristické požadavky pro oceli. Z praktického hlediska jsou ale považovány za přídavné symboly pro ocelové výrobky.

Rychlořezné oceli

Základní symboly	Přídavné symboly pro oceli	Přídavné symboly pro ocelové výrobky
H S n-n..		+ an + an ..... [2])

Základní symboly		Přídavné symboly		
		Pro oceli		Pro ocelové výrobky
Písmeno	Obsahy legujících prvků	Skupina 1	Skupina 2	
HS = rychlořezná ocel	n-n = čísla, oddělená spojovací čárkou, která udávají obsah legujících prvků v následujícím pořadí: - wolfram (w), - molybden (Mo), - vanad (V), - kobalt (Co)			Tabulky 3

[2]) n = číslice; a = písmeno; an = alfanumerický znak

Příklad značky:
HS2-9-1-8

Tabulka 3 – Příklady symbolů pro stavy zpracování

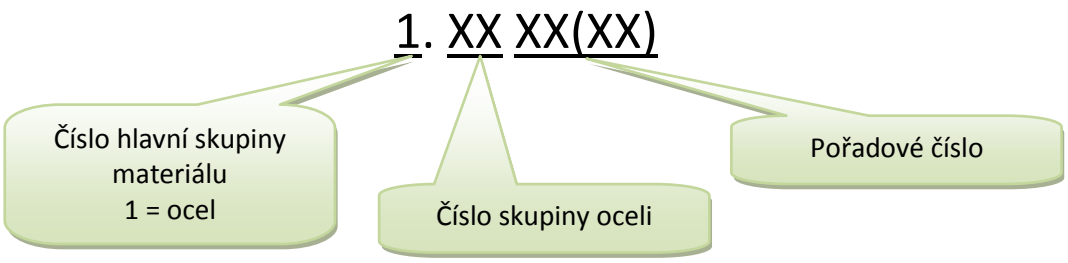
Symbol	Význam
+A	žíhání na měkko
+AC	žíhání na globulární karbidy
+AT	rozpouštěcí žíhání
+C	zpevněno za studena (např. válcováním nebo tažením)
+Cnnn	zpevněno za studena na minimální pevnost v tahu v „nnn" N/mm²
+CR	válcováno za studena
+HC	válcováno za tepla a zpevněno za studena
+LC	lehce přetaženo za studena příp. převáleováno za studena
+M	termomechanické válcování
+N	normalizační žíhání nebo normalizační válcování
+Q	kalení
+QA	kalení na vzduchu
+QO	kalení v oleji
+QT	zušlechťování
+QW	kalení ve vodě
+S	zpracováno na střihatelnost za studena
+T	popouštění
+U	nezpracováno

POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+). Záměně s jinými symboly lze zabránit předřazením písmena T, např. +TA

Obr. č. 14 Doplňující údaje k označení ocelí podle EN dle chemického složení

Podle číselného označování oceli:

Jednotlivé oceli jsou označovány čísly, která doplňují označení oceli podle chemického složení, na technických výkresech se udávají současně obě značení.



Označení oceli podle EN 35S20, 1. 0726 odpovídá ocel podle ČSN 11 140, je to automatová ocel k zušlechťování se středním obsahem uhlíku 0,35 % C, obsahem síry 0,20 % S.
Označení oceli podle EN 13CrMo4 -5, 1. 7335 odpovídá ocel podle ČSN 15 121, je to legovaná ocel pro vyšší teploty na ploché výrobky pro tlakové nádoby se středním obsahem uhlíku 0,13 % C, 1 % Cr a 0,5 % Mo.

Oceli nelegované					Oceli legované								
Oceli obvyklých jakostí		Oceli jakostní		Oceli ušlechtilé	Oceli jakostní		Oceli ušlechtilé						
							nástrojové oceli	různé oceli	chemicky odolné oceli	konstrukční oceli, oceli na strojní součásti a na tlakové nádoby			
00 oceli obvyklých jakostí	90			10 oceli se zvláštními fyzikálními vlastnostmi			20 Cr	30	40 korozivzdorné oceli s <2,5 % Ni bez Mo, Nb a Ti	50 Mn, Si, Cu	60 Cr-Ni s ≧ 2,0 < < 3 % Cr	70 Cr Cr-B	80 Cr-Si-Mn Cr-Si-Mn-Mo Cr-Si-Mo-V Cr-Si-Mn-Mo-V
		01 konstrukční oceli pro všeobecné použití s R_m < 500 N/mm²	91	11 konstrukční, oceli na strojní součásti s < 0,50 % C			21 Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-Si	31	41 korozivzdorné oceli s <2,5 % Ni s Mo, bez Nb a Ti	51 Mn-Si Mn-Cr	61	71 Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-B Cr-Si-Mn	81 Cr-Si-V Cr-Mn-V Cr-Si-Mn-V
		02 ostatní konstrukční oceli neurčené pro tepelné zpracování s R_m < 500 N/mm²	92	12 oceli na strojní součásti s ≧ 0,50 % C			22 Cr-V Cr-V-Si Cr-V-Mn Cr-V-Mn-Si	32 rychlořezné oceli s Co	42	52 Mn-Cu Mn-V Si-V Mn-Si-V	62 Ni-Si Ni-Mn Ni-Cu	72 Cr-Mo s < 0,35 % Mo Cr-Mo-B	82 Cr-Mo-W Cr-Mo-W-V
		03 oceli s průměrným % C < 0,12 nebo R_m < 400 N/mm²	93	13 konstrukční oceli, oceli na strojní součásti, tlakové nádoby a oceli se zvláštními požadavky			23 Cr-Mo Cr-Mo-V Mo-V	33 rychlořezné oceli bez Co	43 korozivzdorné oeli s ≧2,5 % Ni bez Mo, Nb a Ti	53 Mn-Ti Si-Ti	63 Ni-Mo Ni-Mo-Mn Ni-Mo-Cu Ni-Mo-V Ni-Mn-V	73 Cr-Mo s ≧ 0,35 % Mo	83
		04 oceli s průměrným % C ≧ 0,12 < 0,25 nebo R_m ≧ 400 < 500 N/mm²	94	14			24 W Cr-W	34	44 korozivzdorné oceli s ≧2,5 % Ni s Mo, bez Nb a Ti	54 Mo, Nb, Ti, V, W	64	74	84 Cr-Si-Ti Cr-Mn-Ti Cr-Si-Mn-Ti

Obr. č. 15 Doplňující údaje k označení oceli podle EN, podle číselného značení část 1

Oceli nelegované					Oceli legované								
Oceli obvyklých jakostí		Oceli jakostní		Oceli ušlechtilé	Oceli jakostní		Oceli ušlechtilé						
							nástrojové oceli	různé oceli	chemicky odolné oceli	konstrukční oceli, oceli na strojní součásti a na tlakové nádoby			
		05 / 95 oceli s průměrným % C ≧ 0,25 < 0,55 nebo R_m ≧ 500 < < 700 N/mm²		15 nástrojové oceli			25 W-V Cr-W-V	35 oceli na valivá ložiska	45 korozivzdorné oceli se zvláštními přísadami	55 B Mn-B s < 1,65 Mn	65 Cr-Ni-Mo s < 0,4 % Mo + + < 2,0 % Ni	75 Cr-V s < 2,0 % Cr	85 oceli k nitridování
		06 / 96 oceli s průměrným % C ≧ 0,55 nebo R_m ≧ 700 N/mm²		16 nástrojové oceli			26 W kromě tříd 24, 25 a 27	36 materiály se zvláštními magnetickými vlastnostmi bez Co	46 chemicky odolné a žáropevné slitiny Ni	56 Ni	66 Cr-Ni-Mo s < 0,4 % Mo + + ≧ 2,0 < < 3,5 % Ni	76 Cr-V s > 2,0 % Cr	86
		07 / 97 oceli s vyšším obsahem P nebo S		17 nástrojové oceli			27 s Ni	37 materiály se zvláštními magnetickými vlastnostmi s Co	47 žáruvzdorné oceli s < 2,5 % Ni	57 Cr-Ni s < 1,0 % Cr	67 Cr-Ni-Mo s < 0,4 % Mo + + ≧ 3,5 < 5,0 % Ni nebo ≧ 0,4 % Mo	77 Cr-Mo-V	87 oceli neurčené pro tepelné zpracování u odběratele
				18 nástrojové oceli	08 / 98 oceli se zvláštními fyzikálními vlastnostmi		28 ostatní	38 materiály se zvláštními fyzikálními vlastnostmi bez Ni	48 žáruvzdorné oceli s ≧ 2,5 % Ni	58 Cr-Ni s ≧ 1,0 < < 1,5 % Cr	68 Cr-Ni-V Cr-Ni-W Cr-Ni-V-W	78	88 vysocepevné svařitelné oceli
				19	09 / 99 oceli pro různé oblasti použití		29	39 materiály se zvláštními fyzikálními vlastnostmi s Ni	49 vysoce žáropevné materiály	59 Cr-Ni s ≧ 1,5 < < 2,0 % Cr	69 Cr-Ni kromě tříd 57 až 68	79 Cr-Mn-Mo Cr-Mn-Mo-V	89 vysocepevné svařitelné oceli

[1]) Rozdělení skupin ocelí je v souladu s rozdělením ocelí podle EN 10020.
[2]) V polích tabulky jsou obsaženy následující údaje:
a) číslo skupiny ocelí (vždy vlevo nahoře);
b) charakteristické vlastnosti skupiny ocelí shrnuté pod příslušným číslem;
c) pevnost v tahu R_m.

Obr. č. 16 Doplňující údaje k označení oceli podle EN, podle číselného značení část 2

9.5 Svařitelnost ocelí s ohledem na obsah uhlíku a tloušťku základního materiálu

Svařitelnost je schopnost materiálu vytvořit svar požadovaných vlastností za dodržení určitých podmínek. Na svařitelnost má největší vliv obsah uhlíku. Platí základní pravidlo „oceli dobře svařitelné nejsou kalitelné a naopak“.
Oceli dále obsahují další prvky, které jejich vlastnosti ovlivňují. Prvky, které vlastnosti oceli zlepšují, se nazývají legury (Mn, Ni, Cr, Mo). Prvky, které např. svařitelnost zhoršují, se nazývají nečistoty (P, S, O, N).
Nelegované oceli uhlíkové tř. 10, 11, 12 z hlediska svařitelnosti můžeme rozdělit do tří skupin:

- od 0 % C až do 0,25 % C svařujeme bez předehřevu,
- od 0,22 % C až do 0,33 % C vyžadují oceli tepelné zpracování, např. předehřev na 150 až 300 °C a po svaření dohřev, nebo žíhání na odstranění vnitřního pnutí při teplotách 600 až 650 °C po dobu 1 minuty na 1 mm tloušťky materiálu, dále lze použít žíhání normalizační při teplotě asi 900°C po dobu 2 minut na 1 mm tloušťky materiálu,
- od 0,33 % C do 0,83 % C, tyto oceli se běžnými způsoby svařují obtížně a vyžadují speciální postupy,

- nad 0,83 % C jsou nelegované oceli nesvařitelné.

Svařitelnost velmi ovlivňuje tloušťka svařovaného materiálu, oceli o tloušťce větší než 25 mm zařazujeme do skupiny oceli s obsahem uhlíku od 0,22 % C až do 0,33 % C.
U nízkolegovaných ocelí mají vliv na svařitelnost kromě obsahu uhlíku i legující prvky (Cr, Mo, V, Ni).

9.6 Stupně svařitelnosti

Svařitelnost podle ČSN 0501310 rozdělujeme do čtyř stupňů:

- zaručená, která zaručuje vyhovující jakost spoje,
- zaručeně podmíněná, vyhovující jakosti spoje se dosáhne při dodržení předem určených podmínek,
- dobrá, dosáhneme vyhovující jakost spoje, ale výrobce nezaručuje svařitelnost, zvláštní opatření jsou nutná jen u některých ocelí,
- obtížná, obvykle nedosáhneme vyhovující jakost spoje ani při zvláštních opatřeních.

9.7 Určení obsahu uhlíku u jednotlivých tříd ocelí

- u ocelí tř. 12 určíme obsah uhlíku ze čtvrté číslice,
- u ocelí tř. 11 určíme z druhého dvojčíslí mez pevnost v tahu, když pevnost stoupá, přímo úměrně roste i obsah uhlíku, pevnost 450 MPa odpovídá obsahu uhlíku 0,22 % C,
- pokud ocel obsahuje legury, určujeme svařitelnost podle ekvivalentního obsahu uhlíku, který určíme podle vzorce.

$$\underline{Ce} = \underline{C} + \underbrace{\frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}} + 0{,}0024\underline{t}\ [\%]$$

Ekvivalentní obsah uhlíku v %

Skutečný obsah uhlíku v dané oceli v %

Skutečné obsahy prvků v dané oceli v %

Tloušťka základního materiálu [mm]

Ekvivalentní obsah uhlíku Ce < 0,5 % by neměl překročit 0,5 %, jinak musíme navrhnout zvláštní opatření např. předehřev nebo dohřev. Uvedený vzorec platí pro oceli tř. 10 až 16. Obsah uhlíku u nelegovaných ocelí nesmí překročit 0,22 %.

V praxi lze určit svařitelnost oceli broušením, rozhodující je tvar a barva jisker. Delší jiskry oranžové nebo červené určují materiál svařitelný. Jiskry malé a kulaté barvy jasně žluté, prskající určují materiál obtížně svařitelný, až nesvařitelný.

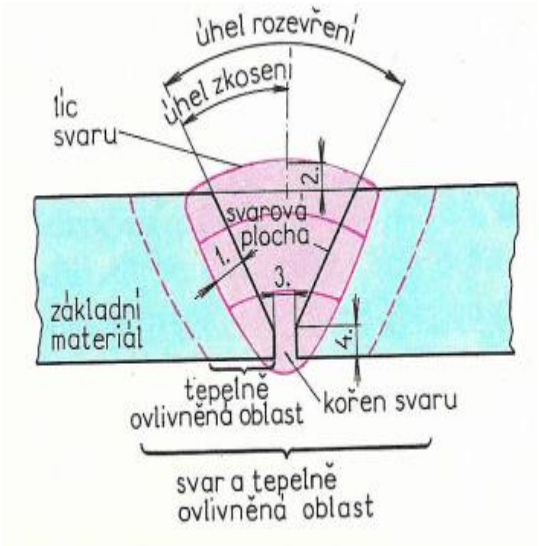
9.8 Tepelné zpracování oceli

Vlastnosti materiálů jsou dány chemickým složením a strukturou. Tepelným zpracováním lze tyto vlastnosti i strukturu změnit. Pro svary, svařence a svařované materiály se používají nejčastěji tyto dva způsoby tepelného zpracování: žíhání na odstranění vnitřního pnutí a normalizační žíhání.

- Žíhání na odstranění vnitřního pnutí: účelem je snížit nebo odstranit vnitřní pnutí v oceli způsobené předchozím zpracováním, provádí se ohřev na teplotu 500°C až 650°C, výdrž 1 až 10 hodin a ochlazování na vzduchu popř. v peci.
- Normalizační žíhání: účelem je odstranění hrubé struktury a pnutí v oceli, provádí se ohřevem na teplotu 30°C až 50°C nad čarou A3 (930°C až 950°C), výdrž 1 až 4 h a ochlazení na vzduchu.

9.9 Tepelně ovlivněná oblast při svařování a závar

Svar vzniká natavením základního materiálu a roztavením přídavného materiálu, při kterém vzniká tzv. tavná lázeň a po ztuhnutí vytvoří pevný nerozebíratelný spoj. Závar je část základního materiálu, který je nataven do určité hloubky.
Tepelně ovlivněná oblast se nachází za hranicí závaru, která nebyla roztavená, ale její vlastnosti a struktura se při svařování mění.



Obr. č. 17: Základní pojmy svaru: 1 – závar, 2 – převýšení, 3 – kořenová mezera, 4 – výška otupení

10 Přídavné materiály pro svařování elektrickým obloukem v aktivním plynu MAG (Metall – Aktiv – Gas)

10.1 Popis metody

Pro vytvoření svarového spoje je kromě základního materiálu zapotřebí přídavného materiálu (elektrody, dráty, tyčinky, tavidla).
Metoda MAG je nazývána obloukovým svařováním v ochranném plynu. Při svařování se elektroda taví a je chráněná aktivním plynem CO_2 nebo směsným plynem. Svařování metodou MAG se používá pro spojování ocelí uhlíkových (nelegovaných) a nízkolegovaných.

10.2 Přídavné materiály

Pro metodu MAG jsou určeny přídavné materiály ve formě drátu (elektrody) nebo plněného drátu (trubiček).
Drátové elektrody jsou navinuté na cívkách o hmotnosti 5 kg, 6 kg, 10 kg, 12 kg, 16 kg, 18 kg, 25 kg, 30 kg pro ruční svařování a ve velkoobjemovém balení 250 kg pro robotizovaná pracoviště. Jsou vyráběny v průměrech 0,6 mm; 0,8 mm; 1,0 mm; 1,2 mm; 1,6 mm; 2,0 mm a 2,4 mm. Nejvíce používané jsou průměry 0,8 mm až 1,6 mm. Každá cívka je opatřena štítkem výrobce se základními údaji. Při manipulaci, přepravě a skladování je drát chráněn proti korozi měděným povlakem a dále je zataven polyetylénovou folií.

Obr. č. 18 Velkoobjemové balení přídavného drátu ve firmě Porgest

Obr. č. 19 Svařovací zařízení s cívkou pro přídavný drát ve firmě Porgest

Plněné dráty jsou rozděleny do dvou základních skupin:

- bezešvé plněné dráty,
- tvarově uzavřené plněné dráty.

Bezešvé plněné dráty jsou nekonečnými trubičkami s kalibrovaným průměrem, polotovarem je pás svařený vysokofrekvenčním svařováním. Plášť je vyroben z nízkouhlíkové oceli a náplň je tvořená bazickými, kyselými, rutilovými nebo fluoridovými struskotvornými přísadami. Dále jsou v náplni obsaženy legující dezoxidační a ionizující přísady. Je možné plnit trubičky kovem se stabilizační přísadou. Z hlediska použití jsou trubičky se struskotvornými přísadami vhodné pro vedení hořáku směrem vzad a trubičky s kovem pro směr vpřed.
Předností pro použití plněných drátů jsou dostatečné natavení svarových ploch, dobrá smáčivost, hladký povrch, bez rozstřikový kapkový přenos, možnost přidání legur, zamezení vzniku trhlin, dobré mechanické vlastnosti a možnost svařování v různých polohách.

10.3 Značení přídavných materiálů

Značení přídavných materiálů lze provádět dvěma způsoby, které jsou vzájemně odlišné. Oba způsoby musí být na každém balení uvedeny výrobcem, který má vlastní obchodní značení (ESAB Vamberk s.r.o.) a podle ČSN EN ISO 14341 pro nelegované a jemnozrnné oceli.

Dráty pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí tavící se elektrodou v ochranném plynu a jejich svarové kovy ČSN EN 440

G 46 3 M G3Si1

Svařování v ochranném plynu

Chemické složení drátu

Ochranný plyn
M směsný plyn
C CO_2

Pevnostní vlastnosti a tažnost svarového kovu

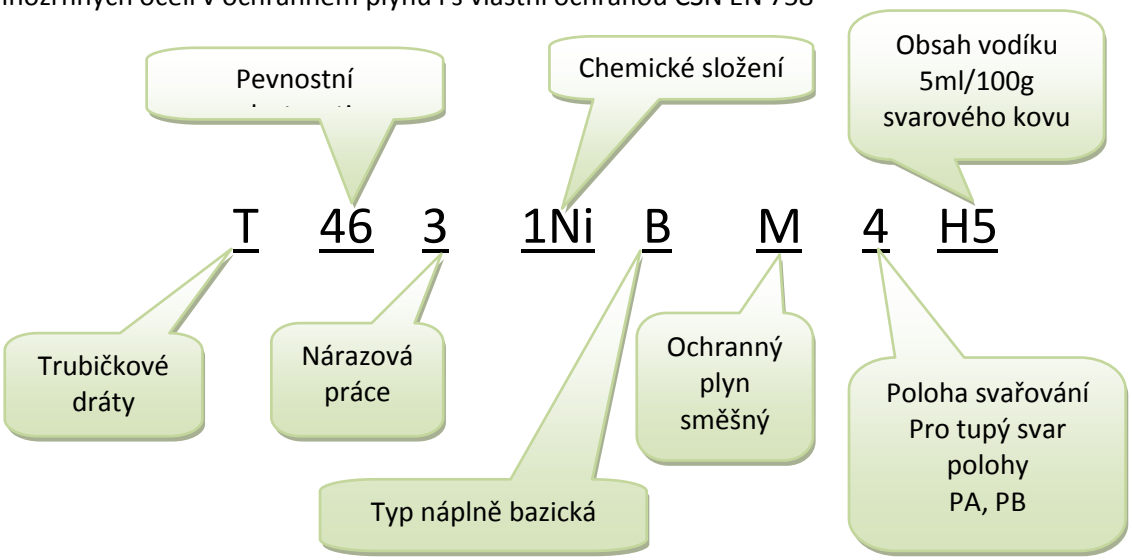
Označení	Mez kluzu min.[MPa]	Pevnost v tahu [MPa]	Tažnost min.[%]
35	355	440 - 570	22
38	380	470 - 600	20
42	420	500 - 640	20
46	460	530 - 680	20
50	500	500 - 720	18

Nárazová práce svarového kovu

Označení	Teplota °C nárazové práce min 47J
Z	nepožaduje se
A	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

K označení l **G3Si l**ze dodat, že podrobný chemický rozbor a procentuální zastoupení chemických prvků C, Si, Mn, P, S, Ni, Mo, Al, Ti + Zr je uvedeno v normách v %.
Označení podle ČSN EN 440 **G 46 3 M G3Si** odpovídá označení podle výrobce EASB Vamberk
OK AUTROD 12,51.

Trubičkové svařovací dráty (plněné elektrody) pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí v ochranném plynu i s vlastní ochranou ČSN EN 758



Podrobné vysvětlení je uvedeno v příslušné normě, kde jsou uvedeny i ostatní typy náplně.

10.4 Ochranné plyny

Ochranné plyny se používají jako ochranná atmosféra při svařování elektrickým obloukem. Chrání svar před vlivem okolní atmosféry. Vzduch v důsledku působení kyslíku a dusíku způsobuje oxidaci a tím se zhoršují mechanické vlastnosti svaru.
Plyny používané při svařování ovlivňují:

- přenos tepelné energie,
- stabilitu elektrického oblouku,
- hloubku závaru,
- rychlost svařování,
- množství rozstřiku.

Pro metodu MAG se používají tyto plyny:

- oxid uhličitý CO_2,
- směsné plyny, základem je argon, Ar + CO_2, Ar + O_2, Ar + CO_2 + O_2, Ar + He + CO_2 + O_2.

11 Základy elektrotechniky

Pro lepší pochopení vzniku elektrického oblouku je důležité si vysvětlit základní pojmy a veličiny elektrotechniky.

11.1 Elektrostatika

Elektrický náboj **Q** [C] 1 coulomb

Je základním prvkem stavby atomu. Elektrický náboj vytváří v okolí elektrostatické pole, je tvořeno silami, které působí na elektrický náboj. Je záporný nebo kladný a liší se smyslem síly. Velikost sil je dána Coulombovým zákonem

$$F = Q_1 \cdot Q_2 / 4 \pi \varepsilon \cdot r^2 \quad [N]$$

Elektrická síla — Bodový náboj 1,2 — Vzdálenost mezi náboji — Permitivita izolantu (dielektrika)

Intenzita elektrického pole **E** [N C^{-1}]
Je to vektor, který udává velikost silového působení v určitém bodě elektrického pole.

$$E = \frac{F}{Q} \quad [V\, m^{-1}];\ [N\, C^{-1}]$$

Potenciál elektrického pole **φ** [V]
Je to podíl práce, kterou musíme vykonat při přenesení bodového náboje z místa o nulovém potenciálu do daného místa a velikosti daného náboje.

Práce

$$\varphi = \frac{A}{Q} \quad [J.C^{-1}];\ [V]$$

Náboj

Kapacita **C** [F] 1 Farad
Vyjadřuje, jak se mění potenciál v závislosti na přijatém náboji.

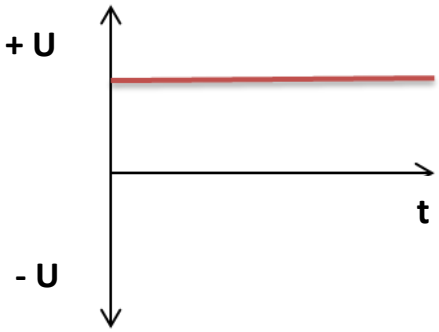
$$C = Q/\varphi = Q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{Q}{U} \quad [F]$$

11.2 Elektrický proud I [A] 1 ampér

Je tok elektricky nabitých částic vodičem. Těmito částicemi jsou záporně nabité elektrony nebo neúplné atomy, tzv. kladné nebo záporné ionty. Pro svařování jsou důležité tři druhy elektrického proudu:

- stejnosměrný,
- střídavý,
- usměrněný.

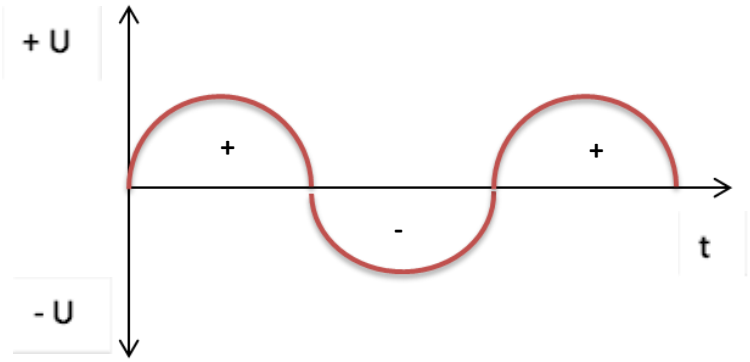
Stejnosměrný elektrický proud DC:
Elektrony tečou stále jedním směrem, nemění polaritu, jeho napětí je stálé a kladné. Je nejčastěji používán v automobilech a v elektronice. Elektrický proud vytváří pole, kde platí Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony. V jeho okolí vzniká magnetické pole a jeho průtokem vodivým prostředím teplo, které je vyjádřeno Joulovým zákonem.



Obr. č. 20 Průběh stejnosměrného proudu

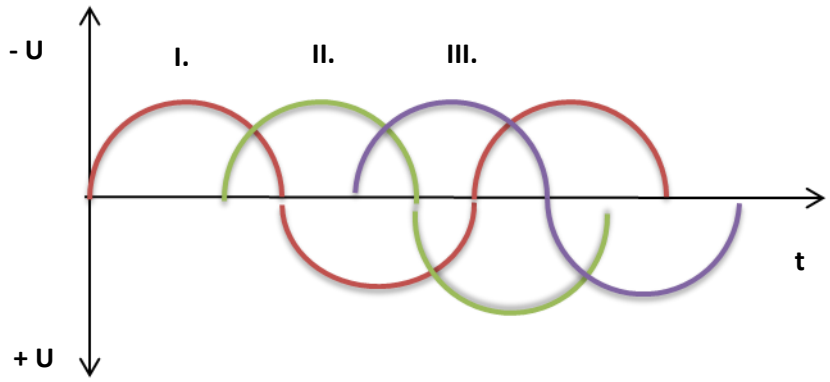
Střídavý elektrický proud AC:
Jeho směr se periodicky střídá, mění polaritu při určité frekvenci. Lze jej rozdělit na jednofázový a třífázový. Jednofázový je nejčastěji používán v rozvodech v domácnosti a v napájení drobné elektroniky. Třífázový je používán ve výrobě, v trakcích, v průmyslu.

- Jednofázový: otáčíme-li vodičem (cívkou) v magnetickém poli, vytváří se na svorkách napětí, jehož velikost a polarita se mění podle rychlosti otáčení z kladné na zápornou. Při změně polarity se mění směr toku proudu. V rozvodné síti vzniká kmitočet 50 Hz (hertzů).



Obr. č. 21 Průběh střídavého proudu

- Třífázový: do magnetického pole vložíme tři stejné elektrické vodiče, které jsou navzájem pootočeny o 120°, a při jejich otáčení dostaneme na svorkách jejich závitů napětí třífázové soustavy. Jsou to tři jednofázové proudy o stejné frekvenci, časově proti sobě posunuty o jednu třetinu periody. K těmto třem fázím se přidává nulový vodič. Pro jejich využití je zapojujeme do hvězdy nebo trojúhelníka.



Obr. č. 22 Průběh třífázového střídavého proudu

Usměrněný elektrický proud:
Je to proud tepavý, který vzniká usměrněním proudu střídavého, za transformátor se vloží usměrňovač. Usměrněný proud teče stále jedním směrem, i když na rozdíl od stejnosměrného jeho napětí pravidelně kolísá. Je stále kladné a v žádném okamžiku nemá nulovou hodnotu.

11.3 Elektrický obvod

Je tvořen spojením několika elektrických prvků, jako jsou odpory, kondenzátory, cívky, tranzistory, diody a spínače. Tyto prvky vytváří vodivou cestu a splňují funkce, které jsou od obvodu požadovány. Základními částmi obvodu jsou zdroj elektrického proudu, vypínač a spotřebič. Zdrojem je každé zařízení, mezi jehož dvěma póly je udržováno napětí. Elektrický spotřebič je částí elektrického obvodu, ve kterém se elektrická energie přeměňuje na jinou energii. Jednoduchým obvodem může být svařovací obvod, který je tvořen zdrojem, vodiči.

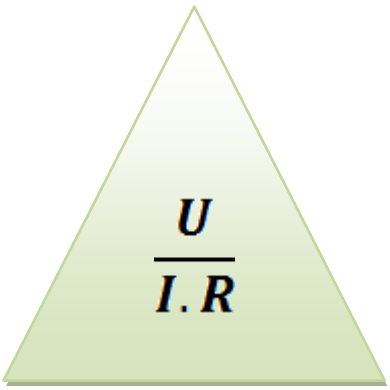
11.4 Ohmův zákon

Platí v uzavřeném elektrickém obvodu. Vyjadřuje závislost mezi základními elektrickými veličinami, a to napětím **U** [V], proudem **I** [A] a odporem **R [Ω].** V elektrickém okruhu dodává potřebný tlak svářečka a tomuto tlaku říkáme napětí. Působením napětí se elektrony začnou pohybovat a vznikne proud. Vodič klade procházejícímu proudu odpor.

$$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

$$U = I \cdot R \quad [V]$$

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$



Obr. č. 23 Pomocný trojúhelník k určení vztahu pro Ohmův zákon.

11.5 Elektromagnetismus

Magnetické pole působí tam, kde dochází k pohybu elektrických nábojů. Je určeno silou, kterou magnetické pole působí na jiné pohybující se elektrické náboje. Magnetické pole je definováno:

- intenzitou magnetického pole **H**,
- magnetickou indukcí **B**.

11.6 Elektrický oblouk

Elektrický oblouk využitelný pro svařování lze definovat jako nízkonapěťový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří ve vodivém prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří, pokud je napětí dostatečné pro ionizaci daného prostředí a proudu, který udržuje plazma oblouku v ionizovaném stavu.

Oblouk je charakterizován těmito znaky:

- 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 neviditelného infračerveného a ultrafialového záření.

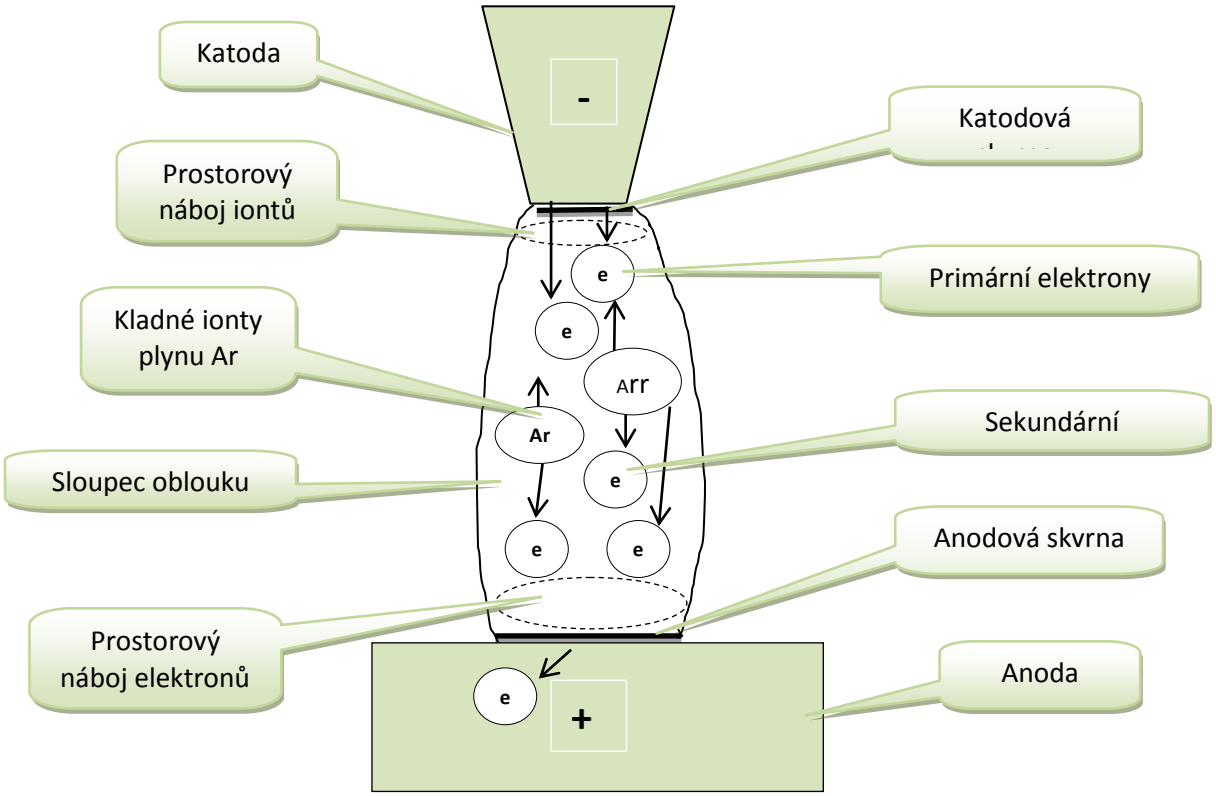
Zapálení oblouku:
Probíhá při napětí na prázdno, jehož velikost je 60 – 70 V a závisí na materiálu elektrod a ionizační schopnosti plynného prostředí. Většinou se používají hodnoty napětí U = 10 – 50 V a svařovacího proudu I = 10 – 2000 A.

Způsoby zapálení oblouku:

- Krátkodobým dotykem elektrody a základního materiálu. Místo dotyku se ohřeje elektrickým odporem při zkratovém proudu za vysoké teploty a dojde k termoemisi elektronů, které ionizují plynné prostředí a vytvoří se podmínky pro vedení proudu. Po oddálení elektrody se zvýší odtavení a odpaření části kovu pro vznik stabilního oblouku. Používá se pro ruční elektrické svařování, automatické pod tavidlem a MIG, MAG.
- Vysokonapěťovým vysokofrekvenčním ionizátorem se zapálí elektrická jiskra, která ionizuje plynné prostředí výbojem a následným zapálením oblouku. Ionizace je způsobená termoemisí elektronů z katodové skvrny na elektrodě. Používá se pro svařování MIG.
- Dotykovým zapalováním, tzv. startovacím proudem, což je umožněno soudobým řízením a kontrolou svařovacích parametrů. Používá se při svařování metodou WIG.

Části oblouku:
Nejlépe je lze vysvětlit na stejnosměrném oblouku, který hoří mezi wolframovou elektrodou a základním materiálem v ochranné atmosféře argonu, protože oblouk hoří stabilně.

- **Katodová skvrna** je ostře ohraničená oblast, elektrony v ní získávají kinetickou energii, ionizují neutrální atomy na kladné ionty. Skvrna je stabilní a přemisťuje se po povrchu katody v závislosti na teplotě, proudu a geometrii katody. Teplota katodové skvrny je 2 400 °C – 3 000 °C, proudová hustota je 1 000 – 1 500 A mm^{-2}.
- **Sloupec oblouku** je oblast disociovaného a ionizovaného plynu mezi elektrodami, která zářivě svítí, má formu plazmy a dosahuje vysokých teplot. Velikost teploty závisí na intenzitě proudu a hodnotě napětí na plynném prostředí oblouku. Vhodné ionty jsou přitahovány elektrostatickým polem ke katodě a záporné ionty jsou přitahovány k anodě. Ve sloupci oblouku vedou elektrický proud elektrony, které se pohybují velkou rychlostí a mají malou hmotnost. Maximální teplota je ve středu oblouku a směrem k okraji klesá. Těsně pod katodovou skvrnou u metody svařování MAG je v rozmezí 8 000 až 15 000 °C. Změna napětí na sloupci oblouku je závislá na jeho délce. Čím je vzdálenost větší, tím vetší je napětí asi 2 V na 1 mm délky oblouku, aby se udrželo hoření oblouku.
- **Anodová skvrna** odvádí dopadající záporné částice, kde se jejich kinetická energie mění na tepelnou a částečně na elektromagnetické záření. Teplota anodové skvrny se pohybuje v rozmezí 2 700 až 3 600 °C, dosahuje teploty varu svařovaných materiálů. Atomy odpařené z anody vstupují do plazmatu a jsou ionizovány.



Obr. č. 24 Části elektrického oblouku

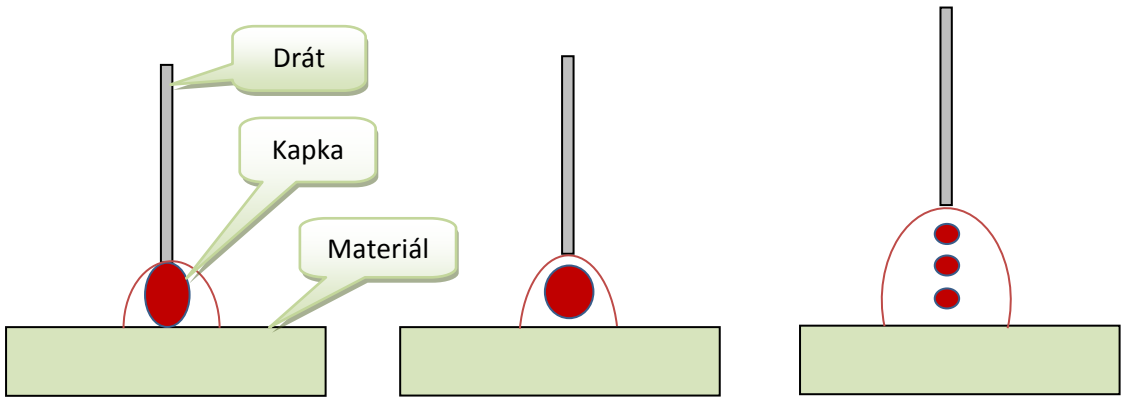
Tepelné a mechanické účinky oblouku:
Svařování elektrickým obloukem je často používané, protože je oblouk intenzivní zdroj tepla. Je koncentrován na malou plochu a účinnost přenosu tepla do svaru je dobrá. Úpravou jednotlivých parametrů svařování lze měnit tepelné a mechanické účinky oblouku, rozměry svarové lázně, tepelné ovlivnění základního materiálu, napětí a pnutí ve svaru.
Základním požadavkem je získání hlubokého závaru. Největší vliv má tlak proudu plazmatu. Je vyvolán vysokou rychlostí proudění až 100 ms^{-1}, dále závisí na ochranném plynu a jeho hustotě.

11.7 Přenos svarového kovu elektrickým obloukem

Přenos kovu je závislý na velikosti svařovacích parametrů, na ochranném plynu, na svařovaném materiálu, na poloze svařování a polaritě. U metody MAG se nejčastěji používá zkratový přenos. U metody MIG lze použít zkratový, impulsní a sprchový.

Způsoby přenosu:

- **Zkratový** je vhodný pro metody MIG, MAG pro tenké plechy. Je nejpoužívanější, nevýhodou je velký rozstřik kovu. Velikost napětí je 14 až 23 V. Přenos lze provádět krátkým obloukem, zrychleným zkratovým přenosem.
- **Impulsní** je vhodný pro metodu MAG pro silnější plechy, v ochranné atmosféře směsných plynů. Velikost napětí je 24 až 35 V. Přenos lze provádět dlouhým obloukem velkými kapkami, umožňuje vysoký výkon odtavení při nižším vnesném teplu.
- **Sprchový** je vhodný pro metodu MIG, nelze použít pro metodu MAG. Velikost napětí je 30 až 40 V. Přenos lze provádět formou malých kapek, s vysokou proudovou hustotou a tepelným příkonem.



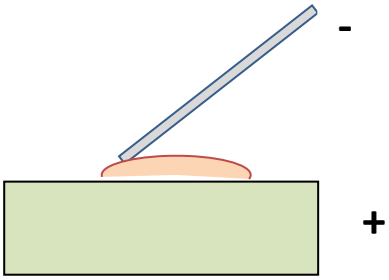
Obr. č. 25 Zkratový přenos Impulsní přenos Sprchový přenos

11.8 Polarita při svařování

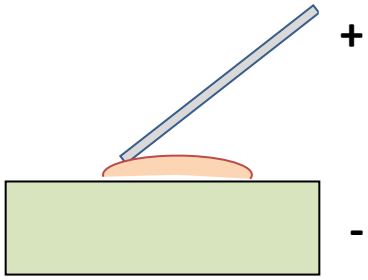
Je to v podstatě zapojení kladného, nebo záporného pólu na elektrodu. Mohou nastat dva způsoby zapojení:

- **přímá polarita**, kdy je elektroda zapojená k zápornému pólu svařovacího zdroje a základní materiál je připojen k pólu kladnému,
- **nepřímá polarita**, kdy je elektroda zapojená ke kladnému pólu svařovacího zdroje a základní materiál k pólu zápornému.

Zapojení polarity je určeno svařovacím zdrojem, základním a přídavným materiálem, metodou a polohou svařování. U metod MIG, MAG se nejčastěji používá polarita nepřímá. Polarita ovlivňuje jakost svaru. Při svařování na jedné konstrukci více zdroji musí mít všechny stejnou polaritu.



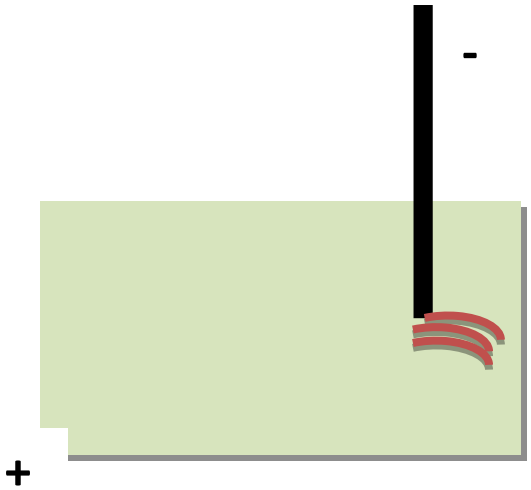
Obr. č. 26 Přímá polarita



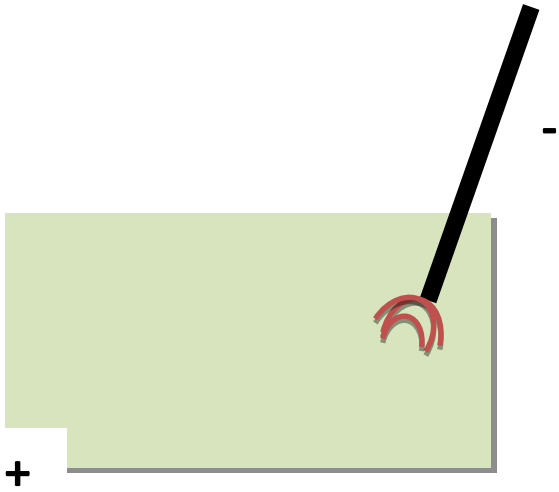
Nepřímá polarita

11.9 Foukání oblouku

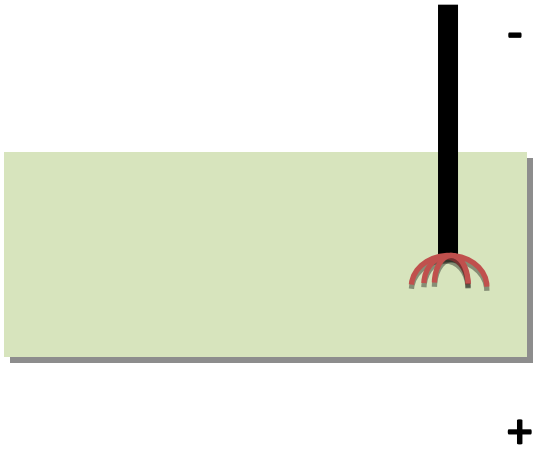
Je jev, při kterém vlivem magnetického pole dochází k vychýlení elektrického oblouku. To je způsobeno v místě přechodu z oblouku do materiálu ohybem magnetického pole. Siločáry pole jsou nerovnoměrně rozděleny a oblouk se vychyluje do míst s menší hustotou siločar. Odhaduje se, že na 1 cm délky oblouku při proudu 100 A působí síla 0,01 g.
V důsledku foukání oblouku se zhoršuje kvalita svaru, závar je malý, vzniká studený spoj. Foukání je nejčastěji na okrajích svaru, blízko žeber nebo koutů svarku a také pokud jsou dva svářeči blízko sebe. Foukání lze omezit přemístěním uzemňovací svorky, sklonem elektrody, zkrácením vzdálenosti svorky od oblouku. Při svařování střídavým proudem je foukání oblouku mnohem menší než u stejnosměrného.



Magnetické foukání oblouku



Omezení foukání změnou sklonu elektrody



Omezení foukání změnou polohy svorky

Obr. č. 27 Foukání oblouku

12 Elektrické zdroje

Zdroje pro svařování elektrickým obloukem zajišťují zapálení a hoření elektrického oblouku. Dodávají do obvodu elektrický proud. Svařovací zdroje lze rozdělit podle mnoha kritérií. Základním rozdělením je na svařovací zdroje pro kutily a pro profesionální použití.

12.1 Požadavky na svařovací zdroje:

- napětí oblouku (pracovní napětí) se musí přizpůsobovat malým změnám délky oblouku,
- stálý oblouk, který nezhasíná,
- vlastnosti oblouku vyjadřuje statická a dynamická charakteristika svářečky,
- velikost proudu při zapalování se nemá příliš lišit od svařovacího proudu,
- stálý výkon a vysoká účinnost,
- zapalovací napětí u stejnosměrného proudu je 40 V až 70 V, u střídavého je 55 V až 90 V,
- napětí naprázdno má být co nejnižší, tj. 60 až 90 V,
- konstrukce umožňuje jemnou a plynulou regulaci,
- nízká hmotnost,
- nízká cena, malá hlučnost,
- spolehlivost a nízké náklady na údržbu,
- jednoduchá a nenáročná obsluha.

12.2 Rozdělení svařovacích zdrojů

Nejčastěji je rozdělujeme podle druhu dodávaného proudu:

- zdroje stejnosměrného proudu (točivé agregáty),
- zdroje střídavého proudu (transformátory, měniče frekvence),
- zdroje usměrněného proudu (usměrňovače),
- zdroje invertorové.

12.3 Stabilita oblouku

Je nezbytná pro vznik kvalitního svarového spoje. Stabilita hoření oblouku závisí na technologii svařování a svařovacích zdrojích. Snadněji se zajišťuje při svařování stejnosměrným proudem než střídavým. Stabilita svařovacího oblouku je dána rozdílem strmosti zatěžovací charakteristiky zdroje a

strmosti voltampérové charakteristiky oblouku v průsečíku obou těchto charakteristik, tedy v pracovním bodě.

12.4 Statická charakteristika svařovacího zdroje (svářečky)

Statická charakteristika zdroje je závislost napětí a proudu v ustáleném stavu při zatížení zdroje. Je dána konstrukcí stroje a jeho vnitřním zapojením. Hodnoty charakteristiky se získají měřením napětí a proudu v obvodu. Krajní body jsou určeny stavem naprázdno a stavem nakrátko.

- Při stavu naprázdno obvodem neprotéká žádný proud a napětí je nejvyšší, se stoupajícím proudovým zatížením napětí na zdroji klesá.
- Při stavu nakrátko obvodem protéká největší proud a napětí na zdroji je téměř nulové (elektroda se dotýká základního materiálu, zkratový proud).

Statické charakteristiky podle průběhu křivky:

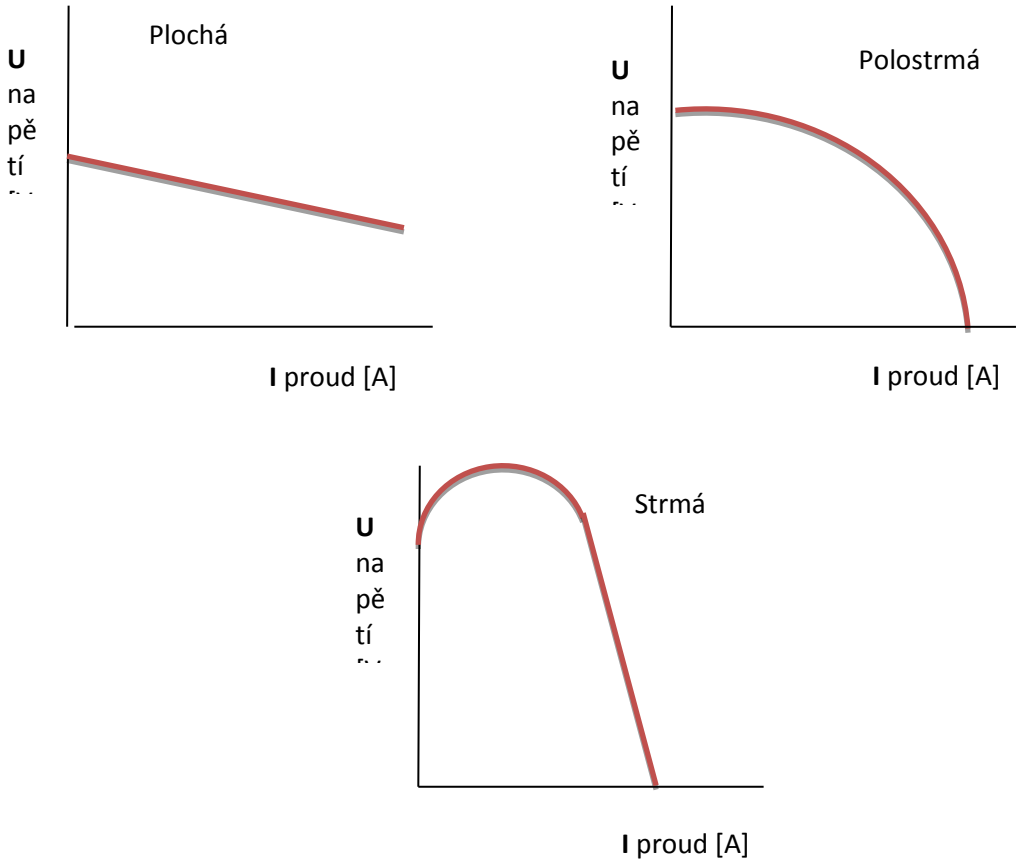
- **Plochá** – při zvyšování svařovacího proudu dochází k malým změnám napětí zdroje, jsou to zdroje s konstantním napětím (tvrdé), je vhodná pro automatické svařování pod tavidlem a poloautomatické svařování v ochranných atmosférách, při zkrácení délky oblouku a poklesu napětí se zvýší proud a odtavovací rychlost elektrody (samoregulace).
- **Polostrmá** - při rostoucím svařovacím proudu je pokles napětí na zdroji takový, že jejich součin U.I (výkon) považujeme za konstantní, jsou to zdroje s konstantním výkonem, je vhodná pro ruční svařování.
- **Strmá** – se změnou napětí na oblouku vykazují pouze nepatrné změny proudu, jsou to zdroje s konstantním proudem (měkké), je vhodná pro ruční svařování, při relativně velkém kolísání napětí dochází k nepatrným změnám svařovacího proudu, délka oblouku se mění neklidným vedením elektrody nebo nerovnosti materiálu, čím je oblouk delší, tím je větší napětí a naopak.

Normalizované napětí v oblouku

$$U_N = 20 + 0{,}04\, I_P$$

Normalizované napětí v oblouku [V]

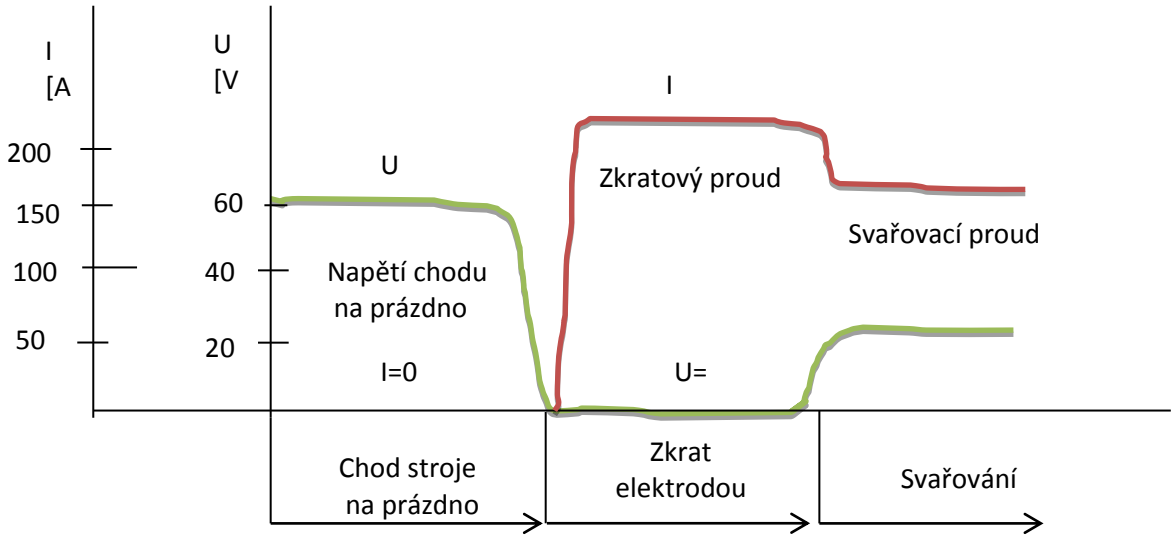
Pracovní svařovací proud



Obr. č. 28 Statické charakteristiky svařovacího zdroje

12.5 Dynamická charakteristika svařovacího zdroje (svářečky)

Dynamická charakteristika zdroje je závislost napětí, proudu a času. Na rozdíl od statické charakteristiky, která umožňuje pouze porovnání základních vlastností různých zdrojů, charakteristika dynamická v každém okamžiku přesně určuje velikost napětí a proudu (zapalování oblouku, při zkratu, přerušení zkratu). Z průběhu dynamické charakteristiky zdroje hodnotíme, jak rychle je svářečka schopná reagovat na změny v průběhu odtavování konce elektrody, a tím že okamžitě přizpůsobí velikost napětí a také i proudu délce oblouku v daném okamžiku. Tvar charakteristiky je důležitý pro zapalování oblouku, přenos a rozstřik svarového kovu.



Obr. č. 29 Dynamická charakteristika zdroje

12.6 Druhy svařovacích zdrojů

Rotační svařovací zdroje

Jsou to zdroje stejnosměrného svařovacího proudu. Hlavní částí je dynamo, které mění energii mechanickou na elektrickou, a tím vyrábí stejnosměrný proud. Dynamo je poháněno elektromotorem, nejčastěji třífázovým asynchronním nebo spalovacím motorem vznětovým, případně zážehovým. Svařovací agregát je na podvozku a tvoří jeden konstrukční celek. Svařovací zařízení je vhodné pro ruční svařování obalenou elektrodou a pro metody MAG, MAG, WIG. Regulace svařovacího proudu je plynulá. Regulátor je umístěn přímo na agregátu nebo na dálkovém ovládání. Elektrický proud se vyrábí indukcí v rotoru, který se otáčí v elektromagnetickém poli statoru. Svařovací agregáty jsou těžké, hlučné a náročné na spotřebu energie.

Svařovací transformátory

Jsou to zdroje střídavého proudu. Transformátor je tvořen jádrem (rámem s tenkými plechy z křemíkové oceli), na kterém jsou navinuty dráty primárního a sekundárního vinutí. Primární vinutí je připojeno na síť, sekundární vinutí do svařovacího obvodu. V důsledku elektromagnetické indukce vzniká ve vinutí sekundární cívky střídavé napětí, které po zapálení oblouku zajistí vznik svařovacího proudu. Regulace svařovacího proudu je prováděna stupňovitě nebo plynule. Používají se pro ruční svařování obalenou elektrodou a metodu WIG. Statická charakteristika je polostrmá. Mají nízkou spotřebu při chodu naprázdno, lepší účinnost, malé magnetické foukání oblouku, menší pořizovací

náklady než točivé zdroje. Nevýhodou je horší zapalování a ovládání tavné lázně, nemohou se používat u vysokých konstrukcí a v uzavřených nádobách, přenáší ze sítě všechny nárazy.

Rozdělují se:

Podle počtu fází:

- jednofázové,
- dvoufázové,
- třífázové.

Podle způsobu regulace:

- s primárním přepínačem,
- se sekundárním přepínačem,
- s rozptylovým jádrem,
- s regulační tlumivkou a přepínačem,
- s regulační tlumivkou s před magnetizací.

Svařovací usměrňovače

Jsou zdrojem stejnosměrného proudu. Před usměrňovač se musí zařadit transformátor, obvykle třífázový, aby zatížení sítě bylo rovnoměrné a napětí ze sítě se snížilo na napětí pracovní (svařovací). Usměrňovače mají dvojí vedení a mohou pracovat se střídavým proudem nebo stejnosměrným proudem. Výhodou je malá hmotnost a rozměry, vyšší účinnost, malé ztráty při chodu naprázdno, nehlučný chod, jednoduché ovládání a spouštění. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a kolísavé napětí v síti.

Rozdělují se podle regulace svařovacího proudu a nastavení vhodné zatěžovací charakteristiky:

- s regulační tlumivkou,
- s tyristorovým řízením,
- s analogovým řízením,
- s digitálním řízením na sekundáru.

Svařovací invertorové zdroje

Jsou primárně řízené zdroje s výkonnými tranzistory, pracují na principu středofrekvenčních měničů. Transformátor je umístěn za spínacím transformátorem. Hlavní částí je řídící elektronická jednotka, která reguluje podávání drátu, dodávky ochranného plynu, kontroluje činnost zařízení, nastavování parametrů. Výstupem je počítač, kde programujeme jednotlivé parametry v závislosti na čase. Vyznačují se vysokým a stabilním svařovacím výkonem, jednoduchou obsluhou. Vhodné pro robotizovaná pracoviště, pro statické charakteristiky metod MIG, MAG, WIG.

Obr. č. 30 Svářečky ve firmě Porgest

Obr. č. 31 Svářečky ve firmě Porgest

12.7 Příslušenství svařovacích zdrojů

Svařovací zdroj je elektrickým strojem, který musí splňovat elektrotechnické normy, předpisy a bezpečnost:

- připojení k elektrorozvodné síti,
- svařovací kabely s příslušenstvím,
- držáky elektrod,
- svařovací svěrky.

Připojení zdroje k elektrorozvodné síti

Svařovací zdroje se připojují pohyblivým přívodem prostřednictvím vidlice do zásuvky pevného rozvodu elektrické sítě k jednofázovému napětí 230 V, 50 Hz nebo k třífázovému napětí 3 × 230/400 V, 50 Hz. Svařovací zdroj musí splňovat elektrotechnické normy a musí být zabezpečena ochrana obsluhy krytím, izolací, ochrana nulováním a napěťovým nebo proudovým chráničem.

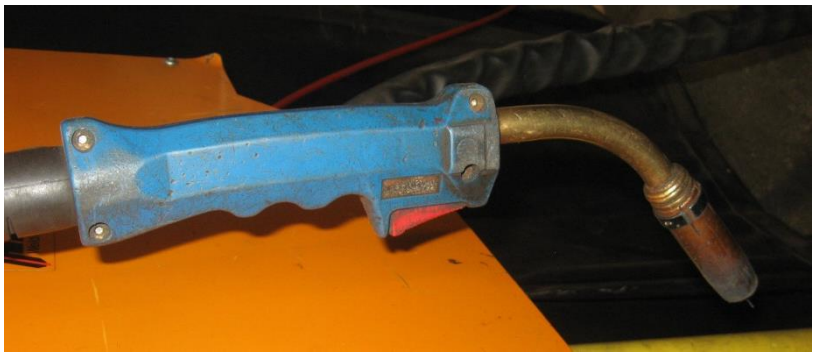
Svařovací kabely

Přivádějí svařovací proud ze zdroje k držáku elektrody nebo k hořáku, ke svěrce připevněné k materiálu. Jsou tvořeny jádrem s pryžovou izolací. Jádro může být měděné nebo hliníkové a jejich průřez se volí podle maximálního svařovacího proudu, jmenovité proudové zatížitelnosti. Je stanovená délka vodiče v závislosti na úbytku napětí při jmenovitém zatížení.

Obr. č. 32 Svářečka s navinutým kabelem ve firmě Porgest

Držáky elektrod

Slouží k upnutí elektrod, musí být lehké, bezpečné a snadno ovladatelné. Velikost držáků je dána proudovým zatížením a rozměry upínacích čelistí. Elektroda musí být snadno vyměnitelná a dobře ovladatelná při svařování v různých polohách. Držáky pro ruční obloukové svařování jsou normalizovány.



Obr. č. 33 Držáky elektrod ve firmě Porgest

Svařovací svorky

Přivádějí proud od zdroje na svařovaný materiál. Jsou upevněny na svařovaném materiálu (svářečském stole) v blízkosti místa svařování, aby byl přechodový odpor co nejmenší a cesta pro vedení proudu co nejkratší. Velikost a konstrukce svěrek je závislá na velikosti svařovacího proudu.

Obr. č. 34 Svářeč ve firmě Porgest

13 Technologie svařování CO_2, volba parametrů svařování a její vliv na tvarování housenky

13.1 Svařovací proud a rychlost podávání drátu

Rozhodující vliv na průřez housenky má svařovací proud. Pokud je svařovací proud vyšší, zvyšuje se i výkon roztavení a hloubka závaru. Mírně vzrůstá i převýšení svaru a šířka housenky. Svařovací proud je veličina závislá na rychlosti podávání drátu. Nastavená rychlost podávání drátu a proud dává odpovídající svařovací proud a je potřeba mírně zregulovat napětí na oblouku. Zvýšený svařovací proud dává rozstřik a je zde nebezpečí protavení plechu.

13.2 Svařovací napětí

Správně nastavené napětí dává stabilní hoření oblouku při daném svařovacím proudu. Napětí na oblouku měníme podle délky oblouku, což má vliv na šířku svarové housenky. Hodnota napětí se stanovuje ze vztahu:

$U = 15 + 0{,}035\ I$

Zvýšené napětí zvyšuje pórovitost a rozstřik. Nízké napětí způsobuje nestabilní hoření oblouku úzkých housenek a velké převýšení.

13.3 Průměr drátu

Vyšší průměr drátu vyžaduje vyšší svařovací proud. Pokud je svařovací proud konstantní a průměr drátu menší, dosáhneme většího součinitele roztavení.

13.4 Druh a polarita svařovacího proudu

Jestliže svařujeme v ochranných plynech s tavící se elektrodou, používáme stejnosměrný proud a zapojení s nepřímou polaritou.

13.5 Výběh elektrody

Vycházíme ze vztahu $L = 10\ d$, kde d je průměr drátu.

13.6 Množství ochranného plynu

Je závislé na druhu spoje, parametrech svařování a povětrnostních podmínkách. Dokonalá ochrana svarové lázně je závislá na spotřebě ochranného plynu 12 až 17 litrů za minutu.

14 Přenos kovu v oblouku

Bezzkratový přenos se používá hlavně při svařování ve vodorovné poloze.

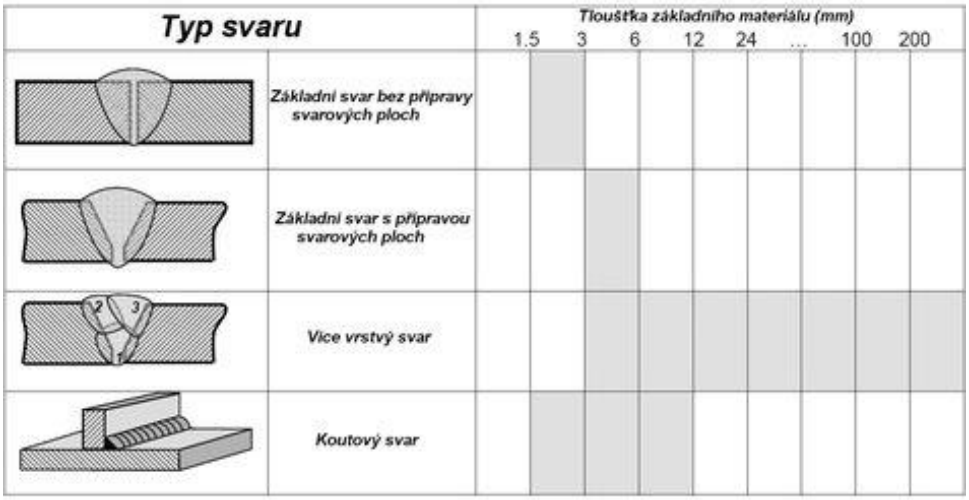
Zkratový přenos se používá pro svařování tenkých plechů ve všech polohách a pro materiály středních a větších tlouštěk v poloze svislé a nad hlavou.

14.1 Stehování

Koutové svary stehujeme z čelních stran, tupé svary na obou koncích. Délka stehů je 15 až 30 mm. Velikost svarové mezery se řídí normou ČSN 05 0027. Pro tupé V svary plechů tloušťky 5 až 20 mm je velikost svarové mezery 2 až 3 mm. Přesnost lícování vyžadují koutové svary, u nichž mezera mezi stojinou a pásnicí smí být maximálně 0,5 mm. Stejně přísné požadavky platí i pro přesazení tupých spojů. Do síly plechu 4 mm je tolerance přesazení 0,5 mm a pro větší síly maximálně 1 mm.

14.2 Zapálení oblouku při stehování

Oblouk zapálíme hned po stlačení tlačítka na svařovací pistoli, kde uvedeme do chodu hnací elektrický motor s podávacím zařízením svařovacího drátu a přívodu ochranného plynu do místa svařování. Současně se zapojí i ohřívač plynu před redukčním ventilem. Svářecí pistoli drží svářeč ve vzdálenosti 15 mm od jedné svarové plochy. Jestliže se svařovací drát dotkne svarové plochy, nastane zkrat a tím k zapálení elektrického oblouku. Pro přerušení stehu nebo kořenové housenky se doporučuje vyvést housenku na stěnu svarové plochy a tam přerušit svařování. Pokud nebylo svařování správně přerušené, je potřeba pomocí brusky nebo drážkovacího sekáče na konci stehu nebo přerušené housenky vybrousit nebo vysekat náběh pro správné napojení housenky.



Obr. č. 35 Druhy svarů a jejich použití

15 Technika svařování koutových a tupých svarů

15.1 Zapálení elektrického oblouku a správný způsob napojení na steh

Pokud se napojujeme na steh nebo housenku, zapalujeme oblouk vždy asi 10 mm. Před ukončením stehu nebo housenky a po vytvoření svarové lázně lázeň převedeme do kořene svaru.

15.2 Koutový svar v poloze PB vpřed

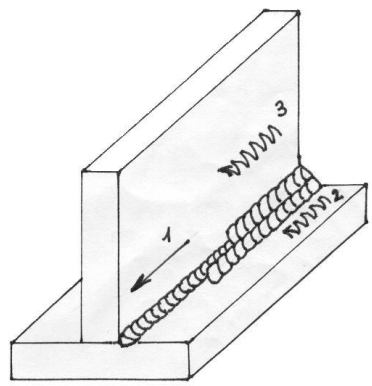
Použijeme drát průměru 1 až 1,2 mm. Osa svařovací pistole svírá směrem svařování úhel 110°. Svarová lázeň je dobře kontrolovatelná, kresba svaru je úhledná, hloubka závaru je menší.

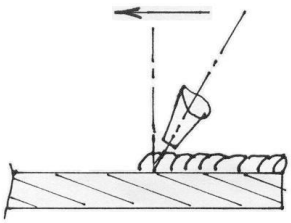
První housenku vedeme přímočaře, další housenky s mírným rozkyvem. Koutový svar ukončíme poslední housenkou při stojině. U první a druhé housenky je úhel přibližně 45°, při pokládání třetí housenky skloníme pistoli kolmo na stojinu.

Svařování koutového spoje v poloze vodorovné šikmo shora

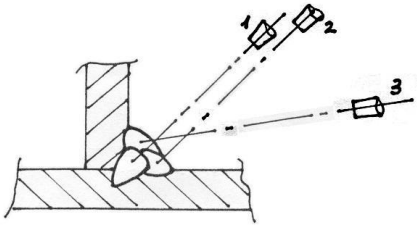
Svar:	FW
Polotvar:	P
Svařovací poloha:	PB
Velikost svaru:	6 ◺
Základní materiál:	
ČSN 42 0002:	11373
ČSN EN 10027-1:	S 235 JR G1
Rozměr materiálu:	150x100x10 2 ks
Přídavný drát:	G3Si1 ø 0,8 mm
Metoda:	135
Druh plynu:	CO_2 (průtok 12 17 l min^{-1})
Počet vrstev:	3
Proud:	130 A
Napětí:	20 V

Sklon a technika svařování



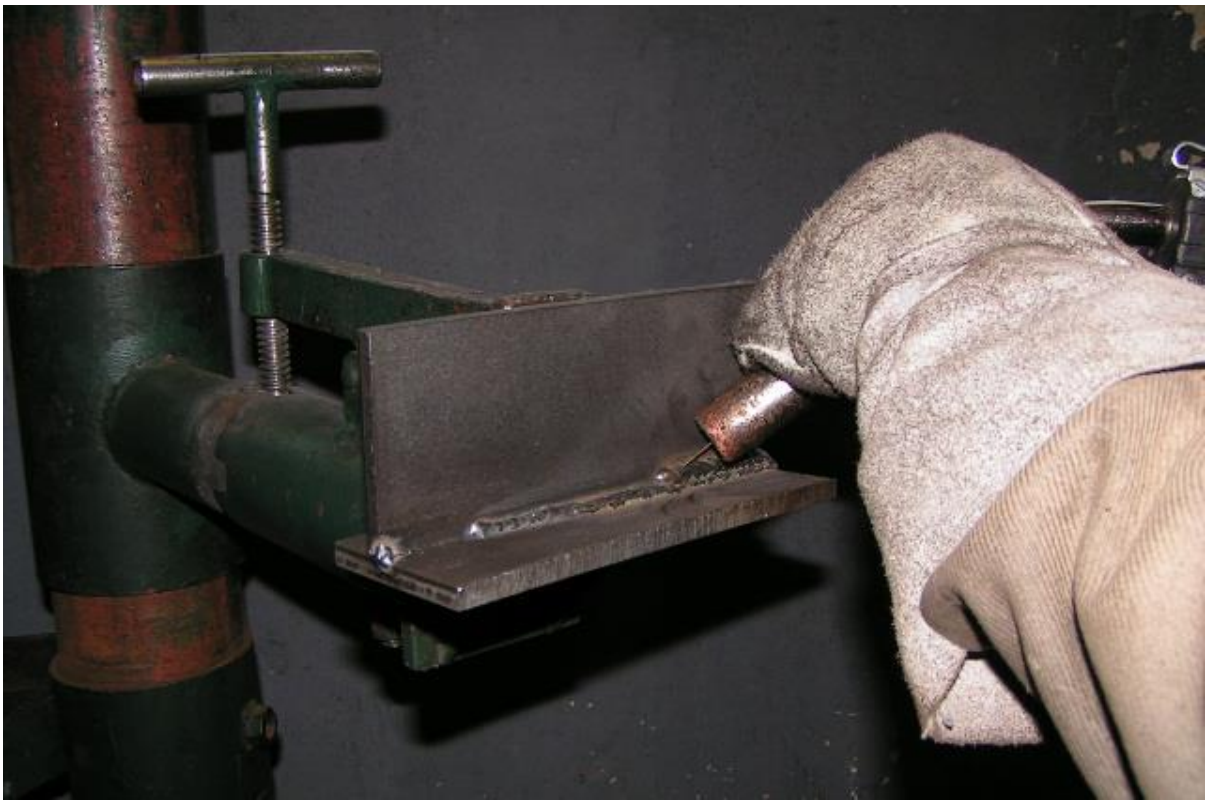


Svařování vpřed



Sklony svařovací hubice

Obr. č. 36 Svařování koutového svaru v poloze vodorovně šikmo shora



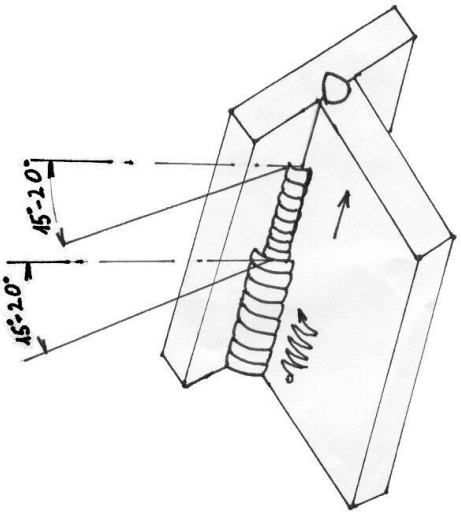
Obr. č. 37 Svařování koutového svaru v poloze PB

15.3 Koutový svar v poloze PF

Koutové svary velkých rozměrů se svařují na více vrstev postupem zdola s příčným pohybem svařovacího hořáku. Obvyklý průměr svařovacího drátu je 1 mm, případně 1,2 mm. Svařovací hubice směřuje vždy nahoru ve směru postupu svařování se sklonem 15° - 20° od vodorovné roviny. Při svařování výplňové a krycí vrstvy svislého koutového svaru vedeme svařovací pistolí s příčným rozkyvem osy drátové elektrody tak, aby v krajních polohách směřovala proti svařovaným plechům, jak je znázorněno na dalším vyobrazení.

Svařování koutového svaru v poloze svislé nahoru

Svar:	FW
Polotvar:	P
Svařovací poloha:	PF
Značka svaru:	8 ◺
Základní materiál:	
ČSN 42 0002:	11373
ČSN EN 10027-1:	S 235 JR G1
Rozměr materiálu:	200x100x10 2 ks
Přídavný drát:	G3Si1
Metoda:	135
Druh plynu:	CO_2 (průtok 12 17 l min^{-1})
Počet vrstev:	2
Kořenová vrstva:	
Proud:	100 A
Napětí:	19 V
Krycí vrstva:	
Proud:	130 A
Napětí:	19 V



Pohled shora

Obr. č. 37 Svařování koutového svaru v poloze svisle nahoru

Obr. č. 38 Koutový svar v poloze PF

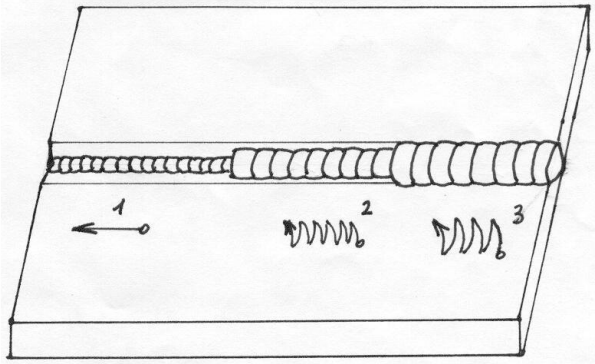
15.4 Svařování V – svaru v poloze PA

Nutno provést kvalitní nastehování. Steh zhotovíme tak, že se oblouk zapálí na jedné straně ze svarových ploch. Po malé chvíli získáme svarovou lázeň a převedeme ji přes svarovou mezeru na druhou stranu. Tím vytvoříme tzv. můstek ze svarového kovu a provedeme přímým vedením svařovací hubice nad svarovou mezerou žádoucí steh. Před ukončením vyvede svářeč drátovou elektrodu na jednu ze svarových ploch. Zhasnutím oblouku ve svarové mezeře by vznikly póry a následně trhliny.

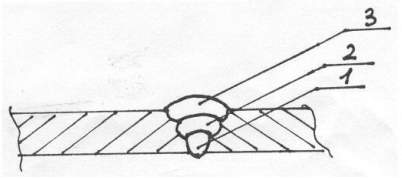
Kořenová housenka se klade přímočarým pohybem s úhlem dopředu, svařovacím drátem průměru 1 až 1,2 mm. Konec drátové elektrody musí neustále sledovat konec svarové lázně. Předběhnutím svarové lázně dochází k neprovaření kořene, předběhnutím drátové elektrody vnikne nenatavený drát do svarové mezery.

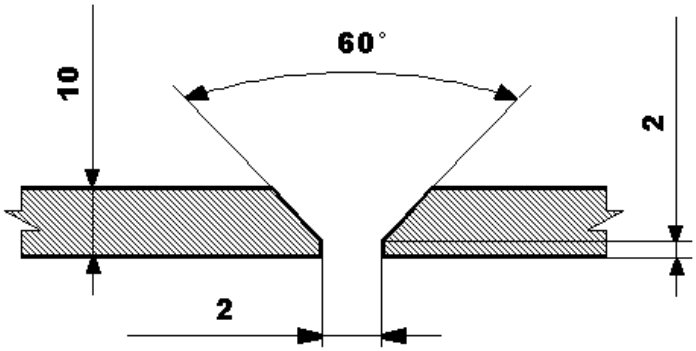
Svařování tupého svaru V v poloze vodorovné shora

Svar:	BW
Polotvar:	P
Svařovací poloha:	PA
Značka svaru:	V
Základní materiál:	
ČSN 42 0002:	11373
ČSN EN 10027-1:	S 235 JR G1
Rozměr materiálu:	200x100x10 2 ks
Přídavný drát:	G3Si1 ø0,8mm
Metoda:	135
Druh plynu:	CO_2 (průtok 12 – 17 l min^{-1})
Počet vrstev:	3
Kořenová vrstva:	
Proud:	120 A
Napětí:	20 V
Krycí vrstva:	
Proud:	140 A
Napětí:	21 V

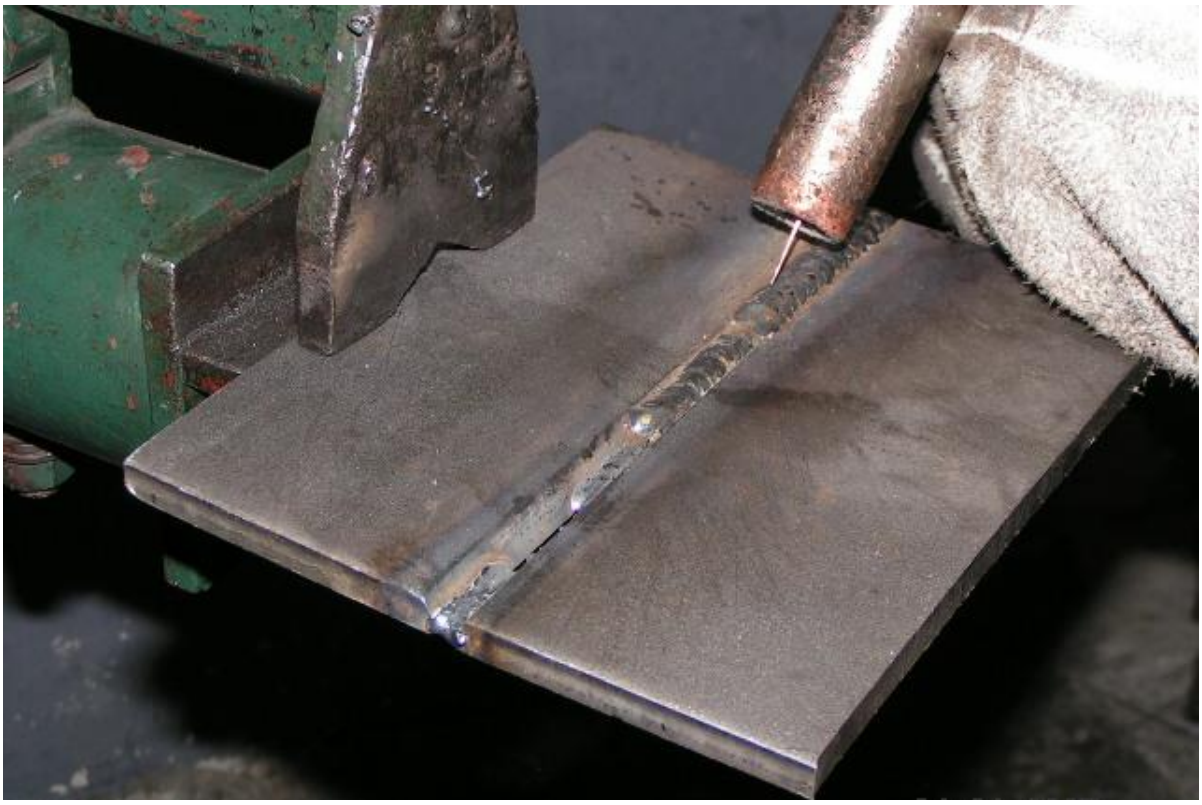


Kladení housenek





Obr. č. 39 Úhel rozevření a velikost otupení



Obr. č. 40 Svařování tupého svaru v poloze PA

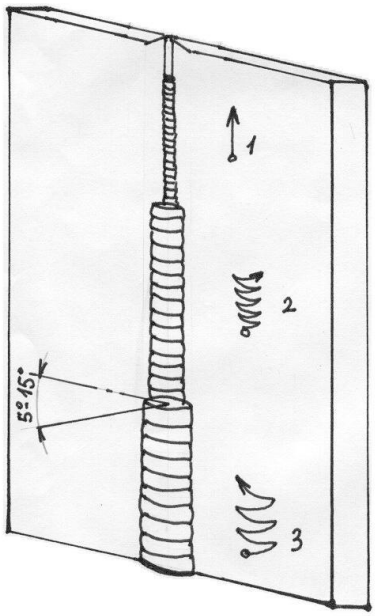
15.5 Svařování tupého V – svaru v poloze PF

V – svary v poloze svislé se svařují vždy postupem zdola nahoru. Hubice svařovací pistole směřuje nahoru ve směru svařování se sklonem 5° až 15° od vodorovné roviny. Vedení svařovací pistole je při kořenové vrstvě přímočaré s mírnou korekcí do stran. Další vrstvy, včetně vrstvy krycí, provádíme příčně kývavým pohybem se stejným sklonem svařovací pistole od vodorovné roviny, tj. 5° až 15°. Při napojování na steh a po přerušení svařování zapalujeme oblouk asi 10 mm před ukončením stehu a po vytvoření svarové lázně ji převedeme do kořene svaru.

Při svařování tupých svarů v svislé volíme ze známých důvodů nižší svařovací parametry než při svařování v poloze vodorovné.

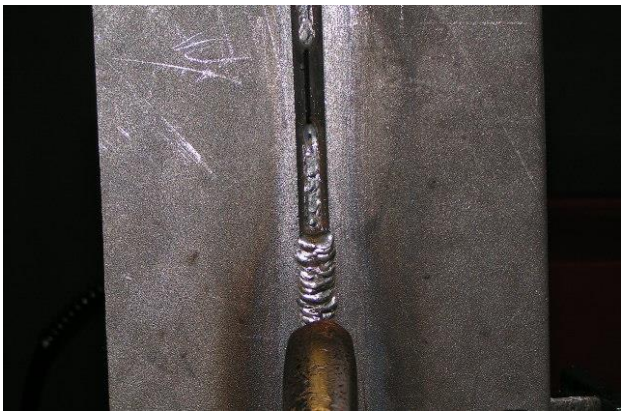
Svařování tupého V svaru v poloze svislé nahoru

Svar:	BW
Polotvar:	P
Svařovací poloha:	PF
Značka svaru:	V
Základní materiál:	
ČSN 42 0002:	11373
ČSN EN 10027-1:	S 235 JR G1
Rozměr materiálu:	200x100x10 2 ks
Přídavný drát:	G3Si1
Metoda:	135
Druh plynu:	CO_2 (průtok 12 – 17 l min^{-1})
Počet vrstev:	3
Proud:	100 A
Napětí:	19 V



Příprava materiálu skosení hran

Obr. č. 41 Svařování tupého V svaru v poloze svislé nahoru



Obr. č. 42 Tupý V – svar v poloze PF

16 Deformace a pnutí ve svarech

Vznik vnitřního pnutí ve svarech je průvodním jevem procesu svařování. Toto pnutí je zvlášť výrazné u svařování plamenem, protože se nahřívá větší objem materiálu.

Vnitřní pnutí zůstává ve svařovaném materiálu po procesu svařování a přitom na něj nepůsobí žádné vnější síly. Je to důsledek jevu, kdy materiál se při ohřevu roztahuje a při chladnutí dochází k jeho smrštění. V důsledku vysoké teploty svaru vzniká deformace a vnitřní pnutí. V některých případech může být vnitřní pnutí jevem přechodným, po vyrovnání teplot vymizí. Ve většině případů ale toto vnitřní pnutí zůstává ve svarech i po úplném ochlazení, říká se mu vnitřní pnutí zbytkové. Tato vnitřní pnutí zbytková mají pro návrh konstrukcí největší význam, protože mohou vést až k poruše svařované konstrukce nebo ohrozit bezpečnost provozu.

Ve svarech je vznik vnitřního pnutí přímým důsledkem smršťování svarového kovu při ohřevu a následném chladnutí. Základní materiál není ohřátý, a tak brání smršťování roztaveného svarového kovu. V důsledku toho vznikají v okolí svaru tahová napětí různých velikostí. Proto je vhodné materiál tepelně zpracovat, čímž se při určité teplotě dosáhne meze kluzu a tím i snížení vnitřního pnutí. Obecně platí, že vnitřní pnutí ve svarovém spoji, který nebyl tepelně zpracován, mohou dosáhnout až meze kluzu materiálu.

Mezi deformací a vnitřním pnutím existuje závislost, při svařování vznikají téměř vždy, závisí na přívodu tepla do oblasti svařování. Jejich velikost je ale možné snižovat různými konstrukčními a technologickými opatřeními.

Při svařování dochází k tomu, že svarek je nerovnoměrně ohříván v různých místech v rozsahu od teploty okolní až po teplotu tavení. V tomto širokém rozmezí teplot se se mění fyzikální vlastnosti materiálu (tepelná vodivost, tepelná roztažnost) a s tím i mechanické vlastnosti materiálu (mez pevnosti, mez kluzu, houževnatost apod.). Zmenšení objemu svarového kovu při ochlazování má za následek smrštění svarku. Objem svarového kovu se mění s teplotou, závisí na součiniteli délkové roztažnosti materiálu.

V různých časových intervalech a v různých místech probíhá ohřev a ochlazování vlastního svaru i okolní tepelně ovlivněné oblasti. Dochází zde k místnímu omezování prodlužování materiálu v různých směrech chladnými okolními oblastmi svarového spoje. Důsledkem toho je stlačování a plastická deformace – napěchování oblastí kolem svaru, které na své okolí působí tahem nebo tlakem.

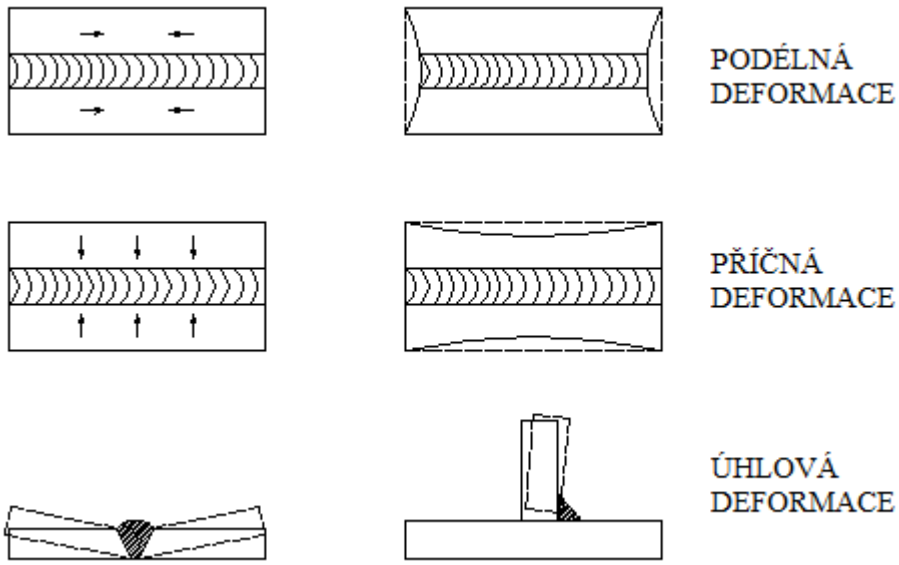
Svarový kov se smršťuje ve všech směrech. Vnitřní napětí působí rovněž ve všech směrech, stejně i deformace, která je jeho projevem. Podle polohy k ose svaru můžeme deformace rozdělit:

- **Podélná deformace** – vnitřní pnutí je rovnoběžné s osou svaru, projevuje se při svařování nejvíce. Velikost podélného smrštění závisí na průřezu svarku, metodě svařování, způsobu vyplňování úkosu, délce svaru, správném upnutí a intenzitě proudu. Dojde ke zkrácení svarku, nebo k zakřivení svarku. Deformace v podélném směru je silně omezena okolním základním materiálem, který je málo nahřátý. O velikost tohoto smrštění musíme zvětšit délku navrhovaného polotovaru.
- **Příčná deformace** – vnitřní pnutí je kolmé k ose svaru. Velikost této deformace závisí především na příčném průřezu svaru a jeho délce, množství tepla v místě svaru, tloušťce materiálu, způsobu

upnutí svařovaných dílů, tuhosti upnutí apod. Smrštění má za následek zmenšení původní šířky svarku. U svarů koutových je toto smrštění mnohem menší než u svarů tupých.

- **Úhlová deformace** – vzniká u těch typů svarů, kde v horní části je větší množství navařeného kovu ne v části kořene svaru. Vlivem svařování dojde k odchýlení roviny jedné desky od původní roviny druhé desky. Velikost úhlové deformace závisí hlavně na tvaru svaru, způsobu kladení svarových housenek a jejich počtu. Projevuje se hlavně u koutových svarů a u svarů U, V, W. Smrštění u kořene svaru je menší.

Všechny typy deformací vznikají vždy současně. Deformace, které vznikají v příslušných směrech a vyvolají zkrácení svarku, lze eliminovat přídavky na opracování. Minimální přídavky i mezní odchylky svarků jsou uvedeny v normě.



Obr. č. 43 Rozdělení deformací podle směru smrštění

Jednotlivé typy deformací je možno snížit určitými způsoby:

Podélné deformace:

- svařovat s menším tepelným příkonem,
- vyplňovat vhodně úkosy svaru,
- provádět větší počet svarových housenek menších rozměrů.

Příčné deformace:

- provádět menší průřezy svaru,
- provádět vhodné stehování svaru,
- zajistit vnější tuhé upnutí,
- zmenšit průřez svaru.

Úhlové deformace:

- sestavit vhodně díly před svařováním,
- zajistit vnější tuhé upnutí,
- klást svarové housenky postupem,
- volit menší počet housenek,
- zvolit vhodný svařovací režim,
- upravit vhodně svarové plochy.

Vnitřní pnutí

Při svařování dochází vlivem vysoké teploty k plastické deformaci svarového kovu, protože chladné okolní oblasti brání jeho roztahování. Svarový kov se nemůže při svařování zkracovat libovolně, jelikož tomu brání okolní základní materiál. Tímto vzniká uvnitř svaru vnitřní pnutí. Ve svarku je rovnováha pnutí tahových a tlakových. Přeroste-li deformační schopnost svarového spoje, mohou se ve svaru objevit trhlinky.

Při svařování neupnutých volných dílů vznikají sice větší smrštění a deformace, ale vnitřní pnutí je menší. Při svařování pevně upnutých dílů jsou smrštění a deformace menší, ale vnitřní pnutí je větší. U plastických materiálů mohou vnitřní pnutí způsobit deformace, u křehkých materiálů mohou způsobit vznik trhlin.

Vnitřní pnutí vznikající ve svarcích můžeme rozdělit:

- Podle charakteru vzniku
  - **Pnutí teplotní** – vznikají tím, že chladný základní materiál zabraňuje objemovému zvětšování ohřátého kovu, dochází ke smršťování.
  - **Pnutí strukturní** – vznikají změnou objemu při různých strukturních přeměnách. Jsou v rovnováze na hranicích zrn. Nezávisí na rozměrech a tvaru svarku.
- Podle doby existence
  - **Pnutí dočasná** – napětí existují ve svarku pouze po určitou dobu, dokud existuje příčina, která způsobila jejich vznik.
  - **Pnutí zbytková** – zůstávají ve svarku i po ukončení technologického procesu.

Velikost vnitřních pnutí závisí na mnoha faktorech:

- vlastnostech základního materiálu,
- svařovacích parametrech a teplotním režimu při svařování,
- tloušťce svařovaného materiálu,
- způsobu svařování,
- provedení svaru – druh, počet, umístění svaru a dalších faktorech.

Vnitřní pnutí po svařování jsou navenek:

- **Zjevná** – pnutí se navenek projeví jako smrštění nebo vznik trhlin, dojde k uvolnění součásti, vnitřní pnutí většinou pomine.
- **Nezjevná** – projevují se deformací ve vnitřní struktuře, většinou se ztrácí přetvárná schopnost materiálu.

Snížení vnitřního napětí lze tedy provést již při vlastním svařovacím procesu několika způsoby:

- svařováním s předběžnou pružnou deformací, která je opačná než deformace vzniklá při vlastním svařování,
- svařováním volných neupnutých dílů se sníží příčná napětí,
- svařováním s vyšším tepelným příkonem se sníží podélná napětí,
- svařováním s předehřevem se snižují teplotní rozdíly a tím se sníží i strukturní napětí,
- vhodným postupem při svařování – postup kladení housenek a jednotlivých vrstev, použití střídavého postupu u oboustranného svaru, svařování vratným krokem, souměrné svařování dvěma svářeči apod.

Po svařování se vnitřní napětí odstraňují následujícími způsoby:

- žíháním k odstranění vnitřního pnutí – žíhá se buď celý svarek, nebo se žíhají místně jednotlivé vytvořené svary,
- vibrováním součástí,
- přetížením za studena atd.

17 Vady ve svarech

Svarový spoj musí být proveden tak, aby splňoval všechny funkce, měl požadované mechanické vlastnosti a nevyskytovaly se v něm vady, které by mohly ohrozit jeho funkci. Je-li ve svaru vada, koncentruje se v něm napětí, které může vést k dosažení meze únavy a následně může dojít ke křehkému lomu. Vadou rozumíme jakoukoliv odchylku od dokonalého svaru, která není v souladu s předepsanými normami.

17.1 Rozdělení vad

Vady můžeme rozdělit podle několika hledisek:

- Podle místa výskytu:
  - **Vady vnitřní** - vznikají uvnitř svaru.
  - **Vady vnější** – vznikají na povrchu svaru nebo na kořeni svaru.
- Podle možnosti zjištění:
  - **Vady zjevné** – dají se zjistit pouhým okem nebo pomocí jednoduchých pomůcek.
  - **Vady skryté** – zjišťují se laboratorně.
- Podle stanovených předpisů:
  - **Vady přípustné** – podle určitých předpisů jsou povoleny a jejich odstranění není nutné.
  - **Vady nepřípustné** – neodpovídají předpisům, mohou být opravitelné nebo neopravitelné.

Správný svar je takový, který při provozu neohrozí bezpečnost.

17.2 Klasifikace vad

Klasifikaci vad pro tavné svařování určuje norma ČSN EN ISO 6520-1. Podle této normy jsou vady svarů rozděleny do šesti skupin.

17.2.1 Skupina č. 1 Trhliny

Trhlina – svar je místně porušen, vzniká vlivem změny teplot. Vady typu trhlin se dále dělí na trhliny horké, studené, žíhací, laminární a kráterové.

Mikrotrhlina – lze ji pozorovat pouze mikroskopem.

Podélná trhlina – směr trhliny je rovnoběžný s osou svaru, může se vyskytovat ve vlastním svaru, na hranici svaru, v tepelně ovlivněné oblasti i v základním materiálu.

Příčná trhlina – směr trhliny je kolmý na osu svaru, může se vyskytovat ve vlastním svaru, v tepelně ovlivněné oblast i v základním materiálu.

Kráterová trhlina – tvoří se v kráteru svaru na konci svarové housenky.

Hvězdicová trhlina (radiální) – trhliny vycházejí z jednoho společného bodu. Vyskytují se ve vlastním svaru, v tepelně ovlivněné oblasti i v základním materiálu.

Rozvětvené trhliny – skupina propojených trhlin, které se mohou šířit v libovolném směru. Jejich výskyt stejně jako u trhlin hvězdicových.

17.2.2 Skupina č. 2 Dutiny

Plynová dutina – dutina vyplněná plynem.

Bublina – dutina vyplněná plynem ve tvaru koule.

Shluk dutin – skupina dutin náhodně rozmístěných.

Řádka dutin – skupina plynových dutin umístěných rovnoběžně s osou svaru.

Červovitá dutina – je to dutina způsobená uvolňováním plynu, má tvar trubičky, některé mohou vystupovat na povrch svaru.

Povrchová dutina – bublina, která vystupuje na povrch svaru.

Staženina – je dutina způsobená tuhnutím svaru.

Kromě těchto vad typu bublin jsou normou definovány ještě další vady – protáhlá dutina, rovnoměrná pórovitost, kráterová staženina, mikrostaženina, mezidendritická staženina.

17.2.3 Skupina č. 3 Pevné vměstky

Vměstek – tuhé cizí těleso uzavřené ve svarovém kovu.

Struskový vměstek – zbytky strusky uzavřené ve svarovém kovu. Mohou být rozmístěny ojediněle, řádkově nebo ve shluku.

Kovový vměstek – částice cizího kovu uzavřená ve svarovém kovu.

Tavidlový vměstek – zbytky tavidla uzavřené ve svarovém kovu.

Oxidový vměstek – kovový oxid uzavřený ve svarovém kovu. Mohou být rozmístěny ojediněle, řádkově nebo ve shluku.

17.2.4 Skupina č. 4 Studené spoje a neprůvary

Studený spoj – vada ve spojení mezi svarovým kovem a základním materiálem, nebo mezi jednotlivými svarovými housenkami. Může se objevit na svarové ploše, mezi housenkami, nebo v kořeni svaru.

Neprovařený kořen – vada ve spojení základního materiálu v důsledku nedostatku svarového kovu v kořeni.

Nedostatečný průvar – rozdíl mezi předepsaným a skutečným průvarem.

17.2.5 Skupina č. 5 Vady tvaru a rozměru

Vada tvaru – chybný tvar na vnějším povrchu svaru nebo nedokonalá geometrie svaru.

Zápal – drážka na povrchu svaru nebo na jeho kořeni vzniklá při svařování. Zápal může být souvislý (ve značné délce), nesouvislý (v krátkých délkách), drážky mezi housenkami, drážky v kořeni a místní zápal.

Propadlý kořen – mělká drážka po obou okrajích kořene.

Krápník – nadměrné převýšení kořene.

Nadměrné převýšení svaru – přebytečný svarový kov na lícní straně svaru.

Nadměrné převýšení kořene – přebytek svarového kovu u kořene svaru, do této skupiny můžeme zařadit i krápník.

Přetečení – přebytečný svarový kov se rozteče přes základní materiál, aniž dojde k jeho natavení. Může se objevit na lícní straně i u kořene.

Přesazení – jedná se o přesazení mezi dvěma svařovanými díly, povrchové plochy dvou svařovaných dílů mohou být přesazeny lineárně nebo úhlově.

Proláklina – svarový kov je v některém směru sesunut, vada je způsobena zemskou přitažlivostí.

Neúplné vyplnění svaru – na povrchu svaru se vytvoří žlábek, který je způsobený nedostatečným množstvím přídavného materiálu.

Díra – vznikne propadnutím tavné lázně, ve svaru se objeví průchozí otvor.

Nesprávný rozměr svaru – odchylka od rozměru svaru předepsaného na výkrese. Do této skupiny patří tyto vady:

- nadměrná tloušťka svaru,
- nadměrná šířka svaru,
- překročení velikosti koutového svaru,
- podkročení velikosti koutového svaru.

Kromě těchto vad jsou v této skupině definovány normou další vady – strmý přechod svaru, nepravidelný povrch a šířka, hubený kořen, pórovitost kořene, nadměrná deformace, vadné napojení, asymetrie svaru.

17.2.6 Skupina č. 6 Různé vady

Do této skupiny jsou zařazeny všechny vady, které nejsou zařazeny v předcházejících skupinách.

Rozstřik – kapky svarového kovu nebo přídavného materiálu se přilepí na povrchu základního materiálu.

Vytržený povrch – poškození povrchu způsobené dočasným přivařením pomocných prvků.

Okujený povrch – povrch v oblasti svaru je silně zoxidovaný.

Vada stehu – vada způsobená špatným stehováním.

Dále jsou v této skupině normou definovány další vady – dotyk elektrodou, stopa po sekání a broušení, podbroušení, zbytek tavidla, zbytek strusky, bobtnání.

17.3 Označování vad

Norma ČSN EN ISO 6520 označuje jednotlivé typy vad číselně:

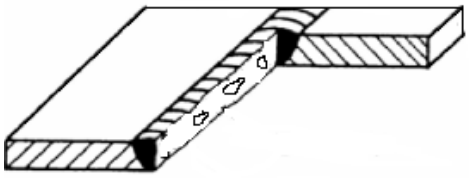
Hlavní vady jsou označeny trojmístným referenčním číslem, přidružené vady jsou označeny čtyřmístným číslem.

Trhlina 100

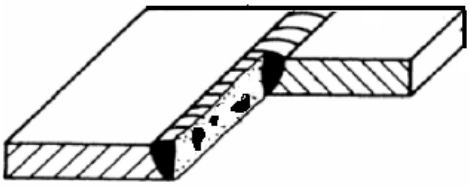
Plynová dutina 201

Vměstek 300

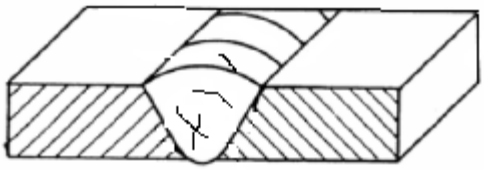
Shluk dutin 2013



Obr. č. 44 Dutiny



Obr. č. 45 Pevné vměstky

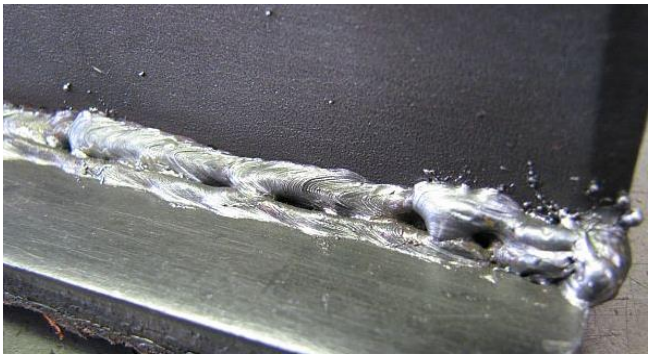


Obr. č. 46 Trhliny

Obr. č. 47 Studený spoj

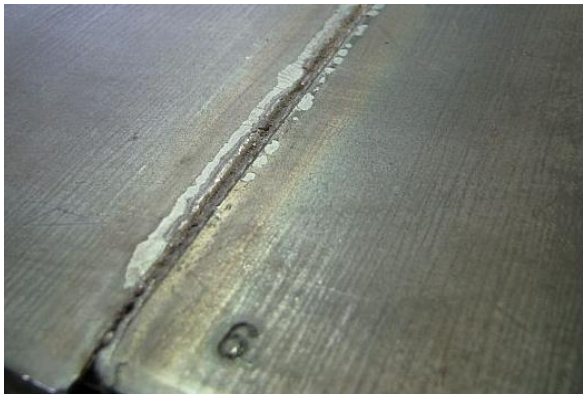
Obr. č. 48 Velké převýšení svaru

Obr. č. 49 Špatná kresba svaru



Obr. č. 50 Studený spoj a rozstřik

Obr. č. 51 Studený spoj



Obr. č. 52 Neprovařený kořen svaru

18 Zkoušky svarů

18.1 Rozdělení zkoušek

Destruktivní zkoušky

Aby byla svařovaná konstrukce bezpečná, je nutné zkoušet mechanické vlastnosti svarových spojů. Jelikož se svarový spoj při vlastní zkoušce poruší, provádějí se tyto zkoušky ještě před zahájením výroby na zkušebních vzorcích. Provádějí se podle platných technických norem. Tyto zkoušky jsou vhodné při velkých sériích výrobků, protože je možné statisticky z určitého množství destrukční metodou zničených dílů určit průběžnou jakost výroby a postupným snižováním kontrol výrobu vlastně zlevníme. Mezi nejdůležitější zkoušky patří:

- zkoušky tvrdosti,
- zkoušky lámavosti,
- tahové zkoušky,
- zkoušky rázem v ohybu,
- zkoušky rozlomením,
- zkoušky struktury.

Nedestruktivní zkoušky

Jedná se o zkoušky bez porušení materiálu, které slouží ke zjišťování vnitřních i skrytých povrchových vad ve svarových spojích, které by porušily celistvost svaru. Tyto zkoušky je možné aplikovat i za provozu strojního zařízení bez nutné demontáže. Protože výrobek zůstává neporušen, je možné provádět kontrolu v kterékoliv fázi výroby (vstupní, mezioperační a výstupní kontrola). Tyto zkoušky jsou nákladnější na jejich pořízení, provoz, školení obsluhy, servis a kalibraci. Do této skupiny zkoušek patří:

- vizuální kontrola,
- penetrační (kapilární) zkoušky,
- magnetické práškové zkoušky,
- prozařovací zkoušky,
- ultrazvukové zkoušky.

18.2 Destruktivní zkoušky

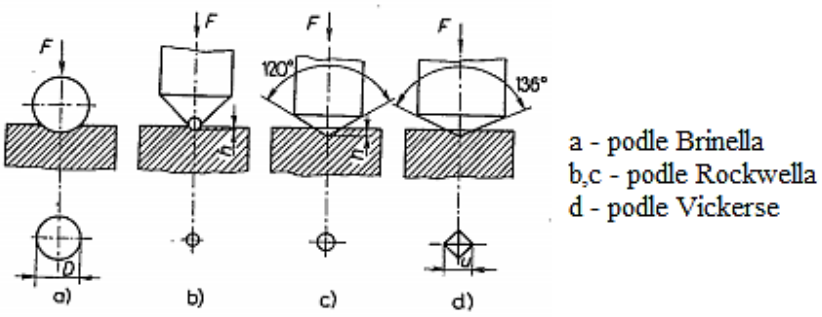
18.2.1 Zkoušky tvrdosti

Tvrdost je definována jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Zkoušky tvrdosti se provádějí podle normy ČSN EN 1043-1. Ze zkoušek tvrdosti se nejčastěji používá zkouška podle

ZKOUŠKY SVARŮ

Vickerse, popř. Brinellova nebo Rockwellova zkouška. Podle tvrdosti lze usuzovat o dalších vlastnostech svarového spoje.

Před vlastním provedením zkoušky se musí odebrat zkušební vzorek ze svaru řezáním. Řeže se kolmo na osu svarového spoje. Vzorek se vybrousí, popř. i vyleptá. Do vzorku se provádějí vtisky, jejich počet a umístění na vzorku musí bezpečně určit oblasti se zvýšenou či sníženou tvrdostí v důsledku svařování. Naměřené hodnoty se porovnávají s přípustnými hodnotami pro daný materiál. V některých případech je možné ve výrobě provádět zkoušky tvrdosti i na svarových spojích bez porušení materiálu. Výsledky jsou ale pouze orientační.



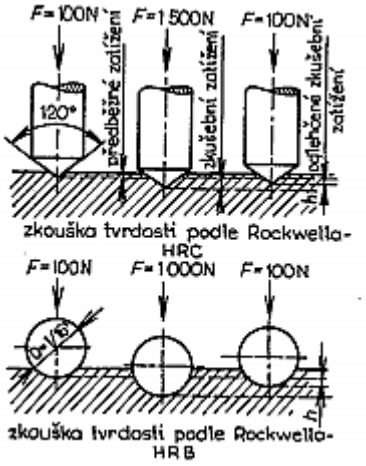
Obr. č. 53 Zkoušky tvrdosti

- **Zkouška tvrdosti podle Vickerse**

Do zkušebního vzorku vniká zkušební tělísko ve tvaru čtyřbokého jehlanu s vrcholovým úhlem 136°. Velikost úhlopříčky vtisku se měří ve dvou kolmých směrech, hodnota tvrdosti se odečte z tabulek. Zatěžující síla bývá od 10 do 1000 N, doba zatížení se volí od 10 do 180 s. Použité zatížení se zapíše např. HV 120.

- **Zkouška tvrdosti podle Brinella**

Do zkušebního vzorku se zatlačuje plynule rostoucí silou ocelová kalená kulička o určitém průměru. Zatížení se volí v závislosti na průměru kuličky. Doba zatížení závisí na druhu zkoušeného materiálu. Na zkušebním vzorku se vytvoří kulovitý vtisk. Měří se průměr vtisku ve dvou kolmých směrech, aby se vyloučily případné nepřesnosti. Tvrdost se označuje např. HB 210 (podle průměru vtisku dle tabulek).



Obr. č. 54 Zkouška tvrdosti podle Rockwella

- **Zkouška tvrdosti podle Rockwella**

Do zkušebního vzorku se zatlačuje diamantový kužel o vrcholovém úhlu 120° nebo ocelová kalená kulička o průměru 1/16‘‘. Měří se hloubka vtisku od určité výchozí polohy. Tvrdost se označuje např. HRC 65. U nás jsou normalizovány tři zkoušky tvrdosti podle Rockwella:

HRA – používá se diamantový kužel, celkové zatížení je 600 N

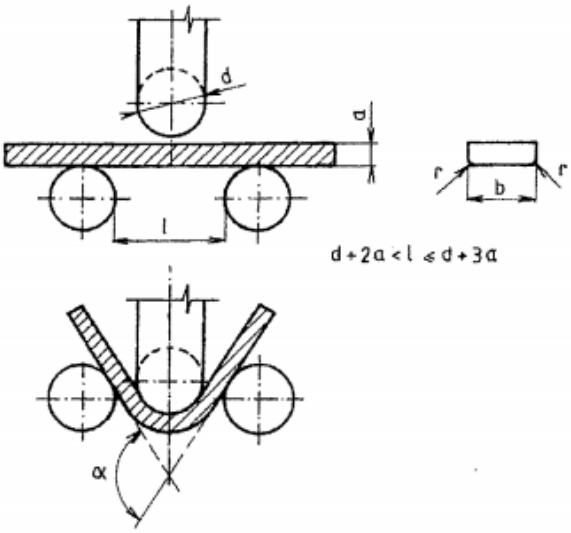
HRB – používá se ocelová kulička, celkové zatížení je 1000 N

HRC – používá se diamantový kužel, celkové zatížení je 1500 N

18.2.2 Zkoušky lámavosti svarů

Tato zkouška se používá ke zjišťování plastických vlastností svarového spoje. Rozměry zkušebních zařízení jsou předepsány normou ČSN EN ISO 5173. Při zkoušce lámavosti se svařovaná zkušební tyč uložená na zkušebních válečcích plynule ohýbá, aby se svar, který je uprostřed tyče, rozevíral. Vady svarového spoje se projeví buď na jeho povrchu, nebo v jeho blízkosti. Zkušební tyče se zatěžují na ohyb trnem předepsaného průměru ze strany kořene i ze strany líce svaru. Zkušební tyče se odebírají ze svarku:

- podélně – ve směru svarového spoje,
- příčně – kolmo na osu svarového spoje.



Obr. č. 55 Podélná zkouška lámavosti

Namáhání zkušební tyče se provádí:

- do doby vzniku trhlin určité velikosti,
- do dosažení předepsaného úhlu ohybu.

Norma se používá spíše pro obloukové svařování.

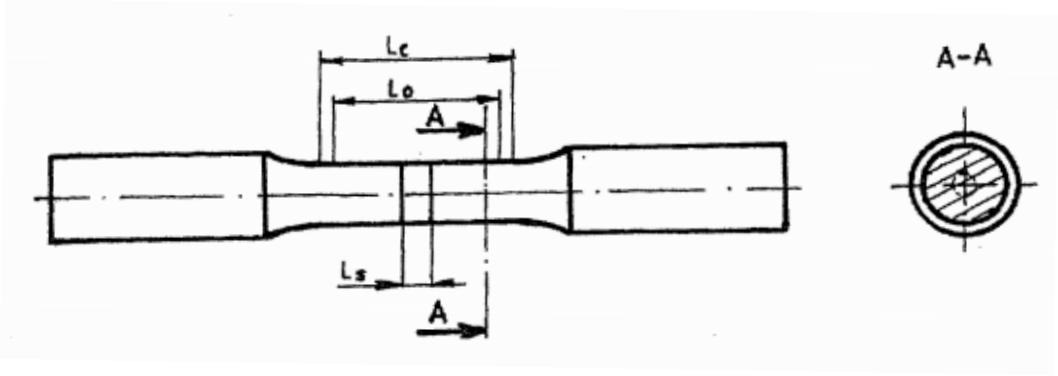
18.2.3 Tahové zkoušky

Při těchto zkouškách je zkušební tyč namáhána tahem až do jejího porušení. Zjišťuje se mez pevnosti tupého svarového spoje. Zkušební tyč je odebírána kolmo na osu svarového spoje tak, aby po

opracování zůstal svarový kov uprostřed tyče. Při odebírání tyče nesmí mechanický nebo tepelný způsob dělení nijak ovlivnit svar a jeho okolí. Zkušební tyče se odebírají ze svarového spoje bez tepelného zpracování nebo po předchozím předepsaném tepelném zpracování.

Z tahové zkoušky je možné kromě meze pevnosti určit další mechanické vlastnosti – mez kluzu, tažnost a kontrakci. Celý průběh zkoušky je zaznamenán v pracovním diagramu. Zkouška se provádí na univerzálních trhacích strojích.

Provedení zkoušky předepisuje norma ČSN EN 895, vlastní zkouška se provádí podle normy ČSN EN 10002-1. Norma stanoví rozměry zkušebních tyčí, způsob jejich odběru ze svarového spoje a způsob zpracování.



Obr. č. 56 Zkušební tyč kruhového průřezu pro tahovou zkoušku

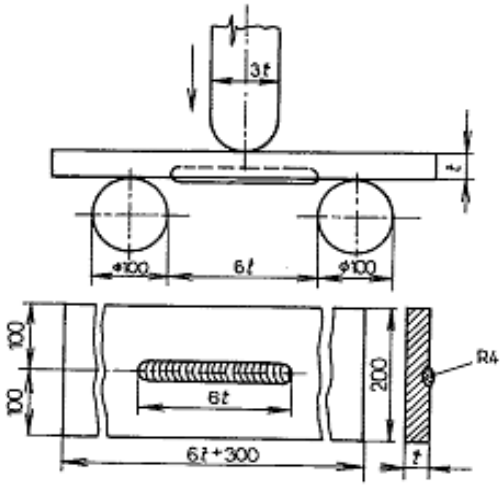
18.2.4 Zkoušky rázem v ohybu

Tyto zkoušky slouží ke zjištění, kolik práce nebo energie je zapotřebí k porušení zkušební tyče, která je opatřena vrubem. Naměřené hodnoty nárazové práce nebo vrubové houževnatosti musí splňovat požadavky příslušných norem.

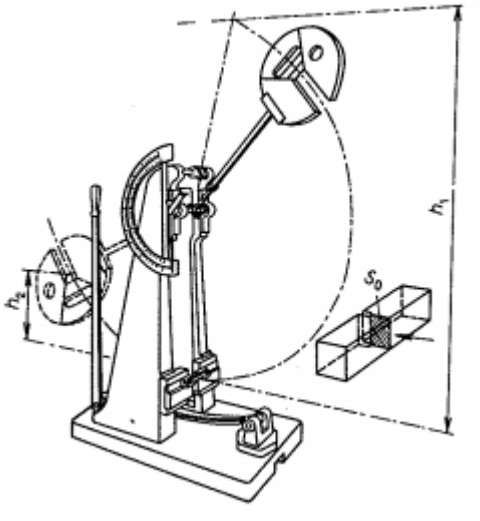
Zkoušky rázem v ohybu jsou předepsány normami ČSN EN 10045-1 a ČSN EN 875. V normách je předepsán samotný průběh zkoušky, umístění zkušebních tyčí ve svarovém spoji, značení zkušebních tyčí případně další doplňující požadavky. Dále je předepsán typ, umístění a orientace vrubu ve svarovém spoji.

Zkouška spočívá v přeražení zkušební tyče rázem Charpyho kyvadlového kladiva. Zkušební vzorek opatřený vrubem a podepřený na obou koncích se přerazí pádem kladiva. Podle výšky vyhoupnutí kladiva po přeražení vzorku se zjistí nárazová práce a podle ní se určí hodnota vrubové houževnatosti.

Příkladem je zkouška nárazová návarová. Zjišťuje se zkřehnutí v tepelné ovlivněné oblasti základního



Obr. č. 57 Zkouška nárazová návarová



Obr. č. 58 Charpyho kyvadlové kladivo

materiálu nebo v okolí svaru. Používá se u tlustých plechů. V ose zkušební desky se provede v daném směru návar v celé délce. Z desky se zhotoví zkušební vzorky. Základní materiál je vyhovující, neklesne-li vrubová houževnatost u žádné z tyčí pod předepsanou hodnotu.

18.2.5 Zkoušky rozlomením

Podstata zkoušek spočívá v tom, že se pozoruje vizuálně povrch lomu po rozlomení spoje ve svarovém kovu. Zjišťuje se vzhled lomové plochy a typy a umístění jednotlivých vad. Zkušební kus bývá bez vrubu nebo s vrubem. Samotné rozlomení zkušebního tělesa může být provedeno:

- dynamicky – rázem, např. kladivem,
- staticky – stlačením ve svěráku, lisu, ohýbacím stroji.

18.2.6 Zkoušky struktury

Jedná se o zkoušky metalografické, zjišťuje se struktura základního materiálu nebo svarového spoje. Doplňují zkoušky mechanických vlastností. Vzorek pro zkoušku se oddělí příčným řezem, který zahrnuje svarový kov i tepelně ovlivněnou oblast po obou stranách. Řezné plochy obrousí, vyleští a vyleptá. Plocha se osvítí a pozoruje při různém zvětšení. Výsledky pozorování se dokladují fotograficky. Tyto zkoušky můžeme rozdělit do dvou skupin:

Zkoušky makrostruktury – pozorování vzorku se provádí vizuálně pouhým okem nebo při menším zvětšení lupou nebo optickým mikroskopem. Při zkoušce se zjišťuje způsob kladení svarových housenek, tvar svaru, provaření kořene svaru, rozsah tepelně ovlivněné oblasti, výskyt vad (trhliny, póry, vměstky atd.).

Zkoušky mikrostruktury – pozorování vzorku se provádí na metalografických výbrusech zkušebních vzorků pomocí optických mikroskopů, které vykazují 50 až 2000 násobné zvětšení. Při zkoušce

se zjišťuje vzhled mikrostruktury, přítomnost základních strukturních složek materiálu (ferit, cementit, austenit, martenzit, perlit, bainit), hranice mezi jednotlivými zrny, rozložení vměstků atd. a to ve svarovém kovu, tepelně ovlivněné oblasti

i v základním materiálu.

18.3 Nedestruktivní zkoušky

18.3.1 Vizuální kontrola

Používají se ke zjišťování povrchových vad (nerovnoměrnosti svaru, převýšení svaru, trhliny, zápaly, vady kořene, apod.) a ověření podmínek pro další nedestruktivní zkoušky (kapilární a magnetická zkouška). Je nejjednodušší kontrolou, používá se téměř vždy. Jedná se o povrchovou kontrolu zrakem nebo jednoduchými optickými přístroji. Kontrola musí být provedena na dostatečně očištěném svaru před dalšími technologickými operacemi. Výsledky této zkoušky jsou důležité a měly by předcházet dalším kontrolám.

Podle použitých kontrolních prostředků se rozlišuje vizuální kontrola:

18.3.1.1 Přímá

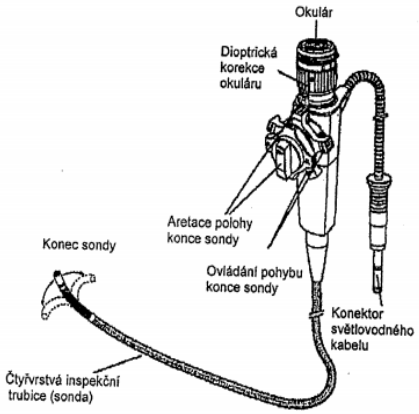
Provádí se pouhým okem nebo pomocí jednoduchých optických pomůcek (lupy). Podmínkou je zaručená dobrá zraková schopnost kontrolora, dostatečné denní osvětlení nebo umělé osvětlení s intenzitou alespoň 500 luxů. Metodu lze použít pouze na dobře přístupném povrchu.

18.3.1.2 Nepřímá

Provádí se pomocí optických nebo optoelektronických přístrojů – endoskopů. Používá se pro kontrolu svarů na špatně přístupných místech z důvodu geometrie (např. vnitřní povrchy svarů v trubkách, na dnech nádob) nebo na místech, které ohrožují zdraví pracovníků (např. chemicky zamořené prostředí).

Endoskopy používané pro kontrolu se podle konstrukce rozlišují:

- **Pevné endoskopy** (Boroskopy) – optický systém je zabudovaný v soustavě pevných trubkových nástavců, jejichž délku můžeme přizpůsobit délce kontrolovaného předmětu. Dále je možné zajistit správný směr pozorování výměnou objektivových a osvětlovacích nástavců. Některé nástavce je možné spojovat v různém sklonu.
- **Ohebné endoskopy** (Fibroskopy) – optický systém se skládá ze svazku jemných skleněných světlovodivých vláken, které přenášejí informace o pozorované ploše. Okulárový výstup umožňuje přímé pozorování, použití fota a videa a celkové počítačové zpracování.



Obr. č. 59 Ohebný endoskop

18.3.2 Penetrační (kapilární) zkouška

Princip zkoušky

Fyzikální princip této zkoušky umožňuje zjišťovat a zviditelňovat jemné povrchové vady, které jsou na povrchu otevřené, aby do nich mohla vniknout vhodná indikační kapalina. Touto zkouškou se zjišťují ve svarovém spoji povrchové trhliny, póry, studené spoje, zápaly, lze zjišťovat i těsnost svarů, hlavně u menších tlouštěk.

Podstata kapilární zkoušky spočívá v tom, že na kontrolovaný povrch se nanese vhodná indikační kapalina, která pronikne do vady. Po odstranění kapaliny z povrchu se na povrch nanese vhodná detekční látka, která nasává indikační kapalinu vlivem kapilárních sil ze štěrbiny a vady se tak zviditelní.

Postup při penetrační zkoušce:

a) Očištění povrchu pro zkoušku, odmaštění, vysušení.

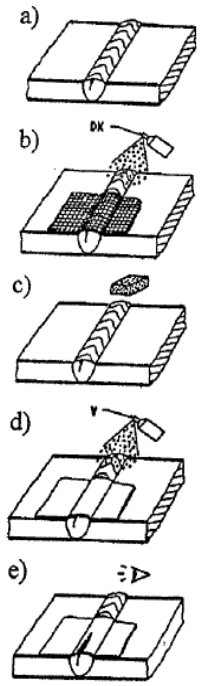
b) Nanesení indikační (penetrační) kapaliny na povrch – natíráním, nástřikem, ponorem. Kapalina se nechá po určitou dobu působit (10 až 30 minut).

c) Odstranění přebytečné kapaliny z povrchu vzorku – provede se mírnou sprchou vody nebo otřením vlhkou houbou. Nesmí dojít k vysátí kapaliny z vady, při nedostatečném odstranění může dojít k chybným indikacím.

d) Vyvolání indikace – provede se nanesením vývojky (detekční látky) na povrch, které se provede suchou cestou (naprášením) nebo mokrou cestou (natíráním, nástřikem, ponorem).

e) Sledování výsledku zkoušky a její vyhodnocení – provádí se vizuálně ihned po nanesení vývojky. Nejprve se projeví indikace vad větších rozměrů, jemnější vady se objeví po delší době.

f) Odstranění všech látek kapilární zkoušky z povrchu – provede se mechanicky (oklepáním, setřením) nebo proudem vody.



Obr. č. 60 Penetrační zkouška

Kapilární zkoušky se podle druhu indikace rozdělují:

- **Metoda barevné indikace** – přítomnost vady se projeví vznikem barevné indikace. Vyhodnocení se provádí na denním světle. Nejjednodušší zkouška je pomocí petroleje zbarveného sudanovou červení. Po nanesení suspenze uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého v acetonu metodou rozprášení se projeví barevná indikace vady s intenzivním červeným zabarvením.

- **Metoda fluorescenční** – zkušební kapalina může být např. fluorescenční olej (směs petroleje, oleje a fluorescenční látky). Vada na povrchu se projeví světélkující indikací při ultrafialovém světle.
- **Metoda dvouúčelová** – použitá penetrační látka obsahuje fluorescenční látku, která je zároveň barvivem. Metoda může být použita jako barevná nebo fluorescenční indikace.

Výhodou penetrační zkoušky je její nenáročnost, nízká cena a snadná indikace vad. Metodu lze použít u všech materiálů magnetických i nemagnetických, lze zkoušet i těsnost nádob.

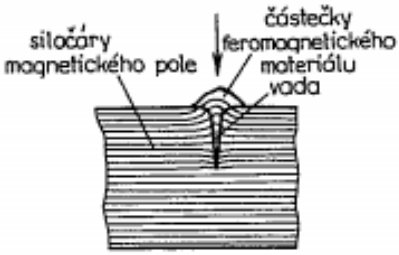
Nevýhodou zkoušky je její nestálost – malé vady mohou po určité době zmizet, velké se mohou rozmazat. Zkoušku lze použít pouze u vad spojených s povrchem, před zkouškou musíme zajistit očištěný hladký povrch.

18.3.3 Magnetická prášková zkouška

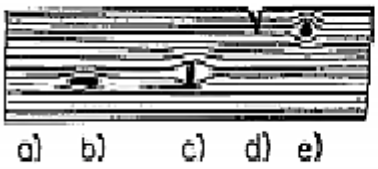
Zkouška se používá ke zjišťování povrchových vad nebo vad, které leží těsně pod povrchem a s povrchem nejsou přímo spojeny. Metoda je založena na registraci rozptylových magnetických polí nad vadami. Nejsou kladeny nároky na přípravu zkoušeného vzorku a na jeho čistotu. Nevýhodou je, že tuto metodu lze využít jen u feromagnetických materiálů, které lze zmagnetizovat. Není ale vhodná pro vysokolegované austenitické oceli.

Princip metody

K indikaci vad se využívá změny magnetického toku, která je vyvolána vadami v kontrolovaném svaru. Ve zmagnetizovaném materiálu vznikne v místě necelistvosti (trhliny) nebo náhlé změny magnetických vlastností rozptyl magnetického toku. Dojde ke zvýšení magnetického odporu, který způsobí deformaci šířícího se magnetického pole. Magnetické siločáry jdou mimo předpokládanou dráhu, vystoupí na povrch feromagnetického materiálu, protože vady nejsou magnetické a siločáry je obchází. K indikaci míst rozptylového toku se využívá suchý feromagnetický prášek nebo detekční kapalina (řídký olej, v němž je prášek rozptýlen), které se nanesou na povrch zkoušeného zmagnetizovaného předmětu. V místě vzniklého rozptylového pole je prášek přitahován (hromadí se) a vytváří zřetelnou stopu, která je obrysem vady. Zjistit lze pouze necelistvosti, které jsou kolmé na směr magnetického pole. Splývá-



Obr. č. 61 Prášková magnetická zkouška



a - místo bez vady
b - podélná vada
c - příčná vada
d - vada vycházející na povrch
e - vada těsně pod povrchem

Obr. č. 62 Průběh magnetických siločar

li směr vady se směrem magnetického pole, vadu nelze zjistit. Lépe se indikují vady v blízkosti povrchu předmětu, u vzdálenější vady od povrchu předmětu rozptyl rychle klesá.

Postup při magnetické zkoušce:

a) Úprava povrchu svaru pro zkoušku – zbavení okují, rzi apod.

b) Zmagnetizování zkoušeného předmětu – směr siločar má být orientován kolmo na předpokládaný průběh necelistvosti.

c) Detekce rozptylového pole – nanesení vhodného detekčního feromagnetického prášku – barevného nebo fluorescenčního.

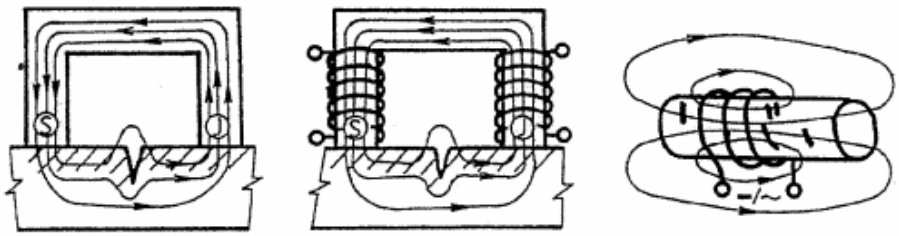
d) Vizuální vyhodnocení necelistvosti.

e) Odmagnetizování zkoušeného předmětu.

Způsoby magnetování

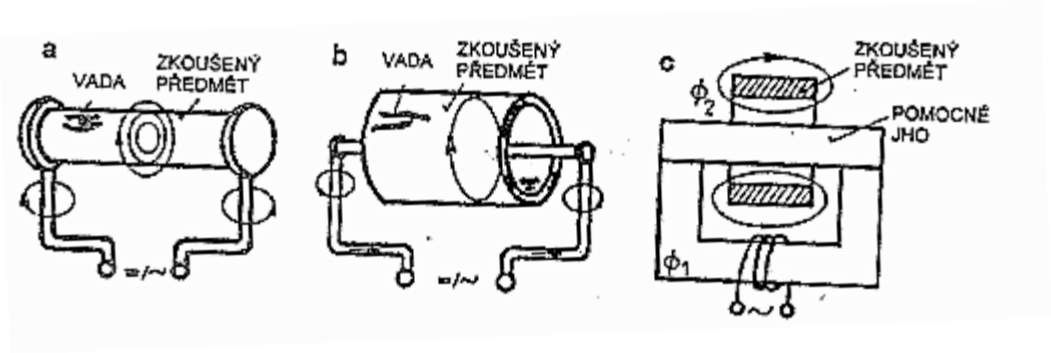
Pro vytvoření rozptylového pole se musí zkoušený předmět ve správném směru zmagnetizovat. Lze to provést pomocí těchto magnetizačních přístrojů:

- **Pólové** – zkoušený předmět se vloží mezi dva póly magnetu, předmět je magnetizován podélně. Indikují se tedy příčné trhliny – kolmé na směr magnetického pole. Používají se permanentní magnety, elektromagnety nebo cívky.



Obr. č. 63 Pólové magnetování

- **Proudové** – zkoušeným předmětem prochází proud, využívá se jeho magnetizačního účinku. U tohoto způsobu se ve zkoušeném předmětu nevytvářejí póly, siločáry jsou uzavřené, jedná se tedy o cirkulární magnetování. Tímto způsobem se indikují podélné necelistvosti.



Obr. č. 64 Proudové magnetování

- **Kombinované** – současně probíhá podélné i příčné magnetizování.
- **Impulsní** – jedná se o zvláštní způsob zmagnetizování, magnetické pole se ve zkoušeném předmětu vytváří proudovým impulzem.

Kromě práškové metody se pro indikaci vad ve feromagnetických materiálech používají ještě metody další:

- Magnetografická metoda.
- Metoda elektroinduktivního snímání rozptylových polí feromagnetickou sondou nebo Hallovou sondou.

18.3.4 Prozařovací zkoušky

Princip:

Pro prozařovací zkoušky se používá zdroj pronikavého záření (rentgenové záření, záření gama, urychlovače). Jedná se o elektromagnetická vlnění s velmi krátkými vlnovými délkami. Při průchodu tohoto záření materiálem dochází k jeho zeslabení. Intenzita záření při průchodu materiálem se snižuje v závislosti na jeho tloušťce, jeho hustotě, chemickém složení a vlnové délce záření. Při průchodu záření kontrolovaným výrobkem dochází k jeho zeslabení. Je-li v materiálu vada, dochází k rozdílnému zeslabení v místě bez vady a v místě s vadou. Prošlé záření se následně zviditelňuje pomocí radiografického filmu, a tak lze stanovit místa, ve kterých se vyskytují vady. V místech bez vad je zeslabení záření menší a na filmu se potom objeví tmavší skvrny.

Podle použitého detektoru můžeme radiologické metody rozdělit na:

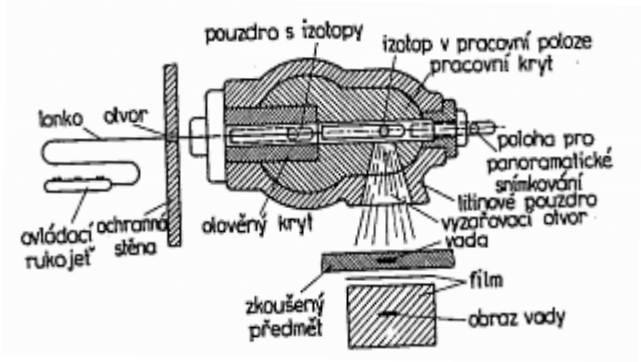
- radioskopické,

- radiografické,
- radiometrické.

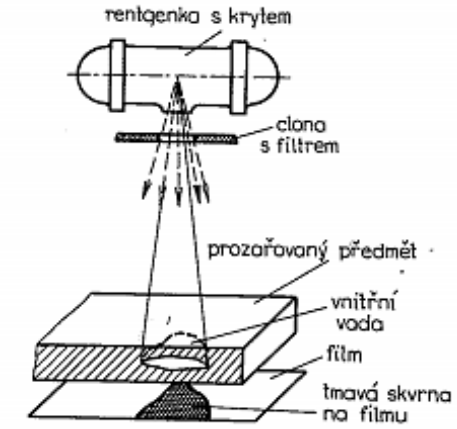
Nejčastěji používaná je radiografická metoda, která je založena na principu zachycení prošlého záření na speciální fotografický film. Tím se získá tzv. radiogram – záznam o obrazu vnitřních vad. Na dokumentu radiogramu jsou vady dobře rozlišitelné.

Druhy záření:

- Záření rentgenové – vzniká prudkým zbrzděním rychle letících elektronů. Podle vlnové délky rozlišujeme záření měkké, střední a tvrdé. Podle délky vln záření vzniká v rentgence, lineárním nebo kruhovém urychlovači.
- Záření gama – je vysíláno radioaktivními prvky při rozpadu jejich atomových jader. Používá se umělých radioaktivních zářičů (radioizotopů).



Obr. č. 65 Zkouška paprsky gama



Obr. č. 66 Zkouška rentgenovými paprsky

Postup při prozařovací zkoušce:

a) Úprava povrchu zkoušeného svaru – odstranění hrubých nečistot, popř. i snížení velké drsnosti povrchu.

b) Uspořádání zkoušky a volba způsobu prozařování – závisí na rozměru a tvaru předmětu a přístupnosti zkoušeného svaru. Svazek záření musí směřovat na střed kontrolované oblasti a musí být kolmý k povrchu.

c) Identifikace a značení prováděné zkoušky – oblasti předmětu se označují značkami, značky jsou zobrazeny na radiogramu, aby se přesně identifikovala zkoušená oblast.

d) Měření jakosti obrazu pomocí radiografických měrek – měrek se používá celá řada, nejpoužívanější jsou měrky drátkové.

e) Provedení expozice – určení intenzity dopadajícího záření.

f) Zpracování filmů a vyhodnocení radiogramu.

18.3.5 Ultrazvukové zkoušky

Princip:

Ultrazvukové zkoušky jsou založeny na šíření podélných a příčných ultrazvukových vln o frekvenci 1 až 10 MHz. Ultrazvuk prochází kovem s malými ztrátami. Dopadá-li svazek ultrazvukových vln na rozhraní dvou prostředí s rozdílnými akustickými vlastnostmi, nastává odraz, průchod nebo lom ultrazvukových vln. Na rozhraní prostředí kov – vzduch nastává téměř stoprocentní odraz. Při zkoušce se měří energie ultrazvuku, která projde materiálem nebo se naopak odrazí od nějakého rozhraní (vady) a vrátí se zpět. K zajištění průchodu ultrazvukových vln mezi sondou a materiálem se musí použít vhodná přechodová látka (voda, vazelína, olej), aby se odstranila vzduchová vrstva, která by bránila vytvoření dokonalé akustické vazby.

Ultrazvuk můžeme použít pouze u materiálů, v nichž se zvuk šíří, aniž by došlo k jeho nadměrnému pohlcování a tlumení a dosah zvukové energie svazku byl malý.

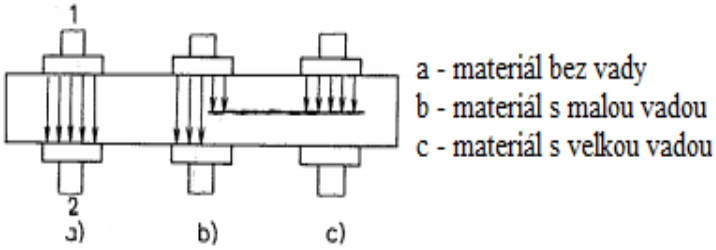
Zdroje ultrazvuku:
Jako zdroje ultrazvukových impulsů se používají ultrazvukové sondy. Generátorem ultrazvukového vlnění v sondách je elektroakustický měnič, který mění elektrický signál na mechanický – ultrazvukový. Používají se měniče piezoelektrické (nejčastěji), magnetostrikční, elektromagnetické a elektroindukční.

Druhy ultrazvukových metod:

- průchodová,
- odrazová,
- rezonanční,
- metoda zviditelnění vnitřních vad.

Pro kontrolu svarů se používají první dvě metody.

18.3.5.1 Průchodová metoda

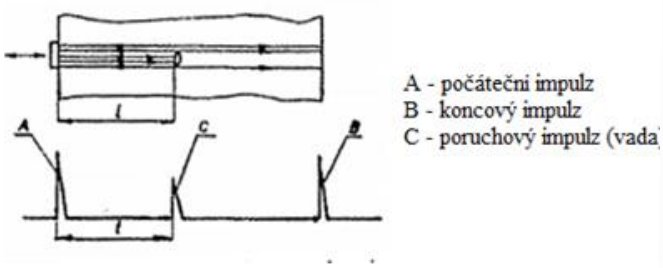


Obr. č. 67 Průchodová metoda

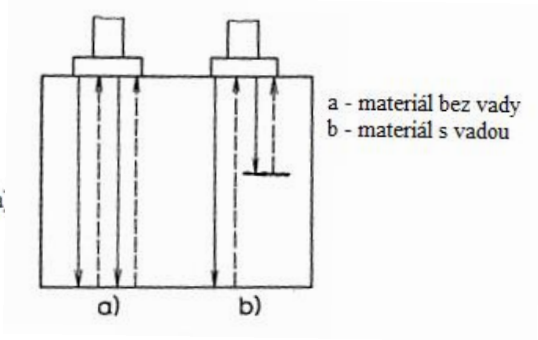
Při této metodě se měří energie ultrazvuku, která projde zkoušeným předmětem. Používají se dvě ultrazvukové sondy – vysílač a přijímač. Umisťují se souose na dvou protilehlých stěnách zkoušeného předmětu. Je-li v materiálu vada, odrazí se vlny od jejího obrysu, do přijímače přichází méně energie a za vadou se vytvoří akustický stín. Vada se zjišťuje porovnáním hodnot energie přijaté materiálem bez vady a s vadou. Metodu lze použít na materiály s rovnoběžnými povrchy přístupné z obou stran. Je vhodná pro materiály menších tlouštěk.

18.3.5.2 Odrazová impulzní metoda

Je nejvíce používanou metodou, je založena na pulzní činnosti. Do kontrolovaného předmětu se vysílají ultrazvukové impulzy, které se odrážejí od všech akustických rozhraní – od povrchu předmětu a jeho vad. Po odrazu v materiálu se ultrazvukové vlny vrátí buď na tentýž, nebo na druhý měnič, který pracuje jako přijímač (jednosondový nebo dvousondový provoz). Časový průběh se zobrazuje na stínítku obrazovky. V okamžiku vyslání ultrazvukového impulzu se na stínítku obrazovky objeví počáteční impulz. Za dobu odpovídající dvojnásobné vzdálenosti vady od sondy se objeví na stínítku poruchový impulz. Zároveň se objeví koncový impulz, který je odražený od protilehlé strany zkoušeného předmětu. Vzdálenost mezi počátečním a koncovým impulzem je úměrný tloušťce zkoušeného předmětu. Vzdálenost mezi počátečním a poruchovým impulzem je úměrná hloubce vady.



Obr. č. 68 Průběh impulzů



Obr. č. 69 Princip odrazové zkoušky

Na rozdíl od průchodové metody stačí, když je přístupná pouze jedna strana svaru. Tato metoda je velmi citlivá, je vhodná pro tlustší materiály nad 10 mm.

18.3.5.3 Rezonanční metoda

Do zkoušeného předmětu se vysílají ultrazvukové vlny o měnící se frekvenci.

18.3.5.4 Metoda zviditelnění vnitřních vad

Ultrazvukové vlnění se vysílá do zkoušeného předmětu spojitě. Na rozdíl od předcházejících metod umožňuje metoda zjistit nejen přítomnost vady, ale i její tvar.

Postup:

a) Úprava povrchu zkoušeného svaru – zbavení rzi, okují, nátěrů, zajištění přiměřené drsnosti povrchu.

b) Volba správného způsobu zkoušky – volí se v závislosti na tvaru svařence a předpokládaných vadách.

c) Volba typu sondy, úhlu sondy, zkušební frekvence a rozměru měniče – ke zkoušce svarů se převážně používají úhlové sondy.

d) Kalibrace ultrazvukového přístroje a sond.

e) Nastavení citlivosti zkoušení – nastavení přístroje tak, aby se v případě jakékoliv necelistvosti objevilo povrchové echo.

f) Nanesení vhodné přechodové látky mezi sondu a materiál – na očištěný povrch se nanáší např. olej, vazelína.

g) Určení šířky kontrolovaného pásma – tj. vzdálenosti mezi dvěma polohami sondy, při zkoušení musí být zachycen celý zkoušený objekt – svarový spoj a tepelně ovlivněná oblast z obou stran.

h) Kontrola materiálu v okolí svaru – základní materiál se zkouší před nebo po svařování přímou sondou.

i) Vyhledávání vad – úhlovou sondou nebo dvojicí sond.

j) Vyhodnocení vad – při odrazové zkoušce se vada projeví na defektoskopu prostřednictvím poruchového echa. Z jeho polohy lze stanovit vzdálenost zjištěné vady. Velikost vady lze vyhodnotit podle velikosti poruchového echa.

19 Předpisy a normy

ČSN 05 0705 – základní kurzy svářečů a zaškolení pracovníků pro svařování.

19.1 Předmět normy

Základní ustanovení této normy jsou kladeny na základní teoretickou a praktickou přípravu svářeče, způsoby provádění a hodnocení zkoušky svářeče a vydání Osvědčení o zkoušce.

Norma platí pro níže uvedené metody tavného svařován, dělení kovů a svařování plastů.

Norma stanovuje zásady pro přípravu a zkoušení svářečů v rozsahu základního kurzu nebo zaškolení pracovníka na určitou jednoduchou svářečskou práci.

Při závěrečné zkoušce musí svářeč prokázat, že má základní odborné a praktické dovednosti a znalosti metody svařování, značení a používání základních a přídavných materiálů, vad svarů a příčin jejich vzniku a platných bezpečnostních předpisů.

Tato norma stanovuje základ pro vzájemné uznávání odborné způsobilosti svářečů zkušebními organizacemi v rozdílných oblastech jejich uplatnění, je platná pouze na území ČR.

Osvědčení o zkoušce se vystavuje na základě výhradní zodpovědnosti zkušebního orgánu nebo zkušební organizace.

Odborná způsobilost svářečů podle této normy neopravňuje svářeče provádět svary, na které jsou kladené specifické požadavky na bezpečnost svařovaných konstrukcí a výrobků podle technických norem a předpisů.

19.2 Definice

Pro tyto účely normy byly použity následující definice a termíny:

ANB – Národní autorizovaná osoba (Authorised National Body), právnická osoba schválená EWF a IIW - metodicky řídí zkušební a certifikační činnost v oblasti svařování a dohlíží na dodržování platných předpisů.

ATB – autorizované výukové místo (svářečská škola).

EWF – Evropská svářečská federace.

IIW – Mezinárodní svářečský institut.

Zkušební organizace – autorizovaná právnická osoba, pověřená prováděním zkušební činností.

Zkušební orgán – pracovník zkušební organizace s odbornou znalostí svařování a s kvalifikací EWE a EWT delegovaný pro zkoušky svářečů.

Svářečská škola – ATB pro svářeče.

Svářecí instruktor – Pracovník s odbornou svářečskou kvalifikací, svářecí praktik (EWP), s pedagogickým minimem a svářečskou kvalifikací dle ČSN EN 287.

Svářecí inženýr (EWE) – pracovník s vysokoškolským vzděláním a diplomem svářecího inženýra, získaným na některé ATB.

Svářecí technolog – (EWT) pracovník s ukončeným středoškolským vzděláním a diplomem svářecího technologa, získaným na ATB.

Svářecí praktik – pracovník s platným svářečským oprávněním dle ČSN EN 287 a diplomem svářečského praktika získaným na ATB.

Svářecí dozor – pracovník odpovědný za výrobní svářečské operace a za činnosti se svařováním souvisejícími, znalosti jsou prokázány výcvikem, vzděláním a odpovídajícími výrobními zkušenostmi.

Svářeč – pracovník, který byl vyškolen v kurzu svařování; odbornost získal absolvováním kurzu a vykonáním příslušné zkoušky, ta má platnost v rozsahu uvedeném na Osvědčení o základním kurzu svařování.

Zaškolený pracovník – pracovník zaškolený na obsluhu svařovacího zařízení nebo konkrétní jednoduchou svářečskou práci; rozsah oprávnění je vymezen a přesně definován, je platný pouze v organizaci, pro kterou bylo školení vykonáno.

19.3 Označení kurzů

19.3.1 Kovy

19.3.2 Metody svařování

111 Obalenou elektrodou

114 Obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranné atmosféry (MOG)

121 Svařování pod tavidlem

131 Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném inertním plynu (MIG)

135 Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném aktivním plynu (MAG)

141 Obloukové svařování wolframovou netavící se elektrodou v inertním plynu (TIG)

15 Plazmové svařování a dělení materiálu

21 Odporové svařování bodové

22 Odporové svařování švové

311 Svařování kyslíko-acetylenovým plamenem

312 Svařování kyslíko-propanbutanovým plamenem

313 Svařování kyslíko-vodíkovým plamenem

71 Aluminotermické svařování

971 Pájení plamenem

19.3.3 Svařované materiály

Materiál	Staré označení	Nové označení
Nelegované a nízkolegované oceli bez předhřevu	W 01	1.1
Korozivzdorné austentické oceli	W 11	8
Hliník a jeho slitiny	W 21	21
Měď a její slitiny	W 31	31
Nikl a jeho slitiny	W 41	41
Titan a jeho slitiny	W 51	51

Příklady nového označení

Dříve	Nyní
ZP 21 – 9 W01	ZP 21 – 9 1.1
ZP 311 – 2 W 01	ZP 311 – 2 1.1
ZK 111 W 01	ZK 111 1.1
ZK 135 W 11	ZK 135 8
ZK 141 W 21	ZK 141 21

19.3.4 Označení zaškolení

1. stehování
2. řezání a drážkování
3. rovnání
4. tepelné zpracování
5. ohřev
6. svařování nízkotavitelných kovů
7. tavení kovů (např. stomatologie)
8. měkké pájení
9. ostatní

20 Označování zkoušek

20.1 Označení kvalifikační zkoušky zaškoleného pracovníka

ČSN 05 0705 – ZP 135 – 1.1 1

ČSN 05 0705 norma, podle které byla provedena zkouška

ZP – zaškolení pracovníka

135 – metoda svařování

1.1 – svařovaný materiál

1 označení zaškolení

20.2 Označení kvalifikační zkoušky účastníky základního kurzu

ČSN 05 0705 – ZK 135 1.1

ČSN 05 0705 norma, podle které byla provedena zkouška

ZK – základní kurz

135 – metoda svařování

1.1 – svařovaný materiál

21 Organizace školení pracovníků ve svařování

Podle této normy platí zásada, že školící organizace (svářečské školy) neprovádějí zkoušení. Zkoušení provádí zkušební organizace (např. Domzo 13).

21.1 Zaškolení pracovníků

Zaškolení pracovníků mohou provádět pouze svářečské školy ve vlastních nebo jiných výukových zařízeních. Zaškolení se provádí podle doporučených osnov.

Zaškolení musí probíhat na pracovišti k tomu účelu odpovídajícím (učebna vybavena pomůckami, pracoviště pro praktickou výuku musí splňovat bezpečnostní normy ČSN 050600 až ČSN 050630).

Zaškolení pracovníků se provádí na konkrétní práce, zařízení, metody, polohu svařování a daný materiál.

V kurzu zaškolení je nutné vést třídní knihu o náplni jednotlivých témat a docházky. Po zkouškách vystaví odpovědný pracovník Protokol o zaškolení, kde je uvedena adresa pořádající organizace, doba konání, jména a podpisy předsedy a členy komise.

21.2 Základní kurzy

Základní kurzy pořádají svářečské školy, které jsou pro tyto kurzy personálně a technicky vybaveny. Svářečská škola musí mít svářecího inženýra nebo technologa, který odpovídá za teoretickou i za praktickou část kurzu a dále svářecího praktika s příslušnou svářecí zkoušku, který vede praktickou přípravu kurzů. Svářečská škola vede archivaci a evidenci dokumentů o školení a zkoušení účastníků.

Zřizovatel svářečské školy je povinen zajistit samostatnou dílnu s pracovišti pro výcvik v příslušných metodách svařování, splňujících podmínky norem ČSN 05 0600 a ČSN 05 0601, a pro teoretickou přípravu s příslušným didaktickým vybavením.

21.3 Rozšíření oprávnění základního kurzu

Svářeč se základním kurzem může svoji odbornost rozšířit o svařování dalších materiálových skupin v dané metodě svařování absolvováním doplňkového kurzu. Svářeč absolvuje teoretický a praktický výcvik zkrácený o učební látku z teorie a praxe, kterou absolvoval v základním kurzu. Doplňkový kurz absolvuje ve svářečské škole podle stejných zásad jako v základním kurzu a vykoná zkoušku v plném rozsahu jako při základním kurzu. Svářečská škola musí vést třídní knihu se seznamem účastníků kurzu, ve které se zapisuje účast a náplň jednotlivých výukových hodin. Každá hodina musí být v třídní knize rozepsána vyučujícím.

22 Zkoušky

22.1 Všeobecně

Při zkouškách je na pracovišti pouze jeden pracovník. Ve svařovně se v době zkoušek nesmí vykonávat žádná jiná činnost. Zkušební vzorek musí být svařen v době, která odpovídá podmínkám ve výrobě pro svar obdobného typu a velikosti. Účastník kurzu odevzdá svar k vizuální kontrole čistý, bez strusky a rozstřiku. Není povoleno jakkoliv upravovat konečný vzhled krycí vrstvy nebo kořene svaru broušením nebo pilníkem bez souhlasu zkušebního orgánu.

Zkušební tělesa pro praktickou zkoušku svářečů plastu je možné zhotovit v průběhu kurzu se souhlasem zkušebního orgánu a ručením odpovědného technologa svářečské školy. Při pochybnostech může zkušební orgán určit doplňkové zkušební svary pro jednotlivé účastníky.

Pokud svářeč zjistí ojedinělou vadu ve svaru, předloží zkušební vzorek k posouzení zkušebnímu orgánu.

U nevyhovujících zkoušek, teoretických a praktických, rozhodne zkušební orgán o rozsahu a termínu opravné zkoušky.

Protokol o zkoušce obsahuje hodnocení všech částí zkoušky. Teoretická a praktická zkouška se hodnotí prospěl nebo neprospěl.

Na základě vyhovujícího výsledku zkoušky obdrží každý absolvent kurzu doklad o vykonané zkoušce. Záznam o zkoušce potvrdí zkušební orgán svým podpisem a razítkem.

22.2 Zaškolení svářečských pracovníků

Zkoušky po absolvování školení jsou teoretické a praktické. Při teoretické zkoušce musí pracovník prokázat znalosti ze souvisejících předpisů o bezpečnosti práce při svařování nebo řezání a základní znalosti o zařízení, jeho obsluze, základní znalosti o svařovaném matriálu , vzniku vad a jejich příčinách. Při praktické zkoušce musí pracovník prokázat zvládnutí obsluhy zařízení a metody svařování v základní poloze (PA, PB) pole ČSN EN ISO 6947. Velikosti a rozměr zkušebního vzorku určí zkoušející podle prováděného druhu zaškolení. Vyhodnocení se provádí vizuální kontrolou podle ČSN EN 970. Podmínky vyhodnocení vad musí být v souladu s normou ČSN EN 25817, popřípadě ČSN EN 30042. Pracovník vyhověl zkoušce, jestliže vady nalezené na svařeném zkušebním vzorku jsou v mezích stanovených pro stupeň jakosti D.

Zkoušky se skládají před komisí, které předsedá svářečský dozor firmy (EWT nebo EWE). Členové komise jsou pracovníci, jmenovaní svářečským dozorem firmy, a tvoří ji nejčastěji bezpečnostní technik a svářečský praktik (instruktor svařování).

O vykonaných zkouškách vydá svářečská škola nebo pořádající organizace účastníkům, kteří úspěšně vykonali zkoušky, Osvědčení o zaškolení a Průkaz zaškoleného pracovníka. V případě dalšího zaškolení a vykonání další zkoušky se vydá další Osvědčení a nový Průkaz zaškolení pracovníka.

22.3 Základní kurz

Zkoušky po absolvování základního kurzu se skládají z teoretické a praktické části. Dozor nad svařováním a zkoušením vykonává zkušební orgán dohodnutý smluvními stranami.

V teoretické zkoušce musí absolvent kurzu, s přihlédnutím na druh kurzu, prokázat znalosti zejména v těchto oblastech:

- značení svaru na výkresech,
- rozsah oprávnění pro svařování a jeho platnost,
- vady ve svarech a příčiny jejich vzniku,
- zásady technologie svařování,
- zásady označování základního a přídavného materiálu,
- obsluha svařovacího zařízení,
- svařovací zařízení a jeho příslušenství,
- předpisy související s bezpečností práce při svařování.

Podrobnější požadavky na teoretické zkoušky jsou uvedeny v doporučených osnovách pro jednotlivé typy kurzů vydaných ANB.

Praktická zkouška je vedena v souladu s technologickým postupem a praktickým výcvikem ve svářečské škole pro příslušný materiál a metodu svařování. Zkušební vzorky je nutno označit tak, aby byla zabezpečena identifikace svářeče po jeho vyhotovení. Zkušební vzorky označí taky zkušební orgán.

22.4 Technologické podmínky svařování kovů

Při zkoušce svařování elektrickým obloukem (např. metoda 111), zavaří svářeč koutové svary na plechu v poloze PB (vodorovná šikmo shora) a v poloze PF (svislá nahoru). Svářeč smí svařovat pouze elektrodami kyselými, rutilovými, bazickými elektrodami a jejich kombinacemi.

Svářeč plamenem (metoda 311) svařuje tupé svary na plechu v poloze PA a PF a koutové svary na plechu v poloze PB a PF metodou vpřed a trubky v poloze PH a PC (vodorovná) metodou vzad (kořenovou i další vrstvy).

Svářeč v kurzu pro metodu MAG (135) smí při zkoušce používat ochranný plyn CO_2 nebo směsný plyn.

Svářeč je povinen provést v každé vrstvě minimálně jednou nastavení svarové housenky. Konečný vzhled nesmí upravovat pilníkem, bruskou nebo plamenem bez souhlasu zkušebního orgánu. Zkušební vzorek však musí očistit od rozstřiku, strusky, okují kartáčem a u svařování plamenem hořákem.

22.5 Posuzování zkoušky v základním kurzu

Zručnost svářeče posuzuje zkušební orgán v průběhu svařování zkušebních vzorků. Pokud zjistí, že svářeč nemá základní znalosti ze svařování nebo svévolně porušil podmínky zkoušky, je svářeč vyloučen z dalších zkoušek.

22.6 Vyhodnocení vzorků při svařování kovových materiálů

Svařené kovové vzorky se posuzují vizuální kontrolou a koutové spoje se zkoušejí rozlomením u vzorků se sílou stěny rovnou nebo větší než 6 mm. Zkušební kus se hodnotí podle kritérií, která jsou platná pro jednotlivé vady.

22.7 Hodnocení praktické zkoušky

Jsou-li na zkušebním kusu překročeny nejvyšší přípustné hodnoty vad, svářeč při zkoušce nevyhověl.

Zkušební orgán posoudí každý zkušební vzorek a výsledek zapíše do zkušebního protokolu. Do zkušebního protokolu zaznamenává zkušební orgán také hodnocení teoretické. Pokud jsou všechna hodnocení vyhovující, zapíše zkušební orgán hodnocení prospěl. V opačném případě neprospěl.

Zkušební protokol podepisuje zkušební orgán, svářecí inženýr nebo technolog školy a instruktor.

22.8 Opravná zkouška

Pokud svářeč nevyhověl, má právo zkoušku opakovat 2x, a to vždy do tří měsíců od poslední zkoušky. Pokud pracovník nevyhověl z teorie, musí se v určeném termínu podrobit opakování teoretické zkoušky. Pokud nevyhověl z praktické části zkoušky, může zkoušku opakovat po přiměřeném zácviku ve svářečské škole v rozsahu, který určí zkušební orgán.

Druhou opakovací zkoušku musí pracovník opakovat v plném rozsahu.

Pokud pracovník nevyhoví v celém rozsahu závěrečné zkoušky, musí pro získání požadované kvalifikace opakovat celý kurz.

23 Rozsah oprávnění a platnost zkoušky

23.1 Obecně

Úspěšně vykonaná zkouška v rámci školení opravňuje zaškoleného pracovníka provádět pouze práce uvedené v rozsahu oprávnění a ve firmě, pro kterou bylo zaškolení provedeno.

Úspěšně vykonaná zkouška, kterou svářeč vykonal v rámci základního svářečského kurzu svařování, opravňuje svařovat pouze v rozsahu osnov základního kurzu.

Zkoušky vykonané v rámci základního svářečského kurzu nebo zaškolení neopravňuje provádět svary, kde je předepsaná vyšší kvalifikace ČSN EN 287.

23.2 Metoda svařování

Každá zkouška platí jen pro jednu metodu svařování. Změna metody svařování vyžaduje novou zkoušku.

23.3 Platnost Osvědčení o zaškolení pracovníka

Osvědčení o zaškolení pracovníka platí pouze za podmínek, při kterých bylo provedeno, pro práce uvedené v rozsahu oprávnění a ve firmě, pro kterou bylo zaškolení provedeno. Každá změna podmínek vyžaduje zkoušku novou (např. změna svařovacího materiálu). Platnost Osvědčení je možné prodloužit po doškolení a přezkoušení z bezpečnostních předpisů. Dokladem o vykonání přezkoušení a tím i prodloužení Osvědčení je, potvrzené svářečským dozorem nebo pověřeným pracovníkem. **V případě, že se svářeč nedostaví k doškolení a přezkoušení do čtyř let, musí udělat novou zkoušku. V případě, že se svářeč nedostaví do šesti let, musí opakovat celý kurz a původní zkouška pozbývá platnosti.**

23.4 Platnost Osvědčení o základním kurzu

Platnost Osvědčení o základním kurzu platí dva roky na den, kdy byla zkouška vyhodnocena jako vyhovující. **Platnost zkoušky lze prodloužit po doškolení a přezkoušení z bezpečnostních předpisů.** Dokladem o vykonání přezkoušení a tím i prodloužení zkoušky je Osvědčení o doškolení a přezkoušení svářeče, zaškoleného pracovníka potvrzené svářečským dozorem nebo pověřeným pracovníkem. *V případě, že se svářeč nedostaví k doškolení a přezkoušení do čtyř let, musí vykonat zkoušku novou v rozsahu zkoušky po ukončení základního kurzu.* V případě, že se **svářeč nedostaví do šesti let, musí opakovat kurz** a původní zkouška pozbývá platnosti.

Na základě úspěšně vykonaných zkoušek vystaví pověřený pracovník protokol o provedeném zaškolení a vystaví Osvědčení o zaškolení a Průkaz zaškoleného pracovníka.

23.5 Základní kurz – protokol o zkoušce

Na základě zkušebního listu je vystaven Protokol o zkoušce, který je podkladem pro vystavení Osvědčení o základním kurzu svařování a zápisu do svářečského průkazu. Protokol podepisuje svářecí orgán, svářecí technolog, vedoucí svářečské školy a instruktor svařování.

Třídní knihu, potvrzení lékaře od jednotlivých účastníků kurzu, písemné práce, vyhodnocení testů a další doklady archivuje svářečská škola minimálně 6 let. Originál protokolů o zkoušce se archivuje minimálně 10 let.

23.6 Osvědčení o základním kurzu svařování

Na základě protokolů o zkoušce vystaví příslušná zkušební organizace Osvědčení o základním kurzu, které musí obsahovat číslo, označení kurzu, jméno a příjmení svářeče, rodné číslo a místo narození, číslo svářečského průkazu, název svářečské školy, kde byl kurz vykonán, rozsah oprávnění a datum zkoušky.

Osvědčení podepisuje zkušební orgán nebo zástupce svářečské školy.

23.7 Průkaz odborné kvalifikace (svářečský průkaz)

Svářeč, který absolvuje první kurz, obdrží Průkaz odborné kvalifikace svářeče. Zkušební orgán zapíše do tohoto průkazu označení kurzu, číslo osvědčení, datum platnosti a zápis určí svým razítkem a podpisem. Zástupce svářečské školy zapíše do svářečského průkazu a záznam podepíše. V případě dalších zkoušek se zkoušky nové zapisují do příslušné části průkazu odborné kvalifikace.

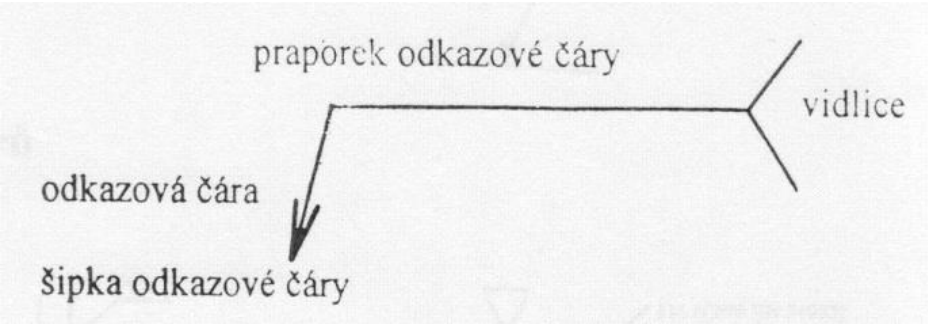
Průkaz odborné způsobilosti svářeče slouží pouze k evidenci vykonaných zkoušek a není dokladem o platnosti zkoušek.

Každý ukončený základní kurz, zaškolení a přezkoušení musí být evidováno a příslušné doklady archivovány.

23.8 Zrušení svářečské školy

Při zrušení nebo likvidaci svářečské školy jsou všechny příslušné archivované dokumenty předány do archívu příslušné zřizující organizace, nástupnické školy nebo zkušební organizace, se kterou byla svářečská škola smluvně vázána.

24 ČSN EN 22553 svarové a pájené spoje – označování na výkrese



- **praporek odkazové čáry** (nad, pod nebo z obou stran),
- **ve vidlici praporku odkazové čáry** se mohou uvést údaje o zhotovení svaru (metoda svařování, přídavný materiál, požadavky na kvalifikaci svářeče, požadavky na kvalitu svaru apod.),
- **praporek odkazové čáry** (nad, pod nebo z obou stran).

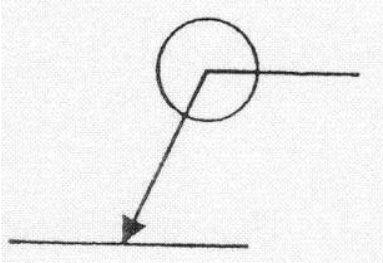
Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka	Svar	Zobrazení	Značka
I			W			švový		
V			U			bodový		
1/2 V			1/2 U			děrový		
Y			lemový			oblý V		
1/2 Y			koutový			oblý 1/2 V		

24.1 Doplňující značky

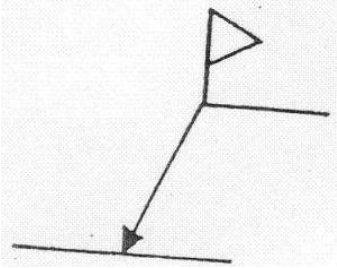
Doplňující značky nás informují o tvaru povrchu, mohou přikazovat obrobení přechodů svaru, vydrážkování kořene nebo svařovat na podložku, která zůstane trvalou součástí svaru.

Tvar povrchu spoje	Značka
a) Plochý	—
b) Převýšený	⌒
c) Vydutý	⌣
d) Opracované přechody	
e) Přivařená podložka	M
f) Odnímatelná podložka	MR

Obr. č. 70 Doplňující značky svarů

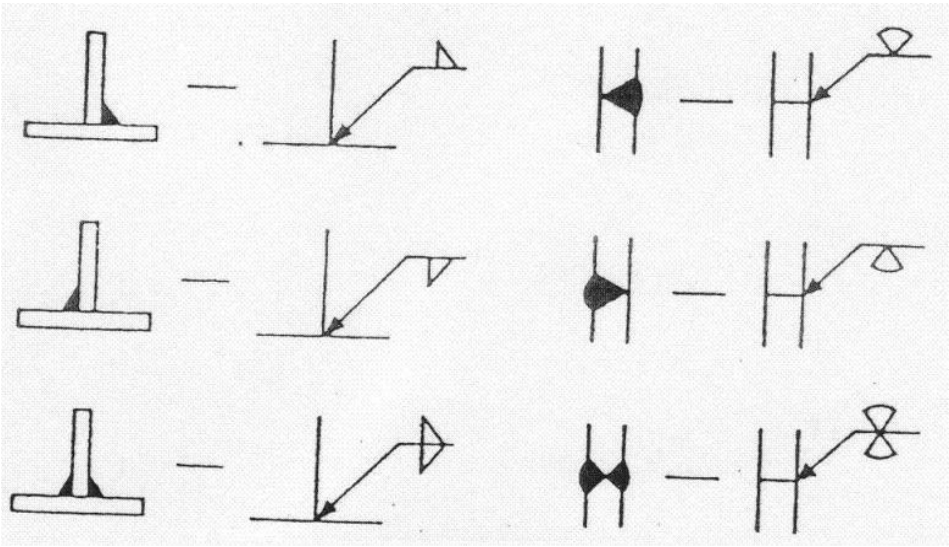


Obvodový svar



Montážní svar

Obr. č. 71 Označení obvodového a montážního svaru

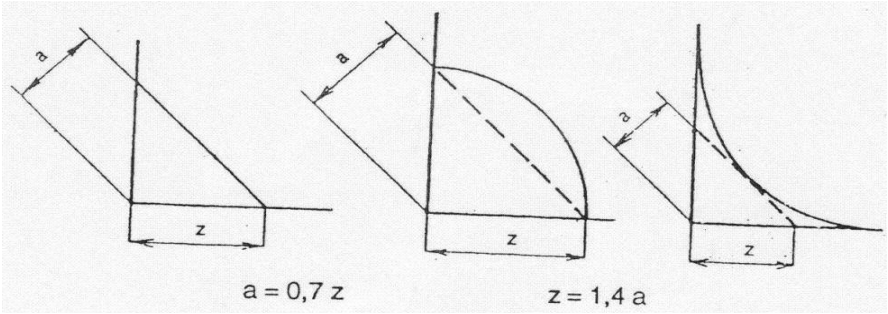


Obr. č. 72 Příklady umístění značek svaru

24.2 Velikost svarů

U *tupých svarů* se vyžaduje provaření celého průřezu, jeho charakteristickým rozměrem je tloušťka materiálu.

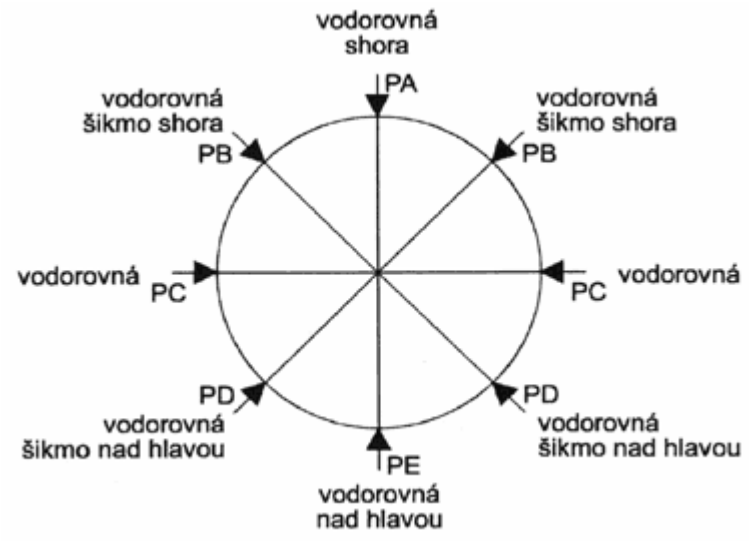
U koutových svarů je velikostí svaru výška ***z*** nebo odvěsna ***a*** pomyslného trojúhelníka vepsaného do průřezu svaru.



Obr. č. 73 Velikost svarů

24.3 Polohy svařování

ČSN EN ISO 6947 – Polohy svařování



Označení polohy	Pojmenování	*Popis*
PA	vodorovná shora	*Vodorovný směr svařování, svislá osa svaru, krycí vrstva nahoře*
PB	Vodorovná šikmo shora	*Vodorovný směr svařování, krycí vrstva směrem šikmo nahoru*
PC	vodorovná	*Vodorovný směr svařování, vodorovná osa svaru*
PD	Vodorovná šikmo nad hlavou	*Vodorovný směr svařování krycí vrstvy směrem šikmo dolů*
PE	Vodorovná nad hlavou	*Vodorovný směr svařování, nad hlavou svislá osa svaru, krycí vrstva dole*
PF	Svislá nahoru	*Svislý směr svařování zdola nahoru*
PG	Svislá dolů	*Svařování nahoru k vrcholu svaru*
PH		*Svařování trubky zdola nahoru*
PJ		*Svařování trubky z vrchu dolů*
H-L 045	Svařování nahoru k vrcholu svaru	*Směr svařování nahoru a úhlem sklonu 45^0*
J-L 060	Svařování od vrcholu svaru dolů	*Směr svařování dolů a úhlem sklonu 60^0*

PŘEDPISY A NORMY

Literatura a informační zdroje

- ORSZÁGH, P., ORSZÁGH, V.: Zváranie MIG/MAG ocelí a neželezných kovov. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo vedeckej literatury a časopisov, 2000. 460 s. ISBN 80-88780-36-5.
- ROUBÍČEK, M., PILOUS, V.: Vliv ochranných plynů na vlastnosti svarového při svařování nelegovaných konstrukčních ocelí metodou 135 – MAG. [online]. [cit. 25. března 2009]. <www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/mag_svarovani49124.pdf>.
- ONDREJČEK, P.: Zváranie ocelí v ochrane plynov. Bratislava: FMTA, 2003. 202 s. ISBN 80-968359-5-5.
- MINAŘÍK, V.: Obloukové svařování. 1. vyd. Praha: Scientia, 2007. 241 s. ISBN 80-01-00345-0.
- BARTÁK, J., KOVAŘÍK, R., PILOUS, V. et al.: Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory. Ostrava: ZEROSS, 2002. 418 s. ISBN 80-85771-97-7.
- PILOUS Václav. Materiály a jejich chování při svařování, Vydal: ŠKODA WELDING s.r.o. Tř. E. Beneše 27, 316 00 Plzeň, 2009.
- KUDĚLKA, V.: Normy a předpisy II, Brno: TDS Brno, 1999. 33 s.
- KUNCIPÁL, Josef.: Teorie svařování. Praha: SNTL, 1986.
- BOTHE, Otakar.: Strojírenská technologie II. Praha: SNTL, 1980.
- ZEMAN, Rostislav.: Základní kurz svařování metodou 311. Ostrava: ZEROSS, 2012.
- ZEMAN, Rostislav.: Technologie svařování a zařízení. Ostrava: ZEROSS, 2001.
- KOUKAL, Jaroslav a ZMYDLENÝ, Tomáš. Svařování I. Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0870-6.
- DOLEJSKÝ, Tomáš. Základní kurz svařování MIG/MAG, Svářečské nakladatelství ZEROSS 2013.
- TAUŠ, Jaroslav. Příprava svářečů k úředním zkouškám, SNTL 1982.
- KOUKAL, Jaroslav a ZMYDLENÝ, Tomáš. Svařování I. Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0870-6.
- LEINVEBER, Jan – VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky, ALBRA 2006.
- HLUCHÝ, Miroslav – BENEŠ, Josef. Strojírenská technologie pro SPŠ nestrojnické, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1981.
- Foto/ Bartoňová Renáta/ firma Porgest.
- Obrázky/ Bartoňová Renáta a uvedená literatura.
- http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TMSV/zkousky_svaru_ndt.pdf
- http://fpe.zcu.cz/kmt/kat/Download/mttga/zkousky_mat_a_svaru.pdf