evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Plazmové řezání

Výukový materiál

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

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.07/03.0027
Tvorba elektronických učebnic

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 Bezpečnostní ustanovení 7
1.1 Svářečské oprávnění 8
1.1.1 Oprávnění ke svařování 8
1.1.2 Platnosti svářečského oprávnění 8
1.2 Bezpečnostní ustanovení v provozu svařovny 8
1.2.1 Nebezpečí při svařování 8
1.2.2 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem 8
1.2.3 Nebezpečí popálení 9
1.2.4 Nebezpečí rozstřiku kovů a úlomků strusky 9
1.2.5 Nebezpečí svářečského aerosolu 9
1.2.6 Záření 9
1.2.7 Hluk 12
1.2.8 Mikroklimatické podmínky 12
1.3 Svařování se zvýšeným nebezpečím 13
1.3.1 Písemný příkaz k vykonávání prací se zvýšeným nebezpečím 13
1.3.2 Bezpečnostní opatření pro práci v těsných a uzavřených prostorech. 13
1.3.3 Bezpečnostní opatření pro svařování v potrubích, v zařízeních a v znečis. nádobách.. 14
1.3.4 Bezpečnostní opatření pro práce v prostorech s nebezpečím výbuchu a požáru. 14
1.3.5 Bezpečnostní opatření pro práce v nádobách, zařízeních a potrubích pod tlakem. 14
1.3.6 Bezpečnostní opatření pro práce v prostředí s nevyhovujícím ovzduším 15
1.3.7 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím záření 15
1.3.8 Bezpečnostní opatření pro práce v neúnosných mikroklimatických podmínkách 16
1.3.9 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím hluku 16
1.4 Příslušenství na plyn 16
1.4.1 Obsluha láhví a jejich příslušenství 16
1.4.2 Přeprava a uskladňování láhví 18
1.4.3 Hadice 19
1.5 Svářecí pracoviště a jeho provoz 19
1.5.1 Údržba a oprava zařízení určeného pro svařování 20
1.6 Bezpečnostní ustanovení pro svařování elektrickým obloukem 20

OBSAH

1.6.1 Ochrana před úrazy elektrickým proudem 20
1.6.2 Ochrana před úrazem způsobeným úlomky strusky a rozstřikem kovů 22
1.6.3 Ohrožení zdraví škodlivinami 22
1.6.4 Zvýšené nebezpečí při úrazu elektrickým proudem 22
1.6.5 Provoz svářecích zařízení 22
1.6.6 Oprava a údržba svářecích zařízení 23
1.7 Podmínky požární bezpečnosti 23
1.7.1 Podmínky před zahájením svařování 23
1.7.2 Opatření proti vzniku a šíření požáru 24
1.7.3 Podmínky po skončení svařování 24
1.8 Svářečská pracoviště 24
1.8.1 Požadavky na přilehlé prostory 25
2 Nauka o materiálu 26
2.1 Úvod 26
2.2 Struktura a složení oceli 26
2.3 Rovnovážný diagram železo-karbid železa 27
2.4 Rozdělení a značení ocelí 29
2.4.1 Podle ČSN 42 0002 29
2.4.2 Podle ČSN EN 10027-1 (ČSN EN 10027-2) 33
2.5 Svařitelnost ocelí s ohledem na obsah uhlíku a tloušťku základního materiálu 39
2.6 Stupně svařitelnosti 40
2.7 Určení obsahu uhlíku u jednotlivých tříd ocelí 40
2.8 Tepelné zpracování oceli 41
2.9 Tepelně ovlivněná oblast při svařování a závar 41
3 Zařízení pro plazmové řezání 42
3.1 Princip 42
3.2 Vznik plazmy 42
3.3 Použití plazmy 43
3.4 Řezání plazmou 43
3.5 Výhody a nevýhody plazmového řezání 44
3.6 Zařízení pro plazmové řezání 45

OBSAH

3.7 Metody plazmového řezání ... 1
3.8 Používané plyny ... 46
3.9 Příklady plazmového řezání ... 47
3.10 Plazmové řezání ve firmě Porgest ... 48
4 Technologie plazmového řezání ... 50
4.1 Technologie řezání ruční plazmou ... 50
5 Předpisy a normy ... 51
5.1 Předmět normy ... 51
5.2 Definice ... 51
5.3 Označení kurzů ... 52
5.3.1 Kovy ... 52
5.3.2 Metody svařování ... 52
5.3.3 Svařované materiály ... 53
5.3.4 Označení zaškolení ... 53
6 Označování zkoušek ... 54
6.1 Označení kvalifikační zkoušky zaškoleného pracovníka ... 54
6.2 Označení kvalifikační zkoušky pro účastníky základního kurzu ... 54
7 Organizace školení pracovníků ve svařování ... 55
7.1 Zaškolení pracovníků ... 55
7.2 Základní kurzy ... 55
7.3 Rozšíření oprávnění základního kurzu ... 55
8 Zkoušky ... 56
8.1 Všeobecně ... 56
8.2 Zaškolení svářečských pracovníků ... 56
8.3 Základní kurz ... 57
8.4 Technologické podmínky svařování kovů ... 57
8.5 Posuzování zkoušky v základním kurzu ... 58
8.6 Vyhodnocení vzorků při svařování kovových materiálů ... 58
8.7 Hodnocení praktické zkoušky ... 58
8.8 Opravná zkouška ... 58
9 Rozsah oprávnění a platnost zkoušky ... 59

OBSAH

9.1 Obecně 59
9.2 Metoda svařování 59
9.3 Platnost Osvědčení o zaškolení pracovníka 59
9.4 Platnost Osvědčení o základním kurzu 59
9.5 Základní kurz – protokol o zkoušce 59
9.6 Osvědčení o základním kurzu svařování 60
9.7 Průkaz odborné kvalifikace (svářečský průkaz) 60
9.8 Zrušení svářečské školy 60
10 Svarové a pájené spoje 61
10.1 Označování na výkrese 61
10.2 Doplňující značky 61
10.3 Velikost svarů 63
10.4 Polohy při svařování 64
Literatura a informační zdroje 66

1 Bezpečnostní ustanovení

Dle norem:

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

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

Norma k bezpečnostním požadavkům na svařování, navařování, tepelné dělení materiálu při použití svářecích zařízení.

ČSN 050630 - Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro obloukové svařování.

Norma 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 bezpečností při svařování.

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

Bezpečnostní ustanovení

1.1 Svářečské oprávnění

1.1.1 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 (mladší 18 let) s platným dokladem odborné způsobilosti.

1.1.2 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.

1.2 Bezpečnostní ustanovení v provozu svařovny

1.2.1 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.

1.2.2 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Úrazu je nutné zabránit vyloučením dotyku pracovníka s živými součástmi zařízení, pokud je napětí 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.

Bezpečnostní ustanovení

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

1.2.3 Nebezpečí popálení

Při svařování je nutné používat osobní ochranné prostředky.

Musíme zkontrolovat místo svařování, zjistit, zdali nejsou přítomny hořlavé látky a zabezpečit předepsanou ochranu osob.

1.2.4 Nebezpečí rozstřiku kovů a úlomků strusky

Je 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). Porušené osobní ochranné prostředky je nutné vyřadit.

1.2.5 Nebezpečí svářečského aerosolu

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

Škodliviny nesmí procházet dýchací zónou svářeče, což zabezpečíme umístěním správné polohy sacích nadstavců.

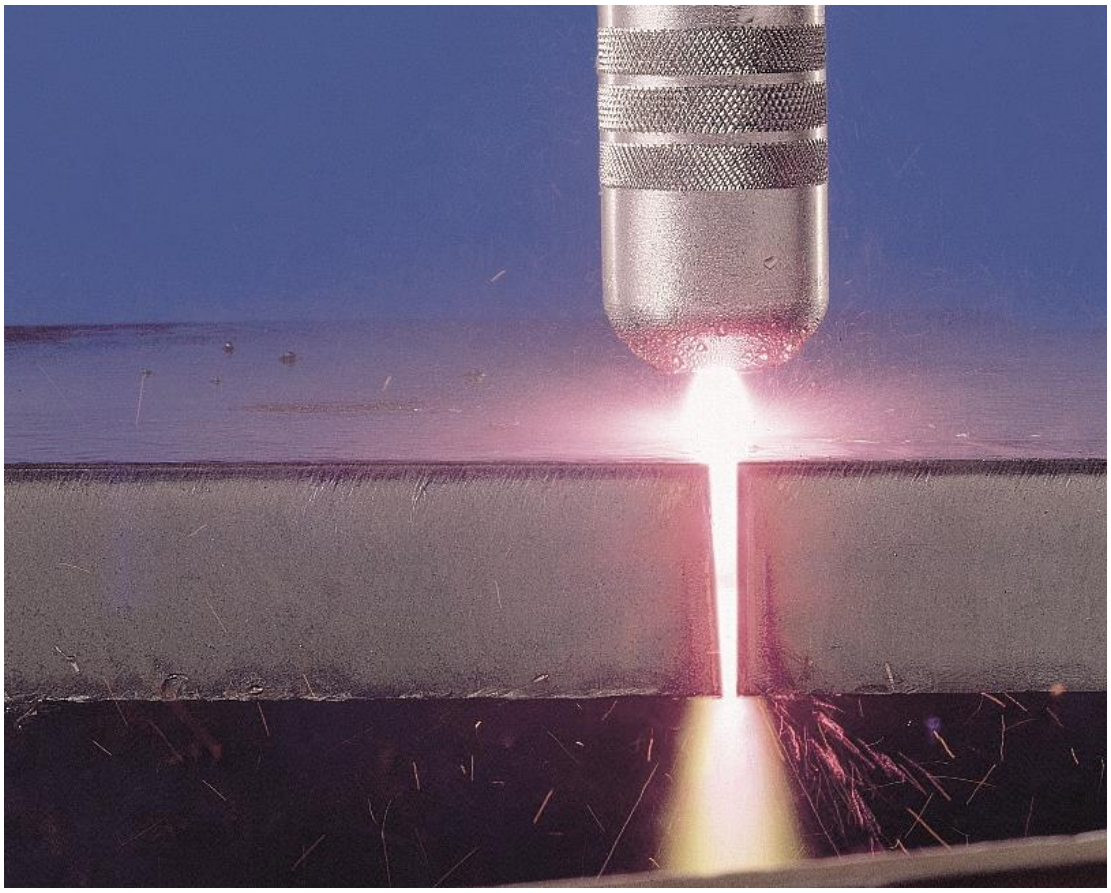
Zákaz přivádět kyslík do dýchacího prostoru svářeče a k místu svařování.

1.2.6 Záření

Abychom zamezili nebezpečí 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 nízkohořlavého materiálu.

Bezpečnostní ustanovení



Obr. č. 1 Záření a rozstřik z plazmového řezání

Bezpečnostní ustanovení

Obr. č. 2 Ochranné pracovní prostředky (svářecí kukla a rukavice)

Obr. č. 3 Porušené OOP

1.2.7 Hluk

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

1.2.8 Mikroklimatické podmínky

Do mikroklimatických podmínek patří:

- vhodný oděv,
- prostředky proti šíření tepla (clony, kryty, závěsy).

Bezpečnostní ustanovení

Obr. č. 4 Zástěny

1.3 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), pokud jde o práci se zvýšeným nebezpečím.

1.3.1 Písemný příkaz k vykonávání prací se zvýšeným nebezpečím

Provádět práce se zvýšeným nebezpečím je možné jen na základě písemného příkazu a po doplněných bezpečnostních opatřeních. Pokud se změní podmínky práce nebo pracovníci, musí být vystaven příkaz nový.

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

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

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

Při opakovaném výkonu prací se zvýšeným nebezpečím, které jsou uvedeny v písemném příkazu, se v něm uvedené stává pracovní postupem.

1.3.2 Bezpečnostní opatření pro práci v těsných a uzavřených prostorech.

Zvýšené nebezpečí otravy a zadušení je nutné v prostoru zabezpečit odsáváním a přívodem čerstvého vzduchu.

Rozbor ovzduší je potřeba udělat bezprostředně před začátkem prací a po pracovní přestávce. Musí se udělat opatření k tomu, aby koncentrace plynů, par a prachu nedosáhla nebezpečné hodnoty (otravy a zadušení).

Bezpečnostní ustanovení

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 z tohoto prostoru vyproštěný.

Druhý pracovník se zdržuje mimo prostor a je v případě ohrožení svářeče schopen zasáhnout. Pokud 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 zařízením, potrubím nebo nádobami, u kterých nelze identifikovat jejich obsah, musí být zacházeno tak, jako by měly nebezpečný obsah.

1.3.3 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.

1.3.4 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 a hořlavé látky musíme odstranit ve svařovaných nádobách, potrubích a zařízeních, aby nedošlo k vzplanutí.

Při delší odstávce musíme zabránit vytvoření výbušné směsi.

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

a) v průběhu svařování a při jeho přerušení

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

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

Nutná přítomnost alespoň 2 osob. Ochrana svářeče musí být na takové úrovni, aby byl svářeč v případě nebezpečí snadno vyproštěn 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.

S nádobami, zařízeními a potrubími, které obsahovaly neidentifikovatelný obsah média, je nutné 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 a hořlavé látky musíme odstranit ve svařovaných nádobách, potrubích a zařízeních, aby nedošlo k vzplanutí.

Při delší odstávce musíme zabránit vytvoření výbušné směsi.

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

a) v průběhu svařování a při jeho přerušení

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

1.3.6 Bezpečnostní opatření pro práce v prostředí s nevyhovujícím ovzduším

Zvýšené nebezpečí otravy a zadušení musí být v prostoru zabezpečeno odsáváním a přívodem 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 (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 z tohoto prostoru bez problému vyproštěn.

Druhý pracovník se zdržuje mimo prostor a je v případě ohrožení svářeče připraven zasáhnout. Vyžaduje-li to situace, musí být přítomen další pracovník.

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

Se zařízeními, potrubím a nádobami, u nichž nelze zjistit jejich obsah, se musí zacházet tak, jako by měly nebezpečný obsah.

1.3.7 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 pokožky 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 mezi skutečnou a nejvýše přípustnou hodnotou záření,

e) pro vysokofrekvenční záření – kombinací expozice (střídáním svářečů nebo zkrácením času svářečských prací).

1.3.8 Bezpečnostní opatření pro práce v neúnosných mikroklimatických podmínkách

Před začátkem každého svařování je nutné udělat následující opatření:

a) upravit režim odpočinku a svařování,

b) zregulovat mikroklimatické podmínky během svařování,

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

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

1.3.9 Bezpečnostní opatření pro práce se zvýšeným nebezpečím hluku

Před začátkem každého svařování je nutné udělat následující opatření:

- používat osobní ochranné prostředky na ochranu sluchu (špunty do uší, sluchátka),
- nesmí se překračovat nejvyšší přípustná hluková zátěž, což zabezpečuje:
  a) střídání pracovišť s rozdílnou hladinou hluku,
  b) střídání svářečů v délkových intervalech svařování.

1.4 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).

1.4.1 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, zda jsou uzavřené ventily na hořáku a je 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!

Bezpečnostní ustanovení

Láhvové ventily a příslušenství se ochraňují 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 nepovolaných osob.

Prázdné láhve se musí 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 pevně dotahujeme.

Obr. č. 5 Ochranný klobouček láhve

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

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

Bezpečnostní ustanovení

1.4.2 Přeprava a uskladňování láhví

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

Obr. č. 6 Láhev a její uchycení proti pádu

Pokud máme pochybnosti o vhodnosti plynu v láhvi, vrátíme ji 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 o větším počtu 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 stanoven evakuační plán.

Jestliže jsou láhve vystaveny 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.

1.4.3 Hadice

Používáme jen pro typ plynu, pro který jsou vyrobeny.

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

Hadice chráníme proti mechanickému poškození a 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:

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

1.5 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 na něm být nebezpečný materiál.

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

Před začátkem svařování si 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. 7 Zajištění svářecího zařízení

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 vznikají při svařování.

1.5.1 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.

1.6 Bezpečnostní ustanovení pro svařování elektrickým obloukem

1.6.1 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 s následným kontaktem elektrického proudu.

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

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

Bezpečnostní ustanovení

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

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

Pokud jsou v místě svařování kovové předměty umístěné tak

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

musí se zabránit kontaktu osob s elektricky vodivými 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.

Jestliže 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 dodrženy tyto zásady:

1. Připojení ochranného vodiče na svařovaný předmět je možné prostřednictvím stejné svorky, jakou je připojený svářecí vodič, nebo svorkou jinou v její těsné blízkosti.
2. Průměr ochranného vodiče musí být minimálně stejný jako průřez svářecího kabelu.
3. Nesmí dojít k neúmyslnému dotyku svářecího nástroje s láhví na plyn.

Pokud je svarek umístěn 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 pro případ nehody zabezpečit rychlé odpojení ohrožených zdrojů od zdrojů kolizi způsobujících.

Jednoznačně identifikovatelné musí být svářecí zdroje a jejich kabely.

Pokud se svařuje s více zdroji s jednosměrným svářecím proudem, musí být svářecí nástroje připojeny 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 s více zdroji 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.

1.6.2 Ochrana před úrazem způsobeným úlomky strusky a rozstřikem kovů

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).

1.6.3 Ohrožení zdraví škodlivinami

Intenzita elektrického proudu a způsob svařování jsou závislé na stupni ochrany svářečských štítů a svářečských kukel.

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.

1.6.4 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 umístěn 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 platí zvláštní bezpečnostní předpisy pro trvale se opakující práce (technologický postup). Pokud je svářeč prokazatelně seznámen s tímto postupem, není nutný příkaz pro práci se zvýšeným nebezpečím.

Láhve se nesmí nacházet v proudové smyčce kabelů, které vedou elektrický proud.

1.6.5 Provoz svářecích zařízení

Obloukové svářečky musí být zabezpečené proti samovolnému posunutí. Musí být zapojeny jen do připojovacích zásuvek, které jsou ověřeny provozovatelem. V prostorách zvýšeného nebezpečí nesmíme umísťovat obloukové svářečky.

Před zasunutím vidlice je povinností svářeče provést kontrolu zásuvky a vidlice, izolace na přívodech a vodičů svařovacího proudu i jejich spojek.

Před uvedením svářečky do provozu se musí svářeč přesvědčit o neporušenosti izolace držáku elektrody nebo svářecího hořáku. Musí 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. Výměnu wolframové elektrody nebo svářecího drátu provádíme vždy bez napětí svářecího zdroje.

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

Svářeč nesmí mít během svařování ovinuté kabely kolem těla.

Pokud svářečku přemísťujeme, hlavní kabel musí být odpojený od zdroje proudu.

1.6.6 Oprava a údržba svářecích zařízení

Svářecí zařízení musí být ochráněna před účinky vody (práce na volném prostranství). Zařízení, na kterém se pracuje, musí být uloženo v suchém a málo prašném prostředí.

Pokud bylo zařízení v půlroční nečinnosti, musí být před uvedením do provozu svářecí zařízení přezkoušeno pověřeným údržbářem.

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

Svářecí kabely a přívody musí svářeč denně před začátkem svářečských prací prohlédnout. 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 umístěny v suchu.

1.7 Podmínky požární bezpečnosti

1.7.1 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 prostor, použitých zařízení a materiálů, reagujících na požárně bezpečnostní opatření,

d) stanovit požadavky na účastníky svařování vyžadující zvláštní požárně bezpečnostní opatření 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.

1.7.2 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 hasebními 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.

1.7.3 Podmínky po skončení svařování

Kontrola požární bezpečnosti svářecího pracoviště a přilehlých prostorů a zajištění požárním dohledem (min. 8 hodin) v intervalech, které vyžaduje bezpečnost.

a) Požární dohled je vykonáván osobou předem určenou.

b) Tato osoba má písemně stanovena práva a povinnosti.

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

1.8 Svářečská pracoviště

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

Svářečské pracoviště zabezpečujeme:

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

Bezpečnostní ustanovení

1.8.1 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 zabezpečena tak, aby nedocházelo k jejich pohybu.

c) Svařovací materiál se na pracovišti ukládá tak, aby nedošlo k 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 vyznačit bezpečnostním značením.

g) Při svařování v prostorách od 2 m výšky je nutné ochránit pracoviště 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 tehdy, když je připraven k práci a zaujal pracovní polohu.

2 Nauka o materiálu

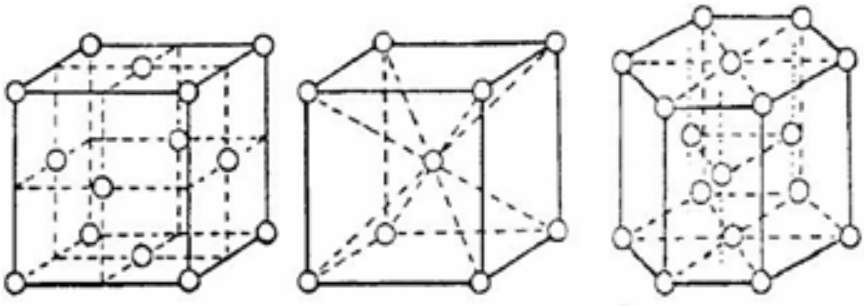
2.1 Úvod

V této části jsou uvedeny základní informace o materiálech vhodných ke svařování, zejména oceli. 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.

2.2 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. 8 Druhy krystalografických mřížek
plošně centrovaná prostorově centrovaná šesterečná

Dalším nezbytným prvkem v oceli je **uhlík C**, vyskytuje se v něm např. jako **grafit**, nebo **cementit** (Fe_3C). 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.

2.3 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:

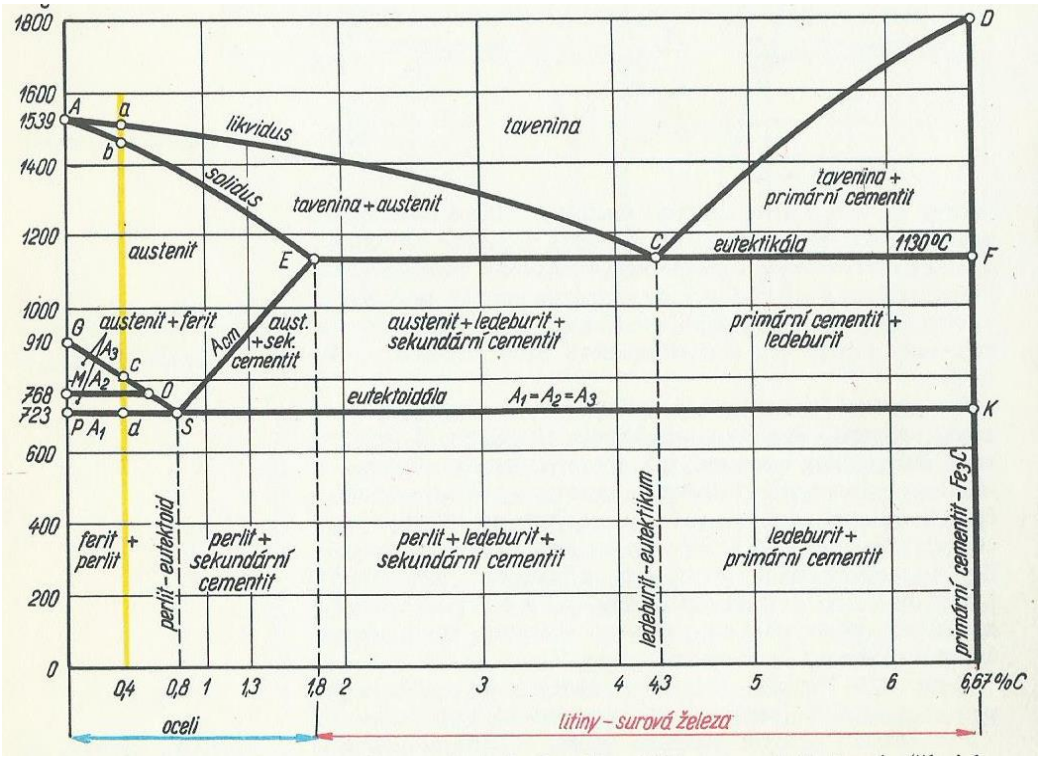
- na litinu podeutektickou **do 4,3 % C,**
- na litinu eutektickou s přesným obsahem **4,3 % C,**
- na litinu nadeutektickou **nad 4,3 % C.**

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 A_3,
- **křivka** SE, čára segregační A_{cm},
- **čára** ECF, eutektikála,
- **čára** MO, slitiny železa a uhlíku ztrácejí magnetičnost,
- **čára** PSK, eutektoidála A_1.

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

- **Austenit** je tuhý roztok uhlíku v železe gama **Feγ**, je obsažen v ocelích uhlíkových a nízkolegovaných při teplotách A_1, u některých vysocelegovaných ocelí s vysokým obsahem uhlíku C, má světlešedou barvu, měkký, houževnatý, tvárný, nemagnetický, vhodný pro tváření za tepla.
- **Ferit** je 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** Fe_3C 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.

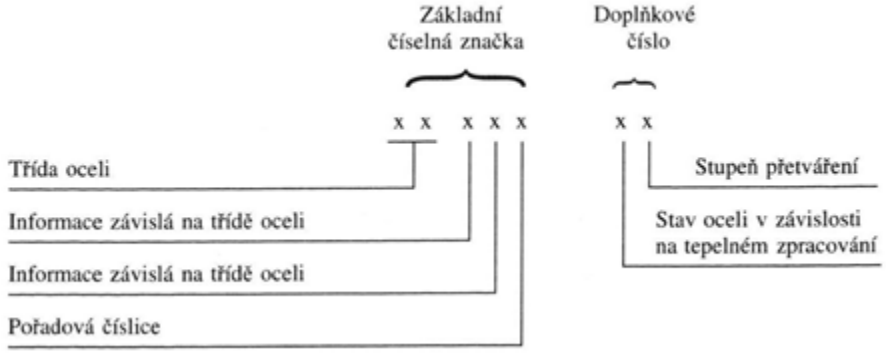


Obr. č. 9 Rovnovážný diagram Fe – Fe_3C

2.4 Rozdělení a značení ocelí

2.4.1 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.

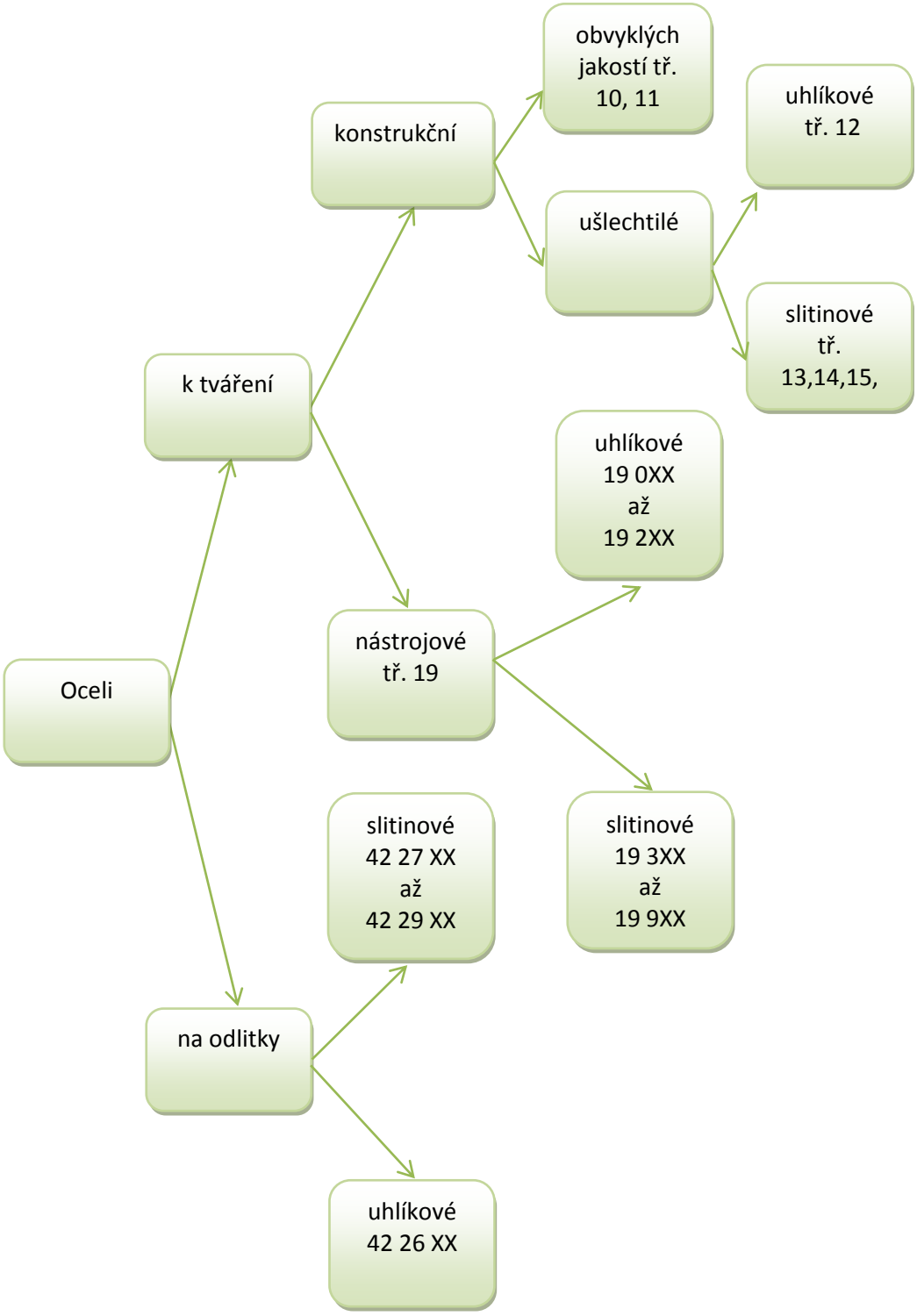


Obr. č. 10 Označení oceli dle ČSN 42 0002

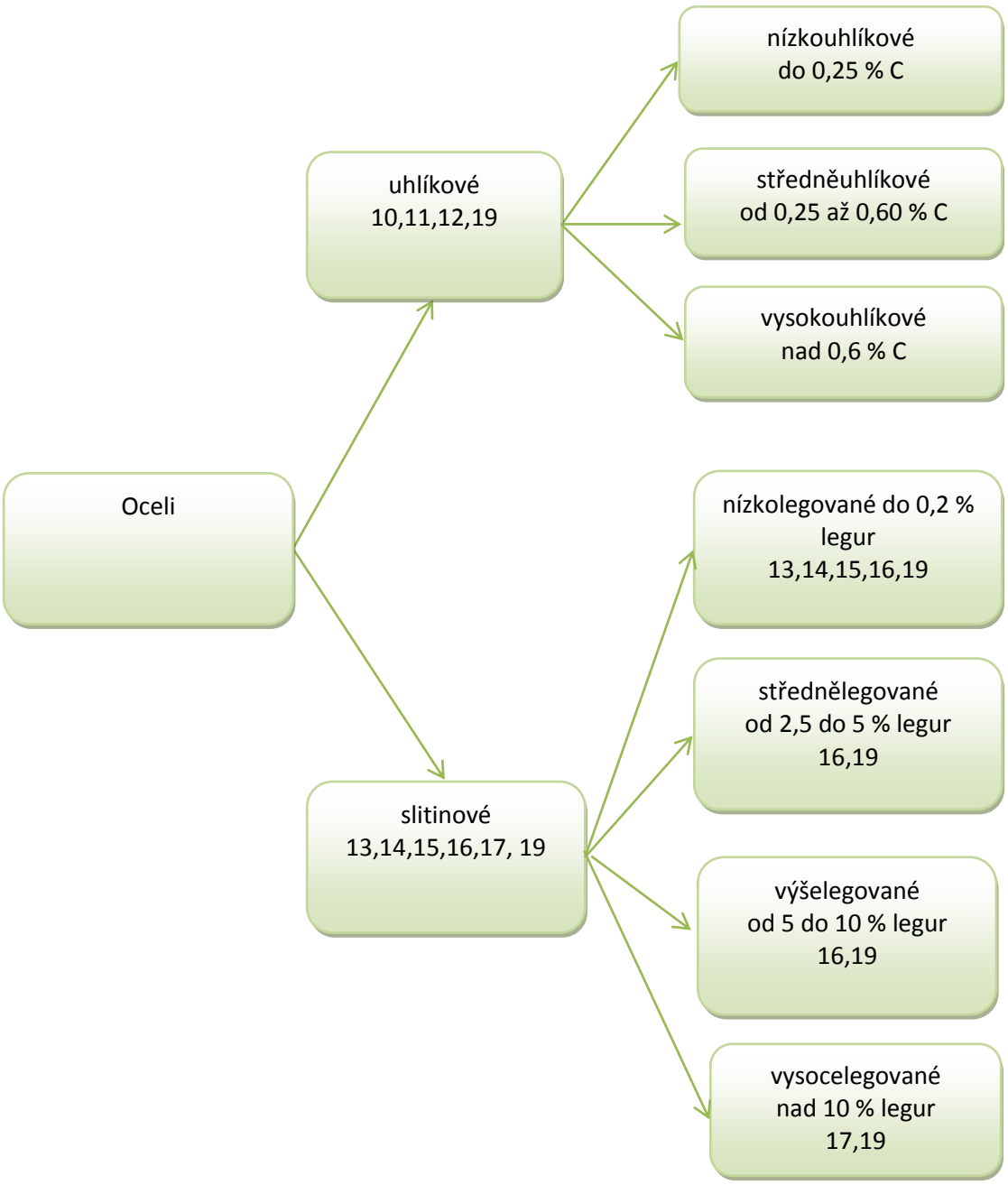
První číslice v základní značce je vždy **1** a označuje tvářenou ocel. Druhá číslice ve spojení s první označuje třídu oceli. Třetí, čtvrtá a pátá číslice ve značce se různí dle třídy oceli. První doplňková číslice určuje stav oceli (druh tepelného zpracování) a druhá doplňková číslice určuje stupeň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

Třída oceli	Oceli podle použití	Oceli podle stupně legování		Charakteristika oceli
10	konstrukční	nelegované		předepsané hodnoty mechanických vlastností, chemické složení není předepsáno
11				předepsané hodnoty mechanických vlastností a obsah C, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků
12				předepsaný obsah C, Mn, Si, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků
13		legované	nízkolegované	legovací prvky: Mn, Si,Mn-Si, Mn-V
14				legovací prvky: Cr, Cr-Al, Cr-Mn, Cr-Si, Cr-Mn-Si
15				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			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			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
		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. 11 Označení oceli podle ČSN



Obr. č. 12 Rozdělení oceli podle použití

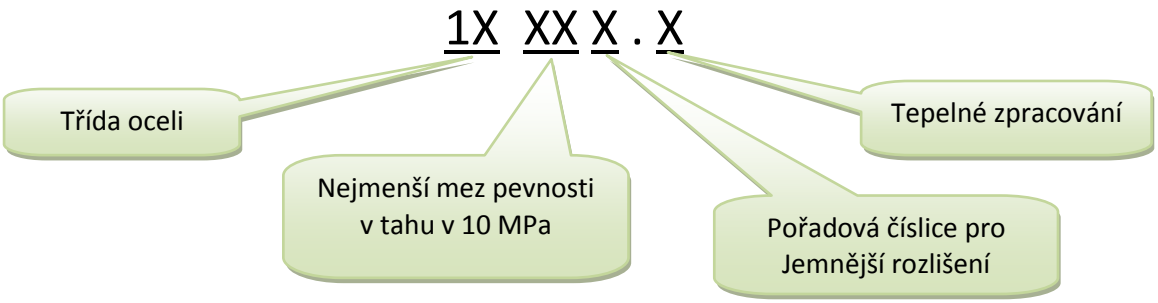


Obr. č. 13 Rozdělení ocelí podle chemického složení

Nauka o materiálu

Značení ocelí vhodných ke svařování

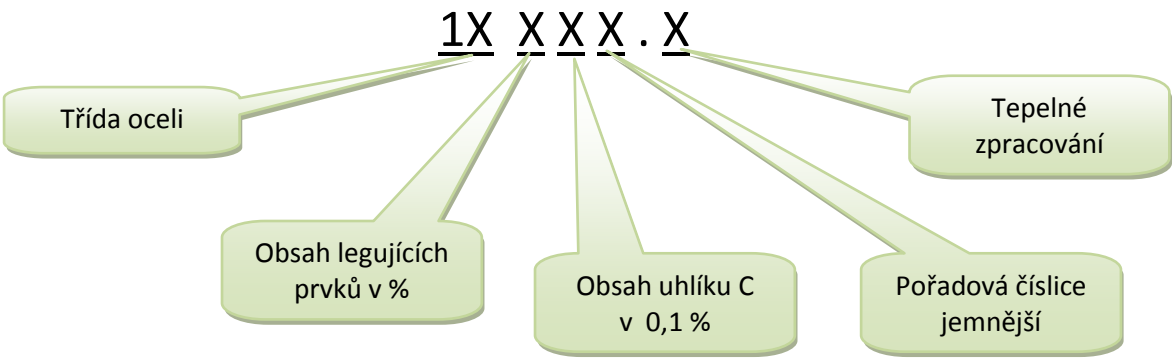
Třída 10 a 11



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 uvedena 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.

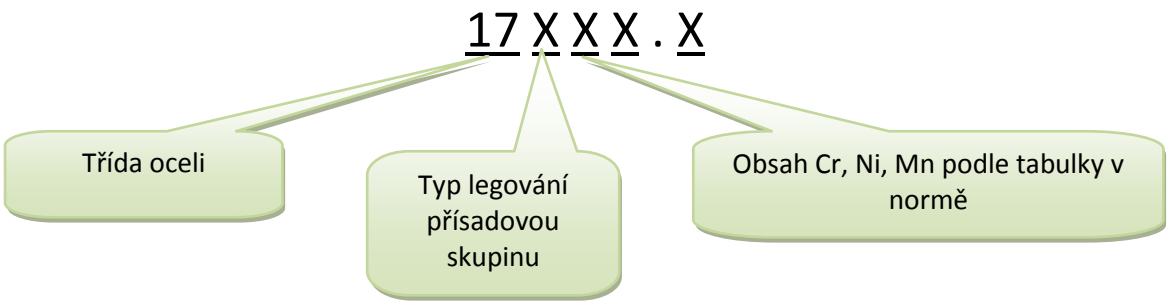
Třída 12 až 16



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.

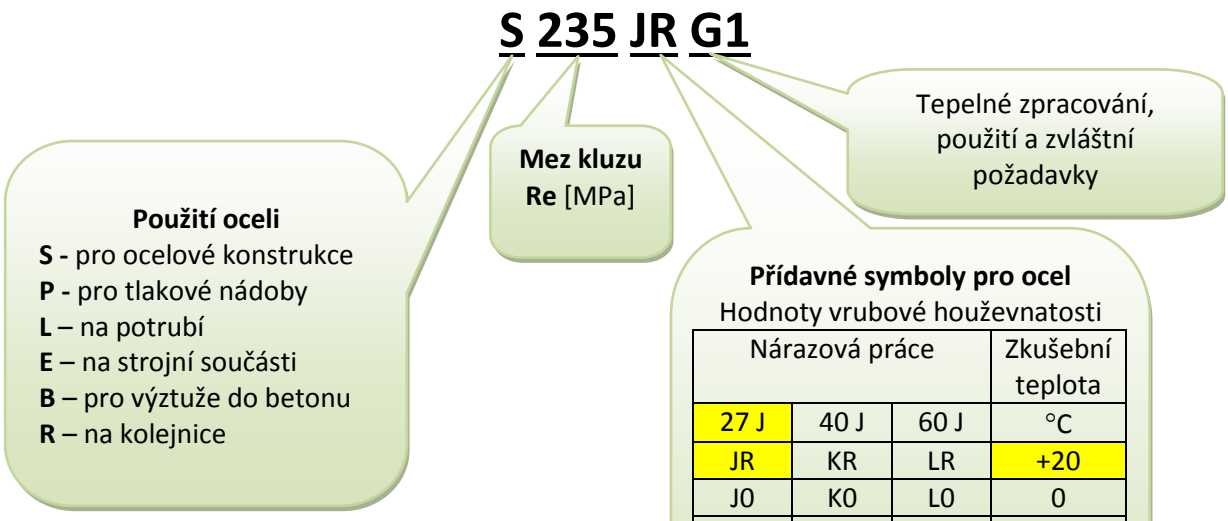
Třída 17



2.4.2 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.**



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

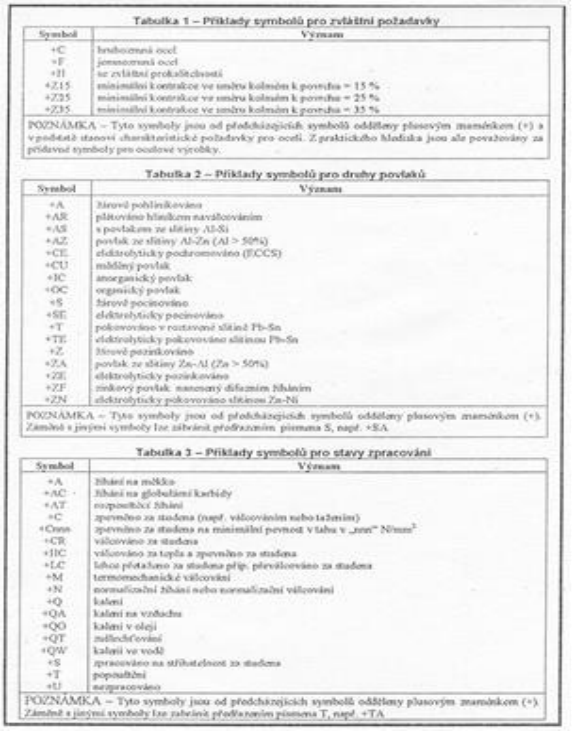
OCELI PRO OCELOVÉ KONSTRUKCE

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
		Skupina 1				Skupina 2	
Písmeno	Vlastnosti	27 J	40 J	60 J	°C		
G = ocel na odlitky (pokud je požadována)	nnn = minimální mez kluzu (R_e) v N/mm² pro nejmenší tloušťku výrobku	JR	KR	LR	+20	C = se zvláštní tváritelnosti za studena	Tabulky 1,2,3
		J0	K0	L0	0	D = pro žárové pokovování	
S = oceli pro ocelové konstrukce		J2	K2	L2	-20	E = pro smaltování	
		J3	K3	L3	-30	F = pro kování	
		J4	K4	L4	-40	H = duté profily	
		J5	K5	L5	-50	L = pro nízké teploty	
		J6	K6	L6	-60	M = termomechanicky válcováno	
		M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice				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%)	

Příklady a porovnání značek:

S185	10 000	S355J2G3	11 503
S235JRG1	11 373	S355J0	11 523
S235JRH	11 373	S355K2G4C	–
S235JRG2	11 375	S355MC	–
S235JO	11 378	S355J0W	15 217
S275JR	11 443	S350GD+Z100	–
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 vyjadřují stanovi charakteristické požadavky pro ocelí. Z praktického hlediska jsou ale považovány za přídavné symboly pro ocelové výrobky.

Tabulka 2 – Příklady symbolů pro druhy povlaků

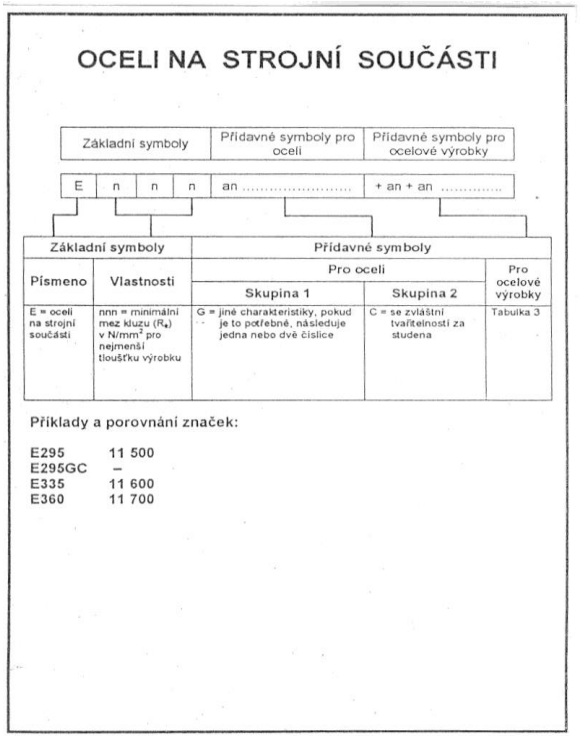
Symbol	Význam
+A	žárově pohliníkováno
+AR	plátováno hliníkem navalováním
+AS	s povlakem ze slitiny Al-Si
+AZ	povlak ze slitiny Al-Zn (Al > 50%)
+CE	elektrolyticky pochromováno (ECCS)
+CU	měděný povlak
+IC	anorganický povlak
+OC	organický povlak
+S	žárově pocínováno
+SE	elektrolyticky pocínováno
+T	pokovováno 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)
+Cmin	zpevněno za studena na minimální pevnost v tahu v „min" N/mm²
+CR	válcováno za studena
+HC	válcováno za tepla a zpevněno za studena
+LC	lehce přetaženo za studena příp. přválcováno 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 stříhatelnost 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.



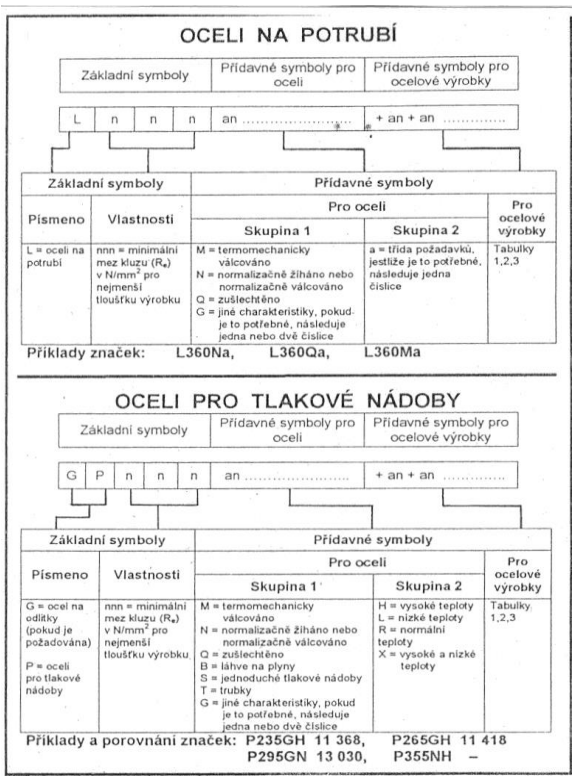
OCELI NA STROJNÍ SOUČÁSTI

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
		Skupina 1	Skupina 2	
Písmeno	Vlastnosti			
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 tváritelností 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
		Skupina 1	Skupina 2	
Písmeno	Vlastnosti			
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
		Skupina 1	Skupina 2	
Písmeno	Vlastnosti			
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 –

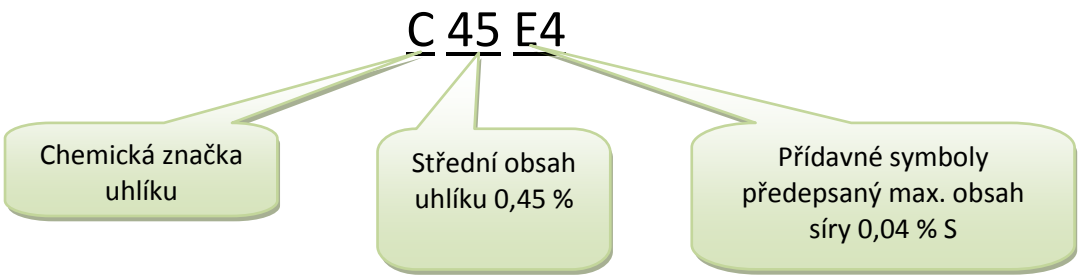
Obr. č. 14 Doplňující údaje k označení ocelí podle použití dle EN a podle jejich chemického složení

Nauka o materiálu

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%

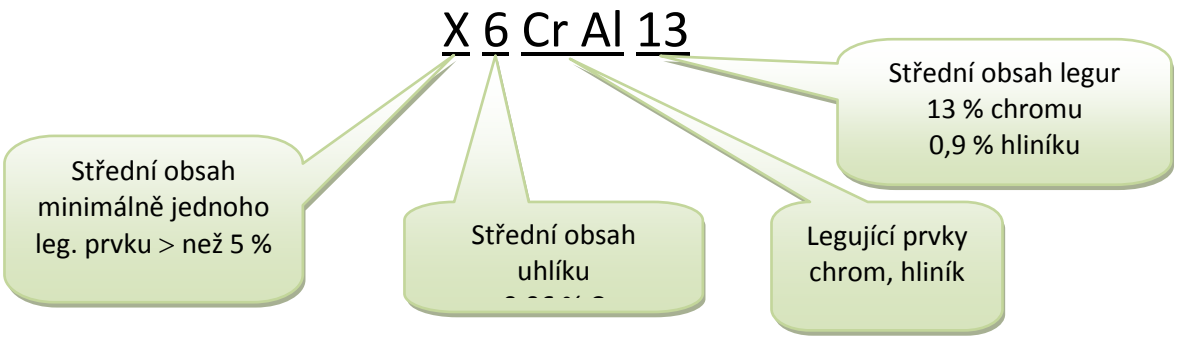


Oceli podle EN C45E4 odpovídá ocel podle ČSN 12 050, nelegovaná ocel vhodná k zušlechťování

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

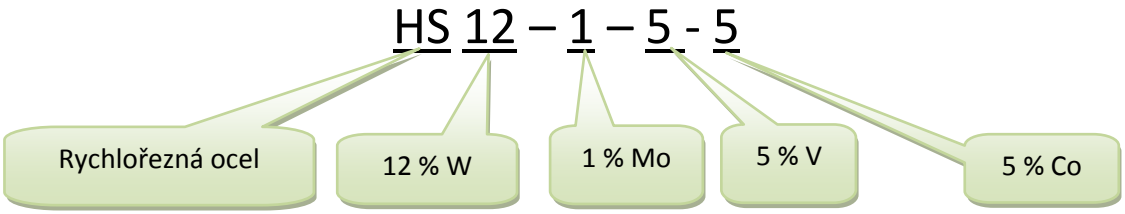
Oceli podle EN 11SMn30 odpovídá oceli podle ČSN 11 109, automatová ocel bez tepelného zpracování.
Příklad: 16MnCr5 je ocel cementační legovaná chromem, se středním obsahem 0,16 % C a 1,25 %Mn, podle ČSN 14 220

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 částice	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	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	hrubozmná ocel
+F	jemnozmná 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 = rychlořezné oceli	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)
+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

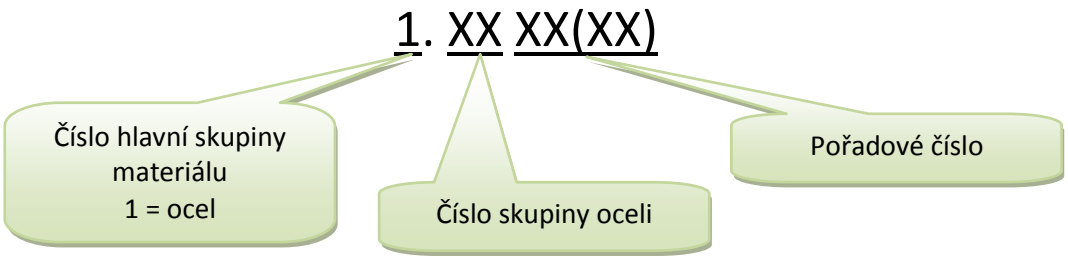
POZNÁMKA – Tyto symboly jsou od předcházejících symbolů odděleny plusovým znaménkem (+). Záměně s jinými symboly lze zabránit předřaznim písmena T, např. +TA

Obr. č. 15 Doplňující údaje k označení ocelí podle EN dle chemického složení

Nauka o materiálu

Podle číselného označování oceli

Jednotlivé oceli jsou označovány čísly, která doplňují označení oceli podle chemického složení, a 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 | 90 oceli obvyklých jakostí				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 | 91 konstrukční oceli pro všeobecné použití s R_m < 500 N/mm²		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 | 92 ostatní konstrukční oceli neurčené pro tepelné zpracování s R_m < 500 N/mm²		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 | 93 oceli s průměrným % C < 0,12 nebo R_m < 400 N/mm²		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 oceli 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 | 94 oceli s průměrným % C ≧ 0,12 < 0,25 nebo R_m ≧ 400 < 500 N/mm²		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. 16 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. 17 Doplňující údaje k označení oceli podle EN podle číselného značení část 2

2.5 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 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).

2.6 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.

2.7 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 osahuje legury určujeme svařitelnost podle ekvivalentního obsahu uhlíku, který určíme podle vzorce:

$$Ce = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + 0{,}002t\ [\%]$$

Ekvivalentní obsah uhlíku v %

Skutečný obsah uhlíku v dané oceli v %

Skutečný 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 žlutě prskající určují materiál obtížně svařitelný až nesvařitelný.

2.8 Tepelné zpracování oceli

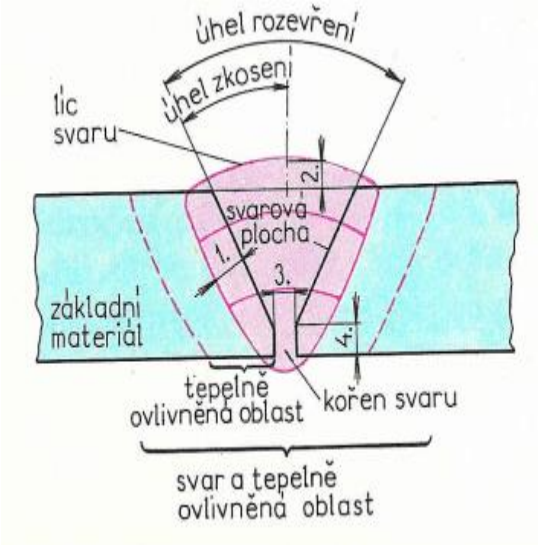
Vlastnosti materiálů jsou dány chemickým složením a strukturou. Tepelným zpracováním lze tyto vlastnosti i strukturu změnit. Pro svary, svařence a svařované materiály se používají nejčastěji tyto dva způsoby tepelného zpracování, žíhání na odstranění vnitřního pnutí a normalizační žíhání.

Žíhání na odstranění vnitřního pnutí – jeho 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 následným ochlazením na vzduchu.

2.9 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.

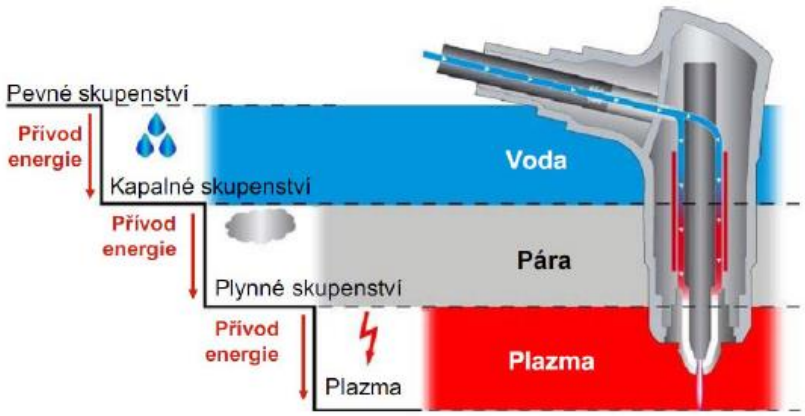


Obr. č. 18 Základní pojmy svaru, 1 – závar, 2 – převýšení, 3 – kořenová mezera, 4 – výška otupení

3 Zařízení pro plazmové řezání

Dělení materiálu je jednou z důležitých přípravných technologických operací. Plazmové řezání patří vedle řezání kyslíkem a laserem k metodám tepelného dělení. Tyto metody pracují na principu lokálního natavení, spalování nebo odpařování, popřípadě kombinace všech těchto jevů dohromady. Energie potřebná k řezacímu procesu je dodávána různými tepelnými zdroji.

Plazmové řezání bylo vyvinuto v padesátých letech minulého století. Pojmem plazma se rozumí speciální stav plynů, který je mnohdy označován jako čtvrtý stav hmoty. Pomocí plazmy lze řezat neželezné kovy vysokou rychlostí a malým tepelným ovlivněním materiálu. Z ekonomického hlediska postupně vytlačuje řezání kyslíkem.



Obr. č. 19 Schematické znázornění jednotlivých skupenství

3.1 Princip

Princip plazmového řezání spočívá v úzkém stabilizovaném elektrickém oblouku, který je vysokou rychlostí tlačen hnacím plynem do řezaného materiálu, který se taví za extrémně vysokých teplot (nad 1000°C). Na materiál působí kombinace tepelného a dynamického účinku proudící plazmy. Tím vzniká úzký a přesný řez bez okují.

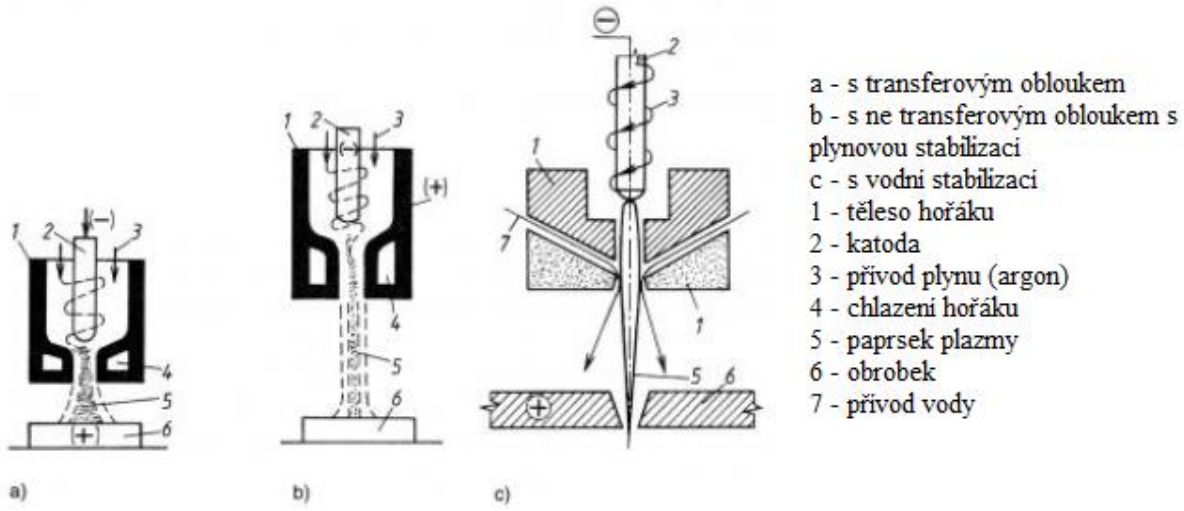
3.2 Vznik plazmy

Základem obrábění plazmou je ohřev nebo tavení materiálu za extrémně vysokých teplot. K tomuto účelu slouží plazmový hořák, v němž vzniká plazmatické prostředí. Elektrický oblouk hoří mezi netavící se wolframovou katodou a tryskou pistole (anodou), která je tvořena obráběným materiálem nebo tělesem hořáku. Plazmovým plynem bývá jednoatomový argon ve směsi s dvouatomovým plynem (např. vodík, helium, směs vodíku s dusíkem). Plyn je pod vysokým tlakem přiveden do hořáku, kde se v oblasti elektrického oblouku prudce zvýší jeho kinetická energie. Tím dochází k překonání vazební energie molekul, nastává disociace molekul na atomy, postupně se z atomů

oddělují elektrony. Nastává ionizace plynu – přeměna neutrálních částic, atomů nebo molekul na elektricky nabité ionty.

Plazma je tepelně vysoce žhavý, elektricky vodivý plyn složený z pozitivních a negativních iontů, elektronů a také vybuzených a neutrálních atomů a molekul. Plazmový oblouk může být stabilizovaný vodou, plynem nebo směsí plynů. Současná plazmová řezací zařízení pracují převážně s plynovou stabilizací.

V současné době je rozšířeno řezání vzduchovou plazmou. Metoda řezání, řezací zařízení i obsluha jsou jednoduché. V některých případech se používají řezací hořáky tak, že řezaný materiál je ponořen pod vodou. Tímto se snižuje produkce škodlivin z řezného procesu.



Obr. č. 20 Plazmové hořáky

3.3 Použití plazmy

Plazmové hořáky se používají pro řezání, svařování, navařování a stříkání vrstev materiálů s požadovanými fyzikálně-mechanickými a chemickými vlastnostmi na strojní součásti, pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů, tavení materiálů v pecích, k vysokoteplotní chemické syntéze plynů a pro rozklad škodlivých průmyslových odpadů.

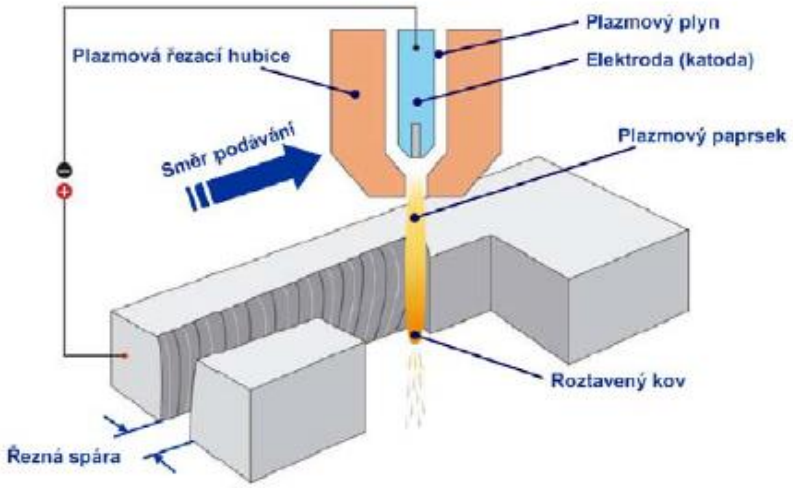
Řezání plazmou se využívá pro řezání všech druhů ocelí včetně vysokolegovaných, hliníku, mědi, mosazi a jejich slitin, kompozitních materiálů a dalších kovových slitin.

3.4 Řezání plazmou

Metoda je založena na využití teplotních a dynamických účinků plazmy. Mezi elektrodou a řezaným materiálem hoří při současném dodávání plazmového plynu elektrický oblouk koncentrovaný pomocí chlazené trysky a ochranného plynu, případně vody. Zkoncentrováním elektrického oblouku se výrazně zvýší hustota výkonu. Ochranný plyn zároveň obklopuje plazmový elektrický oblouk a chrání vytvářené řezné hrany před vlivy okolní atmosféry. Řezaný materiál je taven a tavenina a oxidy jsou vyfukovány z místa řezu plazmovým plynem. Teplota plazmy při výstupu z trysky může

dosahovat až 30 000°C. V případě použití kyslíku jako plazmového plynu je materiál rovněž spalován a reakce mezi materiálem a kyslíkem přispívá k vytváření řezné spáry.

Díky vysoké hustotě výkonu plazmy a vysoké dosahované teplotě lze plazmou řezat téměř všechny kovové materiály. Omezením je tloušťka materiálu, což je způsobeno poklesem tlaku plazmového plynu s rostoucí tloušťkou materiálu.



Obr. č. 21 Princip řezného procesu

3.5 Výhody a nevýhody plazmového řezání

Výhody řezání plazmou:

- možnost provozu jednoho nebo více hořáků podle velikosti výrobní dávky,
- vhodnost pro řezání menších a středních tlouštěk konstrukční oceli (do 30 mm), velký výkon řezání,
- možnost řezání pevné konstrukční oceli s menším tepelným příkonem,
- vysoká řezná rychlost (až 10 krát vyšší než při řezání plamenem),
- proces lze plně automatizovat nebo mechanizovat,
- kvalita povrchu řezaných materiálů má minimální vliv na proces řezání,
- při řezání plazmou pod vodou dochází k velmi malému tepelnému ovlivnění řezaného materiálu a je malá hladina hluku v okolí pracoviště,
- v případě použití plazmy o vysoké hustotě je kvalita řezu srovnatelná s laserem.

Nevýhody řezání plazmou:

- omezení použití do tloušťky 180 mm u suchého řezání a do 120 mm při řezání pod vodou,
- širší řezná spára než při řezání laserem,

- na řezané hraně se nachází mírný úkos, je větší než u řezání kyslíkem,
- zaoblení horní hrany,
- u suchého řezání hlučnost až 100 dB,
- vysoké pořizovací náklady,
- intenzivní UV záření.

3.6 Zařízení pro plazmové řezání

Každé technologické zařízení pro plazmové řezání obsahuje tyto základní části:

- plazmový hořák,
- zdroj elektrického proudu,
- řídicí jednotku,
- manipulační zařízení – souřadnicový pracovní stůl, manipulátor nebo robot.

V plazmovém hořáku dochází k přeměně elektrické energie na energii tepelnou usměrněného proudu plazmy. Hlavními částmi hořáku jsou:

- přívodní kabel,
- vlastní tělo hořáku.

Přívodní kabel obsahuje měděné přívodní vodiče, plynovou hadici a čtyři řídicí vodiče. Všechny tyto části jsou zality do gumy. Vlastní tělo hořáku se skládá z elektrody, trysky a ochranné části.

Elektroda je důležitou částí hořáku, která je namáhána vysokou teplotou plazmového oblouku a zároveň erozivním působením plazmového plynu a sekundárního plynu nebo jen plazmového plynu, podle druhu plazmového záření. Elektroda vede plazmový plyn z plazmového zdroje až k řezanému dílu. Materiál, ze kterého je vyrobena, je obvykle měď nebo slitina mědi. Dále elektroda obsahuje vložku z hafnia, která má vysokou teplotu tavení a vydrží velké zatížení při vysokých teplotách plazmového oblouku. Pro jeho vyšší životnost má velký význam jeho chlazení. Jednou z novějších metod vylepšení chlazení hafniové vložky je její zasazení do stříbrné fólie, která je dobrým vodičem elektrického proudu a zároveň dobře odvádí teplo.

Kromě elektrod je velká pozornost věnována také tryskám. Obě tyto součásti patří k nejčastěji vyměňovaným dílům, které nejvíce ovlivňují rychlost a kvalitu řezu.

Důležitým parametrem plazmového hořáku je stabilizace elektrického oblouku. Podle druhu použitého stabilizačního média se plazmové hořáky dělí na:

- hořáky s plynovou stabilizací,
- hořáky s vodní stabilizací.

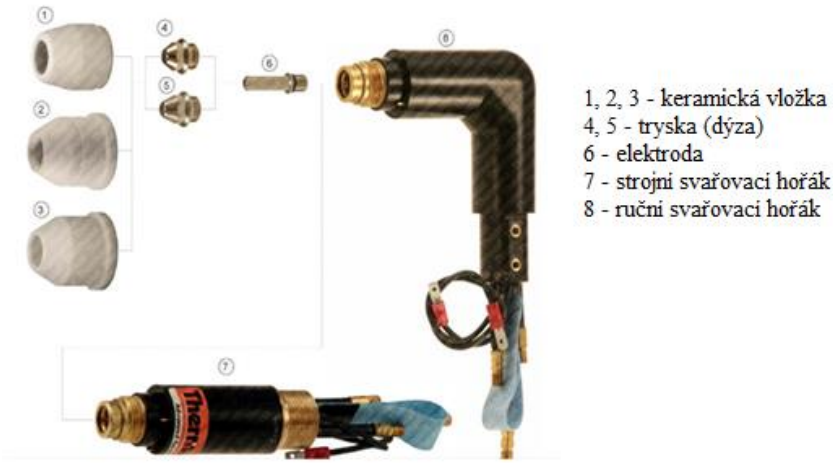
Plazmový hořák s plynovou stabilizací může být v provedení:

- s transferovým obloukem – elektrický oblouk hoří mezi vnitřní elektrodou umístěnou v hořáku a obráběným materiálem, který tvoří anodu. Používá se pro obrábění materiálů elektricky vodivých, například pro řezání oceli a neželezných kovů.

Zařízení pro plazmové řezání

- s netransferovým obloukem – elektrický oblouk hoří mezi vnitřní elektrodou umístěnou v hořáku a výstupní tryskou, která tvoří anodu. Používá se pro obrábění materiálů elektricky nevodivých (například keramiky) a k nanášení povlaků.

Obr. č. 22 Součástky svařovacích hořáků společnosti Thermacut s. r. o.



Obr. č. 23 Části svařovacího hořáku

Plazmový hořák s vodní stabilizací má řezací trysku, ve které jsou přídavné kanálky, jimiž se přivádí voda do plazmového hořáku. Tyto hořáky se používají pro řezání ocelí a neželezných kovů a k nanášení povlaků. Výhodou je možné řezání pod vodou, čímž se sníží hlučnost, prašnost a vliv UV záření na obsluhu.

3.7 Metody plazmového řezání

- strojní řezání – řezání argonovodíkovou plazmou nebo dusíkovou plazmou,
- ruční řezání – řezání vzduchovou plazmou, se zabudovaným kompresorem nebo bez kompresoru (musí být externí zdroj vzduchu).

3.8 Používané plyny

U plazmových technologií se používají tyto druhy plynů:

- plazmové plyny – jsou přiváděny do elektrického oblouku, kde dochází k jejich ionizaci a disociaci. Jako plazmový plyn může být používán jednoatomový argon nebo dvouatomové plyny vodíku, dusíku, kyslíku a vzduchu,
- fokusační plyny – zaostřují paprsek plazmatu po jeho výstupu z trysky hořáku. Používá se argon, dusík nebo směs argonu a vodíku, popř. argonu a dusíku,
- asistentní plyny – obklopují paprsek plazmatu a pracovní místo na obrobku a chrání je před účinkem atmostéry. Používá se argon a dusík.

Volba plazmového a asistentního plynu je závislá na typu řezaného materiálu a jeho tloušťce. Kombinace obou plynů je doporučována výrobcem zařízení.

Zařízení pro plazmové řezání

Plazmový plyn se volí pro:

- konstrukční ocel: kyslík, vzduch,
- vysokolegovanou ocel: argon/vodík, argon/vodík/dusík, argon/dusík, vzduch, dusík,
- neželezné kovy: argon/vodík, vzduch,
- barevné kovy: argon/vodík,
- kompozitní materiály: argon/vodík, argon/vodík/dusík, vzduch, kyslík.

Zapálení elektrického oblouku se u plynových hořáků provádí pomocí vysokofrekvenčního jiskrového výboje nebo mechanicky pomocí zapalovací jehly. Zdroj stejnosměrného elektrického proudu má výkon 0,5 až 250 kW.

3.9 Příklady plazmového řezání

Obr. č. 21 Příklady výrobků plazmového řezání

Obr. č. 25 Stroj pro plazmové řezání

Obr. č. 26 Pracovní prostor řezacího stroje

3.10 Plazmové řezání ve firmě Porgest

Obr. č. 27 Ovládací panel plazmové řezačky

Obr. č. 28 Stroje pro plazmové řezání

Zařízení pro plazmové řezání

Obr. č. 29 Výrobky plazmového řezání

4 Technologie plazmového řezání

4.1 Technologie řezání ruční plazmou

Zasuneme zdroj do napájecí sítě. Hlavní spínač zdroje dáme do polohy ON, čímž se rozsvítí všechny kontrolky.

Stlačíme spoušť hořáku. Plyn začne proudit přibližně cca 1 vteřinu a potom se vypne. Následně se zapálí elektrický oblouk. DC indikátor se rozsvítí.

Hořák nainstalujeme do přenosové vzdálenosti od materiálu ve vzdálenosti 3 – 9 mm v závislosti na tloušťce řezaného materiálu. Elektrický oblouk zhasne a hlavní oblouk se přenese na obrobek. Při správné instalaci hubice hořáku je mezi ní a ručkou hořáku malá mezera. Při práci touto mezerou proudí plyn. Nesmíme hubici dotlačit až na doraz této mezery. Mohlo by dojít k poškození části hořáku.

Hořák držíme jednou nebo oběma rukama v řezací vzdálenosti od povrchu řezaného materiálu ve vzdálenosti 3 – 9 mm od levého okraje řezaného materiálu. Mezi hubicí a materiálem je pravý úhel, kolmost hořáku musí být dodržena.

Vedeme hořák po požadované dráze řezu. Rychlost řezání závisí na velikosti výstupního proudu, typu materiálu a zručnosti paliče.

Plazmový plyn vychází z hořáku ve víru, což způsobuje, že jedna hrana řezu je více zkosená, než druhá. Snížení rychlosti řezání a zároveň snížení výstupního proudu se používá při řezání podle šablony za účelem dosažení vysoké kvality řezu.

Při zastaveni řezání a hoření oblouku uvolníme spoušť hořáku. Plyn bude proudit ještě přibližně 10 sekund. Pokud ukončíme rozpalování, přepneme zdroj do polohy OFF a kabel odpojíme od elektrické sítě. Rychlost řezání a parametry jsou uvedeny v tabulkách výrobců daného plazmového zařízení. Pro ulehčení řezání technikou tažení hořáku (vedení po materiálu) nad povrchem základního materiálu je možné použít distanční nástavec.

5 Předpisy a normy

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

5.1 Předmět normy

Základní ustanovení této normy je určeno pro základní teoretickou a praktickou přípravu svářeče a způsoby provádění a hodnocení zkoušky svářeče a vydání Osvědčení o zkoušce.

Norma platí pro níže uvedené metody tavného svařování, 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 o metodě svařování, značení a používání základních a přídavných materiálů, o vadách svarů a příčinách jejich vzniku a také musí mít znalosti 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 kladeny specifické požadavky na bezpečnost svařovaných konstrukcí a výrobků podle technických norem a předpisů.

5.2 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 činnosti,

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, získaný na některé ATB,

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

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

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

Svářeč – pracovník, který byl vyškolen v kurzu svařování; odbornost získaná absolvováním kurzu a vykonáním příslušné zkoušky a 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.

5.3 Označení kurzů

5.3.1 Kovy

5.3.2 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

Předpisy a normy

5.3.3 Svařované materiály

Materiál	Staré označení	Nové označení
Nelegované a nízkolegované oceli bez předehřevu	W 01	1.1
Korozivzdorné austenitické 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

5.3.4 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

6 Označování zkoušek

6.1 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

6.2 Označení kvalifikační zkoušky pro 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

7 Organizace školení pracovníků ve svařování

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

7.1 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 tomuto účelu odpovídajícímu (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 členů komise.

7.2 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 praktickou část kurzu a dále svářecího praktika s příslušnou svářecí zkouškou, 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, splňujícími podmínky norem ČSN 05 0600 a ČSN 05 0601 a pro teoretickou přípravu s příslušným didaktickým vybavením.

7.3 Rozšíření oprávnění základního kurzu

Svářeč se základním kurzem může svou 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.

8 Zkoušky

8.1 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.

8.2 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 materiálu, 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. Velikost 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.

Zkoušky

8.3 Základní kurz

Zkoušky po absolvování základního kurzu se skládají z teoretické a praktické části. Dozor nad svařováním a zkoušením vydává 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 také zkušební orgán.

8.4 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 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 se musí očistit od rozstřiku, strusky a okují pomocí kartáče a u svařování plamenem hořákem.

Zkoušky

8.5 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.

8.6 Vyhodnocení vzorků při svařování kovových materiálů

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

8.7 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.

8.8 Opravná zkouška

Pokud svářeč nevyhověl, má právo zkoušku opakovat 2×, 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.

9 Rozsah oprávnění a platnost zkoušky

9.1 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.

9.2 Metoda svařování

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

9.3 Platnost Osvědčení o zaškolení pracovníka

Osvědčení o zaškolení pracovníka platí pouze za podmínek, při kterých bylo získáno, 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 potvrzení 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.**

9.4 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.

9.5 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.

Rozsah oprávnění a platnost zkoušky

Třídní knihu, potvrzení lékaře o způsobilosti ke svařování 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.

9.6 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.

9.7 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, každé zaškolení a přezkoušení musí být evidováno a příslušné doklady archivovány.

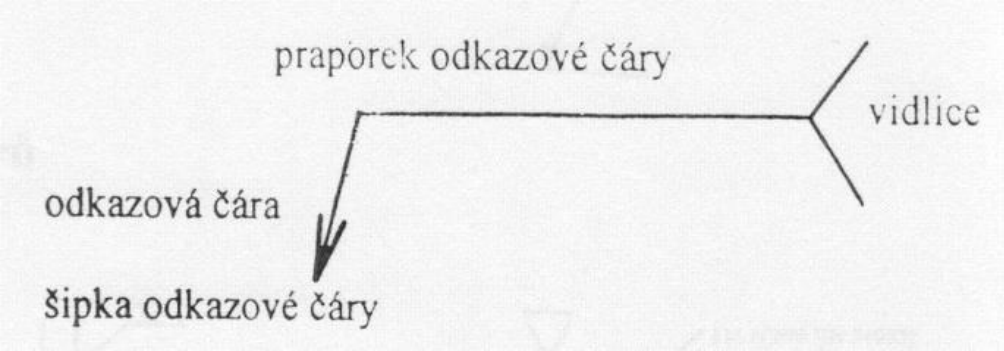
9.8 Zrušení svářečské školy

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.

10 Svarové a pájené spoje

10.1 Označování na výkrese

Předepisuje norma ČSN EN 22533.



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

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		

Tab. č. 1 Značení svarů

10.2 Doplňující značky

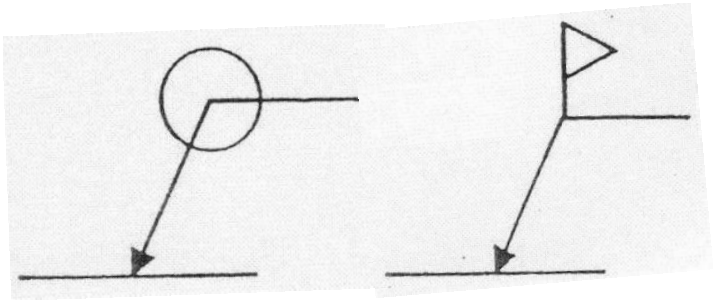
Doplňující značky nás informují o tvaru povrchu, mohou přikazovat obrobení přechodů svaru, vydrážkování kořene nebo svařovat na podložku, která zůstane trvalou součástí svaru.

Svarové a pájené spoje

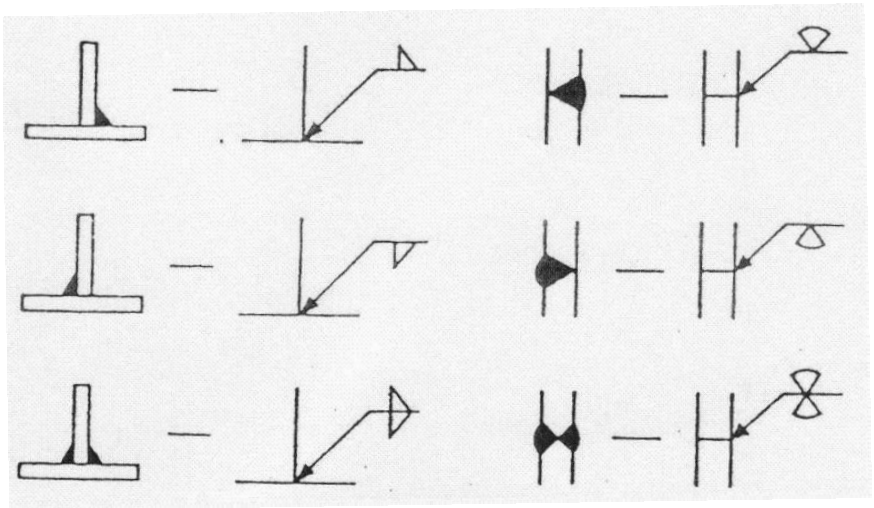
Tvar povrchu spoje	Značka
a) Plochý	
b) Převýšený	
c) Vydutý	
d) Opracované přechody	
e) Přivařená podložka	
f) Odnímatelná podložka	

Tab. č. 2 Doplňující značky svarů

Obvodový svar *Montážní svar*



Obr. č. 30 Označení obvodového a montážního svaru

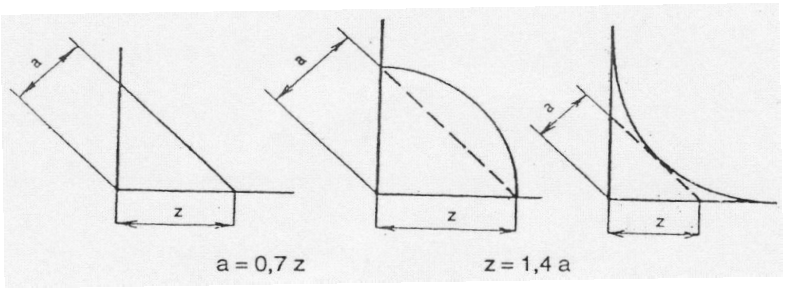


Obr. č. 31 Příklady umístění značek svarů

10.3 Velikost svarů

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

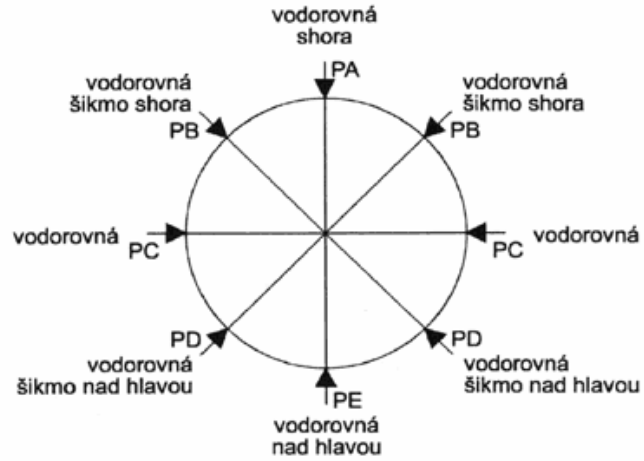
U koutových svarů je velikostí svaru výška ***z*** nebo odvěsna ***a*** pomyslného trojúhelníku vepsaného do průřezu svaru.



Obr. č. 32 Velikost svarů

Svarové a pájené spoje

10.4 Polohy při svařování

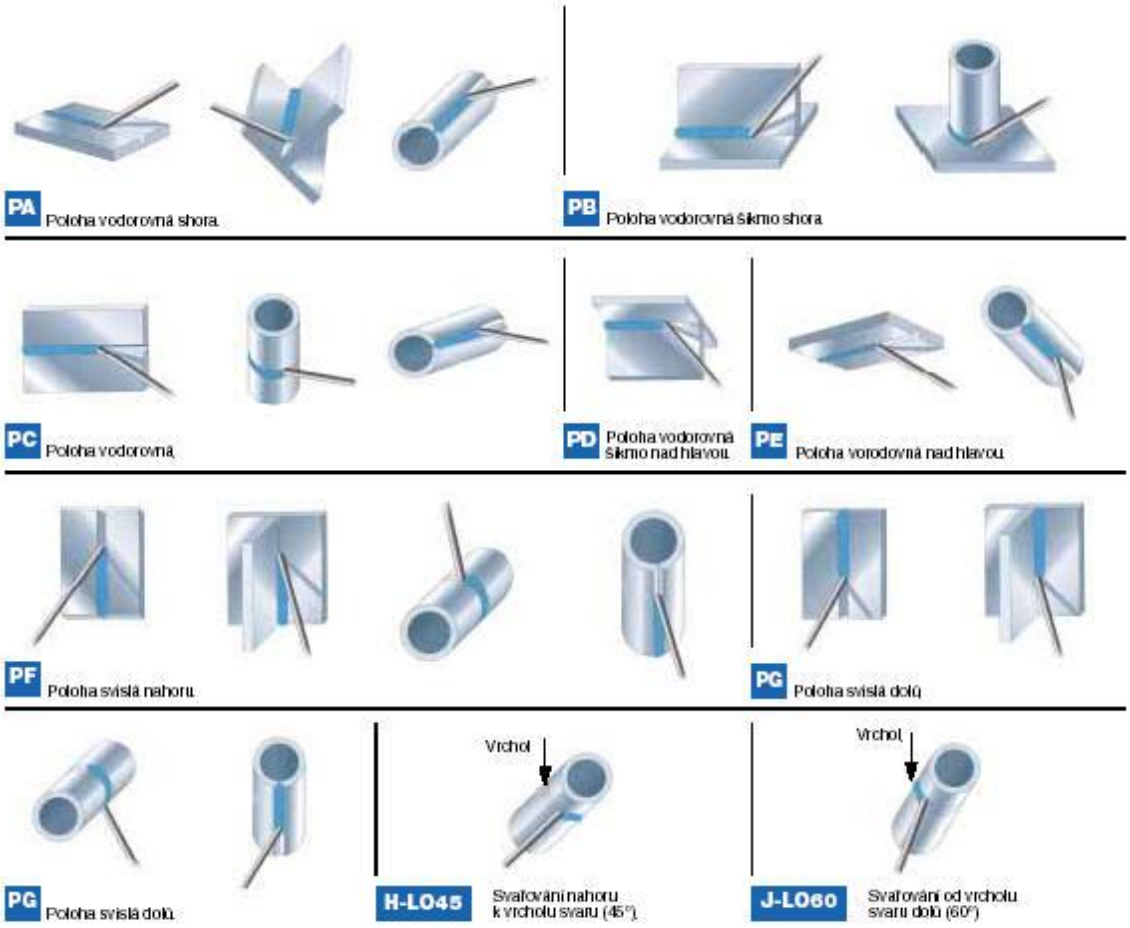


Obr. č. 33 Znázornění poloh při svařování

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*

Tab. č. 3 ČSN EN ISO 6947 – Polohy svařování

Svarové a pájené spoje



Obr. č. 34 Polohy při svařování

Literatura a informační zdroje

Literatura a informační zdroje

- DOLEJSKÝ, Tomáš. Základní kurz svařování MIG/MAG. Svářečské nakladatelství ZEROSS, 2013.
- TAUŠ, Jaroslav. Příprava svářečů k úředním zkouškám. SNTL, 1982.
- KOUKAL, Jaroslav. - 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. Uvedená literatura.
- http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf
- http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-8-dil.htmlplazma