



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Svařování hliníku a jeho slitin se zaměřením na vypracování vyučovací metodiky, didaktických postupů a učebních textů pro výuku ve svářečské škole EGE, spol. s r.o. v metodě svařování podle ČSN EN ISO 4063: 131 (MIG)

Vypracoval: Bc. Radovan Vik

Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

České Budějovice 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce.

Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 14. 6. 2016

.....
Radovan Vik

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za cenné rady, připomínky, ochotu a metodické vedení práce a Ing. Pavlu Kálalovi za odborné rady při zpracování diplomové práce.

Rovněž děkuji instruktorům svářečské školy panu Josefu Šustrovi a panu Petru Nebáznivému za ochotu podělit se jejich letité praktické zkušenosti v oblasti svařování.

Anotace

Úvodní část krátce definuje teorii tvorby výukového materiálu.

Následuje historie tavného svařování, kapitola o hliníku a jeho slitinách, definice základních pojmů z oblasti elektrotechniky a terminologie svařování. Dále je ve stručnosti popsána bezpečnost a ochrana zdraví při svařovacích pracích a požární ochrana.

Následující části práce podrobněji popisují ruční svařování hliníku a jeho slitin, metodu 131 (MIG), svařovací zdroje, techniky, ochranné plyny, lahve na plyny, redukční ventily.

Další část je zaměřená na defekty vznikající při svařování hliníku, jejich zjišťování a vyhodnocování.

Závěrečná část pojednává o požadavcích na kvalifikaci svářečů.

Klíčová slova: svařovací metoda 131 (MIG), svařovací polohy, svařovací zdroj, svar, hliník, WPS,

Abstrakt

The first part briefly defines the theory of the creation of educational material. The following chapters describe the history of the fusion welding, the aluminum and its alloys, definitions of basic electrical and welding terminology. Briefly is described health and safety during welding work and fire protection.

The following sections describe in detail the hand welding of aluminum and its alloys, method 131 (MIG), welding machines, equipment, protective gases, gas cylinders, pressure reducing valves.

Another part is focused on the defects generated during welding of aluminum and its detection and interpretation.

The final part discusses the requirements for qualification of welders.

Keywords: Welding method 131 (MIG) welding position, welding machine, weld aluminum, WPS,

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle.....	11
	Teoretická část.....	12
3	Učebnice ve vzdělávání	12
3.1	Funkce učebnice ve vyučovacím procesu	12
3.2	Struktura učebnice.....	12
3.3	Požadavky na učebnici	12
	Praktická část.....	14
4	Stručná historie tavného svařování kovů metodou MIG (WIG, MAG) ..	14
5	Hliník a jeho slitiny.....	15
5.1	Vlastnosti hliníku	15
5.2	Značení a rozdělení hliníku a jeho slitin.....	15
5.2.1	Číselné značení.....	16
5.3	Označení stavu hliníku a jeho slitin	16
5.4	Tepelné zpracování hliníku a jeho slitin	16
5.4.1	Žíhání na odstranění vnitřního pnutí	17
5.4.2	Zotavovací žíhání	17
5.4.3	Rekrystalizační žíhání	17
5.4.4	Vytvrzování	17
5.4.5	Obecný graf tepelného zpracování	17
5.5	Příklady materiálů a jejich označení	18
5.6	Svařitelnost hliníku a jeho slitin.....	19
6	Přídavné materiály	20
6.1	Označení základních druhů svařovacích drátů.....	21
7	Základní pojmy v oblasti elektrotechniky	22
7.1	Elektrický náboj	22
7.2	Elektrické napětí.....	22
7.3	Elektrický proud.....	22
7.4	Vodiče elektrického proudu, izolanty a polovodiče.....	23
7.5	Elektrický odpor	23
7.5.1	Ohmův zákon	23
7.5.2	Aplikace Ohmova zákona.....	23
7.6	Ochrana elektrického obvodu před zkratem	24
7.7	Příkon a energie elektrického proudu, účinky elektrického proudu	24

7.8	Střídavý elektrický proud – jednofázový, třífázový.....	24
7.9	Svařovací obvod.....	25
7.10	Přehled použitých jednotek, násobky jednotek	26
8	Bezpečnost práce	27
9	Ochranné pracovní pomůcky	31
10	Základní pojmy v oblasti svařování	33
10.1	Definice svařování.....	33
10.2	Terminologie pojmů	33
11	Značení svarů v technické dokumentaci	36
11.1	WPS-Welding procedure specification	39
12	Polohy svařování.....	40
13	Metoda svařování 131 (MIG).....	44
13.1	Princip metody	44
13.2	Části oblouku a přenos kovu v oblouku	45
13.2.1	Elektrický oblouk	45
13.2.2	Zapálení oblouku	45
13.2.3	Části oblouku.....	45
13.2.4	Přenos kovu v oblouku	47
13.2.5	Synchro-Puls	48
13.3	Technika svařování pro metodu 131 (MIG).....	49
13.4	Parametry svařování	52
14	Svařovací zdroje pro metodu 131 (MIG).....	53
14.1	Základní technické parametry svařovacích zdrojů.....	53
14.1.1	Svařovací usměrňovače	54
14.1.2	Svařovací invertorové zdroje.....	54
14.1.3	Digitální svařovací zdroje.....	54
14.1.4	Synenergetický režim svařování	55
14.1.5	Typy svařovacích zdrojů	55
14.1.6	Systém PUSH PULL	56
14.2	Podavače drátu	56
15	Svařovací hořáky, hadice a vodiče.....	57
15.1	Řízení průběhu svařování spínačem na svařovacím hořáku.....	57
15.1.1	Režimy a vhodnost jejich použití	58
15.2	Svařovací hadice a vodiče	59
16	Ochranné plyny	60
16.1	Argon.....	60
16.2	Helium	60

16.3	Směsné plyny	60
16.4	Lahve a zásobníky na ochranné plyny	61
16.5	Bezpečnost.....	61
16.6	Lahvové ventily	62
16.6.1	Redukční ventily.....	62
17	Příprava svarových ploch.....	64
17.1	Dělení materiálu	64
17.2	Příprava tvaru a rozměru svarových ploch.....	64
17.3	Očištění a odmaštění svarových ploch	65
18	Předehřev svarových ploch	66
19	Deformace a pnutí.....	68
19.1	Pojmy.....	68
19.2	Vznik napětí ve svařenci	69
19.3	Příklad nerovnoměrného ohřevu a chladnutí.....	70
19.4	Druhy deformací.....	72
19.5	Omezení vzniku deformací.....	72
20	Defekty svarových spojů - vady svarů.....	74
20.1	Vady svarového spoje	74
20.2	Vady vnitřní.....	74
20.2.1	Trhliny	74
20.2.2	Plynové dutiny.....	75
20.2.3	Studené spoje.....	76
20.3	Vady vnější.....	77
20.3.1	Vady povrchu	77
20.3.2	Kořenové vady	78
20.4	Vady nejčastěji se vyskytující při svařování hliníku.....	79
20.4.1	Pórovitost svarů – vznik bublin vodíku ve svaru	79
20.4.2	Praskavost svarů za tepla – horké trhliny.....	79
20.4.3	Praskavost svarů za studena	80
20.4.4	Další problémy při svařování hliníku.....	80
20.5	Shrnutí	80
21	Vyhodnocovací zkoušky svarů	81
21.1	Nedestruktivní zkoušky	81
21.1.1	Vizuální kontrola.....	81
21.1.2	Zkouška kapilární	81
21.1.3	Zkouška těsnosti	81
21.1.4	Zkouška prozařováním	82

21.1.5	Zkouška ultrazvukem	84
21.1.6	Zkoušky magnetické.....	84
21.2	Destruktivní zkoušky.....	85
21.2.1	Příčná zkouška tahem.....	85
21.2.1.1	Zkušební vzorky pro tahovou zkoušku.....	85
21.2.2	Přehled dalších destruktivních zkoušek	86
21.3	Makroskopická kontrola svarů	86
21.4	Zkouška rozlomením	87
22	Kvalifikace svařovacího personálu	88
22.1	Označení zkoušek.....	88
23	Přehled svařovacích metod	90
24	Závěr	91
	Použité zdroje informací:	93

1 Úvod

Téma této diplomové práce jsem zvolil záměrně. Společnost EGE, spol. s r. o., kde pracuji, provozuje po mnoho let svařečskou školu se širokým zaměřením na různé typy svařovacích kurzů. Specializuje se na svařování ocelí uhlíkových, nízkolegovaných, vysokolegovaných (především nerez), hliníku a jeho slitin, ale například i mědi. Kurzy probíhají na všech kvalifikačních úrovních od zaškolovacích přes základní až po vyšší svařovací kurzy s platností ve státech EU.

Zatímco o svařování ocelí pojednává dostatek různé odborné literatury a rovněž existují i učebnice pro jednotlivé kurzy svařování ocelí, hliníku a jeho slitinám se odborná literatura věnuje pouze okrajově. Pro svařování hliníku jsou zpracovány učebnice na metodu 141 (WIG), naproti tomu pro dnes šířeji používanou svařovací metodu 131 (MIG), ucelený učební text podle dostupných informací výše zmíněné svařovací školy, není k dispozici.

V diplomové práci se kromě popisu metody 131 (MIG) věnuji i pohledu na historii svařování, na základní pojmy a terminologii ve svařování, na značení svarů v technické dokumentaci, na přípravu základního materiálu před vlastním svařováním. Dále chci vysvětlit rozdělení hliníku a jeho slitin do skupin podle chemického složení, přiblížit problematiku kvality svařování, defekty a zkoušky svarů, kvalifikaci a ochranu zdraví svářečů. Stručně nastíním i základy elektrotechniky.

Podrobně se však ve své práci věnuji svařovací metodě 131 (MIG), ale zároveň přihlížím i potřebám účastníků svařovacích kurzů, co se týče šíře i hloubky dané problematiky. V souvislosti s touto metodou především popisují používané svařovací zdroje, ovládání svařovacího hořáku, techniky svařování, přídavné materiály, technické plyny a další.

Práce je rozdělena na část teoretickou, kde se velmi stručně zabývám teorií tvorby učební pomůcky a dále na část praktickou - samotný učební text, rozčleněný do jednotlivých kapitol.

2 Cíle

Diplomovou práci zadanou na dané téma chci zpracovat z hlediska naplnění cílů teoretických, pedagogických i praktických:

- a) teoretickým cílem je podání souhrnu informací, tj. rešerší z dostupné odborné literatury, provedení její analýzy a systematicky pak získané informace utřídit tak, aby jednotlivé kapitoly podaly ucelený pohled na problematiku svařování hliníku a jeho slitin z pohledu svařovací metody 131 (MIG).
- b) pedagogický cíl sleduje použitelnost diplomové práce ve výuce. Cílem je dané téma podat názorně, systematicky, srozumitelně a respektovat logickou návaznost jednotlivých kapitol. Originální literatura je odborně správná, často je však srozumitelná pouze odborníkům zabývajících se danou oblastí svařování a tím velmi obtížně použitelná pro vyučovací praxi. Cílem je tedy přiblížit problematiku svařování jak uchazečům, kteří doposud nemají zkušenosti se svařováním a často i žádné předchozí technické vzdělání, tak i obnovit a upevnit znalosti svářečů žádajících o prodloužení platnosti dříve absolvovaných kurzů.
- c) praktickým cílem je vyrobit vzorek z hliníku, na kterém bude demonstrován nerovnoměrný ohřev a chladnutí tohoto materiálu. Rozsah teplot je předběžně stanoven od teploty tavení hliníku (ca 660°C) až po teplotu okolí (ca 20°C). Dále provést měření teplot v různých oblastech tohoto vzorku a na jejich základě sestavit graf poklesu teplot s rostoucí vzdáleností od zdroje tepla.

Teoretická část

3 Učebnice ve vzdělávání

Má v dnešní době počítačů, tabletů, e-čteček knih, chytrých telefonů a dalších různých elektronických zařízení zabývat se tvorbou klasické učebnice v knižní podobě? Nestačí nám k výuce např. různé druhy prezentací a podobných materiálů, které se mnohdy tak jako tak používají?

3.1 Funkce učebnice ve vyučovacím procesu

Učebnice i přes nastupující nové technologie má své místo ve vzdělávacím procesu. Učebnice se od běžné knihy liší svou strukturou, obsahem, členěním textu, obrazovým materiálem atd. Žákům je pak zdrojem obsahu vzdělávání a učitelům je didaktickým prostředkem vzdělávání.

Podle učebnice učitel má možnost realizovat výuku svých předmětů. Zde má velký význam ucelená sada učebnic pro daný obor podle stupně vzdělání, která zahrnuje nejen obsah učiva, ale i jeho uspořádání do ucelené struktury, podává nejen výklad jednotlivých poznatků, ale i jejich hloubku.

Učebnice především musí splnit úlohu transformace vědeckého poznání v daném oboru do formy přijatelné a sdělitelné stupni vzdělání, pro který je určena.

3.2 Struktura učebnice

Výkladová část učiva:

- výkladový text tvoří základní učivo, aplikace v praxi, přehledy, shrnutí
- doplňující text motivuje a uvozuje učivo, rozšiřuje poznatky
- vysvětlující text vysvětluje cizí slova, jejich výslovnost, popisuje obrázky

Obrazový materiál:

- na textovou část navazuje schéma, graf, náčrt, fotografie atd.

Nevýkladová část učiva:

- orientace v učebnici pomocí nadpisů, odkazů, hesel, rejstříku apod.

3.3 Požadavky na učebnici

Nejdůležitější požadavky z hlediska funkčnosti učebnice jsou:

- odborné (odborná správnost a souhlas s vědeckým poznáním v daném oboru)
- didaktické (vhodný a správný výběr poznatků)
- logické (ucelené poznatky vhodně a logicky členěné)
- přiměřenosti (vhodné zpracování pro danou skupinu žáků)
- dále jazyková správnost, grafická úprava [21]

Dobrá učebnice v knižní formě by právě svou univerzálností měla být základem výuky a to jak pro učitele, tak i pro žáky a studenty. Učitelé si pak mohou z jedné, anebo i více učebnic zpracovávat své učební podklady např. ve formě již zmíněných prezentací. Žáci pak mají kdykoliv k dispozici ucelený učební text ke studiu jak ve škole, doma, tak i k samostudiu v různých formách vzdělávání.

Každá učebnice vzniká v určitém časovém období a je do jisté míry „poplatná“ svému vzniku. Informace, které jsou do učebnice vkládány, mají být

relativně stálé i po dobu několika let i přestože se technické obory velice rychle rozvíjejí a doplňují o nová poznání.

Všichni pak samozřejmě jako zdroj poznání používáme informace z nepřehledného množství webových stránek, které mohou především svou aktuálností vhodně doplnit výuku o poslední novinky vyučovaného předmětu, které učebnice nemá možnost podchytit. Zde je ovšem nezbytné uplatnit „kritické myšlení“ a tyto informace používat buď již z ověřených (pravdivých) zdrojů, nebo si nové informace pečlivě ověřovat. Výhodou učebnice je předklad informací již ověřených.

Praktická část

4 Stručná historie tavného svařování kovů metodou MIG (WIG, MAG)

Historicky nelze doložit, kdy člověk začal spojovat ocel pomocí svařování kovářským způsobem. Používaly ho různé kultury již ve starověku, nezávisle na sobě před 4000 – 5000 lety. Tato metoda byla až do 19. století jediným známým způsobem spojování kovů. Právě v tomto století došlo k objevení elektrického obloukového svařování.

Rozvoj svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin začíná ve 30. letech 20. století a je především spojen s používáním těchto materiálů v letectví. Bylo tedy nutné řešit svařování těchto kovů. Dříve používané obalované elektrody nezabránily reakci svarového kovu s okolní atmosférou a svary nevyhovovaly z hlediska mechanických vlastností. Byla vyvinuta technologie označená TIG-Tungsten Inert Gas (anglický název), neboli WIG-Wolfram Inert Gas (německý název), kde oblouk hoří mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Ochranná atmosféra okolo svarové lázně je vytvořena pomocí inertního plynu helia, argonu, popř. jejich směsí. Metoda TIG/WIG však neumožnila produktivním způsobem svařování hliníku a jeho slitin, zejména pak svařenců o větších tloušťkách materiálu.

V roce 1953 byla vyvinuta metoda MIG (metal Inert Gas), kde oblouk hoří mezi kovovou tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu helia, argonu, popř. jejich směsí. Technologie MIG umožnila efektivně svařovat nejen hliníkové materiály větších tloušťek, ale i různé druhy nelegované i legované oceli, u kterých se jako ochrana při svařování začal používat levnější oxid uhličitý. Technologie se proto označuje MAG (Metal Active Gas).

V dalších letech se metody MIG i MAG rozvíjely a modernizovaly. Vyvinuly se různé způsoby přenosu kapek svarového kovu do tavné lázně (zkratový, sprchový, pulzní), zdokonalily se způsoby podávání drátu (vícekladkové, push-pull) a v neposlední řadě došlo i k automatizaci a robotizaci obou metod. [11]

5 Hliník a jeho slitiny

5.1 Vlastnosti hliníku

Hliník je řazen mezi lehké kovy, jeho hustota (dříve měrná hmotnost) je 2700 kgm^{-3} . Barvu má stříbřitou a povrch je lesklý. Krystalickou mřížku má krychlovou, plošně středěnou, čímž vyniká výbornou tvárností za studena. Čistý hliník má pevnost v tahu asi 70 MPa a teplotu tavení asi 660°C . Chemická značka hliníku je Al.

Základní hliníkovou rudou používanou pro výrobu hliníku je bauxit. Nejčastěji se hliník vyrábí elektrolytickou redukcí Al_2O_3 z tekuté soli do tekutého kovu a to o čistotě 99,3 – 99,8 %. [12]

Hliník je rovněž známý svou výbornou elektrickou i tepelnou vodivostí, což předurčuje jeho využití v elektrotechnice a energetice. Pro tyto účely se používá hliník o čistotě 99,5 %, který se nazývá technický hliník. Lepší elektrické vodivosti dosahuje jen několik kovů, např. měď, která, je však mnohem těžší a dražší. U hliníku s vyšším obsahem nečistot elektrická vodivost výrazně klesá. Totéž platí i pro slitiny hliníku.

Důležitou vlastností hliníku je jeho schopnost vytvářet na svém povrchu vrstvu oxidu Al_2O_3 . Tato vrstva je přibližně $0,01 \mu\text{m}$ silná, elektricky nevodivá, její teplota tavení je 2250°C a měrná hmotnost 3960 kgm^{-3} . Hliník díky této schopnosti, která se nazývá pasivace, získává výbornou odolnost proti korozi.

Při svařování je tato vlastnost hliníku nežádoucí a vrstvu oxidu Al_2O_3 je nutné ze svařovaných ploch předem odstranit.

Z hlediska svařování je rovněž nevýhodná velká tepelná vodivost hliníku.[12]

5.2 Značení a rozdělení hliníku a jeho slitin do skupin

Mechanické vlastnosti hliníku lze zlepšit přidáním legujících prvků do čistého hliníku. Vznikají tak slitiny hliníku, většinou tuhé roztoky s omezenou rozpustností.

Slitiny jsou:

- a) slévárenské
- b) tvářené (nevytvrzované slitiny na bázi Al-Mg, Al – Mg a vytvrzované slitiny na bázi AlMgSi, AlZnMg a AlCuMg). [12]

Značení hliníku a jeho slitin (numerický systém značení a značení podle chemických symbolů) je dáno normou ČSN EN 573-1, 2, 3.

Základní značka podle této normy je: **EN Ax – XXXX**

- a) A = aluminium
- b) x = druhé písmeno označuje jednu ze čtyř skupin
 - W = tvářené výrobky
 - B = nelegované nebo slitinové ingoty pro přetavení
 - C = odlitky
 - M = předslitiny
- c) XXXX = číselné značení hliníku a jeho slitin, které jsou rozděleny do jednotlivých tříd podle chemického složení a označují se: 1xxx až 9xxx

První číslice, jak je naznačeno dále v textu, značí hlavní legující prvek. [13]

5.2.1 Číselné značení

- 1xxx bez legujících prvků, obsah hliníku více než 99 %. Tato skupina představuje technický hliník. Pokud druhá číslice je 0, jedná se o nelegovaný hliník. Materiály této skupiny mají vysokou tepelnou a elektrickou vodivost a výbornou odolnost proti korozi. Svařitelnost a obrobitelnost materiálu je dobrá, mechanické vlastnosti, především pevnost, je horší. Hlavními nečistotami jsou Fe (železo) a Si (křemík).
- 2xxx (slitina Al – Cu), hlavním legujícím prvkem je měď, často v kombinaci s hořčíkem. v porovnání s ostatními slitinami vynikají slitiny této skupiny vysokou pevností až do teplot 150°C. Korozivzdornost je naopak nejnižší, někdy se výrobky proto plátují čistým hliníkem. Svařitelnost je velmi omezená.
- 3xxx (slitina Al-Mn), hlavním legujícím prvkem je mangan.
- 4xxx (slitina Al-Si), hlavním legujícím prvkem je křemík, který snižuje bod tání hliníku a proto se tato slitina používá jako přídatný materiál pro svařování a pájení.
- 5xxx (slitina Al-Mg), hlavním legujícím prvkem je hořčík s manganem. Hořčík zpevňuje hliník podstatně více než mangan a navíc ho lze přidávat do slitin hliníku ve větším množství než mangan. Materiály této skupiny jsou dobře svařitelné, obrobitelné a odolné proti korozi, středně až vysoko pevné slitiny hliníku.
- 6xxx (slitina Al-Mg-Si), hlavním legujícím prvkem je hořčík a křemík a to v přibližně stejném množství. Materiály této skupiny jsou obtížně svařitelné, dobře obrobitelné a středně pevné slitiny hliníku.
- 7xxx (slitina Al-Zn), hlavním legujícím prvkem je zinek.
- 8xxx (slitina Al – ostatní prvky, např. Li)
- 9xxx (neobsazeno) [13]

5.3 Označení stavu hliníku a jeho slitin

Stav materiálu se značí písmeny za číselným značením. Podle potřeby následují za písmeny jedna nebo více číslic, které označují úpravy nebo zpracování.

- F (stav z výroby, bez požadavku na mechanické vlastnosti)
- O (úprava žháním naměkko)
- H (úprava tvrzením, první číslice za písmenem označuje způsob dosažení tvrdosti, druhá stupeň tvrdosti, třetí číslice vyjadřuje zvláštní výrobní postup)
- T (tepelně zpracováno, tvrdost byla dosažena tepelným zpracováním, číslice za písmenem označují specifický sled zpracování)

Význam první a druhé číslice za písmeny je podrobně popsán v normě ČSN EN 515. [13]

5.4 Tepelné zpracování hliníku a jeho slitin

Vlastnosti hliníku a jeho slitin se výrazně dají ovlivnit vhodným tepelným zpracováním a rozeznáváme zde dvě skupiny slitin:

- nevytvrditelné slitiny (Al, AlMg, AlMn), pro něž je nejběžnější tepelné zpracování zotavovací žhání a rekrytalizační žhání.
- vytvrditelné slitiny (AlCu, AlMgSi, AlMgZn), pro něž je nejběžnější tepelné zpracování vytvrzování. [13]

5.4.1 Žihání na odstranění vnitřního pnutí

Cílem je snížení vnitřního pnutí vznikajícím např. při chladnutí odlitků a svařování. Provádí se při teplotách 200 až 250°C s dobou výdrže 6 až 8 hod. [13]

5.4.2 Zotavovací žihání

Provádí se u materiálů zpracovaných za studena a účelem je odstranit vnitřní pnutí v materiálu. Zároveň se snižuje i jeho tvrdost. Provádí se za teplot nižších, než žihání rekrytalizační kdy ještě nedochází ke změně struktury materiálu. [13]

5.4.3 Rekrytalizační žihání

Provádí u materiálů tvářených za studena za účelem snížení tvrdosti a pevnosti při současném zvýšení tažnosti a houževnatosti. Probíhá úplná rekrytalizace, která vede ke změně struktury a ke zjemnění zrna materiálu. V podstatě se materiál dostane do podobného stavu, v jakém se nacházel před svým tvářením. Rekrytalizační žihání se také zařazuje jako mezioperace před dalším tvářením. Takto se zabrání případnému mechanickému porušení materiálu, např. jeho prasknutí. [13]

5.4.4 Vytvrzování

Nazývá se i precipitační vytvrzování. Precipitace je změna ve struktuře materiálu, při které dochází k oddělení určitých částic.

Vytvrzováním lze výrazně změnit mechanické a fyzikální vlastnosti některých slitin. Provádí se u slitin hliníku, hořčíku i některých slitin mědi.

Vytvrzování se skládá z následujících úkonů:

- rozpouštěcí žihání
- ochlazení ve vodě
- stárnutí

Rozpouštěcí žihání se provádí při teplotách kolem 500°C kdy přítomné přísadové částice se rozpustí. Vzniká téměř homogenní struktura materiálu.

Po té následuje prudké ochlazení ve vodě (zakalení), které zajistí zachování dosažené homogenní struktury. Nově vzniklá struktura materiálu se nachází v nestabilním, neboli přesyceném stavu. V tomto okamžiku tvrdost materiálu nijak významně nevzroste, ale materiál je připraven pro poslední operaci – stárnutí.

Stárnutí začíná po rychlém zchlazení, kdy nestabilní stav má snahu se vracet do stavu stabilního. Dochází k rozpadu původních struktur za současného vzniku struktur nových. Tento jev, který je doprovázen zvýšením tvrdosti a pevnosti, se nazývá vytvrzení materiálu.

Vytvrzení, které probíhá za běžné teploty okolí (ca 20°C) se nazývá přirozené stárnutí. Nejvyšších hodnot tvrdosti se dosáhne po několika dnech.

Vytvrzení, které probíhá za teplot vyšších (ca do 200°C) se nazývá umělé stárnutí. Doba dosažení nejvyšších hodnot tvrdosti se dosáhne v rozmezí několika hodin.

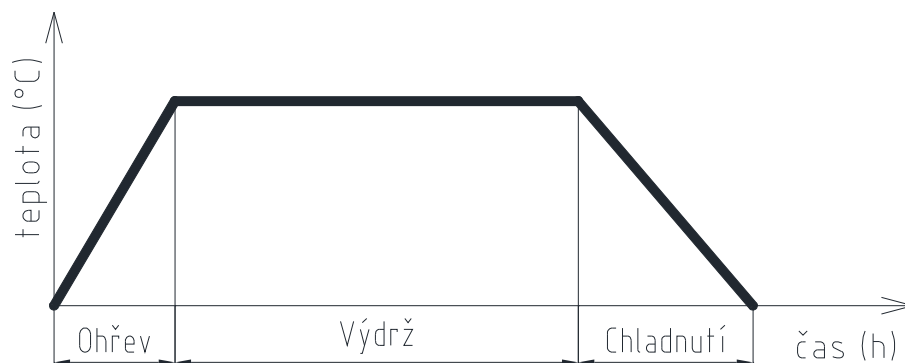
5.4.5 Obecný graf tepelného zpracování

Každý druh tepelného zpracování se dá graficky popsat jako závislost teploty na čase. Graf na obrázku 1 charakterizují tři oblasti:

- ohřev - časové rozmezí, během něhož ohřejeme materiál a požadovanou teplotu

- výdrž - časové rozmezí, během něhož udržujeme materiál na požadované teplotě
- ochlazení - časové rozmezí, během něhož ochladíme materiál na požadovanou teplotu

Jednotlivé teploty a časy jsou závislé na druhu materiálu a druhu tepelného zpracování. [4]



Obrázek 1 Obecný graf tepelného zpracování, převzato a upraveno z [4]

5.5 Příklady materiálů a jejich označení

Všechny materiály jsou vyráběny podle normy ČSN EN 573.

Označení technického hliníku o čistotě 99,5% obsahu Al:

- EN AW-1050A H24 (Al99,5F11) – podrobně vysvětluje obrázek 2

Slitiny hliníku:

- EN AW 6060 T66 (AlMgSi0,5)
- EN AW 6101B T7 (E-AlMgSi0,5)
- EN AW 5754 H111 (AlMg3W19)
- EN AW 5083 H111 (AlMg4,5Mn)

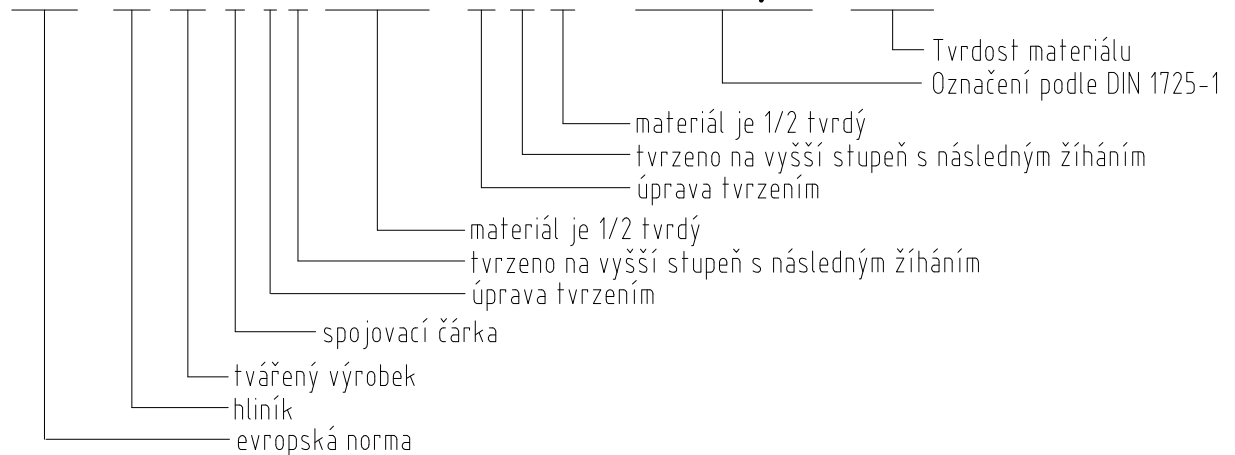
Výrobce dokládá osvědčení o jakosti a kvalitě dodávaného množství ve formě inspekčního certifikátu, jehož obsahem je mimo jiné množství dodaného materiálu, chemický rozbor) a výsledky mechanických zkoušek - příloha 1.

Tabulka 1 ukazuje příklady chemického složení hliníku a několika jeho slitin, obrázek 2 vysvětluje rozbor značení materiálu.

Tabulka 1 Chemické složení materiálů podle ČSN EN 573, převzato a upraveno z [13]

Označení		Složení%										
EN AW	DIN	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	V	Ti	Ostatní-celkem
1050A	Al99,5	≤ 0,25	≤ 0,40	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	-	-	≤ 0,07	-	≤ 0,05	-
5083	AlMg4,5Mn	≤ 0,40	≤ 0,40	≤ 0,10	0,40-1,0	4,0-4,9	0,05-0,25	-	≤ 0,25	-	≤ 0,15	≤ 0,15
5754	AlMg3	≤ 0,40	≤ 0,40	≤ 0,10	≤ 0,50	2,6-3,6	≤ 0,30	-	≤ 0,20	-	≤ 0,15	≤ 0,15
6060	AlMgSi0,5	0,30-0,60	0,10-0,30	≤ 0,10	≤ 0,10	0,35-0,6	≤ 0,05	-	≤ 0,15	-	≤ 0,10	≤ 0,15
6101B	E-AlMgSi0,5	0,30-0,60	0,10-0,30	≤ 0,05	0,10-0,30	-	-	0,10	-	-	-	≤ 0,10

EN AW-1050A H24 (Al99,5 F11)



Obrázek 2 Rozbor značení materiálu podle ČSN EN 573, převzato a upraveno z [13]

5.6 Svařitelnost hliníku a jeho slitin

Svařitelnost je komplexní charakteristika vyjadřující vhodnost daného kovu pro výrobu svařence při určitých technologických možnostech svařování a konstrukční spolehlivosti svarového spoje.

Při svařování obecně největší problém představuje vrstva oxidu Al_2O_3 , která brání dokonalému natavení svarových ploch.

Svařitelnost čistého hliníku (Al99,5%) je dobrá a během jeho svařování nenastávají žádné obtíže. U slitin hliníku je situace odlišná a o jejich svařitelnosti rozhoduje druh legujících prvků.

Nelze zde ovšem provést žádný přepočítání jako je tomu například u ocelí, kde podle známého chemického složení dané oceli a procentuálního zastoupení uhlíku a legujících prvků můžeme stanovit její svařitelnost výpočtem ekvivalentního obsahu uhlíku podle následujícího vzorce:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Obsah uhlíku u zaručeně svařitelné oceli nemá přesáhnout 0,22%. Ostatní prvky se přepočítávají na jejich ekvivalent vůči uhlíku. Např. obsah manganu ovlivňuje svařitelnost ocelí 6x méně než obsah uhlíku apod. Celkový obsah ekvivalentního uhlíku má být do 0,5%.

Slitiny hliníku se dají charakterizovat jako dobře svařitelné, obtížně svařitelné a nesvařitelné. Při stanovení svařitelnosti je zásadní znát druh legujícího prvku, dále kombinace těchto prvků a jejich poměrné zastoupení v konkrétní slitině hliníku.

Materiály na bázi hořčíku jsou většinou dobře svařitelné. Materiály na bázi křemíku jsou většinou svařitelné obtížně. Slitiny, v nichž jsou zastoupeny oba tyto prvky současně, jsou opět svařitelné obtížně. Obecně lze ale konstatovat, že slitiny na bázi hořčíku a křemíku jsou vhodné ke svařování.

Slitiny s obsahem zinku a mědi jsou svařitelné pouze obtížně a mnohé jsou dokonce nesvařitelné. Ke svařování jsou tedy nevhodné.

Při svařování slitin hliníku je vždy dobré znát jejich složení, a pokud je to možné dbát doporučení výrobce za jakých podmínek danou slitinu svařovat. [10]

6 Přídavné materiály

Přídavný materiál je kov, který se v roztaveném stavu přidává během tavného svařování do svaru, kde se smísí s nataveným základním materiálem. Tím po ztuhnutí vznikne svarový spoj.

Pokud svařujeme hliník a jeho slitiny, je důležité znát chemické složení základního materiálu. Podle toho pak volíme přídavný materiál a u slitin je nutné zjistit, zda jsou vůbec svařitelné.

Při svařování hliníku a jeho slitin je důležité pro dosažení kvalitního svaru dodržovat při volbě přídavného materiálu některá pravidla. Je dobré, pokud možno používat přídavné materiály se stejným nebo podobným chemickým složením jako má základní materiál.

U materiálů skupiny 1xxx – Al99,5 a více, tedy čistého hliníku, se používá přídavný materiál opět čistý hliník Al99,5. Pro zjemnění struktury svarového kovu se do drátu přidává 0,1 až 0,2% titanu.

U slitinových materiálů skupiny 6xxx - AlMgSi se jako přídavný materiál používá přednostně AlSi5, popř. AlMg5. Pokud je to možné, tak se jako zjemňující přísady používají opět prvky s vysokým bodem tání chrom, vanad a titan v množstvích 0,15 až 0,25%.

U slitinových materiálů skupiny 5xxx - AlMg se používá jako přídavný materiál AlMg5, popřípadě AlMg3.

Přídavný materiál se pro svařování hliníku a jeho slitin metodou MIG vyrábí ve formě drátu, který je navinut na cívce. Cívky drátu mají standardně hmotnost 7 kg. Dráty se vyrábí o různých průměrech od 0,8 mm do 2,4 mm. [1]

Pro většinu aplikací svařování metodou 131 (MIG) se u zapouzdřených vodičů (materiály tloušťky 3-20 mm) používá průměr drátu 1,6 mm. Pro svařování slabých plechů (tloušťky do 2 mm) se používá průměr drátu 1,2 mm.

Obecně platí, čím je základní materiál silnější, tím větší průměr drátu se použije.

Pro skladování přídavných materiálů je nutné zajistit odpovídající podmínky, suché místo s relativní vlhkostí do 50% a teplotou okolí nad 4°C. Cívky se svařovacím drátem jsou z výroby zataveny do ochranné fólie a zabaleny do papírové krabice s potřebnými popisy pro identifikaci drátu, jak je vidět na obrázku 3.



Obrázek 3 Štítek s popisem označující drát AlSi5, vlastní zdroj

Při svařování hliníku a jeho slitin je nutné vybrat vhodný přídavný materiál. Jeho chemické složení a mechanické vlastnosti se volí podle základních materiálů, které se spolu svařují. Přídavné a základní materiály nelze vzájemně libovolně kombinovat. Vždy je důležité dbát doporučení výrobce přídavných materiálů, který

v katalogových listech jednotlivých výrobků stanovuje rozsah jejich použití. Jedině tak se dosáhne kvalitního svaru. V následující tabulce 2 jsou uvedeny některé možné kombinace přídatného a základního materiálu.

Tabulka 2 Tabulka základních a přídatných materiálů a jejich kombinace, vlastní zdroj

Al99,5	Al99,5 Ti			
AlMg4,5Mn	AlMg5	AlMg5Cr		
AlMg3	AlMg5Cr	AlMg5Cr	AlMg5Cr	
AlMgSi0,5	AlSi5	AlMg5Cr (AlMg4Mn)	AlMg5Cr	AlSi5
Základní materiál	Al99,5	AlMg4,5Mn	AlMg3	AlMgSi0,5

Z tabulky je patrné, že přídatným materiálem na bázi čistého hliníku (Al99,5 Ti) lze svařovat pouze základní materiály rovněž z čistého hliníku (Al99,5). V případě, že svařujeme základní materiály v kombinaci čistý hliník se slitinovým materiálem hliníku, je třeba použít přídatný materiál na bázi slitiny, která odpovídá základnímu materiálu slitiny hliníku, z důvodu, že slitiny hliníku mají svařovací vlastnosti. [10]

6.1 Označení základních druhů svařovacích drátů

Přídatné materiály pro svařování hliníku se označují dle normy EN ISO 18273.

Příklady značení:

- S Al 1070 (Al99,7) je drát pro svařování čistého hliníku, např. Al99, Al99,5
- S Al 1450 (Al99,5 Ti), který obsahuje malé množství titanu, je drát pro svařování čistého hliníku např. Al99, Al99,5
- S Al 4043 (AlSi5) je drát pro svařování slitin hliníku např. AlMgSi0,5, AlMgSi1, AlMg1SiCu
- S Al 4047 (AlSi12) je drát pro svařování slitin hliníku typu AlMgSi a AlSi s obsahem Si nad 7%, např. G-AlSi12
- S Al 5356 (AlMg5Cr(A)) je drát pro svařování slitin hliníku např. AlMg1 až 5, AlMg4Mn, AlMgSi1
- S Al 5754 (AlMg5Cr(A)) je drát pro svařování slitin hliníku s obsahem hořčíku do 3%, např. AlMg1 až 3, AlMgMn [17]

7 Základní pojmy v oblasti elektrotechniky

Spotřeba elektrické energie v průmyslu je značná. Energeticky náročná je výroba hliníku, rovněž elektrické svařovací zdroje odebírají velké množství elektrické energie. Následující kapitoly stručně seznamují se vznikem, výrobou a distribucí elektrické energie.

7.1 Elektrický náboj

Vznik elektřiny souvisí se stavbou látek. Základní stavební jednotkou látky je atom. Atom se skládá z jádra, které obsahuje protony a neutrony a obalu tvořeného elektrony.

Neutron je částice elektricky neutrální. Proton nese kladný a elektron záporný elektrický náboj. Velikost obou nábojů je stejná. Takový atom se navenek jeví jako elektricky neutrální.

Elektrický náboj se značí Q , jednotka je 1 C – coulomb (čti kulomb).

7.2 Elektrické napětí

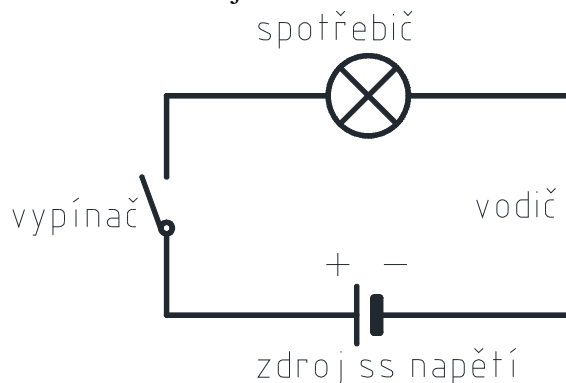
Vezměme dvě tělesa (např. desky) ze stejného elektricky vodivého materiálu. Pokud na obou tělesech jsou náboje v rovnováze je na nich stejný počet protonů a elektronů, pak se navenek obě tělesa jeví jako elektricky neutrální (mají stejný potenciál). Pokud bude na prvním tělese přebytek protonů a na druhém tělese přebytek elektronů, vznikne mezi těmito rozdílně nabitými tělesy napětí (mají rozdílný potenciál). Mezi deskami vzniká elektrické pole.

Elektrické napětí se značí U , jednotka je 1 V – volt.

Příkladem zdroje stejnosměrného napětí je galvanický článek (monočlánek, plochá baterie, olověný akumulátor).

7.3 Elektrický proud

Aby elektrický spotřebič (což je i svařovací zdroj) pracoval, musí jím procházet elektrický proud. Elektrický proud bude procházet spotřebičem, který je zapojen do elektrického obvodu. Sepnutím vypínače se obvod uzavře. Vlivem elektrického pole vytvořeného elektrodami zdroje dojde ve všech částech obvodu k usměrněnému pohybu elektronů ve směru od záporné elektrody ke kladné elektrodě. Příklad elektrického obvodu je na obrázku 4.



Obrázek 4 Jednoduchý elektrický obvod, převzato a upraveno z [18]

Definice: „*Elektrický proud v kovech je uspořádaný pohyb elektronů od záporné elektrody zdroje ke kladné elektrodě zdroje.*“ (TESAŘ, JÁCHIM, Fyzika 4 pro základní školy - Elektrické a elektromagnetické děje, 2009, str. 21)

Dohodnutý směr proudu je obrácený, tady od kladné k záporné elektrodě.
Proud prochází pouze obvodem, který je uzavřen – sepnut. Neuzavřeným – rozepnutým obvodem proud neprochází.

Elektrický proud se značí I , jednotka je 1 A – ampér.

7.4 Vodiče elektrického proudu, izolanty a polovodiče

Elektrický proud vedou materiály, které mají volné elektrony. Elektrickým polem je pohyb elektronů usměrněn.

Látky, které vedou elektrický proud, se nazývají vodiče. Nejvíce volných elektronů mají kovy. Výbornými vodiči elektrického proudu z technických kovů jsou měď, hliník, dobrý vodič je i železo.

Látky, které nevedou elektrický proud, se nazývají izolanty a nemají volné elektrony. Patří sem např. suché dřevo, plasty, pryž, porcelán.

Zvláštní skupinou látek jsou polovodiče. Pro výrobu polovodičů se používá např. křemík, germanium, selen. Základní polovodičovou součástí je dioda, která je charakteristická tím, že propouští elektrický proud pouze jedním směrem, tzv. propustným směrem. Je-li dioda zapojena obráceně, proud obvodem neprochází a pak mluvíme o zapojení v nepropustném směru.

Dioda spolu s dalšími polovodičovými součástkami je nezbytnou součástí moderních svařovacích zdrojů.

7.5 Elektrický odpor

Vodiče, elektrické součástky i spotřebiče kladou proudu procházejícím obvodem odpor. Velikost odporu je závislá na vnitřní stavbě látek a je měřitelnou vlastností každé látky.

Elektrický odpor se značí R , jednotka 1 Ω - ohm.

7.5.1 Ohmův zákon

Elektrický odpor souvisí s elektrickým napětím i proudem a je definován vztahem, který je znám pod názvem Ohmův zákon:

$$I = \frac{U}{R}$$

Definice: „Elektrický proud procházející vodičem stálé teploty je přímo úměrný napětí na koncích vodiče.“

Jinými slovy: „S rostoucím napětím v obvodu se elektrický proud zvětšuje (opět platí za stálé teploty).“

7.5.2 Aplikace Ohmova zákona

1. Na čem závisí elektrický odpor vodiče?

Vezměme vodič – kabel o délce l a průřezu S . Povahu materiálu, ze kterého je vodič vyroben charakterizuje rezistivita r , jinak také měrný elektrický odpor. Pak opět za stálé teploty platí:

$$R = r \frac{l}{S}$$

r rezistivita, jednotka 1 Ωm

l délka, jednotka 1 m

S plocha, jednotka 1 m^2

Definice (opět platí při stálé teplotě):

- a) čím je vodič delší, tím má větší odpor při stejném průřezu
- b) čím má vodič větší průřez, tím má menší odpor při stejné délce

2. Jak souvisí elektrický odpor s teplotou?

- a) u vodiče elektrický odpor s rostoucí teplotou roste
- b) u izolantů elektrický odpor s rostoucí teplotou klesá

7.6 Ochrana elektrického obvodu před zkratem

Při poruše elektrického zařízení může dojít ke zkratu, během něhož obvodem prochází obrovský elektrický proud. Do obvodu zařazujeme ochranné prvky – pojistky nebo jističe. Ampérová hodnota značí nejvyšší hodnotu elektrického proudu, který obvodem může procházet. Při překročení této hodnoty ochranný prvek obvod přeruší. Po odstranění závady se jistič opět sepne, naproti tomu pojistka se musí vyměnit za novou o stejné proudové hodnotě.

7.7 Příkon a energie elektrického proudu, účinky elektrického proudu

Příkon elektrického spotřebiče je dán velikostí elektrické energie dodané spotřebiči za jednotku času.

Příkon P spotřebiče je dán součinem napětí zdroje, ke kterému je spotřebič připojen a velikostí proudu protékajícího spotřebičem.

$$P = U \cdot I$$

Příkon se značí P , jednotka je 1 W – watt

Celková elektrická energie odebraná spotřebičem ze zdroje závisí na příkonu spotřebiče a době, po kterou je připojen ke zdroji a je dána vztahem:

$$E = P \cdot t$$

Energie se značí E , jednotka je 1 Ws – wattsekunda

V praxi se setkáme s jednotkou 1 kWh (1 kWh = 3 600 000 Ws)

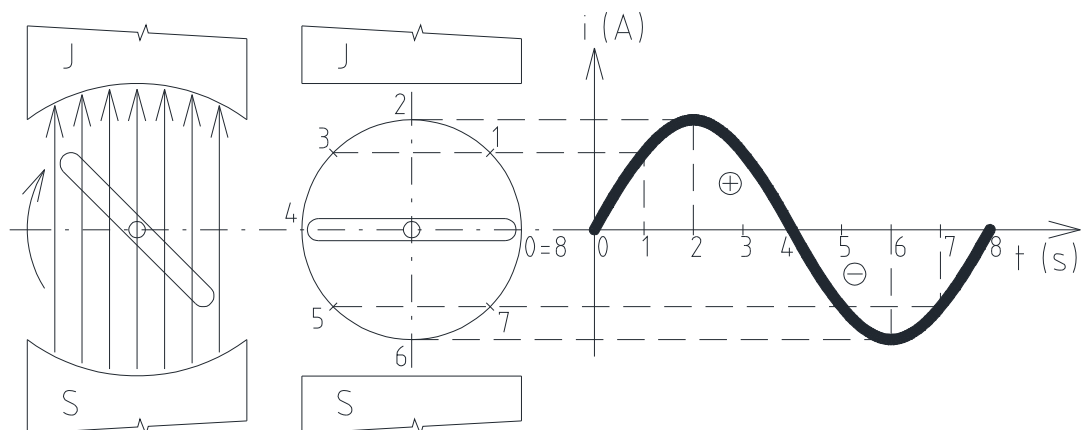
Elektrický proud se projevuje účinky tepelnými (elektrický vaříč, topení) světelnými (žárovka), elektromagnetickými (funkce jističe, elektrického zvonku), mechanickými (elektrický motor). [18]

7.8 Střídavý elektrický proud – jednofázový, třífázový

Vznik elektrického střídavého proudu souvisí s otáčením cívky v magnetickém poli. Na svorkách cívky se indukují elektrické napětí.

Zařízení, které přeměňuje mechanickou energii na elektrickou a vyrábí elektrický střídavý proud, se nazývá alternátor a jeho dvě hlavní části se nazývají rotor (otáčející se část) a stator (nepohyblivá část stroje). Rotor tvoří soustava vhodně poskládaných cívek elektromagnetů a vytváří se v něm magnetické pole. Otáčením rotoru se ve statoru indukují napětí.

Časový průběh jednofázového střídavého napětí na obrázku 5 vyjadřuje sinusoida a rotor je tvořen jednou cívkou.

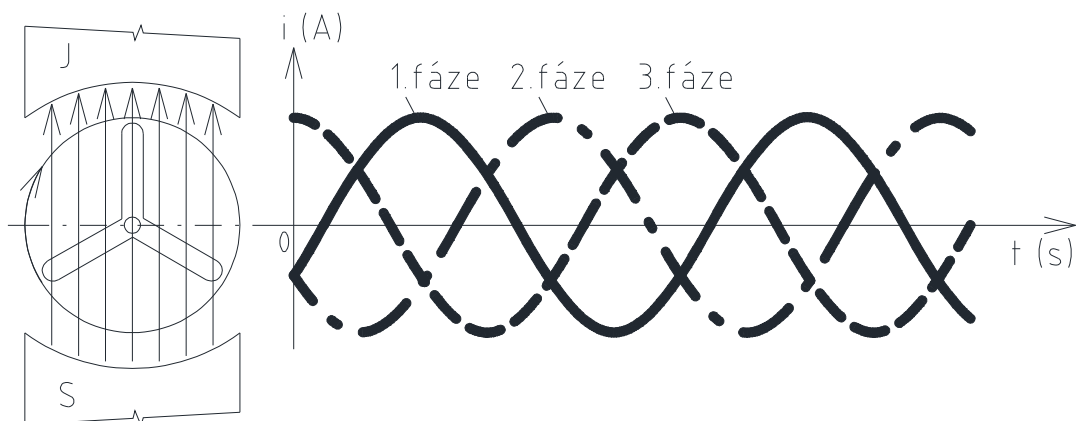


Obrázek 5 Časový průběh jednofázového střídavého napětí, převzato a upraveno z [4,18]

Napětí kolísá od -310 V do $+310\text{ V}$, přičemž těchto maximálních hodnot nabývá pouze nepatrnou dobu.

Spotřebič připojený k takovému to střídavému napětí má stejný výkon, jako když je trvale připojen ke stejnosměrnému napětí 230 V , které se nazývá efektivní napětí. Efektivní hodnota napětí v síti domácího rozvodu je 230 V o frekvenci 50 Hz .

Časový průběh třífázového střídavého napětí na obrázku 6 vyjadřuje sinusoida a rotor je tvořen třemi cívkami vzájemně posunutými o 120° .

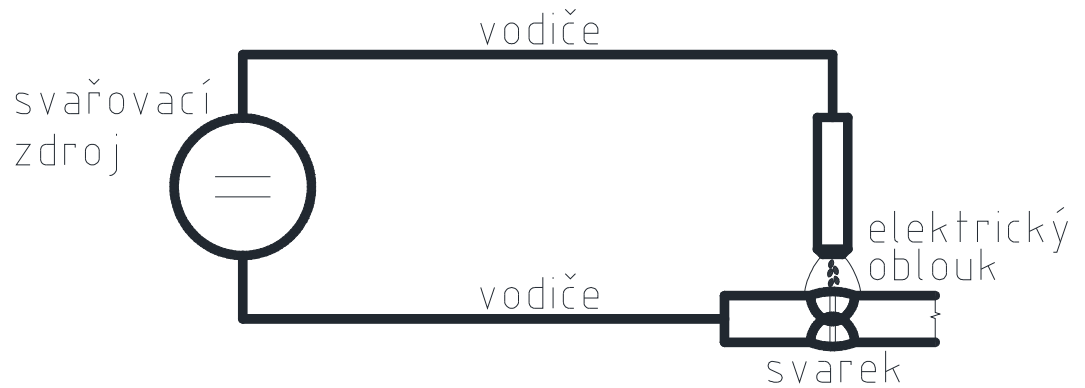


Obrázek 6 Časový průběh třífázového střídavého napětí, převzato a upraveno z [4,18]

Efektivní hodnota napětí v síti domácího rozvodu je 400 V o frekvenci 50 Hz . [4,18]

7.9 Svařovací obvod

Elektrický obvod je i svařovací obvod na obrázku 7. Polarita zapojení není uvedena záměrně, závisí na způsobu svařování, druhu svařovaného materiálu atd. [4]



Obrázek 7 Svařovací obvod, převzato a upraveno z [4]

7.10 Přehled použitých jednotek, násobky jednotek

Tabulka 3 Přehled jednotek, převzato a upraveno z [4]

Název	Značka	Jednotka
elektrický náboj	Q	C (coulomb)
elektrické napětí	U	V (volt)
elektrické proud	I	A (ampér)
elektrický odpor	R	Ω (ohm)
příkon	P	W (watt)
energie	E	Ws (wattsekunda)
frekvence	f	Hz (hertz)

Tabulka 4 Násobky jednotek, převzato a upraveno z [4]

Předpona	Značka	Násobek
piko-	p	10^{-12}
nano-	n	10^{-9}
mikro-	μ	10^{-6}
mili-	m	10^{-3}
centi-	c	10^{-2}
kilo-	k	10^3
mega-	M	10^6
giga-	G	10^9
tera-	T	10^{12}

8 Bezpečnost práce

Při svařování se řídíme bezpečnostními předpisy, které jsou dané zákony, nařízeními vlády, vyhláškami ministerstev, normami.

Podle označení rozeznáváme normy:

ČSN – národní norma, současné označení je česká technická norma (dříve Československá státní norma).

Za ČSN následuje kombinace 6 číslic, přičemž první dvě číslice znamenají třídu, tj. oblast, pro kterou norma platí. Třída 05 platí pro oblast Svařování, pájení, řezání kovů a plastů.

EN - evropská norma

ISO – světová norma [23]

Pro informaci jsou uvedeny příklady norem, které se zabývají problematikou bezpečnosti při svařování:

Norma ČSN 05 0600 se zabývá bezpečnostními ustanoveními pro projektování a přípravu stanovišť pro svařování.

Norma ČSN 05 0601 shrnuje bezpečnostní ustanovení pro svařování kovů z pohledu jednotlivých svařovacích metod.

Norma ČSN 05 0630 určuje bezpečnostní ustanovení pro svařování kovů.

Požární bezpečnost podrobněji než normy řeší vyhláška Ministerstva vnitra č.87/2000Sb. [4,19]

Z hlediska bezpečnosti práce a ochrany zdraví i majetku je důležité si uvědomit rizika, která při svařovacích pracích mohou nastat. Jedná se zejména o nebezpečí požáru a výbuchu, úrazu elektrickým proudem, popálení, otravy a udušení, pádu z výšky a rizika plynoucí z použití poškozeného svařovacího zařízení.

Svářečské práce mohou vykonávat osoby s platným svářečským průkazem a s příslušnou kvalifikací podle ČSN 05 0705. Svářečský průkaz je platný pouze s potvrzením o periodickém přezkoušení, které není starší více než dva roky. Dále musí obsahovat lékařské potvrzení o zdravotní způsobilosti, platné 5 let pro osoby do 50 let a 3 roky pro osoby starší 50 let. [19]

8.1 Pracoviště svářeče

Vymezený pracovní prostor musí umožnit bezpečné svařování, provádění údržby a manipulování s lahvemi na plyn bez jakýchkoliv překážek v přístupu. Pracoviště svářeče je trvalé nebo přechodné.

Základní požadavky na trvalé pracoviště na obrázku 8 jsou:

- minimální volný prostor na jednoho svářeče 15 m³
- minimální podlahový prostor 2 m²
- minimální výška stěny kabiny 2m zhotovena z nehořlavého materiálu
- mezera mezi stěnou kabiny a podlahou 150-200 mm
- podlaha musí být z nehořlavého materiálu, rovná a nesmí být kluzká
- stěny a strop musí být z nehořlavého materiálu a musí snižovat průnik a odraz záření
- výměna čerstvého vzduchu na jednoho svářeče činí 50 m³/hod.
- odsávání nebo přivádění čerstvého vzduchu do kukly svářeče při hromadění zplodin ze svařování



Obrázek 8 Trvalé pracoviště svářeče, vlastní zdroj

Základní požadavky na přechodné pracoviště jsou:

- vybavení pracoviště zástěnami, závěsy, vhodnými hasícími prostředky
- zajištění všech částí svařovacího zařízení proti poškození
- zajištění přirozeného větrání
- zákaz svařování, kdy vznikají škodlivé toxické látky a plyny [19]

Náhrada čerstvého vzduchu přívodem kyslíku je zakázána ve všech případech!

8.2 Zahájení a skončení svařování.

Před zahájením prací je vždy nutné vyhodnotit požárně bezpečnostní podmínky nejen pro konkrétní prostor, ve kterém se bude svařovat, ale i pro prostory okolní (nad, pod, vedle). Ve zvláštních případech zvýšeného nebezpečí je nutný písemný příkaz ke svařování - příloha 2, kde se prokazuje zajištění požárně bezpečnostních opatření a to jak před zahájením prací, tak i po jejich skončení.

Svařovací práce se **nesmí zahájit**, jestliže nejsou:

- stanovena požárně bezpečnostní opatření
- svářeč a pracovníci prokazatelně seznámeni s požárně bezpečnostními opatřeními
- splněny podmínky požární bezpečnosti
- svářeč není schopen prokázat svou odbornou způsobilost ke svařování odpovídajícími doklady

V případě změn požárně bezpečnostních podmínek v průběhu svařování (ale i jiných podmínek nutných pro bezpečné svařování) je nutné okamžitě přerušit svařovací práce a pokračovat až po jejich znovu zajištění.

Po skončení svařování se zkontroluje pracoviště a jeho okolí a zajistí se dohled v souladu s požárně bezpečnostními podmínkami. Minimální délka dohledu je 8 hodin. Ve zvláštních případech zvýšeného nebezpečí může být i delší, pak jsou podmínky dohledu stanoveny v písemném příkazu ke svařování. [4,19]

8.3 Nebezpečí požáru a výbuchu

Bezpečnostní opatření proti vzniku a šíření požáru se provádí s ohledem na konkrétní pracoviště a svařenec, které spočívají především:

- v odstranění hořlavých a výbušných látek a dále všech věcí, které mohou být během svařování poškozeny nebo v jejich zakrytí a utěsnění nehořlavým materiálem
- ve vhodném vybavení hasícími prostředky a přístroji s ohledem na konkrétní pracoviště; přechodné pracoviště je vhodné vybavit dvěma hasícími přístroji, z toho jedním práškovým o minimální hmotnosti náplně 5 kg.
- v ochlazování svařence
- v odvětrávání, kdy koncentrace hořlavých látek, jejich par a prachu ve směsi se vzduchem nesmí překročit 25% hodnoty dolní meze výbušnosti
- v umístění svařovacího zdroje mimo prostory s nebezpečím požáru nebo výbuchu [4,19]

8.4 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Základním pravidlem a prevencí před úrazem elektrickým proudem je používání bezvadného svařovacího zařízení. Opravy a výměny poškozených částí zřízení smí provádět pouze pověřený pracovník.

Bezpečnostní opatření proti vzniku úrazu elektrickým proudem spočívají především:

- v prokazatelném seznámení svařeče a pracovníků s poskytováním první pomoci při úrazu elektrickým proudem
- ve vizuální kontrole čistoty, neporušenosti a těsnosti vnějších svařovacích vodičů a přívodů elektrické energie
- v připojování svařovacích vodičů při vypnutém svařovacím zdroji
- v nepoužívání svařovacího zdroje v případě úniku chladicí kapaliny

Z hlediska úrazu elektrickým proudem jsou nebezpečné prostory prašné, vlhké a horké prostory a prostory s vodivým okolím. Zvláště nebezpečné jsou prostory, v nichž vody trvale stéká, skapává nebo stříká.

Prevence úrazů elektrickým proudem také spočívá v zabránění dotyku pracovníka se živými částmi elektrického zařízení. Pokud nelze zabránit dotyku pracovníka se živými částmi elektrického zařízení, pak se musí použít tzv. bezpečné napětí podle tabulky 5, které udává maximální velikost napětí při dotyku pracovníka se živými částmi zařízení s ohledem na povahu bezpečnosti daného prostoru. [4,19]

Tabulka 5 Velikosti bezpečného napětí živých částí, převzato a upraveno z [19]

Prostředí	Bezpečné napětí	
	střídavé	stejnoseměrné
bezpečné	do 50 V	do 100 V
nebezpečné	do 24 V	do 60 V
zvlášť nebezpečné	do 12 V	do 24 V

8.5 Zvýšená nebezpečí při svařování

Během svařování mimo zvýšeného nebezpečí úrazu při požáru nebo výbuchu a elektrickým proudem, hrozí dále úrazy popálením, ozářením, zdušením, otravou i např. pádem z výšky.

Úrazům popálením a ozářením předcházíme důsledným používáním osobních ochranných pomůcek – podrobněji viz kapitola 9.

Poškození zdraví zdušením a otravou může dojít při svařování v uzavřených prostorech, v nádobách apod. Zvláště nebezpečné jsou prostory znečištěné žíravinami a toxickými látkami. Vždy je nutné zajistit dostatečný přívod čerstvého vzduchu a odsávání znečištěného vzduchu.

Při práci ve výškách musí mít svářeč bezpečnou a stabilní polohu a musí být zajištěn proti pádu. Svářeči nesmí pracovat nad sebou.

Pokud zodpovědný pracovník vyhodnotí prostory, v nichž se bude svařovat, jako prostory se zvýšeným nebezpečím, smí se svařovat pouze na písemný příkaz! Písemný příkaz ke svařování obsahuje podmínky, za kterých jsou práce povoleny a dále všechna nutná bezpečnostní opatření. Za vydání písemného příkazu zodpovídá zplnomocněný pracovník a za bezpečnostní opatření pracovník s odbornou způsobilostí v příslušné oblasti. V příkazu je dána doba jeho platnosti a počet dozorujících pracovníků. [4,19]

9 Ochranné pracovní pomůcky

Svářeči musí být vždy vybaveni osobními ochrannými pracovními prostředky (dále jen OOPP). OOPP nesmí být znečištěny oleji, tuky ani žádnými jinými lehce zápalnými látkami.

Mezi základní OOPP patří:

- ochranné brýle
- ochranná kukla
- ochranné pracovní rukavice s manžetou – svářečské
- impregnovaný svářečský oblek
- kožená pracovní obuv
- kožená svářečská zástěra

Mezi doplňkové OOPP patří:

- ochrana dýchacích orgánů
- ochrana sluchu
- ochrana hlavy, aj.

Zvláště důležitý je výběr kvalitní ochranné kukly a pro svařování hliníku také používání kvalitních ochranných pomůcek dýchacích orgánů. [19]

9.1 Ochrana zdraví

„Mezi obecná rizika svařování patří elektrický proud, rozstřík roztaveného kovu, náraz, hluk, škodlivý prach, kouř, výpary, intenzivní světelné a tepelné záření“. (Safety s.r.o., Katalog CleanAIR, For Safe Breathing, str. 36)

Ochrana zdraví spočívající v důkladném zakrytí celého těla pomocí speciálních oděvů určených pro svařování, doplněných ochrannými koženými rukavicemi, zástěrami a různými druhy návleků je dnes samozřejmou výbavou svářeče. Rovněž svářečské kukly prošly vývojem a dnes jsou běžně spojeny s filtrační ventilační jednotkou. Díky integrovanému rozvodu vzduchu uvnitř kukly tak svářeč dýchá čistý vzduch. Množství přiváděného vzduchu se dá regulovat podle potřeb svářeče. Do kukly je vzduch přiváděn s mírným přetlakem a tak je zabráněno nasávání škodlivého vzduchu z okolí kukly.

Používání kvalitních filtračních a odsávacích jednotek je dnes samozřejmou součástí vybavení svářečských pracovišť stabilních i přechodných.

Škodliviny ve vzduchu představují prach, kouře a dýmy. Právě dýmy vznikají při svařování a pájení.

„Jsou to pevné aerosoly, které vznikají zahřátím kovu na teplotu vyšší, než je bod varu a následnou kondenzací v okolním ovzduší“.

(Safety s.r.o., Katalog CleanAIR, For Safe Breathing, str. 6)

K nejrizikovějším chemickým látkám poškozujícím lidské zdraví, které se uvolňují v dýmech během svařování (v závislosti na svařovaném materiálu), patří ozon, chrom, nikl, kadmium a olovo.

Provedení filtračních jednotek je různé, ale již základní typy jsou schopny zachytit všechny typy částic (prach, netoxické i toxické dýmy, kapalné i pevné aerosoly, bakterie, viry). Filtr na obrázku 9 se dá doplnit pachovou vložkou, která zachycuje nepříjemné pachy, které při svařování rovněž vznikají.

Nejméně škodlivin vzniká při svařování hliníku v ochranné atmosféře argonu střídavým proudem, kdy vzniká nejméně ozonu.

Z fyzikálního hlediska při svařování vzniká ultrafialové a infračervené záření a intenzivní viditelné teplo. Ultrafialové záření může poškodit oko, jeho čočku, nebo častěji oční zánět. Dále způsobuje popáleniny nechráněné pokožky. Infračervené záření není nebezpečné pro svařeče, který je ochráněn svařečskou kuklou a ochranným oděvem. Intenzivní viditelné světlo je opět velmi dobře odstíněno používáním ochranné svařečské kukly na obrázku 9, které jsou vybaveny samostmívacím svařečským filtrem. Rozsah tmavosti je volitelný, většinou od stupně 6 do stupně 13. Doporučené zatmění pro hliník je nejvyšší a to od stupně 10 do stupně 13, při svařování metodou WIG je to stupeň 14. Svařeč i přihlížející osoby by nikdy neměli sledovat svařovací oblouk bez ochrany očí, jinak hrozí poškození sítnice oka. [9, 10]



Obrázek 9 Svařečská kukla s filtrační jednotkou, vlastní zdroj

10 Základní pojmy v oblasti svařování

10.1 Definice svařování

Spojení součástí v technických odvětvích jsou rozebíratelná a nerozebíratelná. Svarové spoje jsou nerozebíratelná spojení, která se provádí pomocí soustředěného tepla nebo tlaku. Některé technologie svařování využívají současného působení tepla i tlaku. Dále se používají přídavné materiály, stejného či podobného chemického složení jako spojované materiály.

Prakticky nastávají tři možnosti, kdy dojde k vytvoření svarového spoje:

- a) tavné svařování – přivádí se pouze teplo a spojení obou materiálů se dosahuje přes roztavený svarový kov
- b) svařování tlakem – přivádí se teplo a tlak a spojení obou materiálů se dosahuje plastickou deformací, často však je používáno částečné natavení spojovaných materiálů
- c) svařování tlakem za studena – přivádí se pouze tlak a ke spojení dochází v tuhém stavu spojovaných materiálů. [1, 10]

10.2 Terminologie pojmů

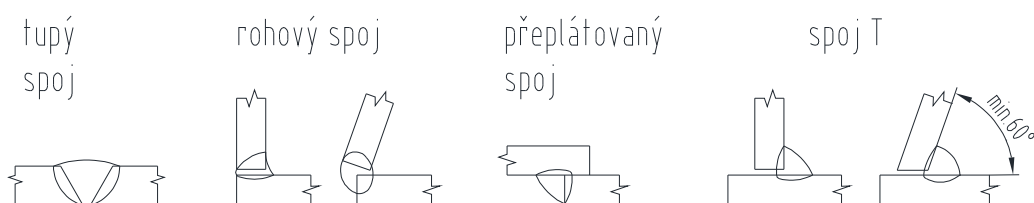
Terminologií pojmů ve svařování se podrobně zabývá norma ČSN 05 0000, která je rozdělena do čtyř částí: všeobecné pojmy, způsoby svařování, svarové spoje a technologie svařování. [7]

1. Definice základních pojmů:

- svařovaná konstrukce – konstrukce zhotovená z jednotlivých částí pomocí svařování
- svarek – část konstrukce zhotovená svařováním
- základní materiál – materiál částí, které se spolu svařují
- svarový spoj – nerozebíratelný spoj vzniklý svařováním
- svar – část svarového spoje, která byla roztavena během svařování
- obloukové svařování – tavné svařování, ohřev se uskuteční pomocí tepelné energie elektrického oblouku
- navařování – nanášení vrstvy kovu na povrch dílů tavným svařováním

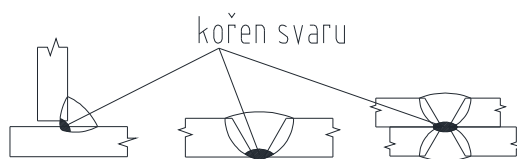
2. Základní definice a pojmy používané pro svarové spoje:

- průběžný svar - spoj bez přerušení v celé délce
- přerušovaný svar - spoj s přerušením po celé délce svaru
- steh – svar zajišťující vzájemnou polohu jednotlivých částí konstrukce
- housenka – navařený svarový kov při jednom chodu hořáku (elektrody)
- kresba housenky – charakteristický reliéf povrchu housenky
- vrstva – část svarového kovu složená z jedné nebo několika housenek na stejné úrovni v příčném řezu (např. krycí vrstva na obrázku 13)
- základní druhy svarových spojů – obrázek 10



Obrázek 10 Svarové spoje, převzato a upraveno z [7]

- kořen svaru - obrázek 11



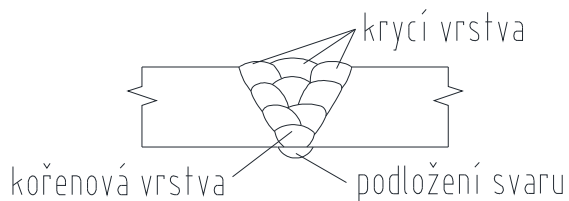
Obrázek 11 Kořen svaru, převzato a upraveno z [7]

- jednovrstvý svar, vícevrstvý svar - obrázek 12



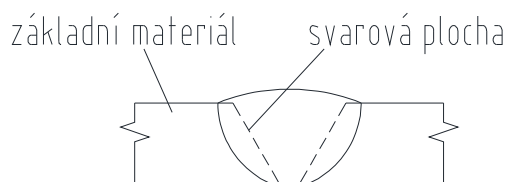
Obrázek 12 Jednovrstvý a vícevrstvý svar, převzato a upraveno z [7]

- kořenová vrstva, krycí vrstva – tvoří povrch svaru, podložení svaru-
svarová vrstva na straně kořene - obrázek 13



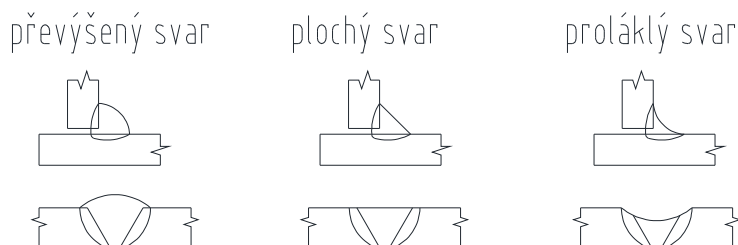
Obrázek 13 Vrstvy svaru, převzato a upraveno z [7]

- základní materiál, svarová plocha - obrázek 14



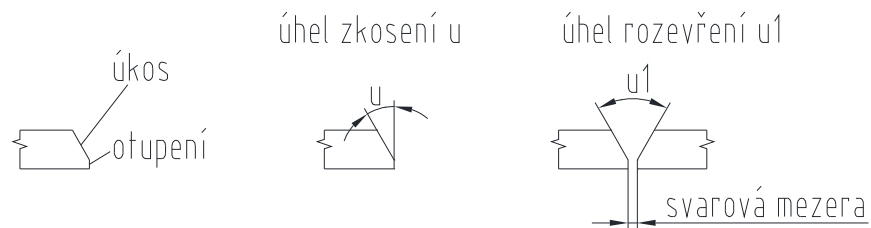
Obrázek 14 Základní materiál, svarová plocha, převzato a upraveno z [7]

- převýšený, plochý, proláklý svar – obrázek 15



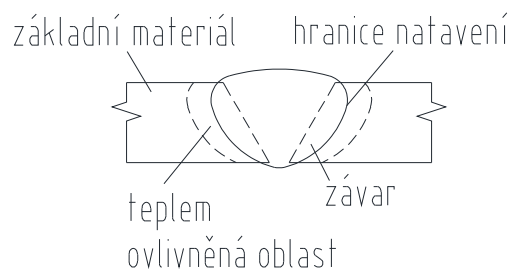
Obrázek 15 Převýšený, plochý a proláklý svar, převzato a upraveno z [7]

- úprava svarových ploch:
úkos, otupení, úhel zkosení, úhel rozevření, svarová mezera –
obrázek 16



Obrázek 16 Úprava svarových ploch, převzato a upraveno z [7]

- přídavný materiál – kov vstupující do svarové lázně
- svarová lázeň – část svarového materiálu nacházející se v tekutém stavu při tavném svařování
- teplem ovlivněná oblast (TOO) – část základního materiálu, která nebyla během svařování roztavená, avšak její struktura a vlastnosti se důsledkem ohřevu během svařování změnily – obrázek 17



Obrázek 17 Teplem ovlivněná oblast (TOO), převzato a upraveno z [20]

- závar – celistvé kovové spojení mezi svarovými plochami základního materiálu a jednotlivými vrstvami (houseskami) svaru
- propal – ztráty kovu způsobené ohřevem
- tepelný příkon – spotřebovaná energie na jednotku délky svaru [7]

Úplné a podrobné znění všech pojmů a definic používané při svařování jsou vymezeny normou ČSN 05 0000.

3. Další pojmy:

- přímá polarita – je polarita, kdy elektroda je připojená k zápornému pólu svařovacího zdroje a svařovaná konstrukce ke kladnému pólu svařovacího zdroje
- nepřímá polarita - je polarita, kdy elektroda je připojená ke kladnému pólu svařovacího zdroje a svařovaná konstrukce k zápornému pólu svařovacího zdroje [20]

11 Značení svarů v technické dokumentaci

Svary na výkresech se značí podle ČSN EN ISO 22553 (2553). Spoj musí být označením plně definován. Symbol základní značky vychází z úpravy svarových ploch. Označení se skládá ze základní značky, která se podle potřeby zpřesňuje:

- a) doplňkovou značkou
- b) rozměrem spoje
- c) dalšími doplňujícími údaji

1. Základní značky:

Tabulka 6 Základní značky svarových spojů, převzato a upraveno z [4]

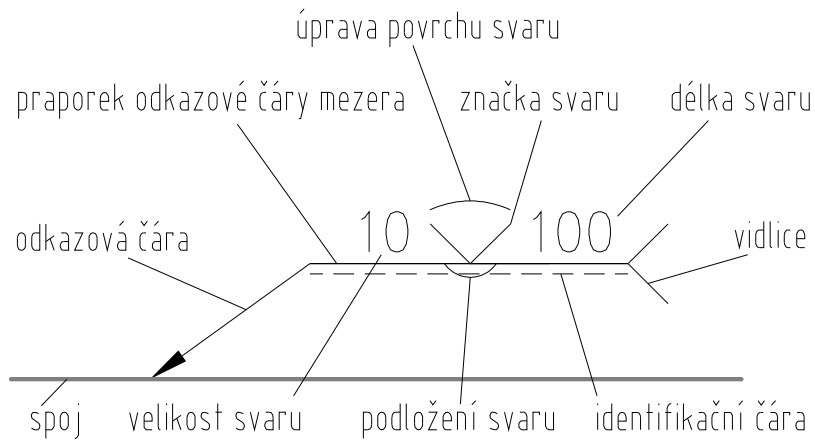
Pojmenování spoje	Značka svaru	Pojmenování spoje	Značka svaru
I - svar		W - svar	
V - svar		UV - svar	
1/2V - svar		Oblý - svar	
Y - svar		1/2Oblý - svar	
1/2Y - svar		U - svar	
Koutový svar		1/2U - svar	
Lemový svar		Návar	
Děrový svar		Přeplátovaný spoj	
Bodový svar		Šikmý spoj	
Švový svar		Sdrápkový spoj	
V-svar se strmým úkosem (na podložku)		1/2V-svar se strmým úkosem (na podložku)	
Čelní plochý svar		Podložení svaru	

Tabulka 7 Doplňující značky svarových spojů, převzato a upraveno z [4]

Tvar povrchu spoje	Značka	Tvar povrchu spoje	Značka
Plochý	—	Přivařená podložka	
Převýšený		Odnímatelná podložka	
Vydutý		Střídavý	

2. Umístění označení svaru ve výkresu – obrázek 18

Hlavní rozměr svaru je uveden před značku (vlevo od značky), délka svaru se uvádí za značkou (vpravo od značky).



Obrázek 18 Označení svaru, převzato a upraveno z [4]

Vidlice může být doplněna následujícími zpřesňujícími údaji:

- metoda svařování
- stupeň jakosti
- poloha svařování
- přídavné materiály
- WPS - obrázek 27

Koutový svar má dvě možnosti označování – obrázek 19

Jmenovitá výška svaru z

Jmenovitá tloušťka svaru a

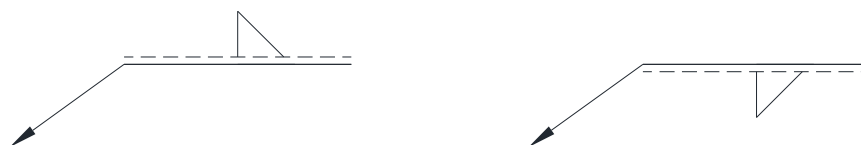


Obrázek 19 Příklady označení koutového svaru, převzato a upraveno z [4]

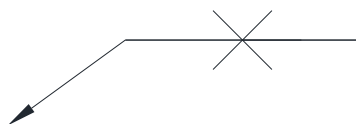
Příklady možností označení vybraných druhů svarů jsou na obrázcích 20-24



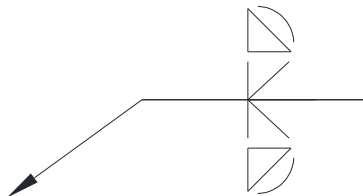
Obrázek 20 Povrch svaru je na straně odkazové čáry, vlastní zdroj



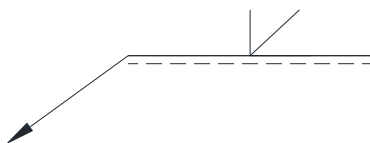
Obrázek 21 Povrch svaru je na protilehlé straně k odkazové čáře, vlastní zdroj



Obrázek 22 Oboustranný svar symetrický, vlastní zdroj



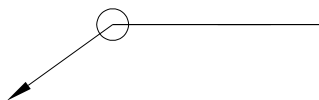
Obrázek 23 Oboustranný svar, vlastní zdroj



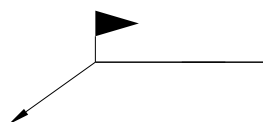
Obrázek 24 Poloviční svar, vlastní zdroj

3. Doplnkové značky upřesňují další údaje o svaru

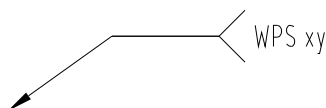
Jedná se zejména o označení obvodového a montážního svaru a u zapouzdřených vodičů se do vidlice uvádí WPS, která plně popisuje způsob provedení svaru.



Obrázek 25 Obvodový svar, vlastní zdroj



Obrázek 26 Montážní svar, vlastní zdroj



Obrázek 27 Jeden z možných způsobů označení svařovací metody, vlastní zdroj

V příloze 3 je uvedeno značení svarů používaných při výrobě konkrétního výrobku s vyznačením svarů, včetně označení ploch, které jsou nutné opracovat úkosováním před svařováním.

Ve výkresu je uvedena tabulka s identifikací přídavného materiálu, kterým je nutné jednotlivé díly svařit k sobě a potvrzení z oddělení technologie svařování o správném označení svarů (texty ve výkresu byly záměrně zvětšena a upraveny za účelem jejich lepší čitelnosti). [10]

11.1 WPS-Welding procedure specification

Název i zkratka je převzata z anglické jazykové mutace. WPS je technologický postup, který podrobně popisuje podmínky pro zhotovení svaru a úkony při svařování. Součástí WPS je skica znázorňující úpravu a vzhled svarových ploch a rozměrů svaru. Obsah WPS definuje norma ČSN EN ISO 15609-1.

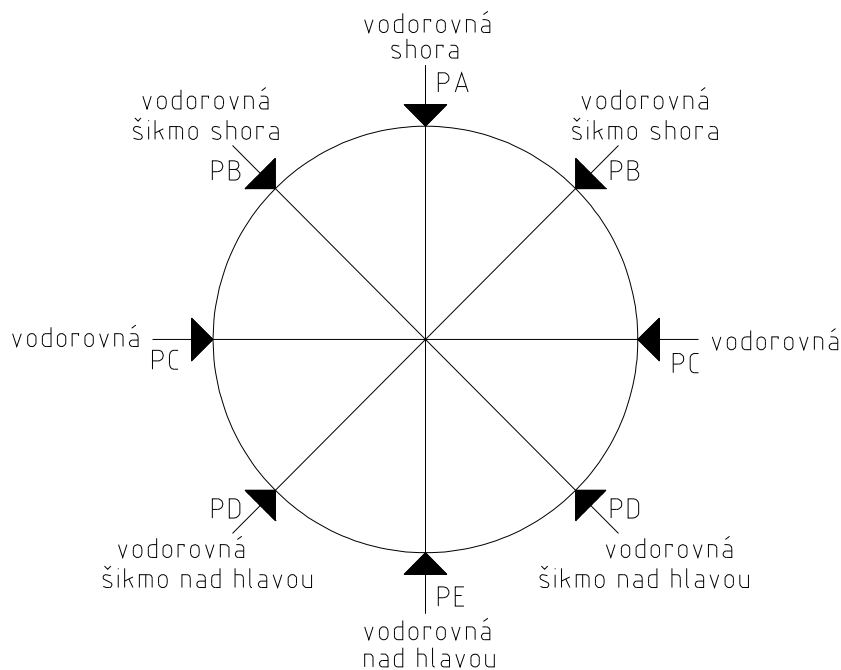
V praxi se WPS rozlišují na dílenské a montážní. Dílenskými WPS se řídí svářeči při zhotovování výrobku na dílně. Podle montážních WPS se pak zhotovují svary montážní. V obou případech je WPS nedílnou součástí výkresové dokumentace. Svářeč je povinen se seznámit před započítím svařování jak s výkresem, tak i s příslušnou WPS a řídit se oběma dokumenty.

Příklad výrobního výkresu a navazujících WPS - příloha 3, 4 a 5.

12 Polohy svařování

Polohy svařování se označují podle normy ČSN EN ISO 6947. Slouží pro označení způsobu postavení svářeče. Nejčastěji se používají v technologických postupech svařování.

Pro popis požadované polohy se používají symboly. Přehledně a názorně lze polohy svařování zobrazit pomocí tzv. orientačního kruhu na obrázku 28:



Obrázek 28 Svařovací polohy - orientační kruh, převzato a upraveno z [6]

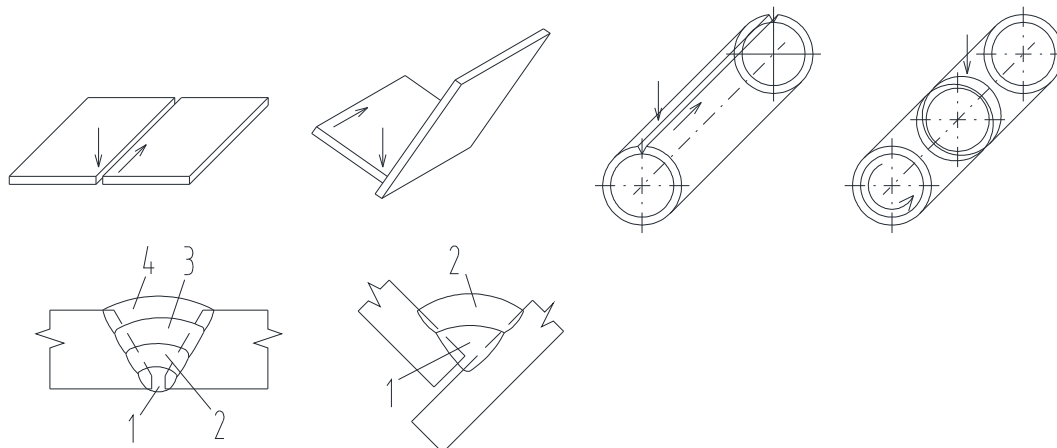
Na obrázku 29 je svářeč pracující v poloze PC.



Obrázek 29 Svařovací poloha PC, vlastní zdroj

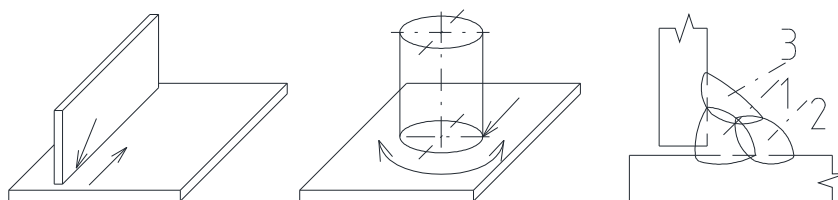
Popis jednotlivých poloh svařování je znázorněn pomocí schématických obrázků, ve kterých šipka ukazuje polohu svařování.

- poloha vodorovná shora (PA) a provedení svaru – obrázek 30



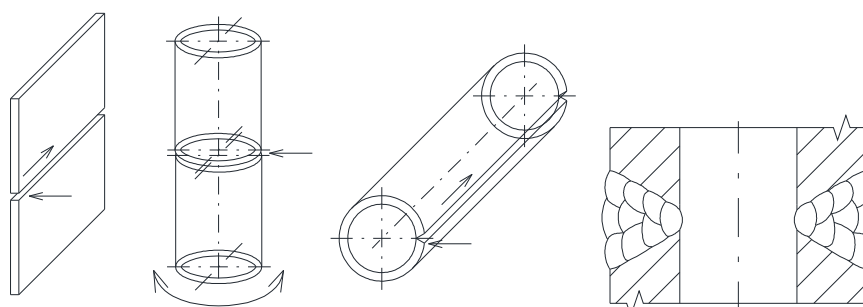
Obrázek 30 Svařovací poloha PA, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PA, vlastní zdroj

- poloha vodorovná šikmo shora (PB) a provedení svaru – obrázek 31



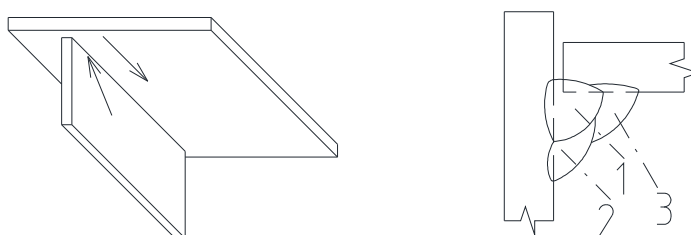
Obrázek 31 Svařovací poloha PB, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PB, vlastní zdroj

- poloha vodorovná (PC) a provedení svaru – obrázek 32



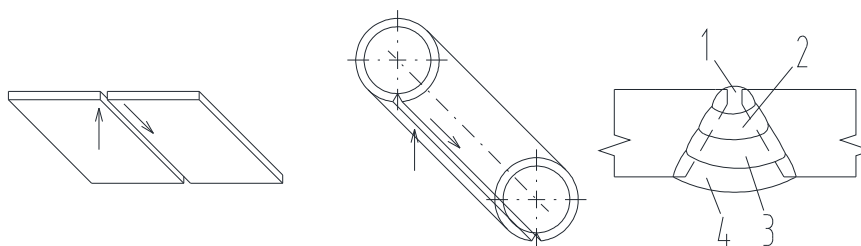
Obrázek 32 Svařovací poloha PC, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PC, vlastní zdroj

- poloha vodorovná šikmo nad hlavou (PD) a provedení svaru – obrázek 33



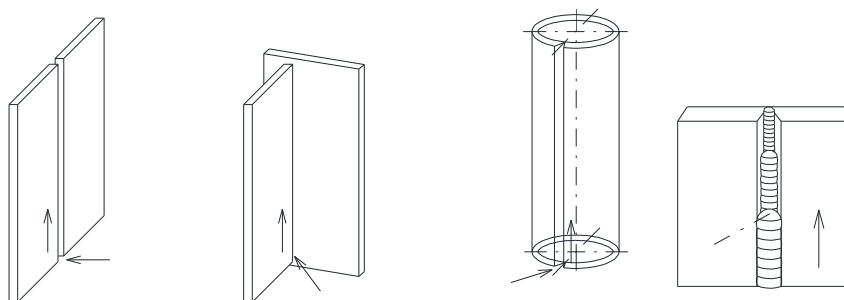
Obrázek 33 Svařovací poloha PD, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PD, vlastní zdroj

- poloha vodorovná nad hlavou (PE) a provedení svaru – obrázek 34



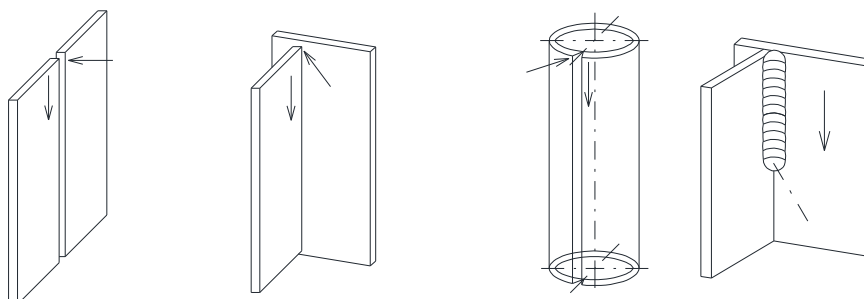
Obrázek 34 Svařovací poloha PE, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PE, vlastní zdroj

- poloha svislá nahoru (PF) a provedení svaru – obrázek 35



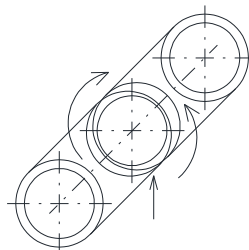
Obrázek 35 Svařovací poloha PF, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PF, vlastní zdroj

- poloha svislá dolů (PG) a provedení svaru – obrázek 36



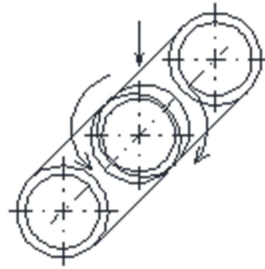
Obrázek 36 Svařovací poloha PG, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PG, vlastní zdroj

- poloha trubky pro svařování nahoru (PH) – obrázek 37, trubka je ve vodorovné poloze



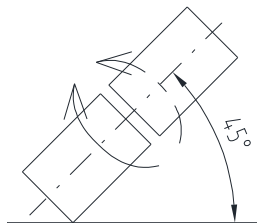
Obrázek 37 Svařovací poloha PH, převzato a upraveno z [6]

- poloha trubky pro svařování dolů (PJ) – obrázek 38, trubka je ve vodorovné poloze



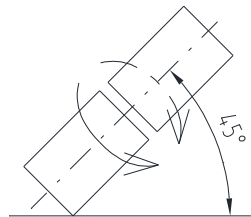
Obrázek 38 Svařovací poloha PJ, převzato a upraveno z [6]

- poloha trubky pro svařování nahoru k vrcholu svaru (H-L045) – obrázek 39, trubka je ve sklonu pod úhlem 45°



Obrázek 39 Svařovací poloha H-L045, převzato a upraveno z [6]

- poloha trubky pro svařování od vrcholu svaru dolů (J-L045) – obrázek 40, trubka je ve sklonu pod úhlem 45°



Obrázek 40 Svařovací poloha J-L045, převzato a upraveno z [6]

13 Metoda svařování 131 (MIG)

13.1 Princip metody

Elektrický oblouk hoří mezi kovovou tavící se elektrodou (drát navinutým na cívce) a základním materiálem, přičemž drát je podávacím mechanismem přiváděn do svařovacího hořáku. Elektrický oblouk i povrch tavné lázně jsou zcela chráněny inertním plynem, který nereaguje s vnějším okolím. Z tohoto důvodu se tato metoda používá pro svařování neželezných kovů např. hliníku, mědi a titanu. [3]

Zařízení pro svařování může být monofunkční (pouze pro metodu MIG), nebo multifunkční (pro metody MIG, WIG i svařování obalenou elektrodou).

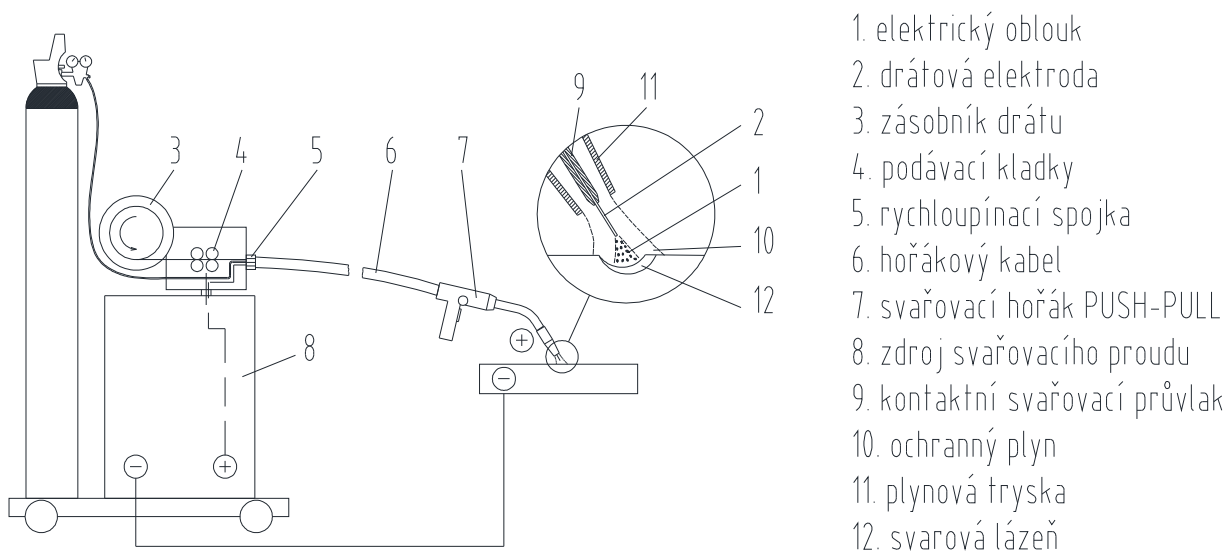
Základní nutné vybavení tvoří:

- zdroj svařovacího proudu a řídicí jednotka
- podavač drátu
- svařovací hořák
- multifunkční kabel hořáku s rychlospojkou pro propojení kabelu se svařovacím zdrojem
- lahev s obsahem ochranného plynu opatřená redukčním ventilem

Další doplňkové vybavení tvoří:

- chladicí jednotka
- mezipodavač drátu
- ruční měnič pro dálkové ovládání
- řídicí jednotka s různými stupni výbavy
- pojízdný vozík
- rameno pro nesení kabelu s hořákem [1, 10]

Schématické znázornění svařovacího zařízení pro metodu MIG je na obrázku 41 s popisem hlavních částí.



Obrázek 41 Zařízení pro svařování metodou MIG, převzato a upraveno z [1]

13.2 Části oblouku a přenos kovu v oblouku

13.2.1 Elektrický oblouk

Zdrojem vysokých teplot, které jsou nutné k natavení svarových ploch, je elektrický oblouk.

Svařovací oblouk, který hoří mezi elektrodou a materiálem je elektrický výboj kruhového průřezu, procházející horkým ionizovaným plynem. Je charakterizován napětím 10 až 50 V a proudem 10 až 2000 A. Na katodě se uvolňují elektrony, prochází sloupcem oblouku, tj. vodivou plazmou a odvádí se anodou. [3]

13.2.2 Zapálení oblouku

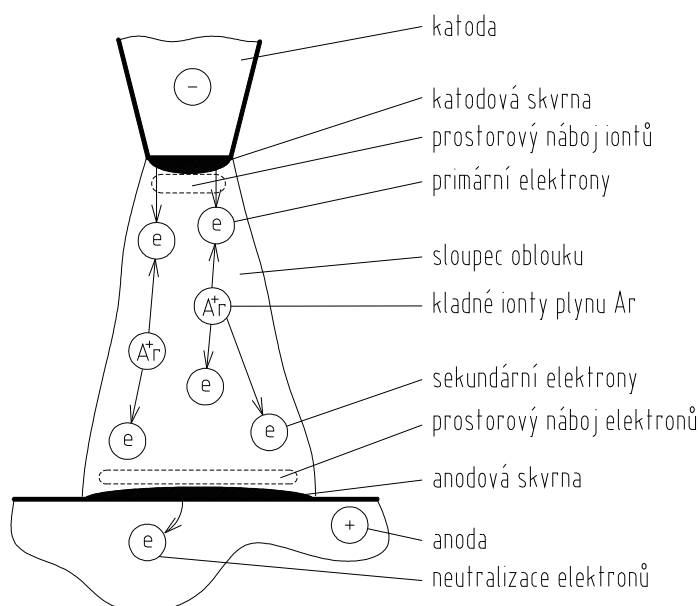
Zapálení oblouku probíhá při napětí naprázdno zdroje a je obvykle vyšší než při ustáleném hoření oblouku, tedy mezi 60 až 70 V.

U metody MIG se zapálení oblouku se provádí krátkodobým dotykem elektrody se základním materiálem. Svařovací proud je předem nastaven. Místo dotyku (rozhraní elektroda-materiál) se průchodem zkratového proudu vysokým přechodovým odporem roztaví. Nastává termoemise primárních elektronů, ionizuje se okolní plynné prostředí a dojde k vedení elektrického proudu v plynu. Po oddálení elektrody dojde k rozvoji oblouku, zvýší se odtavování kovu, přičemž dochází částečně k jeho odpařování. Vzniká stabilní sloupec oblouku. [1, 10]

13.2.3 Části oblouku

Stejnoseměrný oblouk, který hoří mezi elektrodou a základním materiálem v ochranném plynu argonu. Za konstantní délky je stabilní, má stálý proud i napětí.

Složení oblouku je znázorněno na obrázku 42 s názvy jednotlivých oblastí:

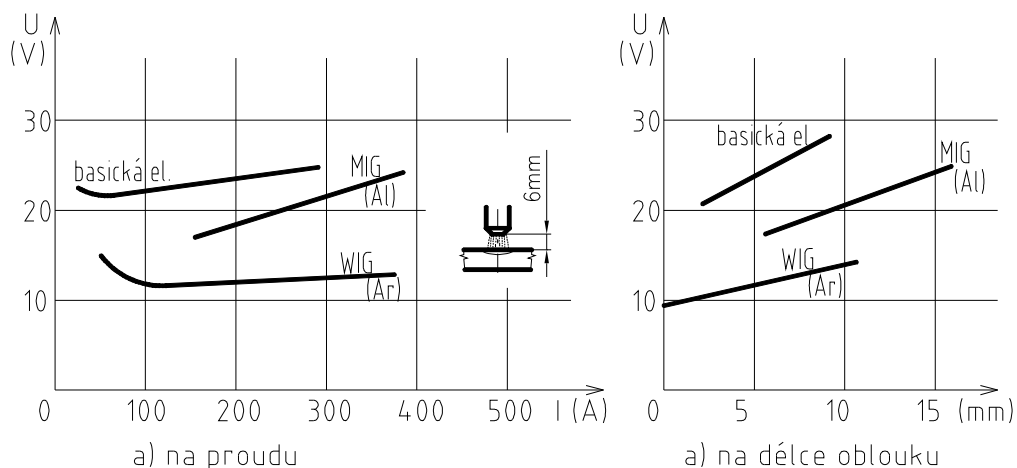


Obrázek 42 Části elektrického oblouku, převzato a upraveno z [1]

- Katodová skvrna je část povrchu žhavé katody, kde se emitují primární elektrony, které mají vysokou kinetickou energii a ionizují při srážkách neutrální atomy na kladné ionty a elektrony. Katodová skvrna je stabilní nebo se přemísťuje po povrchu katody, její teplota je 2400 až 3000°C.

- Oblast katodového úbytku napětí je prostor těsně u katody, asi 0,1mm tlustý. Pokles napětí je asi 8-16 V.
- Sloupec oblouku je tvořen prostorem mezi elektrodami. Má velmi jasné světlo a vysokou teplotu. Z fyzikálního hlediska je to plazma, tedy ionizovaný, elektricky vodivý plyn o vysoké teplotě. Na vedení proudu v oblouku se především podílí elektrony, mají malou hmotu a pohybují se ve směru spádu napětí. Kladné ionty mají mnohem větší hmotu než elektrony a pohybují se od anody ke katodě působením elektrostatických sil a to až do určité hodnoty proudu. Nad kritickou hodnotu proudu pak plazma proudí od elektrody k základnímu materiálu bez ohledu na polaritu. Základní materiál je ovlivněn proudícím plazmatem nejen tepelně, ale i mechanicky. Teploty oblouku se u jednotlivých metod svařování liší. Při svařování obalenou elektrodou je teplota oblouku 4200 až 6400°C, pod tavidlem 6700 až 7800°C, metodou WIG 6000 až 9500°C. Proudová hustota, která je nejvyšší u metody MIG, vytváří vhodné podmínky pro ionizaci a teplota je 8000 až 15000°C.
- Oblast anodového úbytku napětí je prostor těsně u anody, ale mnohem menší tloušťky v řádu setin až tisícín mm.
- Anodová skvrna je část povrchu anody pohlcující elektrony. Jejich kinetická energie se mění na energii tepelnou. Anoda se dopadem elektronů zahřívá. Na anodě se získá více tepla než na katodě a pohybuje se mezi 2700 až 3600°C. Většinou dochází k varu svařovaných materiálů.
- U svařování stejnosměrným proudem rozlišujeme přímou polaritu, pokud na elektrodě je mínus pól a na základním materiálu plus pól. V opačném případě jde o nepřímou polaritu. [1]

Voltampérová (V-A) charakteristika elektrického oblouku charakterizuje závislost elektrického napětí na oblouku a to jednak z hlediska svařovacího proudu a dále na délce oblouku – obrázek 43.



Obrázek 43 V-A charakteristika pro ocel a hliník, převzato a upraveno z [1]

Oblouk se projevuje tepelnými a elektrickými účinky, které lze měnit nastavením parametrů svařování a tím ovlivnit výsledný svarový spoj z hlediska tepelného ovlivnění základního materiálu, zbytkových napětí a deformací.

Mechanické účinky oblouku, tj. silové působení oblouku na základní materiál se projevuje vytvořením prohlubně v tavné lázni a tím se dosahuje hlubokého závaru. Jsou vyvolány tlakem plazmatu, který velmi závisí na použitém ochranném plynu. Největší tlak je při svařování v ochranném plynu CO₂, nižší v argonu a nejnižší v heliu. [1]

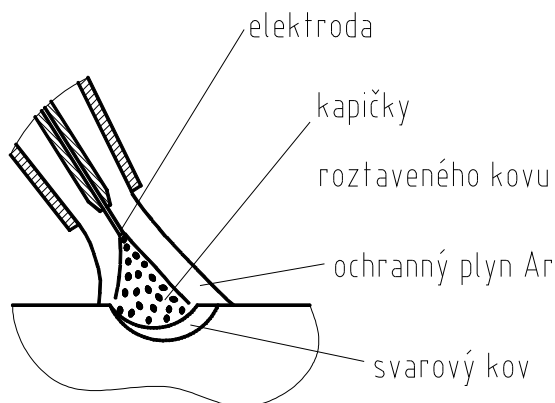
13.2.4 Přenos kovu v oblouku

Každá metoda svařování je mimo jiné charakterizována způsobem přenosu kovu v elektrickém oblouku.

Z tavící se elektrody se kov této elektrody během svařování přenáší ve sloupci oblouku do svarové lázně. Kov se odděluje ve formě kapek a to různým způsobem. Vliv na druh přenosu má hustota proudu, napětí dané délkou oblouku, obal elektrody nebo druh ochranné atmosféry a polarita. Oddělení jedné kapičky kovu od elektrody je závislé na mnoha fyzikálně-chemických faktorech. Jedná se např. o silové účinky iontů a elektronů, silový účinek zemské přitažlivosti a silové účinky elektromagnetického pole.

Rozeznáváme tři základní druhy přenosu kovu v oblouku:

- Zkratový přenos, který probíhá při nižším napětí (krátký oblouk) i nižší proudové hustotě. Pravidelně se střídá fáze hoření oblouku a zkratu. Vyskytuje se např. u bazických elektrod.
- Kapkový přenos, při kterém se z elektrody odtavují malé kapky kovu v počtu 20 až 50 ks za sekundu a to bez zkratů. Při pulzním způsobu počet kapek odpovídá počtu pulzů. Charakteristický je pro svařování v ochranné atmosféře směsi argonu a CO₂.
- Sprchový přenos, při kterém jemně rozptýlené kapičky roztaveného kovu přecházejí z elektrody ve směru její osy do svarového kovu, znázorňuje obrázek 44. Přenos se uskutečňuje za vyšší hustoty proudu od 200 do 500 A a vyššího napětí 28 až 40 V, které je typické při delším oblouku. Dlouhý oblouk se sprchovým přenosem bez zkratu je charakteristický pro svařování neželezných kovů v ochranné atmosféře argonu, příp. směsi argonu a CO₂. Během oddělování kapiček je proud konstantní, oblouk nezhasíná, hoří klidně a do základního materiálu se přenáší velké množství tepla, což se projevuje velkou hloubkou závaru. Zvukově se sprchový přenos kovu projevuje typickým výrazným syčením, které je občas přerušeno praskáním z důvodu nestabilního oblouku. [3, 10]



Obrázek 44 Sprchový přenos, převzato a upraveno z [1]

13.2.5 Synchro-Puls

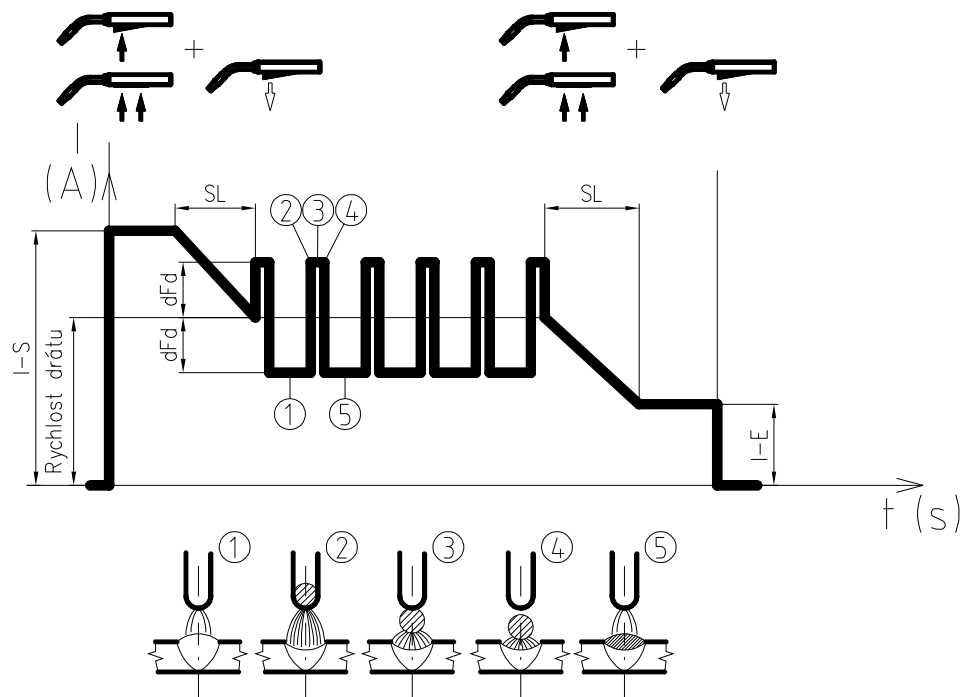
U moderních digitálních svařovacích zdrojů se uplatňuje impulzní bez-zkratový přenos – Synchro-Puls. Průběh přenosu kovu, který je řízen elektronicky a má pravidelný cyklus podle frekvence proudu. Základní proud je nízký od 20 do 50 A, kterému odpovídá i nízká frekvence pulzů od 0,5 do 10 Hz a delší časový okamžik řádově do 5 m/s. V tomto okamžiku se tvoří kapička kovu.

Po té nastává perioda vysokého svařovacího proudu až 250 A, kterému naopak odpovídá vysoká frekvence pulzů až 500 Hz a krátký časový okamžik řádově desetiny ms. V této periodě se odděluje kapička kovu. V obou případech dochází současně k pulzaci při podávání drátové elektrody.

U impulzního bez zkratového přenosu spojením dlouhých a krátkých impulzů při svařování hliníku metodou MIG se dosáhne pravidelné a jemné svarové housenky podobně jako u metody WIG, sníží se množství vneseného tepla, což umožňuje svařovat i tenké plechy.

Řízení průběhu svařování je pak realizováno pomocí speciálního 4-taktu s funkcí Synchro-Puls. Jeho grafické znázornění je na obrázku 45.

Pro svařování hliníku jsou moderní svařovací zdroje vybaveny speciálními svařovacími programy a volbou Synchro-Puls. Tyto programy jsou dostupné přímo z ovládacího panelu svařovacího zdroje. [1, 10]



Obrázek 45 Průběh proudu a přechod kovu u impulzního svařování, převzato a upraveno z [8]

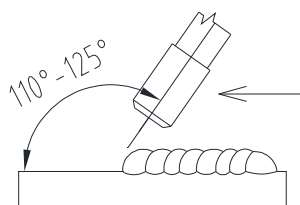
- a) 1 = základní proud, udržuje oblouk
- b) 2 = vysoký svařovací proud, vysoký pulz roztavuje konec elektrody
- c) 3 = roztavený konec elektrody se zaškrucuje
- d) 4 = na konci vysokého pulzu se odděluje kapka kovu
- e) 5 = dopad kapky do svarové lázně bez rozstříku na začátku další fáze základního proudu [8, 10]

13.3 Technika svařování pro metodu 131 (MIG)

„Technika svařování charakterizuje polohu a pohyby svařovacího hořáku a přídavného materiálu vzhledem ke svařovanému materiálu“. (MALINA, NÉMA, Základní kurz svařování ZK 141 W 21, 2004, str. 40)

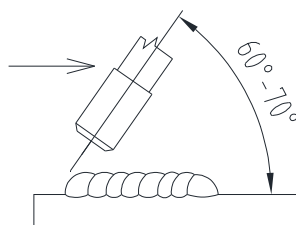
Rozeznáváme postup svařování:

- a) vpřed – obrázek 46, kdy se přídavný materiál pohybuje před hořákem a svářeč dobře vidí do svarové mezery, hůře pozoruje vznikající housenku svaru. Teplo oblouku více ohřívá základní materiál, ochranný plyn méně chrání tuhnoucí housenku svaru. Používá se pro svařování tlustších plechů. V polohách PB a PF lépe dosáhneme provaření kořene svaru.



Obrázek 46 Svařování vpřed, převzato a upraveno z [20]

- b) vzad – obrázek 47, kdy se materiál pohybuje za hořákem a svářeč dobře vidí vznikající housenku svaru a hůře vidí do svarové mezery. Teplo oblouku méně ohřívá základní materiál, ochranný plyn více chrání tuhnoucí housenku svaru. Používá se pro svařování slabších plechů. V poloze PG se používá pro svařování svislých svarů shora dolů. [4]



Obrázek 47 Svařování vzad, převzato a upraveno z [20]

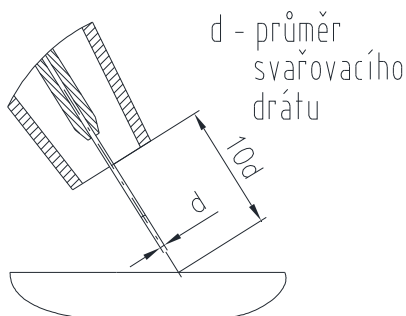
Technika svařování spočívá především ve správném vedení hořáku, tedy především sklonu osy hořáku vzhledem k základnímu materiálu. Hořák se obvykle vede vpřed přímočarým pohybem, nebo s rozkyvem. V případě svislých svarů se svařuje zdola nahoru. [1]

Postup vzad se při svařování hliníku a jeho slitin obecně nedoporučuje. Svar nedosahuje takové kvality jako u postupu vpřed.

Zapálení oblouku se provádí ca. 10 mm před ukončením housenky (stehu). Napojení housenky po vytvoření svarové lázně se převede do kořene svaru. [4]

Před provedením vlastního svaru je důležité provést správně stehování. Steh se docílí zapálením oblouku na jedné svarové ploše a následně svarovou lázeň převedeme přes svarovou mezeru na druhou svarovou plochu. Hořák dále vede nad svarovou mezerou. Délka stehu je úměrná tloušťce materiálu. Steh se ukončí opět nad jednou ze svarových ploch. Ve svarové mezeře se steh neukončuje kvůli možnému vzniku vad, především pórů a kráterových trhlin. [4]

Výlet drátu na obrázku 48 se nazývá vzdálenost svařovací trysky od základního materiálu. Je rovna 10 násobku průměru použitého svařovacího drátu. Například pro drát o $d=1,2$ mm je výlet drátu roven 12 mm.



Obrázek 48 Výlet drátu, vlastní zdroj

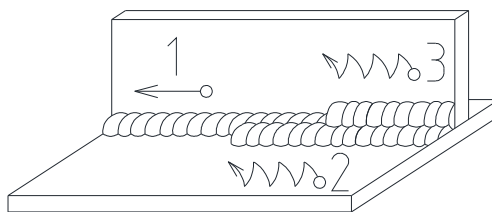
Dodržování vzdálenosti výletu drátu je důležité z hlediska dosažení kvalitního svaru. Začínající svářeč často vede svařovací hubici velmi blízko od svaru, který je pak příliš úzký (málo rozlitý), svarové plochy nejsou dostatečně natavené a tím vzniká studený spoj. Takto vzniklý svar je nekvalitní.

Techniky i sklon hořáku se liší v jednotlivých polohách a i každá vrstva svaru v téže poloze se může svařovat jiným sklonem hořáku.

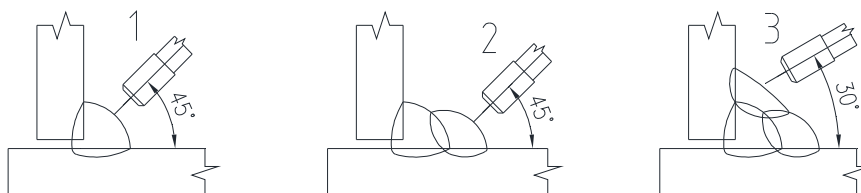
Následuje několik příkladů postupů svařování v jednotlivých polohách pro koutové a tupé svary.

Koutové svary

- a) koutový svar v poloze PB – svařováním vpřed dosáhneme pěknou kresbu housenky, ale menší hloubku závaru, oproti svařování vzad, kdy vzhled housenky je horší, ale hloubka závaru větší. Pořadí kladení housenek a sklon hořáku jsou znázorněny na obrázku 49 a 50.



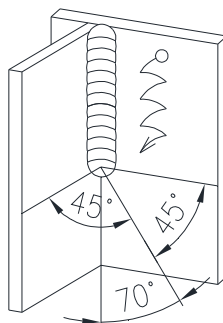
Obrázek 49 Pořadí housenek v poloze PB – vícevrstvý koutový svar, převzato a upraveno z [4]



Obrázek 50 Sklon hořáku v poloze PB, převzato a upraveno z [4]

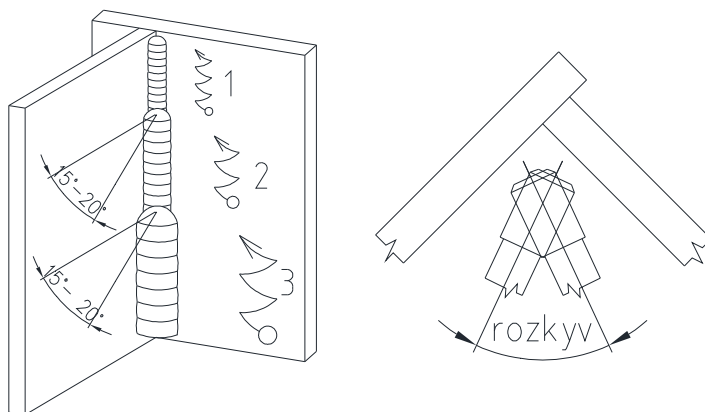
U první a druhé housenky je sklon asi 45° , u třetí housenky je sklon 30° . První housenka se vaří bez rozkvy, další s mírným rozkvyem. [4]

- b) svislý koutový svar v poloze PG shora dolů pro tenké plechy, které se svařují v jedné vrstvě s malým rozkyvem hořáku a sklonem mírně nahoru – obrázek 51. Svarovou lázeň držíme co nejmenší, aby nepředbíhala elektrický oblouk.



Obrázek 51 Svařování v poloze PG, převzato a upraveno z [4]

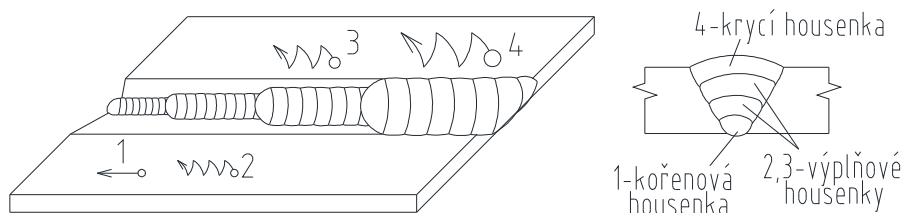
- c) svislý koutový svar v poloze PF zdola nahoru se používá pro vícevrstvé svary – obrázek 52. Rozkyv hořáku u první vrstvy je malý, postupně se zvětšuje a hořák směřuje opět mírně nahoru. Pro udržení svarové lázně před hořákem se parametry svařování volí menší než u koutového svaru v poloze PB.



Obrázek 52 Svařování v poloze PF – vícevrstvý koutový svar, převzato a upraveno z [4]

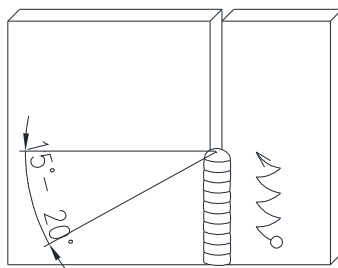
Tupé svary

- d) vodorovný V-svar v poloze PA vícevrstvý – obrázek 53, kdy první housenka se provede bez rozkyvu. Důležitá je správná rychlost vedení hořáku. Pokud svarová lázeň předběhne svařovací drát, pak dojde k neprovaření kořene a naopak pokud drát předběhne svarovou lázeň, pak dojde k jeho zatavení do svarové mezery. Další housenky se vaří s postupně se zvětšujícím rozkyvem. Poslední vrstva se vaří buď na jeden rozkyv s prodlevami kvůli natavení hran svarových ploch, nebo se navaří několik housenek vedle sebe. [4]



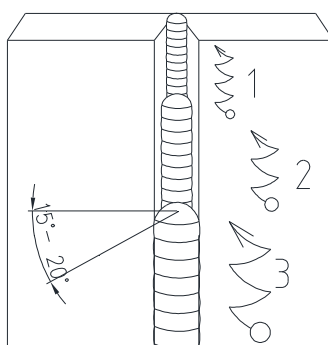
Obrázek 53 Svařování v poloze PA – vícevrstvý svar, převzato a upraveno z [4]

- e) svislý I-svar v poloze PF zdola nahoru je vhodný pro svařování tenkých plechů, hořák se vede s mírným rozkyvem – obrázek 54.
Důležité: I svar se provádí do tloušťky plechu 4 mm, od tloušťky 5 mm a výše se provádí úprava svarových ploch vhodným úkosováním.



Obrázek 54 Svařování v poloze PF – jednovrstvý svar, převzato a upraveno z [4]

- f) svislý V-svar v poloze PF zdola nahoru je vhodný pro svařování tlustých plechů, hořák se vede s velmi mírným rozkyvem u kořenové vrstvy, pro další vrstvy se postupně zvětšuje – obrázek 55. Pro udržení svarové lázně před hořákem se parametry svařování opět volí menší než při svařování v vodorovné poloze.



Obrázek 55 Svařování v poloze PF – vícevrstvý V-svar, převzato a upraveno z [4]

Nutno podotknout, že stejné techniky svařování se používají i pro jiné svařovací metody, např. 135 (MAG).

13.4 Parametry svařování

Základní svařovací parametry jsou svařovací napětí, proud a posuv přídatného materiálu (pro metodu MIG).

Přestože digitálně řízené svařovací zdroje si tyto parametry nastavují a řídí podle průběhu svařování, obecně se vliv napětí a proudu dá charakterizovat podle jejich velikostí.

Vysoké napětí zvyšuje délku oblouku, pórovitost svaru a rozstřík. Svar je v menší hloubce svaru a širší.

Nízké napětí způsobuje nestabilní oblouk, u vícevrstevných svarů se zvyšuje možnost studených svarů.

Svařovací proud nejvíce ovlivňuje tvar a průřez svarové housenky. Při konstantním napětí se s rostoucím proudem výrazně zvětšuje hloubka závaru, méně šířka svaru a převýšení housenky. [1, 10]

14 Svařovací zdroje pro metodu 131 (MIG)

Zdroje mají stejnosměrný výstup proudu, kladný pól zdroje je připojen na elektrodu. Uzemňovací kabel je připojen k zápornému pólu. Používají se svařovací usměrňovače, moderní zdroje jsou svařovací invertory.

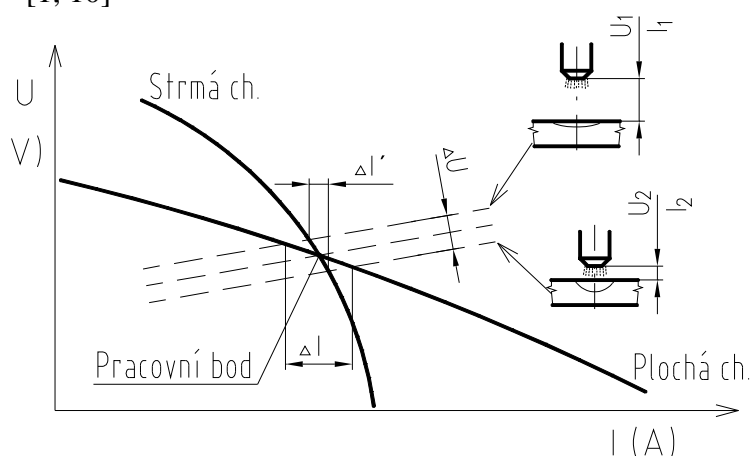
14.1 Základní technické parametry svařovacích zdrojů

Statická charakteristika je křivka, která vyjadřuje závislost napětí zdroje na svařovacím proudu. Získá se měřením napětí a proudu v elektrickém obvodu svařovacího proudu. Svařovací zdroje mají určitý regulační rozsah. Mezi krajními polohami tohoto rozsahu se pak jednotlivé statické zatěžovací charakteristiky nastavují skokově u zdrojů se stupňovitou regulací nebo plynule u zdrojů s plynulou regulací. Při svařování hliníku a jeho slitin se používají zdroje s plynulou regulací.

Krajní body těchto křivek určují dva stavy svařovacích zdrojů – stav naprázdno (obvodem neprotéká proud a napětí je nejvyšší) a stav nakrátko (elektroda se dotýká svařovaného materiálu a obvodem protéká nejvyšší proud a napětí je nulové).

Průběh křivky charakterizuje následující zdroje – obrázek 56:

- s konstantním napětím (tvrdé zdroje), zatěžovací charakteristiku mají plochou
- s konstantním proudem (měkké zdroje), zatěžovací charakteristiku mají strmou
- s konstantním výkonem, zatěžovací charakteristiku mají polostrmou [1, 10]



Obrázek 56 Vliv ploché a strmé charakteristiky na kolísání proudu vyvolané změnou délky oblouku, převzato a upraveno z [1]

Svařovací zdroje se strmou statickou charakteristikou se používají pro ruční svařování elektrickým obloukem, kdy může docházet k většímu kolísání délky oblouku např. vlivem neklidného vedení elektrody nebo nerovnostmi povrchu. Tím nastává relativně velké kolísání napětí při nepatrné změně svařovacího proudu.

Svařovací zdroje s plochou charakteristikou se používají u automatického a poloautomatického svařování v ochranných atmosférách a pod tavidlem, kdy je zajištěn konstantní posun drátu do hořáku. Drát se odtavuje rychlostí, která je závislá na svařovacím proudu. Plochá charakteristika sama zjistí a vyhodnotí případné zvýšení nebo snížení svařovacího proudu, ke kterým dochází při změně délky oblouku, která je pak automaticky upravena na původní nastavenou hodnotu.

Princip je následující: „*Při změně délky oblouku se změní napětí a dle pohybu pracovního bodu na statické charakteristice se mění proud. Při dlouhém oblouku se sníží proud i rychlost odtavování elektrody a při konstantní rychlosti podávání drátu se začne drát přibližovat ke svarové lázni a oblouk se tím zkrátí. Naopak při dlouhém oblouku a poklesu napětí se zvyšuje intenzita proudu a odtavování je rychlejší. Délka oblouku se tím zvětší*“.

(Kolektiv autorů, Technologie svařování a zařízení, srpen 2001, str. 148)

14.1.1 Svařovací usměrňovače

Svařovací usměrňovač tvoří síťový transformátor a usměrňovací prvky zapojené v sekundárním obvodu transformátoru. Transformátor je jednofázový pro vstupní napětí jednofázové 230 V, 50 Hz, popř. sdružené 400 V, 50 Hz nebo třífázový 3x400 V, 50 Hz. Usměrňovací součástky jsou polovodičové křemíkové diody nebo tyristory. Třífázové svařovací usměrňovače jsou vhodné pro velká proudová zatížení. Oproti jednofázovým svařovacím usměrňovačům zatěžují zdroj napájení symetricky. Transformátor umožňuje využití stejnosměrného i střídavého proudu.

Svařovací usměrňovače mají dobré svařovací vlastnosti a jednoduché ovládání. Jsou vybaveny přepínačem, který umožňuje 2-taktní nebo 4-taktní svařování. Usměrňovače mají nehlučný chod.

Regulace svařovacího proudu a vhodné nastavení zatěžovací charakteristiky je možné pomocí:

- a) regulační tlumivky – zdroj je jednofázový nebo třífázový, univerzální vhodný pro ruční svařování obalenou elektrodou, metody WIG, MIG a MAG.
- b) tyristorového řízení
- c) analogového řízení – svařovací proud řídí plynulé otevírání a uzavírání analogově řízeného tranzistorového stupně. Zdroj vykazuje velkou stabilitu oblouku, svařování bez rozstřiku a tím je vhodný pro robotické svařování.
- d) digitálního řízení - svařovací proud řídí plynulé otevírání a uzavírání digitálně řízeného tranzistorového stupně. Zdroj je charakteristický impulzním procesem svařování. [1, 10]

14.1.2 Svařovací invertorové zdroje

Invertorové svařovací zdroje jsou primárně řízené výkonovými spínacími prvky (měniči, střídači) vysokofrekvenčními tranzistory, popř. středofrekvenčními tyristory. Umístění transformátoru až za spínacím prvkem umožňuje malé rozměry a hmotnost transformátoru a to v poměru čím vyšší frekvence spínacího prvku, tím nižší hmotnost transformátoru. Výkon transformátoru přitom zůstává zachován. Poměr hmotnosti a proudu je do 0,05 kg / 1 A. Transformátor invertorového zdroje je tak podstatně lehčí a menší oproti transformátoru v usměrňovači.

Řízení celého svařovacího zdroje se odehrává v elektronické řídicí jednotce, která reguluje podávání drátu, dávkování ochranného plynu. Komunikace se svářečem probíhá pomocí displeje. [1, 10]

14.1.3 Digitální svařovací zdroje

Digitalizace představuje vrchol v oblasti svařovacích invertorových zdrojů. Centrální řídicí a regulační jednotka spolu se signálním procesorem řídí celý

svařovací proces. Během svařování za jednu sekundu proběhne až 10 000 řídicích a regulačních cyklů. Porovnávají se aktuální a zadané svařovací parametry a na jakékoliv odchylky přístroj hned reaguje. Kontroluje se i síťové napětí, proud plynu, posuv drátu a další funkce zdroje. Výsledkem je pak precizní proces svařování, přesná reprodukovatelnost všech výsledků a vynikající svařovací vlastnosti. [1]

14.1.4 Synenergetický režim svařování

Digitální svařovací zdroj na obrázku 57 používá synenergetický svařovací režim, který umožňuje nastavení velkého množství svařovacích parametrů tzv. jedním regulačním prvkem. V elektronické paměťové jednotce jsou uloženy parametry libovolných kombinací pro základní materiál, přídavný materiál a plyn. Optimalizace parametrů zaručující co nejlepší výsledek je předem naprogramována výrobcem zdroje. Svářeč nastaví pouze průměr drátu, druh ochranného plynu, druh svařovaného materiálu a jeho tloušťku. Mikroprocesor pak řídí plynulý průběh svařování v celém jeho rozsahu. Je výrazně eliminována chyba obsluhy a zároveň je dosaženo vysoké kvality, rychlosti a produktivity svařování. Uživatel si může vytvořit vlastní programy svařování, uložit je do paměti a následně vyvolat. [1, 10]



Obrázek 57 Svařovací digitální zdroj pro svařování hliníku a jeho slitin od firmy FRONIUS, typ TranPuls Synergic 5000, vlastní zdroj

14.1.5 Typy svařovacích zdrojů

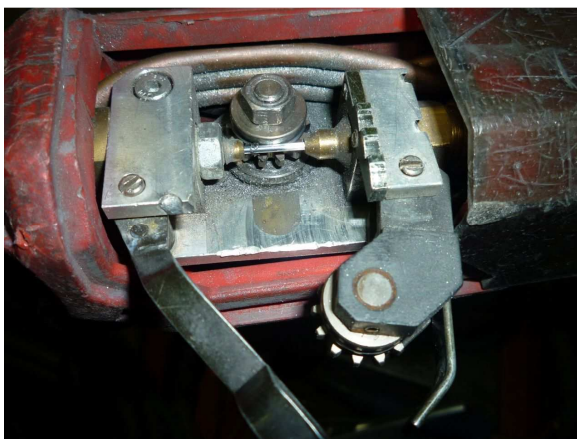
Základem různých modifikací zdrojů je kompaktní nebo stavebnicové uspořádání. Kompaktní zdroje mají integrovaný podavač drátu ve společné skříni se zdrojem. U stavebnicových zdrojů má zdroj i podavač drátu svoji samostatnou skříň. Podavač drátu je možné oddělit a umístit jej samostatně od zdroje.

Základní délky svařovacích kabelů se pohybují od 3 do 5 m. Nestandardní délky svařovacích kabelů dosahují délek 10 m, výjimečně až 15 m. [1]

14.1.6 Systém PUSH PULL

Pro délky svařovacích kabelů od 5 do 10 m, výjimečně až 15 m, se používá systém PUSH-PULL na obrázku 58, u kterého je posuv drátu integrován i do vlastního hořáku a je synchronizován s posuvem podavače drátu. Posuv je rovnoměrnější, plynulejší a svařovací drát je méně namáhán tahem.

Systém PUSH PULL se standardně používá pro přídavné materiály z hliníku a jeho slitin, mědi a tenké ocelové dráty do průměru 0,8 mm. [1, 10]



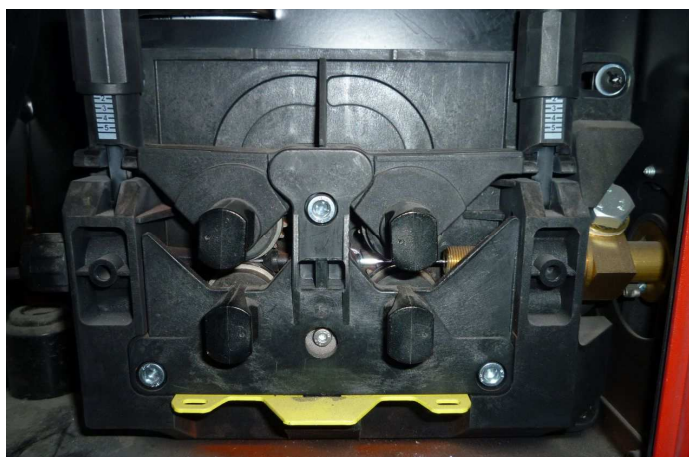
Obrázek 58 Systém PUSH-PULL, vlastní zdroj

Pro svařování ve výškách, v hůře přístupných prostorách a všude tam, kde není možné do blízkosti místa svařování umístit svařovací zdroj, se používá uspořádání s podavačem drátu na odděleném vozíku nebo s mezipohonem. Dosah svařovacího místa je pak 20 až 40 m od svařovacího zdroje. [1, 10]

14.2 Podavače drátu

Drát navinutý na cívce je podavačem drátu podáván do hořáku. Podávání musí být rovnoměrné, plynulé, nesmí poškozovat a deformovat povrch drátu. Toto zajišťuje podávací mechanismus s pohonem jednokladkovým, dvoukladkovým, čtyřkladkovým. Kladky mají tvar drážek lichoběžníkový, polokulatý hladký, polokulatý vroubkovaný nebo V-profil podle použitého typu přídavného drátu. Pro každý průměr drátu jsou nutné vlastní posuvné kladky. [1, 10]

Pro hliníkové přídavné materiály se používá čtyřkladkový pohon na obrázku 59, kladky mají obvykle tvar polokulatý hladký.



Obrázek 59 Detail čtyřkladkového pohonu, vlastní zdroj

15 Svařovací hořáky, hadice a vodiče

Svařovací hořák na obrázku 60 je název pro sběrné vedení a rukojeť včetně nástavce hořáku. Zajišťuje přívod přídatného materiálu od podavače drátu do místa svaru, napájení elektrickým proudem a laminární proudění ochranného plynu do místa svaru. Chlazení je zajištěno proudícím ochranným plynem nebo nuceným oběhem chladicí kapaliny v uzavřeném okruhu. K chlazení se používá destilovaná voda, která je v zimním provozu namíchána s lihem nebo se používá speciální směsi dodávané výrobcem svařovacího zařízení. [1]



Obrázek 60 Svařovací hořák, vlastní zdroj

15.1 Řízení průběhu svařování spínačem na svařovacím hořáku

Řídicí jednotka průběhu svařování je součástí svařovacího zdroje. Ovládá ji spínač, umístěný v rukojeti hořáku.

Při režimu svařování MIG používáme následující způsoby řízení, které jsou názorně popsány pomocí diagramů průběhu svařování. Každý typ svařovacího zdroje má možnost regulace. [8, 10]

Svařovací zdroj Fronius má možnosti řízení – obrázek 61:



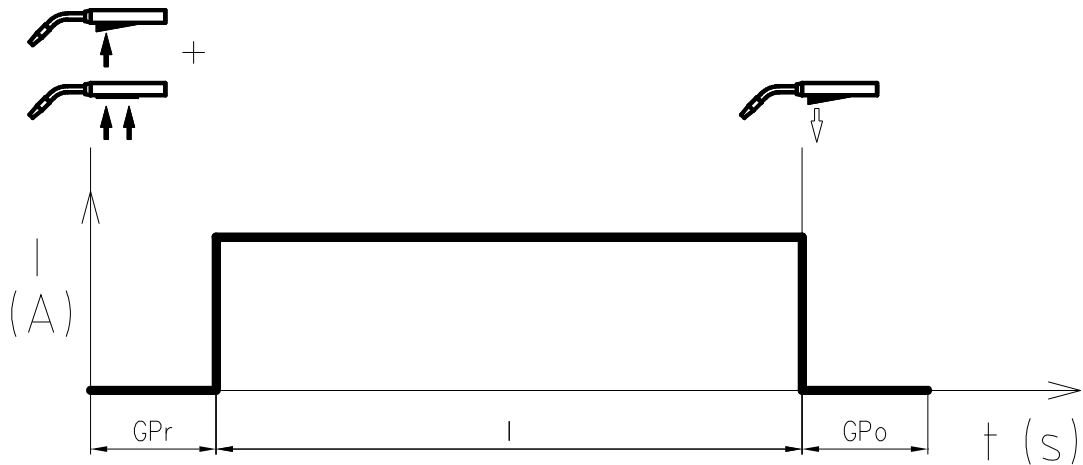
Obrázek 61 Symboly a zkratky, převzato a upraveno z [8]

- GPr (doba předfuku ochranného plynu)
- I-S (fáze startovacího proudu: prudké ohřátí základního materiálu prostřednictvím vysokého odvodu tepla do začátku svařování)
- SL (sklon neboli pokles proudu: kontinuální pokles startovacího proudu až na hodnotu svařovacího proudu a závěrného proudu = svařovací proud koncového kráteru)
- I (fáze svařovacího proudu: rovnoměrný přísun tepla do základního materiálu rozehtátého předbíhajícím teplem)
- I-E (fáze závěrného proudu: k zamezení místního přehřátí základního materiálu nahromaděním tepla na konci svaru. Zabrání se možnému provaření spoje)
- SPt (doba bodování)
- GPo (doba dofuku plynu) [8, 10]

15.1.1 Režimy a vhodnost jejich použití

2-takt – obrázek 62:

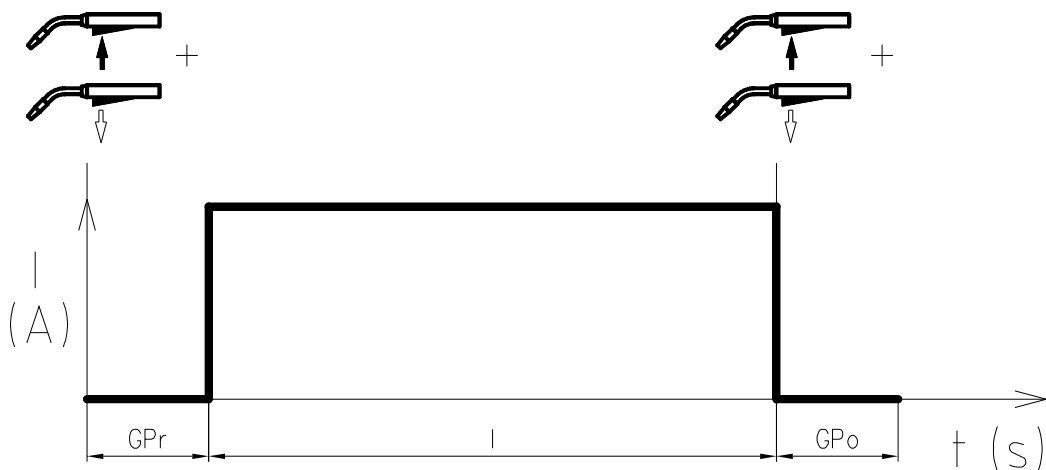
- stehování
- krátké svary
- automatizovaný a robotizovaný provoz [8]



Obrázek 62 Režim 2-takt, převzato a upraveno z [8]

4-takt – obrázek 63:

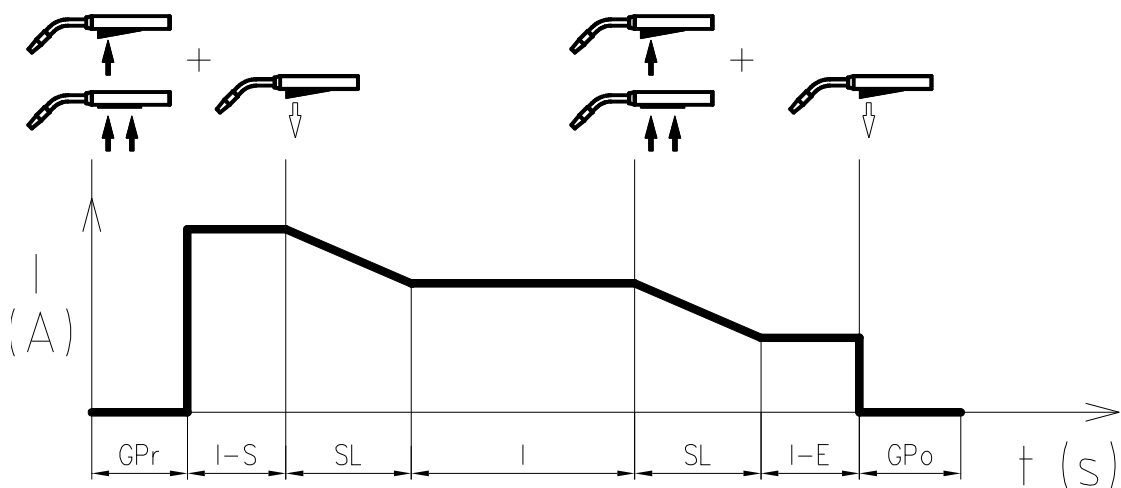
- dlouhé svary



Obrázek 63 Režim 4-takt, převzato a upraveno z [8]

Speciální 4-takt (start pro hliník) – obrázek 64:

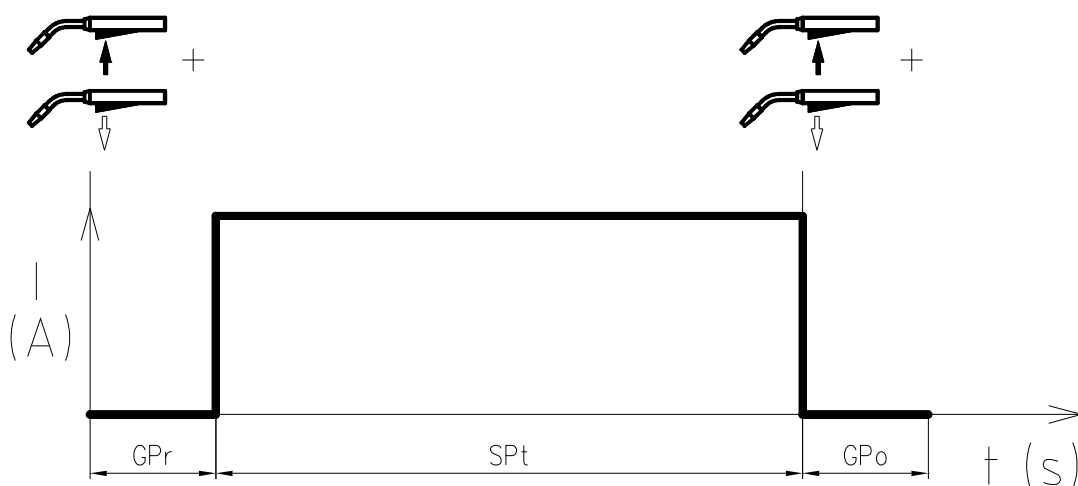
- svařování hliníkových materiálů, kde vysoká tepelná vodivost hliníku je zohledněna speciálním průběhem svařovacího a dokončovacího proudu [8]



Obrázek 64 Režim speciální 4-takt, převzato a upraveno z [8]

Bodování – obrázek 65:

- svarové spojování překrývajících se plechů [8]



Obrázek 65 Režim bodování, převzato a upraveno z [8]

15.2 Svařovací hadice a vodiče

Hadici tvoří ochranný obal a hadicové přívody svařovacího drátu, ochranného plynu, chladicí kapaliny a přívodu proudu do hořáku. Hadice musí být ohebné, lehké, a proto jsou vyrobeny z teflonu (pro vedení svařovacího drátu) nebo silikonu. Přívod proudu je proveden měděným vodičem umístěným uvnitř hadice.

Svařovací vodiče se ke zdroji a řídicí jednotce upevňují pomocí bajonetových přípojek, jejich průřez odpovídá nejvyššímu svařovacímu proudu. Ke svaření se vodič připojí pomocí svorky.

16 Ochranné plyny

Metoda MIG, jak již napovídá její označení, používá k ochraně svaru inertní neboli netečné plyny. Jsou to čistý argon, čisté hélium, nebo jejich směsi.

Ochranný plyn vytváří ionizované prostředí pro dobrý start a hoření oblouku a přispívá k přenosu tepelné energie do svaru. Dále zabraňuje přístupu okolní atmosféry ke svarovému kovu, která způsobuje oxidaci a nitridaci svarového kovu a tím i zhoršení mechanických vlastností svaru.

Složení plynu, způsob přívodu do svaru i jeho množství ovlivňuje tvar i rozměr průřezu svaru.

Správná volba plynu má tedy vliv na kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svaru. [15, 10]

16.1 Argon

Argon je inertní plyn bez zápachu, barvy a chuti. Nereaguje s jinými prvky. Chemická značka je Ar.

Má malou tepelnou vodivost, rovněž ionizační potenciál je nízký, to usnadňuje zapalování oblouku a dobrou stabilitu oblouku. Výhodou jeho použití při svařování hliníku je malý přechod tepla z oblouku do okolí svaru. Závar je hluboký a užší.

Argon nemá žádné výraznější nedostatky jako ochranný plyn, občas může dojít ke vzniku zápalu, někdy na okrajích svaru se projeví díky nedostatku tepla horší kresba svaru. U metody MIG pozitivně ovlivňuje sprchový přenos kovu do svarového materiálu.

Pro svařování musí mít argon potřebnou čistotu, která se pohybuje od 99,5% do 99,999%. Nečistoty nepříznivě ovlivňují kvalitu svaru. [15, 10]

16.2 Helium

Helium je inertní plyn bez barvy, chuti a zápachu. Chemická značka je He. Čistota se pohybuje od 99,996% do 99,999%.

Hélium oproti argonu má velkou tepelnou vodivost i ionizační potenciál, to vede buď k širokému svaru, nebo hlubokému závaru. Zapalování oblouku je obtížnější.

Helium se používá především u mechanizovaných způsobů svařování. U metody MIG se používá hlavně ke svařování mědi a velkých hliníkových dílů. Nároky na předehřev jsou pak nižší, zmenšuje se i výskyt pórovitosti.

Pro běžné svařování hliníku a jeho slitin se hélium jak o ochranný plyn běžně nepoužívá, protože jeho cena je výrazně vyšší než u argonu. [15, 10]

16.3 Směsné plyny

Nejvíce používaný je univerzální směsný plyn se složením 70% argonu a 30% helia. Používá se pro metody MIG i WIG. Někdy se přidává 0,03% oxidu dusnatého do ochranného plynu kvůli snížení ozonu.

Dále se používají směsné plyny v poměrech 50% argonu a 50% helia a dále 25% argonu a 75% helia. [15, 10]

Mohou se používat i jiné poměry obou plynů v případě speciálního použití na základě požadavku uživatele.

Porovnání závaru při použití ochranného plynu argonu, směsného plynu a hélia znázorňuje obrázek 66.



Obrázek 66 Rozdílnost závaru při použití ochranného plynu Ar a He, převzato a upraveno z [3]

16.4 Lahve a zásobníky na ochranné plyny

Ochranné plyny se obvykle uchovávají v 50 l lahvích s přetlakem 20 MPa nebo 30 MPa. Výška lahve je 1600 mm a průměr je 230 mm. Lahve jsou pro rozlišení označeny barvou dle ČSN EN 1089-3 v její horní zaoblené části, např.:

- a) Argon = barva tmavě zelená
- b) Hélium = barva hnědá
- c) Směsný plyn Ar a He = barva jasně zelená

Každá lahev je zároveň označena informační nálepkou s úplným názvem a popisem plynu, včetně chemického složení a poměrného zastoupení jednotlivých složek – obrázek 67. [1, 10]



Obrázek 67 Označení lahve s ochranným plynem Ar, vlastní zdroj

V dílnách a halách, kde probíhají současně svařovací práce na více pracovištích, se s výhodou používá centrální rozvod ochranného plynu z jedné tlakové nádoby, která je umístěna ve venkovních prostorách. Čistota použitého ochranného plynu argonu může dosahovat i 99,999%.

16.5 Bezpečnost

Lahve nelze skladovat v prostorách s nebezpečím výbuchu a nesmí se umísťovat v bytech, kuchyních, sklepích. Vzdálenost lahve od otevřeného ohně musí být alespoň 3 m a povrchová teplota lahve nesmí překročit 50°C. Na pracovišti svářeče mohou být nejvýše 2 zásobní lahve. Lahve se umísťují přímo na pojízdný vozík nebo na místa k tomu určená, tak aby k nim byl volný přístup, a jsou zajištěny řetízkem nebo stahovacím páskem proti pádu – obrázek 68.



Obrázek 68 Upevnění lahví pomocí řetízku, vlastní zdroj

Lahve se nevyprazdňují úplně, ale musí ještě mít tzv. zůstatkový přetlak min. 0,05 MPa (mimo acetylen). Taková to lahev se označí nápisem křídou – PRÁZDNÁ. Ochranný klobouček lahvového ventilu slouží pouze k jeho ochraně před poškozením a je zakázáno ho používat k nošení lahví. [19]

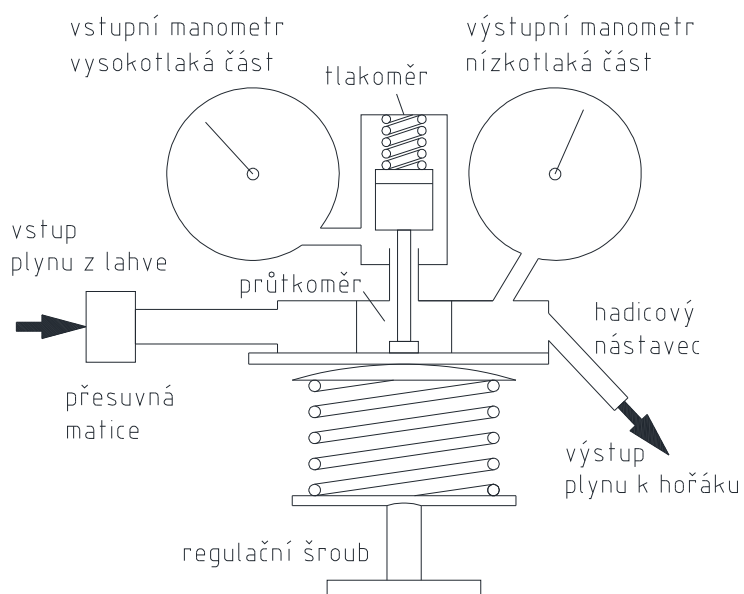
16.6 Lahvové ventily

Lahvový ventil umožňuje odběr plynu z lahve. Ventil se musí otevírat pomalu, rukou, bez použití nářadí. Pokud ventil nelze takto otevřít musí se láhev vrátit do plynárny.

Lahvový ventil je opatřen závitovou přípojkou se šroubením, do kterého se našroubuje redukční ventil. Pro jednotlivé plyny jsou použity různé závity. Pro argon šroubení má velikost W 21,8 PRAVÝ. [1]

16.6.1 Redukční ventily

Redukční ventily se používají pro regulaci tlaku plynu v lahvi na požadovanou výstupní hodnotu pracovního tlaku, který je stejný, i když tlak v lahvi během jejího vyprazdňování klesá. Schéma redukčního ventilu je na obrázku 69.



Obrázek 69 Schéma redukčního ventilu, převzato a upraveno z [4]

Manometr vysokotlaké části udává tlak plynu v lahvi. Regulačním šroubem, který je spojen s plovákovým průtokoměrem, se nastaví požadovaný výstupní tlak a tím i průtok plynu v $l \cdot \text{min}^{-1}$, který ukazuje manometr nízkotlaké části. Redukční ventily jsou použitelné v rozsahu teplot od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$.

Pro každý druh plynu se používá odlišný redukční ventil s odpovídajícím závitem přesuvné matice s těsnícím kroužkem, který je vyroben pro daný redukční ventil. Redukční ventil pro argon v namontovaném stavu na lahvový ventil je na obrázku 70.



Obrázek 70 Lahvový a redukční ventil pro Ar, vlastní zdroj

17 Příprava svarových ploch

Správně připravené a očištěné svarové plochy jsou důležité pro zhotovení kvalitního svaru. Příprava základního materiálu před vlastním svařováním spočívá v jeho dělení, úpravě svarových ploch do vhodného tvaru a rozměru (tzv. úkosování), očištění svarových ploch od veškerých nečistot (mastnoty, barvy, atd.).

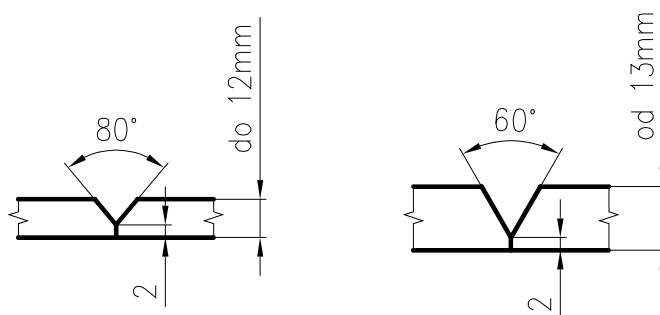
17.1 Dělení materiálu

Základní materiál, polotovár, ze kterého zhotovujeme požadovaný tvar výrobku, dělíme mechanicky na požadovaný tvar a rozměr např. stříháním na strojních nůžkách, tepelně např. řezáním plazmou, laserem, vodním paprskem. S výhodou se používá pro přesné dokončení rozměru a tvaru i třískové obrábění a to jak strojní (soustružení, frézování, hoblování), tak i ruční (pilování). Úprava ploch broušením naopak není vhodná z důvodu ulpívání brusných částic z kotouče v povrchu opracovaného materiálu. V případě použití brusného kotouče je před vlastním svařováním nutno tyto plochy opílovat, u hliníku a jeho slitin nejlépe pomocí rašple na hliník.

17.2 Příprava tvaru a rozměru svarových ploch

Úprava tvaru svarových ploch materiálů souvisí s jeho tloušťkou. U hliníkových materiálů pro tupé svary je hraniční tloušťka 4 mm. Do této tloušťky se svarové plochy neupravují, materiály se přiloží k sobě a svaří se tupým svarem.

Při větších tloušťkách, je nutné před svařováním provést požadované svarové úkosy. K vytvoření úkosů se používají tzv. úkosovačky, které mohou být strojní nebo ruční. Úkosy se výhodně provádí již během dělení materiálu, např. plazmou a to nakloněním plazmového hořáku o velikost úhlu, který má mít svarový úkos. Úkos musí být vždy zakončen zřetelným otupením, jak ukazuje i obrázek 71, na kterém je zakótováno otupení 2 mm.



Obrázek 71 Příklady přípravy tvaru a rozměru svarových ploch, vlastní zdroj

Pokud by hrana v kořenové části svaru zůstala ostrá, pak by se zde základní materiál během svařování přehříval a tím by mohla vzniknout kořenová vada svaru, např. krápník.

Přesné rozměry svarových ploch jsou součástí technické dokumentace výrobku a předepisuje je na technickém výkresu konstruktér. Obecně je definuje norma ČSN EN 29 692.

Často se však příprava svarových ploch řídí zvyklostmi a vnitřními předpisy dané výrobní organizace. [1,4, 10]

17.3 Očištění a odmaštění svarových ploch

Očištění spočívá především v odstranění vrstvy Al_2O_3 . Ta se odstraní mechanicky obroušením, opilováním, ocelovým kartáčem nebo chemicky.

K rychlému očištění svarových ploch se používá drátěný ocelový kartáč, postup očištění ukazuje obrázek 72.



Obrázek 72 Očištění svarových ploch, vlastní zdroj

Základní materiál čistíme nejméně 10 mm z každé strany budoucího svaru, očištěné plochy i okolí otřeje acetonem (líhem, nebo jiným vhodným odmašťovadlem) a necháme oschnout.

Chemické očištění se provádí před svařováním a materiály se musí svařit do 24 hodin. Vlastní postup spočívá v moření 10% NaOH, opláchnutím teplou a studenou vodou, neutralizací 20% HNO_3 , opětovným opláchnutím teplou vodou a sušením vzduchem. Se svařováním začínáme, když je materiál dokonale suchý.

Odlitky se před mořením musí ještě odmastit. [4, 10]

Úprava svarových ploch mořením se v praxi standardně nepoužívá, je pracná a neefektivní.

18 Předehřev svarových ploch

Před vlastním svařováním se hliníkové svařence většinou předehřívají na vhodnou teplotu.

Hliník, jak již bylo zmíněno, je velmi dobrým vodičem tepla a především u svařenců větších rozměrů a tloušťek se musí předehřát. Obecně se předehřívají materiály od tloušťek 8 až 10 mm a teploty se volí od 80 do 150°C. Ohřev musí být rovnoměrný po celé svarové ploše v šířce 50 mm od osy svaru a proveden tak, aby došlo k co nejmenšímu tepelnému ovlivnění materiálu.

Teplota předehříváných svarových ploch se nejlépe kontroluje pomocí dotkových teploměrů, vždy je nutné zabránit přehřátí hliníku, tzn. ohřátí na teploty větší než 400°C.

Plyny používané k předehřevu:

- propan-butan - je nejběžněji používaný plyn pro předehřev, teplota na špičce plamene je asi 2800°C, ohřev je rovnoměrný
- zemní plyn – rovnoměrný ohřev, pomalejší oproti propan-butanu
- kyslíko-acetylenový plamen - větší výhřevnost oproti propan-butanu, ohřev se provádí mírným plamen, jinak hrozí poškození ohříváného povrchu, náklady na ohřev jsou vyšší než u propan-butanu

K předehřevu hliníku se nejčastěji používá propan-butan, jak je vidět na obrázku 73, který je k dispozici v tlakových lahvích o objemu 50[l]. Lahev je celá opatřena modro-zelenou barvou, připojení redukčního ventilu je zajištěno pomocí závitů W 21,8 Levý, vnější.



Obrázek 73 Nahřívání vodiče propan-butanovým plamenem, vlastní zdroj

Nové lahve na propan-butan jsou nižší a zároveň mají větší průměr při zachování stejného objemu. Tato lahev je celá opatřena šedou barvou. Obě lahve jsou na obrázku 74.



Obrázek 74 Lahve na propan-butan, vlastní zdroj

Použitím vhodného předeřevu se např. zamezí vzniku trhlin, zabrání se vzniku studených svarů (především na začátku svařování, u metody MIG) a odvodu tepla ze svarového místa. Velký význam má předeřev také z hlediska vysušení svarových ploch.

19 Deformace a pnutí

Při tavném svařování vlivem prudkého ohřevu a následného rychlého zchladnutí v místě svaru a jeho blízkého okolí, dochází ve svařenci k deformacím a pnutím. Tento způsob ohřevu je však podstatou tavného svařování a nelze se mu vyhnout.

Pokud je svařenec dostatečně tuhý, např. dva tlusté plechy svařené k sobě přerušovaným svarem, deformace se nemusí viditelně projevit, ale pnutí ve svařenci zůstává - obrázek 75.



Obrázek 75 Tlusté plechy bez viditelné deformace, vlastní zdroj

Naopak, je-li svařenec málo tuhý, např. dva slabé plechy svařené k sobě nepřerušovaným svarem, část vzniklého pnutí způsobí viditelnou deformaci a část pnutí ve svařenci zůstane - obrázek 76.



Obrázek 76 Slabé plechy s viditelnou deformací, vlastní zdroj

19.1 Pojmy

Deformace v souvislosti se svařováním je každá nepřijatelná změna tvaru a rozměru svařence, zhoršující nebo znemožňující jeho funkci.

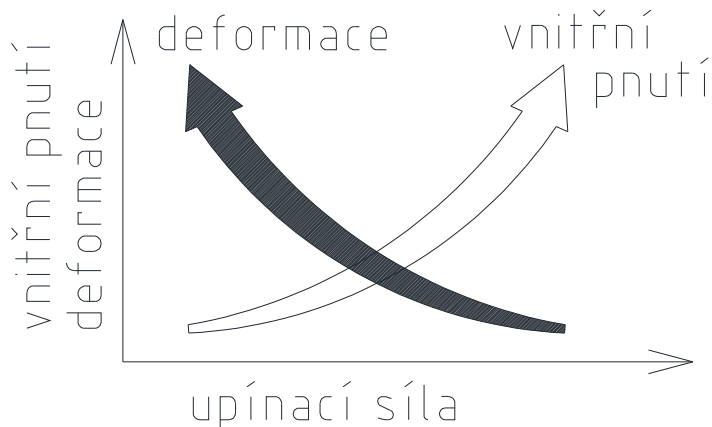
Mechanické napětí vznikne ve svařenci, pokud na jeho plochy působí vnější síly.

Pnutí lze charakterizovat jako vnitřní napětí ve svařenci, který není zatížen žádnou vnější silou. Vzniká při nerovnoměrném chladnutí a tím smršťování svařence. Pnutí ve svařenci zhoršuje jeho rozměrové vlastnosti, odolnost proti korozi, zvyšuje riziko vzniku a šíření trhlin.

Důvody proč k těmto jevům dochází:

- teplotní roztažnost (délková a objemová) je jedna základních vlastností materiálů, kdy při ohřevu se rozměry těles zvětší, při ochlazení se zmenší.
- ohřev i chladnutí svařence je značně nerovnoměrný. Zatímco místo svaru a jeho bezprostřední okolí je roztavené, základní materiál je o několik centimetrů dále i několik set °C chladnější. Čím vyšší je tepelná vodivost základního materiálu, tím rychlejší je i odvod tepla z místa svaru.

Závislost mezi vnitřním pnutím a deformací na upínací síle při svařování vyjadřuje obrázek 77. Čím menší je upínací síla, tím větší je deformace, a čím větší je upínací síla, tím větší je vnitřní pnutí. [2]

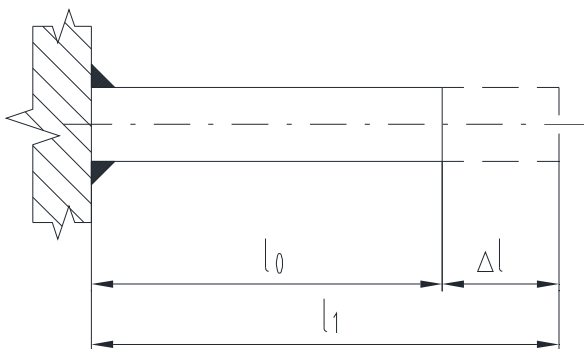


Obrázek 77 Závislost vnitřního pnutí a deformace na upínací síle, převzato a upraveno z [2]

19.2 Vznik napětí ve svařenci

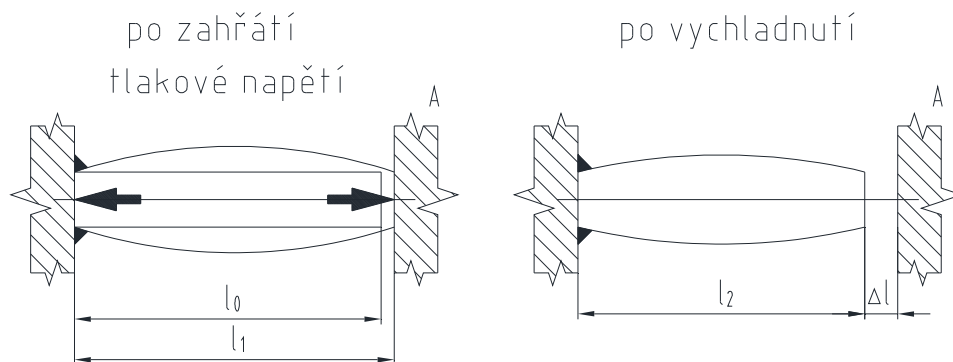
Proč a jak vzniká napětí ve svařenci lze vysvětlit na následujících třech případech, kdy se tyč ohřívá a následně chladne:

- volná tyč jednostranně přivařená ke stěně. Při rovnoměrném ohřevu dochází k prodloužení tyče, po zchladnutí na počáteční teplotu se i délka tyče vrátí na počáteční délku - obrázek 78. V tyči nevzniká žádné napětí.



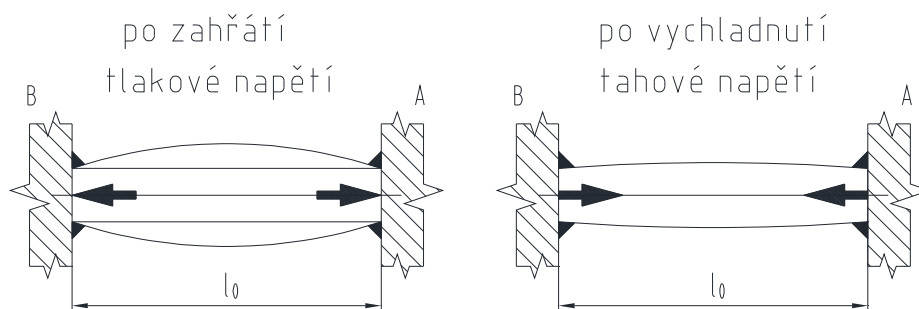
Obrázek 78 Tyč s volným koncem, převzato a upraveno z [4,20]

- jednostranně přivařená tyč vložena mezi pevné stěny. Při ohřevu tyče v ní vzniká tlakové napětí, tyč se nemá možnost prodloužit. Pokud tlakové napětí nepřekročí mez pružnosti materiálu, nedojde k trvalé deformaci tyče a po zchladnutí se tyč vrátí do původního tvaru a délky. Pokud tlakové napětí překročí mez pružnosti materiálu, dojde k trvalé deformaci tyče. Po zchladnutí se tyč zkrátí o hodnotu, která odpovídá velikosti trvalé deformace během zahřátí. Tyč bude kratší a zdeformovaná – obrázek 79.



Obrázek 79 Tyč jednostranně přivařená, převzato a upraveno z [4,20]

- oboustranně přivařená tyč vložená mezi pevné stěny, která se nemá možnost roztahovat ani smršťovat. Při ohřevu tyče v ní vzniká tlakové napětí, tyč se nemá možnost prodloužit. Pokud tlakové napětí překročí mez pružnosti materiálu, dojde k trvalé deformaci tyče. Po zchladnutí se tyč zdeformuje. Tyč nemá možnost se během ochlazování zkrátit a vzniklé napětí se z původně tlakového, mění na tahové a tím dochází k zúžení tyče - obrázek 80.



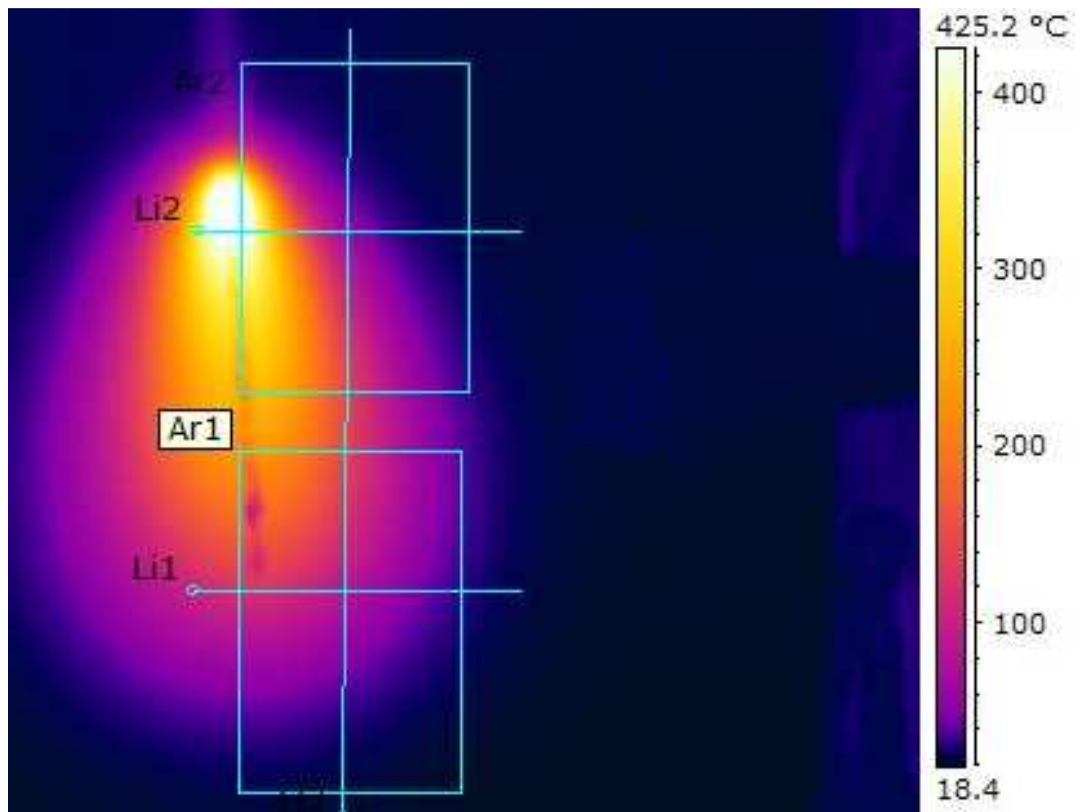
Obrázek 80 Tyč oboustranně přivařená, převzato a upraveno z [4,20]

19.3 Příklad nerovnoměrného ohřevu a chladnutí

Teplo dodané zdrojem způsobí nerovnoměrný ohřev svařence. Teploty se pohybují v rozmezí od teplot tavení kovu až po teploty okolí. Pohybující se zdroj tepla způsobuje v jednom okamžiku tavení svarového kovu, zatímco ve vzdálenější oblasti od místa tavení již v témže okamžiku nastává tuhnutí – ochlazování svaru. Ve svařenci pak dochází k pohybu pružně plastických deformací, které jsou příčinou nerovnoměrné deformace po zchladnutí svařence.

Na obrázku 81 je vidět rozmezí teplot od 425,2°C až po teplotu okolí 18,4°C a jejich rozložení v okolí housenky svaru. Na obrázku 82 je zachycen svářeč a na obrázku 83 je vidět zřetelná deformace plechu z materiálu AlMgSi1 o tloušťce 2 mm po provedení housenky svaru v délce 220 mm.

V příloze 6 je graf znázornění teplotního pole, na kterém je znázorněn pokles teplot v závislosti na vzdálenosti od místa svařování.



Obrázek 81 Rozmezí teplot během svařování, vlastní zdroj



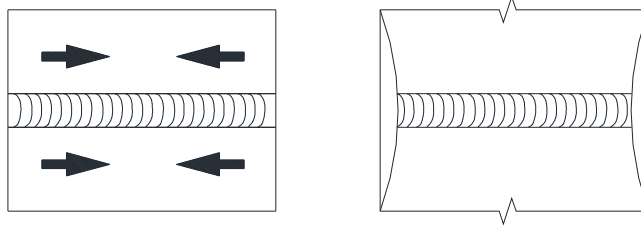
Obrázek 82 Poloha svařování a upnutí plechu v polohovadle, vlastní zdroj



Obrázek 83 Plech vzorku s viditelnou deformací, vlastní zdroj

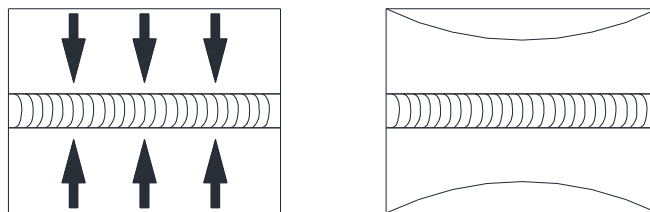
19.4 Druhy deformací

- podélná – vzniká ve směru osy svaru, v blízkosti svarové housenky je deformace největší - obrázek 84.



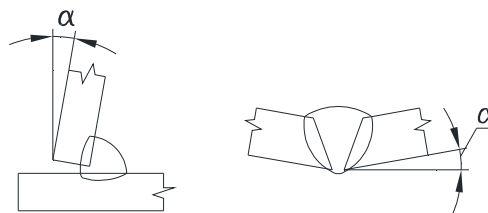
Obrázek 84 Podélná deformace, převzato a upraveno z [4,20]

- příčná – vzniká kolmo na osu svaru, největší stažení je uprostřed housenky svaru - obrázek 85.



Obrázek 85 Příčná deformace, převzato a upraveno z [4,20]

- úhlová – vzniká změnou úhlu rozevření – obrázek 86.



Obrázek 86 Úhlová deformace, převzato a upraveno z [4,20]

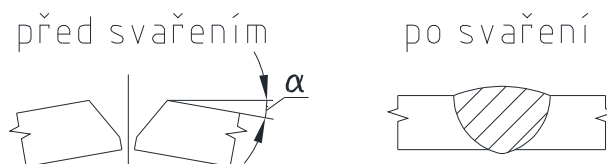
19.5 Omezení vzniku deformací

Deformacím při svařování nelze úplně zbránit, dají se však omezit použitím vhodných svařovacích technik a postupů. Mezi obecná pravidla patří např.:

- správná příprava svarových ploch
- stehování svařence v jeden tuhý celek
- předeřev
- použití správných svařovacích parametrů (výhodnější je vyšší svařovací rychlost a nižší svařovací proud)

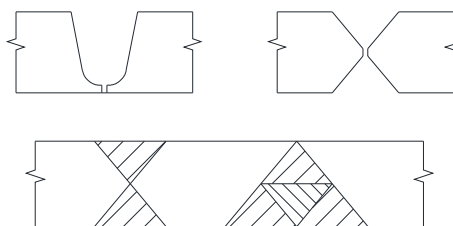
Postupy vedoucí ke snížení deformací:

- pevné upnutí svařence je vhodné u kratších svarů, kde nehrozí vznik trhlin a následných větších pnutí při chladnutí svaru.
- použití proti-deformace, při sestavení a stehování se počítá s následnou úhlovou deformací po provedení svaru k dosažení předepsaného tvaru svařence. Na obrázku 87 je příklad sestavení před provedením V-svaru.



Obrázek 87 Sestavení V-svaru, převzato a upraveno z [4,20]

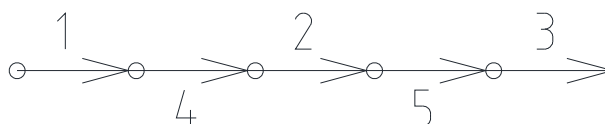
- úprava svarových ploch za použití vhodného úkosování, u tlustých plechů je vhodné použít U-svar nebo oboustranný V-svar – obrázek 88, namísto jednostranného V-svaru.



Obrázek 88 U-svar a oboustranný V-svar, převzato a upraveno z [4,20]

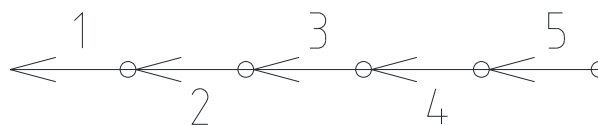
- použití vhodné svařovací techniky při provedení svaru. Dlouhý svar v jednom sledu je téměř vždy příčinou velkých deformací, proto se dělí na kratší úseky a svařuje se:

- střídavě – obrázek 89



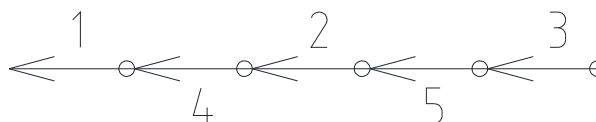
Obrázek 89 Svar provedený střídavě, převzato a upraveno z [4,20]

- vratným krokem – obrázek 90



Obrázek 90 Svar provedený vratným krokem, převzato a upraveno z [4,20]

- střídavě vratným krokem – obrázek 91



Obrázek 91 Svar provedený střídavě vratným krokem, převzato a upraveno z [4,20]

20 Defekty svarových spojů - vady svarů

„Svarový spoj musí být proveden tak, aby měl požadované mechanické vlastnosti a nevykazoval vady, které by mohly snížit jeho funkční schopnost“.
(BARTOŠ, BERNAS, VEINBERG, Obloukové svařování, 1994, str. 195)

Vady svarů se dělí do dvou skupin:

- vada: jakákoliv odchylka od dokonalého svaru
- nepřijatelná vada: je vada, která je nepřijatelná
- přípustná vada: je vada, která je přijatelná

Klasifikování vad je dáno normou ČSN EN ISO 6520-1, která je rozděluje do šesti skupin:

- 1 = trhliny (např. podélná, příčná trhlina)
- 2 = dutiny (např. pór, bublina, staženina)
- 3 = pevné vměstky
- 4 = studené spoje a neprůvody
- 5 = vady tvaru a rozměru (např. zápal, vrub, krápník, proláklina, díra)
- 6 = jiné vady (rozstřík, zbytky strusky, stopy po broušení, sekání)

Každá skupina obsahuje dále označení, vysvětlení a zpřesnění jednotlivých vad. [4]

20.1 Vady svarového spoje

Vady se dělí dle místa výskytu:

- vnitřní
- vnější, které se dále dělí:
 - povrchové
 - kořenové [2]

Upozornění: vady vnitřní jsou nebezpečnější než vady vnější!

20.2 Vady vnitřní

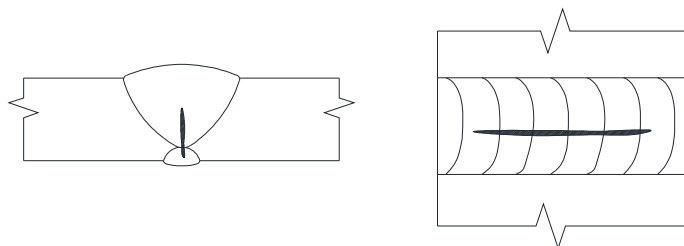
Mezi vnitřní vady patří trhliny, plynové dutiny a studené spoje.

20.2.1 Trhliny

Obecně se dá říci, že trhliny patří k vadám, které nejvíce negativně ovlivňují kvalitu svaru. Projevují se jako prasklá místa na povrchu i uvnitř svaru.

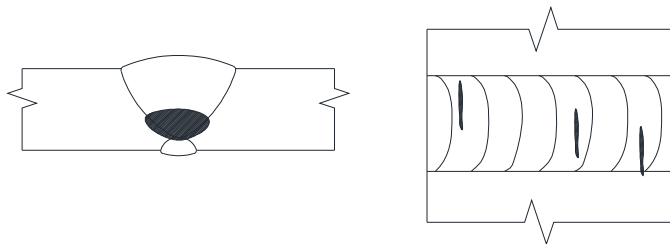
Rozeznáváme trhliny:

- podélné – obrázek 92, orientované podél osy svaru



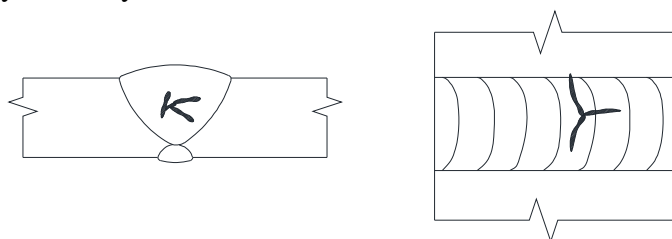
Obrázek 92 Trhlina podélná, převzato a upraveno z [4,20]

- příčné – obrázek 93, orientované napříč svarem



Obrázek 93 Trhlina příčná, převzato a upraveno z [4,20]

- rozvětvené (hvězdicové, kráterové) – obrázek 94, orientované různými směry ve svaru



Obrázek 94 Trhlina rozvětvená, převzato a upraveno z [4,20]

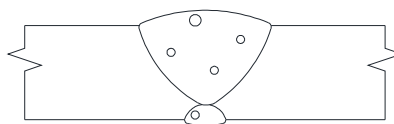
Možné příčiny vzniku trhlín:

- velká tloušťka stěny materiálu a tím vnik značných napětí
- zkrhnutí materiálu po prudkém ochlazení
- nedodržení teploty předehřevu
- nepříznivé povětrnostní podmínky
- přítomnost vodíku díky vlhkosti svarových ploch
- nevhodná volba přídavného materiálu [2]

20.2.2 Plynové dutiny

Místa vyplněná plynem, která po ztuhnutí svaru zůstávají ve svarovém kovu nebo se objevují na jeho povrchu, se nazývají plynové dutiny. Podle tvaru a velikosti rozeznáváme:

- bubliny - obrázek 95, mající kulový tvar



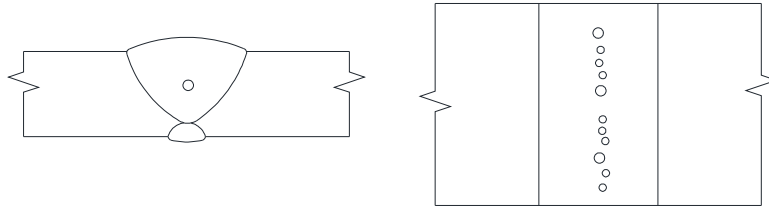
Obrázek 95 Bubliny, převzato a upraveno z [4,20]

- póry – obrázek 96, mající délku větší než je 1,5 násobek jejich šířky



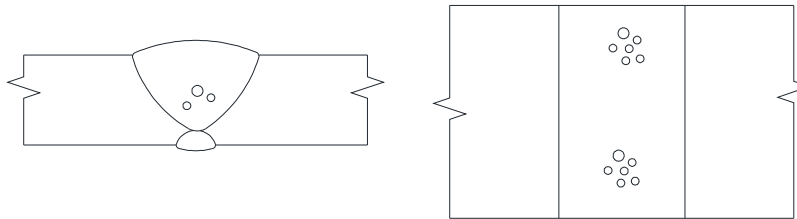
Obrázek 96 Póry, převzato a upraveno z [4,20]

- řádka plynových dutin – obrázek 97, což jsou bubliny nebo póry nalézající se řádce, s nejpravděpodobnějším výskytem v kořeni svaru



Obrázek 97 Řádka plynových dutin, převzato a upraveno z [4,20]

- shluky plynových dutin – obrázek 98, což jsou bubliny nebo póry nalézající se v určitém místě ve svaru



Obrázek 98 Shluk plynových dutin, převzato a upraveno z [4,20]

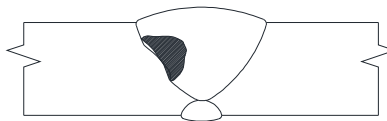
Možné příčiny vzniku plynových dutin:

- nečistoty svarových ploch (barva, mastnota, aj.)
- nečistoty přídavného materiálu
- velké překročení teploty předehřevu
- vlhkost svarových ploch
- velká délka oblouku
- nedostatečná ochrana tavné lázně ochranným plynem [2]

20.2.3 Studené spoje

Studený spoj lze charakterizovat jako nedokonalé tavné spojení, jak ukazují obrázky, které vzniká:

- na svarové ploše – obrázek 99, která je nedostatečně natavená



Obrázek 99 Studený spoj na svarové ploše, převzato a upraveno z [4,20]

- mezi jednotlivými vrstvami u vícevrstvých svarů – obrázek 100



Obrázek 100 Studený spoj mezi vrstvami, převzato a upraveno z [4,20]

Možné příčiny vzniku studených spojů:

- hrubé nečistoty svarových ploch
- nečistoty přídavného materiálu
- velmi pomalá postupová rychlost
- velmi velká postupová rychlost [2]

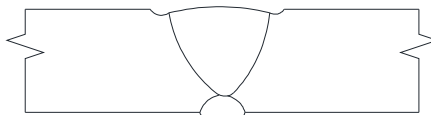
20.3 Vady vnější

Mezi vnější vady patří vady povrchu a vady kořenové. Tyto vady lze obvykle odstranit například přebroušením a převařením při nastavení jiných svařovacích parametrů.

20.3.1 Vady povrchu

Mezi vady povrchu patří:

- zápaly – obrázek 101 a 102, objevují se, když svarové hrany nejsou dostatečně překryty a vznikají nastavením vysokého proudu a napětí

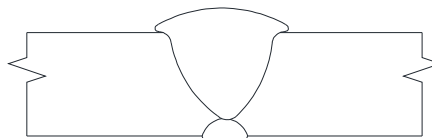


Obrázek 101 Zápaly, převzato a upraveno z [4,20]



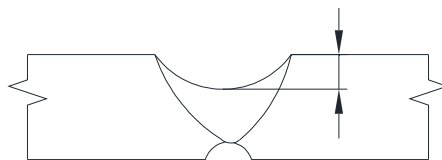
Obrázek 102 Vady svarů – Zápaly, vlastní zdroj

- přeteklý povrch svaru – obrázek 103, je místo, kde svarový kov není na povrchu spojen se základním materiálem



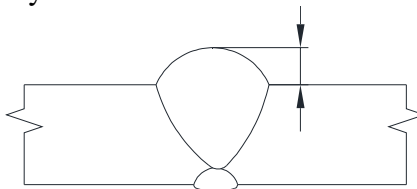
Obrázek 103 Přeteklý povrch, převzato a upraveno z [4,20]

- proláklý svar na povrchu obrázek 104, projevuje se nedostatkem svarového kovu



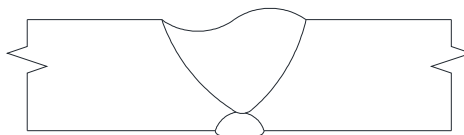
Obrázek 104 Proláklý povrch, převzato a upraveno z [4,20]

- nadměrně převýšený svar – obrázek 105, je v místě, kde krycí vrstva je nadměrně převýšena



Obrázek 105 Nadměrně převýšený svar, převzato a upraveno z [4,20]

- nepravidelný povrch svaru – obrázek 106, je místo s nepravidelnou kresbou a šířkou krycí housenky

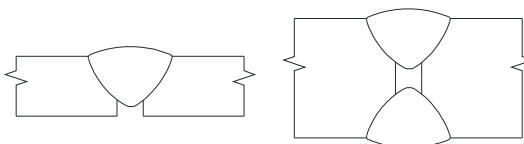


Obrázek 106 Nepravidelný povrch, převzato a upraveno z [4,20]

20.3.2 Kořenové vady

Mezi kořenové vady patří:

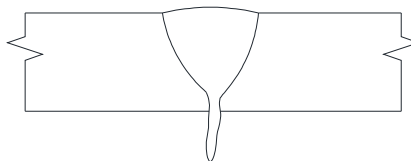
- neprovařený kořen - obrázek 107.



Obrázek 107 Neprovařený kořen, převzato a upraveno z [4,20]

Mezi možné příčiny vzniku neprovařeného kořene patří:

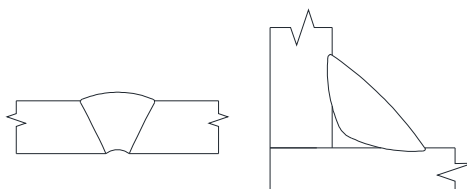
- nadměrná míra otupení
 - malá svarová mezera
 - přesazený základní materiál
 - špatný sklon hořáku
 - velká postupová rychlost
- krápníky – obrázek 108, projevují se přebytkem svarového kovu, který vyčnívá z kořene svaru.



Obrázek 108 Krápníky, převzato a upraveno z [4,20]

Mezi možné příčiny vzniku krápníků patří:

- malá míra otupení
 - velká svarová mezera
 - velký svařovací proud
 - malá postupová rychlost
- proláklý svar v kořeni – obrázek 109, vyskytuje se především při svařování v poloze nad hlavou, občas i v poloze při svařování svisle nahoru



Obrázek 109 Proláklý svar v kořeni, převzato a upraveno z [4,20]

20.4 Vady nejčastěji se vyskytující při svařování hliníku

Tato kapitola podrobněji rozebírá možné příčiny vzniku a předcházení nejčastěji se vyskytujícím vadám, které byly definovány v předchozích kapitolách.

20.4.1 Pórovitost svarů – vznik bublin vodíku ve svaru

Póry většinou vznikají díky přítomnosti vodíku ve svarovém kovu. U hliníku má vodík rozdílnou rozpustnost v tuhém a tekutém stavu. Při teplotách blízkých teplotě tavení je rozpustnost vodíku asi 3,5 ml / 100 g, při teplotě okolo 700°C je jeho rozpustnost asi 8,3 ml / 100 g. V tavné lázni kolem 2000°C je rozpustnost vodíku až 50 ml / 100 g. Při následném chladnutí se musí tedy téměř všechny vodík ze svarového kovu vyloučit, což se ovšem nikdy nepodaří úplně. Vodík se shlukuje do bublin a tvoří póry na povrchu svaru. Čím rychleji dochází k chladnutí svarového kovu, tím více se vytvoří pórů.

Tvorbě pórů se dá zamezit:

- vysušením a očištěním svarových ploch, použitím ochranných plynů o vysoké čistotě
- používat čisté a suché přídavné materiály
- dodržet všechny parametry a podmínky svařovacího procesu
- zajistit optimální přenos kovu v elektrickém oblouku
- dostatečný předehřev a pomalé ochlazení

Metoda MIG je více náchylná k tvorbě pórů oproti metodě WIG. [16]

20.4.2 Praskavost svarů za tepla – horké trhliny

Tuhnutí svarového kovu je doprovázeno objemovými změnami, které spolu s vysokou tepelnou vodivostí a roztažností způsobují ve svaru napětí. Může dojít ke vzniku trhlin, které se tvoří především v poslední svarové vrstvě. Tyto trhliny se nazývají solidifikační. Průběh trhlin je mezikrystalický.

Tvorbě trhlin za tepla se dá zamezit:

- správná volba přídavného materiálu
- volit vhodný svařovací příkon a co nejmenší počet vrstev svaru
- používat předehřev [16]

20.4.3 Praskavost svarů za studena

Trhliny za studena se u hliníku vyskytují méně často než za tepla. Rozmezí teplot, při kterých k nim dochází, je 200-400°C. Průběh trhlin je interkrystalický. [16]

20.4.4 Další problémy při svařování hliníku

- pokles pevnosti ve svaru a v tepelně ovlivněné oblasti TOO
- hůře viditelná tavná lázeň (při stoupající teplotě hliníku se jeho barva nemění)
- rychlý přechod taveniny do tuhého stavu

20.5 Shrnutí

Závěrem k problematice vad svarových spojů lze konstatovat, že dodržení optimálních podmínek během svařování má zásadní vliv na kvalitu svarů. Je nutné věnovat velkou pečlivost přípravě svarových ploch, tj. především odstranění vrstvy Al_2O_3 , vysoušení, správnému předehřevu. Je nevhodné svařovat v průvanu a za větru, kdy dochází k odklonu proudu ochranného plynu od svarové lázně. Tyto podmínky, lze zajistit v dílně, kde svařovací pracoviště jsou vhodně umístěna a oddělena zástěnami.

Svářeč pracující v nepříznivých povětrnostních podmínkách (vítr, déšť, sněžení, mráz) musí před svařováním zajistit postavení přístřešku nebo stanu, které chrání pracoviště svářeče před nepřízní počasí a důsledně dodržovat vysoušení, teplotu předehřevu a celkovou ochranu svarových ploch i okolí svaru.

Ke kvalitě svarů do určité míry přispívají i polohy svařování, ve kterých svářeč pracuje.

V dílně jsou svařence svařovány v polohovadlech a v různých přípravcích. Svařování většinou probíhá v poloze PA (nejvhodnější poloha pro tupé svary), popř. mezi polohou PA a polohou PB, tedy z hlediska svařování v ideálních podmínkách.

Ve venkovních podmínkách je situace zcela odlišná. Umístění svařenců je pevně dáno a svářeč tak často vystřídá různé polohy svařování na jednom svaru. Mnohdy pracuje ve stísněných prostorách, které neumožňují dostatečný přístup ke svarovým plochám, natož pak ideální sklon svařovacího hořáku vůči svaru. V těchto případech pak o kvalitním svaru rozhodují nejenom pracovní zkušenosti, ale i zodpovědný přístup svářeče.

21 Vyhodnocovací zkoušky svarů

Vady svarů ovlivní vždy kvalitu výrobku. Viditelné nedostatky svarů odhalí během kontroly svářeč, popř. kontrolor a opraví se. Vady skryté, běžnou vizuální prohlídkou nezjistitelné, mohou při následném provozu způsobit poruchu výrobku. Kvalitu svarů také ovlivňuje jeho konstrukční návrh, technologické zpracování i vlastní provedení.

Po ukončení svařování se kontroly svarů provádějí před dalšími povrchovými úpravami.

Zkoušky svarů se dělí do dvou skupin:

- nedestruktivní = bez porušení materiálu, které se většinou provádí u hotových výrobků, nebo výroků v různém stupni rozpracovanosti, tedy v případech kdy není žádoucí, aby došlo k porušení výrobku
- destruktivní = s porušením materiálu, kdy po zhotovení svaru se ze svařované součásti vyrobí zkušební vzorky, jejichž tvar je předepsán normou ČSN EN 12814

Zkoušky provádí pověřený pracovníci kontroly, cílem je zjistit a odstranit vzniklé vady a zamezit jejich opakování.

21.1 Nedestruktivní zkoušky

21.1.1 Vizuální kontrola

Prohlídka každého svaru zrakem nebo pomocí lupy je základní kontrolou svaru. Prověřuje se úplnost svaru, povrchové vady (např. zápaly, povrchové vruby, trhliny) a kořenové vady (např. neprovařený kořen, krápníky). Měřidly, šablonami popř. měrkami se kontroluje dodržení předepsaných rozměrů svarů.

Vizuální kontroly jsou levné a rychlé a podle jejich výsledku se rozhoduje o případných dalších zkouškách. [4]

21.1.2 Zkouška kapilární

Používá se pro zjišťování povrchových vad, především trhlin (vč. nejjemnějších kapilár) a studených svarů. Detekční - výrazně barevnou kapalinou

se potře povrch svaru. Kapalina má výraznou schopnost pronikat do povrchových vad. Přebytečná vrstva kapaliny se z povrchu odstraní. Pak se povrch svaru opatří bílou indikační látkou. Vzlínáním penetrační látky z vad svarů vznikne v indikační látce obraz vady.

Těsnost svaru se ověří nanesením detekční kapaliny z jedné strany svaru a indikační látky z opačné strany. [2,4]

21.1.3 Zkouška těsnosti

Zkouška se provádí u nádob, potrubí apod. pomocí tlakového vzduchu a roztoku mýdlové vody. Svařenec se naplní vzduchem na předepsaný tlak – obrázek 116. Během určené doby se sleduje jeho pokles. Pokles tlaku značí netěsnost – vadu. Místa úniku vzduchu se musí hledat. Svary se přetřou roztokem mýdlové vody – obrázek 117. Z prasklin a větších pórů svarů uniká vzduch, tvoří se bubliny, které signalizují vadu. Princip je vidět na obrázcích 110 a 111.

Zkouška se používá jak ve výrobě, tak i na stavbách, je velmi rychlá, jednoduchá, levná a poměrně spolehlivá. [2,4]



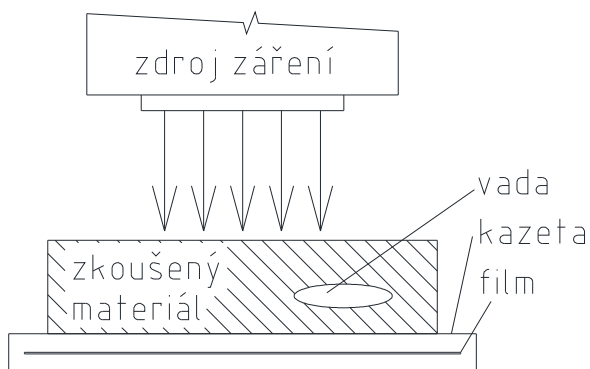
Obrázek 110 Zkouška tlakem, vlastní zdroj



Obrázek 111 Zkouška tlakem-svár s vrstvou mýdlového roztoku, vlastní zdroj

21.1.4 Zkouška prozařováním

Zkouška využívá schopnosti rentgenového a gama záření pronikat materiály a následně působit na fotografický materiál - obrázek 112. Při průchodu materiálem se záření v místech defektů zeslabí nebo zesílí, což je rozpoznatelné ve formě skvrny na fotografickém materiálu-snímku po jeho vyvolání v temné komoře. Zeslabení procházejícího záření nastává např. u vměsků majících vyšší hustotu, než má svařovaný materiál a na snímku se tato vada projeví světlou skvrnou. Naproti tomu v místě např. plynové dutiny nebo pórů pronikne více záření a na snímku vidíme tuto vadu jako tmavou skvrnu.



Obrázek 112 Zkouška prozářením, převzato a upraveno z [20]

Zkoušky prozařováním se provádí na specializovaném pracovišti za dodržení přísných bezpečnostních podmínek. Defektoskopický pracovník vyhodnotí zkoušku klasifikačním stupněm 1 (nejkvalitnější svar) až 5 (nevyhovující svar). [2]

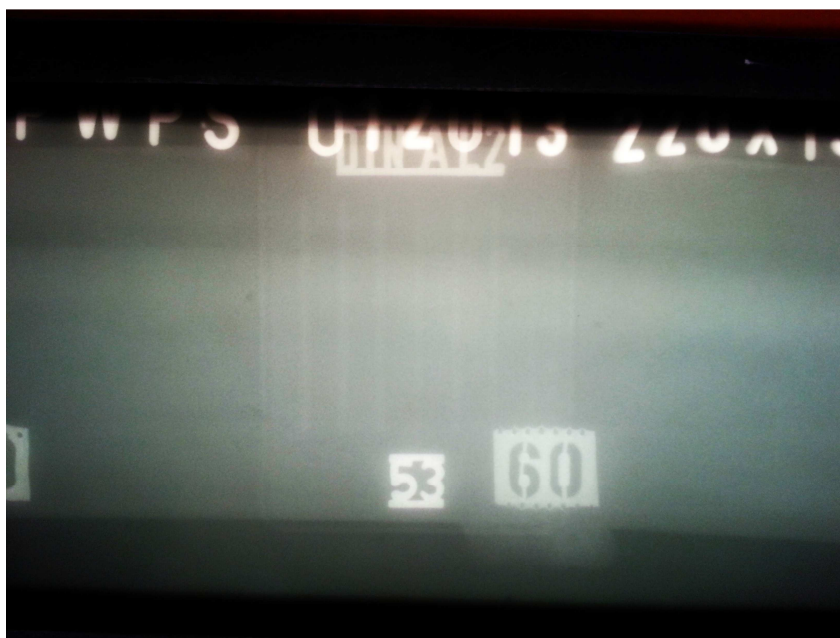
Rentgenové přístroje jsou stabilní, nepřenosné. Přístroje pracující s gama zářením jsou poměrně malé a přenosné.

Výhodou této zkoušky je doklad o vadě ve formě snímku, je určen i typ vady. Nevýhodou je omezená použitelnost, zvláště malé vady nelze na snímku vyhodnotit.

Na snímku vzorku – obrázek 113, který vyšel jako nevyhovující je zřetelný shluk pórů v podobě černých teček. Na obrázku 114 je pak vidět čistý snímek, bez teček, který značí správně provedený svar bez vad.



Obrázek 113 Rentgenový snímek s pórů (tmavé tečky), vlastní zdroj



Obrázek 114 Rentgenový snímek bez vad, vlastní zdroj

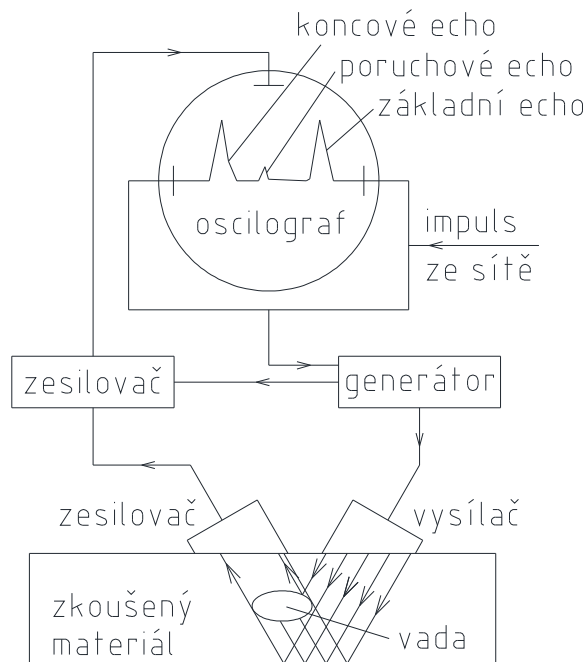
21.1.5 Zkouška ultrazvukem

Princip zkoušky spočívá ve skutečnosti, že ultrazvukové vlny prochází různými látkami a při dopadu na rozhraní dvou látek se zčásti lomí, odráží i tímto rozhraním prochází.

Zdrojem ultrazvukového vlnění je destička z piezoelektrického krystalu. Zapojením do elektrického obvodu se destička rozkmitá a předává vlnění do okolí. Tato destička slouží jako vysílač. Naopak dopadem vlnění na stěnách destičky vzniká střídavé napětí.

Materiály lze zkoušet metodou odrazovou nebo průchodovou.

Na obrázku 115 je naznačená metoda odrazová pomocí dvou sond. Krátký impuls vyslaný generátorem do vysílače, je současně přes zesilovač vyslán do osciloskopu, kde se zobrazí jako základní echo. Impuls pak prochází celou tloušťkou zkoušeného materiálu a na rozhraní kov – vzduch se odrazí do přijímače. Pokud vlnění nestojí v cestě vada, vlnění projde celou tloušťkou materiálu tam i zpět beze změny a na osciloskopu se objeví koncové echo. Je-li v materiálu vada, část vlnění se od ní odrazí k přijímači a mezi základním a koncovým echem se zobrazí poruchové echo a jejich vzdálenost naznačuje hloubku, ve které je vada.

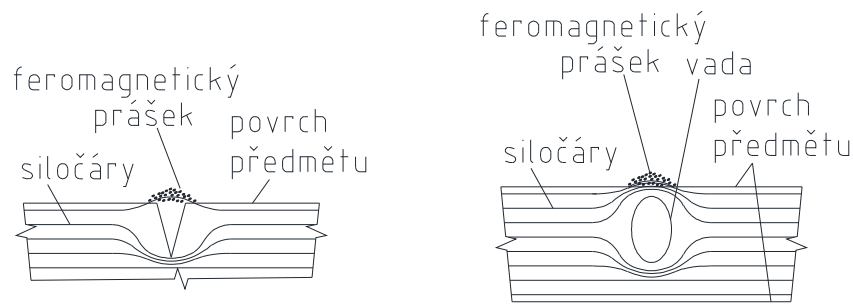


Obrázek 115 Zkouška ultrazvukem, převzato a upraveno z [20]

Tato zkouška je citlivější než zkouška prozářením, indikuje i trhliny a studené spoje. [2]

21.1.6 Zkoušky magnetické

Zkouška je použitelná pouze u svařenců z magnetických materiálů, slouží ke zjištění povrchových vad nebo vad těsně pod povrchem. Hluběji umístěné vady se nezjistí. Svařenec se vloží do magnetického pole, jehož siločáry procházejí homogenním materiálem přímo. Vady v blízkosti povrchu siločáry vychylují a zhušťují a ty pak vystupují nad povrch, který je opatřen suspenzí feromagnetického prášku ve vodném roztoku nebo oleji. Práškové částice se pak shlukují v místě vady – obrázek 116.



Obrázek 116 Zkouška magnetická, převzato a upraveno z [20]

Hliník je nemagnetický materiál, tato zkouška pro hliníkové svařence nepoužitelná. [2]

21.2 Destruktivní zkoušky

21.2.1 Příčná zkouška tahem

Zkušební tyč tvoří vzorek – obrázek 117, který je vyříznut napříč svarového spoje. Vzorek je upnut do čelistí trhačského stroje a je plynule zatěžován až do jeho přetržení. Ze zkoušky se provádí grafický záznam ve formě pracovního diagramu. Z diagramu je možné přímo odečíst hodnoty:

- mez kluzu R_e v MPa
- mez pevnosti R_m v MPa

Mez kluzu je výrazná u nelegovaných nízkouhlíkových ocelí a projevuje se na začátku plastické deformace podstatně rychlejším prodlužováním zkušební tyče.

U materiálu, kde mez kluzu není tak výrazná, se zavádí smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$. Je to napětí, které u zkušební tyče vyvolá trvalé prodloužení 0,2% její původní délky. [4]

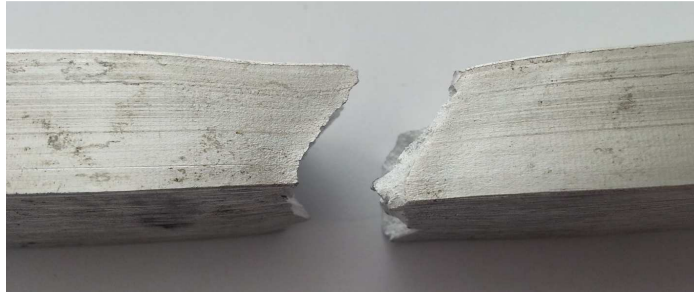


Obrázek 117 Vzorek pro tahovou zkoušku, vlastní zdroj

Pevnost svaru musí vyšší než minimální pevnost daného základního materiálu.

21.2.1.1 Zkušební vzorky pro tahovou zkoušku

Vzorky hliníku a jeho slitin pro tahovou zkoušku mají obdélníkový tvar o rozměrech dříku 25,1x13 mm. Vzorek před tahovou zkouškou je na obrázku 117 a po tahové zkoušce na obrázku 118, kde je zřetelně vidět jeho zúžení – vytvoření tzv. krčku a následné přetržení v tomtéž místě.



Obrázek 118 Vzorek po zkoušce tahem, vlastní zdroj

21.2.2 Přehled dalších destruktivních zkoušek

Deformační vlastnosti svarů se dají určit pomocí zkoušky ohybem, lámavosti, rázem v ohybu.

Zkoušky tvrdosti se rozlišují podle použitého zkušebního tělíska, které se vtlačuje do zkoušeného materiálu. Rozeznáváme tři základní metody zkoušek:

- Vickersova (tělískem je diamantový čtyřboký jehlan s vrcholovým úhlem 136°)
- Brinellova (tělískem je ocelová kulička a určitém průměru)
- Rockwellova (tělískem je diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120°)

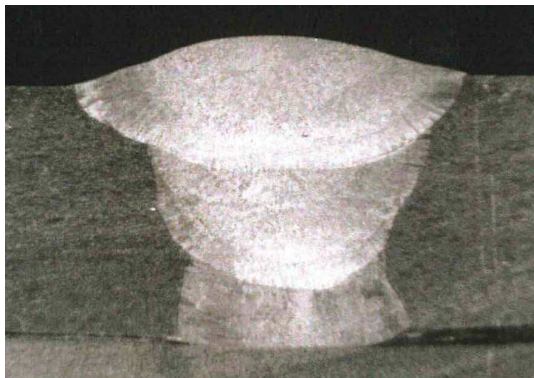
Rázem v ohybu – spočívá v přeražení tyče jedním rázem kyvadlového kladiva. Vyhodnocuje se velikost práce potřebné k přeražení zkušební tyče a na jejím základě se stanoví houževnatost materiálu.

Zkoušky se provádějí na příčných řezech svarových spojů za účelem porovnání nejvyšší hodnoty tvrdosti základního i svarového materiálu a dále se určuje šířka tepelně ovlivněné oblasti, kde došlo k nárůstu tvrdosti. [2]

21.3 Makroskopická kontrola svarů

Jedná se v podstatě o vizuální zkoušku, která zkoumá makroskopický charakter svarového spoje na příčném řezu zkušební vzorku. Kontrola se provádí pouze zrakem nebo při malém zvětšení pomocí lupy kdy povrch vzorku je pečlivě vybroušen a dále je nebo není naleptán.

Mikroskopická kontrola se provádí na stereomikroskopu při 50-500 násobném zvětšení. Vyhodnocují se vady pouhým okem těžko viditelné, například velikosti pórů ve svaru a jiné. Na obrázku 119 je snímek příčného výbrusu třívrstvého V svaru. Materiál vzorku je hliník Al99,5.



Obrázek 119 Snímek z makro zkoušky, vlastní zdroj

21.4 Zkouška rozlomením

Jedná se o nejjednodušší zkoušku pro zjištění vnitřních vad, při níž je vzorek mechanicky rozlomen, a zrakem jsou ihned zkoumány vnitřní vady svaru.

Zkouška rozlomení je jednou ze základních zkoušek svářečů, kdy se kontrolují tupé i koutové svary. Provádí se podle ČSN EN 1320.

Zkouškou se zjistí:

- studený spoj, trhliny což jsou vady nepřípustné,
- neprovařený kořen svaru, kdy celková délka neprovařeného kořene svaru musí být maximálně do 20% jeho délky
- póry a bubliny, kdy jejich celková plocha nesmí být větší než 10% plochy lomu vzorku

22 Kvalifikace svařovacího personálu

Svařování je technologický proces vyžadující kvalifikovaný a proškolený personál v rozsahu svářečských prací jednotlivých výrobců svařovaných konstrukcí. Pracovník pak prokazuje svou způsobilost platným oprávněním v požadovaném rozsahu, který je specifikován současně platnými normami.

22.1 Označení zkoušek

Budoucí svářeč získá způsobilost ke svařování ve svářečské škole v přípravném kurzu pod vedením svářečského dozoru, který je zakončen teoretickou a praktickou zkouškou. Po úspěšném zakončení kurzu je pracovník oprávněn vykonávat práci dle jeho úrovně.

Jednotlivé stupně zkoušek, které lze získat pro metodu 131 (MIG) na svařování hliníku:

1. Kvalifikační zkouška zaškoleného pracovníka, podle normy ČSN 05 0705. Standardní délka kurzu je 3 dny.
Příklad označení kvalifikační zkoušky zaškoleného pracovníka pro metodu 131:

ČSN 05 0705 ZP 131-1(až 9) 21(až 26)

kde: ČSN 05 0705 norma, podle níž je provedena zkouška
ZP zaškolený pracovník
131 označení metody svařování
1-9 druh zaškolení (podrobněji viz ČSN 05 0705)
21-26 skupina svařovaného materiálu (hliník a jeho slitiny)

Po úspěšné zkoušce se vystaví *Osvědčení o zaškolení* (platné je ve firmě, pro kterou bylo školení pořádáno) a *Průkaz zaškoleného pracovníka podle ČSN 05 0705 – příloha 7*. Platnost dokladů je 2 roky. Pak se platnost po doškolení a přezkoušení obnovuje a vystavuje se doklad o vykonaném přezkoušení *Osvědčení o doškolení a přezkoušení svářeče a zaškoleného pracovníka z bezpečnostních ustanovení podle ČSN 05 0715 – příloha 8*.

2. Kvalifikační zkouška svářeče se základním kurzem svařování, podle normy ČSN 05 0705. Standardní délka kurzu je 20 dní.
Příklad označení kvalifikační zkoušky svářeče se základním kurzem pro metodu 131:

ČSN 05 0705 ZK 131 21(až 26)

kde: ČSN 05 0705 norma, podle níž je provedena zkouška
ZK základní kurz
131 označení metody svařování
21-26 skupina svařovaného materiálu (hliník a jeho slitiny)

Po úspěšné zkoušce se vystaví *Osvědčení o základním kurzu* – příloha 8 a *Průkaz odborné kvalifikace svářeče*. Platnost dokladů je 2 roky. Pak se platnost po doškolení a přezkoušení obnovuje a vystavuje se doklad o vykonaném přezkoušení *Osvědčení o doškolení a přezkoušení svářeče a zaškoleného pracovníka z bezpečnostních ustanovení podle ČSN 05 0715* – příloha 8.

Svářeč po absolvování základního může svařovat pouze podružné, málo staticky namáhané díly a konstrukce s nízkými požadavky na přesnost a jakost výrobku, které nesmí být namáhány dynamicky, dilatačně a není u nich požadovaná těsnost svarového spoje.

3. Kvalifikační zkouška svářeče s vyšším kurzem svařování - ruční svařování (ČSN EN ISO 9606-2 v odpovídajícím rozsahu pro rozsah a typy svařovaných materiálů) a automatizované a robotizované svařování (ČSN EN 1418 v odpovídajícím výrobním sortimentu)

Délka trvání kurzu je dle potřeby.

Příklad označení kvalifikační zkoušky svářeče s vyšším kurzem svařování pro metodu 131:

EN ISO 9606-2 131 T BW 23 S t10,0 D132,0 PH ss nb

kde:	EN ISO 9606-2	norma, podle níž je provedena zkouška
	131	označení metody svařování
	BW / FW	druh svaru – tupý / koutový
	21-26	skupina svařovaného materiálu (hliník a jeho slitiny)
	S	typ přídavného materiálu
	T10,0	tloušťka zkušebního kusu (10 mm)
	D132,0	vnější průměr trubky (132 mm)
	PH	poloha svařování
	ss, nb	ostatní detaily svaru

Po úspěšné zkoušce se vystaví *Certifikát svářeče*. Platnost certifikátu je 2 roky, přičemž se musí obnovovat každých 6 měsíců odpovědným svářečským dozorem.

Po uplynutí 2 let se vyšší kurz svařování a zkouška musí znovu absolvovat. Platí pro normu ČSN EN ISO 9606-2. [22,24]

Pozn.:

Zdravotní prohlídky u svářečů se obnovují po 5 letech do věku 50 let svářeče, po dovršení 50let věku svářeče se musí zdravotní prohlídky obnovovat po 3 letech.

23 Přehled svařovacích metod

Svařovací metody dělíme podle různých hledisek, např. ruční a mechanizované. Nejčastěji používáme dělení podle toho, jakým způsobem dosáhneme svarového spoje. První skupina zahrnuje svařování tavné, při kterém je rozhodující roztavení svarových ploch. Druhou skupinou rozumíme svařování tlakové, kde je rozhodující pro svaření stlačení svařovaných ploch. [1]

Přehled všech metod je uveden v normě ČSN EN ISO 4063. V závorce je uvedeno číselné označení metody podle dané normy:

- svařování elektrickým obloukem (1)
- ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111)
- pod tavidlem (12)
- obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře (13)
- obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu; MIG svařování (131)
- obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu; MAG svařování (135)
- obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu (14)
- obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu; WIG, TIG svařování (141)
- svařování plazmové (15)
- odporové svařování (2)
- plamenové svařování (3)
- kyslíko-acetylenové svařování (11)
- tlakové svařování (4)
- ultrazvukové svařování (41)
- třecí svařování (42)
- třecí svařování promíšením (43)
- svařování velkou mechanickou energií (44)
- tlakové svařování za studena (48)
- svařování svazkem paprsků (5)
- elektronové svařování (51)
- laserové svařování (52)
- ostatní způsoby svařování (7)
- aluminotermické svařování (71)
- elektrotruskové svařování (72)
- indukční svařování (74) [5]

Svařování hliníku obalenou elektrodou v praxi není rozšířené, používá se při opravách a údržbě. I zde je často nahrazována metodou WIG. Největší problém způsobuje vrstva Al_2O_3 , kterou je nutno těsně před svařováním pečlivě očistit. Elektrody se připojují na kladný pól, používá se tzv. obrácená polarita. Průměr elektrody se volí co největší a svařuje se s velkou tavnou lázní, která umožňuje difundování plynů.

Plyn, který vzniká při hoření elektrody, neposkytuje svaru během svařování dostatečnou ochranu. Svařovacím zdrojem je pak invertor bez dalšího nároku na ochranný plyn. [3]

24 Závěr

Svářečská škola ve společnosti EGE, spol. s r. o. patří k největším a velmi dobře vybaveným zařízením svého druhu v Jihočeském kraji. Její pracovníci jsou schopni zrealizovat různé druhy svařovacích kurzů pro mnoho svařovacích metod. Hlavní náplní je organizace kurzů se zaměřením na svařování oceli, včetně ocelí nerezových, hliníku a jeho slitin. Zatímco tématu svařování oceli se odborná literatura věnuje podrobně, svařování hliníku a jeho slitin zůstává spíše na okraji zájmu autorů odborných publikací. Existuje příručka pro svařovací metodu 141 (WIG) pro hliník a jeho slitiny a dále obecná příručka pro metody MIG a MAG, zaměřená spíše na svařování oceli.

V diplomové práci jsem se pokusil zaplnit tuto mezeru a podat tak ucelený pohled na svařovací metodu 131 (MIG) pro hliník a jeho slitiny. Zároveň jsem se co nejvíce snažil oprostit od složitých teorií a spíše se zaměřit na výuku svařování v základním kurzu. Mnoho svářečů, kteří jsou zájemci o výuku této svařovací metody, mají zkušenosti se svařováním oceli metodou 135 (MAG) a rozšiřují si tím svoji kvalifikaci.

Zároveň však zde jsou začínající svářeči, bez zkušenosti se svařováním a dokonce dnes i bez předcházejícího technického vzdělání. Tím je myšleno, že jejich vzdělání je různé, od základního až po vysokoškolské a to v různých netechnických oborech.

Právě tyto lidé by se měli seznámit nejen se základy nauky o materiálu, jeho značením, se základy elektrotechniky, které jsou popsány v úvodních kapitolách, ale i s bezpečností práce a používáním vhodných ochranných pomůcek při svařování.

Kurzy se sestávají z teoretického a praktického školení. Jejich cílem je po absolvování teorie nabýt co nejvíce praktických zkušeností se svařováním. Učence, do které jsem zařadil nejen teorii svařování, ale i praktické zkušenosti instruktorů svářečské školy, může pomoci odpovědět na určité otázky, které se během absolvování kurzů jistě objeví, přesto se člověk stává dobrým svářečem pouze soustavným praktickým cvičením svařování v různých pracovních podmínkách, svařovacích polohách a zároveň i svařováním různých typů svařenců z rozličných materiálů.

Svařování hliníku a jeho slitin má na rozdíl od svařování oceli svá specifika a je v mnohém náročnější. Zkušenosti pracovníků svařovací školy ukazují, že svařence z hliníku a jeho slitin se svářeči učí svařovat kolem jednoho roku a asi 30% absolventů kurzů se hliník a jeho slitiny nenaučí nikdy dobře a bez vad svařovat.

Jak již bylo řečeno, v diplomové práci jsem se pokusil o první pokus publikace svého druhu. Napsat dobrou učebnici je složité a ještě složitější je dát učebnici řád, smysl a návaznost. Pouze její praktické používání ukáže, co se povedlo více a co méně, co bude třeba doplnit a možná i co bude lepší vynechat.

Poznatky plynoucí ze sledování práce ve svářečské škole jsou převážně kladné. Mezi hlavní výhody patří:

- a) dostatek kvalitního základního materiálu k nacvičování svařování, který vzniká jako odpad z hlavní výrobní produkce firmy, a který je tak před vlastním sešrotováním účelně využit. Jedná se především o plechy různých tloušťek z hliníku a jeho slitin.

- b) používání kvalitního přídavného materiálu firmy ESAB
- c) práce s moderními svařovacími zdroji značky Fronius - Synergic
- d) moderní zázemí svařovny, které tvoří učebna s digitální promítací technikou, PC i rekonstruované sociální prostory

Naopak k nedostatkům patří:

- a) momentálně zastaralé osvětlení svařovacích boxů i ostatních pracovišť, v letošním roce se chystá jeho rekonstrukce
- b) zámečnické pracoviště sloužící k přípravě materiálu před svařováním je umístěné ve svařovací hale a jeho provoz někdy ruší instruktáž svařování, bohužel celková dispozice haly nedává možnost jej umístit odděleně
- c) odvětrávání a odsávání zplodin a dýmů je zatím vyhovující, do budoucna se uvažuje o jeho rekonstrukci

Vyhodnocení stanovených cílů a přínos práce:

- a) Z pohledu teoretického diplomová práce přibližuje problematiku svařování hliníku a jeho slitin metodou 131 (MIG) a poskytuje tak ucelený pohled nejen na vlastní svařovací metodu, tj. průběh svařování a svařovací techniky, svařovací zdroje a jejich příslušenství, ale zabývá se také technickou dokumentací, značením svarů, přípravou svarových ploch, kontrolou a defekty svarů i kvalifikací a ochranou zdraví svářečů.
- b) Z hlediska pedagogického jsou jednotlivé kapitoly tematicky řazeny tak, aby na sebe navazovaly v logickém sledu. Zároveň jsou přehledné a srozumitelné. Z didaktického pohledu práci doprovází množství obrázků s popisem nebo jejich rozbohem, které názorně dokreslují témata jednotlivých kapitol. Přílohy pak dávají základní představu o dokumentaci, která je podle současně platných norem nutná pro výrobu svařenců a kvalifikaci svářečů.
- c) Praktický cíl měření teplot v různé vzdálenosti od sváru a tím zmapovat jeho teplotní pole se zdá být na první pohled snadno proveditelný, ale z hlediska měření v jednom okamžiku ve spoustě bodů se ukazuje běžnými prostředky prakticky neuskutečnitelný. Prvotně zamýšlené použití dotykových teploměrů a termočlánků k měření teplot se neosvědčilo. Teprve použití termo-kamery ukazuje přesné rozložení teplotního pole v okolí sváru.
Sestavení grafu teplotního pole je však i ze série mnoha snímků opět běžnými metodami bez použití výpočetní techniky, tedy „ručně“ obtížně proveditelné a může být pouze přibližné. Proto uvádím tento graf v příloze 6 a není zahrnut v textu učence.
Smyslem tohoto grafu především je, aby si svářeči uvědomili, jak rychlý je odvod tepla z okolí svaru a tím i nutnost co nejvíce předcházet problémům se vznikem deformací, které jsou u svařenců z hliníku velké a ne vždy se dají jednoduše vyrovnat.

Podle mého názoru se v práci podařilo dosáhnout všech v úvodu vytyčených cílů. Jsem přesvědčen, že tato diplomová práce přispěje ke zkvalitnění a zefektivnění vzdělávací práce svářečské školy ve společnosti EGE spol. s r.o. a nalezne své uplatnění i ve vyučovací praxi některých technicky zaměřených středních škol, nebo v technických studijních oborech vyučovaných na JU.

Použité zdroje informací:

[1] Kolektiv autorů, Technologie svařování a zařízení, ZEROSS - svářečské nakladatelství, Ostrava: srpen 2001, ISBN 80-85771-81-0.

[2] BARTOŠ J., BERNAS J., VEINBERG J., Obloukové svařování, ZEROSS, Ostrava: 1994, ISBN 80-85771-21-7.

[3] MINAŘÍK V., Obloukové svařování, Scientia, spol. s r. o., pedagogické nakladatelství, Praha: 1998, ISBN 80-7183-119-0.

[4] MALINA Z., NÉMA M., Základní kurz svařování ZK 141 W 21, ZEROSS - svářečské nakladatelství, Ostrava: 2004, ISBN 80-86698-02-5.

[5] ČSN EN ISO 4063, Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha: 2010.

[6] ČSN EN ISO 6947, Svařování a příbuzné procesy – Polohy svařování, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha: 2011.

[7] ČSN 05 0000, Zváranie kovov – Základné pojmy, Vydavateľství ÚNM, Praha: 1987.

[8] FRONIUS INTERNATIONAL GMBH, Návod k obsluze – Seznam náhradních dílů, Svařovací zdroj MIG/MAG, 42.0426.0001.CS 022010.

[9] Safety s.r.o., Katalog CleanAIR, For Safe Breathing.

[10] VIK R., Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 2014.

[17] ESAB Vamberk, s.r.o., Katalog přídatných materiálů pro svařování, květen 2011.

[18] TESAŘ J., JÁCHIM F., Fyzika 4 pro základní školy - Elektrické a elektromagnetické děje, SPN - pedagogické nakladatelství, a.s., Praha: 2009, ISBN 987-80-7235-441-2.

[19] TDS Brno – SMS, s.ro., Bezpečnostní předpisy při svařování elektrickým obloukem, Brno: říjen 2006, ISBN 80-903386-6-6.

[20] MALINA Z., Základní kurz svařování MIG/MAG, ZEROSS - svářečské nakladatelství, Ostrava: 2000, ISBN 80-85771-76-4.

[21] LEPIL O., Teorie a praxe tvorby výukových materiálů, Olomouc: 2010, ISBN 978-80-244-2489-7.

[22] BALEJ Z., KUĐELKA V., OPLETAL J., Základní kurz svařování metodou 141 se souborem textových otázek, ZEROSS - svářečské nakladatelství, Ostrava: 2009, ISBN 80-866698-12-2.

[24] ČSN EN ISO 9606-2, Zkoušky svářečů – Tavné svařování – Část 2: Hliník a jeho slitiny, Český normalizační institut, Říjen 2005.

Internetové zdroje:

[11] URL: http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/2011-2_Historie%20tavného%20svařování%20kovů%202011.pdf

[12] URL: <http://www.svarbazar.cz/phprs/storage/hlinik.pdf>

[13] URL: http://www.alucad.cz/public/var/files/file_109.pdf

[14] URL: http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/AlTrendy1_2007.pdf

[15] URL: http://www.haasmont.cz/files/OchrAtmHlinik1_2007.pdf

[16] URL:

<http://automig.cz/fileadmin/pub/doc/pdf/Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD%20hlin%C3%ADku.pdf>

[23] URL: <http://www.technickenormy.cz/tridy-norem-csn/>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Chemické složení materiálů podle ČSN EN 573, převzato a upraveno z [13].....	18
Tabulka 2 Tabulka základních a přídavných materiálů a jejich kombinace, vlastní zdroj	21
Tabulka 3 Přehled jednotek, převzato a upraveno z [4].....	26
Tabulka 4 Násobky jednotek, převzato a upraveno z [4]	26
Tabulka 5 Velikosti bezpečného napětí živých částí, převzato a upraveno z [19].....	29
Tabulka 6 Základní značky svarových spojů, převzato a upraveno z [4].....	36
Tabulka 7 Doplnující značky svarových spojů, převzato a upraveno z [4]	36

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Obecný graf tepelného zpracování, převzato a upraveno z [4]	18
Obrázek 2 Rozbor značení materiálu podle ČSN EN 573, převzato a upraveno z [13]	19
Obrázek 3 Štítek s popisem označující drát AISi5, vlastní zdroj.....	20
Obrázek 4 Jednoduchý elektrický obvod, převzato a upraveno z [18]	22
Obrázek 5 Časový průběh jednofázového střídavého napětí, převzato a upraveno z [4,18]	25
Obrázek 6 Časový průběh třífázového střídavého napětí, převzato a upraveno z [4,18].....	25
Obrázek 7 Svařovací obvod, převzato a upraveno z [4]	26
Obrázek 8 Trvalé pracoviště svářeče, vlastní zdroj	28
Obrázek 9 Svářečská kukla s filtrační jednotkou, vlastní zdroj.....	32
Obrázek 10 Svarové spoje, převzato a upraveno z [7]	33
Obrázek 11 Kořen svaru, převzato a upraveno z [7]	34
Obrázek 12 Jednovrstvý a vícevrstvý svar, převzato a upraveno z [7].....	34
Obrázek 13 Vrstvy svaru, převzato a upraveno z [7].....	34
Obrázek 14 Základní materiál, svarová plocha, převzato a upraveno z [7]	34
Obrázek 15 Převýšený, plochý a proláklý svar, převzato a upraveno z [7]	34
Obrázek 16 Úprava svarových ploch, převzato a upraveno z [7].....	35
Obrázek 17 Teplem ovlivněná oblast (TOO), převzato a upraveno z [20].....	35
Obrázek 18 Označení svaru, převzato a upraveno z [4]	37
Obrázek 19 Příklady označení koutového svaru, převzato a upraveno z [4]	37
Obrázek 20 Povrch svaru je na straně odkazové čáry, vlastní zdroj	37
Obrázek 21 Povrch svaru je na protilehlé straně k odkazové čáře, vlastní zdroj	37
Obrázek 22 Oboustranný svar symetrický, vlastní zdroj	38
Obrázek 23 Oboustranný svar, vlastní zdroj	38
Obrázek 24 Poloviční svar, vlastní zdroj	38
Obrázek 25 Obvodový svar, vlastní zdroj.....	38
Obrázek 26 Montážní svar, vlastní zdroj.....	38
Obrázek 27 Jeden z možných způsobů označení svařovací metody, vlastní zdroj	38
Obrázek 28 Svařovací polohy - orientační kruh, převzato a upraveno z [6]	40
Obrázek 29 Svařovací poloha PC, vlastní zdroj	40
Obrázek 30 Svařovací poloha PA, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PA, vlastní zdroj.....	41
Obrázek 31 Svařovací poloha PB, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PB, vlastní zdroj.....	41
Obrázek 32 Svařovací poloha PC, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PC, vlastní zdroj.....	41
Obrázek 33 Svařovací poloha PD, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PD, vlastní zdroj.....	41
Obrázek 34 Svařovací poloha PE, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PE, vlastní zdroj.....	42
Obrázek 35 Svařovací poloha PF, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PF, vlastní zdroj.....	42

Obrázek 36 Svařovací poloha PG, převzato a upraveno z [6], Provedení svaru v poloze PG, vlastní zdroj.....	42
Obrázek 37 Svařovací poloha PH, převzato a upraveno z [6]	42
Obrázek 38 Svařovací poloha PJ, převzato a upraveno z [6]	43
Obrázek 39 Svařovací poloha H-L045, převzato a upraveno z [6].....	43
Obrázek 40 Svařovací poloha J-L045, převzato a upraveno z [6].....	43
Obrázek 41 Zařízení pro svařování metodou MIG, převzato a upraveno z [1].....	44
Obrázek 42 Části elektrického oblouku, převzato a upraveno z [1]	45
Obrázek 43 V-A charakteristika pro ocel a hliník, převzato a upraveno z [1]	46
Obrázek 44 Sprchový přenos, převzato a upraveno z [1]	47
Obrázek 45 Průběh proudu a přechod kovu u impulzního svařování, převzato a upraveno z [8]	48
Obrázek 46 Svařování vpřed, převzato a upraveno z [20].....	49
Obrázek 47 Svařování vzad, převzato a upraveno z [20].....	49
Obrázek 48 Výlet drátu, vlastní zdroj	50
Obrázek 49 Pořadí housenek v poloze PB – vícevrstvý koutový svar, převzato a upraveno z [4]	50
Obrázek 50 Sklon hořáku v poloze PB, převzato a upraveno z [4].....	50
Obrázek 51 Svařování v poloze PG, převzato a upraveno z [4]	51
Obrázek 52 Svařování v poloze PF – vícevrstvý koutový svar, převzato a upraveno z [4].....	51
Obrázek 53 Svařování v poloze PA – vícevrstvý svar, převzato a upraveno z [4].....	51
Obrázek 54 Svařování v poloze PF – jednovrstvý svar, převzato a upraveno z [4].....	52
Obrázek 55 Svařování v poloze PF – vícevrstvý V-svar, převzato a upraveno z [4].....	52
Obrázek 56 Vliv ploché a strmé charakteristiky na kolísání proudu vyvolané změnou délky oblouku, převzato a upraveno z [1]	53
Obrázek 57 Svařovací digitální zdroj pro svařování hliníku a jeho slitin od firmy FRONIUS, typ TranPuls Synergic 5000, vlastní zdroj	55
Obrázek 58 Systém PUSH-PULL, vlastní zdroj	56
Obrázek 59 Detail čtyřkladkového pohonu, vlastní zdroj.....	56
Obrázek 60 Svařovací hořák, vlastní zdroj	57
Obrázek 61 Symboly a zkratky, převzato a upraveno z [8].....	57
Obrázek 62 Režim 2-takt, převzato a upraveno z [8]	58
Obrázek 63 Režim 4-takt, převzato a upraveno z [8]	58
Obrázek 64 Režim speciální 4-takt, převzato a upraveno z [8].....	59
Obrázek 65 Režim bodování, převzato a upraveno z [8]	59
Obrázek 66 Rozdílnost závaru při použití ochranného plynu Ar a He, převzato a upraveno z [3]....	61
Obrázek 67 Označení lahve s ochranným plynem Ar, vlastní zdroj	61
Obrázek 68 Upevnění lahví pomocí řetízku, vlastní zdroj	62
Obrázek 69 Schéma redukčního ventilu, převzato a upraveno z [4]	62
Obrázek 70 Lahvový a redukční ventil pro Ar, vlastní zdroj	63
Obrázek 71 Příklady přípravy tvaru a rozměru svarových ploch, vlastní zdroj	64
Obrázek 72 Očištění svarových ploch, vlastní zdroj	65
Obrázek 73 Nahřívání vodiče propan-butanovým plamenem, vlastní zdroj	66
Obrázek 74 Lahve na propan-butan, vlastní zdroj	67
Obrázek 75 Tlusté plechy bez viditelné deformace, vlastní zdroj.....	68
Obrázek 76 Slabé plechy s viditelnou deformací, vlastní zdroj	68
Obrázek 77 Závislost vnitřního pnutí a deformace na upínací síle, převzato a upraveno z [2]	69
Obrázek 78 Tyč s volným koncem, převzato a upraveno z [4,20]	69
Obrázek 79 Tyč jednostranně přivařená, převzato a upraveno z [4,20]	70
Obrázek 80 Tyč oboustranně přivařená, převzato a upraveno z [4,20]	70
Obrázek 81 Rozmezí teplot během svařování, vlastní zdroj.....	71
Obrázek 82 Poloha svařování a upnutí plechu v polohovadle, vlastní zdroj.....	71
Obrázek 83 Plech vzorku s viditelnou deformací, vlastní zdroj	71
Obrázek 84 Podélná deformace, převzato a upraveno z [4,20].....	72
Obrázek 85 Příčná deformace, převzato a upraveno z [4,20].....	72
Obrázek 86 Úhlová deformace, převzato a upraveno z [4,20]	72
Obrázek 87 Sestavení V-svaru, převzato a upraveno z [4,20]	73
Obrázek 88 U-svar a oboustranný V-svar, převzato a upraveno z [4,20].....	73
Obrázek 89 Svar provedený střídavě, převzato a upraveno z [4,20]	73

Obrázek 90 Svar provedený vratným krokem, převzato a upraveno z [4,20]	73
Obrázek 91 Svar provedený střídavě vratným krokem, převzato a upraveno z [4,20]	73
Obrázek 92 Trhlina podélná, převzato a upraveno z [4,20]	74
Obrázek 93 Trhlina příčná, převzato a upraveno z [4,20]	75
Obrázek 94 Trhlina rozvětvená, převzato a upraveno z [4,20]	75
Obrázek 95 Bubliny, převzato a upraveno z [4,20]	75
Obrázek 96 Póry, převzato a upraveno z [4,20]	75
Obrázek 97 Řádka plynových dutin, převzato a upraveno z [4,20]	76
Obrázek 98 Shluk plynových dutin, převzato a upraveno z [4,20]	76
Obrázek 99 Studený spoj na svarové ploše, převzato a upraveno z [4,20]	76
Obrázek 100 Studený spoj mezi vrstvami, převzato a upraveno z [4,20]	76
Obrázek 101 Zápaly, převzato a upraveno z [4,20]	77
Obrázek 102 Vady svarů – Zápaly, vlastní zdroj	77
Obrázek 103 Přeteklý povrch, převzato a upraveno z [4,20]	77
Obrázek 104 Proláklý povrch, převzato a upraveno z [4,20]	78
Obrázek 105 Nadměrně převýšený svar, převzato a upraveno z [4,20]	78
Obrázek 106 Nepravidelný povrch, převzato a upraveno z [4,20]	78
Obrázek 107 Neprovařený kořen, převzato a upraveno z [4,20]	78
Obrázek 108 Krápníky, převzato a upraveno z [4,20]	78
Obrázek 109 Proláklý svar v kořeni, převzato a upraveno z [4,20]	79
Obrázek 110 Zkouška tlakem, vlastní zdroj	82
Obrázek 111 Zkouška tlakem-svár s vrstvou mýdlového roztoku, vlastní zdroj	82
Obrázek 112 Zkouška prozářením, převzato a upraveno z [20]	82
Obrázek 113 Rentgenový snímek s póry (tmavé tečky), vlastní zdroj	83
Obrázek 114 Rentgenový snímek bez vad, vlastní zdroj	83
Obrázek 115 Zkouška ultrazvukem, převzato a upraveno z [20]	84
Obrázek 116 Zkouška magnetická, převzato a upraveno z [20]	85
Obrázek 117 Vzorek pro tahovou zkoušku, vlastní zdroj	85
Obrázek 118 Vzorek po zkoušce tahem, vlastní zdroj	86
Obrázek 119 Snímek z makro zkoušky, vlastní zdroj	86

Seznam příloh:

Příloha č. 1 Inspekční certifikát č. MEC 13199/11	98
Příloha č. 2 Příkaz ke svařování	99
Příloha č. 3 Detail z výkresu č. 3-505497-H	100
Příloha č. 4 Specifikace postupu svařování - WPS-01/99 Al	102
Příloha č. 5 Specifikace postupu svařování - WPS 82/2011 Al	104
Příloha č. 6 Znázornění teplotního pole v plechu AlMgSi1 tloušťky 2 mm	105
Příloha č. 7 příklad osvědčení o zaškolení	106
Příloha č. 8 Příklad osvědčení o ZK	107

ALINVEST	AL INVEST BRIDLICNA, a.s. Bruntálská 167, 793 51 Břidličná, Czech Republic Tel.: +420 554 22 1111 Fax: +420 554 22 2700 www.alinvest.cz e-mail: info@alinvest.cz	Strana/ Page/ Blatt 2 z 11 - 1 <i>87999</i>
----------	---	--

ČSN EN ISO 9001:2009	Inspekční certifikát/ Inspection certificate/ Abnahmeprüfzeugnis 3.1. ČSN EN 10 204	Dokument č./ Document No./ Dokument Nr.: MEC 13199/11
-------------------------	--	---

Příjemce/Customer/Käufer : EGE spol. s r.o.	Zakázka č./ Order No/ Bestellung Nr.: 8118101	Kontrakt č./ Order No Customer/ Auftragsbetätigung : 87999	Výrobek/Product/ Erzeugnisform : AI SHEETS
Specifikace/ Specification acc standards/ Ausführung der Ware : EN 485-2 EN AW-1050A (Al99,5) H24 EN 485-4,573-3 , PN 427305	Množství/ Quantity/ Anzahl : (Netto) <i>20ks</i>	Rozměr/ Dimensions/ Abmessung (mm) : 4 x 2005 x 3050	

Výsledky mechanických zkoušek/ Results of mechanical tests/ Prüfungsresultate

Zkouška č. Test No Probe Nr.	Tavba č. Cast No Schmelz. Nr.	Pás č. Coil No Bänd Nr.	Rm MPa	Rp0,2 MPa	A50 %	A10 %
16891	G 2417		144	135,9	11,6	6,1

Chemický rozbor/ Chemical analysis/ Chemische Analyse

Zkouška č. Test No Probe Nr.	Tavba č. Cast No Schmelz. Nr.	Al	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Ti	Zn	Cr
16891	G 2417	99,58	0,0027	0,0142	0,0078	0,0658	0,2813	0,0140	0,0058	0,0013

Poznámky :

1-3 TP-014.03

Tímto způsobem zaručujeme, že výše popsany materiál byl testován a vyhovuje podmínkám zakázky dle smlouvy.
We hereby that the material described above has been tested and complies with the terms of order contract.
Auf diese Weise wir beweisen, dass dieses Material beschreiben höher war getestet und ist entsprechend mit die Bedingungen den Auftrag des Kontraktes.

Datum vystavení Date Ausstellungs datum	Zkoušku provedl Test carried out by Probe hat durchgeführt	Atestace Engineering inspektion Technische Kontrolle	Vystavil Issued by Es hat ausgestellt
21.6.2011	Lysiková Miroslava technician of laboratory		Mervová Anna quality officer

ALINVEST

AL INVEST Břidličná, a.s.
Bruntálská 167 / CZ-793 51 Břidličná / Czech Republic
IČ: 272 70 194 / KS Ústava, B. 040 / www.alinvest.cz

Příloha č. 1 Inspekční certifikát č. MEC 13199/11

Zvláštní požární bezpečnostní opatření při svařování
Příkaz ke svařování č. 2/2011

Předání svařování:	OVIŘOVŮMÍ SVAŘITELŮ (PROT. M. M. H. T. M., P. H. H. H.)		
Firma, pracoviště:	KAZETAL - HR A. A. B.		
Svářeči, kteří budou provádět práci:	OVIŘOVŮMÍ SVAŘITELŮ (PROT. M. M. H. T. M., P. H. H. H.)		
Jméno:	Doklad odborné způsobilosti:	Podpis:	
Jméno:	Doklad odborné způsobilosti:	Podpis:	
Jméno:	Doklad odborné způsobilosti:	Podpis:	
Jméno:	Doklad odborné způsobilosti:	Podpis:	
Způsob svařování:	TI2 -	WOLFRAMOVÁ ELEKTRODA	
Svařování bude prováděno:	Od: 22.5.2011 hod.	Do: 22.5.2011 hod.	
Specifikace potřebných požárních bezpečnostních opatření:	OVIŘOVŮMÍ SVAŘITELŮ NA PLOCHE STŘEŠE PRÁCOVACÍ STŘEŠKY VE BOJALOVĚ, TUDLE TECHNICKÉHO ÚSTROJNÍHO - 07 BOJALOVĚ VE NEKONZERVY (KAPALINA PRÁKY ŠTĚPNÉ VÝMĚNĚ)		
Zodpovědná osoba:	Osoba určená k provedení:		
Jméno: P. H. H. H. H.	Jméno: P. H. H. H. H.		
Provedena kontrola - podpis - datum - čas:	Potvrzení splnění úkolů - podpis - datum - čas		
22.5.2011	22.5.2011		
Vybavení hasičskými prostředky:	SHEKOVY HAZEBÍ ŠTĚPNÉ VÝMĚNĚ		
Jiné možnosti hasění:	TELEFONNÍ OHLÁŠENÍ NA HASIČE - 157		
Ukončení práce se ohláší:	Jméno:		
Místo a podmínky k uložení svařovací soupravy po dobu přerušení svařování:	OHLÁŠENÍ		
Jméno:	Seznamná s podmínkami práce, s povinnostmi a právy		
M. H. H. H. H.	požárního dohledu - podpis, datum		
22.5.2011	22.5.2011		
Požární dohled zahájen: datum - čas - podpis	Požární dohled ukončen: datum - čas - podpis		
22.5.2011	22.5.2011		
Jméno:	Seznamná s podmínkami práce, s povinnostmi a právy		
	požárního dohledu - podpis, datum		
Požární dohled zahájen: datum - čas - podpis	Požární dohled ukončen: datum - čas - podpis		

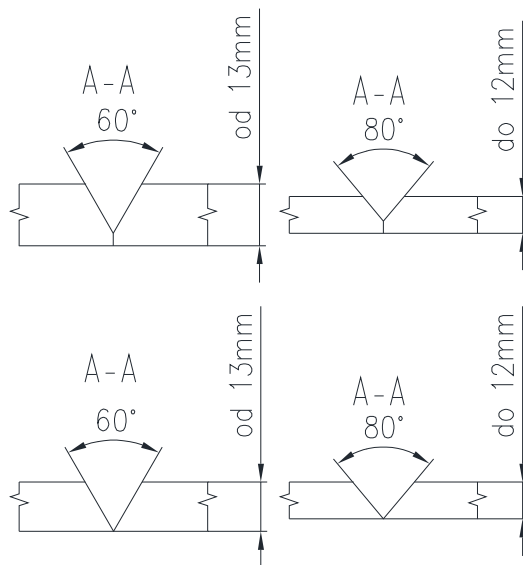
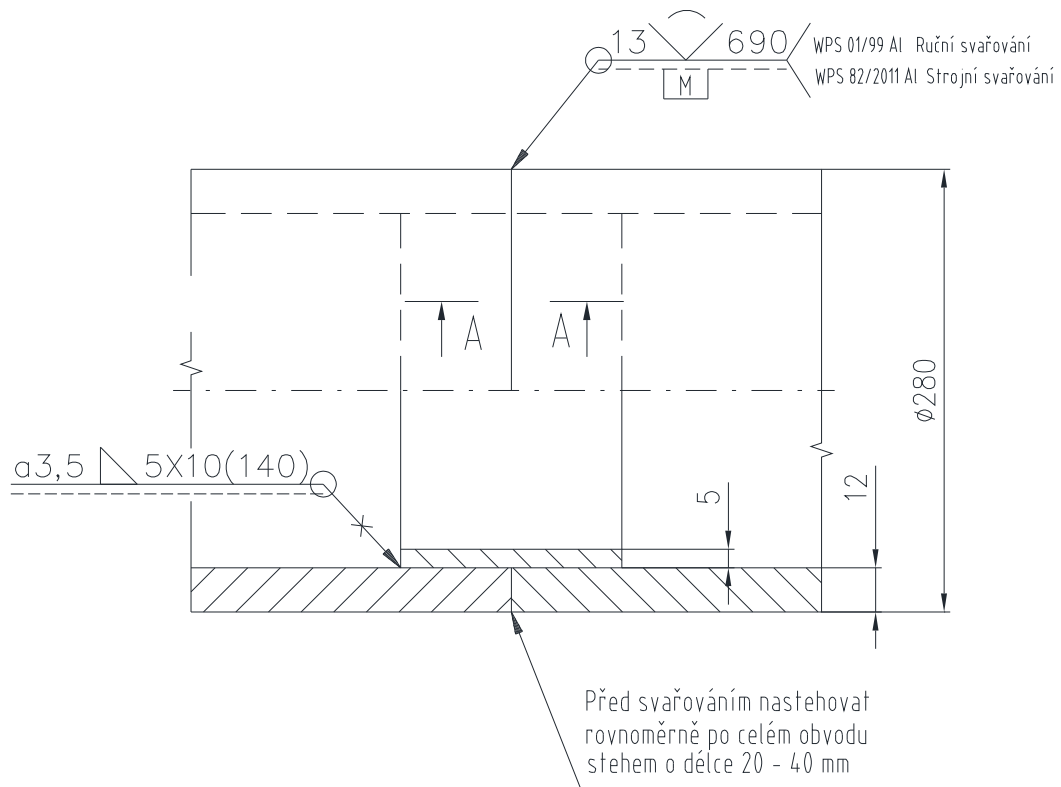
Ohlášení ukončení svařování:	Ohlášení přijal - jméno - datum - čas		
Ohláší - jméno - datum - čas	22.5.2011		
Příkaz vydal:	22.5.2011		
Příkaz vydal:	Punkte:	Podpis:	Datum:
22.5.2011	22.5.2011	22.5.2011	22.5.2011
Jestliže se zakládá podmínky pro svařování nebo určité osoby, musí být vyřazen nový příkaz. Pokud osoba určená pro požární dohled musí být provedeno před zahájením práce. Pokud bude nutné sledovat koncentraci hořlavých látek, určí se osoba, způsob, intervaly a přístroj pro provádění měření. Výsledky měření se zapisují samostatně a přikládají se k tomuto příkazu.			
Požární dohled zahájen: datum - čas - podpis	Požární dohled ukončen: datum - čas - podpis		
22.5.2011	22.5.2011		
Jméno:	Seznamná s podmínkami práce, s povinnostmi a právy		
	požárního dohledu - podpis, datum		
22.5.2011	22.5.2011		

PODMÍNKY PRÁCE, POVINNOSTI A PRÁVA POŽÁRNÍHO DOHLEDŮ

- Požární dohled se zajišťuje nepřetržitě po celou dobu svařování. Rolník dříve ke krátkému přerušení svařování (např. přesávka), ve výkonu požárního dohledu se pokračuje. Po skončení svařování nebo pokud dříve k přerušení svařování na dobu delší než dvě hodiny, ohláší se ukončení svařování a musí být provedena požární dohled po skončení svařování.
- Osoba požárního dohledu byla seznámena s požárním bezpečnostním opatřením uvedeným v tomto příkazu ke svařování.
- Osoba požárního dohledu je seznámena s organizačními požárními opatřeními - se způsobem vyhlášení požárního poplachu, místem ohlašování požáru, jejím telefonním číslem a s možností telefonního volání (s umístěním nejbližšího dostupného telefonního přístroje s možností volání do veřejné sítě).
- Osoba požárního dohledu je seznámena s umístěním hlavních vypínačů a hlavních uzávěrní energií (voda, plyn, elektrický proud).
- Před zahájením práce zkontrolovat, zda bezpečnostní opatření uvedená v tomto příkazu jsou provedena a pracoviště, včetně přilehlých prostor, je podle tohoto příkazu vybaveno.
- Osoba požárního dohledu je seznámena se způsobem použití hasičských prostředků.
- Po dobu výkonu požárního dohledu určená osoba nepřijíždí žádné jiné úkoly, kromě úkolů souvisejících s výkonem požárního dohledu, zejména sledování pracoviště, zda nedochází k požáru, zda jsou určité hasičské prostředky stále v dosahu. Dělá na to, aby v průběhu práce byly úkolové časy z místa pracoviště průchodné.
- Prováděná opatření v případě vzniku požáru, zejména zachráněním ohrožených osob, přivolání pomoci a zdočování požáru.
- Požární dohled má právo nakříd okamžitě přerušit svařování, pokud zjistí, že došlo k porušení nebo nerespektování požárních bezpečnostních opatření nebo pokud má důvodně se to že došlo k pokračování ve svařování mimo vše k bezpečnostnímu a vzhledem ohrožení života a zdraví osob na pracovišti nebo jeho okolí. Přerušit svařování neprodávě oznamuje osobě, které se nachází u ukončení svařování.

Příloha č. 2 Příkaz ke svařování

Provedení Ruční nebo strojní svařování	Vodič DxS (mm)	n	n1	Materiál vodiče DxS	Číslo WPS Ruční svařování	Číslo WPS Strojní svařování
	220x13	5	130	E-Al99,5	WPS 01/99 Al	WPS 82/2011 Al



Přezkoumal	Ing. Petr Pavel
Útvar	Technologie svařování Svářečský dozor
Norma	ČSN EN ISO 14731 ČSN EN ISO 3834-2
Datum	30.11.2011
Evid. číslo	3-505474-H ECE

Svary

▶ svařeno na stavbě

× přidavný materiál

○ přidavný materiál

□ přidavný materiál

ČSN EN ISO 18273

Chemicky	Číselně
S Al 99,7 / Al 99,5	S Al 1070
S AlSi5/AlSi5(A)	S Al 4043/Al 4043(A)
S AlMg5Cr(A)	S Al 5356/Al 5356(A)

Svary přenášející elektrický proud musí mít průřez svaru roven minimálně průřezu svařovaného materiálu

Příloha č. 3 Detail z výkresu č. 3-505497-H

EGE spol. s r.o.	Specifikace postupu svařování - WPS	Účinnost od: 20.02.2012	
WPS číslo: WPS 01/99 AI		Strana: 1/2	Revize: 0
Výrobek: Ruční svaření vodiče a pouzdra tupým obvodovým V svarem na neodstranitelné podložce Přímý spoj			

ROZDĚLOVNÍK

Středisko	20500, 43310, 43320, 43600, 43610, 43620, 43630, 43690, 43610/402, 43620/422, 43630/S402
-----------	--

ZÁKLADNÍ DATA

Výrobce WPS: ČSN EN ISO 15609-1	EGE, spol. s r.o.
Zkušební organizace WPQR: ČSN EN ISO 15614-2	IO ŠKOLA Welding s.r.o. Plzeň

svařovaný základní materiál T1, T2

Specifikace	Trubka nebo plech
Jakostní značení	ČSN EN 573-3: EN AW - Al 99,5
Tloušťka stěny: S (mm)	6 ≤ S ≤ 25 viz výkresová dokumentace
Vnější průměr: D (mm)	120 ≤ D ≤ 1660 viz výkresová dokumentace

NEODSTRANITELNÁ PODLOŽKA T3

Specifikace	Trubka nebo plech
Jakostní značení	ČSN EN 573-3: EN AW - Al99,5
Rozměr: Tloušťka x šířka (mm)	5 x 60 viz výkresová dokumentace
Průměr: E (mm)	94 ≤ E ≤ 1634 viz výkresová dokumentace
Obvodová délka: Z (mm)	278 ≤ Z ≤ 5117 viz výkresová doku

PŘÍDAVNÝ MATERIÁL – DRÁT SVAŘOVACÍ – STANDARDNÍ BALENÍ

Jakostní značení	ČSN EN ISO 18273: Al 99,5 Ti. S Al 1450
Skladovací vlhkost (%)	Maximálně 60
Skladovací teplota (°C)	Minimálně 15
Číselné označení	Materiale: Alloy 1450
Hmotnost cívky (Kg)	7

OCHRANNÝ PLYN

Jakostní značení	ČSN EN ISO 14175: I1
Obchodní označení Linde Gas a.s	Ar 5.0 nebo Ar 4.8 nebo Ar 4.6
Chemické složení	Argon 99,999% nebo Argon 99,998% nebo Argon 99,996%
Průtočné množství plynu na výstupu z hubice M (l/min)	18 ≤ M ≤ 22

svařovací proces

Technologie svařování	Poloautomatické svařování v ochranné atmosféře inertního plynu
Svařovací metoda	ČSN EN ISO 4063: 131 - MIG
Typ svaru	Obvodový tupý V svar na neodstranitelné podložce
Velikost svaru pro tupý V svar: S (mm)	S = tloušťka stěny S (skutečná velikost svaru + převýšení svaru)
Délka svaru pro tupý V svar: L (mm)	Obvodový: 377 ≤ L ≤ 5215 viz výkresová dokumentace
Povrch svaru	Neopracovaný
Způsob svařování	mb: svařování na podložce: ČSN EN ISO 9606-2 ss: jednostranné svařování: ČSN EN ISO 9606-2 S: s přídatným materiálem: ČSN EN ISO 9606-2
Požadovaná velikost úkosu pro tupý V svar: u (°)	80 pro 6 ≤ S ≤ 12 viz výkresová dokumentace 60 pro 13 ≤ S ≤ 25 viz výkresová dokumentace
Průběh úkosu pro tupý V svar: u (°)	A - A = 80 / 60 B - B = 80 / 60 C - C = 45
Svarová hrana: c (mm)	0 ≤ c ≤ 2 viz výkresová dokumentace
Svarová mezera: b (mm)	0 ≤ b ≤ 2 viz výkresová dokumentace
Hloubka maximálního neprůvaru: h (mm)	ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96) a zároveň h ≤ v
Výška převýšení svaru: v (mm)	ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96) a zároveň h ≤ v
Značení svarů na výkresu	ČSN EN 22553
Příprava svarových ploch	ČSN EN ISO 9692-3

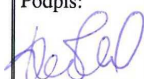
POLOHA SVAŘOVÁNÍ

Poloha svařování: svařování v polohovadle	ČSN EN ISO 6947: PA: vodorovná shora
---	--------------------------------------

PROHLÁŠENÍ O SCHODĚ – TYP INSPEKČNÍHO DOKUMENTU

Základní materiál	ČSN EN 10 204: minimálně 2.2
Přídatný materiál: drát svařovací	ČSN EN 10 204: minimálně 2.2

svařecký personál

Vypracoval: Ing. Pavel Kálal	Podpis:	Razítko:	Vypracováno: 18.02.2012
Titul: Evropský a mezinárodní svářečský inženýr: ČSN EN ISO 14731			Nahrázuje / Ruší:
Útvar: Technologie svařování - Svařecký dozor			WPS 01/99 ze dne 21.7.1999
Protokol o kvalifikaci postupu svařování: WPQR 19/2009			



EGE spol. s r. o. WPS číslo: WPS 01/99 Al	Specifikace postupu svařování - WPS	Účinnost od: 20.02.2012	
		Strana: 2/2	Revize: 0

PŘEDEHŘEV / TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Předehřev základního materiálu (°C) Nahřívací plyn pro předehřev Rychlost ohřevu Interpass (°C): maximální mezivrstevní teplota Dohřev po svařování Způsob chlazení svaru Teplné zpracování po svařování	Ne pro $6 \leq S \leq 10$ mm, 80 - 120 pro $11 \leq S \leq 12$ mm, 120 - 150 pro $13 \leq S \leq 25$ mm Propan - butan Plynulý po celém obvodu v místě svaru a jeho okolí v šířce minimálně 50 mm 85 - 115 pro $6 \leq S \leq 12$ mm, 120 - 150 pro $13 \leq S \leq 25$ mm Ne Zvolna - vzduchu Nepožadováno
--	---

TECHNOLOGIE

Svařovací zdroj Svařovací proud (A) při 100 % zatížení: (ED)	Stejnoseměrný pulsní svařovací zdroj Fronius: TPS 450, TPS 5000, TPS 4000 320 A při 100% ED
---	--

MINIMÁLNÍ KVALIFIKACE SVÁŘEČE PRO STEHOVÁNÍ

EGE, spol.s r.o. Č. Budějovice EGE, spol. s r.o. Bardějov	ČSN 05 0705: ZK 131 21 STN 05 0705: Z-M7
--	---

KVALIFIKACE SVÁŘEČE PRO SVAŘOVÁNÍ

EGE, spol.s r.o. Č. Budějovice EGE, spol. s r.o. Bardějov	ČSN EN ISO 9606-2 131 T BW 23 S t10 D132 PF ss nb STN EN ISO 9606-2 131 T BW 23 S t10 D132 PF ss nb
--	--

KVALIFIKACE NAHŘÍVAČE

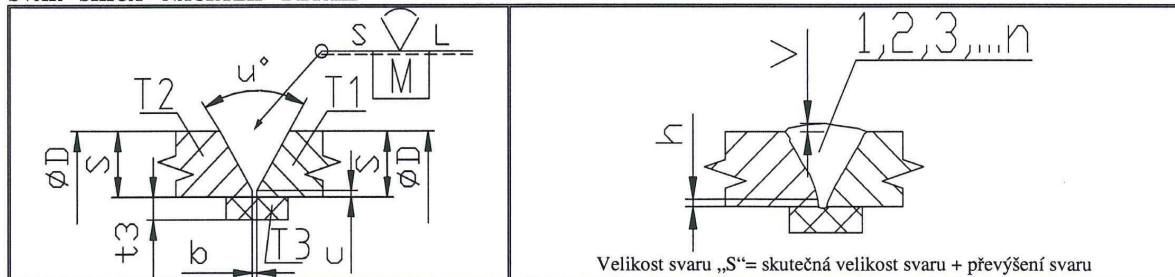
EGE, spol.s r.o. Č. Budějovice EGE, spol. s r.o. Bardějov	ČSN 05 0705: ZP 312-5 21 Směrnice č.3/1991: D-G5
--	---

ZÁKLADNÍ SVAŘOVACÍ HODNOTY - PROMĚNNÉ

Přůměr přidávného materiálu (mm)	Proud (A)	Napětí (V)	Polarita	Posuv svařovacího drátu (m/min)	Typ svařovacího proudu	Svař. program / poloha nastavení TPS 450	Svař. program / poloha nastavení TPS 5000, TPS 4000
1,6	145 - 267	22 - 24	=/+ (DC)	4,2 - 6,5	Puls	8(Al99,5) / 1,6ø	ø 1,6 / Al 99,5

DOPLŇUJÍCÍ SVAŘOVACÍ PROMĚNNÉ

Velikost svaru „S“	Počet svarových vrstev "n"	Svařovací rychlost (cm/min)	Spotřeba přidávného materiálu (Kg/m)
$6 \leq S \leq 7$	2	11 - 21	0,11 - 0,20
$8 \leq S \leq 9$	2	10 - 18	0,14 - 0,22
$9 \leq S \leq 10$	3	7 - 12	0,26 - 0,32
$11 \leq S \leq 12$	3	5 - 8	0,39 - 0,46
$13 \leq S \leq 14$	3 - 4	5 - 6	0,54 - 0,63
$15 \leq S \leq 16$	4	2 - 4	0,70 - 0,80
S = 18	4 - 5	2 - 3	1,05
S = 25	7 - 8	1 - 2	2,00

SVAR - SKICA - NÁČRTEK - DETAIL

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

WPS je pro ruční svařování vodiče nebo pouzdra tupým obvodovým V svarem na neodstranitelné podložce. Příprava svarových ploch provedena podle předepsaného technologického postupu na požadovaný tvar. Nastehovat rovnoměrně po celém obvodu svařovaného materiálu podložku podle výkresové dokumentace. V případě nedoléhavosti podložky přidat steh. Očistit podložku v místě svaru před zasunutím druhého vodiče a po zasunutí druhého vodiče nastehovat svarový spoj rovnoměrně po celém obvodu ze strany svaru pferušovaným svarem. Převýšení a konce svarů (stehů) odsekát, obrousit diamantovým kotoučem pro dokonalé spojení. Očištění svarových ploch v délce minimálně 20 mm od osy svaru od koroze a ostatních nečistot drátěným kartáčem, pilníkem před svařováním. V případě požadavku předehřát svařovaný materiál ve vzdálenosti 50 mm od osy svaru. Provést svar. Podle potřeby regulovat svařovací hodnoty. Dodržet velikost svaru. Od 7 svarové vrstvy může mít svarová vrstva 2 svarové housenky pokládáné vedle sebe. Dbát o dokonalé natavení a spojení svarových ploch. Provést vizuální kontrolu. Převýšením krycí svarové vrstvy "v" lze nahradit hloubku případného neprůvaru "h". Očistit svar od strusky, rozstřiku svarového kovu (kuličky) sekáčem, ocelovým kartáčem.

MINIMÁLNÍ NDT KONTROLA PO SVAŘOVÁNÍ: VIZUÁLNÍ (VT)

Prováděcí norma Vyhodnocovací norma Rozsah kontroly (%)	ČSN EN ISO 17637 ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96) 100 - v celé délce svaru
---	---

PODKLAD PRO VYPRACOVÁNÍ

Číslo výkresu	3-505474-H, 3-505479-F
---------------	------------------------

EGE spol. s r. o.	Specifikace postupu svařování - WPS	Účinnost od: 25.03.2013	
WPS číslo: WPS 82/2011 AI		Strana: 1/2	Revize: 0
Výrobek: Strojní obvodové svaření vodiče tupým V svarem na neodstranitelné podložce: přímý spoj Vodič 220x13 (mm)			

ROZDĚLOVNÍK

Středisko	20500, 43310, 43320, 43600, 43610, 43690, 43610/402
-----------	---

ZÁKLADNÍ DATA

Výrobce WPS: ČSN EN ISO 15609-1 Zkušební organizace WPQR: ČSN EN ISO 15614-2	EGE, spol. s r. o. IO ŠKOLA Welding s.r.o. Plzeň
---	---

SWAŘOVANÝ ZÁKLADNÍ MATERIÁL T1, T2

Specifikace Jakostní značení Tloušťka stěny: S (mm) Vnější průměr: D (mm)	Trubka ČSN EN 573-3 EN AW - Al 99,5 13 220	viz výkresová dokumentace viz výkresová dokumentace
--	---	--

NEODSTRANITELNÁ PODLOŽKA T3

Specifikace Jakostní značení Rozměr: Tloušťka x šířka (mm) Průměr: E (mm) Obvodová délka: Z (mm)	Plech ČSN EN 573-3: EN AW - Al99,5 5 x 60 192 603	viz výkresová dokumentace viz výkresová dokumentace viz výkresová doku
--	---	--

PŘÍDAVNÝ MATERIÁL – DRÁT SWAŘOVACÍ – STANDARDNÍ BALENÍ

Jakostní značení Skladovací vlhkost (%) Skladovací teplota (°C) Číselné označení Hmotnost cívky (Kg)	ČSN EN ISO 18273: Al 99,5 Ti, S Al 1450 Maximálně 60 Minimálně 15 Materiale: Alloy 1450 7
--	---

OCHRANNÝ PLYN

Jakostní značení Obchodní označení Linde Gas a.s Chemické složení Průtočné množství plynu na výstupu z hubice M (l/min)	ČSN EN ISO 14175: I1 Ar 5.0 Argon 99,999 % 18 ≤ M ≤ 22
--	---

SWAŘOVACÍ PROCES

Technologie svařování Svařovací metoda Typ svaru Velikost svaru pro tupý V svar: S (mm) Délka svaru pro tupý svar: L (mm) Povrch svaru Způsob svařování Požadovaná velikost úkosu pro tupý V svar: u (°) Svarová hrana: c (mm) Svarová mezera: b (mm) Hloubka maximálního neprůvaru: h (mm) Výška převýšení svaru: v (mm) Značení svarů na výkresu Příprava svarových ploch	Automatické svařování v ochranné atmosféře inertního plynu ČSN EN ISO 4063: 131 - MIG Obvodový tupý V svar na neodstranitelné podložce S = tloušťka stěny S (skutečná velikost svaru + převýšení svaru) Obvodový: 690 viz výkresová dokumentace Neopracovaný mb: svařování na podložce: ČSN EN ISO 9606-2 ss: jednostranné svařování: ČSN EN ISO 9606-2 S: s přídatným materiálem: ČSN EN ISO 9606-2 80 pro S viz výkresová dokumentace 0 ≤ c ≤ 2 viz výkresová dokumentace 2,0 ≤ b ≤ 4 viz výkresová dokumentace ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96) a zároveň h ≤ v ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96) a zároveň h ≤ v ČSN EN 22553 ČSN EN ISO 9692-3
--	---

POLOHA SWAŘOVÁNÍ

Poloha svařování: svařování v polohovadle	ČSN EN ISO 6947: PA: vodorovná shora
---	--------------------------------------

PROHLÁŠENÍ O SCHODĚ – TYP INSPEKČNÍHO DOKUMENTU

Základní materiál	ČSN EN 10 204: minimálně 2.2
Přídavný materiál: drát svařovací	ČSN EN 10 204: minimálně 2.2

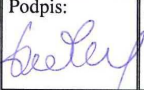

TECHNOLOGIE

Svařovací zdroj Svařovací proud (A) při 100 % zatížení: (ED)	Stejnoseměrný pulsní svařovací zdroj Fronius: TPS 5000 320 A při 100% ED
---	---

KVALIFIKACE NAHRÍVAČE

EGE, spol. s r. o. České Budějovice	ČSN 05 0705: ZP 312-5 21
-------------------------------------	--------------------------

SWAŘEČSKÝ PERSONÁL

Vypracoval: Ing. Pavel Kálal Titul: Evropský a mezinárodní svářečský inženýr: ČSN EN ISO 14731 Útvar: Technologie svařování - Svářečský dozor Protokol o kvalifikaci postupu svařování: WPQR 36/2013	Podpis: 	Razítko: 	Vypracováno: 22.03.2013 Nahrazuje / Ruší:
---	---	---	--

	Specifikace postupu svařování - WPS	Účinnost od: 25.03.2013	
		WPS číslo: WPS 82/2011 AI	Strana: 2/2 Revize: 0

PŘEDEHŘEV / TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Předehřev základního materiálu (°C)	80 - 90
Nahřívací plyn pro předehřev	Propan - butan
Rychlost ohřevu	Plynulý po celém obvodu v místě svaru a jeho okolí v šířce minimálně 50 mm
Interpass (°C): maximální mezivrstevní teplota	85 - 115
Dohřev po svařování	Ne
Způsob chlazení svaru	Zvolna na vzduchu
Tepelné zpracování po svařování	Nepožadováno

MINIMÁLNÍ KVALIFIKACE SVÁŘEČE PRO STEHOVÁNÍ

EGE s.r.o. Č. Budějovice	ČSN 05 0705: ZK 131 21
--------------------------	------------------------

KVALIFIKACE SVÁŘEČE PRO SVAŘOVÁNÍ

EGE s.r.o. Č. Budějovice	ČSN EN 1418 131 T BW 21 S t11 D600 PA ss mb ml
--------------------------	--

SVAŘOVACÍ HODNOTY – PROMĚNNÉ V NASTAVENÍ SVAŘOVACÍHO ZDROJE

Průměr přídavného materiálu (mm)	Polarita	Typ svařovacího proudu	Provozní režim	Svařovací program	Program nastavení	Spotřeba přídavného materiálu na svar (kg)	Svařovací čas na svar (min)
1,6	±/+ (DC)	Puls	2-takt	ø 1,6	AlSi5	0,38	9,79

SVAŘOVACÍ HODNOTY – PROMĚNNÉ V NASTAVENÍ SVAŘOVACÍHO ZDROJE, SONDY A NA DÁLKOVÉM OVLADAČI

Velikost svaru „S“	Svařovací vrstva "č"	Vzdálenost hořáku od osy sklíčidla "l" (mm)	Posuv svař. drátu při startu (m/min)	Posuv svař. drátu po startu (m/min)	Rychlost během svař. (cm/min)	Napětí na oblouku (V)	Poloha sondy	Vzdálenost sondy "w" (mm)	Pendl - rozsah během svař. (mm)	Vzdálenost hubice „K“ (mm)
13	1	60 - 70	5,9	5,8 - 5,7	35 - 42	0	A	-	0 - 2,5	10 - 15
	2	60 - 70	6,0	5,9 - 5,7	12 - 20	0 - +5	A / B	- / 10-15	2,0 - 4,5	15 - 17
	3	60 - 70	6,0	5,9 - 5,7	15 - 24	0 - +5	B	10-15	7,5 - 12,5	15 - 17

SVAŘOVACÍ HODNOTY – PROMĚNNÉ V NASTAVENÍ V DÁLKOVÉM OVLADAČI

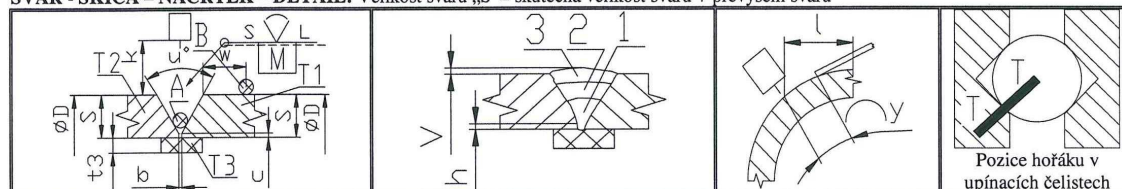
Oblouková vzdálenost hořáku od židla „y“ (mm)	Úhel GAMA (°)	Úhel ALFA (°)	Hlídnání oblouku	Čas na kontrolu oblouku (ms)	Vícevrstvý režim	Počet vrstev
35 - 50	1	80	OFF	0	OFF	3

SVAŘOVACÍ HODNOTY – PROMĚNNÉ V NASTAVENÍ VE VLASTNÍM PROGRAMU

Program číslo	Úhel (°)	Rychlost (cm/min)	Průměr (mm)	Prodleva na startu (ms)	Prodleva na konci (ms)	Pendl - rychlost (cm/min)	Pendl - rozsah (mm)
109	360	40	196	0	0	500	0
110	360	15	206	0	0	450	2,5
111	360	20	220	0	0	450	8,5

Program číslo	Čas pendlu na kraji (ms)		Job svařování	Rychlost pendlu na kraji méně o: (cm/min)		Přerušované svařování svar (°)	Přerušované svařování: mezera (°)	Korekce: F3 vertikální	Korekce: F4 Horizontální
	Pravá	Levá		Pravá	Levá				
109	0	0	0	0	0	0,00	0,00	ON	OFF
110	450	450	0	0	0	0,00	0,00	ON	OFF
111	450	450	0	0	0	0,00	0,00	ON	OFF

SVAR - SKICA – NÁČRTEK – DETAIL: Velikost svaru „S“= skutečná velikost svaru + převýšení svaru



TECHNOLOGICKÝ POSTUP

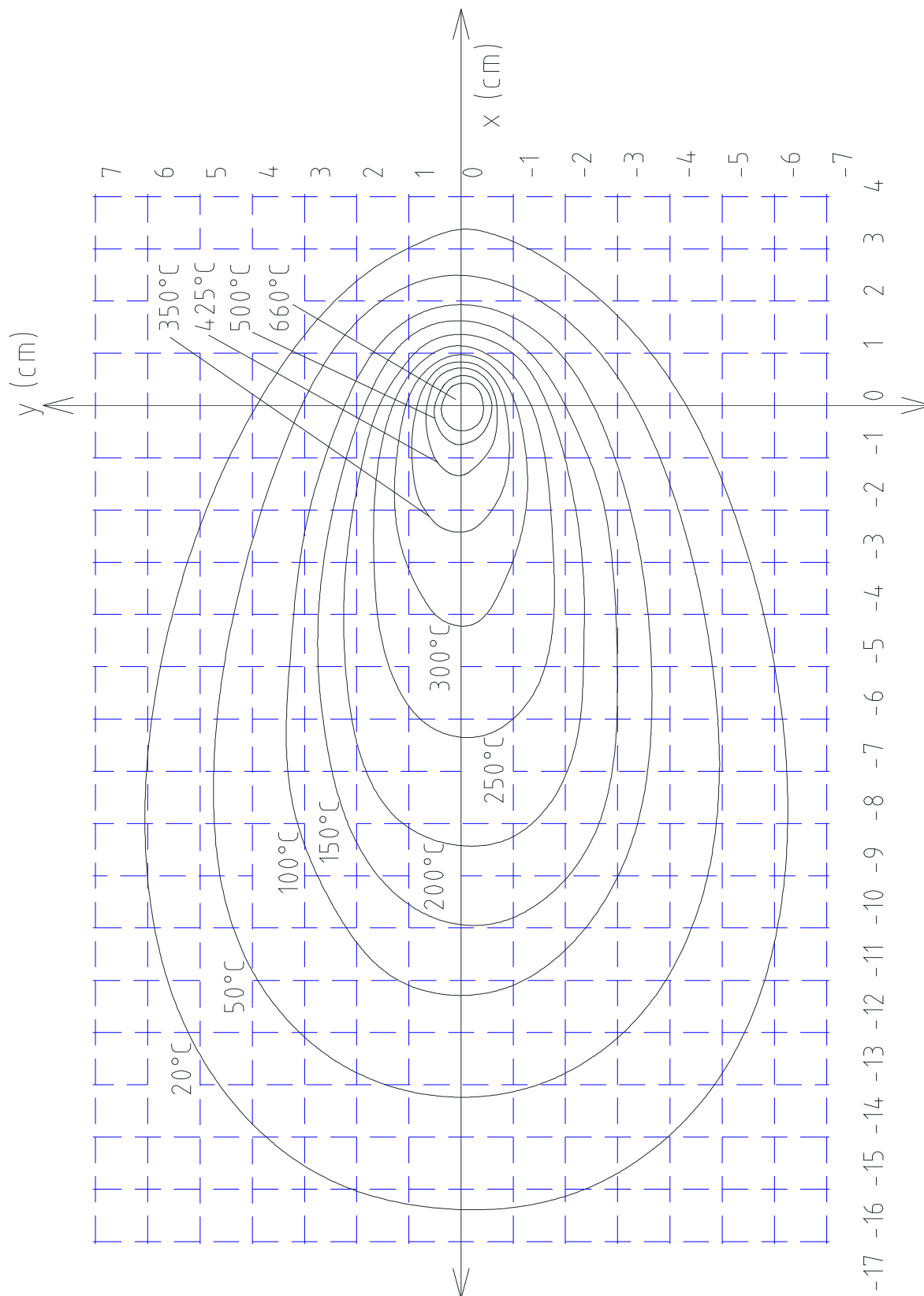
WPS je pro strojní svařování vodiče obvodovým tupým V svaru na neodstranitelné podložce. Příprava svarových ploch provedena podle předepsaného technologického postupu na požadovaný tvar. Nastehovat rovnoměrně po celém obvodu svařovaného materiálu podložku podle výkresové dokumentace. V případě nedoléhavosti podložky přidat steh. Očistit podložku v místě svaru před zasunutím druhého vodiče a po zasunutí druhého vodiče nastehovat svarový spoj rovnoměrně po celém obvodu ze strany svaru přerušovaným svarem. Převýšení a konce svarů (stehů) odsekat, obrousit diamantovým kotoučem a zatěmovat pro dokonalé vedení sondy, tzn. vytvořit plynulé drážku pro plynulé najíždění, vyjíždění sondy a vedení sondy v drážce stehu. Očištění svarových ploch v délce minimálně 20 mm od osy svaru od koroze a ostatních nečistot drátěným kartáčem, pilníkem před svařováním. Předehřát svařovaný materiál ve vzdálenosti 50 mm od osy svaru. Nastavit svařovací program včetně vzdálenosti sondy "y" a hořáku "l", "k" a pozice „T“. Provést svar. Podle potřeby regulovat svař. rychlost (tlačítko F1, F2), posuv svařovacího drátu na dálkovém ovladači a rozsah pendlu (tlačítko F11, F12). Dodržet velikost svaru. Dbát o dokonalé natavení a spojení svarových ploch. Provést vizuální kontrolu. Převýšením krycí svarové vrstvy "v" lze nahradit hloubku případného neprůvaru "h". Očistit svar od rozstřiku svarového kovu (kuličky) sekáčem, ocelovým kartáčem.

MINIMÁLNÍ NDT KONTROLA PO SVAŘOVÁNÍ: VIZUÁLNÍ (VT)

Prováděcí norma	ČSN EN ISO 17637
Vyhodnocovací norma	ČSN EN ISO 10042: stupeň jakosti C (SM 3/96)
Rozsah kontroly (%)	100 – v celé délce svaru

PODKLAD PRO VYPRACOVÁNÍ

Číslo výkresu	3-505474-H
---------------	-------------------



Příloha č. 6 Znáznornění teplotního pole v plechu AlMgSi1 tloušťky 2 mm

OSVĚDČENÍ

Zaškolovací kurz svařování podle ČSN 050705

Svářečská škola číslo xx-yyy

Sídlo školy

Název zaškolovacího kurzu: **ČSN 050705 ZP 312-5 21**
Rozsah oprávnění: **Ohřev kyslíko – propanbutanovým
plamenem: hliník a jeho slitiny**

Evidenční číslo svářečské školy:
Protokol číslo svářečské školy:
Číslo osvědčení CWS ANB:

Jméno a příjmení:

Místo narození:

Datum narození:

Termín zaškolení:

Počet hodin výuky celkem: **24**
Počet hodin teoretické výuky: **8**
Počet hodin praktické výuky: **14**
Počet hodin závěrečné zkoušky: **2**

Zaškolení bylo provedeno pro organizaci:

Zaškolení bylo provedeno v organizaci:

Jmenovaný vykonal před zkušební komisí závěrečné zkoušky

S celkovým prospěchem: **VYHOVĚL**

V dne:.....

Razítko svářečské školy :

Zodpovědná osoba: jméno, příjmení, funkce:

Vedoucí svářečské školy:Podpis.....

Nedílnou součástí tohoto osvědčení je PRŮKAZ zaškolového pracovníka podle ČSN 050705

Celkový prospěch	VYHOVĚL	NEVYHOVĚL
-------------------------	----------------	------------------

Příloha č. 7 příklad osvědčení o zaškolení

Číslo osvědčení:

Číslo zkoušky:

Osvědčení platí jen
se svář. průkazem:

Znak kurzu: **ZK 131 21**

OSVĚDČENÍ

o základním kurzu svařování

Jméno a příjmení:

Datum a místo narození:

Identifikační číslo svářeče:

Ve svářečské škole absolvoval
základní kurz obloukového svařování tavící se elektrodou
v inertním plynu podle ČSN 05 0705 s výsledkem:

- p r o s p ě l -

Držitel je oprávněn svařovat obloukovým svařováním tavící se elektrodou
v inertním plynu zařízení z hliníku a jeho slitin, v poloze vodorovné shora a
svislé nahoru, která nevyžadují vyšší kvalifikaci svářeče
podle ČSN EN 287, ČSN EN ISO 9606 nebo ČSN EN ISO 14732.

Datum zkoušky:

Platné do:

.....
zástupce svářečské školy

.....
zkušební orgán

Příloha č. 8 Příklad osvědčení o ZK