VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SVAŘOVÁNÍ TLAKOVÝCH NÁDOB MODERNÍMI ZPŮSOBY SVAŘOVÁNÍ

MODERN WELDING PROCESSES FOR PRESSURE VESSELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE JAN SÝKORA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAROSLAV KUBÍČEK
SUPERVISOR

BRNO 2008

ABSTRAKT

Tato práce se zbývá moderními způsoby svařování tlakových nádob. Cílem bakalářské práce je popsání jednotlivých metod určených k svařování tlakových nádob. Nejprve jsou uvedeny jednotlivé metody svařování, dále je rozepsán postup výroby tlakové nádoby a na závěr je popsána specifikace postupu svařování pro jednotlivé svary.

Klíčová slova

Svařování, MIG, MAG, pod tavidlem, tlaková nádoba.

ABSTRACT

This paper deals with modern methods of welding pressure tanks. The aim of this bachelor paper is to describe individual methods assigned to welding pressure tanks. Foremost, different methods of welding are listed followed by procedure description of pressure tank production and lastly specification of welding procedure for individual welds is described.

Key words

Welding, MIG (Metal Inert Gas Welding), MAG (Metal Active Gas Welding), under welding flux, pressure tank.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SÝKORA, Jan. *Svařování tlakových nádob moderními způsoby svařování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 47 s. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Bítovanech dne 15.5.2008

……
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání 2
Abstrakt 4
Bibliografická citace 4
Čestné prohlášení 5
Poděkování 6
Obsah 7
Úvod 9
1 SVAŘOVÁNÍ MIG A MAG 10
1.1 Princip metody MIG 10
1.2 Princip metody MAG 10
1.3 Způsoby přenosu kovu v oblouku 11
1.4 Charakteristiky svařovacích zdrojů a oblouku 12
1.5 Zařízení pro svařování MIG/MAG 14
1.5.1 Svařovací zdroje MIG/MAG 14
1.5.2 Podavače drátu 15
1.5.3 Svařovací hořáky 15
1.6 Parametry a podmínky svařování 16
1.7 Ochranné plyny 18
1.8 Přídavné materiály 19
1.9 Zdravotní a bezpečnostní rizika 20
2 SVAŘOVÁNÍ POD TAVIDLEM 21
2.1 Princip svařování, svařovací parametry a jejich vliv na rozměr a formu svaru 21
2.2 Svařovací materiály 23
2.2.1 Tavidla 23
2.2.2 Svařovací dráty 24
2.3 Způsoby svařování pod tavidlem 25
2.4 Výhody svařování pod tavidlem 25
2.5 Nevýhody svařování pod tavidlem 25
2.6 Tvary svarových úkosů 25
2.7 Zařízení pro svařování pod tavidlem 26
2.8 Zdravotní a bezpečnostní hlediska 27
3 NADZEMNÍ NÁDRŽ ø1250mm, 2700l 28
3.1 Funkce a popis 28
3.2 Postup výroby 28
3.2.1 Stříhání 28
3.2.2 Vrtání otvorů 29
3.2.3 Stáčení lubů 29
3.2.4 Sváření lubů 30
3.2.5 Přivaření návarků 32
3.2.6 Přivaření přírub 34
3.2.7 Skládání nádrží 36
3.2.8 Sváření nádrže 36
3.2.9 Přivaření doplňků 37
3.2.10 Stavební a tlaková zkouška 37
3.2.11 Opravy svarů 38
3.2.12 Tryskání 38

3.2.13 Lakovna 39
3.2.14 Těsnostní zkouška vzduchem 40
4 SPECIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ 41
4.1 Podélný svár 41
4.2 Obvodový svar 42
4.3 Čelní příruba 42
4.4 Návarky 43
4.5 Koutové svary na nohách 44
Závěr 45
Seznam použitých zdrojů 46
Seznam symbolů a zkratek 47

ÚVOD

Svařování patří mezi nerozebíratelná spojení. Ke spojení dílů dochází v důsledku dodání energie do místa styku jednotlivých dílů. Dodání energie buď ve formě tepla (svařování ve stavu tekutém), nebo kinetické energie (svařování ve stavu tuhém), popřípadě jejich kombinací. Svarové spoje se vytváří metalurgickými pochody, kde dochází k lokálnímu roztavení základního a přídavného materiálu. Svařování se odlišuje od běžných metalurgických pochodů, a to především tím, že tavení současně podléhá jak svarová plocha tak i přídavný materiál a dále se jedná o lokální ovlivnění, což vyvolá tepelnou nestejnorodost ve svařovaném dílu. Při svařování se taví malé množství kovu, podmínkou toho je krátkodobé a koncentrované dodávání tepla tak, aby se v co největší míře zabránilo šíření tepla v důsledku tepelné vodivosti kovů.

Svarové spoje se běžně používají při výrobě tlakových nádob a ocelových konstrukcí, přestože bývají zdrojem iniciace trhlin, které mohou vést až k haváriím. Konstruktér a technolog svařování musí snížit rizika havárií při použití svarových spojů na minimum. Hlavní pozornost musí věnovat navrhování svarových spojů a volbě vhodné technologie svařování. Konstrukce musí být navržena pro daný účel použití, pro předpokládané maximální zatížení, na dobu předpokládané životnosti s ohledem na pořizovací náklady, aby odolávala všem zatížením a vlivům, jejichž působení lze během provádění a používání očekávat vzhledem k nákladům na údržbu, což má hlavní vliv na výběr základního a přídavného materiálu.

1 SVAŘOVÁNÍ MIG A MAG

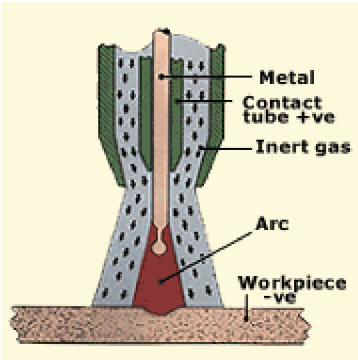
Svařování v ochranné atmosféře plynu tavící se elektrodou (MIG - Metal Inert Gas, MAG - Metal Active Gas) vzniká oblouk mezi kontinuálně podávaným svařovacím drátem a svařencem. Oblouk a svarová lázeň jsou chráněny proudem inertního nebo aktivního plynu. Tato metoda se hodí pro většinu materiálů a přídavné materiály jsou k dispozici pro široký sortiment kovů. MAG se využívá při svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. MIG se využívá při svařování vysokolegovaných ocelí a neželezných kovů. Proces tohoto svařování se zefektivní automatizací procesu, což má příznivý vliv na jakost, hygienu pracovního prostředí a na zlepšení podmínek pro pracovníky. Vývoj těchto metod je zaměřen na zvýšení produktivity, stability procesu hoření oblouku, jakosti spojů a zlepšení hygieny práce.

Přednosti metody svařování MIG a MAG:

- vysoká produktivita a hospodárnost provádění spojů
- dobrá operativnost i při svařování v polohách
- nevyžaduje se použití tavidel
- vhodnost pro ruční, mechanizované a robotizované provádění procesu svařování
- možnost využití metod svařování u širokého sortimentu konstrukčních materiálů
- příznivé využití vlastností provedených svarových spojů
- nízké investiční náklady na realizaci metody v klasickém provedení
- malé deformace svarových spojů a svařovaných konstrukcí
- příznivé podmínky pro uplatnění v praxi (dostupnost svářečské techniky přídavných materiálů a technických plynů)

1.1 Princip metody MIG

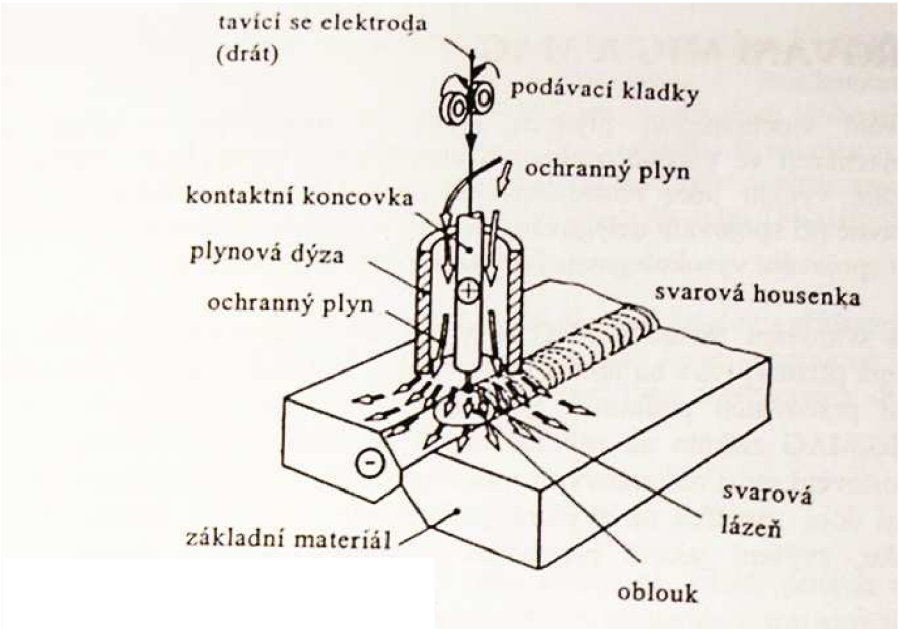
Zdrojem tepla pro svařování je elektrický oblouk, který hoří mezi koncem tavící se elektrody (drátu) a základním materiálem v prostředí inertního (netečného) plynu argonu (Ar), helia (He), případně Ar + He. Tavná svarová lázeň a její nejbližší okolí (tepelně ovlivněná oblast) je chráněna před nepříznivým vlivem okolní atmosféry (hlavně kyslíku O_2 a dusíku N_2).



Obr. 1.1 Princip metody MIG

1.2 Princip metody MAG

Tepelný příkon pro svařování zajišťuje elektrický oblouk, který hoří mezi koncem tavící se elektrody (drátu) a základním materiálem, v prostředí aktivního (reagujícího) plynu (oxidu uhličitého CO_2, Ar + CO_2, Ar + CO_2 + O_2). Z důvodu jednokomponentního, případně vícekomponentního plynu se proto bude v závislosti na charakteru plynu měnit i chemické složení svarového kovu, zejména obsah C, Mn, Si prvků, a tím i jeho mechanické vlastnosti. Použitím směsných (více komponentních) plynů se podařilo podstatně zlepšit formování svaru, zvýšit stabilitu hoření oblouku a snížit rozstřik kovu.

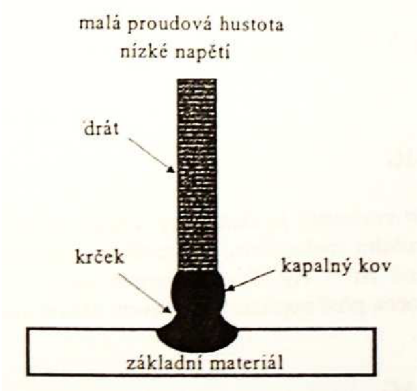


Obr. 1.2 Princip svařování MIG / MAG

1.3 Způsoby přenosu kovu v oblouku

Zkratový přenos

Vhodný pro svařování tenkých plechů, na provádění kořenových vrstev a na svařování v polohách. Způsob se také nazývá „Svařování krátkým obloukem“.



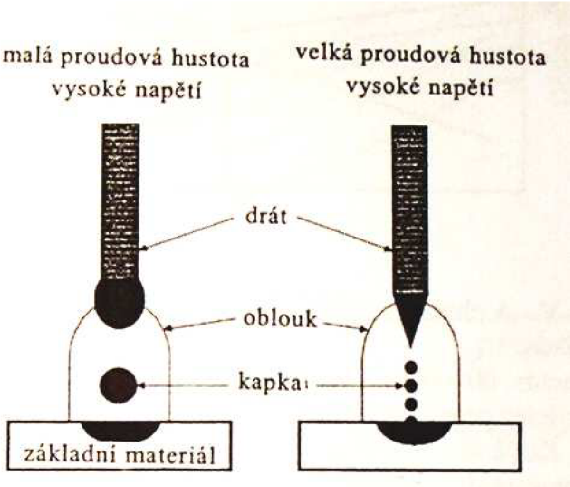
Obr. 1.3 Zkratový přenos kovu

Polozkratový přenos

Používá se při svařování středních tlouštěk. Drát se odtavuje ve tvaru větších kapek.

Kapkový bezzkratový přenos

Při MAG svařování ocelí větších tlouštěk ve směsi Ar + CO_2 a MIG svařování hliníku (Al) a jeho slitin velkých tlouštěk většími průměry drátů. Způsob se také nazývá „Svařování dlouhým obloukem“.



Obr.1.4 Bezzkratový přenos kovu

Sprchový přenos

Používá se pro svařování kovových materiálů větších tlouštěk. Musí se používat při svařování směsné plyny na bázi argonu (Ar). Proces je stabilní a prakticky bez rozstřiku.

Impulsní přenos

Nejvýraznější předností při svařování tenkých materiálů. Přenos kovu je velmi stabilní a prakticky bez rozstřiku. Vyžaduje plyny na bázi argonu (Ar), v oxidu uhličitém (CO_2) jej nelze realizovat.

Přenos rotujícím obloukem

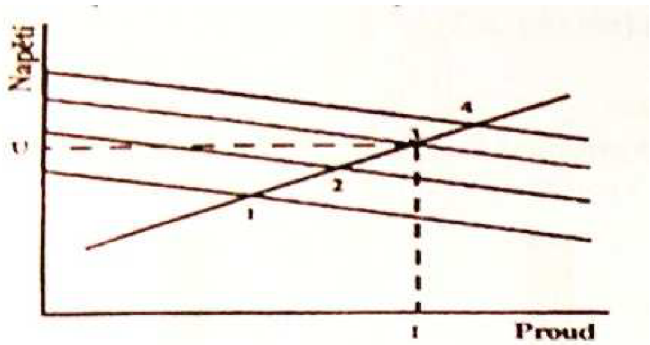
Používá se pouze ve směsných plynech na bázi argonu (Ar) s vysokým obsahem helia (He), při automatickém svařování ocelí velkých tlouštěk.

O volbě přenosu kovu rozhodují elektrické veličiny (svařovací proud a napětí na oblouku, druh svařovacího proudu a polarita na elektrodě), druh a průměr tavící se elektrody a druh použitého ochranného plynu.

1.4 Charakteristiky svařovacích zdrojů a oblouku

Statická (V- A) charakteristika zdroje:

Vyjadřuje závislost mezi napětím a svařovacím proudem v ustáleném stavu.Tento typ svařovacího zdroje je vhodný na obloukové svařování MIG/MAG.



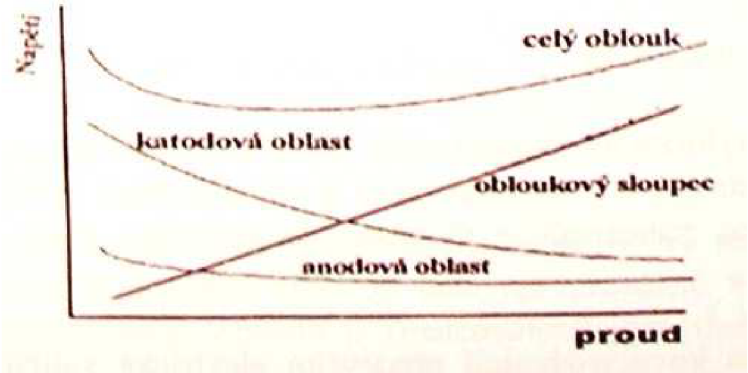
Obr. 1.5 Plochá V – A charakteristika zdroje s „konstantním“ napětím

Dynamická charakteristika zdroje:

Má podstatný vliv na stabilitu svařovacího procesu, tj. dynamické vlastnosti svařovacího zdroje. Přechodový děj (proudová změna) závisí na indukčnosti (L) a odporu elektrického obvodu (R).

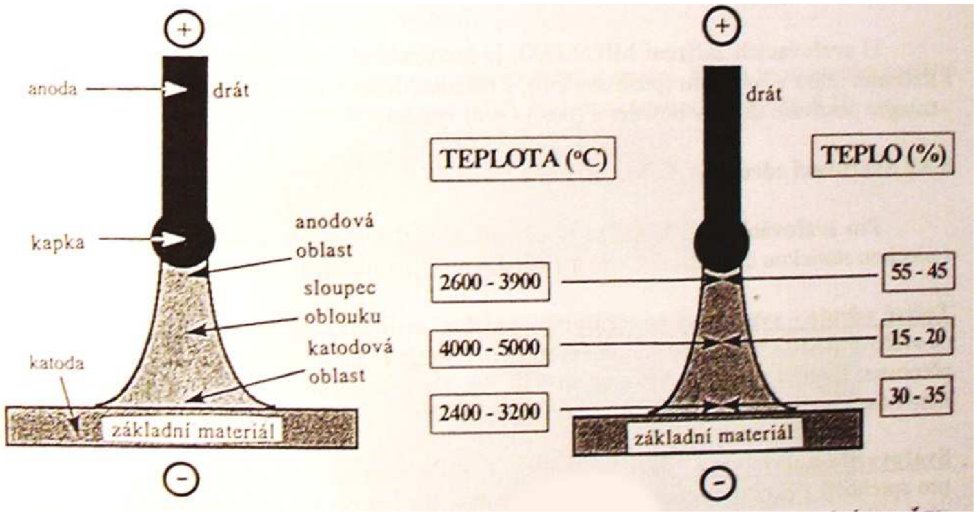
Statická charakteristika oblouku:

Je závislost napětí a proudu. Celkový odpor elektrického oblouku je tvořen odporem katodové oblasti, obloukového sloupce a anodové oblasti.



Obr. 1.6 Statická charakteristika oblouku a jeho části

Napětí na oblouku a tedy i tepelný výkon oblouku se zvyšuje se zvětšující se délkou oblouku. Delší oblouk má větší tepelný výkon. Každý oblouk má tři oblasti, na kterých jsou různé teplotní a tepelné poměry.

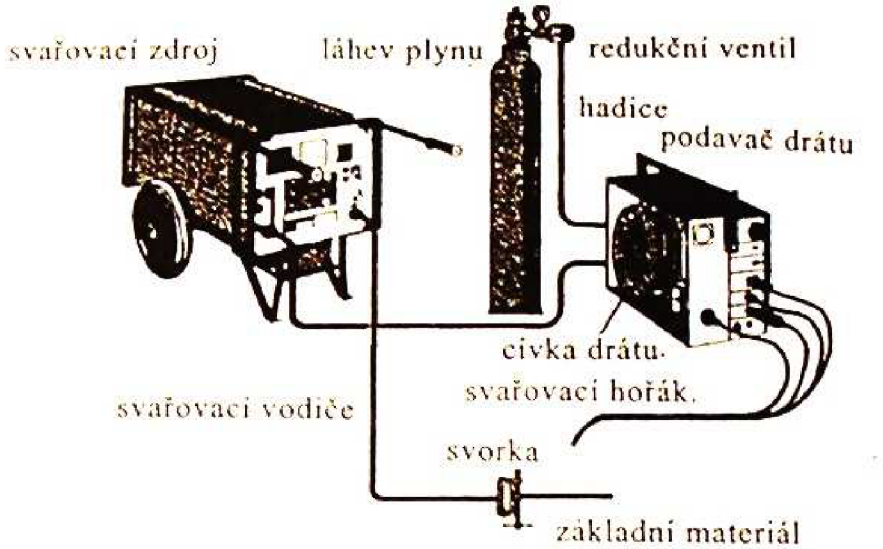


Obr. 1.7 Oblasti svařovacího oblouku

Obr. 1.8 Teplotní a tepelné poměry ve svařovacím oblouku

1.5 Zařízení pro svařování MIG/MAG

V praxi se realizuje jako ruční poloautomatické, strojní, robotizované a plnoautomatické, tomuto se přizpůsobilo i svařovací zařízení. Každé zařízení je složeno z těchto částí: svařovacího zdroje, mechanizmu pro podávání tavící se elektrody (drátu), vedení drátu (bowdenu), svařovacího hořáku, řídící jednotky, zásobníku drátu (cívky), zásobníku plynu, chladící jednotky, soustavy vodičů elektrického proudu (svařovací obvod a řídící obvody), soustavy hadic pro rozvod ochranného plynu a chladící vody, bezpečnostních a ochranných prvků.



Obr. 1.9 Svařovací zařízení MIG / MAG

1.5.1 Svařovací zdroje MIG/MAG

Pro svařování MIG/MAG se používají zdroje stejnosměrného (usměrněného) proudu s plochou statickou charakteristikou a s vhodnými dynamickými vlastnostmi.

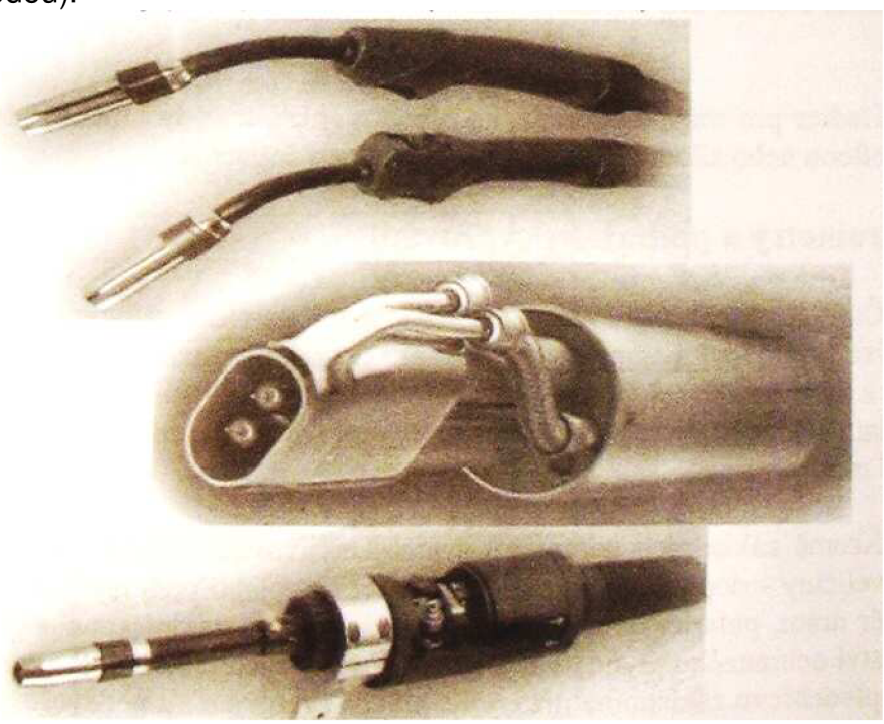
- točivé zdroje - svařovací generátory
- svařovací usměrňovače
- měniče (střídače invertory)

1.5.2 Podavače drátu

Rovnoměrná rychlost podávání drátu do místa jeho odtavování je základním předpokladem pro dosažení stabilního procesu hoření oblouku a dobré jakosti svarového spoje. Podavač je zařízení s regulačním elektromotorem a mechanickou převodovkou. Dále obsahuje jeden nebo více párů podávacích kladek. Kladky rozlišujeme dle funkce na hnací, přítlačné a rovnací. Z podavače vystupuje drát do vodící trubičky a do kovového bowdenu. Bowden usměrňuje pohyb drátu do svařovacího hořáku. Minimální délka bowdenu pro ruční svařováni je 1,5 až 2 m pro plynulý bezodporový přechod při posuvu drátu do špičky (hubice) hořáku. Při strojním svařování může být délka bowdenu menší. Při použití drátu malé tuhosti, např. drátu z hliníku a jeho slitin, se doporučuje používat bowdeny s vloženou trubičkou z teflonu nebo silikonu pro sníženi tření při posuvu drátu.

1.5.3 Svařovací hořáky

Svařovací hořáky zabezpečují při svařování přívod svařovacího proudu na tavící se elektrodu (drát) přes koncovku „špičku“, usměrňování ochranného plynu do místa svaru přes dýzu „hubici“, usměrnění drátu do místa oblouku a průtok chladící kapaliny do kontaktní koncovky a dýzy (pro hořáky chlazené vodou). Hořáky se dělí dle provozních podmínek na ruční a strojní. Podle proudového zatížení na hořáky do 200A (chlazené plynem) a nad 200A (chlazené vodou).



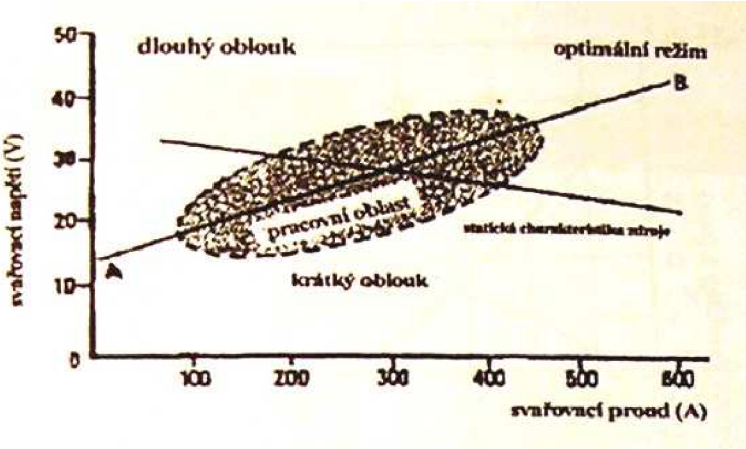
Obr. 1.10 Hořáky MIG / MAG pro ruční, strojní a robotizovaná zařízení

Nejvíce tepelně namáhanými dílci hořáku jsou kontaktní koncovka (špička) a dýza ochranného plynu (hubice). Průměr vodícího otvoru pro drát v kontaktní koncovce je asi o 0,2 mm větší, než je průměr drátu. Koncovka je z mědi (Cu), případně mědi legované chrómem (Cr). Průměr dýzy se volí podle podmínek svařování, hlavně podle svařovacího proudu a podle tepelné vodivostí svařovaného materiálu, případně podle šířky svarového spoje.

1.6 Parametry a podmínky svařování

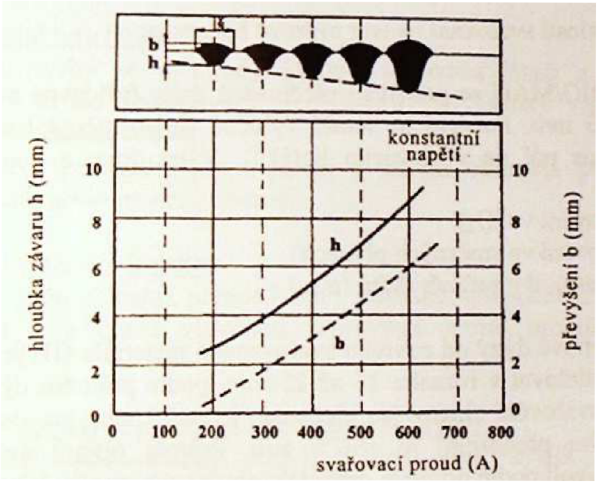
Činitelé, kteří při svařování nejvíce ovlivňují tvar a rozměry svaru, se nazývají základní parametry svařování. Ovlivňují především tepelný příkon svařování a patří k nim svařovací proud (I), svařovací napětí na oblouku (V) a postupná rychlost svařování (v_S). Měrný tepelný příkon svařování (q) určuje množství tepla na jednotku délky svaru (J.mm-1).

Kromě základních parametrů svařování ovlivňují tvar a rozměry svarů i další veličiny, jsou to: druh a průměr drátu, polarita na elektrodě, výlez drátu z kontaktní koncovky, sklon hořáku, druh a množství ochranného plynu, tvar a rozměry svarových ploch, druh přenosu kovu v oblouku, teplota předehřevu základního materiálu, plocha svařování a směr svařování.

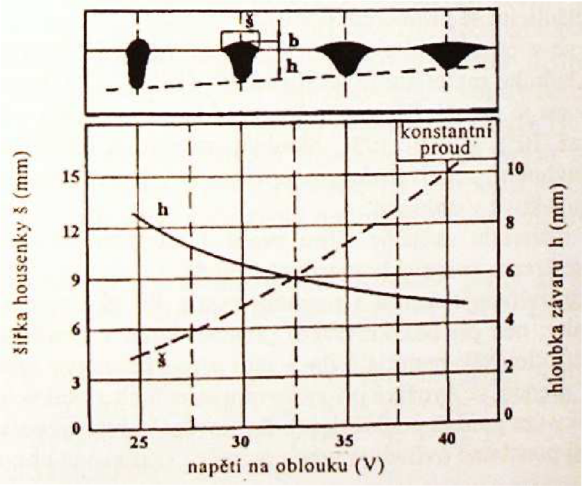


Obr. 1.11 Optimální režim svařování MIG a MAG

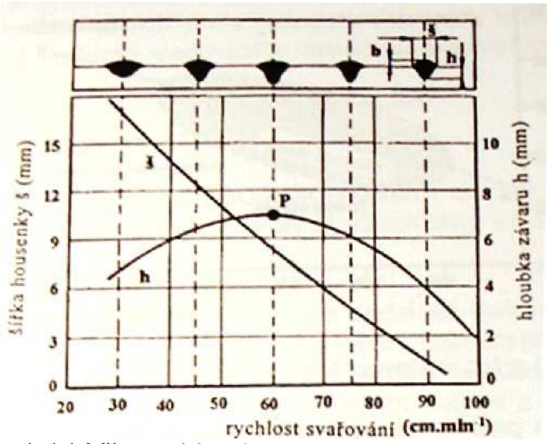
Vliv svařovacího proudu, napětí na oblouku a rychlosti na tvaru svarové housenky.



Obr. 1.12 Vliv svařovacího proudu na tvar svarové housenky



Obr. 1.13 Vliv svařovacího napětí na oblouku na tvar svarové housenky



Obr. 1.14 Vliv rychlosti na tvar svarové housenky

1.7 Ochranné plyny

Ochranné plyny plní funkce:

Chrání konec tavící se elektrody (drátu), svarovou lázeň a vysokoohřátou oblast základního materiálu vedle svaru před škodlivými účinky vzdušné atmosféry (před oxidací a naplyněním). Vytváří příznivé podmínky pro zapálení a hoření oblouku, přenos kovu v oblouku a stabilitu svařovacího procesu obecně.

Ochranné plyny výrazně ovlivňují:

Tepelný výkon oblouku, přenos kovu v oblouku, chemické složení, formu a rozměry svaru, celistvost a užitkové vlastnosti svarových spojů, produktivitu a hospodárnost svařování.

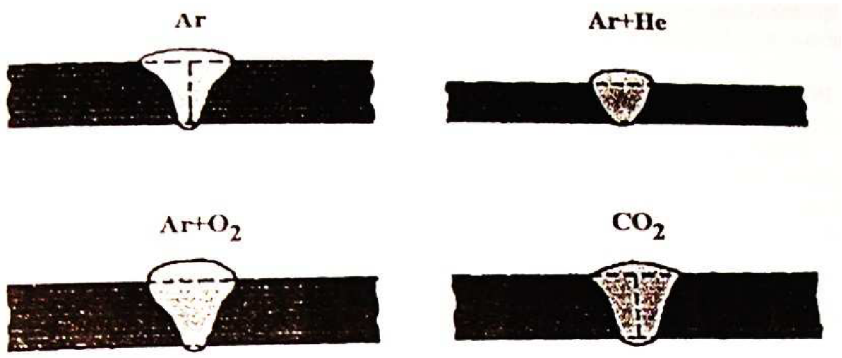
Při svařování se používají tyto technické plyny:

Argon (Ar), oxid uhličitý (CO_2), helium (He), kyslík (O_2) a jejich směsi. Jednokomponentní ochranné plyny nezaručují při svařování některých kovů a slitin požadovaný stabilní svařovací proces a pravidelný přenos kovu v oblouku. Také formování svaru a jeho celistvost není při použití jednokomponentních plynů vždy na požadované jakostní úrovni. Proto se jednokomponentní plyny nahrazují vhodnými směsmi plynů na bázi argonu (Ar). Do Ar se v zájmu zvýšení stability oblouku přidávají oxidační plyny CO_2 a O_2, pro zvýšení tepelného výkonu oblouku se přidává He. Optimálním složením směsi a vhodnou koncentrací jednotlivých složek je možné zvýšit stabilitu procesu, snížit rozstřik, zlepšit formování svaru a zvýšit produktivitu svařování. Pro jednotlivé materiály a jejich tloušťky je třeba vždy zvolit optimální složení směsných plynů. V praxi se používají jednokomponentní ochranné plyny až čtyřkomponentní plyny (např. Ar, CO_2, Ar + CO_2, Ar + O_2, Ar + He, Ar + CO_2 + O_2, Ar + He + CO_2, Ar + He + O_2).

Podle ČSN EN 439 se ochranné plyny zařazují do skupin:

- inertní plyny (I) : Ar, He, Ar + He pro MIG svařování
- oxidační plyny (M) : Ar + CO_2, Ar + O_2, Ar + CO_2 + O_2, Ar + He + CO_2+O_2 - pro MAG svařování
- redukční plyny (R) : Ar + H_2, N_2 + H_2.
- oxidační plyny (C) : CO_2, CO_2 + O_2).
- nereagující plyny (F) : N_2

Druh ochranného plynu podstatně ovlivňuje tvar a rozměry svaru.



Obr. 1.15 Vliv ochranného plynu na tvar housenky

1.8 Přídavné materiály

Přídavné materiály pro svařování se používají jako drátové nebo trubičkové elektrody, vhodného chemického složení a operativních svařovacích vlastností. Dodávají se navinuté na speciálních cívkách a ve vhodných obalech, které zabraňují poškození a znehodnocení.

Přídavné materiály plní při svařování tyto funkce:

- doplňují objem svarové lázně a zabezpečují tak svary požadovaného tvaru a průřezu
- nahrazují prvky, které se při svařování vypálily nebo jinak snížily svou koncentraci ve svaru
- dodávají vhodné legovací a dezoxidační přísady do svaru pro zlepšení užitkových vlastnosti
- jsou části svařovacího obvodu (vodičem elektrického proudu)

Pro splnění těchto funkcí a dalších technologických požadavků musí mít vlastnosti:

Vhodné chemické složení, vhodný průřez, vysokou čistotu a hladkost povrchu, přiměřenou tvrdost a tuhost i požadované rozměrové a tvarové tolerance. Pro svařování MAG mají dráty zvýšený obsah manganu (Mn) a křemíku (Si) z důvodu jejich většího propalu a silnějšího dezoxidačního účinku svarové lázně. Drátové elektrody se používají pro ruční i strojní (automatové, robotizované) svařovaní.

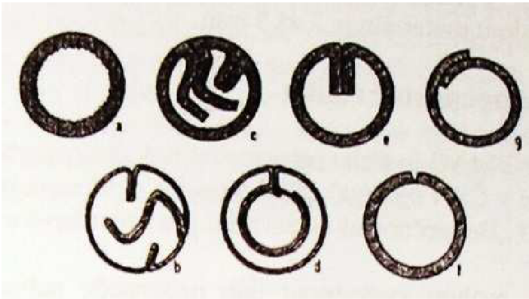
Drátové elektrody plného kruhového průřezu pro svařování ocelí se vyrábí v průměrech

ø 0,6; ø 0,8; ø 1,0; ø 1,2; ø 1,6 mm pro svařování neželezných kovů ø 0,8; ø 1,0; ø 1,2; ø 1,6; ø 2,4 mm. Tyto mohou být na povrchu pokryty tenkou vrstvou mědi, aby se zabránilo jejich korozi při transportu a skladování. Měděná vrstva zlepšuje přívod proudu v kontaktní koncovce svařovacího hořáku.

Drátové elektrody jsou uvedeny a roztříděny, např. ČSN EN 440 (druhy a směrné chemické složení). Označují se např. G2Si, G2Ti, G3N1, G4Mo, G2A1 (symbol chemického složení), ev. G46 3 M G3Si (symbol vlastností a chemického složení), který obsahuje pevnostní vlastnosti, tažnost, rázové vlastnosti svarového kovu, druh ochranného plynu a směrné chemické složení.

Trubičkové elektrody plněné vhodnými přísadami

Podle použití se trubičkové elektrody dělí na elektrody pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí (s kovovou, rutilovou nebo bázickou náplní); pro svařování vysokolegovaných ocelí (s rutilovou náplní); pro opravy a renovace (s kovovou, rutilovou a bazickou náplní). Podle nutnosti použití plynové ochrany se trubičkové elektrody dělí na: elektrody vyžadující externí plynovou ochranu a elektrody s vlastní plynovou ochranou (bez nutnosti použití ochranného plynu). Vyrábí se v průměrech: ø 1; ø 1,2; ø 1,4; ø 1,6; ø 2; ø 2,4 mm. Dodávají se na drátěných cívkách, na plastových cívkách, ev. ve svitcích.



Obr. 1.16 Typy trubičkových elektrod

Trubičkové elektrody se používají pro ruční i strojní (automatové, robotizované) svařováni MAG. Jsou uvedeny a roztříděny, např. v ČSN EN 758 (př. ozn. 81 Ni1 – H, 81B2 - H, 91K2 - H,...). Předností trubičkových elektrod pro svařování MAG je velmi malý obsah vodíku (H_2) ve svaru.

1.9 Zdravotní a bezpečnostní rizika

Při svařování je třeba respektovat a dodržovat všeobecné zásady pro tavné svařování kovů, uvedené v ČSN 05 0600 „Projektování a příprava pracovišť" a ČSN 05 0601 „Provoz" i ČSN 05 0630 „Bezpečnostní ustanovení pro obloukové svařování".

Při svařování se mohou vyskytnout tato nebezpečí: nebezpečí požáru a výbuchu, nebezpečí úrazu elektrickým proudem, rozstřikem kovu, popálením, nebezpečí od pohybujících se částí svařovacího zařízení, nebezpečí poškození zdraví působením svářečských dýmů, kovových par, aerosolů, zařízení nebo hluku, nebezpečí poškození zdraví neúnosnými pracovními mikroklimatickými podmínkami, nadměrnou fyzickou nebo nervově psychickou zátěží a nevyhovujícím osvětlením.

Proto se musí na pracovištích provádět bezpečnostní prohlídky, opatření, kontroly a revize zařízení, účinné provětrávání a odsávání pracovišť,

zajištění hasících prostředků a osobních ochranných prostředků, provádět střídání a pracovní přestávky pracovníků dle předepsaných zásad bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci (viz výše uvedené bezpečnostní ČSN).

2 SVAŘOVÁNÍ POD TAVIDLEM

Nazýváme ho také jako elektrický obloukový proces, při kterém oblouk hoří pod vrstvou tavidla a postupným tuhnutím roztavené kovové lázně dochází ke spojení svařovaných dílů. Je to jedna z nejrozšířenějších metod využívaná pro mechanizované způsoby svařování. Výrobky zhotovené touto technologií pracují v těžších podmínkách. Využívá se především pro vetší svařované tloušťky, pro svařování dlouhých a nepřerušovaných svarů a dále pak při svařování obvodových svarů u větších průměrů.

2.1 Princip svařování, svařovací parametry a jejich vliv na rozměr a formu svaru

Tepelná energie vyvinutá v elektrickém oblouku natavuje svarové hrany základního materiálu a roztavuje elektrodu (holý svařovací drát). Svarový kov pak vyplňuje část svarového úkosu pod vrstvou tavidla. Regulační systém plynule posouvá svařovací drát do místa hoření el. oblouku pomocí podávacího zařízení. Svařovací zdroje zajišťuje svařovací proud, který je přiváděn do drátové elektrody přes čelisti svařovací hubice.

Určování a výpočet svařovacího režimu

Pro technologický předpis svařování je třeba určit svařovací režim:

- výpočet závisí na geometrických rozměrech. Pozornost se soustřeďuje na určení vhodného svařovacího režimu a to svařovacího proudu, napětí a rychlosti svařování. Hodnoty je potřeba pro každý případ posoudit eventuelně vytvořit vlastní pomocí experimentálních prácí pro konkrétní typy svarových spojů
- výpočet závisí na teplotních procesech v průběhu svařování. V takovém případě se výpočty zaměřují na výpočet rychlosti ochlazování teplotně ovlivněné oblasti

Vliv svařovacího režimu

Formu svaru charakterizuje hloubka průvaru do základního materiálu, převýšení, šířka svaru, celková tloušťka svaru a součinitel formy svaru ψ.

součinitel formy svaru ψ

$$\psi = \frac{\check{s}}{c} \tag{2.1}$$

kde:

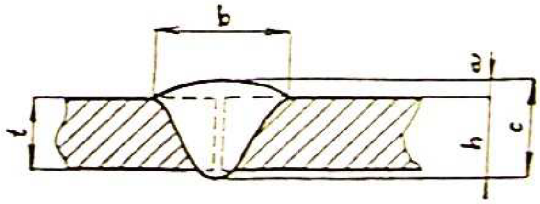
š.. šířka svaru [mm]
c.. celková tloušťka svaru [mm]

celková tloušťka svaru c [mm]

$$c = h + b \quad [mm] \qquad (2.2)$$

kde:

h.. hloubka průvaru do základního materiálu [mm]
b.. převýšení [mm]

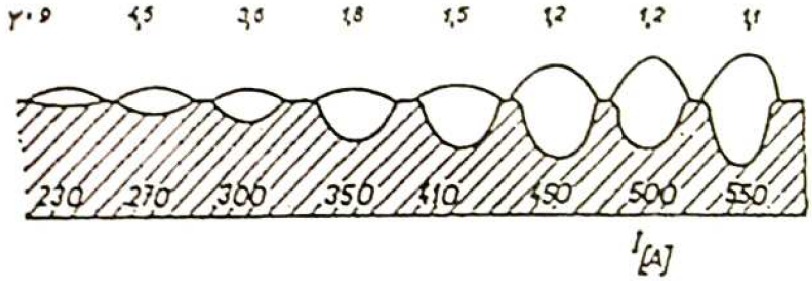


Obr. 2.1 Charakteristické rozměry svaru

Chemické složení, struktura a mechanické vlastnosti svarového spoje závisí na součiniteli formy svaru (ψ). Hlavní vliv na rozměr a formu má množství uvolněného tepla v oblouku, které je funkcí svařovacího proudu, svařovacího napětí a rychlosti svařování.

Vliv svařovacího proudu I[A]

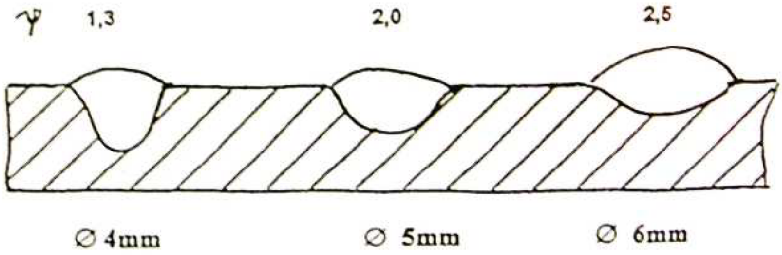
Intenzita proudu má přímý vliv na množství nataveného kovu. Zvyšováním intenzity při zachování ostatních podmínek se zvyšuje proudová hustota a koncentrace tepla v kuželi elektrického oblouku, současně se zvyšuje dynamický účinek elektrického oblouku. To má za následek vznik většího průvaru do základního materiálu a zmenšení součinitele formy svaru (ψ). Zvyšování intenzity proudu má vliv na tavení přídavného materiálu, převýšení housenky narůstá, ale její šířka se prakticky nemění.



Obr. 2.2 Vliv svařovacího proudu na změnu formy svaru

Vliv průměru svařovacího drátu

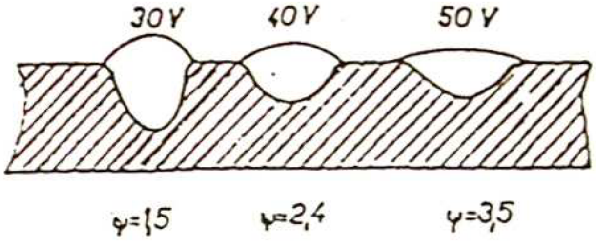
Zvětšování průměru svařovacího drátu při stálém svařovacím proudu se zvětšuje bloudění katodové skvrny, tím se zvětšuje šířka svaru a zmenšuje hloubka průvaru. To má za následek, že se zvětšuje součinitel formy svaru (ψ).



Obr. 2.3 Vliv průřezu svařovacího drátu na šířku svaru a hloubku průvaru

Vliv svařovacího napětí U [V]

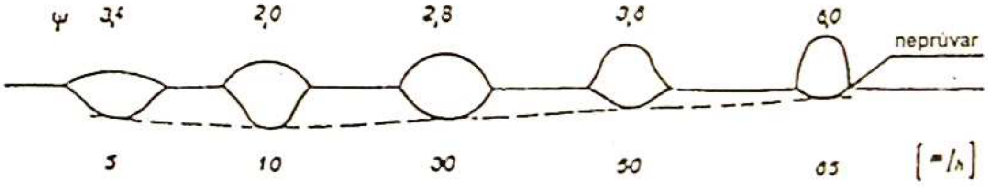
Zvětšováním svařovacího napětí se prodlužuje obloukový sloupec. Teplo vyvinuté v oblouku působí na větší plochu základního materiálu, to má za následek zvětšení šířky housenky a zmenšení hloubky přetavení, to znamená zvětšení součinitele formy svaru (ψ).



Obr. 2.4 Vliv svařovacího napětí na obloukový sloupec

Vliv rychlosti svařování v_s [m/hod]

Rychlost svařování = rychlost tvoření svarových housenek. Při konstantním proudu a napětí se změnou rychlosti svařování mění množství tepla vyvinuté v elektrickém oblouku. Změna rychlosti svařování působí také na změnu směru elektrického oblouku a rozdělení dynamických sil. Při rychlostech kolem 10 m/hod hoří oblouk kolmo a velikost průvaru je největší. Zvětšováním rychlosti nestačí teplo natavovat svarové plochy a zmenšuje se protavení základního materiálu. Vysoké rychlosti mohou mít za následek neprůvary na krajích housenky a velmi nepokojný svařovací proces.



Obr. 2.5 Vliv rychlosti svařování na koeficientu formy svaru

2.2 Svařovací materiály

2.2.1 Tavidla

- zajišťují stabilní hoření oblouku, rafinaci, desoxidaci a metalurgické procesy
- podobně jako obal elektrody plní několik funkcí:
  - chrání roztavenou lázeň proti působení venkovní atmosféry
  - rafinují svarovou lázeň (zbavuje zejména síry)
  - zlepšují ionizaci prostředí, ve kterém hoří elektrický oblouk, vytvářejí podmínky pro klidný svařovací proces
  - dolegovávají svarový kov
  - formují svarovou housenku
  - zabraňují rychlému odvodu tepla z místa svařování
  - zamezují rozstřiku roztaveného kovu
  - chrání svářeče před zářením, vznikajícím ve svarovém oblouku

  Dělí se:
  - podle chemického složení: křemičitá, fluoridová, manganatá
  - podle struktury: sklovitá, penízovitá
  - podle technologie výroby: tavená, keramická, aglomerovaná, sintrovaná
  - podle metalurgie procesu: bazická, kyselá, neutrální
  - podle použití: - tavidla pro svařování uhlíkových a některých nízkolegovaných ocelí jsou kyselá, neutrální nebo bazická s velkým obsahem oxidu manganu
    - tavidla pro svařování legovaných a vysoce legovaných ocelí se používají zpravidla zásaditá s vysokým obsahem fluoridů a bezkyslíková
    - tavidla pro navařování legovaných přídavných materiálů jsou zpravidla kyselá s nízkým obsahem MnO a často obsahuji oxid chromu
  - podle zrnitosti: Při použití tavidla s větším zrnem je housenka při menší hloubce průvaru širší než v případě použití tavidla jemnozrnného. Proto se i na svařování tenkých plechů používají tavidla s hrubším zrnem. Větší rozdíly ve velikost zrn v tavidle, stejně jako přítomnost většího množství prachové složky nepříznivě ovlivňují formování housenky. Proto se vyrobená tavidla třídí podle velikosti zrn.

2.2.2 Svařovací dráty

Nejčastěji se používají průměry drátu od 1,5 do 5 mm, výjimečně možno použít i větší. Drát je táhnutý za studena s lesklým povrchem, někdy povlečen měděnou vrstvičkou (ochrana před korozí). Trubičkové elektrody jsou vytvořené svinutým pláštěm z měkké oceli a mají uvnitř prášek z ferolegur. Tím je možné získání libovolného chemického složení hospodárnějším způsobem

než u plných drátů. Nevýhodou trubičkových elektrod je zvýšený propal legujících prvků.

Vhodnost použití přídavného drátu pro svařování daného materiálu určuje jeho chemické složení. Ve většině případů není vhodné použít drát stejného chemického složení jako je základní materiál. Je to způsobeno rozdílnými činiteli majícími vliv na vlastnosti svarového kovu v porovnání se základním materiálem, ke kterým patří:

- hrubozrnná licí struktura svarového kovu se sklonem k malému promísení
- propal legujících prvků
- zbytkové napětí ve svarovém kovu

Protože se svarové spoje jen málokdy normalizačně žíhají, je třeba, aby svarový kov obsahoval přísady, které mají vliv na zjemnění primární struktury. Vedle toho se zřetelem na zbytkové napětí je potřebné, aby spoj měl značnou plastickou rezervu a dostatečně vysoké hodnoty vrubové houževnatosti. Přitom je třeba počítat i s velkým promísením přídavného drátu s roztaveným základním materiálem, které je značné (50 až 70 %).

Kombinace přídavných svařovacích materiálů musí být voleny tak, aby se dosáhlo optimálního složení svarového kovu, které se bude blížit co nejvíce k chemickému složení základního materiálu.

2.3 Způsoby svařování pod tavidlem

Posuzujeme-li svařovací proces při svařování pod tavidlem podle počtu elektrických oblouků, podle počtu svarových lázní, případně podle elektrického zapojení uvádí se tyto způsoby svařování:

1) jednoobloukové
2) víceobloukové
   - se společnou svarovou lázní
   - s oddělenými svarovými lázněmi
   - elektrické oblouky spolu svázané
   - elektrické oblouky samostatně napájené

2.4 Výhody svařování pod tavidlem:

- zvýšení produktivity práce 5 až 10ti násobně oproti ručnímu svařování
- zvýšení kvality svaru (dobrou ochranou roztaveného svarového kovu, rovnoměrným chemickým složením, lepším formováním svaru, minimálním výskytem neprůvarů, opakovatelnost podmínek svařování)

2.5 Nevýhody svařování pod tavidlem:

- vyšší nároky na čistotu základního i přídavného materiálu
- vyšší požadavky na přípravu ke svařování
- není možnost přímého sledování svarové lázně

2.6 Tvary svarových úkosů

- pro malé tloušťky se většinou provádějí jako I svary
- u větších tloušťek používáme převážně jednostranné svary (V, 1/2V, U, 1/2U, W a 1/2W)
- pro velké tloušťky volíme oboustranné symetrické nebo asymetrické svary
- je možné provádět i koutové svary
- tupé svary (I) a jednostranné svary provádíme většinou na podložce, která může být měděná(CU), ocelová nebo tavidlová

2.7 Zařízení pro svařování pod tavidlem

Je potřeba používat výkonné zdroje proudu. Používají se jak střídavé tak stejnosměrné zdroje. Zdroje volíme také s ohledem na podmínky regulace délky oblouku a rychlosti podávání drátu:

- <u>regulace změnou rychlosti podávání přídavného drátu</u>
  Kdy otáčky motoru jsou závislé na napětí oblouku, respektive jeho délce. Při zvětšení délky oblouku se zvýší jeho napětí a přes zpětnou vazbu dojde ke zvýšení otáček motoru následně ke zvýšení rychlosti podávání drátu a zmenšení délky oblouku a naopak.
- <u>regulace délky oblouku statickou charakteristikou zdroje proudu</u>
  Konstantní rychlost podávání drátu a délka oblouku je závislá na změně napětí na oblouku. Použité svařovací zdroje musí mít plochou statickou charakteristiku (poměrně malé změně napětí odpovídá velká změna proudu).

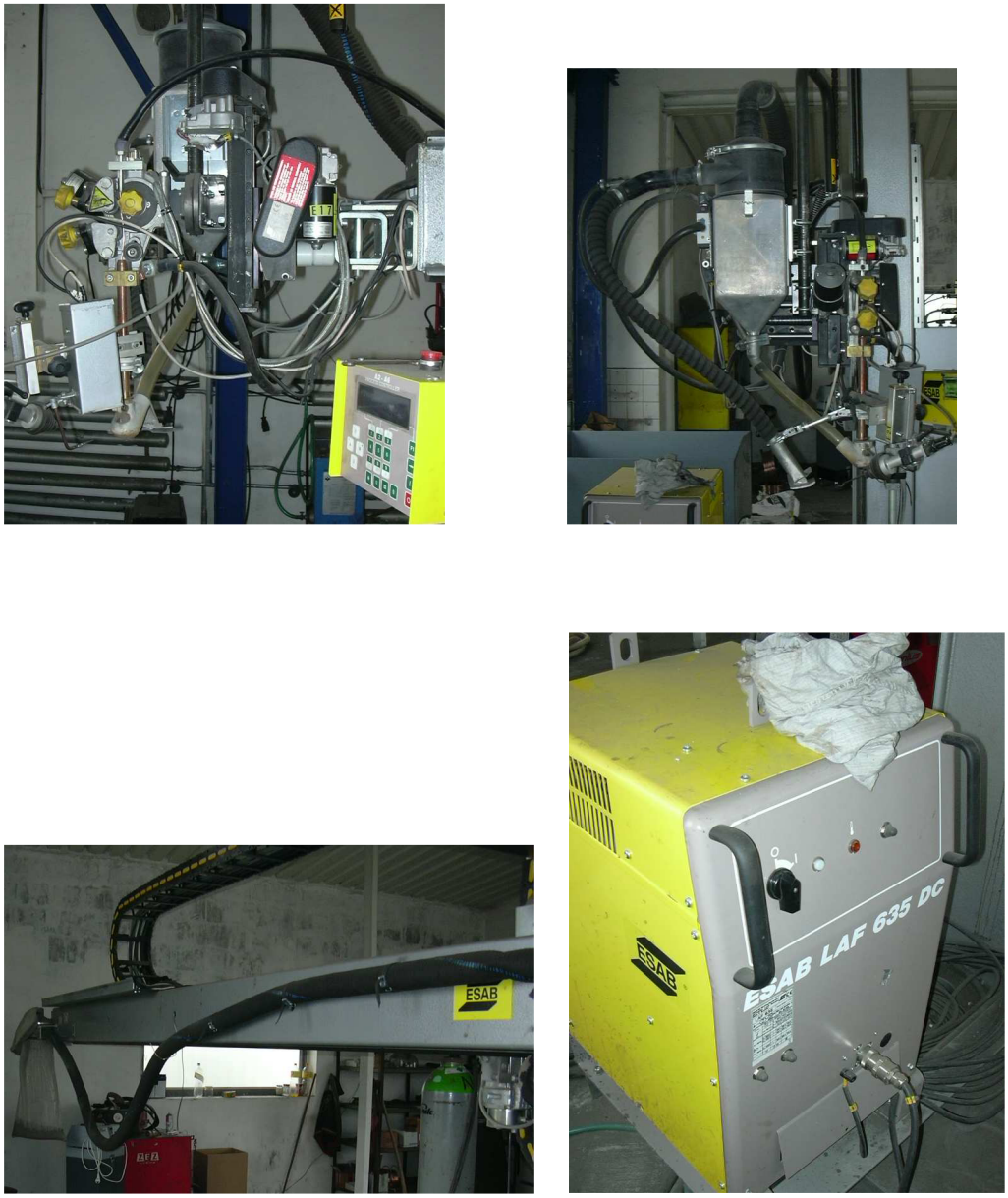
Podle způsobu použiti dělíme svařovací automaty na:

- mobilní („traktor"), které pojíždějí po kolejničkách nebo podle pravítka a jsou vhodné pro dlouhé rovné svary
- stabilní, které se používají upevněné na portálu nebo výložníku především pro obvodové svary výjimečně pro dlouhé rovné svary

Speciální techniky svařování pod tavidlem

Automatové svařování pod tavidlem je velmi progresivní a produktivní technologie, přesto existují speciální technologie, které jeho produktivitu ještě dále zvyšují.

- svařování velkými svařovacími rychlostmi
- svařování do úzké mezery



Obr. 2.6 Zařízení pro svařování pod tavidlem

2.8 Zdravotní a bezpečnostní hlediska

Díky tomu, že proces hoření oblouku se děje pod vrstvou tavidla, jsou hygienické podmínky relativně dobré. Menší problémy jsou v případě, kdy se používá tavidlo, které již prošlo svařovacím procesem a zvyšuje se jeho prašnost.

Složitější jsou problémy s vyššími teplotami v případě, že se svařuje s předehřevem, kdy je třeba řešit svařovací pracoviště tak, aby byli pracovníci ochráněni před tepelným zářením.

3 NADZEMNÍ NÁDRŽ ø1250mm, 2700l

Obr. 3.1 Nadzemní nádrž na LPG

3.1 Funkce a popis

Nádrže pro skladování LPG (propan, propan-butan EN 589) jsou vyráběny v provedení nadzemní, polozasypané nebo podzemní s objemem od 500 l do 200 000 litrů. Svým provedením splňují požadavky evropského předpisu pro tlaková zařízení 97/23/EG a jsou opatřeny označením CE. Tvarové provedení je nejčastěji válcové ležaté, jsou opatřeny povrchovou úpravou (otryskány a poté nastříkány akrylátovou barvou s přesným složením nátěrové hmoty). Použití nádrží je zejména pro skladování plynu při vytápění provozoven a rodinných domů LPG, u čerpacích stanic LPG a v rámci velkých skladů dodavatelů LPG.

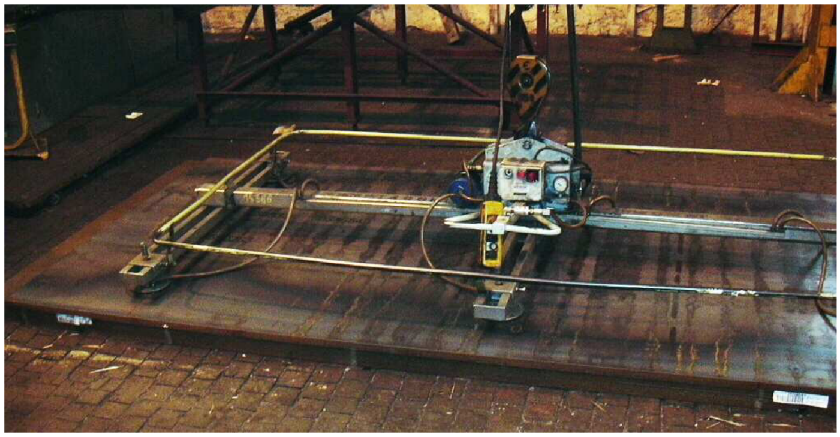
Základní materiál: **S355 J2 G3** (Ocel pro ocelové konstrukce s minimální mezí v kluzu Re=355Mpa, nárazová práce 27J při zkušební teplotě -20℃, ocel uklidněná a normalizovaná)

3.2 Postup výroby

3.2.1 Stříhání

Použité nástroje: nůžky tabulové, jeřáb, manipulátor

- Stříhání plechu min. tloušťky 5,1mm j.S355J2G3 z tabule 3950 x 1800mm na 3920 x 1800 mm.
- Stříhání najížděcích a dojižděcích destiček pro svářecí automat CLOOS a TSM 1000.
- Stříhání zkušebních destiček.



Obr. 3.2 Tabule plechu s pneumatickým manipulátorem

3.2.2 Vrtání otvorů

Použité nástroje: jeřáb, vrtačka, vrtací šablona, ukládací přípravek, manipulátor

- Zakládání plechu do přípravku, zajištění, pomocí jeřábu ustavit na vrtačku a vrtací šablonu, vyznačit středy otvorů a v přípravku vrtat. (1x ø75, 1x ø58, 1x ø46, 2x ø36)

3.2.3 Stáčení lubů

Použité nástroje: stáčečka, ruční el. bruska, jeřáb

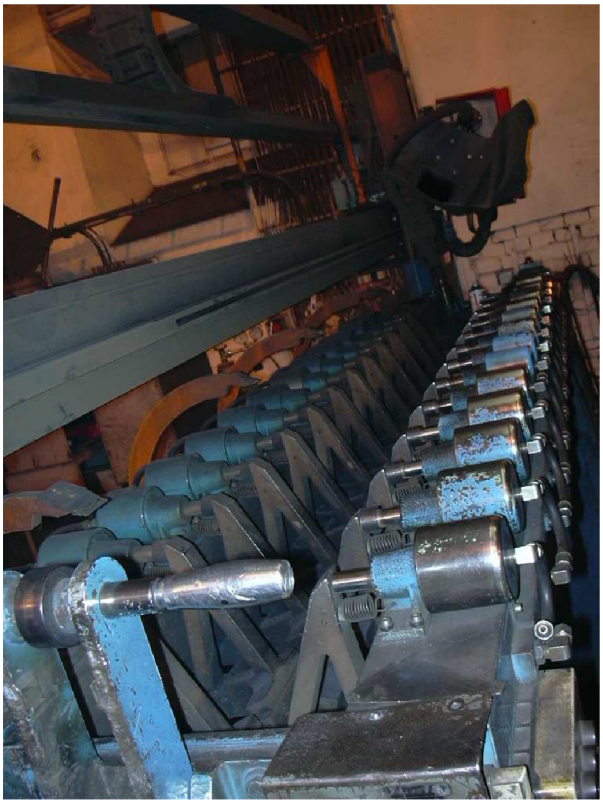
- Přebroušení a začištění délek 1800 mm pro svár.
- Stáčení tabulí na ø1250.
- U tabulí vykazujících korozi přebrousit místa pro svary v šířce 20 mm.

Obr. 3.3 Stáčečka na stáčení lubů

3.2.4 Sváření lubů

Použité nástroje: polohovací vozík, svářecí agregát MAG, automat CLOOS, automat TSM 1000, ruční el. bruska, jeřáb, signovačka

- Manipulace lubu pomocí jeřábu, na manipulační vozík, ustavení lubu na svářecí automat CLOOS, zajištění správné polohy, přiložení najížděcích a dojížděcích destiček, nastavení svařovacích parametru, sváření vnějšího podélného svaru lubu na měděné (CU) podložce.
- Vyražení značky svářeče.
- Manipulace z poloh. vozíku, začištění.
- Popsání číslem lubu.
- Manipulace na svář. automat TSM 1000 a sváření vnitřní strany lubu pod tavidlem, odbroušení pomocných desek, začištění, rýsování osy nádrží, zabroušení konce svarů v délce 50 mm pro signování, signování lubu, po signování zkouška místa svaru signy na trhlinky barevnou defektoskopií, případnou trhlinku vybrousit a vyvařit.



Obr. 3.4 Svářecí automat CLOOS s měděnou (CU) podložkou pro svařování metodou MAG

Obr. 3.5 Svařený lub

Obr. 3.6 Dojížděcí destička

0br. 3.7 Svářecí automat TSM 1000 pro sváření pod tavidlem

3.2.5 Přivaření návarků

Použité nástroje: svářecí agregát MAG, stehovací přípravek pro návarky, polohovadlo

- Manipulace lubu na polohovadlo.
- Montáž stehovacího přípravku pro návarky na lub, zajištění polohy.
- Ustavení a vyrovnání návarků a stehovaní návarků.
- Přivaření návarků vč. zajištění po sváření.
- Ruční přivaření návarků, celkové začištění po sváření, zkoušení kapilární metodou.
- Vyražení značky svářeče na určité místo.

Obr. 3.8 Detail přivařených armatur

Obr. 3.9 Ruční přivařování armatur metodou MAG

Obr. 3.10 Detail přivařené armatury

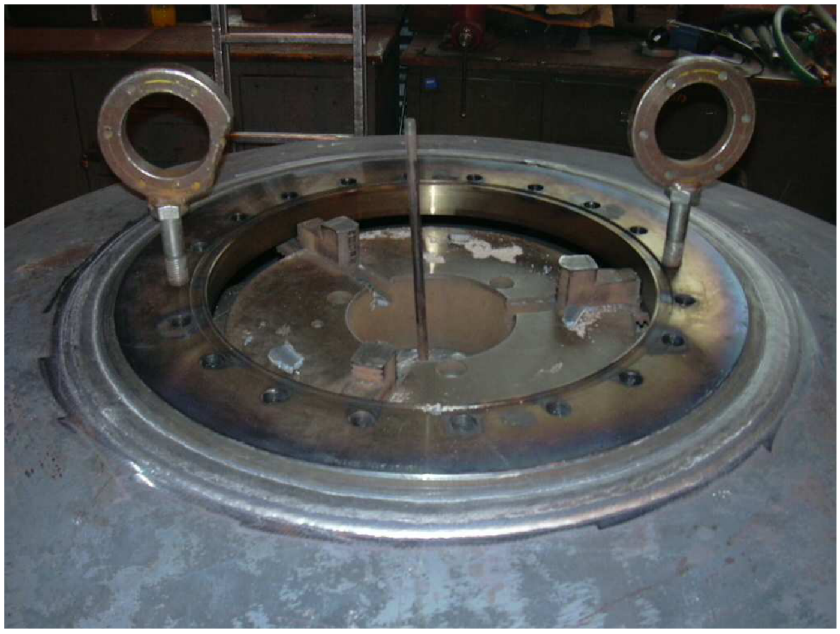
Obr. 3.11 Rozmístění návarků na lubu

3.2.6 Přivaření přírub

Použité nástroje: jeřáb, ruční el. bruska, svářecí agregát MAG, technoplazma 50, šablona pro označení středu ø1250 mm, přípravek na kontrolu kruhovitosti

- Manipulace se dny ø1250 mm, rozrovnání, značení středů pomocí šablony, pálení otvorů ø216 mm ve dnech ø1250 mm, zabroušení úkosů, začištění, otočení a nastavení dna ø1250 mm, stehování přírub ke dnům.
- Dna se vyrábějí v Maďarské republice, kde jsou lisována za tepla.
- Upnutí na polohovadlo a kompletní přivaření příruby.
- Vyražení značky svářeče na určité místo.

Obr. 3.12 Příruba přivařená na dně metodou MAG



Obr. 3.13 Příruba upnuta do polohovadla

3.2.7 Skládání nádrží

Použité nástroje: jeřáb, přípravek sestavovací, svářecí agregát MAG

- Manipulace dna do přípravku pomocí jeřábu, ustavení, zajištění, manipulace lubu na přípravek, sestavení se dnem, stažení hydraulickým přípravkem, vyrovnání, sestehování, manipulace se dnem s přírubou, sestavení, stažení a sestehování stejným způsobem.
- Sestehování plus přivaření závěsných ok.

3.2.8 Sváření nádrže

Použité nástroje: svařovací agregát TSM 1000, svářecí agregát MAG,
polohovadlo, jeřáb

- Svařování pod tavidlem – manipulace nastehovaného tělesa na polohovadlo, přebroušení vnějších stehů den a lubů, vyrovnání polohy, najetí svařovacích hubic, nastavení parametrů, připojení zem. kleští.
- Svařování pod tavidlem obvodové svary (2 vrstvy) současně na třech traktorech včetně čištění první i druhé vrstvy.
- Vyražení značky svářeče.
- Přivaření výrobního štítku.

Obr. 3.14 Polohovadlo se třemi svařovacími agregáty TSM 1000 pro svařování pod tavidlem

Obr. 3.15 Průběh svařování pod tavidlem

3.2.9 Přivaření doplňků

Použité nástroje: jeřáb, ruční bruska, svářecí agregát MAG, stehovací přípravek, polohovadlo

- Manipulace s nádrží, rozměření, stehování a svařování doplňků na těleso nádrže.
  - 4x stehování a přivaření podpěry pomocí přípravku, svary průběžné – celý obvod
  - 1x stehování a přivaření závěsu krytu a příchytky
  - 1x stehování a přivaření štítku
- Ražení čísla nádrže na štítek a na podpěru.
- Kompletní začištění celé nádrže po svařování, eventuelní zabroušení svarů.
- Očištění celé nádrže od okují před stavební a první tlakovou zkouškou.

3.2.10 Stavební a tlaková zkouška

Použité nástroje: tlakovací čerpadlo, plnící čerpadlo, jeřáb, stahovačka el. ruční

<u>Stavební zkouška</u>

- Kontrola dle technické dokumentace:
  - celkové rozměry
  - použitý materiál, provedené nádoby
  - rozmístění hrdel, výstroje, patek, atd.
  - svarové spoje (vizuálně, rentgen)
  - značky svářečů, údaje na štítku
- Výsledek stavební zkoušky se uvádí v obou vyhotoveních revizní knihy.

<u>Tlaková zkouška tlakovým čerpadlem</u>

- Nádrž plnit tak dlouho, až voda vytéká hadicí odfuku bez pěnění.
- Uzavřít ventil odfuku a ventil před nádrží.
- Na koncovku nasadit přes rychlospojku hadici od tlakového čerpadla a otevřít ventil zkušební větve.
- Přerušovaným chodem čerpadla zvyšovat zkušební tlak ve stupních po 0,1 MPa na pracovní tlak 1,76 MPa.
- Při nejvyšším pracovním přetlaku prohlédnout celý vnější povrch nádoby, hlavní pozornost věnovat svarovým spojům.
- Jestliže nebyly při nejvyšším pracovním přetlaku zjištěny netěsnosti a jiné závady, zvýšit přetlak na hodnotu zkušebního přetlaku 2,7 MPa, čas k dosažení zkušebního přetlaku nesmí být kratší než 1 minuta.
- Po dosažení zkušebního tlaku lze uzavřít pojišťovací ventil u čerpadla, provést odpuštění tlaku ze zkušební větve, odpojit hadici z rychlospojky.
- Výdrž na zkušebním tlaku 10 minut.
- Po uplynutí doby výdrže snížit zkušební přetlak otevřením ventilu odfuku nebo ventilu u nádrže na pracovní přetlak a provést prohlídku nádrže.
- Po skončení zkoušky provést odpuštění tlaku otevřením ventilu odfuku a provést přečerpání vody do další nádrže.

- Nádrže vyhověli první tlakové zkoušce jestliže:
  - po zkoušce nejsou patrny deformace
  - nejsou zjištěny příznaky trhlin
  - zkušební přetlak zůstal v průběhu zkoušky konstantní
  - není zjištěno vytékání vody
- Výsledky první tlakové zkoušky se uvedou do protokolu a zahrnou do pasportu nádrže + vyrazit značku přejímky na štítek tlakové nádoby.

3.2.11 Opravy svarů

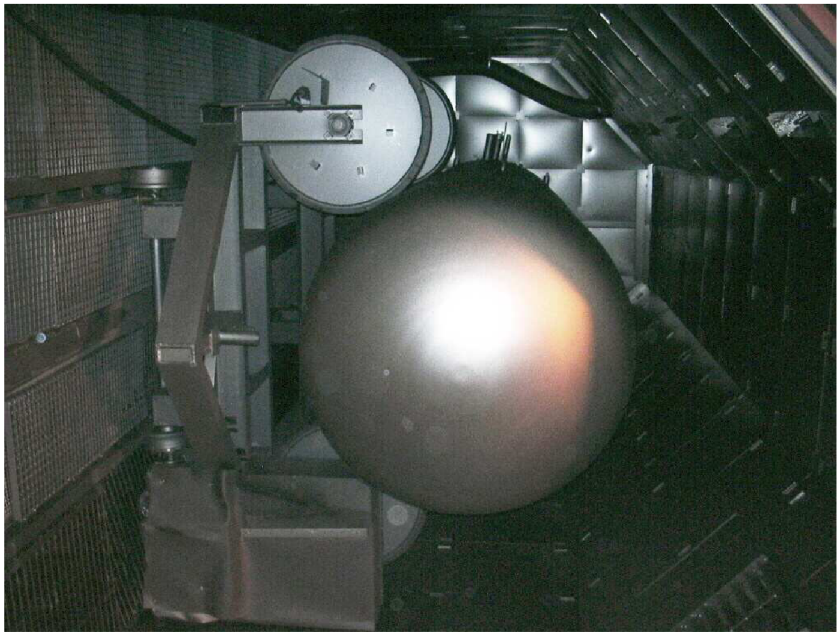
Použité nástroje: ruční el. bruska, svářecí agregát CO_2

- V místech po RTG vyznačených jako nevyhovující svar provádět opravy.
- Jedná se o podélné i obvodové svary.
- Označení místo RTG vydrážkovat uhlíkovou elektrodou ø6 mm, po vydrážkování ruční el. bruskou vybrousit, vybroušené místo vyvařit do původního tvaru, po vyvaření svar zabrousit, začistit.
- RTG opraveného místa.

3.2.12 Tryskání

Použité nástroje: tryskací zařízení OTECO, tryskací materiál GH 50, polohovací vozíky, utěsňovací prvky pro nádrže

- Před tryskáním kontrola plochy nádrže + odstranění veškerých kuliček po sváření, omytí potištěných plechů, manipulace do tryskacího boxu.
- Všechny otvory dokonale utěsnit proti vniku tryskacího materiálu do nádrže utěsňovacími prvky, manipulace nádrže na polohovací přípravek do tryskacího boxu.
- Automatické tryskání celé nádrže drtí GH 50 zrnitost 8 (nebo 10), po automatickém tryskání ručně dokončit.
- Povrch musí být tryskán dočista, bez známky koroze, nemusí být celý stříbřitě šedý – stupeň Sa 2.
- Po otryskání ofoukat tlak. vzduchem zbytkový prach po tryskání a manipulace nádrže z tryskacího boxu.
- Po očištění nádrže a desek provést kontrolu čistoty po tryskání a bezprašnosti nádrže, uvolnění pro další operaci.



Obr. 3.16 Zásobník na polohovadle v tryskacím zařízení OTECO

3.2.13 Lakovna

Použité nástroje: stříkací zařízení Wagner s automatickým mícháním směsi, nátěrová hmota 2k – PUR SF 02-6019/0 (9010/0), tužidlo PH33, ředidlo DV 30-2043/0

- Celou nádrž před manipulací do lakovny zbavit prachu a eventuelních nečistot po tryskání.
- Všechny otvory utěsnit zátkami, závity přírub chránit zátkami, veškeré návarky chránit zátkami, závity stavoznaku šrouby, styčné plochy límcové i zaslepovací příruby, uzemňovací kolíky oblepit kobercovou páskou, chránit před stříkáním.
- Manipulace nádrže do lakovny, místa svarových spojů s nádrží přetřít před stříkáním.
- 1x podstříknout celou nádrž – tl. vrstvy cca 60 mikrometru.
- 1x stříkat načisto celou nádrž – min. tl. nátěru 180 mikrometrů za mokra, celková tloušťka suchého nátěru na nádrži musí být 120 mikrometrů.
- Manipulace nádrže z lakovny do sušícího boxu.
- Na nádrž usadit hadici s tlakem vzduchu (cca 0,1 MPa) a po celou dobu sušení nechat tento vzduch proudit do nádrže.

Obr. 3.17 Zásobník po lakování v sušící komoře

3.2.14 Těsnostní zkouška vzduchem

Použité nástroje: tlaková hadice s přechodkami, čistící prostředky

- Provést vyčištění závitu návarku závitníky, návarkem stavoznaku zjistit čistotu a suchost uvnitř nádrže, eventuelně provést vnitřní vyčištění nádrže vysáním mech. nečistot a vody, provést montáž armatur dle sestavného výkresu.
- Na plnící ventil připojit hadici od zásobníku vzduchu, tlakovat vzduch na 0,5 MPa, po dosažení tlaku uzavřít armaturu a demontovat hadici, výdrž na tlaku 0,5 MPa + provést kontrolu těsnosti spojů pěnovým roztokem, provede OŘJ, po kontrole demontovat přepouštěcí přípojku tl. vzduchu, namontovat tlumič výfuku, odpustit přetlak ze zásobníku pomalu přes tlumič jen tak, aby nepoklesl tlak v nádržích, v nádrži musí zůstat tlak 0,1 MPa.
- Přejímka OŘJ, přejímku označí pracovník na štítek.
- Provést konečnou vizuální kontrolu povrchu nádrže, v případě znečištění nádrž očistit.

Obr. 3.18 Zásobník po kompletaci doplňků

4 SPECIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ

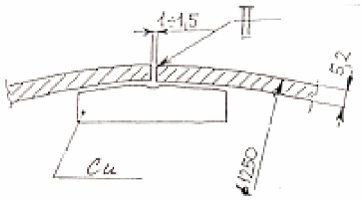
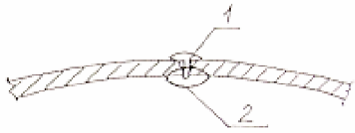
4.1 Podélný svár

Tab. 4.1. Specifikace postupu svařování

Specifikace postupu svařování „WPS“
dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)

Strana: 1
Celkem: 1
Revize č.:

1. **Výrobce :** VUT v BRNĚ		10. **Zkušební organizace :** TDS Brno – SMS, s.r.o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno	
2. Místo :	—	11. Způsob přípravy úkosu :	obrábění, broušení
3. **Číslo dokladu (WPS) :**	—	12. Způsob čištění :	kartáčování, odmaštění
4. **Číslo WPQR :**	—	13. Specifikace základních materiálů	
5. Číslo zkušebního kusu :	—	- materiál 1:	S355J2G3—
6. Kvalifikace svářeče :	—	- materiál 2:	—
7. Metoda svařování :	135 +121—	14. Svařovaná tloušťka [mm] :	t = 5,2
8. Druh svaru :	—	15. Vnější průměr [mm] :	D = 1250
9. Údaje o přípravě svarových ploch :	—	16. Poloha svařování :	**PA**

17. **Tvar spoje**	18. Rozměry	19. **Postup svařování**
	**a** [mm] —	
	b [mm] —	
	c [mm] —	
	α [°] —	

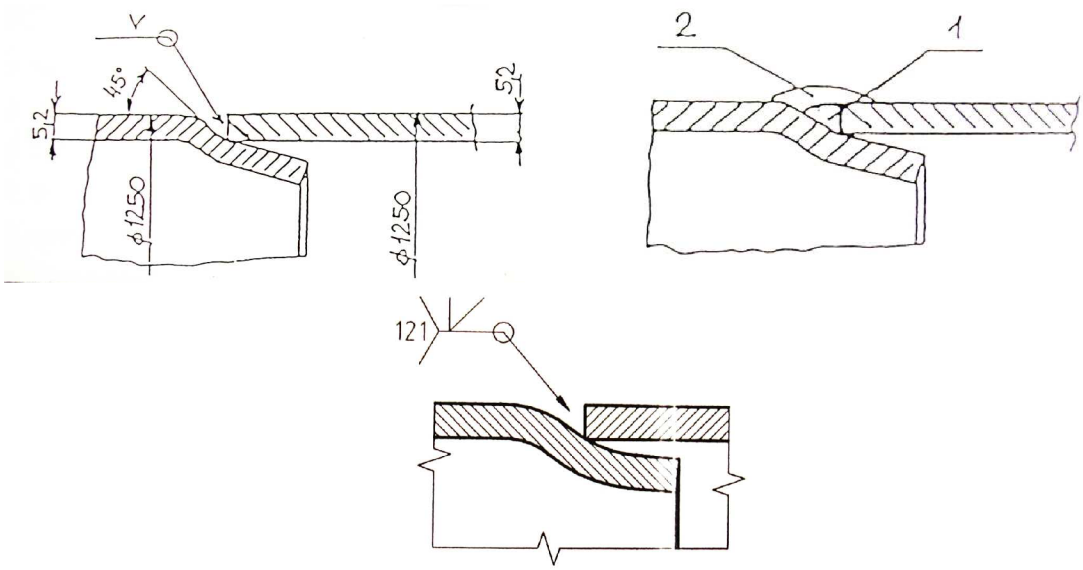
20. **Parametry pro svařování**

21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	135	121				
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø	1,2	2,5				
24. Svařovací proud [A]	270-305	370-390				
25. Svařovací napětí [V]	28-29	32				
26. Druh proudu a polarita	= / +	= / +				
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.h^{-1}]	30	36				
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.h^{-1}]						
30. Tepelný příkon [J.cm^{-1}]						

31. Přídavný materiál - zařazení a značka :	—G3Si1-EN440(OK12.51)+S2-EN756(OE-S2)		
32. Předpis pro sušení :	Pulvír 2st / 350 gr. C—	42. Údaje o podložném kroužku :	—
33. Ochranný plyn / tavidlo :	SAAB 167 AC H5-EN760–	43. Další informace : Rozkyv - amplituda :	—
- ochranný plyn [l.min.$^{-1}$] :	CORGON 18 – M21EN 439	- frekvence a doba prodlevy :	—
- ochrana kořene [l.min.$^{-1}$] :	Cu—	Rozkyv (max.šířka housenky) :	—
34. Wolfram. elektroda, druh/průměr :	—	44. Údaje pro pulzní svařování :	—
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene :	—	45. Údaje pro plazmové svařování :	—
36. Teplota předehřevu [°C] :	—	46. Úhel nastavení hořáku :	—
37. Interpass teplota [°C] :	—	47. Druh automatu a svař. hlavy :	
38. Tepelné zpracování / stárnutí :	—		—
39. Doba, teplota, postup :	—	48. Prokování svaru :	—
40. Rychlost ohřevu a chladnutí :	—	49. Poznámky :	
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :	—	*Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana* *„English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite*	

50. **Výrobce**	52. **Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace**
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu

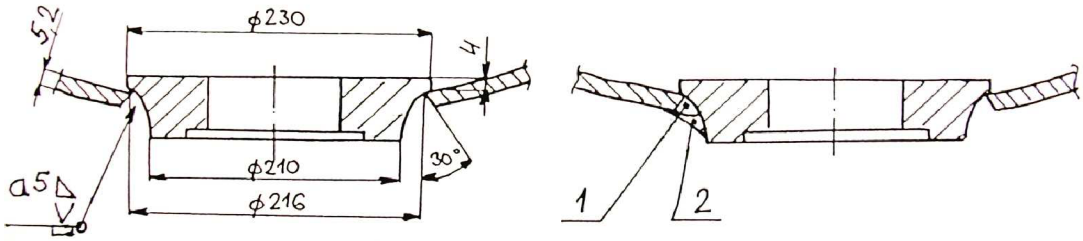
4.2 Obvodový svar

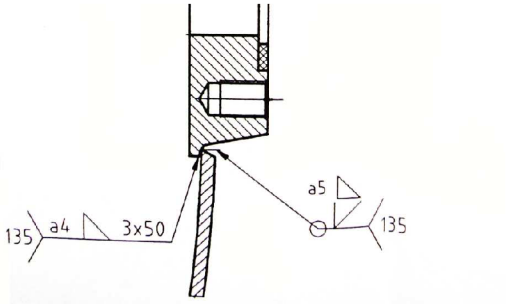


1)Pod tavidlem
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : S2 – EN 756
Tavidlo : SA AB 167 AC H5 – EN760
Svářečský proces : 121
Ø drátu : 3,2
Proudové zatížení : 500 A
Napětí : 30 - 32 V
Rychlost posuvu : 650 mm/min

2)Pod tavidlem
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : S2 – EN 756
Tavidlo : SA AB 167 AC H5 – EN760
Svářečský proces : 121
Ø drátu : 3,2
Proudové zatížení : 500 A
Napětí : 30 - 32 V
Rychlost posuvu : 550 mm/min

4.3 Čelní příruba

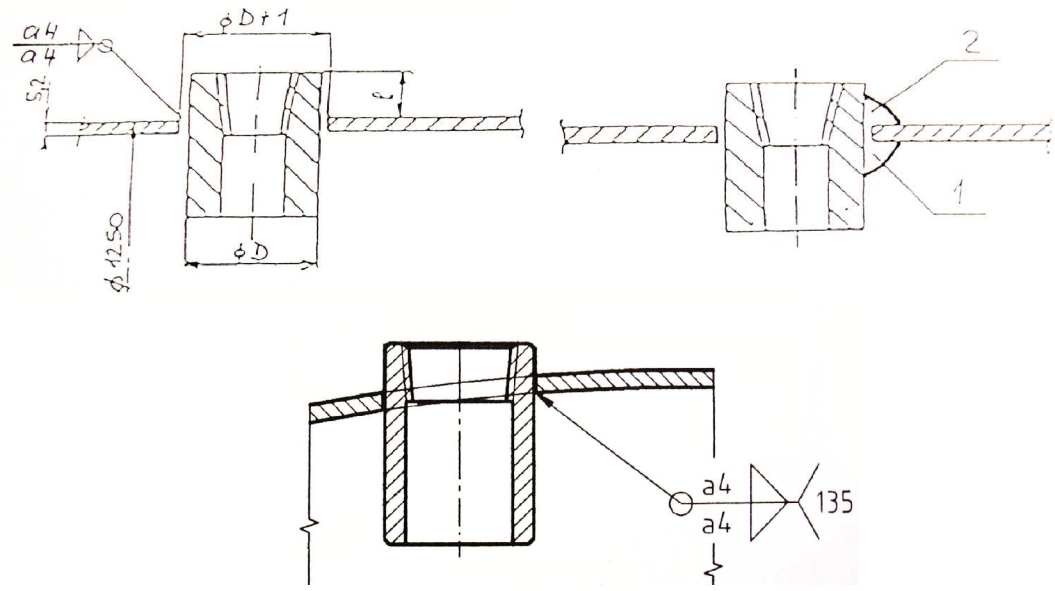




1) MAG
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : G3Si1 – EN 440
Směsný plyn : M21 – EN 439
Svářečský proces : 135
Ø drátu : 1,2
Proudové zatížení : 260 A
Napětí : 33 V

2) MAG
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : G3Si1 – EN 440
Směsný plyn : M21 – EN 439
Svářečský proces : 135
Ø drátu : 1,2
Proudové zatížení : 260 A
Napětí : 33 V

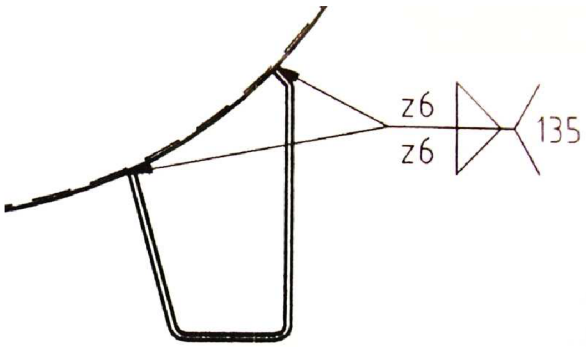
4.4 Návarky



1) MAG
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : G3Si1 – EN 440
Směsný plyn : M21 – EN 439
Svářečský proces : 135
Ø drátu : 1,2
Proudové zatížení : 200 – 230 A
Napětí : 20 - 22 V

2) MAG
Základní materiál : S355 J2 G3 – EN 10027
Přídavný materiál : G3Si1 – EN 440
Směsný plyn : M21 – EN 439
Svářečský proces : 135
Ø drátu : 1,2
Proudové zatížení : 200 – 230 A
Napětí : 20 - 22 V

4.5 Koutové svary na nohách



MAG
Základní materiál : St 52,3 – DIN 17100
Přídavný materiál : SG2 – DIN 8559
Směsný plyn : M21 – EN 439

ZÁVĚR

V této bakalářské práci se zabývám moderními metodami svařování tlakových nádob. Snažil jsem se popsat základní dva způsoby svařování, které se pro tlakové nádoby používají, také technologický postup výroby celé nádoby.

V technické praxi jsou požadavky na výrobu tlakových nádob velmi vysoké z důvodu možnosti vzniku netěsností, což by mohlo vést k havárii a až ztrátám na životech.

Pro svařování tlakových nádob se používá svařování elektrickým obloukem, což je u nás nejrozšířenější metoda, závisí na způsobu přenosu kovu v oblouku. Zvýšení kvality svaru se zajišťuje dobrou ochranou roztaveného svarového kovu, rovnoměrným chemickým složením, zlepšením formování svaru a minimálním výskytem neprůvarů. Vývoj směřuje k zdokonalování funkce svařovacích zařízení, zvýšení úspornosti, provozní spolehlivosti, a tím i vyšší bezpečnosti svařování.

U výroby tlakových nádob se největší důraz klade na volbu tloušťky a druhu základního i přídavného materiálu. Pro zvýšení průvaru se u vnějších podélných svarů lubu používá metoda MAG spolu s CU podložkou a z důvodu pozdější nemožností demontáže nádrže se vnitřní strana lubu z bezpečnostního hlediska svařuje znovu pod tavidlem.

Vývoj v oblasti svařování směřuje více než k vyvíjení nových technologií svařování spíše k zdokonalení námi známých metod svařování, a to automatizováním, robotizováním, hledáním vhodné kombinace základního a přídavného materiálu spolu s ochranným plynem (tavidlem).

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Kolektiv autorů. UČEBNÍ TEXTY pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory. Ostrava: Zerross – svářečské nakladatelství. 2002. 424s. ISBN 80-85771-97-7
2. Kolektiv autorů. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení. 1 vyd. Ostrava: Zerross – svářečské nakladatelství. 1999. 249s. ISBN 80-85771-70-5
3. VPS, a.s. Rosice u Chrasti. Pracovní návodka technologie výroby tlakové nádrže ø 1250mm. 2001. 64s.
4. VPS, a.s. Rosice u Chrasti. Výkresová dokumentace. Nadzemní nádrž ø 1250mm, 2700l – DN32. 2001.
5. VPS, a.s. Rosice u Chrasti. Einzelheiten zur Prüfung der Schweißnaht. 2004. 14s.
6. VPS, a.s. Rosice u Chrasti. Anerkennung eines Schweißverfahrens Geltungsbereich. 2004. 36s.
7. Zásobníky na LPG. [online] [cit. 2008-2-26]
   URL: <http://www.vpsr.cz/reference/zasobniky-na-lpg.html>
8. Nádrže na LPG. [online] [cit. 2008-2-26]
   URL: <http://www.vpsr.cz/lpg/vyrobky/nadrze-na-lpg.htm>
9. Specifikace postupu svařování „WPS“. [online] [cit. 2008-4-18]
   URL: <http://www.tdsbrnosms.cz/technicke-informace/ti16.doc>
10. Základní materiály pro tlaková zařízení, stavební výrobky a potrubí k zásobování plynem. [online] [cit. 2008-3-11]
    URL: <http://www.tdsbrnosms.cz/technicke-informace/ti57.doc>
11. Svařování v ochranné atmosféře plynů. [online] [cit. 2008-3-5]
    URL: <http://www.svarak.cz/c/cz/svarove-spoje-typy-svarovani-vyhody-a-nevyhody.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
MIG	[-]	Svařování tavící se elektrodou v inertním plynu
MAG	[-]	Svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu
Ar	[-]	Argon
He	[-]	Helium
O_2	[-]	Kyslík
N_2	[-]	Dusík
CO_2	[-]	Oxid uhličitý
Al	[-]	Hliník
Mn	[-]	Mangan
Si	[-]	Křemík
C	[-]	Uhlík
Cu	[-]	Měď
Cr	[-]	Chrom
MnO	[-]	Oxid Manganu
U	[V]	Napětí
I	[A]	Proud
L	[H]	Indukčnost
R	[Ω]	Odpor
t	[℃]	Teplota
T	[%]	Teplo
v_s	[m/hod]	Rychlost svařování
q	[J/min^{-1}]	Měrný tepelný příkon svařování
h	[mm]	Hloubka závaru
b	[mm]	Převýšení svaru
š	[mm]	Šířka housenky
c	[mm]	Celková tloušťka svaru
ψ	[-]	Součinitel formy svaru
P	[MPa]	Tlak
RTG	[-]	Rentgenografie
OŘJ	[-]	Orgán řízení jakosti