



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VŠB-TU Ostrava, FMT, Katedra materiálů a technologií pro automobily

Výukový materiál k předmětu:

Stavba prototypu – modelářství I

Úvod do svařování metodou TIG

Zpracoval: Ing. Kateřina Rychlá, Ph.D., doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Výhody a nevýhody TIG svařování.....	5
3. Tepelně ovlivněná oblast (TOO)	7
4. Zdroje svařovacího proudu pro TIG svařování.....	9
5. Popis svařovacího zdroje ESAB Caddy Tig 2200i AC/DC	15
6. Netavitelné elektrody pro TIG svařování.....	18
7. Hliník a slitiny hliníku	24
8. Svařitelnost hliníkových slitin	26
9. Obecné poznámky k TIG svařování.....	32
Použité zdroje	33

1. Úvod

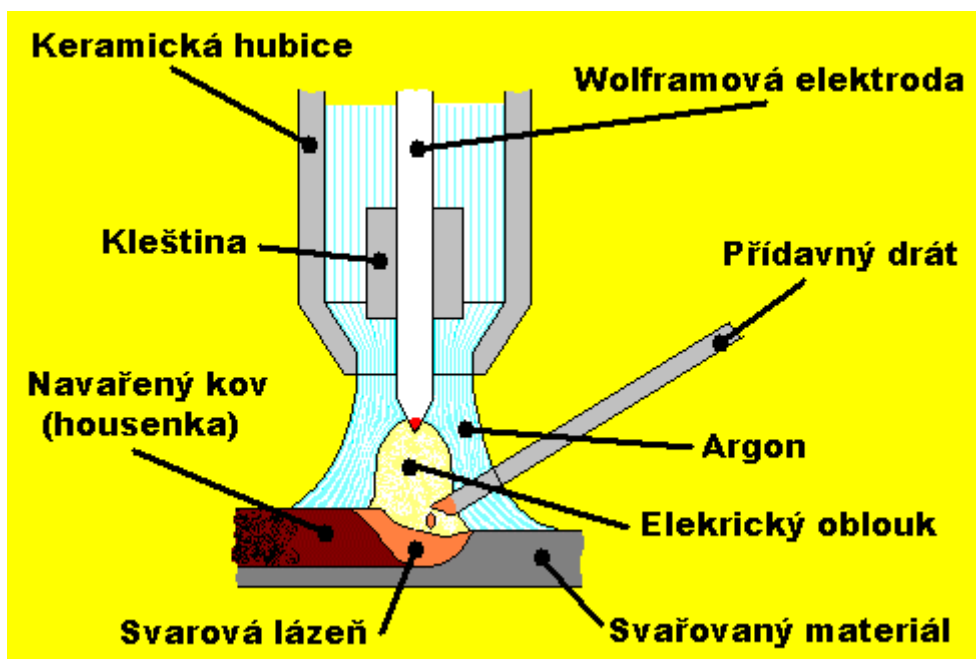
TIG svařování je také označováno jako WIG. Zkratka TIG pochází z angličtiny, znamená Tungsten Inert Gas a symbolizuje svařování wolframovou elektrodou (tungsten je anglicky wolfram) v ochranné atmosféře inertního plynu. Zkratka WIG pochází z němčiny a znamená Wolfram Inert Gas, tedy naprosto to samé. V Americe se pro označení této metody svařování používá zkratka GTAW, která znamená Gas Tungsten Arc Welding. Existuje číselné označení této metody 141. To znamená TIG=WIG=GTAW=141.[2]

TIG – Tungsten Inert Gas (metoda 141)

TIG je mezinárodní zkratka pro označení metody svařování elektrickým obloukem za pomoci netavící se elektrody v ochranné atmosféře inertního plynu. Při této metodě svařování hoří elektrický oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Netavící se elektroda musí být vyrobena z materiálu, který odolává velmi vysokým teplotám. Tuto podmínku splňuje wolfram. Wolframová elektroda je pomocí kleštiny upnuta v hlavici TIG hořáku. Pomocí kleštiny je do elektrody přiváděn také svařovací proud. Hořák je opatřen hubicí, kterou proudí plyn, vytvářející v místě svařování inertní ochrannou atmosféru. Inertní atmosféra, nejčastěji argon, chrání tavnou lázeň před přístupem vzduchu a usnadňuje zapalování oblouku. [2]

Svařování může být provedeno buď pouze roztavením a slitím základních materiálů dohromady (bez použití přídavného materiálu), nebo s přidáním přídavného materiálu - svařovacích kovových tyčinek (drátů) podobného složení jako má základní materiál. Při ručním svařování TIG drží svářeč v jedné ruce hořák a v druhé ruce přídavný materiál ve formě drátu, který přidává do svarové lázně. TIG svařování lze také částečně mechanizovat, nebo úplně automatizovat. Při částečné mechanizaci stále svářeč v ruce drží hořák, ale drát je podáván bovdenem pomocí speciálního, motorem hnaného, podavače do oblouku. Posun drátu ovládá svářeč tlačítkem na hořáku. Při úplné automatizaci je hořák upnut v robotu a vše je řízeno automaticky. [2]

Základní princip svařování TIG je ale shodný pro všechny případy. Tedy pro ruční, mechanizované i automatizované svařování. Princip TIG svařování je schematicky znázorněn na následujícím obrázku Obrázek 1:



Obrázek 1 Princip svařování TIG - schématický [7]



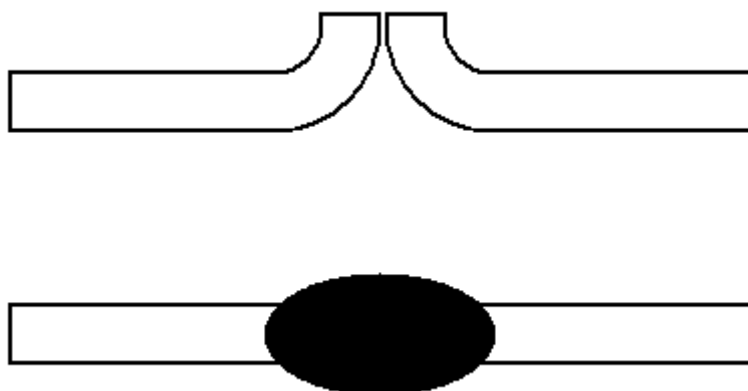
Obrázek 2 Svařování TIG v reálné podobě [2]

Přestože se TIG svařování začíná prosazovat v masovém měřítku až v posledních dvaceti letech, nejedná se o žádnou novinku. Tuto metodu svařování totiž vynalezl jistý Russell Meredith pracující v Northrop Aircraft Company v USA. Své experimenty s TIG svařováním prováděl již v letech 1939 - 1941 a nový svařovací proces nazval Heliarc, tedy v doslovném překladu něco jako heliumoblouk. Označení vycházelo z Helia, které se v té době používalo jako inertní ochranná atmosféra. V současné době se jako ochranný plyn používá především Argon. [2]

2. Výhody a nevýhody TIG svařování

Výhody TIG svařování:

Největší výhodou TIG svařování je výborná kontrola nad svarovou lázní. Tím, že na rozdíl od jiných metod svařování elektrickým obloukem, nedochází k neustálému přísunu přídavného materiálu do lázně, může svářeč lépe ovlivňovat svarovou lázeň i vlastnosti svarového spoje. Přídavný materiál si svářeč do lázně přidává dle potřeby. Kresba svarové housenky je závislá na zručnosti svářeče. Metodou TIG lze také svařovat zcela bez přídavného materiálu (např. roztavením lemu u lemového spoje Obrázek 3) a to je z metalurgického hlediska nejlepší, protože svarový kov má shodné chemické složení se základním materiálem. Nedochází tedy k zanesení jiných prvků do svarového kovu. Někdy je možné jako přídavný materiál použít odstřížek nebo úlomek ze základního materiálu. To nám zaručí 100% shodu svarového kovu a základního materiálu. [8].



Obrázek 3 Princip lemového svaru [8]

Další výhodou je vysoká teplota oblouku. Díky tomu je možné svařovat i materiály, které jinými metodami svařování neroztavíte (např. svařováním plamenem), zejména vysokolegované oceli. Zároveň je ale teplotní pole velmi úzké. Nedochází proto k tepelnému ovlivnění základního materiálu v tak širokém pásmu okolo svaru a naopak je možné dosáhnout velké hloubky závaru. To má mimo jiné i pozitivní vliv na tepelné deformace svařence. Navíc je možné přísun tepla do svaru efektivně regulovat. TIG oblouk je totiž možné v určitých případech tvarovat (prodlužovat či zkracovat, zužovat či rozšiřovat a ohýbat) a dosahovat tak různých tepelných účinků na svařovaný materiál. [8].

Výhodou je také výborná ochrana svarové lázně před škodlivými účinky okolní atmosféry (hlavně vzdušného kyslíku). To je zajištěno použitím inertních plynů jako ochranné atmosféry. [8].

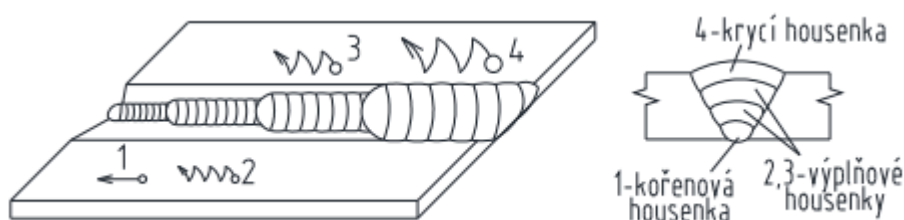
Z dalších pozitivních vlastností můžeme jmenovat příznivé tvarování svarové housenky na povrchu i v kořeni a dobré operativní vlastnosti TIG metody v polohách. [8].

Výhodou je možnost svařování velice tenkých materiálů. Při TIG svařování je možné používat velmi malé proudy (od jednotek ampér) a z toho vyplývá možnost svařování opravdu velmi tenkých materiálů. V extrémních případech lze při použití speciálních zdrojů a hořáků svařovat i kovové fólie či šperky proudy menšími než 1A tzv. mikro TIG. Svařování mikro TIG je téměř totožné s konvenčním TIG svařováním, kromě toho, že se zde používá zvětšení a optika při aplikaci přesného svaru. Vyžaduje nižší proud k provedení svaru než u konvenčního TIG, čímž vnáší méně tepla do základního materiálu. Jak již název napovídá, mikro TIG je přesnější než konvenční TIG svařování, takže je ideální pro menší opravy nebo montážní práce. [8]

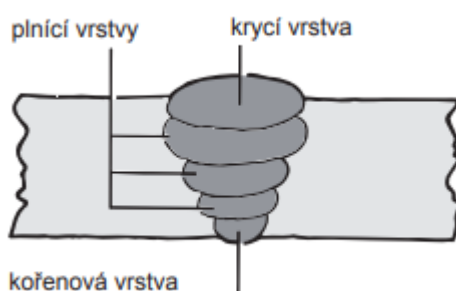
Nevýhody TIG svařování:

Nevýhodou je vysoká technická náročnost na svařovací zařízení, zejména při TIG svařování střídavým proudem. Zařízení pro TIG svařování jsou obecně komplikovanější a dražší, než pro jiné běžné metody svařování. To platí zejména pro agregáty umožňující svařovat metodou TIG AC (střídavým proudem), které jsou složité, mají velký počet regulačních prvků a jsou tedy i dražší.

Zásadnější nevýhodou je malá produktivita. Zejména ruční svařování metodou TIG je pomalé. Je to dáno hlavně precizností, kterou jsme v předešlé kapitole vyzdvihli jako hlavní výhodu metody TIG. Proto se TIG nehodí na velkosériovou výrobu relativně jednoduchých svařenců, ale spíše na tvarově složité konstrukce z ušlechtilých materiálů. V některých případech, jako je svařování potrubí, se metodou TIG svařují jen kořenové vrstvy, u kterých velmi záleží na kvalitě Obrázek 4. Výplňové a krycí vrstvy se pak dělají efektivnějšími metodami svařování (MMA, MIG/MAG) viz. Obrázek 4. Malou produktivitu lze odstranit mechanizací či automatizací. [6]



Obrázek 4 Kladení svarových vrstev [6]



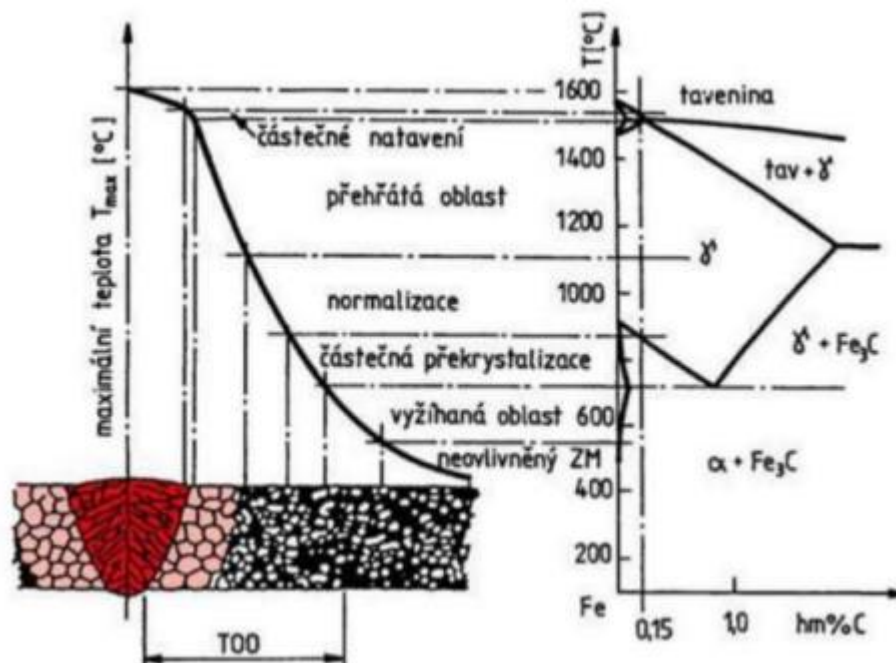
Obrázek 5 Kořenová, plnicí a krycí vrstva svaru [6]

3. Tepelně ovlivněná oblast (TOO)

V případě svařování materiálů s polymorfní přeměnou, tedy zejména kovových materiálů dochází v bezprostřední blízkosti tvorby svarového spoje k výrazným změnám struktury materiálu. Toto místo se označuje jako tzv. „Tepelně ovlivněná oblast“ viz. Obrázek 6. [7]

Při svařování kovových materiálů s polymorfní přeměnou je možné tepelně ovlivněnou oblast rozdělit do několika pásem[1]:

- oblast částečného natavení – přechod ze svarového kovu do TOO,
- oblast přehřátí – teplota cca 1100 až 1300 °C, dochází k výraznému hrubnutí zrna,
- oblast normalizace – úplná transformace struktury,
- oblast částečné překrystalizace – oblast s neúplnou polymorfní přeměnou,
- oblast vyžhání – dochází ke změnám v tuhém roztoku Fe, nebo substrukturní přeměně, může docházet ke stárnutí oceli. [7]



Obrázek 6 Vliv teplotního účinku na strukturu svarového spoje [7]

Při svařování metodou TIG dochází k malé tepelně ovlivněné oblasti (TOO) oproti jiným technologiím, jako je například svařování obalenou elektrodou. Z toho plynou i menší napětí a deformace svarků. Odpadá tak doba na rovnání svařence po svařování. Vždy záleží na použitých parametrech svařování, tloušťce a volbě základního materiálu. [7]

Kde je vhodné použít TIG svařování?

- náročné kořenové vrstvy potrubí produktovodů. Další vrstvy se obvykle pokládají produktivnější metodou (MIG).
- trubky kotlů v energetice.

- tvarově složité konstrukce, zejména z trubek z hliníkových materiálů a nerez ocelí: rámy kol a motorek, rehabilitační pomůcky, ochranné rámy off-road automobilů, zábradlí, žebříky a kovový nábytek s vysokým požadavkem na dekorativnost.
- svařování speciálních materiálů a heterogenních spojů: vysocelegované a nástrojové oceli, oceli pro energetiku, hliníkové materiály, titan, měď a bronz, hořčík, apod.
- svařování velmi tenkých materiálů.

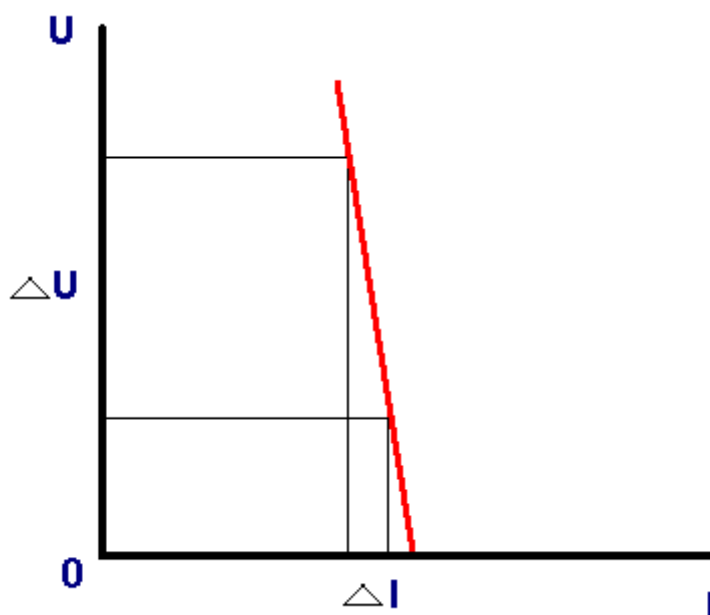


Obrázek 7 Ukázky svarů provedených metodou TIG [2]

4. Zdroje svařovacího proudu pro TIG svařování.

Jedná se o svařování elektrickým obloukem, který hoří mezi základním materiálem a netavící se elektrodou upevněnou v hořáku. Elektrický oblouk produkuje značné množství tepla, které je schopno tavit kovové materiály. Zatímco elektroda se odtavovat nesmí, základní materiál naopak musí být tepelným působením oblouku nataven. Elektrický oblouk je elektrický výboj v plynu. Působením teploty a elektrického proudu dojde k tzv. ionizaci plynu a následnému zapálení a hoření elektrického oblouku za současného uvolnění značného množství energie. Právě tuto energii využíváme pro tavení svařovaného materiálu. [4]

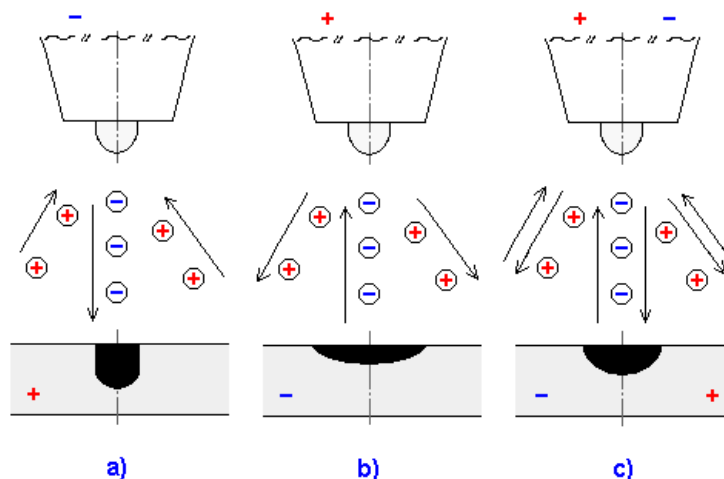
Pro svařování TIG se používá zdroj svařovacího proudu s tzv. strmou statickou V-A charakteristikou Obrázek 8, tedy v principu stejný zdroj jako pro ruční svařování obalenými elektrodami. Tato charakteristika je v idealizované podobě na následujícím obrázku a vyjadřuje závislost napětí (U) a proudu (I). [4]



Obrázek 8 Strmá statická V-A charakteristika TIG svářečky [4]

Při strmé charakteristice dochází při větších změnách napětí (ΔU) na oblouku jen k minimálním změnám svařovacího proudu (ΔI). Napětí na oblouku je úměrné délce oblouku což znamená, že i při velké změně délky oblouku (vlivem nedokonalosti držení hořáku svářečem v ruce) se svařovací proud mění jen minimálně. [4]

Pro svařování metodou TIG lze využít zdroj stejnosměrného (DC) i střídavého (AC) proudu. Podmínkou pro použití je strmá statická volt-ampérová charakteristika. Pokud se volí stejnosměrný proud, je možno svařovat s použitím takzvané přímé a nepřímé polarity. Při svařování přímou polaritou je netavící se elektroda hořáku připojena na minus pól zdroje a svařovaný materiál na plus pól zdroje. V případě nepřímé polarity je zapojení opačné. Plus pól zdroje je připojen na netavící se elektrodu hořáku a minus pól na svařovaný materiál. Dále je možno použít stejnosměrný proud s konstantním nebo pulsujícím průběhem v čase. Pokud je použit střídavý proud, polarita se v čase mění. Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 9) je znázorněno, jak polarita ovlivňuje hloubku závaru. [4]



Obrázek 9 TIG svařování DC: a) přímá polarita b) nepřímá polarita c) AC [4]

TIG svařování stejnosměrným proudem (TIG DC).

a) přímá polarita při TIG svařování (TIG DC-):

při TIG svařování stejnosměrným proudem se používá téměř výhradně tzv. přímá polarita, kdy je wolframová elektroda připojena na MINUS pól zdroje svařovacího proudu a základní materiál na PLUS pól. V praxi to znamená, že TIG hořák připojíte na MINUS svorku zdroje a zemnicí kabel na PLUS svorku. Na záporné elektrodě (tedy na wolframové elektrodě v hořáku) se vyvíjí 1/3 veškerého tepla oblouku, kdežto na kladné elektrodě (na základním materiálu) zbylé 2/3 tepla. Máme tedy k dispozici více tepla pro snadnější tavení materiálu a zároveň wolframová elektroda není tolik tepelně namáhána. Svary zhotovené TIG DC přímou polaritou jsou úzké a vyznačují se velkou hloubkou závaru, viz Obrázek 9a).

Bohužel přímá polarita neumožňuje tzv. čistící efekt oblouku, a proto ji nelze použít pro materiály s odolnou oxidickou vrstvou na povrchu (hliníkové a hořčíkové materiály). Použití DC proudu s přímou polaritou je vhodné pro většinu svařitelných kovů, které neobsahují na svém povrchu odolné oxidy. Pomocí TIG DC se svařují zejména ocelové materiály od konstrukčních nelegovaných až po vysokolegovanou ocel. Dále lze TIG DC použít na materiály na bázi niklu a mědi, titan a pro navařování tvrdých vrstev při opravách nástrojů. Pro stabilní oblouk je při přímé polaritě nutné brousit elektrodu do špičky. Špička má při svařování tendenci se vlivem tzv. katodové skvrny zakulacovat a je nutné ji pravidelně přibrušovat, aby oblouk byl stabilní. [4]

b) nepřímá polarita při TIG svařování (TIG DC+):

při opačném zapojení, tedy s tzv. **nepřímou polaritou** (hořák na PLUS a zemnicí kabel na MINUS), bude wolframová elektroda vystavena velkému tepelnému namáhání 1/2 veškerého tepla a hrozí její odtavení. Z netavící se elektrody se tak snadno může stát elektroda tavící se. Přesto se toto ve velmi omezené míře někdy používá v praxi, ale je nutné zajistit intenzivní chlazení wolframové elektrody. Výhodou nepřímé polarity je čistící efekt. Nepřímá polarita se používá na materiály potažené odolnou oxidickou vrstvou. Mezi ně patří zejména hliník, hliníkové slitiny a hořčík. Používá se zpravidla jen na malé tloušťky, které lze svařovat malými proudy, za současného intenzivního chlazení wolframové elektrody. Je tedy nutné použití speciálních hořáků. Pro běžné svařování s běžně dostupným zařízením se nepřímá polarita nepoužívá. Svary zhotovené TIG DC nepřímou polaritou jsou široké s malou hloubkou závaru viz. Obrázek 9b). [4]

Čistící efekt elektrického oblouku.

Čistící efekt elektrického oblouku snadno odstraňuje odolné oxidy, které jsou na povrchu některých materiálů (hliník, hořčík) a které znesnadňují svařování těchto materiálů. Například hliníkové materiály jsou potaženy vrstvičkou oxidu hlinitého (Al_2O_3 teplota tavení 2050°C), který má cca 3x vyšší teplotu tavení než samotný hliník (teplota tavení 660°C), je elektricky nevodivý a je velmi tvrdý. Tento oxid prakticky znemožňuje svařování hliníkových materiálů a je nutné jej před, nebo během svařování odstranit. Lze to udělat několika způsoby [4]:

1) **mechanické očištění** (obroušení, okartáčování) - málo účinné, protože po očištění se oxid začne na vzduchu ihned vytvářet znovu. Přesto je vhodné použít mechanické očištění alespoň v místě, kam ihned po očištění připneme zemnicí svěrku a případně i v místě, kde budeme zapalovat oblouk. Čistit musíme těsně před svařováním. [4]

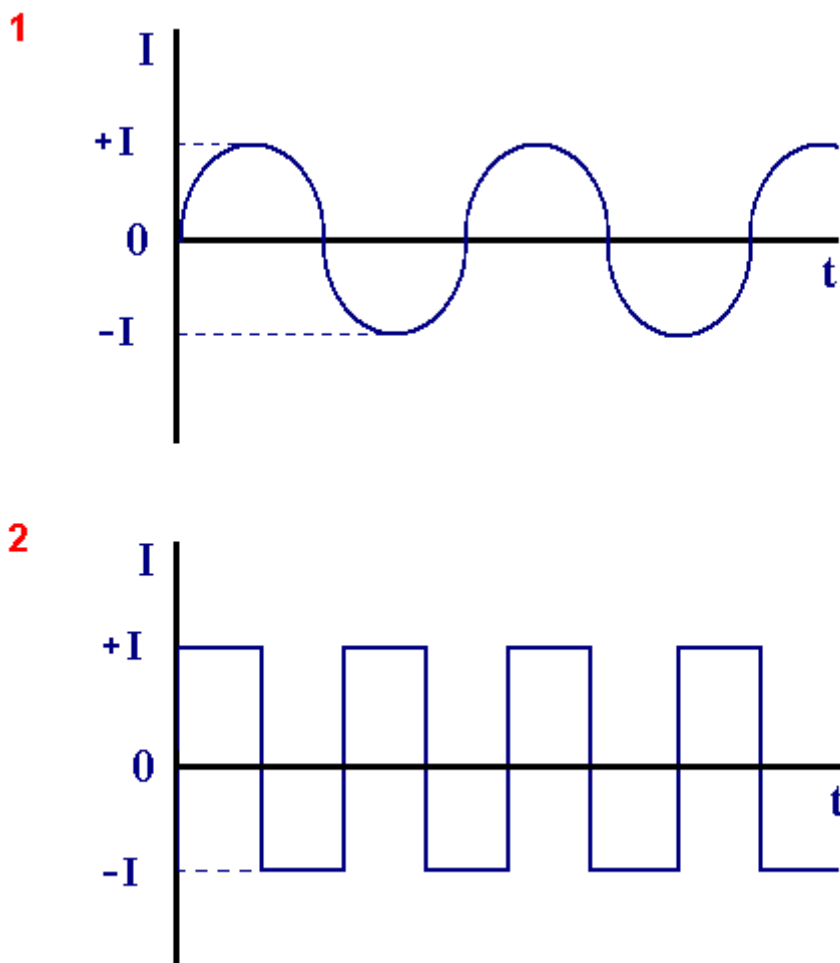
2) **chemické očištění** pomocí speciálních přípravků a rozpouštědel - více účinné, ale komplikované. Používalo se pro svařování hliníku plamenem, pro svařování elektrickým obloukem se téměř nepoužívá.

3) **čištění elektrickým obloukem** za pomoci katodové skvrny. Čistící efekt nepřímé polarity stejnosměrného svařovacího proudu oxid spolehlivě odstraní. Příčinou je tzv. katodová skvrna. Ta se vytváří při hořícím oblouku na záporné elektrodě (katodě), kterou zde reprezentuje základní materiál. Skvrna se pohybuje po materiálu a vyhledává místo s tzv. nejnižší emisní energií. V tomto místě je zároveň nejsilnější vrstva oxidu. Skvrna svou energií oxid odpaří. Zároveň zde působí ještě tzv. dynamický účinek oblouku, kdy proud kladných iontů plynu urychlovaný směrem ke svarové lázni, pomáhá rozbít vrstvičku oxidu. Toto vše je možné pouze při nepřímé polaritě, tedy zapojení hořáku na PLUS a materiálu na MINUS. Při svařování hliníku pomocí MMA nebo MIG se svařuje nepřímou polaritou a svařování je relativně bezproblémové. Při svařování TIG je ovšem třeba vzít v úvahu výše popsané nevýhody nepřímé polarity pro TIG svařování. Proto se pro svařování materiálů, kde potřebujeme využívat čistícího efektu používá pro TIG střídavý svařovací proud (AC). Stejnosměrný proud je vhodný zejména pro svařování CrNi ocelí, mědi. Svařování nízkolegovaných ocelí se používá spíše pro kořenové svary, u kterých je obecně požadována vysoká kvalita, nebo pro opracování přechodů svarů zhotovených jinými metodami (např. MIG/MAG). [4]

TIG svařování střídavým proudem (TIG AC).

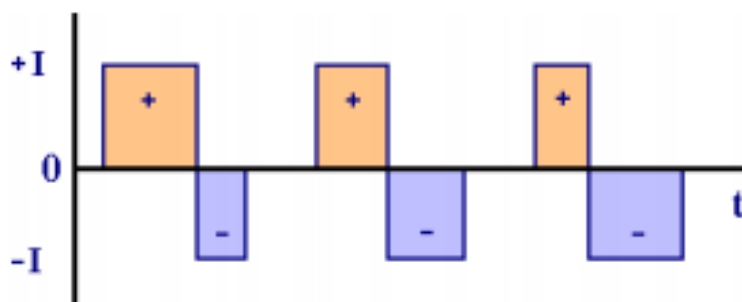
Při TIG svařování střídavým (AC) proudem dochází k periodickému střídání polarity, Obrázek 9c). Část periody je tedy wolframová elektroda připojena na PLUS a zbylou část periody na MINUS. Střídavý proud nám umožní využít výhod přímé i nepřímé polarity zároveň. Při připojení na PLUS dochází k čištění základního materiálu od oxidů, ale zároveň je více namáhána wolframová elektroda. Ve druhé fázi je polarita obrácená, wolframová elektroda je připojena na MINUS a dochází k jejímu částečnému ochlazení a zároveň k většímu natavení základního materiálu. Zjednodušeně můžeme říci, že periodicky dochází ke střídání fáze čištění a fáze svařování. [4]

Starší TIG AC svářečky měly sinusový průběh Obrázek 10 svařovacího střídavého proudu, jehož frekvence odpovídala frekvenci síťového napájecího napětí, tedy 50 Hz. Tyto zdroje neumožňovaly měnit střidu, tedy poměr mezi kladnou a zápornou polaritou. Poměr čištění/svařování byl 50/50. Tento poměr má zbytečně velký čistící účinek a dochází k velkému tepelnému namáhání wolframové elektrody. Dnes se tato technologie již nepoužívá. Další generace TIG AC svářeček sice stále používala frekvenci 50 Hz a vycházela ze sinusového průběhu, ale bylo již možné měnit poměr čištění/svařování díky nastavitelnému invertování polarity sinusovky. [4]



Obrázek 10 Střídavý proud sinusového a obdélníkového průběhu [4]

Moderní svářečky pro svařování TIG AC mají obdélníkový průběh Obrázek 11 výstupního proudu a umožňují nastavit jak frekvenci střídání polarity (cca 20 - 200 Hz), tak poměr jednotlivých fází (čištění / svařování) v rozmezí cca 20 - 60% čištění, zbytek svařování. Větší poměr čištění (50 - 60%) se používá jen při svařování silně zoxidovaných materiálů. Pro běžné materiály stačí poměr čištění okolo 20-40%. Regulace poměru čištění/svařování se nazývá Balance Obrázek 11 [4]:

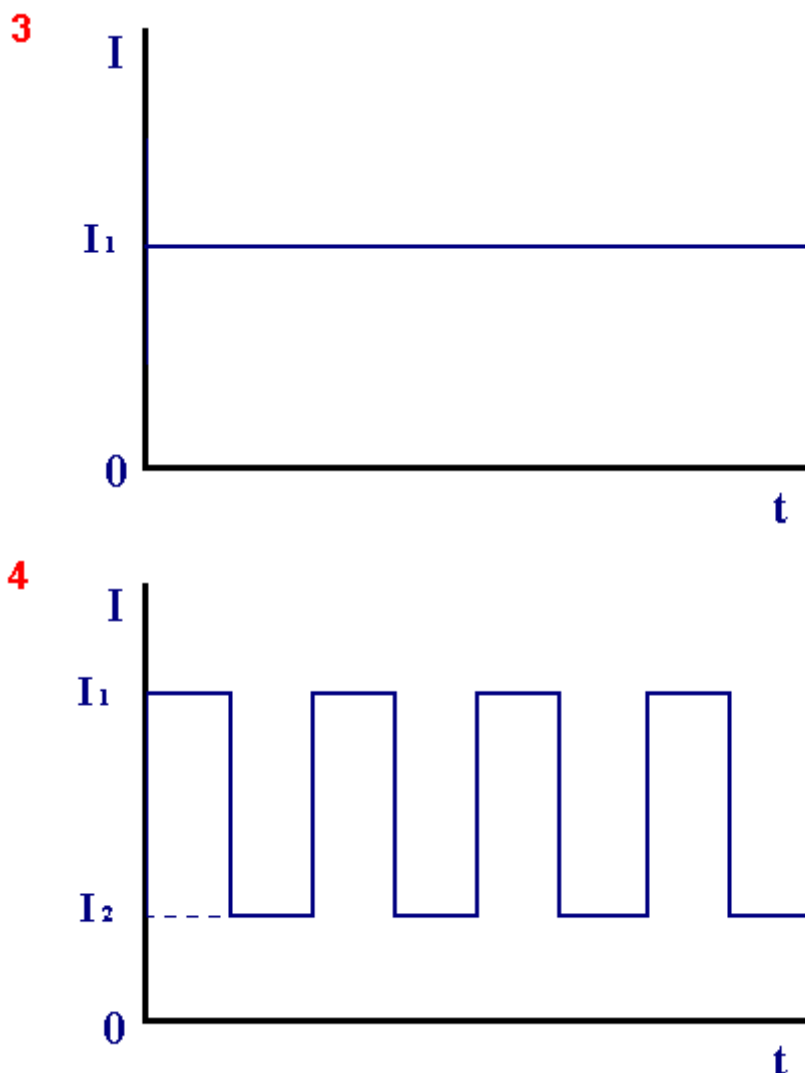


Obrázek 11 Poměr čištění a svařování (Balance) u TIG AC [4]

Nevýhodou TIG AC svařování je technologická náročnost na svářečku. TIG AC svářečky musí být totiž vybaveny vždy bezdotykovým HF startem (startovat AC TIG náskrabem je velmi obtížné až nemožné) a také musí být vybaveny zařízením, které stabilizuje oblouk při průchodu napětí nulou. Některé stroje to řeší tak, že mají trvale zapnutý HF ionizátor i při svařování. Svařování střídavým proudem se používá zejména ke svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin. [4]

Konstantní proud a pulsní proud.

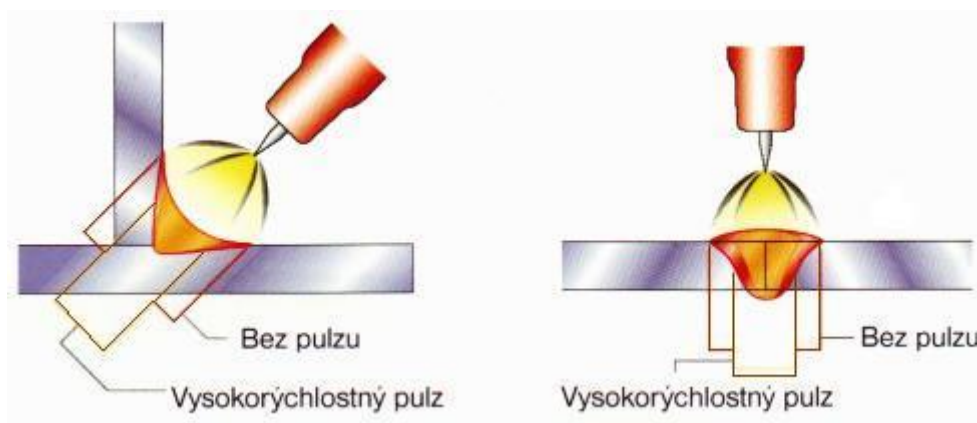
Dosud jsme předpokládali, že svařovací proud, ať už DC či efektivní hodota AC, má konstantní průběh. Tedy, že jeho velikost se během svařování nemění a zůstává na hodnotě nastavené svářečem. Kromě konstantního průběhu (graf 3) lze však použít i tzv. pulsní proud (graf 4). Pak mluvíme o tzv. pulsním svařování, či svařování v pulsu. [5]



Obrázek 12 Konstantní a pulsní svařovací proud [5]

Principem je periodické střídání vyšší (I_1) a nižší (I_2) hodnoty proudu. Základní svařovací proud I_1 je nastaven svářečem na požadovanou hodnotu. Tento proud zajišťuje dobrý průvar. Proud I_2 nastavuje, buď také manuálně svářeč, nebo jej nastavuje svářečka automaticky v závislosti na hlavním proudu I_1 . Velikost I_2 se většinou volí v procentech hlavního proudu I_1 (cca 20 - 50%). Proud I_2 zajistí ionizaci prostředí a tedy "podržení" hořícího oblouku, ale nestačí k vytvoření tavné lázně a materiál se ochladí. Výsledkem je menší tepelné ovlivnění základního materiálu. Správně nastavenými pulsy lze úspěšně ovlivňovat hloubku závaru i šířku svaru. Dochází k menšímu promíšení základního materiálu, což přináší výhody při svařování heterogenních spojů. Důležitou vlastností pulsního svařování je také to, že umožňuje provádění estetických svarů - tzv. penízkové svary s překrytím 50-70%. [5]

V závislosti na frekvenci střídání jednotlivých fází I1 a I2 mluvíme o běžném pulsu (0,25 - 25 Hz), nebo o vysokorychlostním pulsu (20 - 600 Hz). Běžný puls je ideální pro svařování nerez oceli a tenkých plechů. Umožňuje svařování plechů různých tloušťek a pomáhá svářeči řídit svařovací proces a získat tak přesnou a vzhledově pěknou svarovou housenku. Vysokorychlostní puls má koncentrovanější (zúžený) oblouk a důsledkem toho je výrazně menší tepelně ovlivněná oblast [5]:



Obrázek 13 Rozdíl svařování s pulsem a bez [5]

Pulsní svařování lze aplikovat jak na svařování stejnosměrným proudem, tak na svařování střídavým proudem. Při svařování střídavým proudem je pod označením I1 a I2 nutné chápat efektivní hodnotu střídavého svařovacího proudu. [5]



Obrázek 14 Svar v pulsním režimu [5]

5. Popis svařovacího zdroje ESAB Caddy Tig 2200i AC/DC



Obrázek 15 Svařovací zdroj Caddy Tig 2200i AC/DC

Kompaktní a přenosný invertorový svařovací zdroj Caddy Tig 2200i AC/DC je určený pro svařování metodami TIG a MMA v režimu AC i DC. Svařovací zdroj je vybaven funkcí zapalování oblouku HF nebo LiftArc. Je určen pro svařování všech typů materiálů do tloušťky 5 mm s vysokou kvalitou. Jedním z nejhlavnějších úkolů svářečky TIG je zajistit stabilitu oblouku. Svařovací zdroj Esab Caddy Tig 2200i AC/DC je vybaven funkcí QWave, která optimalizuje AC průběh proudu pro zajištění stabilního oblouku a zároveň omezuje hluk procesoru na minimum, aniž by to mělo vliv na kvalitu svaru. Zdroj je dále vybaven funkcí TrueArc, která neustále koriguje svařovací parametry tak, aby výstup odpovídal nastaveným hodnotám, zejména při svařování legovaných ocelí, hliníku a slitin hliníku.



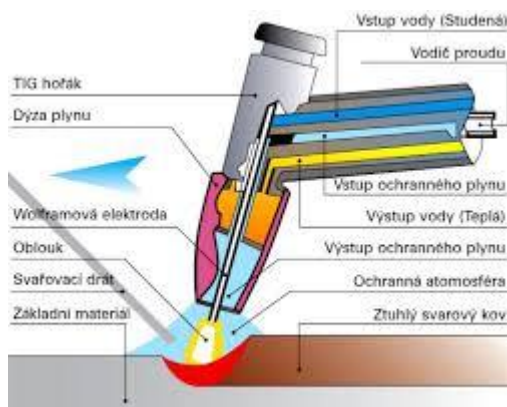
Obrázek 16 Panel TA34 AC/DC

Ovládací panel TA34 umožňuje svařovat pulzní metodou Tig pro lepší kontrolu vneseného tepla. Je vybaven také funkcí Micro Pulse s nastvením délky pulsu již od 0,001 s. Panel TA34 je vybaven dvěma paměťovými pozicemi pro uložení všech nastavení, které lze přepínat i během svařování. Dále lze nastavit svahování nahoru a dolů, předfuk a dofuk plynu. Dále je vybaven nejnovějším regulátorem, ArcPlus II zajišťujícím intenzivnější, ale přesto plynulý a stabilní oblouk, který lze snadno regulovat. Regulátor ArcPlus II vytváří menší kapičky svárového kovu, oblouk hoří plynuleji a není nutno prodlev na hranách při rozkvyvu u nanášení širokého návaru. Regulátor ArcPlus II nabízí lepší svařovací charakteristiky, zjednodušuje práci a zajišťuje lepší kvalitu sváru s menšími nároky na opracování po svařování.

Součástí vybavení svařovacího zdroje je i lehký a dobře ovladatelný hořák ESAB Tig TXH 201 Obrázek 17.



Obrázek 17 Svařovací hořák Esab Tig TXH 201



Obrázek 18 Průřez TIG hořákem

Funkce svařovacího zdroje Caddy Tig 2200i AC/DC:

HOT START - usnadňující funkce zapálení elektrického oblouku.

ARC FORCE - funkce zajišťující stabilitu elektrického oblouku.

ArcPlus II - regulace zajišťující lepší svařovací charakteristiku.

HF zapalování - bezdotykové zapalování elektrického oblouku.

TIG PULSE - nastavení frekvence plusace svářecího proudu (vhodné pro svařování tenkých materiálů) - snížení vneseného tepla tj. menší deformace rozsah 0,01-2,5 s.

TIG MICRO PULSE - puls v pulsu - frekvence od 0,001 s. 2 TAKT/ 4 TAKT.(dvoutakt se používá u krátkých svarů, stisknutím tlačítka se uvede svářečka do chodu, puštění tlačení zastaví. Čtyřtak vhodný pro dlouhé svary, stisknutím se spustí svářečka po uvolnění tlačítka zůstává v chodu, dalším stisknutím a uvolněním se zastaví.

Nastavení předfuku a dofuku plynu.

Nastavitelné svahování nahoru a dolů.(Postupné zvyšování a snižování proudu)

Možnost připojení dálkového ovládání.

Technické informace svařovacího zdroje ESAB Caddy Tig 2200i AC/DC:

Napájecí napětí: 1x230 V

Jištění: 16 A

Proudový rozsah (TIG): 4-220 A

Proudový rozsah (MMA): 16-160 A

Napětí naprázdno: 54,0 - 64,0 V

Zatěžovatel při 100 %: 140 A

Zatěžovatel při 60 %: 150 A

Zatěžovatel při 20 %: 220 A

Třída krytí IP: 23 S

Rozměry Š x D x V: 187 x 407 x 137 mm

Hmotnost: 15 kg

6. Netavitelné elektrody pro TIG svařování

Druhy wolframových elektrod.

Wolframové elektrody pro TIG svařování lze rozdělit podle příměsí (legur). Kromě nelegované elektrody z čistého wolframu se používají elektrody legované oxidy Thoria, Lanthanu, Ceria a Zirkonu. Pro snadné odlišení jednotlivých typů se používá barevného značení vždy jednoho konce elektrody. Přiřazení barev jednotlivým typům je v následující tabulce: [3]

Označení elektrody	Barva	Legování
WP	zelená	čistý wolfram 99,8%
WT 10	žlutá	thorium 1% ThO ₂
WT 20	červená	thorium 2% ThO ₂
WT 30	fialová	thorium 3% ThO ₂
WT 40	oranžová	thorium 4% ThO ₂
WC 20	šedá	cerium 2,0% CeO ₂
WL 10	černá	lanthan 1,0% LaO ₂
WL 15	zlatá	lanthan 1,5 % LaO ₂
WL 20	modrá	lanthan 2,0% LaO ₂
WZ 08	bílá	zirkon 0,8% ZrO ₂

WP - čistý wolfram. Elektroda je vhodná pro svařování slitin hliníku střídavým proudem. Zde vyniká dobrou stabilitou oblouku. Naopak nevhodná je pro svařování stejnosměrným proudem. Jako jediná se WP elektroda nebrousí do špičky.

WT - obsah thoria způsobuje snížení výstupní práce a zvýšení emise elektronů. Se stoupajícím obsahem thoria se zlepšuje: zapalovací vlastnosti, trvanlivost, proudová zatížitelnost. Hlavní použití těchto elektrod je při svařování vysoce legovaných a nerezových ocelí stejnosměrným proudem, kde vyznačují výborné vlastnosti.

Thorium je radioaktivní prvek. Se stoupajícím obsahem Thoria roste radioaktivita těchto elektrod. Nebezpečí thoriových elektrod není v záření gama (zanedbatelné) ale v záření alfa. Záření alfa je korpuskulární (částicové) záření, jehož částicemi je proud jader helia 4He. Částice α vznikají při α -rozpadu těžkých jader. Radioaktivní částice se usazují v plicích a v nejhorším případě mohou způsobit rakovinu. Pokud jsou přesto použity, je nutné důkladné odsávání při broušení i při svařování. Práce s těmito elektrodami bez těchto opatření je nezodpovědná a vede ke komplikacím z hlediska bezpečnosti práce. V dohledné době lze očekávat přechod od WT elektrod k elektrodám WC a WL.

WC - cerované elektrody jsou univerzální pro téměř všechna použití. Lze je použít pro svařování stejnosměrným i střídavým proudem. Cerované elektrody jsou vhodné pro svařování nelegovaných i legovaných ocelí, slitin hliníku, slitin titanu, niklu, mědi a hořčíku. WC elektrody mají svářecí vlastnosti podobné jako WT elektrody: velmi dobré zapalovací vlastnosti - i při teplé elektrodě, dobrá trvanlivost a proudová zatížitelnost. Podstatně méně však zatěžují životní prostředí a zdraví svářeče.

WL - lanthanované elektrody jsou stejně jako WC elektrody univerzální pro téměř všechna použití při

svařování střídavým i stejnosměrným proudem. Lathanované elektrody předstihují cerované zejména v oblasti nízkých proudů. Jsou tak vhodné i pro svařování plasmou a mikroplasmou. Vyšší podíl lathanu usnadňuje zapalování, zejména při automatizovaném svařování (orbitální, robotické, polohovací stoly atd.)

WZ - obsah zirkonu minimalizuje tvorbu wolframových vměstků ve svarovém kovu. Použití je hlavně pro střídavý proud a tedy pro svařování hliníkových materiálů jako náhrada WP elektrod. Pro stejnosměrný proud je lze použít jen podmíněně.

Obecně se dnes etablují jako standardy elektrody WC 20 (šedá) a WL 15 (zlatá). Tyto typy pokrývají široký okruh materiálů jako je: Hliník, nerez, uhlíková ocel, bronz, titan, měď atd. [3]



Obrázek 19 Příklady wolframových elektrod pro TIG svařování [3]

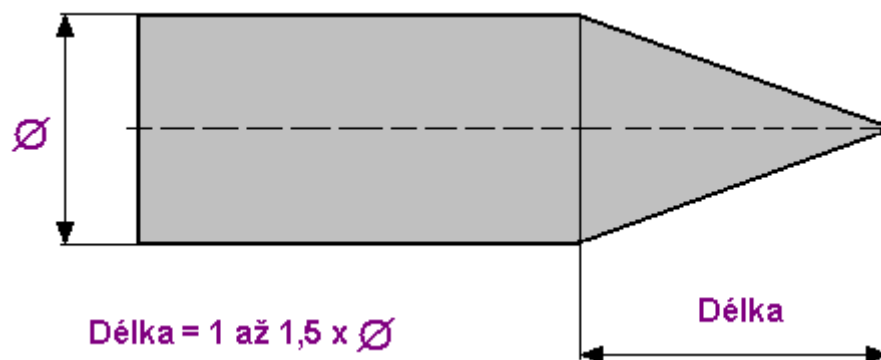
Příklady wolframových elektrod pro TIG svařování.

Wolframové elektrody se vyrábějí v těchto průměrech: 1,0 - 1,6 - 2,0 - 2,4 - 3,2 - 4,0 - 4,8 - 6,0 a 6,4 mm. Standardně vyráběné délky jsou: 50, 75, 150, a 175 mm [3]

Výrobci doporučují, aby použitý průměr elektrody byl rovněž vzdáleností od materiálu, tedy elektroda o průměru 2,4 mm má být udržována ve vzdálenosti 2,4 mm od základního materiálu. Délka oblouku by měla být po celou dobu svařování udržována stejná. [3]

Broušení wolframových elektrod.

Tvar konce elektrody ovlivňuje podstatným způsobem průběh svařování a kvalitu svaru. Elektrody se brousí do špičky. Délka špičky má být asi 1 - 1,5 násobek průměru (pro průměr 2,4 mm = délka špičky 2,4 - 3,6 mm), viz Obrázek 20 [3]:



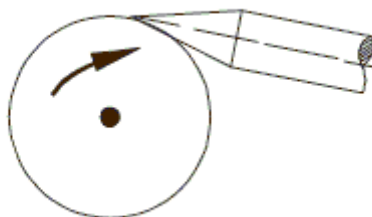
Obrázek 20 Vztah délky špičky k průměru elektrody [3]

Špička elektrody má být po broušení otupena tak, aby průměr otupení špičky byl cca. 10% průměru elektrody. (elektroda průměru 2,4 mm = cca 0,24 mm). Otupení způsobí významné snížení zatížení špičky a tím zřetelné prodloužení životnosti. Před broušením je nutno zkontrolovat, aby konec elektrody nebyl nalomen nebo naříznut. Mezní pevnost zrna elektrody je totiž menší než pevnost jednotlivých krystalů. Elektrody mají proto sklon uvolňovat se při mechanickém namáhání podél zrn. Vysoké zahřátí při svařování pak způsobuje tvoření trhlin ve špičce. Broušení elektrod musí probíhat nanejvýš opatrně, aby se zabránilo poškození hranic zrn mechanickou silou. Broušení se musí provádět jen lehkým tlakem, protože při velké tvorbě tepla může dojít rovněž k napětí v zrnech a poškození hranic zrn. Ruční broušení je nevhodné. Je nutné používat brusný kotouč s co nejjemnějším zrnem. Nejlepší je diamantový kotouč s umělohmotnou nebo kovovou texturou. Korundové brusné kotouče vykazují vzhledem k jejich tvrdosti horší brusné výsledky. Čím je jemnější broušení, tím je vyšší životnost elektrody. Ideální je použití speciální brusky Obrázek 21 na wolframové elektrody. Je sice dost drahá, ale pro specializovaná svářečská pracoviště se vyplatí. [3]



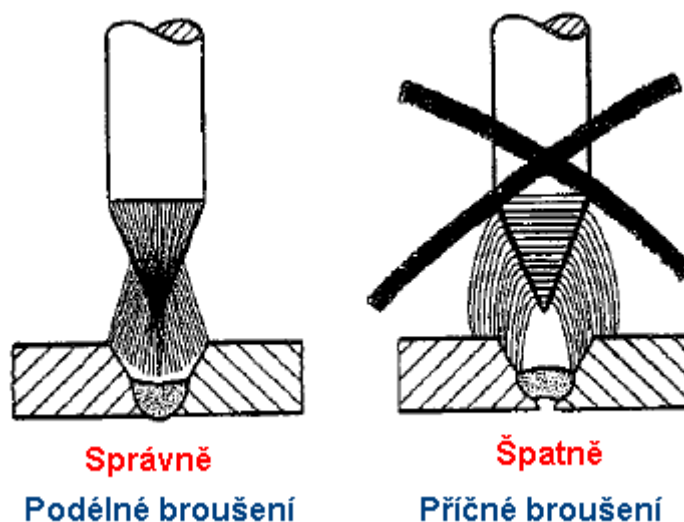
Obrázek 21 Speciální bruska na wolframové elektrody [3]

Směr broušení: je důležité brousit elektrodu podélně tak, aby vrypy po broušení byly rovnoběžné s podélnou osou elektrody Obrázek 22.



Obrázek 22 Správné podélné broušení wolframové elektrody [3]

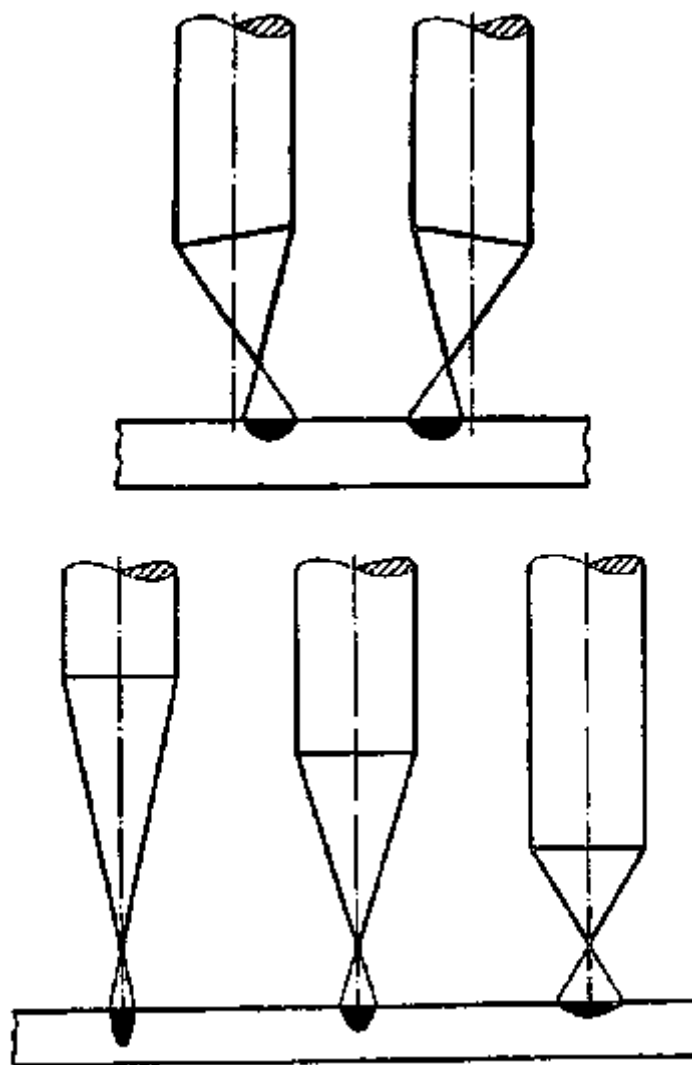
Při příčném broušení způsobují rýhy nestabilní oblouk a vylamování částecek wolframu, které se potom mohou dostat do lázně. Nehledě na to, že při příčném broušení bychom elektrodu snadno zlomili. Elektrodu je při broušení nutné otáčet velmi pomalu. Vliv směru broušení ukazuje následující Obrázek 23. [3]



Obrázek 23 Vliv směru broušení špičky [3]

Velmi záleží na tom, aby špička byla v ose elektrody. Při excentricitě vzniká nebezpečí nestabilního oblouku. Zejména při automatickém svařování pak vzniká nebezpečí, že ačkoliv je elektroda přesně fixována k materiálu úchytem elektrody, vadné vycentrování špičky způsobí, že svařovací energie není přivedena na požadované místo [3].

Spolu s průměrem elektrody má úhel nabroušení rozhodující vliv na kvalitu svaru. Obrázek 24 znázorňuje, jaký tvar má tavná lázeň při stejném proudu ale různých úhlech špičky. Oblouk je zrcadlovým obrazem úhlu broušení. Ostrý úhel elektrody přenáší energii na malou plochu s velkým natavením. Tupý úhel elektrody přenáší stejný svařovací proud na velkou plochu s poměrně mělkým natavením. [3]



Obrázek 24 Vliv excentricity a geometrické špičky [3]

Je třeba dbát na to, aby elektrody byly v pravidelných intervalech pečlivě přebroušovány a to už před jejich opotřebením. V žádném případě se nesmí čekat na to, až se kvalita svaru nebo zapalovací vlastnosti viditelně zhorší. Okamžité přebroušení je také nutné v případě dotyku elektrody s tavnou lázní. [3]

Proudová zatížitelnost wolframových elektrod.

Následující tabulka zobrazuje, jaké rozsahy proudu můžeme použít pro wolframové elektrody různých průměrů. Tabulka je sestavena zvlášť pro elektrody z čistého wolframu (WP) a pro legované elektrody (Leg. = ostatní). Dále je zohledněn druh proudu (AC/DC) a v případě stejnosměrného proudu také polarita (přímá/nepřímá) [3]:

Proudová zatížitelnost wolframových elektrod						
Průměr elektrody v mm	Stejnoseměrný proud (DC) v A				Střídavý proud (AC) v A	
	- pól		+ pól			
	WP	Leg.	WP	Leg.	WP	Leg.
1.0	do 65	do 75	-	-	do 25	do 30
1.6	45-90	60-160	do 20	do 20	30-90	30-120
2.4	80-160	150-250	10-25	10-25	80-140	100-210
3.2	150-290	220-330	15-30	15-30	130-190	150-260
4.0	180-260	310-490	25-45	25-45	180-270	240-350
4.8	240-450	460-640	40-60	40-60	250-350	310-450
6.4	350-800	480-850	50-90	50-90	320-460	380-530

7. Hliník a slitiny hliníku

Hliník (chemická značka Al, latinsky Aluminium) je velmi lehký kov bělavě šedé barvy, velmi dobrý vodič elektrického proudu, široce používaný v elektrotechnice a ve formě slitin v leteckém průmyslu a mnoha dalších aplikacích. Hliník a slitiny hliníku jsou velmi dobře svařitelné téměř všemi metodami svařování. Výjimkou je slitina dural, která je svařitelná obtížně. Hliník nalézá uplatnění především díky své poměrně značné chemické odolnosti a nízké hmotnosti. Proto se z jeho slitin vyrábějí například některé drobné mince, ale i běžné kuchyňské nádobí a přístroje. Ve stavebnictví se používají lisované hliníkové profily, ze kterých se vyrábějí např. okna a dveře [9].

Slitiny hliníku

Nejdůležitější je však uplatnění hliníku ve formě slitin, z nichž bezesporu nejznámější je slitina s hořčíkem, mědí a manganem, známá jako dural. Tento materiál má oproti samotnému hliníku mnohem větší pevnost a tvrdost při zachování velmi malé hustoty. Zároveň jsou i značně odolné vůči korozi. Všechny uvedené vlastnosti předurčují dural jako ideální materiál pro letecký a automobilový průmysl, ale setkáme se s ním při výrobě výtahů, jízdních kol, lehkých žebříků a podobných aplikacích. Slitiny hliníku se využívají proto, že čistý hliník má poměrně malou pevnost. Nejvýznamnějšími prvky, které se vyskytují ve slitinách s hliníkem, jsou měď, hořčík, mangan, křemík a zinek. Měď, která může být do 12% obsahu, zvyšuje tvrdost i pevnost, nepříznivě ovlivňuje tvárnost a odolnost proti korozi. [9]

Hořčík, do maximálního obsahu 11%, zajišťuje vytvrditelnost a zlepšuje odolnost proti korozi a pevnost.

Mangan, obvykle do 2% obsahu, zvyšuje tvárnost, pevnost, houževnatost a odolnost proti korozi.

Křemík, až do 25% obsahu (u slévarenských slitin) či 1% (u tvárných), zvyšuje odolnost proti korozi a pevnost.

Zinek (max. 6-8%) zvyšuje pevnost za cenu nižší odolnosti proti korozi.

Železo zvyšuje slévatelnost a pevnost, snižuje tvárnost a odolnost proti korozi a to až do 1,5% obsahu.

Nikl zvyšuje teplotní odolnost, pevnost, houževnatost i odolnost proti korozi, jeho koncentrace ve slitinách je 2% obsahu. [9]

V následující tabulce je vidět rozdělení tvářených slitin do skupin dle ČSN573-1[9]

Hlavní legující prvek	Označení skupiny	Slitina	Stav
Hliník čistoty minimálně 99.00 %	1000	Al	Nevytvrditelný
Měď	2000	AlCuMg	Vytvrditelný
Mangan	3000	AlMn	Nevytvrditelný
Křemík	4000	AlSi	Nevytvrditelný
Hořčík	5000	AlMg	Nevytvrditelný
Hořčík a křemík	6000	AlMgSi	Vytvrditelný
Zinek	7000	AlZnMg	Vytvrditelný
Jiné prvky	8000	Al + různé prvky	Vytvrditelný i nevytvrditelný
Nepoužitá skupina	9000		

Technicky čistý hliník – řada 1000

Aplikace hliníků čistoty minimálně 99,00% (série 1000) je především v oblastech, kde se požadují vysoké hodnoty fyzikálních vlastností, a to vysoká elektrická a tepelná vodivost a také vysoká odolnost vůči korozi. Jedná se o elektrotechnický a chemický průmysl, energetiku, architekturu a obalovou techniku. [9]

Slitiny s mědí – řada 2000

Tyto slitiny jsou známější pod obchodním názvem dural, duralminum či superdural. Slitina se dá vytvrzovat ohřevem na teplotu tání, následném ochlazení do vody a samovolném vytvrzení (stárnutí) při normální teplotě. Jedná se o nejpoužívanější slitiny ke tváření, využívané v automobilovém a leteckém průmyslu na součásti, které pracují za běžných teplot. Jedná se o lehkou slitinu s velkou pevností ale malou odolností proti korozi. [9]

Slitiny s manganem – řada 3000

Tyto slitiny obsahují jen málo manganu (do 1,5%) a nejsou vytvrditelné. Používají se tam, kde je potřeba vyšší pevnost a odolnost proti korozi, než má čistý hliník. [9]

Slitiny s křemíkem – řada 4000

Tyto slitiny, nazývané také jako siluminy, se používají pouze ve slévárenství. Maximální rozpustnost křemíku v hliníku je 1,65%. Mají velmi dobrou odolnost proti korozi. Pevnostní vlastnosti se zlepšují takzvaným očkováním. [9]

Slitiny s hořčíkem – řada 5000

Slitiny s hořčíkem mají zvýšenou odolnost proti korozi, a proto se využívají ke stavbě lodních konstrukcí a v chemickém a potravinářském průmyslu. Tyto slitiny používají obchodní označení hydronalium, pokud obsahují i křemík, používá se označení pantal. [9]

Slitiny s hořčíkem a křemíkem – řada 6000

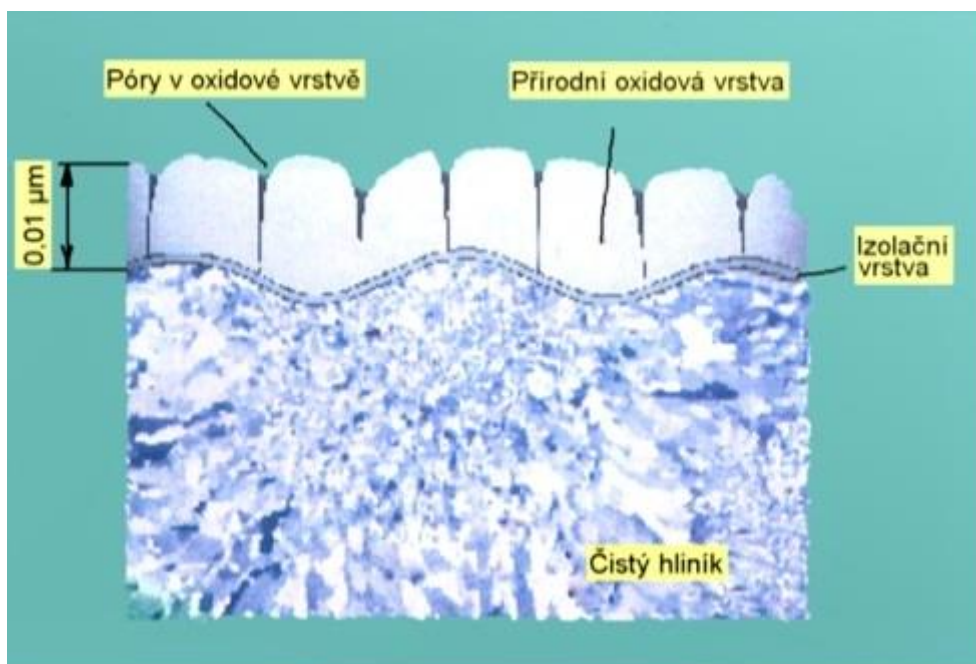
U slitin série 6000 je z hlediska pevnostních vlastností důležité množství intermetalické fáze MgSi, díky které jsou tyto slitiny tepelně zpracovatelné a mají určitou analogii se samokalitelnými oceli – jsou samokalitelné. Charakteristickou vlastností je jejich výborná schopnost ke tváření, svařitelnost, odolnost vůči korozi, mechanická obrobitelnost při středních pevnostních vlastnostech. Hlavní aplikace je v komponentech pro dopravu, segmentech mostních konstrukcí, architektuře a v oblasti sportovních výrobků, např. rámy jízdních kol. [9]

Slitiny se zinkem – řada 7000

Tyto slitiny obsahují 5-8% zinku a kolem 2% hořčíku. Mohou obsahovat také měď, chrom či titan. Jedná se o nejpevnější slitiny hliníku s pevností v tahu až 600 MPa. [9]

8. Svařitelnost hliníkových slitin

Mezi materiály vhodné pro svařování metodou TIG patří přednostně hliníkové slitiny typu Al-Mn, Al-Mg, Al-Si. Svařování vytvrditelných slitin (Al-Cu4-Mg, Al-Zn4-Mg1 a Al-Mg-Si), je obtížnější. Důvodem je tepelný režim způsobený tavným způsobem svařování, kdy již při ohřevu nad 200 °C dochází k poklesu pevnostních vlastností. Ať už jsme se tedy rozhodli pro svařování jakoukoliv metodou, je třeba klást důraz na následující hlediska: 1. Správná volba přídavného materiálu., 2. Použití vhodného ochranného plynu, 3. Optimální volba parametrů, případně aplikace předeřevu. [1]

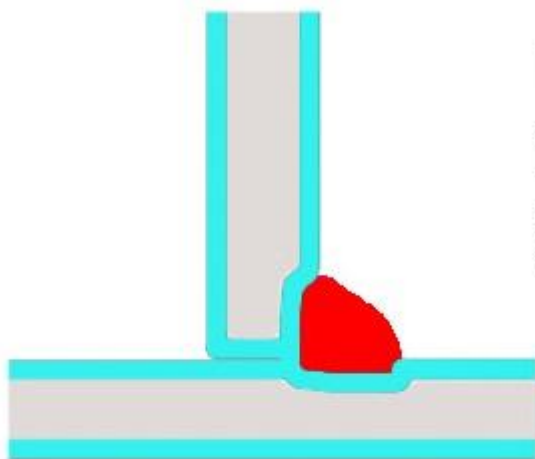


Obrázek 25 Složení vrstvy oxidu hlinitého [1]

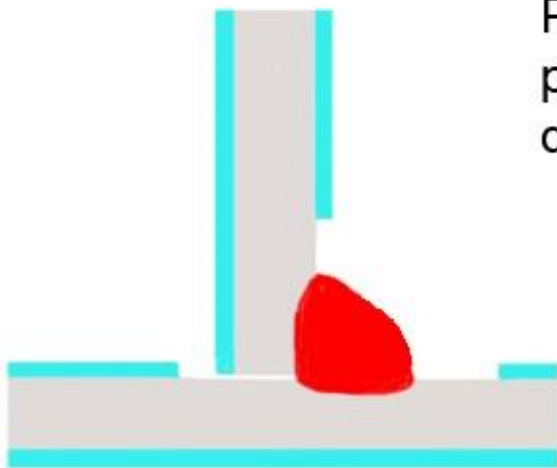
Díky tomu má hliník poměrně dobrou odolnost proti korozi, ale z hlediska svařování je oxidická vrstva velmi problematická. Proto platí pro všechny hliníkové slitiny bez výjimky nutnost odstranění nebo alespoň porušení této souvislé oxidové vrstvy před svařováním a to díky vlastnostem Al_2O_3 . [1]

V procesu tavného svařování je Al_2O_3 netavitelný, to znamená, že pokud je mezi základním materiálem a přídavným roztaveným kovem oxidová vrstva, dojde pouze k „nalepení“ svaru na základní materiál nebo ještě častěji nedojde vůbec ke spojení základního a přídavného materiálu. To se během svařování bude jevit, jako by se oba materiály naopak od sebe odpuzovaly. [1]

Velkou chybu dělají méně zkušení svářeči metodou TIG, kdy během svařování z různých důvodů během svařování vychlí natavený konec svařovacího drátu mimo ochranného plynu. V tom okamžiku se roztavený konec přídavného drátu okamžitě oksiduje a při jeho opětovném podávání do svarové lázně vzniká problém s jeho spojením s lázní. V takovém případě je nutno ihned přerušit svařování a zoxidovaný konec drátu odstříhnout, popř. upravit frézou a vyčistit od zplodin místo budoucího napojení. [1]



Mezi svarovým kovem
a přídavným materiálem
je vrstva oxidu.
Svar je pouze přilepen.



Po odstranění oxidu
před svařením je
docílen kvalitní svar.

Obrázek 26 Netavitelná vrstva oxidu hlinitého [9]

Oxid hlinitý je těžší než hliník. Proto případné oxidy při svařování nevyplavou na povrch svarové lázně, naopak se do ní svojí tíhou propadají a vytvářejí ve svarovém kovu ostře ohraničené vměstky, které mohou být zdrojem tvorby trhlin. [9]

Oxid hlinitý je elektricky nevodivý. Tato vlastnost způsobí problémy s plným využitím elektrických vlastností svařovacího zdroje, nastavené hodnoty oblouku se přes izolační vrstvičku budou přece jen chovat jinak, než u čistých svarových ploch. [9]

U MIG svařování, pokud přídavné dráty jsou skladovány příliš dlouho a ještě navíc v nevhodných teplotách a vlhkosti, s porušeným balením apod. dojde k jejich pokrytí vrstvou oxidu. V napájecím průvlaku mohou být proudové hodnoty proměnlivé a to nepřispívá ke stabilitě svařování a nastávají obrovské problémy se samotným podáváním drátu do svaru. [9]

V této souvislosti je potřebné se zmínit o velmi často opomíjené a podceňované skutečnosti. Kontaktní plochy na základním materiálu pro svorku zemnicího kabelu musí být také očištěny od oxidu, protože vlivem jeho elektrické nevodivosti vznikají v místě kontaktu poměrně velké přechodové odpory a může dojít k zahřívání zemnicích kabelů, nehledě na to, že v takovém případě jsou degradovány výborné elektrické vlastnosti svařovacích zdrojů. [9]

Oxid hlinitý je silně hygroskopický. To znamená, že oxidová vrstva pojímá vlhkost z okolního prostředí a zadržuje ji v sobě, i když se prostředí např. vlivem zateplení vysuší. Proto jsme nuceni odstraňovat oxidovou vrstvu nejen ze svarových ploch, ale i z jejich okolí a to i v kořenové oblasti, aby vznikající vodní páry nekontaminovaly kořenovou vrstvu vodíkem, který je v roztaveném hliníku velmi dobře rozpustný a velmi bohatě podporuje vznik pórů.

Ani u přídavných materiálů pro metodu MIG nejsme nepříznivému vlivu Al_2O_3 uchráněni. Například máme cívku s přídavným drátem v podavači svařovacího zdroje a přes neděli nebo svátky cívku nevyjmeme a nedáme zabalenou do skladovacího prostoru o stálé teplotě a nízké vlhkosti (nejčastěji min. 15° C a max. 60% vlhkost). Vlivem změn teplot o volných dnech, kdy se většinou za chladného počasí netopí, drát navlhne a po zatopení v dílnách vznikne na jeho povrchu oxidová vrstva. To přináší hned několik variant problémů při svařování. Buď je drát ještě vlhký a svařky vlivem přítomnosti vodíku silně pórují. Nebo drát vysušíme, ale oxidová vrstva se z jeho povrchu velmi rychle bude loupat v bowdenu, který rychle ucpe tak, že bude znemožněno jeho podávání do svaru. V takovém případě kromě zataveného napájecího průvzlaku budeme muset vyměnit také bowden, ze kterého drát již nevytáhneme ani pomocí kleští. Sice jsou na trhu různé čističe drátu, které se dávají mezi cívku s drátem a podávací mechanismus, ale v tomto případě příliš nepomohou. Proto platí pro svařovny s velkým objemem svařovacích prací a velkým počtem svařovacích zdrojů podmínka, že se ve svařovnách za chladných ročních období musí udržovat určitá minimální teplota (cca 15 - 18° C) nejen v pracovních dnech, ale i v dobách, kdy se ve svařovnách nepracuje, tj. o volných dnech i o svátcích ať jsou jakkoliv dlouhé. V malých svařovnách, pokud je nepřetržité vytápění nemožné je nutno v době pracovního klidu vyjímat cívky s drátem z podavačů a uchovat je chráněné před prachem v místě o stálé teplotě a nízké vlhkosti (podle doporučení výrobce přídavných materiálů). Pokud není dodržena podmínka nepřetržitého vytápění nebo v druhém případě skladování načatých cívek, bude nemožné svařovat kvalitní bezporézní svařky. [9]

U přídavných drátů pro metodu TIG je situace velmi dobře řešitelná, protože se dají velmi snadno před upotřebením očistit i odmastit.

Vidíme, že je dost důvodů k odstraňování oxidové vrstvy nejen ze svarových ploch a jejich okolí, ale také z kontaktních ploch pro svorku zemnicích kabelů.

Odstranění oxidové vrstvy v podmínkách svařoven se provádí pomocí nerezových kartáčů s co nejtenčími drátky. Pokud by byly většího průměru než 0,3 mm, vznikaly by na čistěném povrchu rýhy, což kromě jiného nepříspěvá stabilitě svařovacího oblouku. Při kartáčování nesmíme použít větší přítlak, aby čelní plošky drátků zůstaly ostré a efektivně narušovaly souvislou oxidovou vrstvičku. V opačném případě se drátky ohnou a čelní plošky se otupí a místo úběru oxidové vrstvičky bude docházet spíše k zatlačování nečistot a mastnot do čistěného povrchu a k neustálé potřebě nových kartáčů. Kartáče můžeme použít ruční nebo rotační s ručním strojkem. Jako přítlak stačí max. tíha ruky nebo ručního strojku. Kartáče, stejně jako ostatní nástroje např. pilníky, brusné flexikotouče, frézy, které se používají na hliníku, by se neměly používat zároveň pro železné kovy. Pokud máme před svařováním okartáčováno, je nutno tyto povrchy bez výjimek také odmastit pomocí čistých suchých hadrů navlhčených v rozpouštědle. Nesmí se použít rozpouštědla s obsahem halových prvků (trichloretylen, tetrachloretylen apod.), protože při svařování mohou vznikat zdraví škodlivé plyny, např. fosgen známý jako bojový plyn. Rovněž ředidla do barev, benzin a petrolej se nesmí použít, protože jsou samy o sobě mastné. Nejvhodnější je aceton, ale z bezpečnostních i cenových důvodů se s úspěchem používá syntetický líh k pálení. Denaturovaný líh zanechává na povrchu nevzhledné mapy, tomu se raději vyhněme. Další vhodné rozpouštědlo, ale podstatně dražší jsou čističe používané pro kapilární zkoušení. [9]

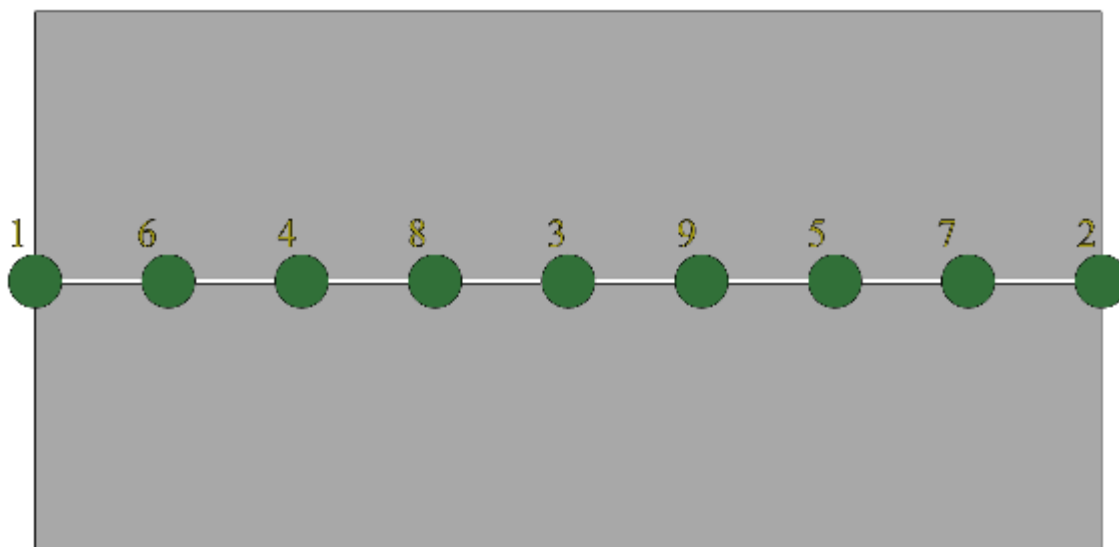
Nevhodné jsou čističe na bázi vody, neboť ne všechna místa jsou přístupná pro vytření do sucha a zbytky vody by kvalitu svařování nepříznivě ovlivnily. Odstraňování vlhkosti z materiálů pomocí plamene nebo jiného zdroje tepla je problematické, protože vlhkost plus zvýšená teplota na hliníkovém povrchu rovná se vzniku poměrně tlusté oxidové vrstvy.

Hliník má velký koeficient délkové roztažnosti a zároveň také velkou tepelnou vodivost a to způsobuje velké deformace a napětí, které jsou někdy příčinou vzniku trhlin při svařování, hlavně u mnohých tepelně vytvrditelných slitin. Proto je nutno volit takovou technologii svařování, při které dochází k nejmenšímu tepelnému ovlivnění materiálu. Mohli bychom se domnívat, že TIG je šetrnější metodou než MIG, ale u hliníkových slitin je opak pravdou. Svařování metodou TIG je vhodné pro svařování malých tloušťek, max. do 6 mm, ale u tupých svarů raději do 4 mm. Pokud jsou svařované tloušťky větší, tepelné zatížení je již příliš vysoké a je mnohem vhodnější, produktivnější a šetrnější použít metodu MIG s pulsním přenosem svarového kovu od 3 mm až pro největší tloušťky. [9]

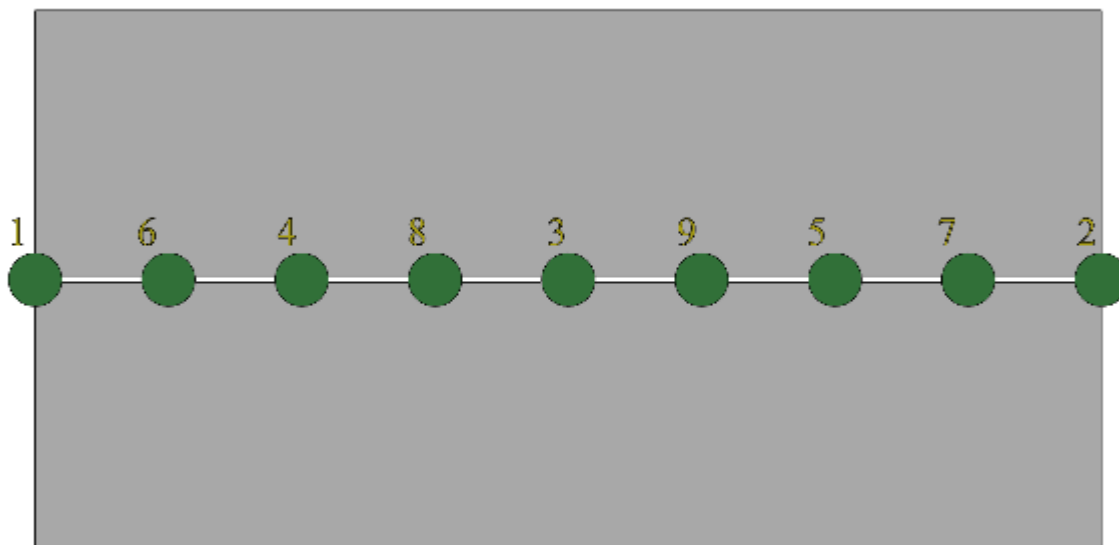
Teplotní roztažnost hliníkových slitin

Díky velké teplotní roztažnosti musíme při svařování zabránit posunu dílů a to stehováním a použitím přípravků pro zajištění polohy dílů. Volné svařování bez stehování nepřipadá v úvahu, to si u většiny svařenců můžeme dovolit pouze v případech [9].

Při stehování hliníkových materiálů začínáme stehem postupujeme tak, abychom rovnoměrně ohřívali materiál a nedocházelo k velkému vnesenému teplu na jednom místě viz. Obrázek 27



Obrázek 27 Optimální postup při stehování metodou TIG

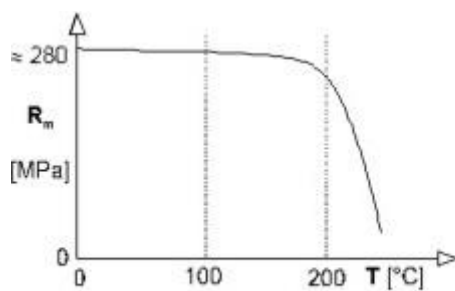


Obrázek 27 Optimální postup při stehování metodou TIG

V přípravcích můžeme často svařovat i bez stehování, záleží na konkrétní situaci. Přípravky musí mít dostatečnou tuhost, protože pnutí při chladnutí hliníkových svařenců jsou obrovská. Z praxe musí mít tuhost dvojnásobně až trojnásobně vyšší než pro obdobné ocelové svařence, v opačném případě hrozí zničení přípravku během chladnutí prvního kusu. Plochy upínek v přípravcích musí mít dostatečně velkou plochu, a mnohdy musí mít upravený tvar, aby kopírovaly stykovou plochu upínaného dílu. V opačném případě hrozí otisky hran na povrchu dílu a při malé velikosti ploch také prohnutí dílů (lavory). Dále musí mít přípravky dostatečné množství upínek, pokud by byly daleko od sebe, díly by se mezi nimi mohly zvlnit. [9]

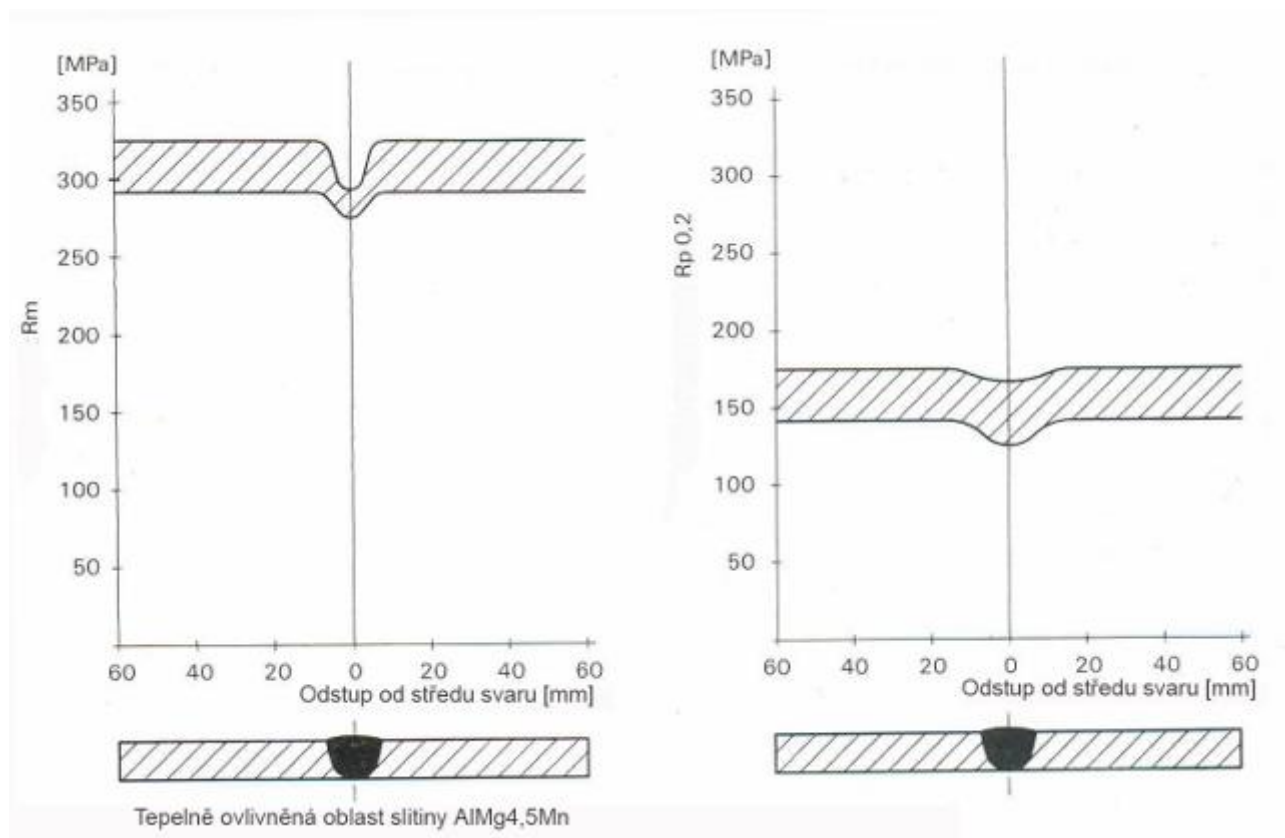
Upínky by měly zajistit nejen neměnnou polohu dílů při svařování, ale jejich funkcí je také odvod tepla ze svařence. Proto by měly být co nejblíže svaru, ale nesmí zamezovat pohodlnému přístupu svářeči.

Ohřev vyvolává precipitační (vytvrzovací) procesy v tepelně ovlivněné oblasti základního materiálu. To má za následek pokles hodnot mechanických vlastností a snížení odolnosti proti korozi viz Obrázek 28.

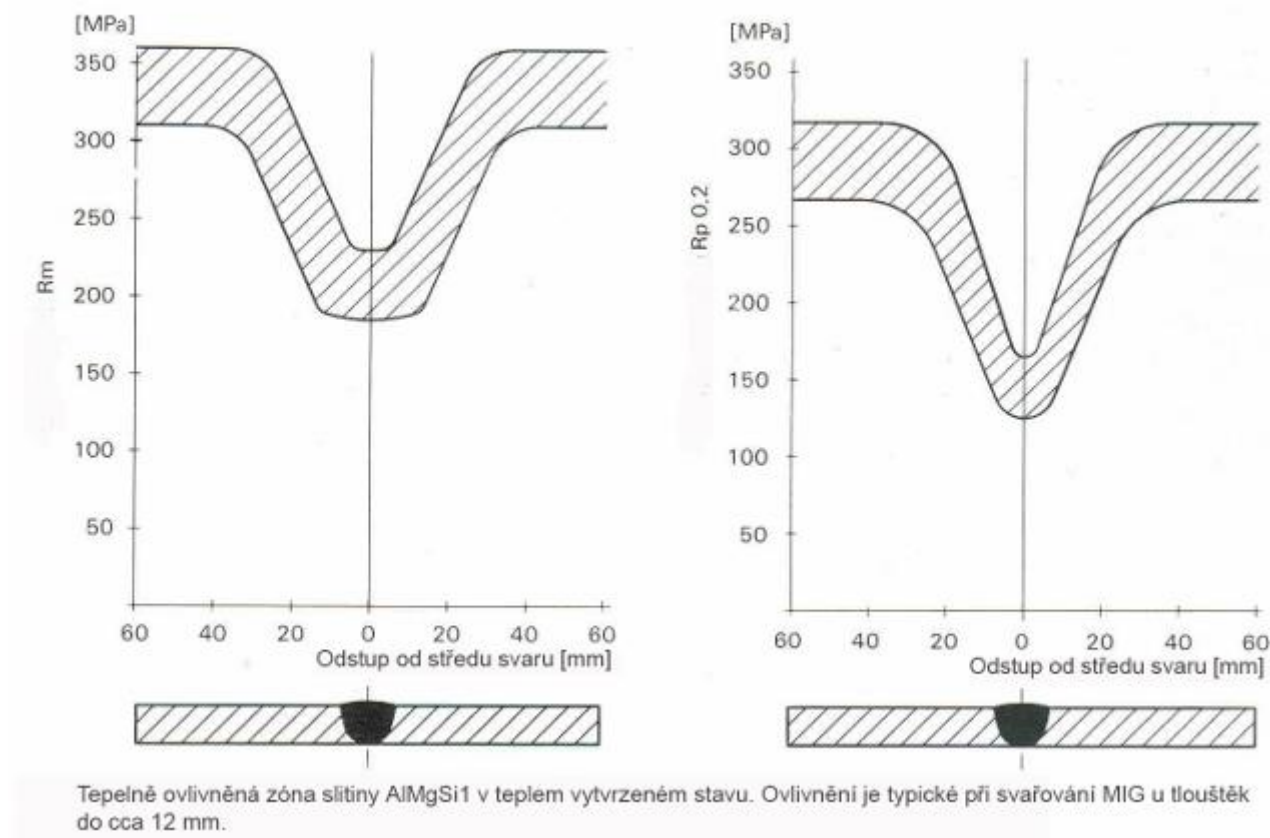


Obrázek 28 Citlivost vytvrditelných slitin na ohřev [9]

Týká se to teplem vytvrditelných slitin. Na Obrázek 28 vidíme, že při ohřevu se pevnost slitiny nijak významně nemění, ale po ohřevu nad 200° C začne dramaticky pevnost (a také mez kluzu) klesat. U většiny slitin typu AlCuMg dochází v TOO nejen k poklesu pevnosti, ale i ke změně struktury a pokud tyto slitiny svařujeme v tuhém upnutém stavu, může tato oblast prasknout. Poklesy vlastností v TOO u nevytvrditelných a vytvrditelných slitin dle Obrázek 29. a Obrázek 30. [9]



Obrázek 29 Slitina AlMg4,5Mn je nevytvrditelná, ztráta pevnosti v okolí svaru není nijak výrazná [9]



Obrázek 30 Slitina AlMgSi1 je teplem vytvrditelná a ztráta pevnosti v okolí svaru je výrazná [9]

Citlivost na ohřev je velkým problémem i při opravách vadných svarů, neboť pokles pevnosti závisí i na době ohřevu nad 200° C - čím déle, tím větší pokles. Při opravném svařování nemusí již TOO vydržet a může prasknout. [9]

Citlivost na ohřev přináší problém také při rovnání hliníkových svařenců. Při tepelném rovnání nesmíme v žádném případě překročit teplotu 200° C. Z toho také vyplývá, že tepelným rovnáním bez mechanického přispění svařence nevyrovnáme. [9]

Díky citlivosti na ohřev jsou omezeny také teploty předehřevu. Do tl. 8 mm nepředehříváme a větší tloušťky obvykle jen v intervalu 80 - 120° C, slitiny AlZnMg dokonce 80 - 100° C. Výrobci přídavných materiálů většinou uvádí předehřev 150° C, ale to si můžeme dovolit u teplem nevytvrditelných slitin. Nejlepší volbou pro předehřev jsou doporučení uvedená v normě EN 1011-4, kde najdeme i správné hodnoty teplot interpass. [9]

S citlivostí některých slitin na ohřev musí počítat také konstruktéři a při pevnostních výpočtech tuto vlastnost uvažovat. Pokud je dovolené napětí výpočtovým překročeno, musí svarový spoj odpovídajícím způsobem zesílit nebo konstrukci navrhnout jinak [9].

9. Obecné poznámky k TIG svařování

Pro dobré výsledky svařování TIG je třeba použít kvalitní zdroj nejlépe s bezkontaktním HF zapalováním, odpovídajícím výkonem a dalšími parametry jako např. pulzace apod. Dále je nutný správný plyn. Pro TIG svařování přichází v úvahu pouze inertní plyny. Lze použít čistý Argon se stupněm čistoty 4,6 resp 4,8. Pro některé případy, jako např. svařování titanu, je nutný Argon se stupněm čistoty dokonce 5,0. Dále je možné použít směsi Argonu a Helia (max do 95% podílu He). Jako nový trend se doporučuje svařování s nepatrným podílem vodíku, kdy vodík redukovaně působí na zbytkový kyslík ve svaru. Pro ruční svařování je to směs Argonu s 2% vodíku, pro automaty až 5% vodíku. Velmi důležitá je optimální ochrana plynem při svařování. Přítomnost kyslíku způsobuje za prvé oxidaci elektrody (modráání) a za druhé chyby sváru (vodíkové trhliny). Je třeba dbát i na těsnost vedení plynu v hořáku, aby nebyl přisáván kyslík. Keramická hubice hořáku by neměla být příliš malého průměru, aby elektroda i svár byly dobře chráněny. Elektroda nemá vyčnívat více než 5 mm z hubice. Plyn musí být správně dávkován. Nedostatek plynu způsobuje míchání se vzduchem a tím nedostatečnou ochranu svarové lázně. Stejný efekt má ale i příliš velký průtok plynu, neboť je podtlakově na výstupu hubice přisáván vzduch a mísí se do ochranného plynu. Po ukončení svaru musí být elektroda i svar ofukovány plynem do ochlazení pod 300 st.C. Zpravidla by dofuk měl trvat nejméně 30 sekund při průtoku plynu 8 l/min. Velký vliv na kvalitu svařování metodou TIG má výběr vhodné wolframové elektrody. Je nutné zvolit vhodný typ elektrody, průměr, geometrii hrotu, apod. [3]

Použité zdroje

- [1] Kolektiv autorů. Materiály a jejich svařitelnost. Ostrava: Zeross, 1999. 296 s. ISBN 80-85771-63-2.
- [2] TIG svařování I - základní principy. SVARINFO [online]. SWARWEB, 2009 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008011702>
- [3] O wolframových elektrodách Svářečky-kompresory.cz, Svářečky-kompresory.cz [online]. Dostupné z: <http://www.svarecky-kompresory.cz/o-wolframovych-elektrodach/t-291/>.
- [4] TIG svařování II - AC nebo DC SVARINFO [online]. SWARWEB, 2009 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008122801>.
- [5] TIG svar pulsním proudem [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/svarovani-slabych-plechu/>
- [6] HRIVŇÁK, Ivan. Zváranie a zvariteľnosť materiálov. V Bratislave: Slovenská technická univerzita, 2009. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 9788022731676.
- [7] KOUKAL, J.; SCHWARZ, D.; HAJDÍK, J. Materiály a jejich svařitelnost. Vyd. 1. Ostrava : Technická univerzita, Vysoká škola báňská, 2009. 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [8] Micro TIG Welding [online]., 2020 [cit. 2021-06-08]. Dostupné z: <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/how-to-choose-the-best-welding-method-for-your-mold-application>
- [9] Svařitelnost hliníkových slitin. Česká svářečská společnost ANB [online]. ANB, 2021 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=502>



Toto dílo podléhá licenci [Creative Commons Uveďte původ 4.0 Mezinárodní License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).