



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**OPTIMALIZACE ROBOTIZOVANÉHO SVAŘOVÁNÍ
TANDEMEM S VYUŽITÍM LASEROVÉ KAMERY**

OPTIMIZING OF ROBOTIZED TANDEM WELDING WITH AVAILING OF LASER CAMERAS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vladimír Pařha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Vladimír Pat'ha**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Marián Sigmund, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Optimalizace robotizovaného svařování tandemem s využitím laserové kamery

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Neustálý tlak na zvyšování produktivity, rychlosti svařování s vyššími požadavky na kvalitu svarů, v současnosti možno zajistit pouze vyšším stupněm automatizace (robotizace). Speciálně pro automobilový průmysl, například modifikované způsoby přenosu svarového kovu jako pulzní režim svařování plným drátem už je nedostačující. Správným směrem u robotizovaného svařování na jednu vrstvu, je zvýšit množství uloženého svarového kovu při použití tandemu a laserové kamery pro přesné seřízení a kontrolu svarové lázně.

Cíle bakalářské práce:

1. Zhodnotit současný stav svařování částí autojeřábů ve firmě.
2. Vypracovat literární rešerži o konkrétním svařenci/dílu autojeřábu, včetně materiálů a používaných robotizovaných technologiích svařování s ohledem na využití laserové kamery.
3. Vyhodnotit parametry svařování s ohledem na zvýšení produktivity a možné úspory.
4. Zhotovit zkušební svary tandemem na konkrétním dílcí.
5. Provést a vyhodnotit experiment.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.

PILOUS, Václav. Materiály a jejich chování při svařování, 1 vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009

Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.

Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.

MAJER, Lubomír. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 1999. ISBN 80-85771-70-5.

BARTÁK, Jiří. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2000. Svařování. ISBN 80-85771-72-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

PAŤHA Vladimír: Optimalizace robotizovaného svařování tandemem s využitím laserové kamery.

Práce ověřuje výhodnost nového robotizovaného svařovacího pracoviště z hlediska rychlosti, kvality a produktivity. Nové pracoviště využívá tandemový hořák a laser offline senzor sloužící k vyhledávání pozice svaru. Dále je využito dvouosé svařovací polohovadlo pro lepší polohování a snížení nebezpečí tečení svaru. Pro všechny pracoviště je shodná technologie svařování, dle normy ČSN EN ISO 4063, metoda 138 a stejná ochranná atmosféra směsného plynu M 21 dle normy ČSN EN ISO 14175, v poměru 82 % Ar – 18 % CO₂.

Klíčová slova: tandemové svařování, laser offline senzor, svařovací metoda 138

ABSTRACT

PAŤHA Vladimír: Optimizing of robotized tandem welding with availing of laser cameras

This bachelor thesis deals with efficiency of new robotic welding cell in terms of speed, quality and productivity. This new robotic welding cell use a tandem welding torch and laser offline sensor for setting position of the seam. This new robotic welding cell use also dual axis rotator for better positioning and loss risk of weld metal flow. For all robotic welding cells is the same welding technology acc. international standard EN ISO 4063, welding method 138 and the same shielding gas M 21, acc. international standard EN ISO 14175, mixture of 82 % argon plus 18 % carbon dioxide.

Keywords: tandem welding, laser offline sensor, welding method 138

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PAŤHA, Vladimír. *Optimalizace robotizovaného svařování tandemem s využitím laserové kamery*. Brno, 2018. 51s, 2 výkresy, 21 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav . Vedoucí práce Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

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 dne 25.5.2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Mariánu Sigmundovi, Ph.D. za cenné a velmi přínosné rady týkající se zpracování bakalářské práce. Velké díky patří společnosti Agrostroj Pelhřimov a.s. za poskytnuté téma bakalářské práce a všem jejím zaměstnancům, kteří se na této práci podíleli. Především pak panu Martinu Teplému a Petru Březinovi za nadprůměrnou ochotu a poradenství při objasňování dané problematiky. A nakonec bych chtěl poděkovat své rodině za velikou podporu v průběhu celých studií.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

	Str.
ÚVOD	11
1 ROZBOR ZADÁNÍ	12
1.1 Výrobní možnosti	12
2 TECHNOLOGIE OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ	13
2.1 Vlivy ovlivňující svarový spoj	14
2.2 Zapálení oblouku	16
2.3 Obloukové svařování ochranné atmosféře	17
2.4 Ochranná atmosféra aktivního plynu	18
2.4.1 Vliv ochranné atmosféry na profil svaru	19
2.5 Přenos kovu	20
2.6 Zkoušky svarových spojů	22
2.6.1 Vizuální zkouška	22
2.6.2 Zkouška ultrazvukem	23
2.6.3 Metalografická zkouška	23
2.6.4 Metoda prozařovací RTG (rentgen)	24
2.7 Robotizované svařování	25
2.7.1 O společnosti Agrostroj Pelhřimov a.s.	25
2.7.2 Svařování metodou 138 dle normy ČSN EN ISO 4063:2011	26
2.7.3 Plněné elektrody	27
2.7.4 Svařovací robot IGM	29
2.7.5 Svařovací robot CLOOS	30
2.7.6 Tandemové svařování	31
2.7.7 Senzorické systémy	32
2.7.8 Čištění svařovacího hořáku	34
3 SVAŘOVANÁ SOUČÁST	36
3.1 Schéma postupu výroby	37
3.2 Materiál	38
3.3 Svařovací procesy na nosné části autojeřábu	41
3.3.1 WPS mapy IGM	42
3.3.2 Pracoviště IGM	43
3.3.3 WPS mapy CLOOD	44
3.3.4 Pracoviště CLOOS	45

4	VYHODNOCENÍ VLIVŮ OVLIVŇUJÍCÍ PRODUKTIVITU A KVALITU	46
4.1	Zkoušky svarů	49
4.1.1	Makro výbrus z tandemového svařování	49
4.2	Vyhodnocení produktivity	50
5	ZÁVĚRY	51

Seznam použitých zdrojů

Výběr číselného označování dle normy ČSN EN ISO 4063:2011

Celé označování metody dle ČSN EN ISO 4063:2011

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD [1] [2] [3] [4] [5]

Neustále zvyšující se požadavky na zvýšení produktivity svařování, rychlosti svařování a zároveň požadavek na vyšší kvality svaru, vedlo k nahrazování ručního svařování automatizovaným, robotizovaným svařováním. V dnešní době však ani standartní jednodrátové robotizované svařování plnou elektrodou není zcela dostačující. Proto bývá standartní robotické svařování modifikováno například použitím více svařovacích hořáků, svařováním plněnou elektrodou nebo zaměřením pozice svárů laserovými senzory. Právě tyto inovované technologie se snaží zavádět společnost AGROSTROJ Pelhřimov, a.s. (dále jen Agrostroj), která je největším výrobcem zemědělské techniky v České republice s více než stoletou tradicí. Zároveň je největším kooperantem v Evropě. Zabývá se nástrojářskou výrobou a kooperací pro významné nadnárodní společnosti v oboru zemědělské techniky, výrobce nákladních automobilů, stavebních strojů a vysokozdvizných vozíků.



Obr. 1 Robot KUKA [3]

Obr. 3 Logo [2]

Obr. 2 Robot CLOOS [5]



Obr. 4 Tandemový hořák [4]

1 ROZBOR ZADÁNÍ

Hlavními důvody k vypsání této bakalářské práce společností Agrostroj bylo porovnání dvou robotizovaných svařovacích pracovišť. První pracoviště je tvořeno starším svařovacím robotem IGM s jedním svařovacím hořákem používajícím plněnou elektrodu a pouze jednoosým polohovadlem typu "gril". Druhé pracoviště je tvořeno nově zakoupeným svařovacím robotem CLOOS vybaveným výměnným systémem hořáků – jedno-drát/tandem s použitím plněné elektrody a dvouosým polohovadlem (gril + naklápění) pro polohování všech svárů do pozice PA. Dále je tento nový svařovací robot vybaven offline laser senzorem pro přesné zaměření pozice svárů.

1.1 Výrobní možnosti [6]

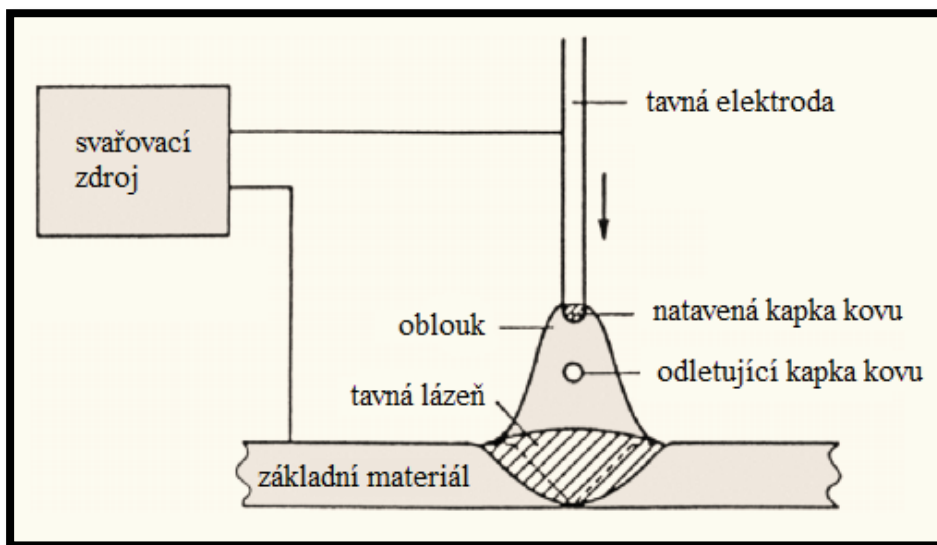
Bakalářská práce je zaměřena především na zhodnocení robotizovaného svařování tavnou elektrodou v ochranné atmosféře. U obou typů robotů IGM i CLOOS je využívána technologie 138 dle normy ČSN EN ISO 4063:2011, což je obloukové svařování plněnou elektrodou s kovovým práškem v aktivním plynu.

Hlavním cílem pro tuto modernizaci robotizace ve firmě Agrostroj a rovněž důvodem v zadání této práce je ověřit výhodnost nového typu robotu z hlediska zvýšení produktivity svařování, včetně zvýšení rychlosti svařování, snížení času svařování. Tandemové provedení dvouvrstvých svárů na jedno projetí robotem přináší i méně vneseného tepla do materiálu a snižuje následné deformace a pnutí.

První část bakalářské práce je věnována především uvedením do problematiky obloukového svařování tavnou elektrodou v ochranné atmosféře. Následně dojde k objasnění a vyhodnocení modernizace svařovacího procesu na nosné části autojeřábu.

2 TECHNOLOGIE OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ [7] [8] [9] [10]

Svařování elektrickým obloukem je velmi důležitou průmyslovou aplikací. Jako zdroj tepla pro natavení kovu slouží hoření elektrického oblouku mezi tavnou elektrodou nebo netavnou elektrodou a základním materiálem. Základní materiál je ohříván elektrickou energií svařovacího oblouku což způsobuje lokální natavení a vytvoření svarové lázně. Přídavný materiál je nejčastěji dodáván ve formě drátu. V případě tavné elektrody dochází k jejímu natavování a roztavené kapičky kovu vstupují do tavné lázně, kde pomalu tuhnou a tím dochází k vytvoření svarového spoje. Přenosem kovu do základního materiálu se zabývá kapitola 2.5. Princip obloukového svařování tavnou elektrodou je znázorněn na obrázku 5. Elektrický proud je generován transformátorem (svařování střídavým proudem) nebo usměrňovačem (svařování stejnosměrným proudem).

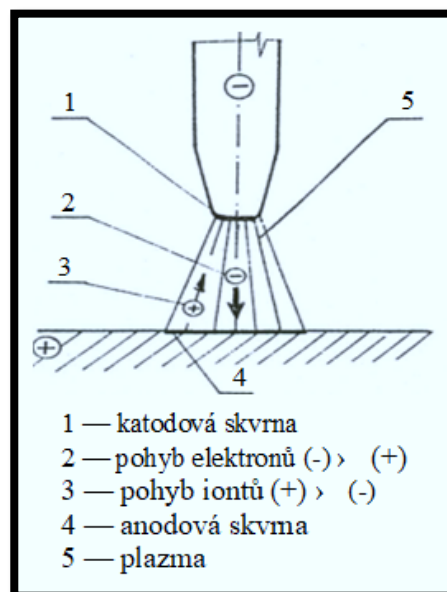


Obr. 5 Princip svařovacího procesu [10]

Elektrický oblouk je nízko napěťový elektrický výboj vyznačující se vysokou proudovou hustotou, procházející částečně ionizovaným plynem. Pro stabilní hoření oblouku je nutné, aby jeho napětí bylo vyšší než ionizační napětí daného prostředí, například páry železa ($\text{Fe} = 7,8 \text{ V}$) a zároveň dostatečně velký proud, sloužící k vytvoření ionizačního plynu. Elektrický oblouk hoří mezi katodou (- záporná polarita) a anodou (+ kladná polarita). Princip elektrického oblouku je znázorněn na obrázku 6.

Žhavá katodová skvrna emituje elektrony [(-) záporná polarita] s vysokou hustotou proudu $1000 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$ a teplotě 2400°C . (1). Elektrony prochází plazmovým obloukovým sloupcem (5), kde teplota dosahuje $4000 - 8000^\circ\text{C}$ a dopadají na anodovou skvrnu (4).

Anodová skvrna (4) emituje ionty (3) [(+) kladná polarita], které procházejí plazmovým obloukovým sloupcem a dopadají na katodu. Anodová skvrna je teplejší než katodová přibližně o $400 - 600^\circ\text{C}$. Tento rozdíl teplot je způsoben kinetickou energií dopadajících teplých elektronů. Proto bývá anoda konstruována rozměrnější než katoda. Vlastnosti emitujících prvků jsou uvedeny v tabulce 1.



Obr. 6 Emitace prvků [7]

Tab. 1 Vlastnosti emitujících prvků

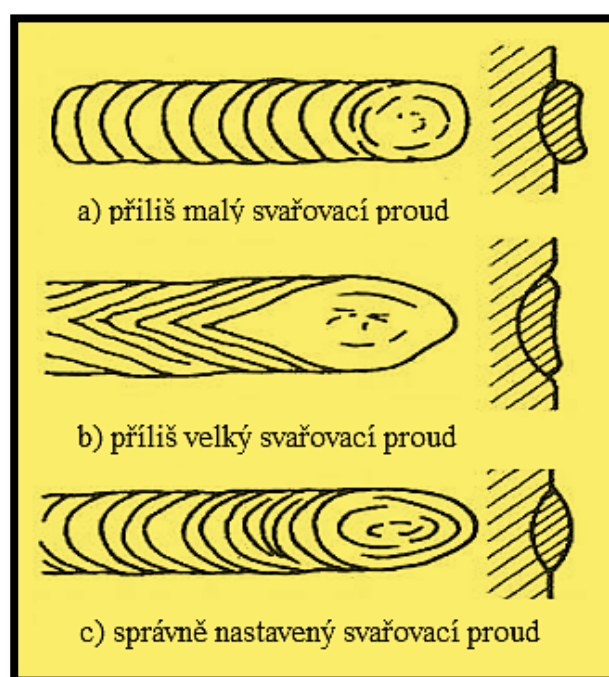
Vlastnosti emitujících prvků	
ELEKTRON	IONT
Polarita: záporná	Polarita: kladná
Lehký	Těžký
Teplý	Studený

- **Charakteristické vlastnosti oblouku**
 - Malý anodový úbytek napětí
 - Malý potenciální rozdíl na elektrodách
 - Proud v řádech ampér až tisíců ampér
 - Velká proudová hustota katodové skvrny
 - Intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku
 - Intenzivní vyzařování UV
- **Hoření oblouku ovlivňuje**
 - Chemické složení plazmatu
 - Tepelná vodivost plazmatu, elektrody a základního materiálu
 - Materiál elektrod
 - Tvar elektrod
 - Okolní atmosféra

2.1 Vlivy ovlivňující svarový spoj [9] [11] [12]

- **Velikost proudu** znatelně ovlivňuje svarový spoj. A to v následujících ohledech: Hloubka závaru, převýšení svarové housenky, vznik studených spojů či naopak vznik zápalů. Dále pak ovlivňuje stabilitu a hoření oblouku, rozstřík kovu a vizuální kresbu svarové housenky. Příliš nízký svařovací proud způsobuje nestabilitu oblouku a jeho zhasínání. Elektroda má snahu se lepit a je velice obtížné udržet oblouk správné délky. Svarová housenka nemá dostatečný závar a je příliš převýšená (špatné rozlití kovu). V nedostatečně natavených krajích mohou vznikat studené spoje.

Naopak při velkém svařovacím proudu dochází k silnému rozstříku kovu, elektroda je příliš rozžhavená a samotný svařovací proces je doprovázen silným zvukovým doprovodem. Tavná lázeň je široká a svarová housenka více rozlitá. V krajích tavné lázně je velké nebezpečí vzniku zápalů. Správná velikost svařovacího proudu se vyznačuje



Obr. 7 Vliv proudu na svarový spoj [11]

dostatečnou hloubkou závaru, dostatečným provařením okrajů a plynulým přechodem svarového kovu do základního materiálu. Svarová housenka je pravidelná vykazující pravidelnou eliptickou kresbou.

Tvary svarových housenek a závaru s ohledem na velikost svařovacího proud jsou znázorněny na obrázku 7.

- **Délka oblouku** bývá stanovena například dle svařovací polohy, obalu nebo typu elektrody. Pro základní určení délky oblouku platí: Optimální vzdálenost elektrody a základního materiálu by měla být rovna 1,5 násobku průměru elektrody.

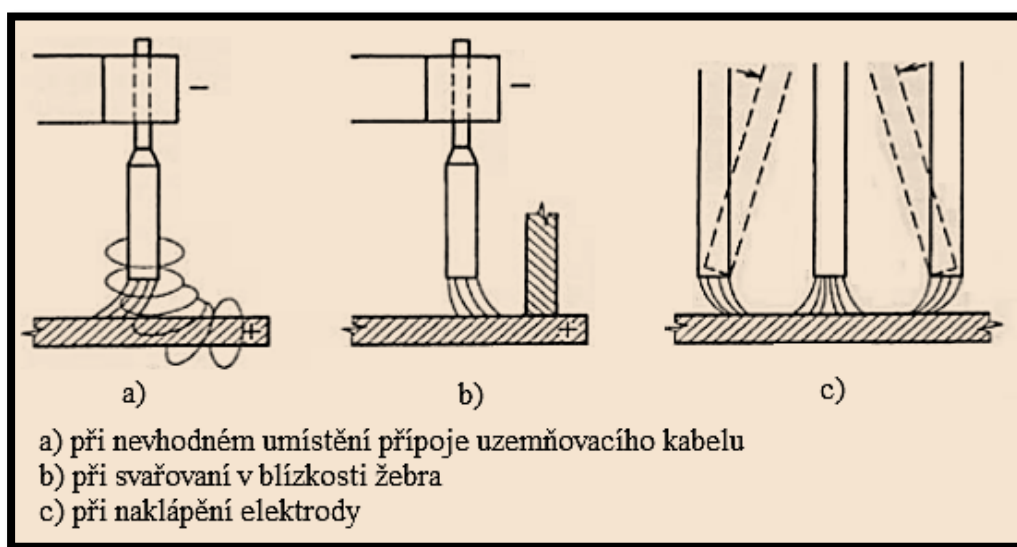
Jako ideální oblouk je považován krátký oblouk, vyznačující se stabilním hořením oblouku, menšími tepelnými ztrátami, nízkým propalem prvků a menším rozstříkem.

Dlouhý oblouk je náchylnější na zhasínání oblouku. Svarový kov je méně kvalitní v důsledku přístupu vzduchu, což může způsobit pórovitost. Zvyšuje se riziko výskytu strusky ve svaru a dochází k většímu propalu legujících prvků. Snižuje hloubku závaru, svarová housenka je širší plochá a méně pravidelná.

Dle akustického doprovodu svařovacího procesu dokáže zkušený svářecí specialista odhadnout velikost svařovacího proudu, nadměrnou vzdálenost oblouku nebo druh přenosu svarového kovu do lázně.

- **Foukání oblouku** je velmi nepříznivé. Elektrický oblouk je pružný vodič, který může být vychylován působením magnetických polí. Foukání oblouku je velmi nežádoucí jev, jehož účinky mohou být tak silné, že roztavené kapky kovu z elektrody dopadají na odlišné místo, než na kterém hoří oblouk. Hrozí riziko vytvoření studeného spoje.

Zamezení vlivu foukání oblouku lze odstranit změnou sklonu elektrody proti směru foukání, zvýšením svařovacích parametrů, změnou polohy zemnicí svorky (přiblížením vzdálenosti ke svařovacímu oblouku), nebo umístěním proti směru foukání. Svařování stejnosměrným proudem vykazuje vyšší citlivost na vznik foukání oblouku než svařování střídavým proudem. Na obrázku 8 jsou zobrazeny možné příčiny vzniku foukání oblouku.



Obr. 8 Foukání oblouku [9]

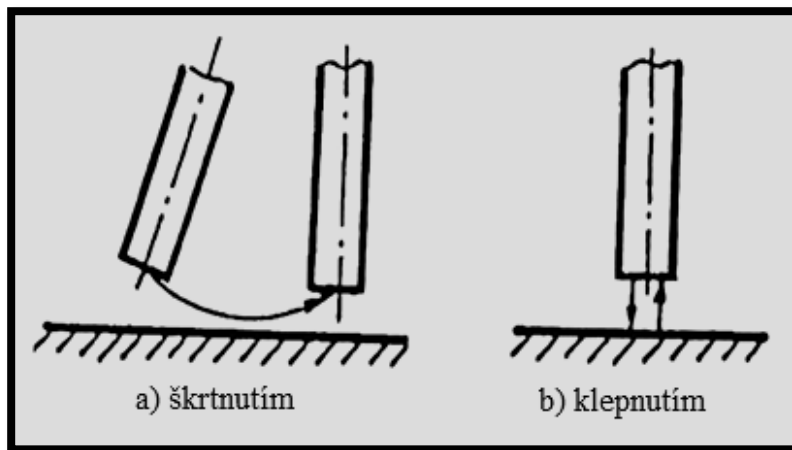
2.2 Zapálení oblouku [9] [13] [14] [15]

Zapálení oblouku probíhá při napětí na prázdko. Pro obvyklé metody odpovídá zápalné napětí $U = 10$ až 50 V na oblouku při svařovacím proudu $I = 10$ až 2000 A. Zápalné napětí je ovlivňováno materiálem elektrod a schopnostmi ionizace plynného prostředí. Napětí naprázdno nabývá vyšších hodnot než při následném ustáleném napětí stabilizovaného oblouku.

- **Krátkodobým dotykem elektrody (při nastaveném svařovacím proudu)**

Dotykem elektrody je kontaktní místo ohřáto elektrickým odporem při zkratovém proudu na vysokou teplotu. Tímto je zajištěna termoemise primárních elektronů, které ionizují okolní plynné prostředí. Zároveň jsou vytvořeny podmínky pro vedení elektrického proudu v plynu.

Při oddálení elektrody dojde k plnému rozhoření oblouku. Zapálení oblouku je prováděno škrtnutím nebo klepnutím. Princip je znázorněn na obrázku 9. Tento druh zapalování oblouku je nejčastěji používán u metody 111.



Obr. 9 Zapálení krátkodobým dotykem [13]

- **Vysokonapěťovým vysokofrekvenčním ionizátorem**

Elektrická jiskra, která ionizuje plynné prostředí výbojem je zapálena pomocí vysokonapěťového vysokofrekvenčního ionizátoru ve vzdálenosti několika milimetrů od svařovaného materiálu. Princip znázorněn na obrázku 10. V případě metody 141 je oblouk zapálen bezdotykově mezi netavnou elektrodou (nejčastěji wolframovou) a svařovaným materiálem. Tento způsob zapalování bývá označován jako HF (High Frequency).

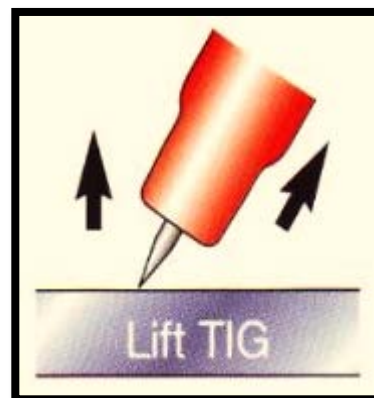
Hlavní výhoda spočívá v dosažení vysoké metalurgické čistoty svaru, kdy svařovaný materiál není kontaminovaný wolframem z elektrody. Bohužel silné elektromagnetické rušení generované HF zapalováním způsobuje náchylnost citlivé elektroniky v místě svařování.



Obr. 10 HF zapalování [14]

- **Dotykové zapalování (startovacím proudem)**

Zapálení oblouku spočívá v dotyku elektrody o svařovaný materiál a její následné oddálení při kterém dojde k zapálení oblouku. Startovací proud dosahuje pouze malé intenzity, maximálně 10 A. Zahříván je pouze hrot wolframové elektrody. Tento stav trvá po dobu kontaktu elektrody se svařovaným materiálem. Během oddalování elektrody dochází k nárůstu elektrického proudu, při němž dochází k rozhoření oblouku. Tento typ zapalování bývá označován jako LA (Lift Arc) viz obrázek 11. Jedná se o modifikaci dotykového zapalování,



Obr. 11 LA zapalování [14]

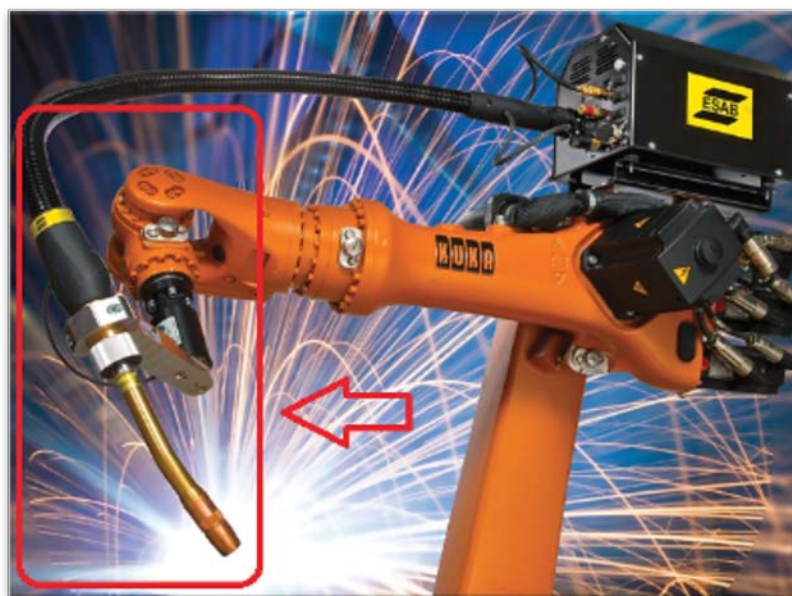
s tím rozdílem, že v tomto případě se používá snížený startovací proud. Naopak u standardního dotykového zapalování probíhá zapálení oblouku při nastaveném svařovacím proud.

2.3 Obloukové svařování ochranné atmosféře [9] [15] [16] [17] [18] [19] [20]

Při obloukovém svařování v ochranné atmosféře dochází k hoření oblouku mezi tavnou či netavnou elektrodou a základním materiálem. Oblouk je chráněn ochrannou atmosférou aktivního nebo inertního plynu. Ochranná atmosféra zabraňuje a chrání před škodlivými účinky kyslíku a dusíku z okolní atmosféry. Podílí se na výsledném profilu svarové housenky a též ovlivňuje přenos svarového kovu do lázně. Jednotlivé technologie se od sebe rozlišují dle použitého druhu elektrody a ochranného plynu.

• Svařovací hořák

Jedním z nejdůležitějších komponentů pro svařování v ochranných atmosférách je svařovací hořák, jehož stav ovlivňuje výslednou kvalitu svařování. Na obrázku 12 je zobrazen hořák určený pro svařování v ochranných atmosférách tavnou elektrodou. Jde o robotizované jednodrá-



Obr. 12 Svařovací robot KUKA [19]

tové svařování na univerzálním robotu KUKA s použitým svařovacím zdrojem ESAB.

Nad ramenem je patrný napájecí kabel, který slouží k dopravě napětí, proudu, elektrody a ochranného plynu do svařovacího hořáku.

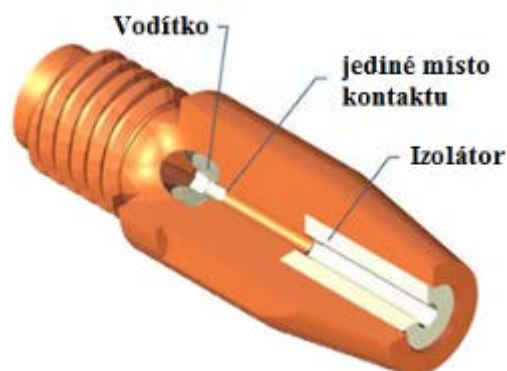
Svařovací hořák v detailním průřezu je zobrazen na obrázku 14. Na hořáku je namontována svařovací hubice, která může být chlazena vodou nebo pouze průtokem ochranného plynu.

Vnitřkem hubice proudí ochranná atmosféra, která má za cíl chránit svar před ne-

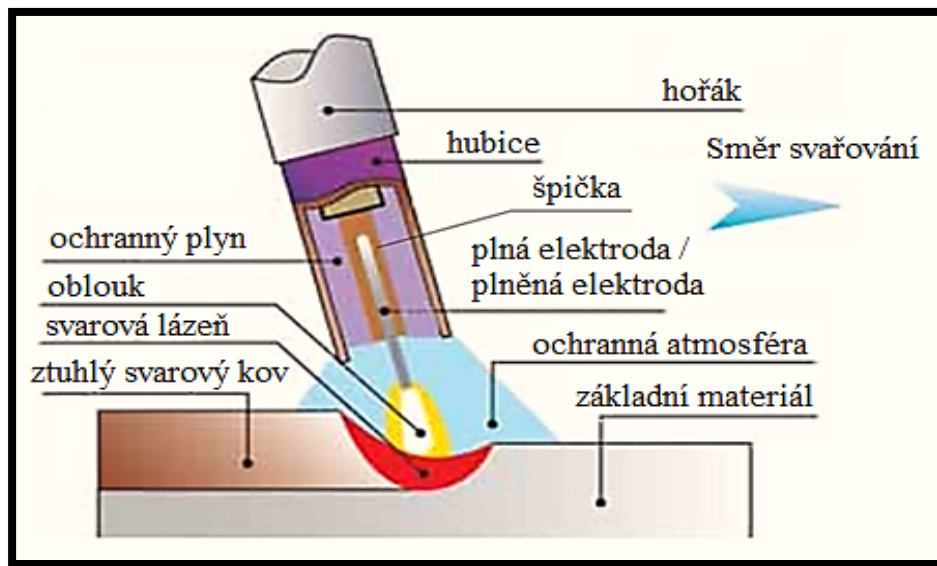
příznivými vlivy okolní atmosféry.

Uvnitř bývá našroubována kontaktní špička též nazývaná jako průvlak viz obrázek 13. Nejčastěji bývá vyrobena z mědi, nebo z podobného elektricky vodivého materiálu. Kontaktní špičkou prochází svařovací elektroda, které zajišťuje plynulé a přesné vedení do místa svaru.

Zde dochází k přenosu elektrického proudu ze svařovacího zdroje na elektrodu. Kontaktní špička je spotřební materiál a dochází k jejímu opotřebení což se nepříznivě projevuje na kvalitě svarového spoje. Pro vytvoření bezvadného svaru je nutné udržovat kontaktní špičky v perfektní kondici.



Obr. 13 Průvlak [18]



Obr. 14 Svařovací hořák pro svařování tavící se elektrodou [20]

- **Nutné komponenty pro obloukové svařování v ochranných atmosférách**
 - Zdroj svařovacího proudu + řídící jednotka
 - Podavač drátové elektrody
 - Napájecí kabel pro vedení elektrody a ochranné atmosféry
 - Zemnicí kabel + svorka
 - Zásobník ochranné atmosféry s redukčním ventilem
 - Svařovací hořák

2.4 Ochranná atmosféra aktivního plynu [9] [16] [21] [10]

Prvotním cílem ochranné atmosféry je zamezit přístupu vzduchu do svařovacího procesu. Přítomnost vzduchu nepříznivě ovlivňuje mechanické vlastnosti svarových spojů, způsobuje oxidaci a hlavně snižuje kvalitu svarů. Pro metodu 135/138 je využívána ochranná atmosféra aktivního plynu. Aktivní plyn nejen chrání svarový kov, ale zároveň vstupuje do chemických a metalurgických procesů ve svarové lázni na kterých a aktivně podílí.

• Základní plyn: Oxid uhličitý (CO₂)

Jedná se o základní plyn pro technologii 135/138 označení lahve viz obrázek 15. Z hlediska svařovacích vlastností jej překonaly směsné plyny na bázi argonu. Pro svou nízkou cenu a snadnou dostupnost je stále používán pro nenáročné svařovací aplikace. Oxid uhličitý má vysokou měrnou hmotnost 1,98 kg.m³, drží se při zemi, proto hrozí nebezpečí otravy ve špatně větraných prostorech. Vysoká tepelná vodivost, ho předurčuje k vytvoření hlubokého průvaru. Bohužel vysoké napětí na oblouku způsobuje velký rozstřík. Podporuje formování oxidů a karbidů, které nepříznivě ovlivňují mechanické vlastnosti svarů. Nejčastěji bývá využíván pro svařovací polohy PA, PB a PC. Používá se pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných konstrukčních ocelí. Je nevhodný pro vysokolegované oceli, zvláště pak nerezavějící oceli.



Obr. 15 Označení CO₂ [21]

- **Směsný plyn: Argon (Ar) + 15 až 25 % CO₂**

Nejpoužívanější směsný plyn je s koncentrací 82% Ar a 18% CO₂. Jedná se o plyn určený ke svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Tato směs má dobré ionizační vlastnosti, podporuje stabilitu oblouku a má dostatečný průvar. Umožňuje přenos kovu ve zkratovém i sprchovém režimu. Povrch svaru je hladký pouze s minimálním rozstřík, který na povrchu příliš neulpívá. Je možné svařovat základní materiál o libovolné tloušťce.

- **Směsný plyn: Argon (Ar) + 8 % CO₂**

Směsný plyn využívající se především pro vysokovýkonné metody a automatizované svařování. Možno použít i pro ruční svařování všech tloušťek základního materiálu. Využívá se při svařování vysokými proudy, z toho vyplývá možnost impulzního a sprchového přenosu kovu. Dovoluje využívat vysokou svařovací rychlost, při zachování minimální tvorby strusky a nízkého rozstříku. Tvar svaru je plochý, více rozlitý.

Plyn při automatizovaném svařování dosahuje minimálního rozstříku, vysoké svařovací rychlosti a dobré jakosti svarové housenky.

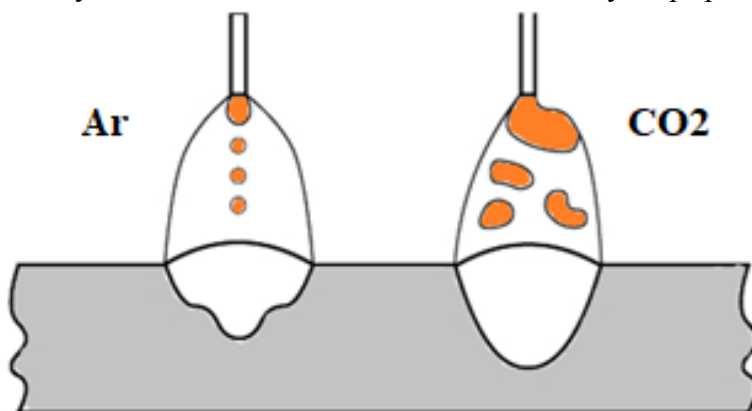
- **Směsný plyn: Argon (Ar) + 5 až 13 % CO₂ + 5 % O₂**

Podíl kyslíku (O₂) ve směsi vytváří velmi tekutou lázeň a zároveň poskytuje velmi potřebné odplynění. Svařovací proces je klidný s měkkým elektrickým obloukem. Při nižší nastavené intenzitě elektrického proudu je nadále možné zachovat sprchový přenos kovu. Převýšení svařovacího profilu je velmi malé, svar plochý a velice rozlitý.

Okraje základního materiálu jsou dobře nataveny a riziko vzniku studených spojů je minimální. Bohužel hloubka závaru je poněkud nižší, což tuto ochranou atmosféru řadí především pro použití pro nižší až střední tloušťky svařovaných materiálů. Plyn bývá přednostně využíván v automatizovaných a robotizovaných svařovacích pracovištích.

2.4.1 Vliv ochranné atmosféry na profil svaru [10] [9] [22]

Na obrázku 16 je zobrazen profil svaru v příčném průřezu, kde je jasně patrné ovlivnění hloubky a tvaru průvaru. I přenos kovu bývá ovlivněn složením ochranné atmosféry. V případě aktivního plynu oxidu uhličitého (CO₂) dochází k velkému průvaru, ale také k rozstříku na úkor šířky svarového profilu (svar převýšený a málo rozlitý). Přenos kovu je nestabilní a dochází k transportu kovu po velkých kapkách, oblouk hoří nejčastěji ve zkratovém režimu. Inertní plyn Argon (Ar) vykazuje vysokou čistotu svaru a téměř nulový rozstřík. Svarový profil nedosahuje příliš velkého průvaru, převýšení svaru je nižší a více rozteklé. Podporuje ionizaci plynu a tvorbu plazmatu. Přenos kovu je zprostředkováván pomocí drobných kapiček a oblouk hoří v bezzkratovém režimu. Čistý Argon není pro oceli příliš používán vzhledem k vysoké ceně a nepodílení se na metalurgických procesech. Použití je vhodné spíše pro barevné kovy a jiné reaktivní materiály a to nejlépe ve 100% čistotě.



Obr. 16 Profil svaru dle ochranné atmosféry [10]

Ochranná atmosféra je volena nejen podle svařovací technologie, ale také podle svařovaného materiálu. Základní přehled vhodnosti použití pro různé svařované materiály v ochranné atmosféře je uveden v tabulce 2.

Tab. 2 Ochranné atmosféry a jejich vhodnost [16]

Ochranná atmosféra	Pro materiál:	vlastnosti
Ar	neželezné kovy	• Stabilní oblouk
Ar + 1 – 2% O ₂	tepelně a korozi odolné materiály	• dobrá tekutost svarového kovu
Ar + 2 – 3% CO ₂	tepelně a korozi odolné materiály	• více viskózní svarový kov
Ar + 5 – 20% CO ₂	nelegované a nízkolegované oceli	• relativně stabilní oblouk • větší průvar
CO ₂	nelegované a nízkolegované oceli	• nestabilní oblouk • rozstřík

2.5 Přenos kovu [9] [7] [22]

Jednou z nejdůležitějších vlastností ovlivňující výsledný svarový spoj, je přenos kovu z tavné elektrody do základního materiálu. Nejzákladnější přenos kovu se dělí na zkratový a bezzkratový tedy volným letem viz obrázek 17.



Obr. 17 Přenos kovu [22]

Zkratový přenos je typický pro svařování v ochranné atmosféře CO₂. Při kontaktu nataveného konce kapky z elektrody a základního materiálu je vytvořen vodivý můstek. Nastane zkrat, oblouk zhasíná a dochází k oddělení kapky kovu. Po jejím oddělení je oblouk znovu zapálen a celý proces se neustále opakuje.

Při bezzkratovém přenosu jsou kapky kovu velmi drobné, nedochází tak k přímému kontaktu se svařovaným materiálem před jejich oddělením. Bezzkratový přenos je typický převážně pro inertní a směsné plyny (např. Ar + CO₂) a může nabývat různých typů a tvarů dle hoření oblouku. Například pulzní oblouk, sprchový oblouk a rotující oblouk, ty můžou být nadále rozděleny do různých pod-

typů.

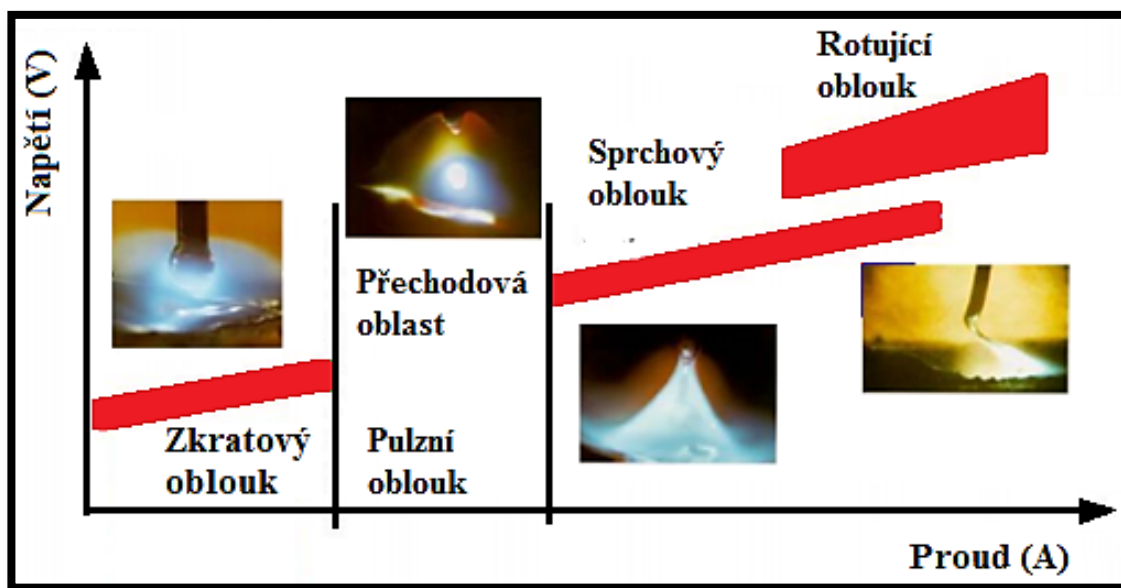
Přenos svarového kovu je ovlivněn nejen složením ochranné atmosféry, ale také její čistotou a chemickým složením přídavného materiálu. Nejdůležitější činitele ovlivňující výsledný přenos svarového kovu jsou však svařovací parametry, převážně napětí a proud.

- **Zkratový oblouk** se vyskytuje při nastaveném rozmezí proudu 60 – 180 A a napětí 14 – 22 V. Dochází k citelnému rozstříku kovu z důvodu oddělování kapek při vysoké intenzitě proudu. Cyklicky opakující se zhasínání oblouku snižuje vnesené teplo, což se pozitivně projeví na minimalizaci tepelných deformací
- **Pulzní oblouk** je bezzkratový přenos kovu překrývající oblast zkratového a sprchového přenosu. Je řízen elektronikou svařovacího zdroje v podobě pravidelného cyklu amplitudy

impulsního proudu. Základní proud bývá velmi nízký a to v rozmezí 20 – 50 A. Výhodnost spočívá v pravidelné jemné kresbě povrchu svaru i kořene. Lze svařovat tenké plechy, množství vneseného tepla je menší.

- **Sprchový oblouk** je charakteristicky velkou hloubkou závaru, vhodný pro střední až velké tloušťky. Velký objem tekutého kovu omezuje svařování v polohách. Typické hodnoty svařovacího proudu jsou 200 A až 500 A při napětí 28 až 40 V. Oblouk lze realizovat pouze v čistém Ar nebo jeho směsích (Ar + CO₂/O₂) kde je zastoupen Ar minimálně 80 %. Oblouk nezhasíná a do základního materiálu je tak přenášeno velké množství vneseného tepla.
- **Rotující oblouk** umožňuje vytvořit velmi dobrý závar do boků svarové plochy. Svar je hluboký a široký s výrazně miskovitým profilem. Proud nabývá hodnot 400 – 700 A a napětí 40 – 65 V. Volný konec svařovací elektrody je více vysunut minimálně 20 mm. Díky tomu je umožněno zahřívání drátu téměř po celé délce odporovým teplem na velmi vysokou teplotu (konec elektrody se stává plastický). Vlivem silného magnetického pole je plastický konec elektrody roztáčen a odtavující se kapky následně vytváří kuželovou plochu.
 - **Jednotlivé typy přenosu kovu v oblouku mohou být dále rozděleny**
 - krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu
 - krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem
 - přechodový dlouhý oblouk s nepravidelnými zkraty
 - dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem
 - impulzní bezzkratový přenos
 - moderovaný bezzkratový přenos
 - dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu

Na obrázku 18 jsou zobrazeny přenosy kovu do svarové lázně v závislosti na proudu a napětí.



Obr. 18 Přenos kovu v závislosti na svařovacích parametrech [7]

2.6 Zkoušky svarových spojů [23] [24] [25]

Základní rozdělení zkoušek prováděných na zjištění kvality svarového spoje je děleno na destruktivní a nedestruktivní.

Při destruktivních metodách dochází k nenávratnému poškození svarového spoje. Zkoušky jsou vhodné pro velké série výrobků, kdy jsou vybírány určité kusy na kterých je provedena kontrola. Kontrola může být prováděna na prvotních a posledních kusech série, nebo x-tých kusech dle požadavku zákazníka. Statistickým vyhodnocením lze určit jakost výroby a při splnění požadované kontroly lze snížit četnost kontroly a tím snížit náklady na výrobu.

• Druhy prováděných destruktivních zkoušek

- Zkoušky tahem svarových spojů
- Zkoušky ohybem svarových spojů
- Zkoušky rázem ohybu svarových spojů
- Zkoušky tvrdosti svarových spojů
- Tečení (creep)
- Korozní zkoušky
- Chemická analýza kovových materiálů
- Stanovení obsahu difuzního vodíku ve svarovém kovu
- Metalografické zkoušky

Nedestruktivní metody jsou využívány častěji než destruktivní z důvodu nepoškození součásti a možnosti následného použití. Jsou však velmi nákladné na pořízení zkušebních přístrojů a zaškolení kontrolních pracovníků. Například defektoskopické pracoviště využívající rentgenové záření musí být vyzděno a odstíněno například olověnými pláty. To samé platí pro vstupní dveře. Tyto opatření jsou nezbytné, protože kontrolní pracoviště bývá často součástí výrobní haly.

Za nejlevnější a zároveň nejpoužívanější nedestruktivní zkoušku je považována vizuální kontrola svarů, která však vyžaduje zkušeného nebo alespoň zaškoleného pracovníka s příslušným certifikátem. Tato zkouška je často jediná, kterou si malé firmy nebo zámečnické dílny mohou dovolit.

• Druhy prováděných nedestruktivních zkoušek

Metody pro povrchové vady:

- Vizuální
- Kapilární
- Magnetické

Metody pro vnitřních vady:

- Prozařovací (RTG/rentgen)
- Ultrazvuk

Vzhledem k rozsáhlému množství druhů prováděných zkoušek jsou zde popsány pouze takové které jsou v Agrostroji využívány.

2.6.1 Vizuální zkouška [23] [25]

Zkouška je prováděna za účelem odhalit vadu ovlivňující kvalitu svaru. Je předpokládáno, že pokud svar nevyhovuje již na první pohled vizuální zkoušce, je velká pravděpodobnost vnitřních vad, které ovlivní pevnost svarové spoje. Mezi takové vady patří například zápal, studený spoj, špatně dovařené zakončení svaru nebo propadlý kořen, který je nejčastěji způsoben špatnou přípravou svarových ploch (nesprávné otupení v úkosu).

Dále je kontrolována správná velikost tupých a koutových svarů svaru pomocí šablon nebo s využitím speciálních posuvných měřítel viz obrázek 19. Vizuálních vad je samozřejmě nespočetně mnoho, jejich



Obr. 19 Měrka na svary [36]

přípustnost je klasifikována dle normy ČSN EN ISO 5817:2014 (pro oceli, nikl, titan a jejich slitiny) a samotná kontrola je popsána v normě ČSN EN ISO 17637:2017. Tato metoda je velmi výhodná i díky tomu, že samotný svářecí pracovník může po sobě kontrolovat svoji odvedenou práci a tím předcházet dalším závadným svarům a výrobě neshodných kusů.

Vizuální kontrola bývá dělena na přímou a nepřímou variantu. Při přímé variantě lze svár přímo vidět a jako vyhodnocovací prostředky jsou používány šablony, měřidla případně lupa. U nepřímé varianty se svar nachází v nepřístupném místě, nelze jej tedy zvenku spatřit. V tom to případě je nutno využít sondu s monitorem.

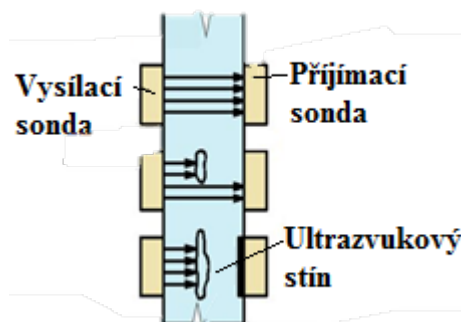
Závěr vizuální kontroly spočívá ve vyhodnocení, zda je svar vyhovující či nikoliv. Je vystaven trvalý záznam o kontrole, která musí obsahovat datum a místo kontroly, použitou metodu, popis a identifikaci kontrolovaného dílu (název a číslo výkresu). Dále pak kritéria přípustnosti a detaily nálezů. Do protokolu se zaznamenávají zjištěné nepřípustné vady, rozsah kontroly, jméno a podpis osoby provádějící kontrolu.

2.6.2 Zkouška ultrazvukem [23] [27] [28]

Princip ultrazvukové zkoušky spočívá v šíření mechanického vlnění svařencem, kdy v případě změny prostředí (pór ve svaru) dochází ke změně vlnění. Nastává lámání nebo naopak odraz vlnění. Jsou využívány dvě metody měření, průchodová a odrazová.

- **Průchodová metoda** využívá dvě sondy snímač a vysílač, které jsou umístěny na protilehlé stěně měřeného materiálu. Vysílač vysílá ultrazvukový signál tzv. echo.

Pokud narazí na pór, trhlinu je vytvořen tzv. ultrazvukový stín (pokles akustického tlaku procházející vlny) snímač tuto anomálii vyhodnotí jako pokles ultrazvukové energie (dorazí k němu méně signálu) viz obrázek 20. Velikost vady je zjišťována porovnáním hodnot přijaté neporušeným materiálem a porušeným. Metoda je vhodná pro rovnoběžné plochy do tloušťky 10 mm. Je nutno zajistit souosost vysílače a snímače.



Obr. 20 Průchodová metoda [28]

- **Odrázová metoda** využívá pouze jedné sondy, která je vysílač a zároveň snímač. Není nutno zajišťovat souosost vysílače a snímače. Lze tak kontrolovat svary, které jsou přístupné pouze z jedné strany. Princip spočívá ve vyslání krátkého ultrazvukového signálu, který se odrazí od všech rozhraní nebo změn v materiálu a navrací se zpět do sondy. Metoda dokáže zaznamenat nejen vadu ve svaru, ale také změnu struktury a velikost. Dle doby prodlevy od vyslání signálu, jeho následné odražení (od vady) a navrácení do sondy lze určit vzdálenost vady pod povrchem. Metoda bývá velice citlivá. Na obrázku 21 je zobrazena sonda která vysílá signál pod úhlem 45°, díky tomu je umožněno prozvučení celého objemu svaru. Tato sonda bývá pro kontrolu svarů nejpoužívanější.



Obr. 21 Odrázová metoda [27]

2.6.3 Metalografická zkouška [24] [29]

Při metalografické zkoušce dochází k odebrání materiálu potřebné velikosti ze zkoušeného materiálu v oblasti, kterou je potřeba posuzovat. Je nutné brát zřetel na to, aby nedošlo k ovlivnění vzorku mechanickou nebo tepelnou deformací. Oblast řezu je nutno intenzivně chladit.

Oddělení vzorku probíhá pomocí pily, soustružením, frézováním nebo rozbrušováním. Následuje označení vzorku elektrojiskrovou jehlou.

V některých případech lze makro výbrus pozorovat rovnou nebo po následném naleptání. Ve většině případů je však nutno pozorovanou plochu brousit na brusných papírech na metalografické brusce viz obrázek 22. Pro makrovýbrus se doporučuje zrnitost 1/0. Po broušení je vzorek opláchnut, očištěn, osušen a následně leptán leptadlem. Nakonec dochází k opláchnutí leptadla pomocí lihu a osušení vzduchem.

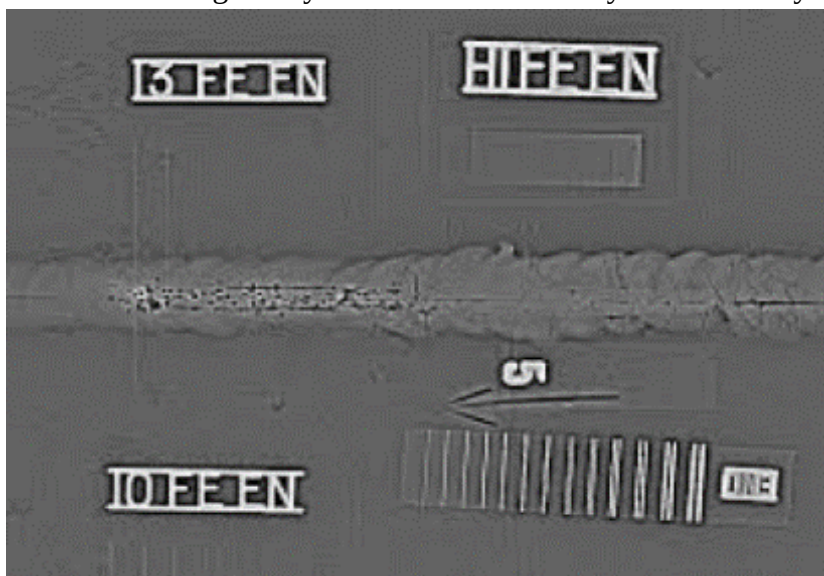
Makroskopická zkouška je prováděna dle normy ČSN EN ISO 17639:2014. Účelem makro zkoušky je vyhodnotit vzorek při skutečné velikosti nebo malém zvětšení (max. 30 x). U svarových spojů je hodnocen tvar svaru, způsob kladení svarových vrstev, odmišení svarového kovu, tvar, šířka, charakter tepelně ovlivněné zóny, hranice natavení a spojení jednotlivých svarových housenek. Obvykle je vzorek zkoumán v příčném řezu a zahrnuje svarový kov, tepelně ovlivněnou oblast (TOO) a základní materiál.



Obr. 22 Metalografická bruska [29]

2.6.4 Metoda prozařovací RTG (rentgen) [25] [27]

Princip RTG využívá lokální změny intenzity vysílaného ionizačního záření ve zkoumaném místě. Změna záření je zaznamenána na radiografický film. Na následném vyvolání se vady a póry zobrazí tmavší skvrnou. To je to způsobeno menším pohlcováním záření. Rozeznatelnost se pohybuje mezi 1 – 2 % prozařované tloušťky. Následuje identifikace místa, velikosti a závažnost vady. Metoda je vhodná pro lokalizaci objemových vad (póry, bubliny), kde je zachován nekreslený obrys ze kterého lze určit o jakou vadu se jedná. Nevýhoda spočívá ve špatné lokalizaci plošných vad (trhliny) kde jejich viditelnost je závislá na směru prozařování.



Obr. 23 Radiogram [27]

Metoda je vhodná spíše pro tupé svary na rovných plochách, kde je zaručená kolmost promítání. U koutových svarů je nutno správně zvolit směr záření. Lze prozařovat kovové i nekovové materiály o tloušťce pohybující se v řádech milimetrů až stovek milimetrů.

Pro vyhodnocování snímků (radiogramů) je nutný zdroj světla (negatoskop). Kvalita snímků musí odpovídat normě, ověřuje se například zčernání pomocí denzitometru. Na obrázku 23 je zobrazen vyvolaný snímek na kterém je patrný neprůvar (ostré černé indikace), a pórovitost (černé tečky). Označení (10FEEN, 13FEEN atd.) znamená označení radiografických měrek.

Průběh zkoušky je určen dle normy ČSN EN ISO 17636-1:2013 a vyhodnocování zkoušky dle ČSN EN ISO 10675-1:2017 a ČSN EN ISO 5817:2014.

2.7 Robotizované svařování [10] [30]

Neustálý trend, který má za cíl zvyšovat produktivitu, kvalitu a přesnost průmyslových výrobků se nevyhýbá ani oblasti svařování. Konvenční ruční svařování je nahrazováno automatizovanými svařovacími roboty. Robotizované svařování umožňuje dosažení podstatně kvalitnějšího svarového spoje, bez ohledu na pracovní vytížení, nepřetržitý provoz a denní dobu.

Automatizovat svařovací proces však musí mít své opodstatnění, například velkosériová výroba, požadovaná vysoká kvalita svaru nebo velmi rozměrné součásti. Je však na místě, počítat s velmi vysokými investičními náklady, kde cena za jedno robotizované svařovací pracoviště může vyšplhat až do desítek milionů korun. Z toho lze usoudit, že ruční svařování bude i nadále zaujímat důležité postavení.

2.7.1 O společnosti Agrostroj Pelhřimov a.s. [31] [32]

Píše se rok 1896 a Jan Matějka otevírá svou zámečnickou dílnu a začíná s výrobou vlastních zemědělských strojů. Jedná se především o stroje pro sklizeň píce a řezačky na zpracování krmení. Přichází první světová válka následovaná dobou temna v podobě velké hospodářské krize. V únoru 1948 je podnik vyvlastněn a postupně zahrnut do národního podniku AGROSTROJ. Po pádu totalitního režimu dochází k rozpadu státního koncernu a následné privatizaci.



Obr. 24 Agrostroj Pelhřimov [32]

V roce 1997 se stává majitelem Lubomír Stoklásek se 100 % podílem a startuje největší rozvoj firmy do současné podoby. Rozloha výrobních hal se rozprostírá na ploše o celkové výměře 23 ha a práci zde našlo více než 2500 zaměstnanců. Téměř 70 % produkce tvoří kooperace a výroba pro světoznámé zahraniční firmy. Pod „jednou střechou“ se tak nachází leč kdy konkurenční značky. Zahraniční zákazníci však tuto skutečnost s nelibostí podstupují, protože nemnoho společností může uspokojit jejich vysoké požadavky. Potvrzením kvality výroby je certifikát ISO 9001:2008 a zařazení jako "dodavatel třídy A" v hodnoceních vystavených zahraničními partnerskými firmami.

Strojní park je velice rozsáhlý, počínaje více osovými obráběcími centry, ohraňovacími lisami, lasery určenými k dělení uzavřených profilů až po robotizovaná svařovací pracoviště různých značek, například: IGM, Panasonic a CLOOS. Společnost jich vlastní téměř 150 kusů.

Jedním z výrobních artiklů vyráběných svařováním je nosná část autojeřábu, na které je aplikována technologie tandemové svařování od společnosti CLOOS využívající laserovou kameru sloužící k optimalizaci svařovacího procesu.

2.7.2 Svařování metodou 138 dle normy ČSN EN ISO 4063:2011 [33] [34] [35]

Metoda 138 je zařazována do metod kategorie FCAW. Jde o svařování plněnou elektrodou s kovovou náplní v ochranné atmosféře aktivního plynu oxidu uhličitého (CO_2). V dnešní době dochází k nahrazování (CO_2) vícesložkovými směsnými plyny nejčastěji na bázi Argonu (Ar) s přidavkem oxidu uhličitého (CO_2) nebo kyslíku (O_2). Tato metoda je dnes v Agrostroji plně využívána oběma typy robotizovaných pracovišť zabývající se svařováním pevnostních konstrukcí (IGM, CLOOS).

Již pouhá výměna svařovací elektrody, kde plný drát bývá nahrazen plněným trubičkovým drátem se celkově podepisuje na celkovém zvýšení produktivity výroby. Používaný plněný drát je od společnosti Lincoln Electric s obchodním označením Outershield® MC710-H jde o falcovaný drát se švem o průměru 1,2 mm. Používaná ochranná atmosféra je směs plynů směšována přímo v Agrostroji. Jednotlivé plyny jsou dodávány od dvou výrobců - Linde a Airproduct. Jako neoptimálnější směšovací poměr byl vypočítán poměr 82% Ar a 18% CO_2 . Jedná se o směšovací poměr, který umožňuje norma M21 dle ČSN EN ISO 14175:2009.

Princip metody spočívá v hoření elektrického oblouku mezi tavící se elektrodou, která je ve formě plněného trubičkového drátu a základním svařovacím materiálem. Napájení drátové elektrody ze zdroje je realizováno skrz průvlaky ve svařovací hubici. Použitý zdroj generuje stejnosměrný proud, kde kladný pól je připojen na drátovou elektrodu (anodu). Jedná se tedy o

nepřímé zapojení polarity. Plyn, neboli ochranná atmosféra bývá volena nejen

podle složení a druhu svařovaného materiálu, ale také podle typu svařování a významně ovlivňuje kvalitu svaru. Metoda 138 je vlastně modifikace

metody 135 dříve též označovaná jako MAG. Rozdíl spočívá v použití jiného přídavného materiálu, který je ve formě plněné elektrody s kovovou náplní. I zde je nadále nutné využívat přídavnou ochrannou at-

mosféru v podobě aktivního plynu. Kovová náplň má za úkol především významně zlepšit kvalitu svaru a mechanické vlastnosti. Dále

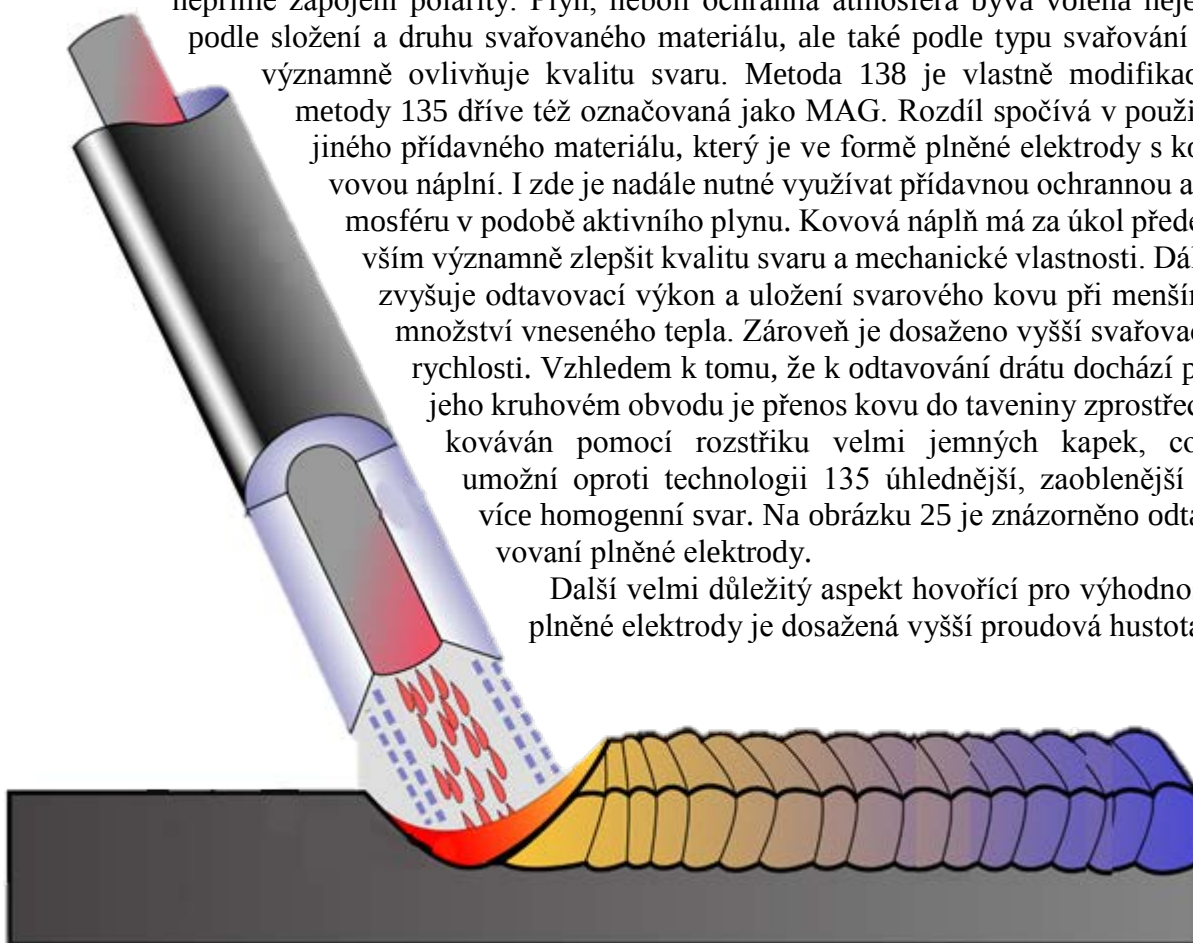
zvysuje odtavovací výkon a uložení svarového kovu při menším množství vneseného tepla. Zároveň je dosaženo vyšší svařovací

rychlosti. Vzhledem k tomu, že k odtavování drátu dochází po jeho kruhovém obvodu je přenos kovu do taveniny zprostřed-

kováván pomocí rozstříku velmi jemných kapek, což umožní oproti technologii 135 úhlednější, zaoblenější a

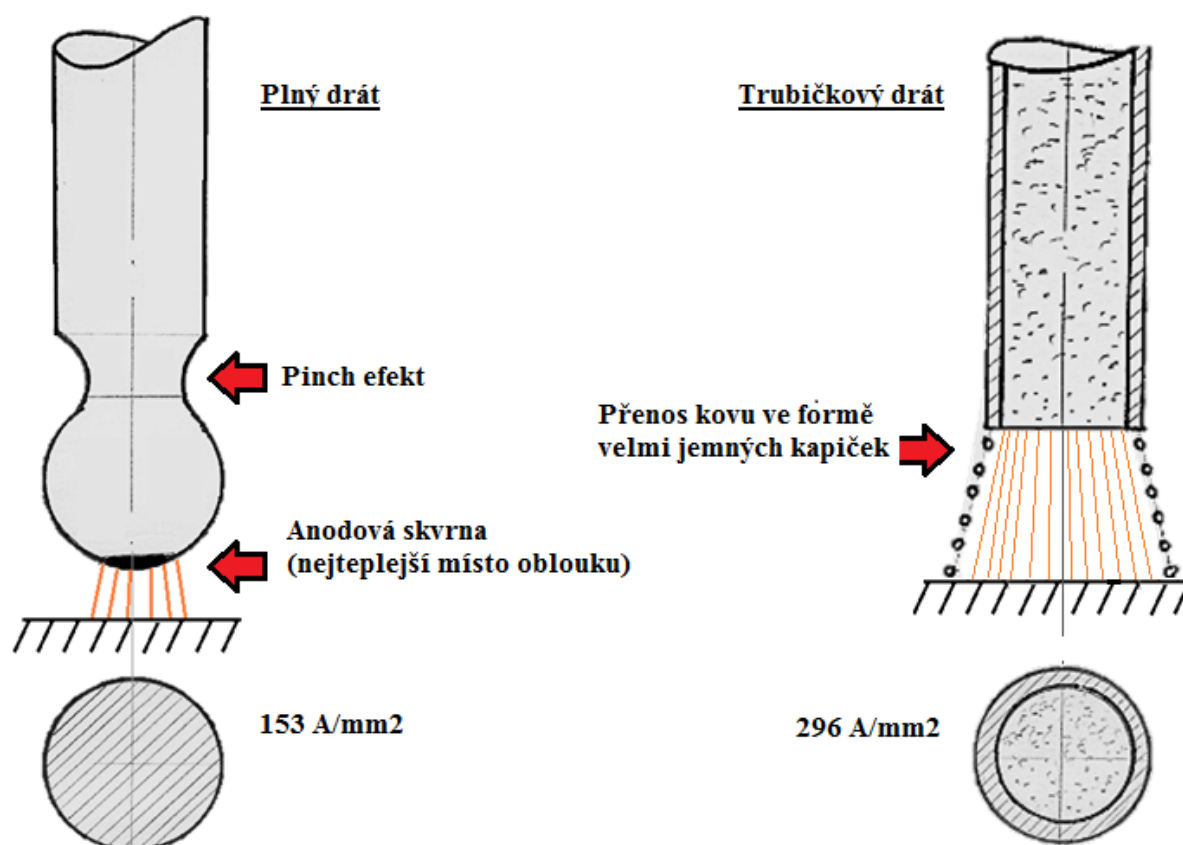
více homogenní svar. Na obrázku 25 je znázorněno odtavování plněné elektrody.

Další velmi důležitý aspekt hovořící pro výhodnost plněné elektrody je dosažená vyšší proudová hustota.



Obr. 25 Plněná elektroda [17]

Na obrázku 26 je zobrazeno porovnání plného drátu a plněného drátu též nazývaného jako trubičkový. Oba dráty mají shodný průměr 1.2 mm a shodný proud, mající hodnotu 200 A na kontaktním průvlaku.



Obr. 26 Plný a plněný drát [35]

Pro plný drát odpovídá proudová hustota 153 A/mm^2 , což je způsobeno hořením oblouku pouze mezi anodovou skvrnou a základním materiálem. To zapříčiňuje přenos kovu do lázně ve formě objemnějších kapek, které vytvářejí turbulence ve svarové lázni. Průvar nabývá trojúhelníkovitého až prstencovitého tvaru. Naopak trubičkový drát vzhledem ke své konstrukci umožňuje odhořívát po celém svém obvodu a tím je umožněno dosáhnout vyšší proudové hustoty. V tomto případě nabývá 296 A/mm^2 . Oproti plnému drátu jsou kapky kovu citelně drobnější. Přenos kovu do svarové lázně je klidný a oblast dopadu kapek větší. Profil průvaru je širší obloukového až čtvercového tvaru.

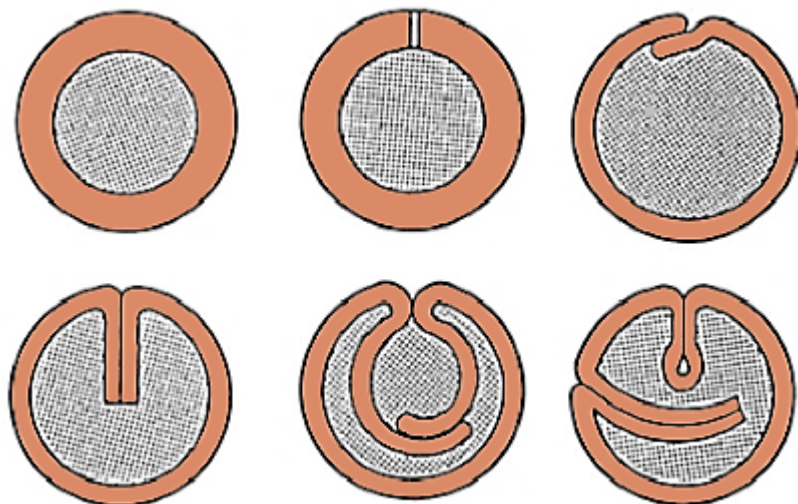
Výsledný rozdíl proudové hustoty mezi oběma typy drátů je nezanedbatelných 143 A/mm^2 ve prospěch trubičkového drátu. Z toho vyplývá možnost nastavení vyšších svařovacích proudů i pro relativně tenké dráty.

2.7.3 Plněné elektrody [33] [34] [35]

Postup výroby plněné elektrody, spočívá ve vytvarování ploché pásky do tvaru písmene „U“ která je následně naplněna kovovým práškem. Poté dochází k uzavření profilu válcováním pomocí formovacích kladek nebo svařením laserem. Na závěr dochází k finálnímu tažení, v případě bezešvých drátů k poměření.

Výrobní proces může být u různých výrobců odlišný, například pro bezešvé elektrody je používáno vícenásobné tažení doplněné mezioperačním žiháním. To umožní deseti až dvanácti násobné prodloužení elektrody.

Základní rozdělení plněných elektrod je děleno na falcované se švem a svařované bezešvé. Různé typy plněných elektrod jsou uvedeny na obrázku 27. Pro náročné svařování jsou výhodnější bezešvé elektrody. Dochází k menšímu opotřebení průvlaku a pří-



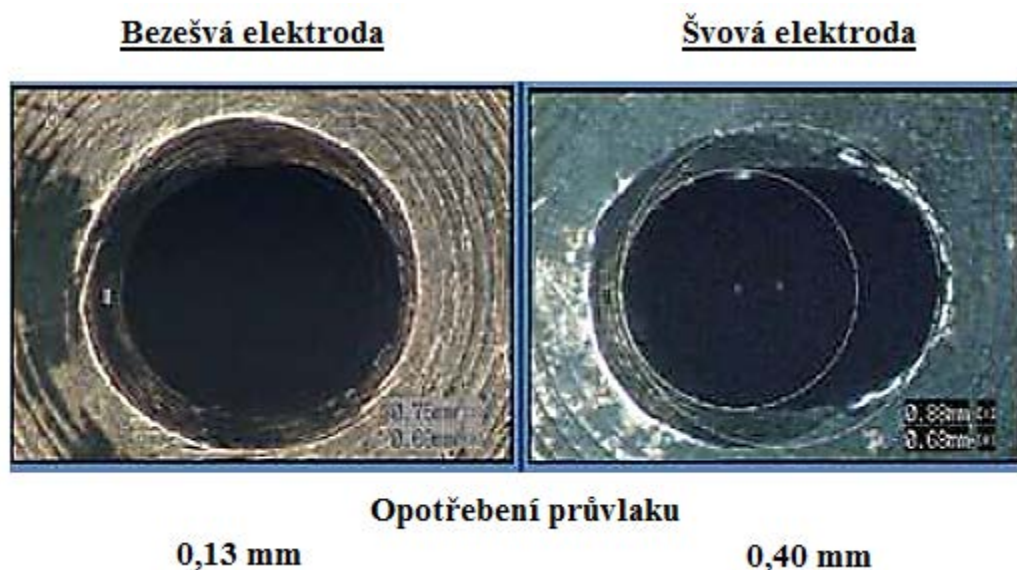
Obr. 27 Druhy plněných elektrod [10]

vodního napájecího kabelu. Snižuje se náročnost na podávání a stabilizuje se svařovací proces. Nižší difúzní vodíky minimalizuje tvorbu trhlin. Pomědění stabilizuje hoření oblouku. Bohužel bezešvé elektrody jsou nesrovnatelně dražší, což vede nadále k používání švových elektrod i přes značné nedostatky.

Pro ostatní metody FCAW může být náplň odlišná, například bazická nebo rutilová. To umožní svařování bez ochranného

plynu, vzhledem k vytvoření vlastní ochranné atmosféry vzniklé rozkladem přísad z náplně. Kromě ochranné atmosféry produkuje náplň i strusku, která slouží jako dodatečná ochrana při rychlém chladnutí svaru.

Na obrázku 28 je zobrazen snímek znázorňující opotřebení průvlaku při použití bezešvé elektrody vlevo a švové vpravo. Svařování probíhalo 10x10 minut při nastaveném proudu 270 A a průměr drátu činil 1,2 mm. V případě použití švové elektrody bylo opotřebení 0,40 mm a případě bezešvé elektrody tvořilo opotřebení pouze 0,13 mm.



Obr. 28 Snímek opotřebení průvlaku [35]

- **Typy plněných elektrod [35]**

Na obrázku 29 je zobrazen průřez plněné elektrody falcované a svařované.



Obr. 29 Průřez plněnou elektrodou [35]

Falcovaná, se švem

- Slabší plášť trubičky
- Při skladování nutno přesušovat jako elektrodu
- Nelze pomědit
- Větší nároky na vedení a podávací kladky
- Větší opotřebení průvlaku
- od průměru 1.2 mm

Svařovaná, bezešvá

- Větší tuhost trubičky
- Silnější plášť trubičky
- Není nutno přesušovat
- Poměděná, leštěná
- Žíhaná, uklidněná
- Vedení umožní i dvou kladková mechanika
- Vyšší cena
- Od průměru 1 mm

2.7.4 Svařovací robot IGM [36]

Jedná se o devíti-osé robotické pracoviště rakouské firmy IGM. Robotická ruka je 6-osá s označením LIMAT RT 370 viz obrázek 30 a je umístěná na portálové dráze, která slouží k přesunu mezi dvěma jednoosými



Obr. 30 Rameno robota IGM

polohovadly typu "gril" umístěnými vedle sebe. Pracoviště je dále vybaveno jedním svařovacím zdrojem Fronius TPS 500. Vyhledávání pozice svaru je zde realizováno dotykově pomocí takzvaného taktilního senzoru plynové trysky a proces svařování je hlídán senzorem elektrického oblouku. Bohužel díky absenci jakéhokoli moderního systému laserového vyhledávání oblouku, technické zastaralosti, ale především neustále zvyšujícím se nákladům na amortizaci je předpokládáno postupné nahrazování tohoto typu robota.

Svařování probíhá technologií 138 dle normy ČSN EN ISO 4063:2011. Jako přídatný materiál je volena plněná elektroda Outershield MC710-H s průměrem 1,2 mm od společnosti Lincoln Electric. Technický list je uveden v příloze 1.

Díky dvěma polohovacím je umožněno nepřetržité svařování. V době, kdy probíhá svařování na jednom kusu je umožněno upevňovat do druhého polohovače další svařenec a zároveň provést případnou opravu svaru po robotu. Díky tomuto upořádání dochází k časové úspoře přibližně 5 minut. Svařovací polohovač je pouze jednoosého typu „gril“ viz obrázek 31 což způsobuje nerovnoměrné, nesymetrické tečení koutového svaru vlivem gravitace.



Obr. 31 Jednoosé polohovač [37]

2.7.5 Svařovací robot CLOOS [38] [36]

Jedná se o deseti-osé robotické pracoviště německé firmy CLOOS. Robotická ruka je 6-osá s označením QRC 410 viz obrázek 32 a je umístěná na otočném rameni, které slouží k přesunu robota nad jedním dvouosým polohovačem, které umožňuje otáčení + naklápění a má ještě vertikální pojezd pro zlepšení pozicování ruky robota vůči polohovači a usnadnění výměny svařence. Robot je vybaven výměnným systémem hořáků. Jeden hořák je klasický jednodrát a druhý hořák je tandemový s dvěma dráty do společné tavné lázně. Pro více drátové svařování je nutno použít na každou elektrodu samostatný zdroj, proto je robot vybaven dvěma svařovacími zdroji CLOOS GL 603 Quinto. Senzorické systémy robota CLOOS se skládají z taktilního senzoru, plynové trysky, senzoru elektrického oblouku a laserového senzoru v off-line režimu. Vzhledem k tomu, že laserový online senzor musí být umístěn v těsné blízkosti před hořákem po celou dobu svařování, docházelo by v tomto konkrétním případě k zavazeni a neumožnění dostatečného přístupu do místa svaru. Proto nebyl o instalaci toho prvku v Agrostroji zájem a není ve výbavě obsažen.



Obr. 32 CLOOS QRC 410 [38]

Vzhledem k jistému podílu důležitých svarů s nestejnou velikostí svařovací mezery, které byly doposud svařovány ručně a bude snaha proces automatizovat, bude nutné vybavit robotizované pracoviště i online senzorem.



Obr. 33 Dvouosé polohovač [37]

V případě robota CLOOS a IGM je sdílena stejná svařovací technologie tedy 138 dle ČSN EN ISO 4063:2011 i přídatný materiál Outershield MC710-H o průměru 1,2 mm.

Rozdíl spočívá v použití dvouosého polohovače (gril + naklápění) viz obrázek 34, které příznivě eliminuje negativní vliv gravitace na tečení svaru. V tomto případě je robot vybaven pouze jedním polohovačem, což činí nutnost ukončit svařovací proces, pokud je součást dokončena. Další odlišnost je v optickém vyhledávání a tandemovém hořáku který v případě IGM chybí.

2.7.6 Tandemové svařování [39] [40]

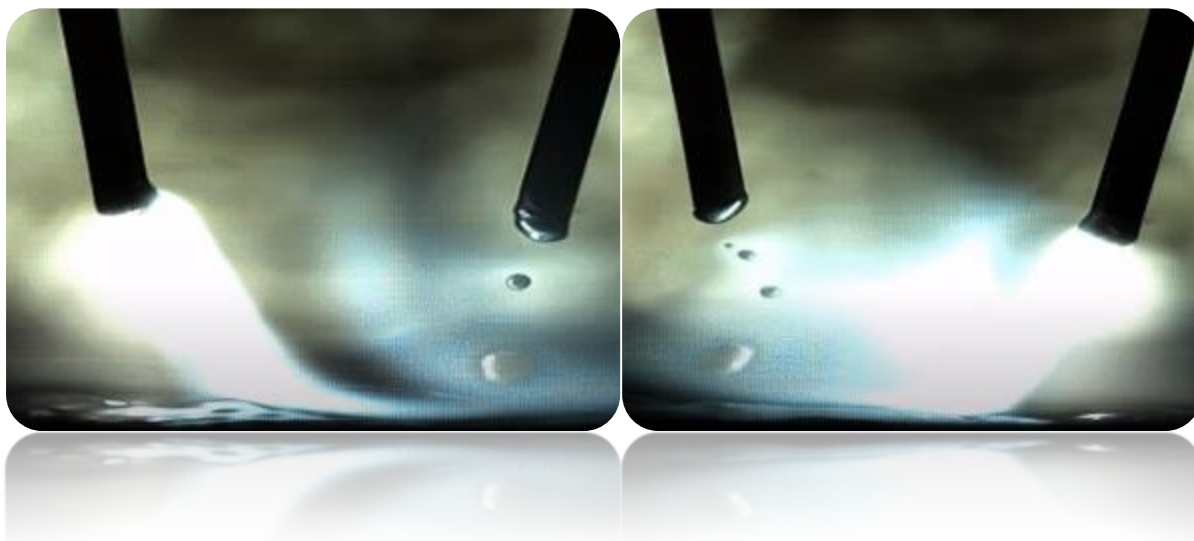


Obr. 34 Tandem [40]

Je proces, kdy v jedné svařovací hlavě jsou umístěny dva průvlaky pro dva svařovací dráty. Uspořádání drátů je v řadě za sebou neboli v tandemu viz obrázek 34. Přední drát zajišťuje dostatečný průvar a zadní drát umožňuje rychlé vyplnění i velkých mezer přídavným materiálem. Toto uspořádání umožní dokončit svár na jeden přejezd. Kořenová houstenka a krycí vrstva jsou vařeny současně. Svařovací oblouky hoří v jedné společné svarové lázni. Jedná se o dva elektricky navzájem oddělené, přesto navzájem sladěné procesy. Vzhledem k minimalizaci potřebného počtu přejezdů je zmenšeno celkové množství vneseného tepla. To se pozitivně projeví na minimální deformaci svařence. Další a jednoznačně největší výhoda spočívá v dosažení vyšší svařovací rychlosti.

Tato metoda je vhodná jak pro tenké tak i pro silné plechy. Lze naplno využívat možnosti vysokého odtavovacího výkonu a vysoké svařovací rychlosti, zvláště s použitím plněné trubičkové elektrody s kovovou náplní. Ta zvyšuje využití přídavného svařového kovu. I přes nesporné výhody této technologie, nachází se zde jistá omezení. Vzhledem k rozměrnějším tvarům svařovací hubice, není umožněn dostatečný přístup do různých zákoutí a malých koutových svarů. Nejvyšší efektivita je dosažena při svařování dlouhých rovinných svarů.

Na obrázku 35 jsou zaznamenány snímky svařovacího procesu s bezzkratový přenosem kovu v pulzním režimu. Jednotlivé oblouky nejsou zapalovány současně, ale jsou synchronizovány a dochází k jejich střídání. Elektronika svařovacího zdroje přesně určuje včasné zapálení a obě elektrody se navzájem doplňují



Obr. 35 Tandemový svařovací proces [40]

2.7.7 Senzorické systémy [41] [42] [43] [44]

- **Taktilní senzor plynové trysky** je dotykové vyhledávání sloužící k určení prvního svařovacího bodu (začátek svařování), určení obrysu a profilu svařence. Princip spočívá v najetí svařovací hubice do požadovaného místa začátku svaru (dráha je naprogramovaná programátorem), kde dochází ke kontaktu vnějšku svařovací hubice, svařovací elektrody nebo upevněného dotykového senzoru viz obrázek 45 se svařovaným materiálem.



Obr. 36 Taktilní senzor plynové trysky [41]

Robot vede hořák po naprogramované dráze. Poté co se senzor dotkne svařence, začne senzorem procházet měřící proud, robot se zastaví a poloha je uložena. Pro přesné určení v souřadnicích X,Y,Z je nutno najet na svařenec ze třech směrů. Poloha budoucího svaru je sice naprogramována, ale ve skutečnosti vzhledem k možným nepřesnostem dílce nebo přípravku může být mírně posunuta. Díky tomuto systému je minimalizováno riziko nevhodně umístěného svaru. Tento systém byl další evoluční krok, kdy první pokusy o robotizované svařování byly prováděny na univerzálních průmyslových robotech s absencí jakéhokoliv vyhledávání a výsledné svary byly často umístěny mimo požadovanou oblast. Například

v případě požadavku na koutový svár nedošlo ke svaření, ale spíše k navaření svarové housenky na horizontální nebo vertikální část. Tímto systémem lze vyhledávat veškeré materiály, pokud je u nich splněna podmínka elektrické vodivosti. Výhody spočívají v absenci jakýchkoliv zavazujících zařízení (pokud není použit dotykový hrot) a možnost naprogramovat vyhledávání rovnou do svařovacího programu

- **Senzor Elektrického oblouku** neslouží k určení počáteční polohy svařování, ale kontroluje zda naprogramovaná dráha skutečně souhlasí se svařovací polohou hořáku. Kontrola probíhá během svařování. Pokud jsou zde odchylky způsobené například vznikající tepelnou deformací, robot rozpozná skutečnou konturu a provede odpovídající korekci. Svařovací hořák koná oscilační pohyb a snímá tak boky, hrany svařovaného materiálu. Program robota koriguje polohu tak, aby se nacházel uprostřed naprogramované dráhy. Dále tento systém koriguje výlet drátu a vzdálenost hořáku od svařence. Vzhledem k tomu, že kontrola probíhá současně se svařováním nedochází k žádným časovým ztrátám. Nejsou zde obsaženy ani

žádné zavazující součásti a systém bývá přímo zapojen na počítač robota na kterém je možno regulovat korekční citlivost.

- **Laserové optické senzory** slouží k určení skutečné polohy svaru. V tomto případě však měření probíhá bezdotykově. Princip funkce spočívá ve využití laserového distančního (bezdotykového) senzoru. Laserová vysílací dioda se snímačem citlivým na světlo vysílá laserový paprsek, který se odráží od povrchu a dodává prostřednictvím metody triangulace napětí odpovídající vzdálenosti. Pohybem senzoru příčně nad svarem lze velmi rychlým snímáním sensorového signálu generovat a vyhodnotit výškový profil měřeného objektu. Snímání signálu je nezávisle na vyhledávací rychlosti nastaveno tak, aby mohlo být až do délky vyhledávání 1500 mm provedeno 20 snímků na 1 mm. Z toho vyplývá boční rozlišení 0,05 mm. Vyhledávací jízda je zvolena tak, aby nad vyhledávanou hranou proběhl laserový paprsek. Poté je možno prostřednictvím zpracování obrazu rozpoznat polohu a geometrii svaru, který je dále zpracován v programu robota. Pro každý svar nebo vyhledávací jízdu lze definovat vlastní vzor svaru. Definovaná poloha svaru je předem zjištěna na základě těchto souřadnic. V programu robota jsou uloženy svařovací polohy. Na základě geometrie svaru lze upravit parametry svařování za účelem dosažení optimálního výsledku svařování.

Svařovací dráha je uložena v programu stroje a je programována svařovacím specialistou. Senzor vysílá na svařenec světelný paprsek, zachycuje jeho zpětnou vazbu a získává potřebné informace o skutečné poloze geometrii svaru. Hlavní úlohy spočívají v hledání začátku/konce svaru, rozpoznávání hran obrobku, zjišťování polohy trubek, čepů, měření šířky spár, kontrola přípravy svaru. Tato technologie výrazně snižuje požadavky na svařovací přípravky a přesnost jednotlivých komponentů svařence, protože dokáže vykompenzovat rozdílné svařovací mezery.

Další výhoda spočívá v umožnění snímání hliníkových slitin, vysoce legovaných ocelí nebo pozinkovaných materiálů v odpovídající přesnosti, aniž by musela být snížena jejich světelná odrazivost, což není pro optické senzory příliš obvyklé. Laserový senzor bývá standardně kombinován se senzorem elektrického oblouku. I přes nesporné výhody této technologie je zde problém v ceně, což tyto technologie dělá nedostupné pro menší společnosti.

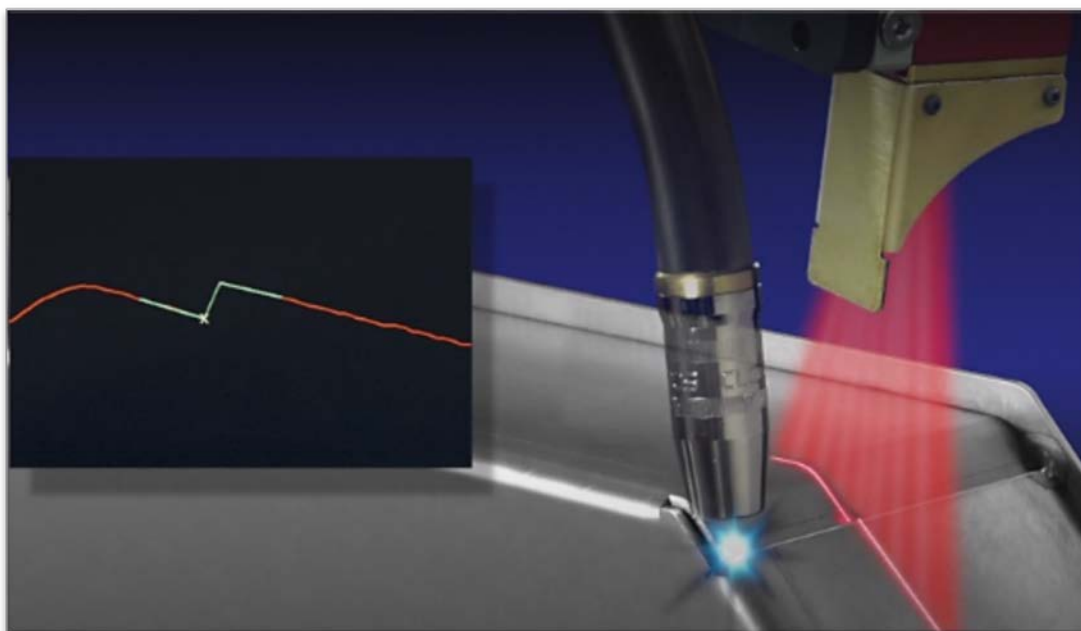
- **Laser offline senzor** nepracuje během svařování. Snímání probíhá před začátkem svařování nebo po jeho dokončení a samotný proces probíhá velice rychle. Dochází k záznamu nasnímaných dat, pomocí kterých je optimalizován svařovací program pro co nejlepší svařovací výsledek. V případě robota CLOOS je senzor umístěn v blízkosti svařovacího hořáku na ruční přírubě robota, to umožní docílit velmi krátké cesty vyhledání. Na obrázku 37 je zobrazen offline senzor se zavřenou krytkou. Konkurenční společnosti leckdy umísťují své



Obr. 37 Laser off-line senzor [43]

optické senzory do odlehlejších částí ramene robota, což prodlužuje cestu vyhledávání. Princip snímání spočívá v najetí senzoru do místa svaru a otevření krytky chránící senzor. Dochází k nasnímání začátku a konce svaru v příčném směru. Krytka se zavírá a senzor odjíždí. Provádí se korekce, najíždí svařovací hořák a je zahájeno svařování. Offline senzor není během svařování vystaven rozstříku což je výhoda oproti online senzoru.

- **Laser Online senzor** je poměrně vyspělý vyhledávací systém viz obrázek 38. Kontrola a korekce probíhají online v reálném čase během svařovacího procesu. Senzor je umístěn v těsné blízkosti před hořákem ve směru jeho pohybu. Snímá konturu připravené svarové plochy a odesílá data do počítače robota. Ten data vyhodnocuje a provádí optimalizaci



Obr. 38 Laser on-line senzor [44]

svařovacího procesu. Dokáže upravovat nejen polohu svařovacího hořáku, ale i svařovací parametry tedy proud a napětí. Pokud nastane situace kdy odchylky od výrobní tolerance, nebo ustavené polohy jsou příliš velké a nedokáže provést nutnou opravu je svařovací proces automaticky zastaven, čímž je zabráněno výrobě neshodných kusů. Tento systém je velmi vhodný pro svařování složitých součástí, kde není zaručeno přesné lícování požadovaných součástí a nestejná velikost svařovací mezery.

2.7.8 Čištění svařovacího hořáku [45] [36]

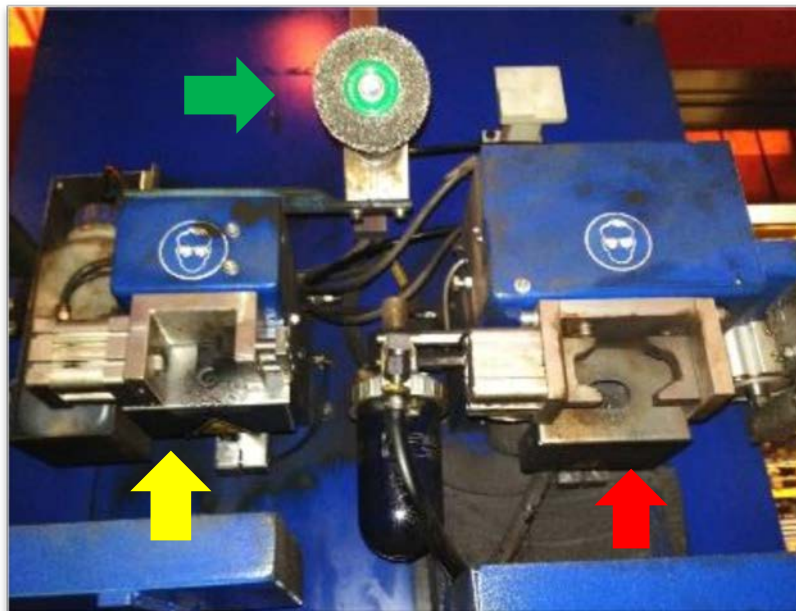
Při svařovacím procesu v ochranné atmosféře dochází k znečištění svařovacího hořáku takzvaným „rozstříkem“. Rozstřík kovu je nežádoucí jev, kdy roztavený kov ulpívá na svařenci a svařovacím zařízení ve formě drobných kuliček. Odstranění bývá leckdy obtížné. Množství rozstříku klesá s větším procentuálním zastoupením inertního plynu v ochranné atmosféře, nelze však úplně eliminovat. Pro snížení ulpívání rozstříku je využíváno ochranných nástřiků přímo na svařenec nebo do hubice hořáku. Tyto technické kapaliny mohou být na vodní, olejové nebo biologicky odbouratelné bázi.

Pokud nedochází k pravidelnému čištění svařovací hlavy, dochází k citelnému poklesu kvality svaru. V případě ručních pracovišť je svařovací hořák čištěn manuálně svařovacím pracovníkem.

Robotizovaná pracoviště obsahují samostatnou čistící jednotku, která čistí svařovací hořák pomocí drátového kartáče. Často také obsahuje mechanismus sloužící k zastřížení svařovacího drátu do špičky, což usnadňuje zapálení oblouku. V případě robotizovaného pracoviště CLOOS se zde nachází pozice pro aplikaci ochranného nástřiku sloužící k minimalizaci, ulpívání rozstříku. Tím se prodlužuje doba svařování (snížení nutnosti častého čištění) a zlepšuje odstranitelnost zanesení.

Počet čistících cyklů během svařovacího programu naprogramuje programátor robota, podle stavu znečištění svařovací hubice vznikajícího během průběhu daného programu. Proto bývá počet čistících cyklů v každém programu jiný.

Na obrázku 39 je zobrazeno čistící zařízení robotu CLOOS. Vpravo (červená šipka) se nachází poloha, kde se čistí vnitřní část tandemové hubice a aplikuje se separační postřík proti ulpívání rozstříku na hubici. Vlevo (žlutá šipka) se nachází místo pro čištění jednodrátového hořáku. Nahoře je drátěný kartáč kde se čistí vnější část obou hořáků – jednodrát/tandem (zelená šipka).



Obr. 39 Udržovací jednotka CLOOS

3 SVAŘOVANÁ SOUČÁST [36]

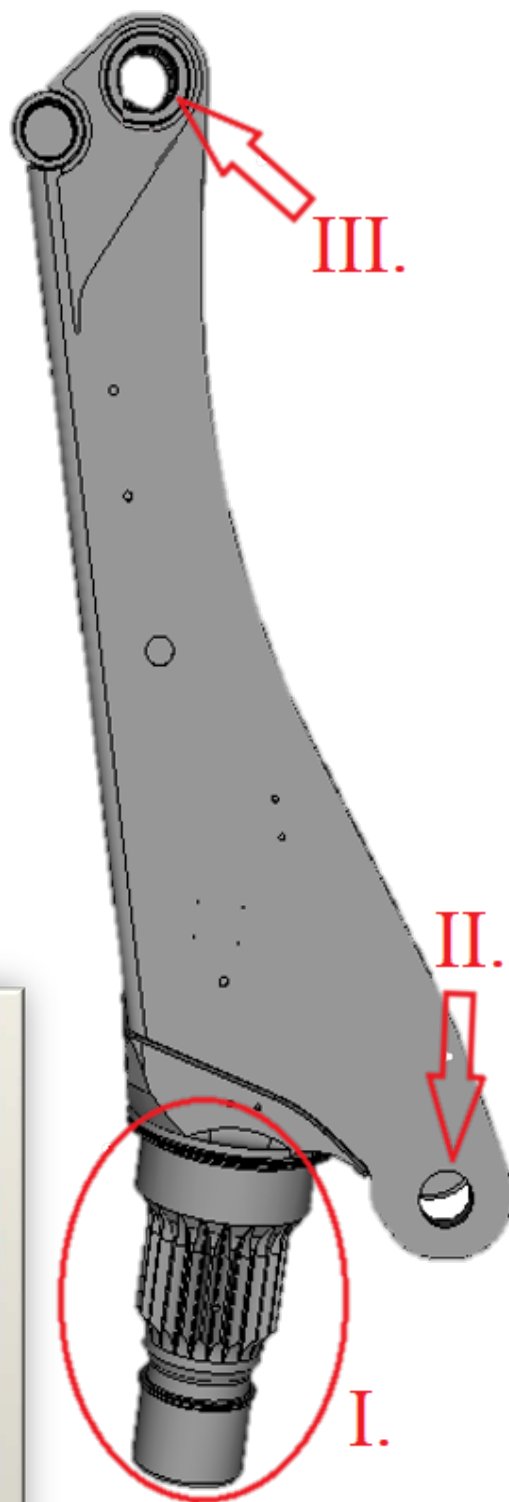
Jedná se o hlavní nosnou část autojeřábu, viz obrázek 40 která je ukotvena na základně a dále pevně přichycena na povozku nákladního automobilu. Součást je označována jako nosný sloup. Spíše než o jeřáb se jedná o takzvanou hydraulickou ruku, která je umístěna za kabinou nákladního automobilu a slouží primárně k nakládání, vykládání a manipulaci s materiálem. Výkres součásti SL-8924 je uveden v příloze. Na obrázku 41 je jeřáb, v tomto případě spíše nakladač zachycen při práci.

Spodní část označená I. je dodává od subdodavatele jako odlitek na kterém je již připravena plocha pro ložisko a vyfrézované drážky tvořící ozubení sloužící k otáčení autojeřábu pomocí hřebenové tyče. Tento díl označovaný jako „čep“ je jediná součást nakupována a plně opracovávána mimo Agrostroj. V blízké době se počítá s obráběním této součásti přímo v Agrostroji a bude probíhat dělicím způsobem.

Ostatní komponenty nosného sloupu jsou tvořeny hutními polotovary, které jsou děleny, řezány pomocí tavného laseru a následně svařovány. Otvor označen II. slouží k uchycení oka přímočarého hydromotoru, který zabezpečuje pohyb zdvihací části autojeřábu.



Obr. 41 Nakladač [46]

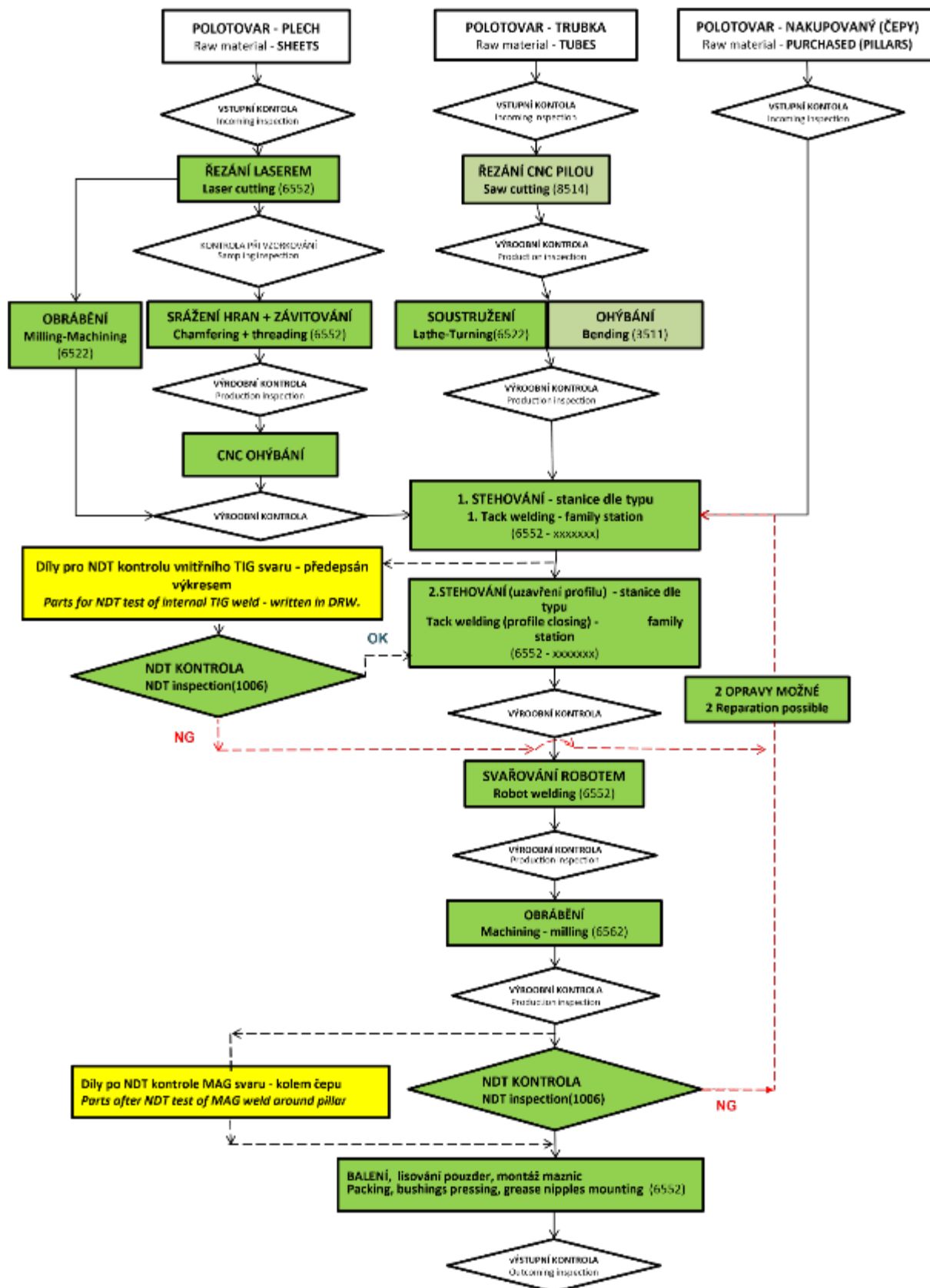


Obr. 40 Nosný sloup

Zdvihací součást, která není na obrázku zobrazena je ukotvena čepovým spojem v místě označené III, tak aby byl umožněn pohyb nahoru a dolů.

3.1 Schéma postupu výroby [47]

Na následujícím schématu obrázek 42 je zobrazen postup výroby nosného sloupu autojeřábu



Obr. 42 Postup výroby [47]

3.2 Materiál [48] [49] [50] [51] [52] [53] [36]

Pozice jednotlivých komponentů jsou označeny na výkrese a kusovníku, který je uveden v příloze SL-8924. Použité polotovary a materiály jsou uvedeny v tabulce 3. Chemické složení uvedeno v tabulce 5. Materiálové listy k nahlédnutí jsou umístěny v příloze 2,3,4,5,6.

V průběhu roku 2015 provedla společnost SSAB Oxelösund AB sjednocení svých značek ocelí WELDOX a DOMEX pod jednu značku STRENGTH. V případě Agrostroje nedochází k žádným změnám, protože materiály jsou stále objednávány pod stejnými čísly se stejnými mechanickými vlastnostmi. Změna chemického složení proběhla minimálně, leckdy vůbec.

Tab. 3 Materiály a jejich označení

Název	Č.V.- komponenty	Polotovar	Materiál
Čep	SL - 4791	—	SS 2225-24
Trubka	SL - 8851	TR 114,3x17,5x6000+100	S355J2H
Trubka	SL - 8860	TR 114,3x17,5x6000+100	42CRMO4+QT
Deska	SL - 8878	P 8x1800x2000	WELDOX700E
Výztuha	SL - 8886	P 8x1800x2000	WELDOX700E
Plech sloupu	SL - 8894	P 8x1500x2000	DOMEX700MCD
Výztuha	SL - 8908	P 25x1250x2500	WELDOX960E
Čelní plech	SL - 8916	P 8x1800x2000	WELDOX700E
Výztuha	SL - 2331	P 25x1250x2500	WELDOX960E

- **SS 2225-24** jde o materiál který je dodáván již ve formě hotového opracovaného odlitku s ozubením. Ekvivalentní označení materiálu dle ČSN EN 10027 je GS25CrMo4. Odlitek dodává společnost "PYRSA PIEZAS y RODAJES S.A. Španělsko". V blízké době je očekáván předpoklad nakupovat pouze surový odlitek, ozubení vyrábět přímo v Agrostroji dělicím způsobem a plochu pro ložisko jemným soustružením.
- **S355J2H** je standartní nelegovaná konstrukční ocel určená ke svařování, dodávaná ve formě trubkového profilu. Jde o ekvivalent k oceli 11 503 dle normy ČSN 41 1503, kterou plnohodnotně nahrazuje, avšak s možností využít širší rozsah záruk na jakost a volitelných parametrů pro srovnatelné výrobky podle EN 10025. Pro Agrostroj dodává tyto materiály společnost Ferona, a.s.
- **42CRMO4+QT** je dle evropského značení EN 10083-3 nízkolegovaná ušlechtilá chrom molybdenová ocel vhodná ke zušlechťování. Ocel se vyznačuje vyšší prokalitelností a je vhodná pro více namáhané součásti. Jde o materiál často používaný pro zušlechťování. Do průměru 100 mm lze zachovat dostatečnou houževnatost a získat pevnosti překračující hodnotu 1000 Mpa. Tvrdost po zakalení odpovídá hodnotě 58 HRC. Kvůli náchylnosti na vznik kalicích trhlin probíhá kalení do méně razantního kalicího prostředí, nevyznačuje se však náchylností k popouštění křehkosti. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení.
V případě autojeřábu je tento materiál používán ve formě trubky sloužící ke zpevnění a zvýšení tuhosti konstrukce.
- **WELDOX (STRENGTH) 700E/960E** je obchodní název a ochranná známka švédské společnosti SSAB Oxelösund AB. Materiál je dodáván ve formě plechu. Oceli třídy WELDOX jsou známé jako vysokopevnostní plechy s výbornou svařitelností. Použití a aplikace ocelí třídy WELDOX je vztažena především na mostní konstrukce, jeřáby, podvalníky, části podvozků nákladních automobilů, hydraulické ruky, důlní výztuže, zdvihacích zařízení a konstrukce ropných plošin. Dále všude tam kde je nutno využívat svařitelné materiály

s vyšší pevností. Zároveň je nutné zachovat vysoké hodnoty pevnosti, respektive tvrdosti. Označení 700 zaručuje minimální mez kluzu do 700 Mpa v závislosti na tloušťce plechu, to samé platí v případě označení 960. Hlavní výhoda pro použití tohoto materiálu spočívá nejen v jeho vysoké mezi kluzu a pevnosti, ale především v jeho možnosti svařovat bez předehřevu. Například WELDOW 700 má v tloušťce 20 mm stejnou svařitelnost jako ocel 11 523 dle ČSN. V případech kde je již předepsaný předehřev pro ocel 11 523 může být ekvivalentní tloušťka WELDOXU 700 svařována bez předehřevu. Toto je umožněno díky nižší hodnotě uhlíkového ekvivalentu. WELDOX 700 při tloušťce do 20 mm má podstatně menší hodnotu uhlíkového ekvivalentu než ocel 11 523. Doporučené teploty předehřevu ocelí WELDOX jsou uvedeny v tabulce 4.

Materiál samotný vykazuje základnou strukturu s nízkým obsahem uhlíku a legujících prvků. Maximální množství legur musí být takové, aby byla zajištěna technologičnost, zejména svařitelnost. Proces kalení je jedinečnou technologií společnosti SSAB. Jedná se o proces, při kterém je materiál veden válcí kalícího lisu do oblasti sprchové komory, kde dochází k ochlazení plechu z kalící teploty přibližně na teplotu 20 °C. Ochlazení zajišťuje seskupení vodních trysek s rozdílnou výstupní rychlostí. Těmi je přiváděna filtrovaná voda, která je udržována na konstantní teplotě 20 °C. Právě rozdíl výstupních rychlostí vody z trysek, zajistí rovnoměrné a rychlé prokalení materiálu v celém jeho průřezu. Ochlazovací rychlost umožní pokles teploty z 900 °C na 20 °C za cca 9 sekund při tloušťce materiálu 25 mm. Díky této technologii je umožněno dosáhnout zakalené struktury při nízkém uhlíkovém ekvivalentu a minimálním množství legujících prvků. Následné popuštění oceli probíhá relativně za vysoké teploty, přibližně 600 °C. Díky tomu je dosaženo výborné houževnatosti.

V případě svařování tohoto materiálu v Agrostroji není nutno aplikovat předehřev z důvodu použité tloušťky materiálu, což je další pozitivní vliv předurčující vhodnost použití tohoto materiálu.

Tab. 4 Doporučené teploty předehřevu pro WELDOX [50]

Doporučené teploty pro předehřev <i>Pro různě kombinované (sumární) tloušťky plechu [mm]</i>		
t1 + t2 + t3 [mm]	WELDOX 700	WELDOX 960*
30	—	75 °C
40	—	100 °C
50	75 °C	
60		
70		
80		
90		
100	100 °C	
110		
120	150 °C	150 °C
130		
Doporučená teplota interpass	200 – 225 °C	150 – 175 °C
*) Teplota předehřevu je dána přídatným materiálem, pokud uhlíkový ekvivalent tohoto materiálu je vyšší než uhlíkový ekvivalent plechu.		

- **DOMEX (STRENX) 700 MCD** je vysokopevnostní konstrukční kalená ocel patřící do stejné skupiny tříd ocelí jako je například WELDOX. Jde tedy o mikrolegovanou ocel. Oceli DOMEX jsou stejně jako WELDOX vyráběny speciální technologií řízeného válcování. Jde o za tepla válcované pásy vyráběné společností SSAB Oxelösund AB. Jsou však zpracovány tak, aby bylo umožněno následné zpracování tvářením za studena. Materiál se vyznačuje výbornou houževnatostí, tvařitelností, ale především svařitelností. V případě oceli DOMEX 700 MCD dosahuje smluvní meze kluzu $R_p 0,2$ přibližné hodnoty 690 – 700 MPa, pevnosti 750 – 790 MPa a tažnosti A5 12 %. Časté je použití například v automobilovém průmyslu pro podvozkové části, lodě, mosty, budovy, stroje, nádrže, kontejnery zdvihačí zařízení. Ocel se vyznačuje jemnou zrnitostí a dobrou odolností vůči nepříznivým povětrnostním vlivům okolního prostředí.

Tab. 5 Chemické složení ocelí

[%] / Typ oceli	SS 2225-24	S355J2H	42CRMO4+QT	WELDOX (STRENX) 700E	WELDOX (STRENX) 960E	DOMEX (STRENX) 700MCD
C	0,22 – 0,29	0,018	0,39 – 0,45	max. 0,20	0,016	0,060
Si	0,15 – 0,40	0,21	0,1 – 0,4	max. 0,60	0,20	0,03
Mn	0,60 – 0,90	1,30	0,6 – 0,9	max. 1,60	1,23	1,86
P	max 0,025	0,012	0,025	max. 0,020	0,010	0,009
S	0,020–0,035	0,001	0,020	max. 0,010	0,001	0,002
Cr	0,90 – 1,20	0,05	0,90 – 1,20	max. 0,80	0,20	0,07
Ni	—	0,07	0,7	max. 2,0	0,08	0,06
Mo	0,15 – 0,30	0,01	0,15 – 0,30	max. 0,70	0,593	0,10
V	—	0,020	—	—	0,040	0,01
Ti	—	0,001	—	—	0,003	0,10
Cu	—	0,20	0,30	max. 0,30	0,01	0,01
Al	—	0,025	0,050	—	0,055	0,052
As+Sn+Sb	—	—	0,075	—	—	—
B	—	—	—	max. 0,005	0,001	0,0002
Nb	—	0,001	—	—	0,012	0,063
N	—	0,020	—	—	0,003	0,004

3.3 Svařovací procesy na nosné části autojeřábu [36]



Obr. 43 Čep

Na obrázku 43 je zobrazen odlitek, čep vyrobený z oceli SS 2225-24 sloužící k otáčení ramene autojeřábu. Součást je nakupována již ve stavu, jaký se nachází na obrázku. Zelené šipky zobrazují obrobené plochy pro ložisko vyráběné jemným soustružením. Modrá šipka zobrazuje ozubení. Červená šipka znázorňuje místo budoucího svaru. Tento svar je svařován ručně z důvodu nestejně velikosti šířky mezery pro svar. V zahraničí již byli pokusy tento svar robotizovat, není však známo k jakým výsledkům se dopracovali. Je však zřejmé, že pokud robotizované pracoviště nebude vybaveno optickými vyhledávacími systémy umožňující korekci v reálném čase, bude procentuální úspěšnost s požadavkem na vyhovující svar nadále ve prospěch ručního svařování.

Dochází zde tak ke kombinaci ručního a robotizovaného svařování. Svařovací elektroda je shodná pro všechny technologie, tudíž všechny svary vznikají metodou 138. Chemické složení elektrody je uvedeno v tabulce 6 a celý technický list je uveden v příloze 1.

Příložené WPS jsou však schváleny pro metodu 136. Tato nepřesnost je pravděpodobně způsobena již dřívějším datem jejich schválení, kdy všechny plněné elektrody spadaly pod metodu 136 bez rozdílu na jejich složení a náplň. Podle aktuálně platné normy ČSN EN ISO 4063 :2011 spadá plněná elektroda s kovovou náplní do metody 138.

Tab. 6 Chemické složení přídatného drátu

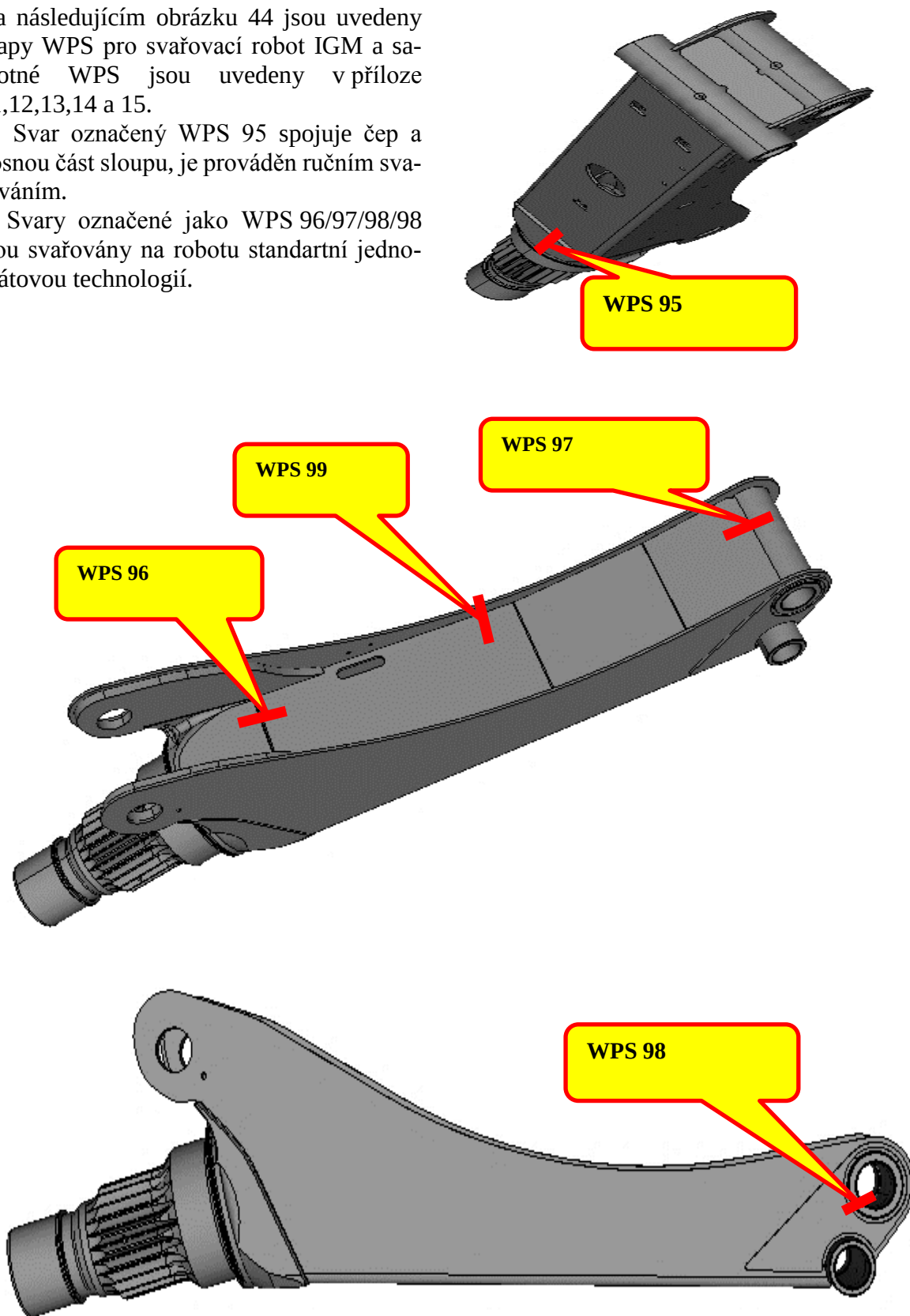
OUTERSHIELD MC710-H										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu	V
0,030	0,73	1,40	0,013	0,022	0,04	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,01

3.3.1 WPS mapy IGM [36]

Na následujícím obrázku 44 jsou uvedeny mapy WPS pro svařovací robot IGM a samotné WPS jsou uvedeny v příloze 11,12,13,14 a 15.

Svar označený WPS 95 spojuje čep a nosnou část sloupu, je prováděn ručním svařováním.

Svary označené jako WPS 96/97/98/99 jsou svařovány na robotu standardní jedno-drátovou technologií.



Obr. 44 WPS mapy IGM [36]

3.3.2 Pracoviště IGM

Upínací polohovadlo robotu IGM je pouze jednoosé typ „gril“ viz obrázky 45.

Polohovadla se zde nachází dvě, což umožní nepřetržité svařování.

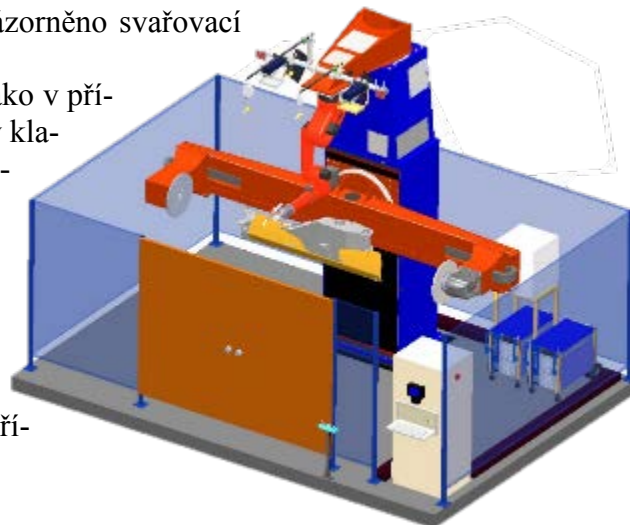


Obr. 45 Pracoviště IGM

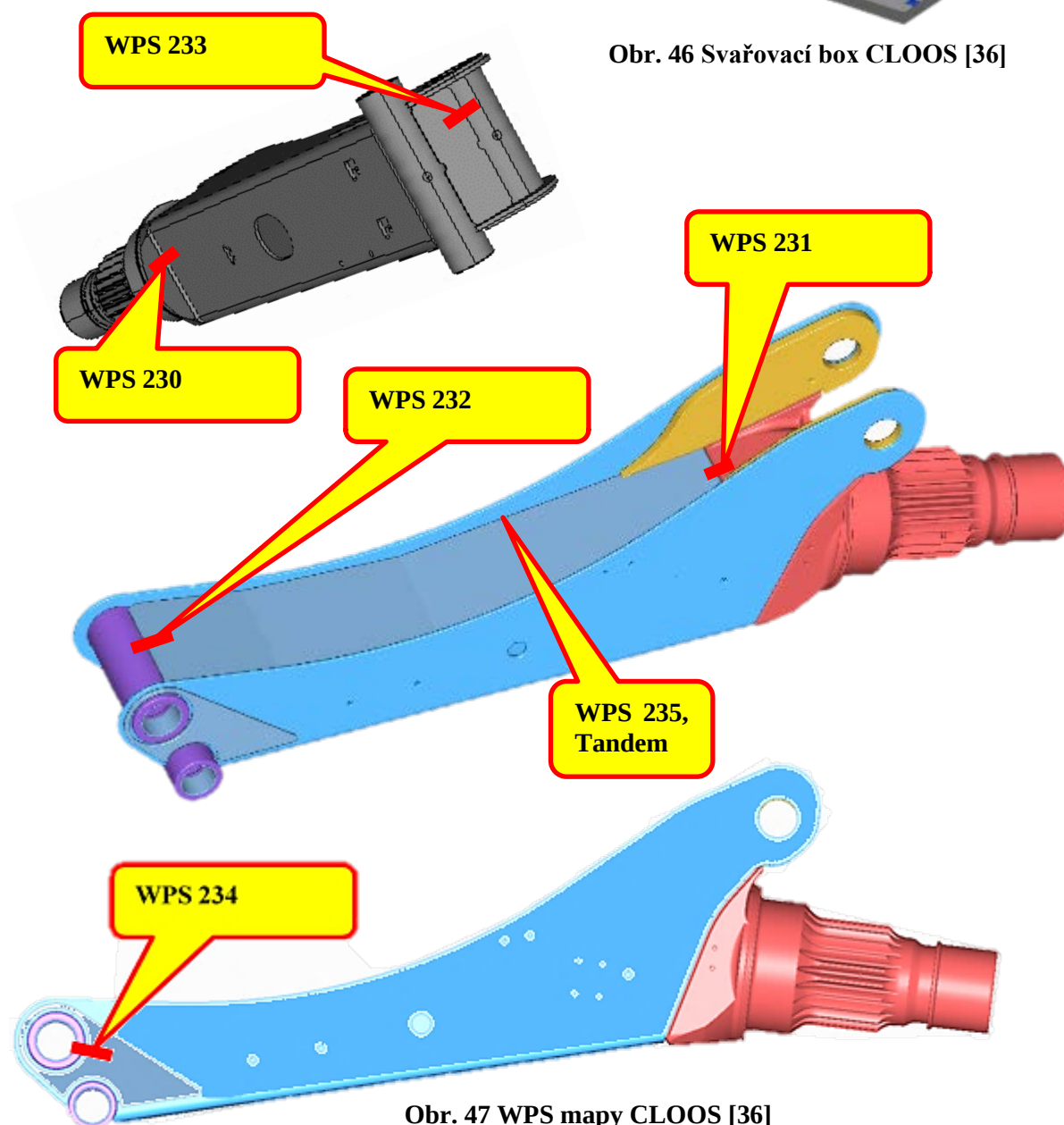
3.3.3 WPS mapy CLOOS [36]

Na obrázku obrázek 46 je schematicky znázorněno svařovací pracoviště CLOOS.

Svar označený jako WPS 230 je stejně jako v případě pracoviště IGM prováděn ručně. Svary klasifikované WPS 231/232/233/234 jsou robotizované svary svařovány jednodrátovým hořákem z důvodu jejich krátké délky a omezeného prostoru, kde by nebylo naplno využito výhody tandemu. Pozice svaru označená WPS 235 Tandem je svařována tandemem. Mapy WPS jsou na obrázku obrázek 47 a jednotlivé WPS jsou uvedeny v příloze 16,17,18,19,20,21.



Obr. 46 Svařovací box CLOOS [36]



Obr. 47 WPS mapy CLOOS [36]

3.3.4 Pracoviště CLOOS

Na následujících obrázcích 48 je zobrazen sloup upnutý ve dvouosém polohovadle (gril + naklápění). Díky tomu je kompenzováno tečení svaru. Svar (červená šipka) je svařovaný tandemem, jedná se o nejdelší svar na celém svařenci. Stejný typ svaru se nachází i na protější straně

Na obrázku 49 zobraz tandemový hořák s off-line senzorem.



Obr. 49 Tandemový hořák



Obr. 48 Pracoviště CLOOS

4 VYHODNOCENÍ VLIVŮ OVLIVŇUJÍCÍ PRODUKTIVITU A KVALITU [54] [55] [36]

• Plněná elektroda

Již použitím samotné plněné elektrody je zvýšena svařovací rychlost. Vzhledem k vyšší proudové hustotě je při stejné nastaveném svařovacím proudu zvýšen posuv drátu o 30 až 40 % oproti plnému drátu. Tyto parametry zvyšují hodnotu uloženého svarového kovu a zvyšují produktivitu svařování a to v kratším čase. Dochází k menší hodnotě vneseného tepla do svaru – méně pnutí a deformací. Díky kratší době svařování jsou zde úspory z hlediska amortizace a elektrické energie, která při svařování velkými proudy může být velice významná. Nevýhoda může spočívat ve vyšší pořizovací ceně drátu, která může být v případě plněné švové elektrody až trojnásobná oproti plnému drátu. Je však nutno mít na paměti, že výhody plynoucí z její výhodnosti předčí náklady na její pořízení a celkové náklady mohou být ještě nižší než při použití plného drátu. Se vzrůstajícím množstvím produkce roste i efektivita využití plněného drátu. Pro svaření jednoho sloupu je potřeba 3,76 kg plněného drátu a celková délka svarů činí 13,34 m.

Pro názornost je uveden ceník ESAB 2018

Nejpoužívanější plný drát k robotům *OK Aristorod 12.50* Ø1,2 mm v balení 15 kg cívice stojí: 47 Kč/kg

Ekvivalentní drát pro Outershield MC710-H je *OK Tubrod 14.10* Ø1,2 mm v balení 16 kg cívice stojí 75,- Kč/kg

Jako názorný příklad výhodnosti plněného trubičkového drátu oproti plnému je uvedeno měření, které provedla firma Wirpo s.r.o na konstrukci oběžného kola

Tab. 7 Porovnání plného a plněného drátu [55]

Drát	(plný) SG2 Ø1,2 mm	(plněný) Megafil 710MØ1,2 mm	Rozdíl
Proud	240 A	200 A	—
Napětí	26 V	21,2 V	—
Posuv	8,9 m/min	11,9 m/min	—
Teplo Q	12,91 kJ/cm	6,42 kJ/cm	- 6,49 kJ/cm
Čas svař.	1h. 52min	1 h.14 min	- 38 min
El. energie	8,210 kW	5,579 kW	- 2,631 kW

• Výhody plynoucí z použití plněné elektrody

- Přídavný materiál s lepšími operativními vlastnostmi
- Větší rozsah použitých parametrů svařování pro trubičkové dráty s kovovou náplní
- Lepší kvalita (profil) svaru
- Menší profil svaru a propal
- Vyšší rychlost svařování
- Nižší čas svařování
- Menší vnesené teplo do svaru – méně pnutí a deformací
- Lepší mechanika (vrubová houževnatost) svaru
- Nižší obsahy difuzního vodíku ve svaru
- Vyšší výtěžnost trubičkového drátu s kovovou náplní
- Vyšší produktivita svařování (čas, rychlost)
- Úspora z přípravy svarových ploch
- Méně obrobeného materiálu – méně použitého přídavného materiálu
- Nižší náklady na 1 m svaru
- Úspora energie na 1 m svaru
- Žádné dodatečné náklady na nové svařovací zařízení
- Vyšší výtěžnost přídavného materiálu

- **Svařovací parametry a tandemový hořák**

V následujících tabulkách jsou uvedeny svařovací parametry pro jednotlivá pracoviště. V tabulce 9 jsou uvedeny svařovací parametry pro IGM a v tabulce 10 pro CLOOS.

Robotizované pracoviště CLOOS dokáže zaznamenat i veličinu známou jako vnesené teplo viz tabulka 8. Přestože velikost vneseného tepla má jistý podíl na celkové deformaci svařence, (čím více vneseného tepla, tím větší nastává smrštění a deformace při následném chladnutí), není tato veličina pracovníky Agrostroje nijak uvažována. Proto jsou zde hodnoty uvedeny jen pro názornost. Je však zcela zřejmé, že v případě tandemového hořáku je podíl vneseného tepla poloviční, v některých případech až třetinový. To je způsobeno svařením součástí na jeden přejezd, kdy k nahláti materiálu dochází pouze jednou. Naopak u jednodrátového hořáku musí být kořen a krycí vrstvi svařovány zvlášť, tudíž každým dalším přejezdem je vneseno další teplo. Z toho vyplývá podstatně větší vnesené teplo a celkové deformace a pnutí.

Doba svařování jednoho sloupu trvá v případě IGM 71,3 minut a v případě CLOOS 58,5 minut. Rozdíl jednotlivých časů je 12,8 minut, což tvoří časovou úsporu 17,95 %. Zvláště přihlédneme-li k tomu, že časová úspora byla získána použitím tandemového hořáku. V celkovém množství svarů byla tandemově svařovány pouze dva, proto lze tuto úsporu považovat za dosti velkou, nehledě na dosaženou lepší kvalitu svarového spoje. Délka svarového spoje svařovaného tandemem je 3,6 m.

Tab. 8 Vnesené teplo

Č. WPS	231	232	233	234	235
					Tandem
SVAŘ. POSLOUPNOST	1.	1.	1.	2.	1.
VNESENÉ TEPLLO (kJ/cm)	26,8	25,0	9,5	14,5	20,4

Tab. 9 Svařovací parametry IGM

ČÍSELNÉ OZNAČENÍ WPS	SVAŘ. POSLOUPNOST	METODA	DRUH PROUD	PRŮM. PŘÍD. MATERIÁLI	SVAŘ. PROUD (A)	SVAŘ. NAPĚTÍ (V)	RYCHLOST SVAŘ. (cm/min.)
95 Ruční svar	1.	138	SS	1,2	260	31,9	35 – 50
	2.	138	SS	1,2	260	31,9	35 – 50
96	1.	138	SS	1,2	301	28,8	45
	2.	138	SS	1,2	301	28,8	45
97	1.	138	SS	1,2	332	29,7	45
98	1.	138	SS	1,2	332	29,7	45
	2.	138	SS	1,2	332	29,7	45
	3.	138	SS	1,2	332	29,7	45
99	1.	138	SS	1,2	332	29,7	45

Tab. 10 Svařovací parametry CLOOS

ČÍSELNÉ OZNAČENÍ WPS	SWAŘ. POSLOUPNOST	METODA	DRUH PROUD	PRŮM. PŘÍD. MATERIÁLI	SWAŘ. PROUD (A)	SWAŘ. NAPĚTÍ (V)	ROZKÝV - pendl (max. šířka housenky)	ROZKÝV – frekvence (doba prodlevy)	RYCHLOST SWAŘ. (cm/min.)
230 Ruční svar	1.	138	SS	1,2	260	31,9	—	—	35 –50
	2.	138	SS	1,2	260	31,9	—	—	35 –50
231	1.	138	SS	1,2	260	31,9	—	—	45
	2.	138	SS	1,2	349	32,4	5,5	1,67	25
232	1.	138	SS	1,2	337	30,5	9	1,32	25
233	1.	138	SS	1,2	255	28	1,5	2,08	45
	2.	138	SS	1,2	280	30,5	8	1	35
234	1.	138	SS	1,2	285	28,5	2,5	2,08	30
	2.	138	SS	1,2	330	28,5	2	2,27	45
	3.	138	SS	1,2	280	29	6,5	1,47	25
235 Tandem	1/2	138	SS	1,2	250/280	29,7/29	2,5/2	2,27	45

4.1 Zkoušky svarů [36]

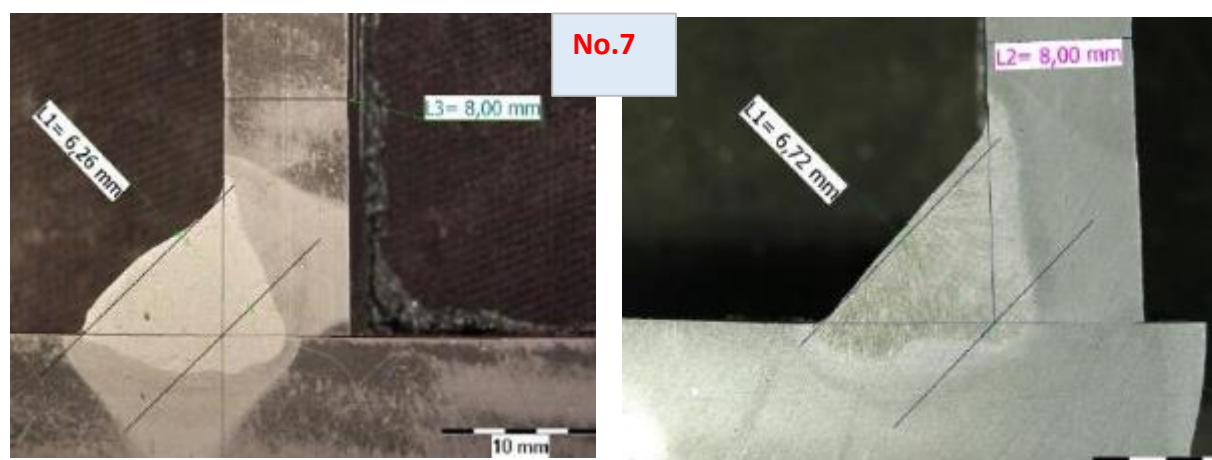
Svary označené pozicemi 14, 17, 20, 21 viz příloha 9 jsou prováděny ručním svařováním. U svarů 14 a 20 je provedena 100 % kontrola ultrazvukem. Je využívána odrazová metoda. Protokol o výsledné kontrole je uveden v příloze 8. Jde o velmi důležité svary. Některé z nich spojují čep s plechy sloupu. Ostatní označené svary jsou svařovány na robotu. Kontrolu těchto svarů provádí obsluha vizuálně při ručním dovařování po robotu. Ruční dovařování se provádí především z důvodu nedostupnosti některých svarů pro robota (části přípravku tvoří překážku pro hořák) + je třeba ručně upravit přechody a napojení svarů. Dále se "na dovářce" přivařují další komponenty, které by robotu mohli ještě více zhoršit dostupnost ostatních svarů a v neposlední řadě se provádí i kompletní vizuální kontrola celého svařence, kde se odhalí a upraví všechny nedokonalosti. Protokol o vizuální zkoušce je uveden v příloze 7.

Před schválením výroby dílu do série jsou svary ověřovány i destruktivně. Schválení je určováno na základě vyhodnocení výbrusů makro snímků. Makro snímky jsou uvedeny v příloze 10.

U jiných typů sloupů je prováděna ještě prozařovací zkouška rentgenem (RTG) a to v případech kdy je podezření na vnitřní vadu, která by nemusela být vizuální nebo ultrazvukovou zkouškou dostatečně odhalena. Zákazník už neprovádí NDT zkoušky svarů a při uvolňování dílů do série vychází z protokolů Agrostroje. Dále testuje jednotlivé části jeřábu samostatně, nebo v kompletu a to především na únavovou pevnost. Detailní výsledky těchto testů nejsou poskytovány, pouze zda díl vydržel potřebný počet cyklů ano či ne.

4.1.1 Makro výbrus z tandemového svařování [36]

Na makro snímcích viz obrázek 50 je zobrazen metalografický výbrus. Na levém obrázku je zobrazen svar zhotovený na pracovišti IGM. Na první pohled je vidět rozměrnější tepelně ovlivněná oblast, což je způsobeno větším množstvím vneseného tepla. Vzhledem k nutnosti vařit kořenovou a krycí vrstvu zvlášť. Dále se zde vyskytlo ztečení svaru vlivem gravitace, což snížilo nosnou plochu svaru. Na pravém snímku se nachází svar svařovaný tandemem na pracovišti CLOOS. Již na první pohled je viditelná vyšší kvalita svaru, optimální provaření horizontální a vertikální části koutového svaru a menší tepelně ovlivněná oblast. Svar je vhodně rozlity díky dvouosému polohovadlu, které je synchronizováno se svařovacím hořákem a kompenzuje vliv gravitace. To způsobilo zvětšení nosné plochy svaru o 0,46 mm.



Obr. 48 Výbrus jednodrát a tandem

4.2 Vyhodnocení produktivity [36]

Při prvotním návrhu pro nákup robotů typu CLOOS QRC 410 nebylo uvažováno svařování sloupů autojeřábu, ale robot byl původně zakoupen pro svařování jiných artiklů vyráběných v Agrostroji. Bohužel, jak již bylo zmíněno, tak dnes již technologicky starší a déle sloužící roboty IGM se stávaly neuspokojící z hlediska kvality, rychlosti a neustálých odstávek na servis. Proto byla část typů sloupů přesunuta na pracoviště CLOOS, kde bylo dosaženo požadovaných výsledků. Prozatím došlo k implementaci 7 typů sloupů z celkových 42 typů vyráběných v Agrostroji. Přípravky (polohovadla) byly použity shodné z pracoviště IGM.

Dvě pracoviště IGM určená ke svařování sloupů budou postupně nahrazeny roboty CLOOS. První robot CLOOS je již plně funkční a druhý se nachází ve stavu montáže. Do budoucna je plánován ještě třetí robot. Je však nutno zmínit že robot CLOOS nesvařuje pouze sloupy, ale i jiné svařence, tak aby bylo dosaženo plného využití.

Aktuální stav: Pracoviště CLOOS svařuje sloupy několik pracovních směn a poté je využito na jiné svařence. V roční produkci to odpovídá průměrně 2 ks sloupů za směnu (zatím ze 7 typů). IGM (A) průměrně dokončí za směnu 7 ks (ze 14 typů) a IGM (B) 8,5 ks (z 21 typů). Celková roční produkce čítá 7 940 ks (všech typů) a koncem letošního roku je plánována výroba až 9 284 ks. Pokud se zaměříme pouze na sloup SL - 8924, který je zde popisovaný, tak roční produkce činí 203 ks.

Z hlediska časové úspory trvá doba svařování IGM 71,3 minut a CLOOS 58,5 minut. To činí úsporu 12,8 minut (17,95 %) čistého svařovacího času. Je však nutno připočítat alespoň 5 minut kvůli absenci druhého polohovadla, tudíž skutečný potřebný čas na svaření sloupu v případě CLOOS je 63,5 minut a výsledná produktivní úspora činí 7,8 minut.

Sloup SL – 8924 jeden z největších typů sloupů, tudíž je zde naplno využit tandemový hořák. V případě menšího typu sloupu bude časová úspora menší (čím menší sloup, tím menší/kratší tandemový svar). Předpokládaná časová úspora u menších sloupů se může pohybovat okolo 10 % čistého svařovacího času. Vzhledem k tomu, že ještě nebyli implementovány menší typy sloupů lze časovou úsporu pouze předvídat.

5 ZÁVĚRY

Na základě měření byla jasně ověřena výhodnost nového modernizovaného svářecího pracoviště CLOOS. Na sloupu autojeřábu bylo celkově vytvořeno 13,34 m svaru, z toho 3,6 m bylo vytvořeno tandemovým hořákem. Pro jeden sloup bylo spotřebováno 3,76 kg svářecího drátu. Díky tandemovému hořáku dokončí pracoviště CLOOS svařenec o 12,8 minut (17,95 %) rychleji (čistý svařovací čas). Předpokládaná vyšší kvalita svaru vzhledem k dvouosému polohovadlu byla potvrzena, stejně tak rovnoměrné provaření a menší tepelně ovlivněná oblast díky tandemovému hořáku. Díky optickým senzorům je umístění svárů příkladné a kompenzuje tolerované výrobní nepřesnosti dílců a deformace vznikající během postupného svařování jednotlivých svárů na svařenci.

Je nutné mít na paměti, že přes veškerou vyspělost robotizovaných systému, zůstává nadále nejdůležitějším faktorem zkušený pracovník. Pouze zkušený svařovací specialista zaručí maximální produktivitu a kvalitu dosažitelnou svařovacím pracovištěm.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [56]

1. Pár slov o firmě Agrostroj Pelhřimov a.s. *Agrostroj Pelhřimov* [online]. Pelhřimov: Agrostroj Pelhřimov, 2015 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.agrostroj.cz/cz/o-firme/soucasnost>
2. Logo. In: *Agrostroj Pelhřimov* [online]. Pelhřimov: Agrostroj Pelhřimov, 2014 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.agrostroj.cz/>
3. Kuka Robots for arc welding. In: *Slide Share* [online]. Německo: Kuka Roboter, 2013 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/centrokn/kuka-29383618>
4. Robot Tandem welding torch. In: *Cloos* [online]. Německo: Carl Cloos Schweisstechnik, 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.cloos.de/de-en/products/qineo/gas-shielded-metal-arc-welding-mig-mag/mig-mag-robot-welding-torch/robot-tandem-welding-torch-zmw-640-a/>
5. Cloos robotic welding. In: *Robotic and Automation* [online]. 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://roboticsandautomationnews.com/2017/10/20/cloos-and-baumw-CC%88ller-find-increased-efficiency-in-automated-welding-technology/14633/>
6. ČSN EN ISO 4063 (05 0011). *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování*. 2. dopl. vyd. Ostrava: Český svářečský ústav s.r.o, 2011, 24 s.
7. *Technologie I*. Liberec, 2010. Dostupné také z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy.htm>. Prezentace. Technická univerzita v Liberci, Katedra strojírenské technologie.
8. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
9. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
10. OUDEN, Gert den a Marcel Joseph Marie HERMANS. *Welding technology*. Delft: VSSD, 2009. ISBN 978-906562205-1.
11. MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování*. 3. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-28-9.
12. Parametry svařování obalenou elektrodou. *Svar info* [online]. Svarweb, 2005, 0. 01. 2007 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2007010801>
13. BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou III 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí): se souborem testových otázek*. 3., aktualiz. vyd. V Ostravě: ZEROSS, c2012. Svařování. ISBN 80-866-9817-3.
14. TIG svařování III - zapalování oblouku. *Svarinfo.cz* [online]. Svarweb, 2005, 25. 11. 2009 [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2009012402>
15. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II*. Brno, 2006. Sylabus přednášek. VUT v Brně, FSI.
16. Co znamená Mig a Mag?. *Svar info* [online]. Svarweb, 2005, 6. 02. 2008 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2007010501

17. Fcaw. In: *Irma Solda* [online]. Portugal: Irmasolda [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.irmasolda.pt/en/technical-welding-articles/fcaw-flux-cored-arc-to-understand-welding-and/>
18. HADYNA, Daniel. Kontaktní průvlaky v MIG/MAG svařovacích hořácích. *Svět svaru*. 2006, roč. 5, č. 1, s. 9.
19. KUKA Robotics. In: *Business Wire* [online]. 2013 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <https://www.businesswire.com/news/home/20131115005547/en/KUKA-Robotics-Corporation-Heats-Chicago-Fabtech-2013>
20. *Lincoln Electric Europe*. Praha, 2008.
21. CO2 warning. In: *Safet y Sign* [online]. USA: Brimar Industries, 2017 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.safetysign.com/products/6341/co2-hazard-label>
22. MEŠKO, Josef a Miloš MIČIAN. Metódy hodnotenia stability horenia elektrického oblúka pri zváraní v ochranných atmosférach. Ocelové konstrukce [online]. 2008, , 6 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/metody-hodnotenia-stability-horenia-elektrického-obluka-pri-zvarani-v-ochrannych-atmosferach/>
23. Vizuální kontrola svaru. *Svar info* [online]. Svarweb, 2005, 12. 03. 2008 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008021901>
24. *Materiály a jejich chování při svařování*. 2. část. Ostrava: ANB, Český svářečský ústav s.r.o, 2016.
25. KOPEC, Bernard. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí: (nauka o materiálu IV)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN ISBN978-80-7204-591-4.
26. Měrka na svary. In: *Kalibrační laboratoř Zindler* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.klz.inshop.cz/sablony-merky-na-svary/>
27. *Defektoskopie: Weldinspect* [online]. Pňovice, 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://weldinspect.cz/>
28. Zkouška ultrazvukem. [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.cz/2011/03/3342-zkouskaultrazvukem.html>
29. Bruska a leštička MASTERLAM 2.0. In: *Tsisystem* [online]. Brno, 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.tsisystem.cz/materialova-zkusebni-technika/>
30. BARTÁK, Jiří. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2000, 213 s. : il. ; 30 cm. ISBN 80-85771-72-1.
31. *Agrostroy Pelhřimov* [online]. Pelhřimov: Created by AVT design, 2014 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.agrostroy.cz/>
32. Firemní videoprezentace. In: <http://www.agrostroy.cz> [online]. Pelhřimov: Created by AVT design, 2017 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.agrostroy.cz/cz/novinky/5a3279764c0cf-firemni-videoprezentace>

33. Základní metody svařování. Svařečky a elektrody [online]. Příbram: FastCentrik [cit.2018-03-05]. Dostupné z :<https://www.svarecky-elektrody.cz/zakladni-metody-svarovani/t-87>
34. Obloukové svařování plněnou (trubičkovou) elektrodou. *Schinkmann* [online]. Kosmonosy: www.maxon.cz [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/obloukove-svarovani-plnenou-trubickovou-elektrodou>
35. SIGMUND, Marián. *Technologie svařování: Svařování FCAW a svařování pod tavidlem, elektrostruskové svařování*. Brno, 2017. Prezentace. VUT v Brně, FSI, Ústav strojírenské technologie.
36. *Agrostroy Pelhřimov, a.s.* Pelhřimov, 2018.
37. Polohovadla a pojezdové dráhy pro roboty. In: *Hadyna* [online]. Ostrava: International, 2018 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.hadyna.cz/sluzby-a-technologie/robotizace-a-automatizace/polohovadla-pojezdove-drahy-pro-roboty/>
38. Cloos [online]. Deutschland: Carl Cloos Schweisstechnik, 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.cloos.de/de-cz/products/qirox/robot-mechanics/robot-mechanics-classic-wrist-high-robot-base/robot-qrc-410-h/>
39. Tandem Weld. *Cloos* [online]. Deutschland: Carl Cloos Schweisstechnik, 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.cloos.de/de-cz/procesy/details/tandem-weld/>
40. Cloos Welding. In: <https://www.youtube.com/> [online]. Kalifornie, USA: Google, 2005, 10. 6. 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=YIJAE07DBA0>
41. Taktile Gasdüsensensor. In: <https://www.youtube.com/> [online]. Kalifornie, USA: Google, 2005, 10. 10. 2017 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=BzdRoLR9S3o>
42. *Senzorické systémy Qirox®: Cloos*. Praha, 2017.
43. CLOOS laser Offline sensor. In: <https://www.youtube.com/> [online]. Kalifornie, USA: Google, 2005, 15. 10. 2017 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wasgmEPDWLg>
44. CLOOS laser Offline sensor. In: <https://www.youtube.com/> [online]. Kalifornie, USA: Google, 2005, 17. 10. 2017 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=3opYb79_ozE
45. *Hadyna* [online]. Ostrava: Hadyna, 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.hadyna.cz/>
46. Hiab Z-series crane. In: *Instagram: Hiab global* [online]. 2015 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.instagram.com/p/3Qu0KTQJVt/?taken-by=hiabglobal>
47. TEPLÝ, Martin. *Schéma postupu výroby*. Agrostroy Pelhřimov a.s., 2014.
48. *Bohdan Bolzano* [online]. Kladno: Bohdan Bolzano, 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.bolzano.cz/>
49. *Meka steel* [online]. Netherlands: Meka Steel, 2013 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.meka-steel.nl/>

50. Oceli Hardox, Weldom a jejich svařování. *Svar info* [online]. Svarweb, 2005, 12. 08. 2008 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008061801>
51. *Strenx 700*. Sweden.
52. *Ssab* [online]. Sweden: SSAB [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.ssab.com/>
53. NOVÁK, Stanislav a Jiří MRÁČEK. Svařování ocelí s vyšší pevností. *All for power* [online]. 2009, , 4 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2009/svarovani%20oceli%20vys%20pevnosti.pdf>
54. *Ceník Esab: platný od 29.1.2018*. Vamberk, 2018.
55. *Operační manuál Wirpo s.r.o: pro svařování trubičkovými elektrodami v ochranné atmosféře*. Brno.
56. *Citace pro* [online]. Brno: Citace.com, 2004 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.citace.com/>

VÝBĚR ČÍSELNÉHO OZNAČOVÁNÍ DLE NORMY ČSN EN ISO 4063 :2011 [26]

Číslo metody	Název metody česky	Název metody anglicky
111	Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou	Manual metal arc welding
131	Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu – MIG svařování	Metal inert gas welding; MIG welding
135	Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu – MAG svařování	Metal aktuum gas welding; MAG welding
136	Obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu	Tubular cored metal arc welding with active gas shield
141	Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu; WIG, TIG	Tungsten inert gas welding; TIG weldinng
138	Obloukové svařování plněnou elektrodou s kovovým práškem v aktivním plynu	MAG welding with metal cored electrode

CELÉ OZNAČOVÁNÍ METODY DLE ČSN EN ISO 4063 (05 0011)

ČSN EN ISO 4063

– **134**

– **D**

– **121**

– **C**

Označení metody

**Metoda
svařování**

**Způsob přenosu
kovu**

**Další metoda
svařování**

**Dodatečný příd.
mat.**

D – zkratový
G – kapkový
S – sprchový
P – impulzní

C – studený drát
H – horký drát

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
Ar	Argon	[-]
CO ₂	Oxid uhličitý	[-]
FCAW	Obloukové svařování plněnou elektrodou	[-]
MAG	Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	[-]
MMA	Obloukové svařování obalenou elektrodou	[-]
O ₂	Kyslík	[-]
TIG/WIG	Obloukové svařování netavnou elektrodou v inertním plynu	[-]
WPS	Kvalifikovaný postup svařování	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Robot KUKA [3]	11
Obr. 2 Robot CLOOS [5]	11
Obr. 3 Logo [2]	11
Obr. 4 Tandemový hořák [4]	11
Obr. 5 Princip svařovacího procesu [10]	13
Obr. 6 Emitace prvků [7]	13
Obr. 7 Vliv proudu na svarový spoj [11]	14
Obr. 8 Foukání oblouku [9]	15
Obr. 9 Zapálení krátkodobým dotykem [13]	16
Obr. 10 HF zapalování [14]	16
Obr. 11 LA zapalování [14]	16
Obr. 12 Svařovací robot KUKA [19]	17
Obr. 13 Průvlak [18]	17
Obr. 14 Svařovací hořák pro svařování tavící se elektrodou [20]	18
Obr. 15 Označení CO ₂ [21]	18
Obr. 16 Profil svaru dle ochranné atmosféry [10]	19
Obr. 17 Přenos kovu [22]	20
Obr. 18 Přenos kovu v závislosti na svařovacích parametrech [7]	21
Obr. 19 Měrka	22
Obr. 20 Průchodová metoda [28]	23
Obr. 21 Odrazová metoda [27]	23
Obr. 22 Metalografická bruska [29]	24
Obr. 23 Radiogram [27]	24
Obr. 24 Agrosroj Pelhřimov [32]	25
Obr. 25 Plněná elektroda [17]	26
Obr. 26 Plný a plněný drát [35]	27
Obr. 27 Druhy plněných elektrod [10]	28
Obr. 28 Snímek opotřebení průvlaku [35]	28
Obr. 29 Průřez plněnou elektrodou [35]	29
Obr. 30 Rameno robota IGM	29
Obr. 31 Jednoosé polohovadlo [37]	30
Obr. 32 CLOOS QRC 410 [38]	30
Obr. 33 Dvouosé polohovadlo [37]	30
Obr. 34 Tandem [40]	31
Obr. 35 Tandemový svařovací proces [40]	31
Obr. 36 Taktilní senzor plynové trysky [41]	32
Obr. 37 Laser off-line senzor [43]	33
Obr. 38 Laser on-line senzor [44]	34
Obr. 39 Udržovací jednotka CLOOS	35
Obr. 40 Nosný sloup	36
Obr. 41 Nakladač [46]	36
Obr. 42 Postup výroby [47]	37
Obr. 43 Čep	41
Obr. 44 WPS mapy IGM [36]	42
Obr. 45 Pracoviště IGM	43
Obr. 46 Svařovací box CLOOS [36]	44
Obr. 47 WPS mapy CLOOS [36]	44
Obr. 48 Pracoviště CLOOS	45
Obr. 49 Tandemový hořák	45
Obr. 50 Výbrus jednodrát a tandem	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vlastnosti emitujících prvků.....	14
Tab. 2 Ochranné atmosféry a jejich vhodnost.....	20
Tab. 3 Materiály a jejich označení	38
Tab. 4 Doporučené teploty předehřevu pro WELDOX [32].....	39
Tab. 5 Chemické složení ocelí	40
Tab. 6 Chemické složení přídatného drátu.....	41
Tab. 7 Porovnání plného a plněného drátu [55].....	46
Tab. 8 Vnesené teplo.....	47
Tab. 9 Svařovací parametry IGM.....	47
Tab. 10 Svařovací parametry CLOOS	48

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Plněná elektroda OUTERSHIELD MC710-H [36]
Příloha 2	Materiálový list pro ocel 42CrMo4+QT [36]
Příloha 3	Materiálový list pro ocel S355J2H [36]
Příloha 4	Materiálový list pro ocel STRENGTH (WELDOX) 700 [51]
Příloha 5	Materiálový list pro ocel WELDOX 960 E [36]
Příloha 6	Materiálový list pro ocel DOMEX 700 MCD [36]
Příloha 7	Protokol o vizuální zkoušce [36]
Příloha 8	Protokol o zkoušce ultrazvukem [36]
Příloha 9	Označení pozice svaru pro kontrolu [36]
Příloha 10	Metalografické výbrusy [36]
Příloha 11	IGM WPS 95 [36]
Příloha 12	IGM WPS 96 [36]
Příloha 13	IGM WPS 97 [36]
Příloha 14	IGM WPS 98 [36]
Příloha 15	IGM WPS 99 [36]
Příloha 16	CLOOS WPS 230 [36]
Příloha 17	CLOOS WPS 231 [36]
Příloha 18	CLOOS WPS 232 [36]
Příloha 19	CLOOS WPS 233 [36]
Příloha 20	CLOOS WPS 234 [36]
Příloha 21	CLOOS WPS 235 Tandem [36]

SEZNAM VÝKRESŮ

Sloup autojeřábu	SL - 8924
Kusovník	SL - 8924

Test Report

PŘÍLOHA I



Product OUTERSHIELD MC710-H
Size(s) mm 1,2
Item No. 941922
Lot/Batch 02FC170225

Product Line Metal Cored Wire

Class AWS A5.18/A5.18M : E70C-6M H4 AWS A5.36/A5.36
EN ISO 17632-A : T 46 S M M 2 H5

Customer Ref

Our Reference

Quantity 4,000.000 KG

Customer CZ WELD s.r.o.
Medlesice 139
538 31

Chemical analysis (%)

According to EN10204 2.2

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu	V
0.030	0.73	1.40	0.013	0.022	0.04	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

Mechanical tests, all weld metal

According to EN10204 2.2

Tensile testing

Impact testing

Cond.	Temp. °C	Rm N/mm ²	A5 %	Cond.	Temp. °C	KV J
AW	RT	558	27	AW	-30	91

Diffusible hydrogen

According to EN10204 2.2

HDM as Manufactured

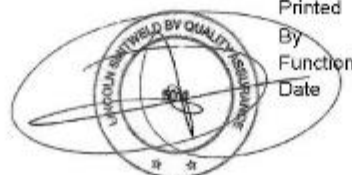
4 ml/100g

Remarks

Lot/Batch 02FC170225 could not be verified for Material 941922

The product identified above has been manufactured, tested and supplied in compliance with a certified ISO 9001 Quality Assurance Programme.

Company
LINCOLN ELECTRIC BESTER SPÓŁKA
Z
OGRA NICZON#
ODPOWIEDZIALNO#CI#
JANA III SOBIESKIEGO 19A
68-263 BIELAWA
Polska



Printed

By

Function

Date

MyLincoln
WebApp.
OCT/23/2017

Cert. No.
00434260
ZBL_DOKUMENT

PŘÍLOHA 2

		MATERIAL SPECIFICATIONS HOT ROLLED / HOT FORGED QUENCHED AND TEMPERED Grade: 42CRMO4 (+QT) According EN 10083-3 ISO 683-17	Article code 429.13.92.08 WN 1.7225	
Standards & Specifications			Version 01/02.11.2013	Page s 02
04-02	Product Standards Material Specification Quality Standards		Project CMT coop MCI (DRT)	Author AKa Source SKF

1 GENERAL

This specification gives the detailed requirements for Grade 42CRMO4 (+QT) medium carbon bearing steel in the form of hot rolled/hot forged quenched and tempered seamless forged parts. This specification covers Material Grade, Homogeneity, Microstructure and Mechanical properties. Forged parts produced with this steel are used for manufacturing bearing retaining parts. All other requirements, common to medium carbon bearing steel grades in the form of rolled/hot forged, quenched and tempered ring are specified in EN 10083-3 and ISO 683-17.

2 MATERIAL REQUIREMENTS

2.1 Material Grade

Grade 42CRMO4 (+QT) comparable but not identical international material grades are; B43 acc. to ISO 683-17, grade 4140 acc. to ASTM A866, 42CrMo4 acc. to EN-10083-3

2.2 Chemical composition

Check analysis is according to Grade B43, see ISO 683-17:1999. The calculated ideal critical diameter D_I should be 115 - 205 mm, acc. to ASTM A255. Calculated from the ladle chemical composition.

alloy	Weight %										ppm	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	As ¹ +Sn+Sb	Al	O1
Min.	0.39	0.1	0.6	-	-	0.90	-	0.15	-	-	-	-
Max.	0.45	0.4	0.9	0.025	0.020	1.20	0.7	0.30	0.30	0.075	0.050	20

¹ Maximum limit for As is 0.04%

2.3 Homogeneity

Each supplier process route must be approved separately. For the approval of ingot or continuous cast material, the procedure described in S&P, D33 General, section "Steelmaker Metallurgical Approval" shall be followed. The casting method shall be stated.

2.4 Inclusions

The maximum length for a single inclusion shall not exceed 3 mm.

Heat check according to ISO 4967:1998 (E), Method A. The micro-inclusion rating can be made on the sample types of billets/bar/parts in accordance with verification level A-C (see 2.6.1)

2.4.1 The micro-inclusion rating shall not exceed the limits specified below.

Inclusion type	Thin	Heavy
A	2.5	1.5
B	2.0	1.5
C	2.0	1.0
D	1.5	1.0

This document is only valid for internal usage MEKA Steel BV and must not be copied in its original or modified state, reproduced or used for any unauthorized purpose, nor may its contents be imparted to a third party without written permission. Contravention will lead to prosecution.

2.4.2 Cracks, flakes, pipe and porosity

No indications are accepted which are corresponding to defects visible at 2x magnification on the fracture surface of hardened and cracked test samples.

2.5 Microstructure

Tempered martensite and/or homogenous bainite, without areas of free ferrite, are general based on cross sections. The austenite grain size of the forged blanks shall be checked according to ISO 643. The limit specified for these ratings is ≥ 6 . Excessively banded microstructures are not permitted. To evaluate if the banding is acceptable or not, specimens shall be taken from ring or bar sections, as described for the tensile and Charpy tests. For evaluation of segregation, the specimens shall be taken from a position representing raceway area/functional area or gear teeth and shall preferentially also contain the core/centre part of the material. For the Carbon analysis, samples shall be drilled from positions across the section using a 3 mm. drill. The carbon content in the segregated areas shall not be in excess of +15% of the nominal carbon content, as given by the heat certificate.

2.6 Mechanical properties

The samples for verification shall be made according to the appropriate level A, B or C. The positions from which the samples shall be taken for the tensile and Charpy tests. Specific demands shall be separately documented in an agreement between factory purchaser and supplier.

Hardness: 235 to 300 HBW, according to ISO 6506-1:1999.

Remarks

Ball hardness testing: 10% of forged parts per batch (minimum 2), for the same melt and series of heat treatment operations. The impact mark will be on the upper surface (delivery direction).

Tensile strength: $R_m = 800 - 1000$ MPa measured according to ISO 6892:1998

Yield Strength: $R_e > 600$ MPa measured according to ISO 6892:1998

Elongation: $A > 12\%$ measured according to ISO 6892:1998

Impact strength: The impact strength shall be measured according to ISO 148:1983

Remarks

The three impact tests shall be performed at a temperature of +20°C and -40°C in the radial and tangential directions. Charpy V in accordance with minimum values in Joules:

Temperature	+20°C	-40°C
Tangential direction (T)	20 J	14 J
Radial direction (R)	17 J	10 J

2.6.1 Verification levels

- Option A
Each melt is characterised by tests on bars with a cross-section of approximately 100 x 100 mm, undergoing the same manufacturing process as the forged parts.
- Option B
To have a complete characterisation of the forging a test bar or test ring is needed. This test specimen shall have the same section (or equivalent²⁾), same melt, same process and heat treatment as the forging.
²⁾ The section of the test bar is considered as equivalent section when it's in a range of 100 to 150% of the corresponding part.
- Option C
The requirement for this level shall be described in the order.

PŘÍLOHA 3

COD QC - 3.1 - Ed. 2 REV 5/2014



ARTROM

TMK-ARTROM S.A.

Draganesti Str. 30, Slatina, jud. OLT, Romania 230119

Tel: +40 (249) 436862, 434640, 434641

Fax: +40 (249) 434330, 437288

E-mail: office.slatina@tmk-artrom.eu www.tmk-artrom.eu

J 28/9/1991; VAT No. RD 1510210/1992

Subscribed and Paid Share Capital: 291.587.538,34 lei

INSPECTION CERTIFICATE - EN 10204: 2004 / 3.1

No/Nr : E10197 Date/Datum: 08.06.2015	Manufacturer's mark : Herstellerzeichen : 	Customer Order No. / Verträge Nr. 15/13639/ CZ-5400029626	PL: 13255
CUSTOMER - KUNDE: ThyssenKrupp Ferrosta spol. s.r.o.			
Specification / Spezifikation: EN 10210-1&2: 06 / DIN 1629: 84; DIN 2446: 81		Dimensions-Abmessungen: 133 x 25 x 6 000+200/-0 mm Steel-Stainserie: S355J2H N / St 52.0 N	
Description: Hot rolled seamless steel pipes; marking at both ends: manufacturer's mark, standard, steel grade, S, heat no., LOT, mill inspector no. 2, technical control sign. Beschreibung: Warmgewalzte Nahtlose Stahlrohre; Markierung beide Ende: Herstellerzeichen, Norm, Stahl Qualität, S, Chargen nr., LOT, Werkssachverständiger nr. 2, technisches - Kontrollzeichen.			
Heat No. - Schmelze Nr.: 43114		Type of deoxidation: FF	
Quantity delivered Gesamtgewicht	Pcs. - Stückzahl	Length - Gesamtlänge - m	Weight - Gesamtgewicht - Kg
	17	104.41	7112

Ladle Chemical Analysis-Schmelzenanalyse (%)

heat no.	C	Mn	S	P	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	Nb	Ti	N	V	CEQ
43114	0.18	1.30	0.001	0.012	0.21	0.07	0.05	0.01	0.20	0.025	0.001	0.001	0.007	0.020	0.431

Mechanical Properties- Mechanische Eigenschaften

TENSILE TEST (EN 10002-1) Test Specimen Round-longitudinal			Rp0.2 N/mm²	Rm N/mm²	A %
Dimension –Proben-Abmessungen (mm): 10.03			378	556	28
Section - Proben-Durchschnitt (mm²): 79.01					
Length –Proben-Länge - (Lo) (mm): 50					
Ring expanding test Ringaufdehnversuch (EN ISO 8495)	Flattening test Ring faltversuch (EN ISO 8492)	Charpy V – Notch / Kerbschlagbiegeversuch (EN 10045 -1) Longitudinal 10 x 10 [mm]	Ring tensile test Ring zugversuch (EN ISO 8496)		
-	OK	135 (136; 127; 141) J (-20 ⁰ C)	-		

Heat Treatment - thermische Behandlung: normalized - Normalisierung Hydraulic test pressure - Wasserinnendruckversuch 50 bar for 5 sec: OK			
Visual inspection and dimensional check : OK Besichtigung und Ausmessung : OK " NO WELD REPAIR ON HEREBY CERTIFIED TUBES " The manufacturer of pipes is certified in acc. with ISO 9001: 2008, 14001:2004 and ISO 18001:2007 THE PRODUCTS DELIVERED ARE CONTROLLED ON RADIOACTIVITY RESPECTIVELY ARE FREE FROM ADDITIONAL IONIC RADIATION QC & LABORATORIES CHIEF CHIEF DER WERKSZEUGNISABTEILUNG Dipl. Eng. Silviu Barbulescu MILL INSPECTOR UNTERSCHRIFT DES WERKSACHVERSTÄNDIGEN Eng. Iulian Andrei 			
The forgery of this certificate concludes to responsibility mentioned on Romanian Penal Code (art. 290-292). THIS IS FOR CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED HAS BEEN MANUFACTURED WITH THE ORDERED SPECIFICATION AND THAT INFORMATION IS CORRECT, THEY MEET THE SPECIFICATION'S REQUIREMENTS AND ARE RECORDS IN OUR COMPANY DOCUMENTS..			
0036- CPR-M-008-2007 TMK-ARTROM S.A. Draganesti Street, No. 30, 230119, SLATINA, OLT, ROMANIA 15 No. 6-1 / CPR 04-06-14 EN 10210-1:2006 S355J2H / 1.0576 intended to be used in metal structures or in composite metal and concrete structures <table> <tr> <td> Tolerances: Elongation: Tensile strength: Yield strength: Impact strength: Weldability: Durability: </td> <td>expressed as indicated in the DoP</td> </tr> </table> Dangerous substance: No performance determined		Tolerances: Elongation: Tensile strength: Yield strength: Impact strength: Weldability: Durability:	expressed as indicated in the DoP
Tolerances: Elongation: Tensile strength: Yield strength: Impact strength: Weldability: Durability:	expressed as indicated in the DoP		

Strenx 700

General Product Description

Strenx™ 700 is a structural steel with a minimum yield strength of 650-700 MPa depending on thickness. Strenx 700 meets the requirements of EN 10 025-6 for the S690 grade and thicknesses. Typical applications include demanding load-bearing structures.

Strenx 700 E (complies with S690QL) is available in plate thicknesses of 4 – 160 mm, while Strenx 700 F (complies with S690QL1) is available in plate thicknesses of 4 – 130 mm.

Benefits include:

- Superior bendability and surface quality
- Weldability with excellent HAZ strength and toughness
- Exceptional consistency within a plate guaranteed by close tolerances
- High impact toughness which provides for good resistance to fractures

Dimension Range

Strenx 700 E is available in plate thicknesses of 4 – 160 mm and Strenx 700 F is available in plate thicknesses of 4- 130 mm. Both grades are available in widths up to 3350 mm and lengths up to 14630 mm depending on thickness. More detailed information on dimensions is provided in the dimension program

Mechanical Properties

Thickness (mm)	Yield strength $R_{p0.2}$ (min Mpa)	Tensile strength R_m (Mpa)	Elongation A_5 (min %)
4.0- 53.0	700	780- 930	14
53.1- 100.0	650	780- 930	14
100.1- 160.0	650	710- 900	14

For transverse test pieces:

Impact Properties

Grade	Min transverse test, impact energy, Charpy V 10x10 mm tests specimens ¹⁾	Meet Requirements For
Strenx 700 E	69 J/-40°C	S690QL
Strenx 700 F	27J/-60°C	S690QL1

¹⁾ Unless otherwise agreed, transverse impact testing according to EN 10025-6 option 3D will apply. For thicknesses between 6- 11.9 mm, sub-size Charpy V-specimens are used. The specified minimum value is then proportional to the cross-sectional area of the specimen compared to a full-size specimen (10 x 10 mm).

Chemical Composition (ladle analysis)

C ¹⁾ (max %)	Si ¹⁾ (max %)	Mn ¹⁾ (max %)	P (max %)	S (max %)	Cr ¹⁾ (max %)	Cu ¹⁾ (max %)	Ni ¹⁾ (max %)	Mo ¹⁾ (max %)	B ¹⁾ (max %)
0.20	0.60	1.60	0.020	0.010	0.80	0.30	2.0	0.70	0.005

The steel is grain refined. ¹⁾ Intentional alloying elements.

Maximum Carbon Equivalent CET(CEV)

Thickness (mm)	4.0 - 5.0	5.1 - 30.0	30.1 - 60.0	60.1 - 100.0	100.1 - 130.0	130.1 - 160
700 E CET(CEV)	0.34 (0.48)	0.32 (0.49)	0.36 (0.52)	0.39 (0.58)	0.41 (0.67)	0.43 (0.73)
700 F CET(CEV)	0.38 (0.57)	0.38 (0.57)	0.39 (0.58)	0.39 (0.58)	0.41 (0.67)	-

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

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

Tolerances

More details are given in SSAB's brochures 41- General product information Strenx, Hardox, Armox and Toolox UK and Strenx™ Guarantees or on www.ssab.com.

Thickness

Tolerances according to Strenx Thickness Guarantees.

Strenx Guarantees meet the requirements of EN 10 029 Class A, but offers narrower tolerances.

Length and Width

According to SSAB's dimension program. Tolerances conform with EN 10 029 or to SSAB's standard after agreement.

Shape

SSAB offers tolerances according to EN 10 029

Flatness

Tolerances according to Strenx Flatness Guarantee Class C, which are more narrow than EN 10 029 Class N.

Surface Properties

According to EN 10 163-2 Class A, Subclass B.

Bending

Tolerances according to Strenx Bending Guarantee Class A.

Delivery Conditions

The delivery condition is Q-T (Quenched and Tempered). The plates are delivered with sheared or thermally cut edges. Untrimmed edges after agreement. Delivery requirements can be found in SSAB's brochure 41-General product information Strenx, Hardox, Armox and Toolox-UK or on www.ssab.com.

Fabrication and Other Recommendations

Welding, bending and machining

Recommendations are found in SSAB's brochures at www.ssab.com or consult Tech Support, techsupport@ssab.com.

Strenx 700 has obtained its mechanical properties by quenching and subsequent tempering. The properties of the delivery condition cannot be retained after exposure to temperatures in excess of 580°C.

Appropriate health and safety precautions must be taken when welding, cutting, grinding or otherwise working on this product. Grinding, especially of primer coated plates, may produce dust with a high particle concentration.

Contact Information

www.ssab.com/contact



PŘÍLOHA 6

Page 1 (1)

SSAB EMEA AB, SE-781 84 BORLÄNGE, Sweden

Inspection certificate EN 10 204 - 3.1	A02	Issuing department Quality inspection	A05	Purchaser order no 4510061902	A07	Our order no 854360-1	A08	Invoice no 2722144	A16	Certificate no and date 15683678 2015-11-09	A03
---	-----	--	-----	----------------------------------	-----	--------------------------	-----	-----------------------	-----	--	-----

Purchaser AGROSTROJPELHIMOV, A.S. UNADRAZI 1967 CZ-393 12 PELHRIMOV TJECKISKA REP	A11 17912		Product HR wide strip sheets		B01	Marking Manufacturer, MATERIAL ID		B06	Standard/rules SSAB Steel grade DOMEX 700 MC Q		B02
	Quantity	B09 44	Dimensions [mm]	T 8	W 1500	L 2000	H09-311	Weight [kg]	8370	B12	B16
	Consignee AGROSTROJ PELHRIMOV, A.S. UNADRAZI 1967 CZ 393 12 PELHRIMOV TJECKISKA REP		Customer marks		A06	Deliv. Cond.		B14	Internal code		B15

MATERIAL ID 61-2658-704142-01 , 61-2658-704142-02 , 61-2658-704142-03 , 61-2658-704142-04 , 61-2658-704142-05											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Chemical composition																	C71-C92		Carbon equivalent etc		C03-C09
Heat no	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu	Al	Nb	B	N	Calc	Calc = C + Mn/6 + (Ni + Cu)/15 + (Cr + Mo + V)/5				
61-2658	0.63	0.3	1.86	0.008	0.012	0.17	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.03	0.002	0.04	0.41					

Test type	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Test results			
	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code	Code				
Tensile test	CHG072	Top end	Longitudinal	Delivery condition	Rectangular 380x40	Charpy-V 10x7.5	-20	C42 E [J]	150	C42 E [J]	143	C42 E [J]	141	C42 E [J]	144	C42 E [J]	C43 Ave [J]	C11 Rm [MPa]	C12 Rm [MPa]	C13 A5 [%]	C14 A5 [%]
Impact test	CHG073	Top end	Longitudinal	Delivery condition	Charpy-V 10x7.5	-20	C42 E [J]	150	C42 E [J]	143	C42 E [J]	141	C42 E [J]	144	C42 E [J]	C43 Ave [J]	C43 Ave [J]	C11 Rm [MPa]	C12 Rm [MPa]	C13 A5 [%]	C14 A5 [%]
Bend test	CHG074	Top end	Transverse	Delivery condition	Rectangular 300x25			C50 The test is satisfactory													

*Rp02 No yield point extension Ae Production time: 2015-10-29											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Customer article no. 0005596											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

It is hereby certified that the material described above complies with the requirements of the order.				Z02				Z01				A02				A04			
This certificate is produced with ECP and valid without signature				Material Testing/ L. Smedh/L. Ståhlqvist S. Forsström M. Eriksson												DOMEX® HIGH STRENGTH STEEL www.domex.com			

PŘÍLOHA 7

MÄTPROTOKOLL FÖR UTFALLSPROV

11.01.03.03

MEASURING REPORT FOR INITIAL SAMPLES

Sida/ Page
Datum/ Date

Leverantör/ Supplier Agrostroj Pelhřimov		Leverantör nr/ Supplier no.			Order nr/ P.O.No.			
Benämning/ Description Sloup autojeřábu				Ritningsnr./ Drawing No SI - 8924		Utgåva/ Rev.		
Art.-Anmärk nr/ Part-Material No.			Ändr. status/ Eng. status			Material/ Material		
Nr. No.	Dimension/ funktion Dimension/ function	Leverantör/ Supplier Mätvärde/ Test results			Mätvärde/ Test results			Anmärkning/ Remark
		1	2	3	1	2	3	
1	Δ	OK						
2	0.7 Δ	OK						
3	Δ	OK						
4	Δ	OK						
5	0.6 Δ	OK						
6	0.6 Δ	OK						
7	Δ	OK						
8	0.2 Δ	OK						
9	0.2 Δ	OK						
10	0.2 Δ	OK						
11	V	OK						
12	Δ	OK						
13	0.5 Δ	OK						
14	Δ	OK						
15	0.5 Δ	OK						
16	0.4 Δ	OK						
17	0.5 Δ	OK						
18	D	OK						
19	V	OK						
20	Δ	OK						
21	0.5 Δ	OK						
22	— LC	OK						
Leverantör/ Supplier Noteringar/ Notes					Noteringar/ Notes Datum/ Date			

**Ultrasonic testing
report**

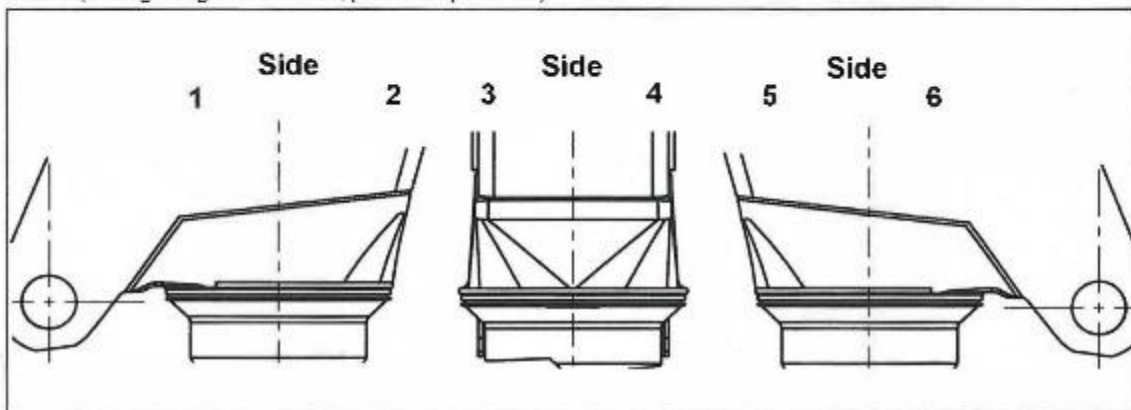
No.:

Page No.: 1

Number of
pages: 1

Tested object			
Name, dimension, form of the tested obj.: Sloup autojeřábu		Serial number: S1- 8924	
Customer:	Drawing No:	Material:	steel
	Welding method: 136	Type of weld:	V
Producer's welding procedure: Not delivered		Production stage: After welding	
Thermal processing: Without TP	Surface conditions: Cleaned	Temperature of the part: 20 °C	
Used test system			
Device (producer): GE Inspection Technologies	Type: Phasor XS	Serial number: 021LHN	
Probe (producer): GE Inspection Technologies	Type: MWB 70-4	Serial number: 71763	
Coupling agent: Ultrasonic gel	Type: UCA-7		
Testing technique			
Techniques, testing levels to: EN ISO 17640		Assessment to: EN ISO 11666 – method 2, acceptance level 2	
Tested from one side of the weld in reach places, one angle. All by agreement.			

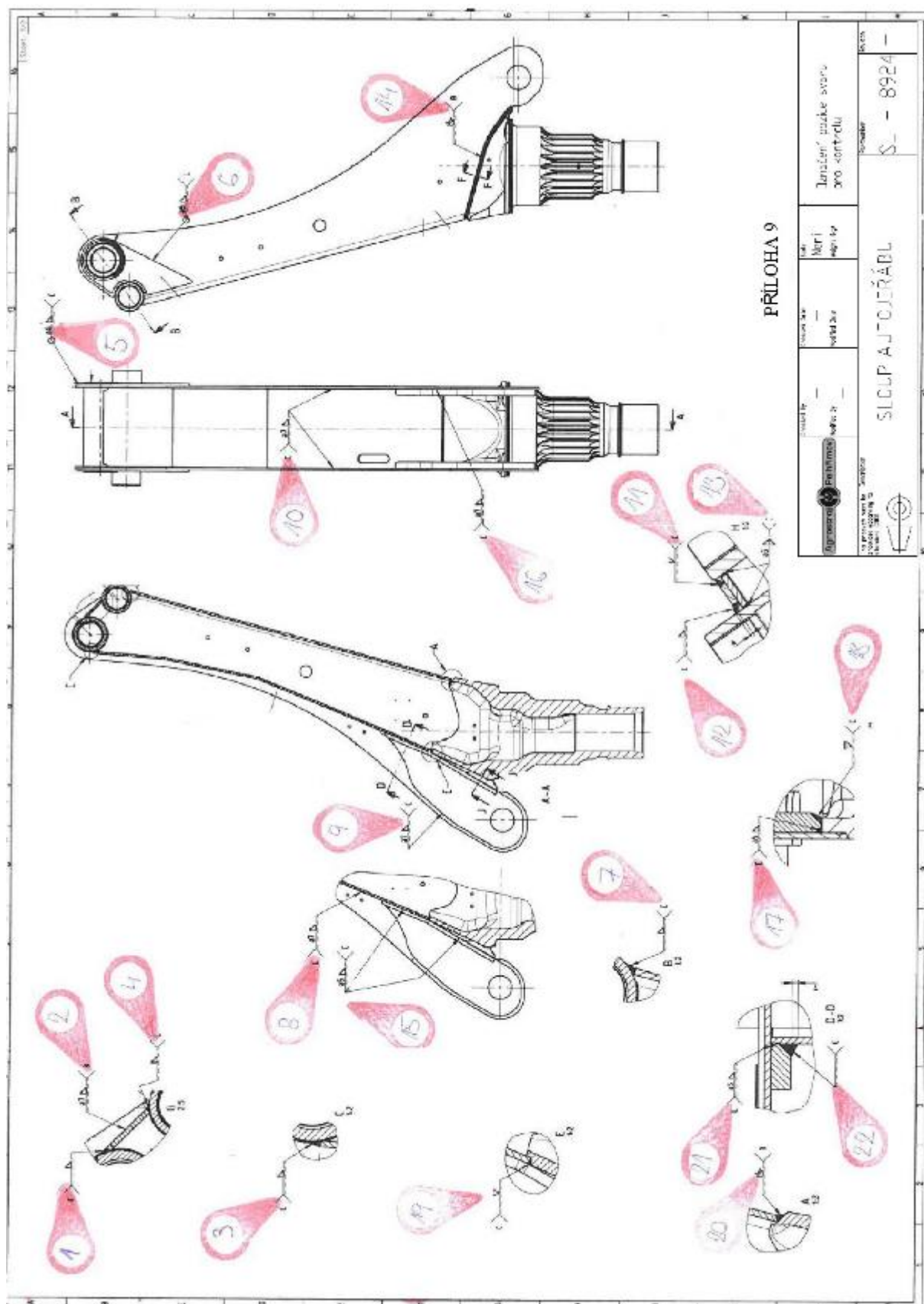
Sketch (the beginning of coordinates, position imperfection):



Result of testing				Passed	
Side	Ref. n.	l[mm]	ΔH_u [dB]	Yes	No
1-2				X	
3-4				X	
5-6				X	

Legend: l - length of the imperfection, ΔH_u – exceeding the register level

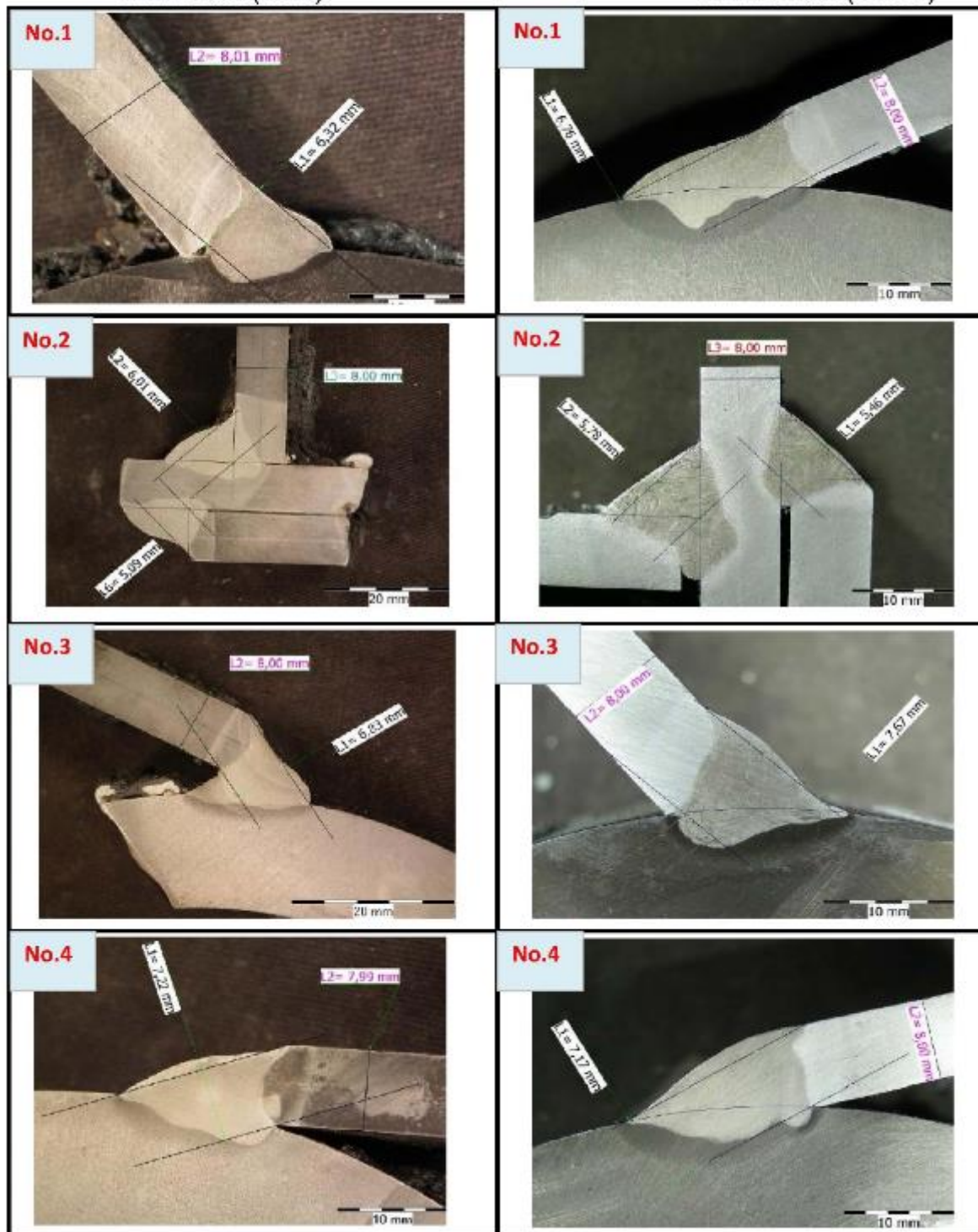
NDT Examiner: Level 2	Signature:	Place of testing: AGROSTROJ Pelhřimov
No. certificate: 1172/UT2		Date:



PŘÍLOHA 10

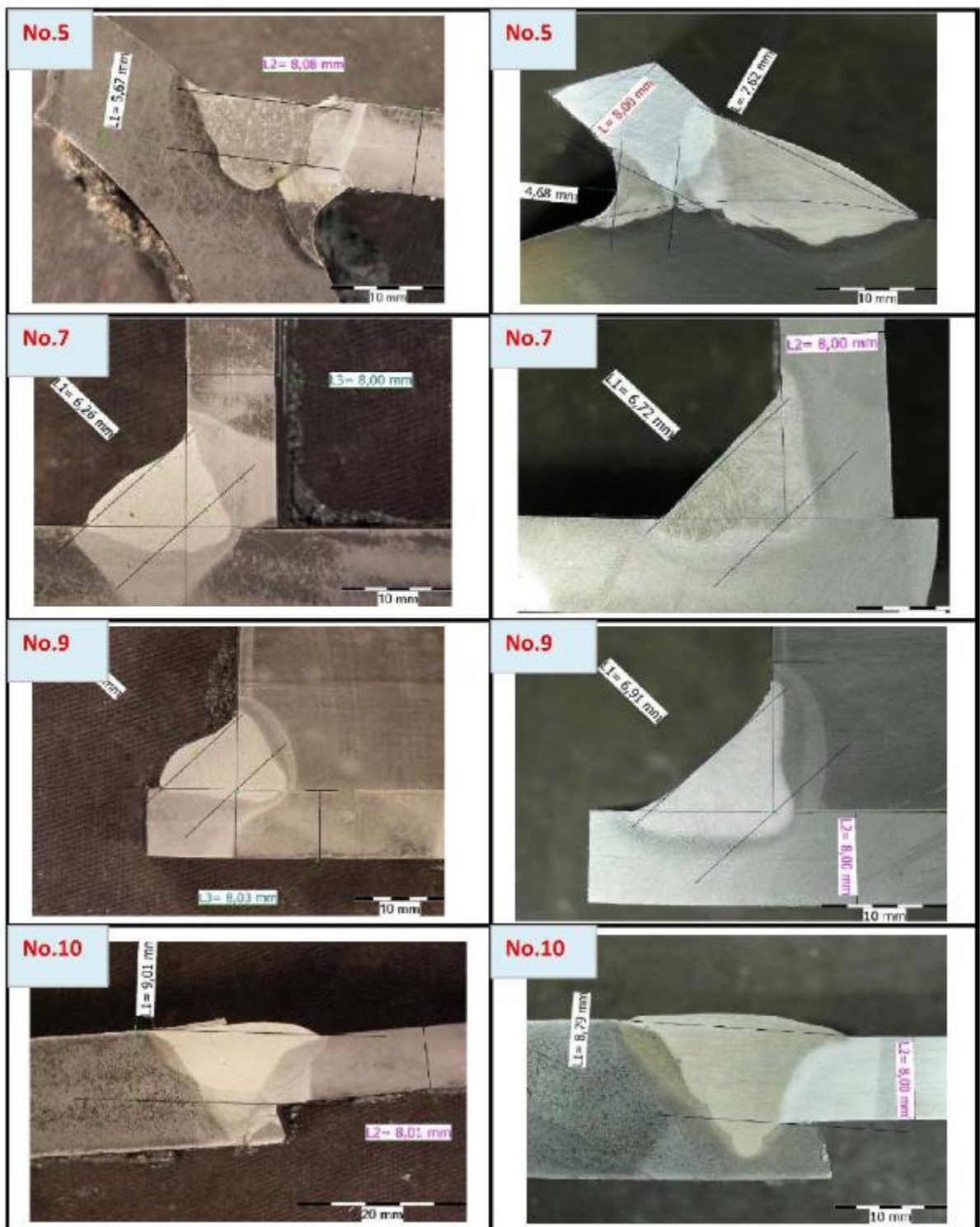
OLD robot (IGM)

NEW robot (Cloos)



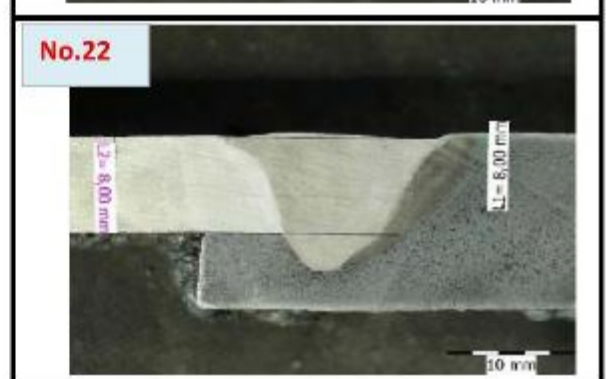
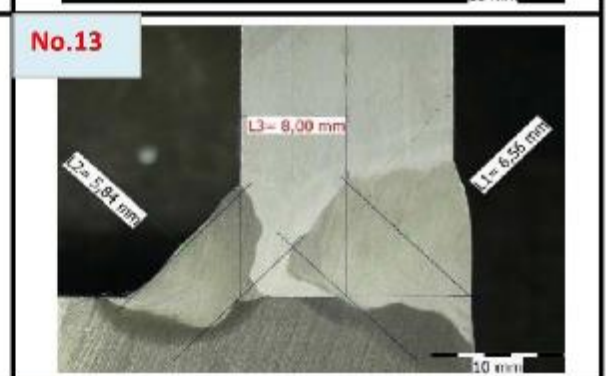
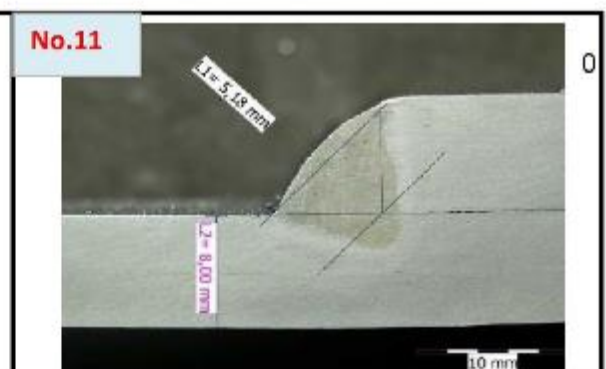
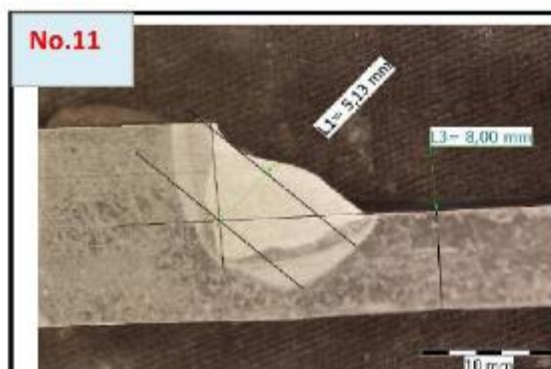
IGM

CLOOS



IGM

CLOOS



PŘÍLOHA 11

Agrostroj Pelhřimov AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 95
--	---	----------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
-------------------------------	---------------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :	ROBOT: NE
--------------------------------------	------------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
--	------------	---	----------------------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	TLoušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	8 / 8
--------------------------------------	-----------	---	--------------

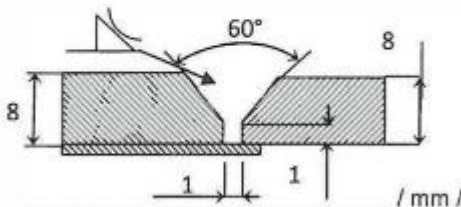
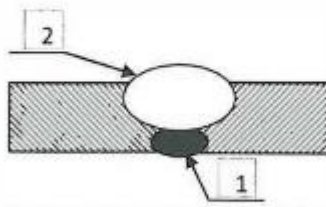
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	3 ≤ t ≤ 12
---	-----------	--	-------------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	WELDOX 700E	Vnější průměr /mm/ : (Outside diameter) :	-
--	--------------------	---	----------

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
--	-------------------------	--	---------------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
---	--	----------------------------------	-------------------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
--	--------------------	--	---------------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
--	---

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housesenky) (Pend)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	260	31,9	-	-	35-50	-	-	-
2.	136	ss	1,2	260	31,9	-	-	35-50	-	-	-

Poznámky (Notes) : WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.) 15.3.2013

Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator) 

AGR 513.01

PŘÍLOHA 12

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1987, ČZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 96
---	--	---------------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :		ROBOT: ANO
-------------------------------	--	------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
---	-----	--------------------------------------	--------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	8 / 8
-------------------------------	----	--	-------

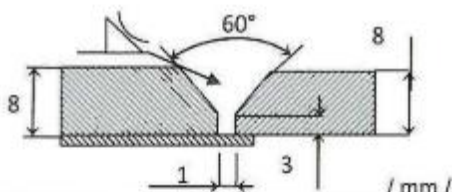
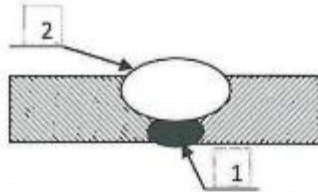
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	$3 \leq t \leq 12$
--	----	---	--------------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	WELDOX 700E	Vnější průměr /mm/ : (Outside diameter) :	-
---------------------------------------	-------------	--	---

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
---	------------------	---	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
--	--	---------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
-----------------------------------	-------------	---	--------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
---	--

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídavn. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pendll)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) /V
1.	136	ss	1,2	301	28,8	-	-	45	-		-
2.	136	ss	1,2	301	28,8	-	-	45			

Poznámky (Notes) : WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.) 15.3.2013

Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)

AGR 513.01



PŘÍLOHA 13

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS	číslo WPS 97
	Welding Process Specification	

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :	ROBOT: ANO
-------------------------------	------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
---	-----	--------------------------------------	--------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	20 / 8
-------------------------------	----	--	--------

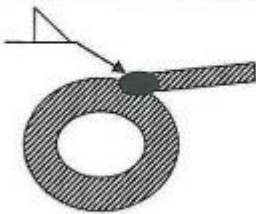
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	t ≥ 5
--	----	---	-------

Základní materiál : (Basic mat.) :	WELDOX 700E	Vnější průměr /mm/ : (Outside diameter) :	130
---------------------------------------	-------------	--	-----

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - ČSN EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
---	----------------------	---	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 42 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
--	--	---------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow) :	12 -15
-----------------------------------	-------------	--	--------

Tvar spoje (weld geometry)	Svařovací posloupnost (welding sequence)
 / mm /	

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pendll)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	332	29,7	.	.	45	.	.	.

Poznámky (Notes) : Column - 322
WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.) 15.3.2013
--

AGR 513.01

Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)



PŘÍLOHA 14

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 98
---	---	---------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :		ROBOT: ANO
-------------------------------	--	------------

Metoda svařování (Welding process) :	136
---	-----

Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
--------------------------------------	--------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW
-------------------------------	----

Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	8 / 20
--	--------

Poloha svařování : (Welding position) :	PB
--	----

Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	t ≥ 5
---	-------

Základní materiál : (Basic mat.) :	WELDOX 700E
---------------------------------------	-------------

Vnější průměr /mm/: (Outside diameter) :	130
---	-----

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - EN ISO 15608
---	------------------

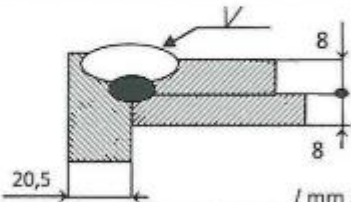
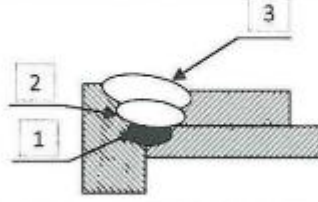
Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
---	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A
--	--

Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
---------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ
-----------------------------------	-------------

Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
---	--------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
---	--

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pend)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (- pending - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Correction of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	332	29,7	-	-	45	-	-	-
2.	136	ss	1,2	332	29,7	-	-	45	-	-	-
3.	136	ss	1,2	332	29,7	-	-	45	-	-	-

Poznámky (Notes) : WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.) 15.3.2013
--

Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)

AGR 513.01



PŘÍLOHA 15

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1987, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 99
---	--	----------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :		ROBOT: ANO
-------------------------------	--	------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
---	-----	--------------------------------------	--------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Thickness) :	8 / 8
-------------------------------	----	---------------------------------------	-------

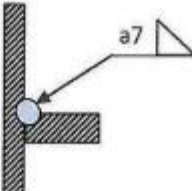
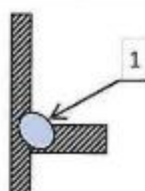
Poloha svařování : (Welding position) :	PB	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	$3 \leq t \leq 12$
--	----	---	--------------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	WELDOX 700E	Vnější průměr /mm/ : (Outside diameter) :	
---------------------------------------	-------------	--	--

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - ČSN EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
---	----------------------	---	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 42 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
--	--	---------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
-----------------------------------	-------------	---	--------

Tvar spoje (weld geometry)  / mm /	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
---	---

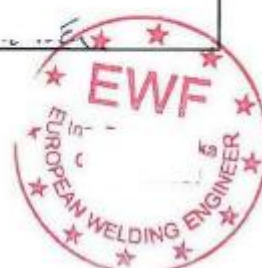
Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / %/
1.	136	ss	1,2	332	29,7	.	.	45	.		.

Poznámky (Notes) :
WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele:
(Date, sig.)
15.3.2013

Datum, podpis svářečského dozoru :
(Date, sig. of welding coordinator)

AGR 513.01



PŘÍLOHA 16

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, ČZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 230
---	--	----------------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
-------------------------------	---------------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :		ROBOT: NE
--------------------------------------	--	------------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
--	------------	---	----------------------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	8 / 15
--------------------------------------	-----------	---	---------------

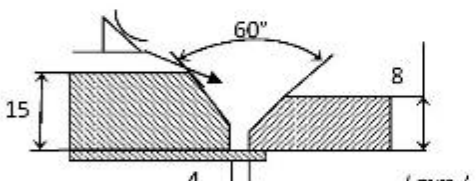
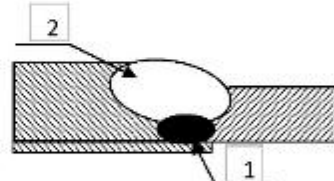
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	t ≥ 5
---	-----------	--	--------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/: (Outside diameter) :	-
--	---------------------	--	----------

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
--	-------------------------	--	---------------------------------

Přidavný mat. : (Consumable mat.) :	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
---	--	----------------------------------	-------------------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	1206018_ZGZ	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow) :	12 -15
--	--------------------	---	---------------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
--	---

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	260	31,9	-	-	35-50	-		-
2.	136	ss	1,2	260	31,9	-	-	35-50			

WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.)	Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)
--	--

AGR 513.01

PŘÍLOHA 17

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 231
---	---	----------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :	ROBOT: ANO
-------------------------------	------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
---	-----	--------------------------------------	--------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	8 / 10
-------------------------------	----	--	--------

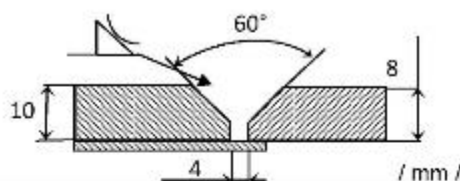
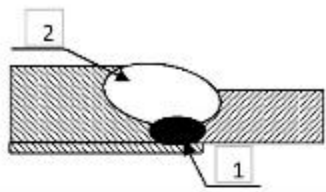
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	3 ≤ t ≤ 12
--	----	---	------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/ : (Outside diameter) :	-
---------------------------------------	--------------	--	---

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
---	------------------	---	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
--	--	---------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	Schváleno na základě maker.	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow) :	12 -15
-----------------------------------	--------------------------------	--	--------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
--	---

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pend)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (- Pending - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	260	31,9	-	-	45	-	-	-
2.	136	ss	1,2	349	32,4	5,5	1,67	25	-	-	-

WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele :
(Date, sig.)

Datum, podpis svářečského dozoru :
(Date, sig. of welding coordinator)

PŘÍLOHA 18

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 232
---	--	-----------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
-------------------------------	---------------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :	ROBOT: ANO
--------------------------------------	-------------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
--	------------	---	----------------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	20 / 8
--------------------------------------	-----------	---	---------------

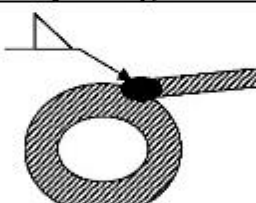
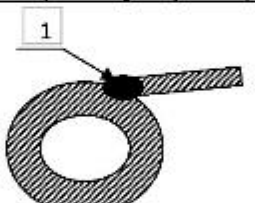
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	t ≥ 5
---	-----------	--	--------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/: (Outside diameter) :	130
--	---------------------	--	------------

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - ČSN EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
--	-----------------------------	--	---------------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 42 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
---	--	----------------------------------	-------------------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	Schváleno na základě maker.	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
--	--	--	---------------

Tvar spoje (weld geometry)  / mm /	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
--	--

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka houpenky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	337	30,5	9	1,32	25	-		

WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.)	Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)
--	--

PŘÍLOHA 19

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., U nádraží 1967, CZ - 383 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 233
---	--	-----------------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
-------------------------------	---------------------------------

Jméno svářeče : (Welder) :		ROBOT: ANO
--------------------------------------	--	-------------------

Metoda svařování (Welding process) :	136	Ochranný plyn : (Shielding gas) :	M 21 ČSN EN 439
--	------------	---	----------------------------------

Druh svaru : (Weld type) :	BW	Tloušťka mat. /mm/ : (Wall thickness) :	20 / 8
--------------------------------------	-----------	---	---------------

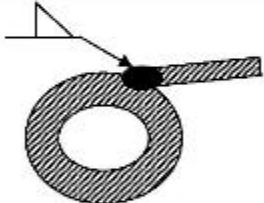
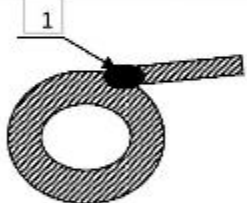
Poloha svařování : (Welding position) :	PA	Rozsah platnosti /mm/ : (Validity dimension) :	t ≥ 5
---	-----------	--	--------------

Základní materiál : (Basic mat.) :	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/: (Outside diameter) :	130
--	---------------------	--	------------

Materiálová skupina : (Material group) :	3 - ČSN EN ISO 15608	Druh přípravy : (material prepar.) :	mech. oprac., pálení
--	-----------------------------	--	---------------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.) :	T 42 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění : (Cleaning) :	Tryskání, broušení
---	--	----------------------------------	-------------------------------

Schváleno dle: (Approved by) :	Schváleno na základě maker.	Průtok plynu / l/min / : (Gas flow):	12 -15
--	--	--	---------------

Tvar spoje (weld geometry)  / mm /	Svařovací posloupnost (welding sequence) 
--	--

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housesenky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (- Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Correction of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	255	28	1,5	2,08	45	-		-
2.	136	ss	1,2	280	30,5	8	1	35			

WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.)	Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)
--	--

AGR 513.01

PŘÍLOHA 20

Agrostroj Pelhřimov AGROSTROJ Pelhřimov, s.s., U nádraží 1987, ČZ - 390 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 234
--	---	----------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče: (Welder)	ROBOT: ANO
----------------------------	------------

Metoda svařování (Welding process)	136	Ochranný plyn: (Shielding gas)	M 21 ČSN EN 439
---------------------------------------	-----	-----------------------------------	--------------------

Druh svaru: (Weld type)	BW	Tloušťka mat. /mm/: (Wall thickness)	8 / 8 / 20
----------------------------	----	---	------------

Poloha svařování: (Welding position)	PB	Rozsah platnosti /mm/: (Validity dimension)	t ≥ 5
---	----	--	-------

Základní materiál: (Basic mat.)	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/: (Outside diameter)	130
------------------------------------	--------------	---	-----

Materiálová skupina: (Material group)	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy: (material prepar.)	mech. oprac., pálení
--	------------------	--------------------------------------	-------------------------

Přídavný mat. : (Consumable mat.)	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění: (Cleaning)	Tryskání, broušení
--------------------------------------	--	------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by)	Schváleno na základě maker.	Průtok plynu / l/min /: (Gas flow)	12 - 15
---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	---------

Tvar spoje (weld geometry) 	Svařovací posloupnost (welding sequence)
---------------------------------------	---

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka houseňky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Correction of voltage) / % /
1.	136	ss	1,2	285	28,5	2,5	2,08	30	-	-	-
2.	136	ss	1,2	330	28,5	2	2,27	45	-	-	-
3.	136	ss	1,2	280	29	6,5	1,47	25	-	-	-

WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1

Datum, podpis vystavovatele : (Date, sig.)	Datum, podpis svářečského dozoru : (Date, sig. of welding coordinator)
---	---

AGR 513.01

PŘÍLOHA 21

 AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., Unádraží 1967, CZ - 393 12 Pelhřimov	WPS Welding Process Specification	číslo WPS 235
--	---	----------------------

Výrobce: (Producer)	Agrostroj Pelhřimov a.s.
------------------------	--------------------------

Jméno svářeče: (Welder)	ROBOT: ANO
----------------------------	------------

Metoda svařování (Welding process)	136	Ochranný plyn: (Shielding gas)	M 21 ČSN EN 439
---------------------------------------	-----	-----------------------------------	--------------------

Druh svaru: (Weld type)	BW	Tloušťka mat. /mm/: (Wall thickness)	8 / 8 / 20
----------------------------	----	---	------------

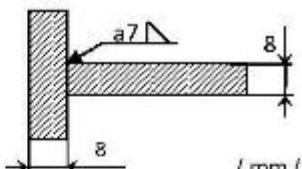
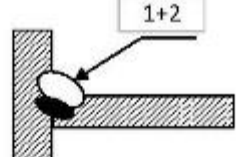
Poloha svařování: (Welding position)	PB	Rozsah platnosti /mm/: (Validity dimension)	t ≥ 5
---	----	--	-------

Základní materiál: (Basic mat.)	DOMEX 700MCD	Vnější průměr /mm/: (Outside diameter)	130
------------------------------------	--------------	---	-----

Materiálová skupina: (Material group)	3 - EN ISO 15608	Druh přípravy: (material prepar.)	mech. oprac., pálení
--	------------------	--------------------------------------	-------------------------

Přídavný mat.: (Consumable mat.)	T 46 3 M M2 H5 dle ČSN EN ISO 17632-A	Čištění: (Cleaning)	Tryskání, broušení
-------------------------------------	--	------------------------	-----------------------

Schváleno dle: (Approved by)	Schváleno na základě maker.	Průtok plynu / l/min /: (Gas flow):	12 - 15
---------------------------------	--------------------------------	--	---------

Tvar spoje (weld geometry)	Svařovací posloupnost (welding sequence)
	

Svař. posloupnost. (Weld seq.)	Metoda (Method of welding)	Druh proudu/polarita (Type of current/polarity)	Prům. přídav. mat. (Wire diameter) / mm /	Sv. proud (Welding current) / A /	Sv. napětí (welding voltage) / V /	Rozkvy (max. šířka housenky) (Pendl)	Rozkvy - frekvence, doba prodlevy (Pendling - frequency,)	Rychlost svařování (weld rate) / cm /min /	Interpass teplota (Interpass temp.) / °C /	Rychlost posuvu drátu (feeding speed) / m/min/	Délka oblouku (Corection of voltage) /m/
Cloos											
1.	136	ss	1,2	250	29,7	2,5	2,27	45	-		-
2.	136	ss	1,2	280	29	2	2,27	45	-		-

Poznámky (Notes): WPS dle ČSN EN ISO 15 609 - 1
--

Datum, podpis vystavovatele: (Date, sig.)	Datum, podpis svářečského dozoru: (Date, sig. of welding coordinator)
--	--