

# Tehnologija izrade rasvjetnog stupa MAG postupkom zavarivanja

---

Plantić, Miroslav

Undergraduate thesis / Završni rad

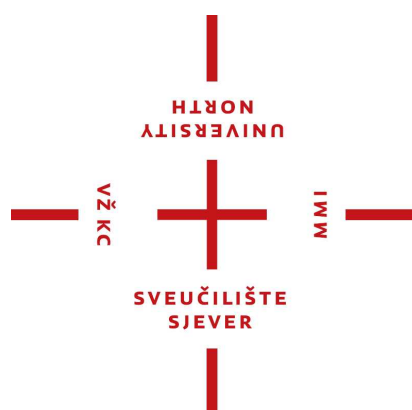
2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:362758>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

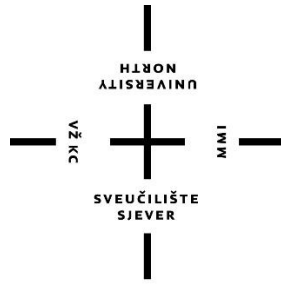
Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

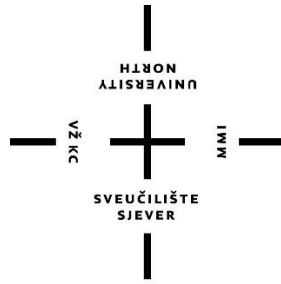
**Završni rad br. 210/PS/2016**

**Tehnologija izrade rasvjetnog stupa MAG postupkom  
zavarivanja**

**Miroslav Plantić, 5075/601**

Varaždin, prosinac 2016. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 210/PS/2016

## Tehnologija izrade rasvjetnog stupa MAG postupkom zavarivanja

### Student

Miroslav Plantić, 5075/601

### Mentor

Ivan Samardžić, prof.dr.sc.

Varaždin, prosinac 2016. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Miroslav Plantić	MATIČNI BROJ	5075/601
DATUM	25.11.2016.	KOLEGIJ	Tehnologija III
NASLOV RADA	Tehnologija izrade rasvjetnog stupa MAG postupkom zavarivanja		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Technology production lighting pole with MAG welding process		
-----------------------------	--	--	--

MENTOR	prof. dr. sc. Ivan Samardžić	ZVANJE	redoviti profesor u TZ, IWE
--------	------------------------------	--------	-----------------------------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof. dr. sc. Živko Kondić, redoviti profesor		
	2. prof. dr. sc. Ivan Samardžić, redoviti profesor u TZ		
	3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač		
	4. _____		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	210/PS/2016
------	-------------

OPIS

1. Uvod. Općenito o postupcima zavarivanja, oblicima zavarenih spojeva i pogreškama u zavarenim spojevima.
2. MIG/MAG postupka zavarivanja - teorijske i praktične osnove (prijenosi metala, prednosti i nedostaci, oprema, dodatni materijal, zaštitne plinske atmosfere).
3. Praktični dio - detaljan opis i dokumentiranje tehnološkog procesa izrade rasvjetnog stupa s naglaskom na tehnologiju zavarivanja.
4. Zaključak

ZADATAK URUČEN 30.11.2016.



POTPIS MENTORA Samardžić

## **Zahvala**

Zahvaljujem profesoru Ivanu Samardžiću dr. sc. što je prihvatio ulogu mentora u izradi ovog završnog rada. Zahvaljujem svim profesorima kao i djelatnicima Sveučilišta Sjever koji su na bilo koji način sudjelovali u mojem akademskom obrazovanju.

Zahvaljujem poduzeću Omega d.o.o. Breznica što su mi omogućili korištenje potrebne tehnologije i dokumentacije u izradi praktičnog dijela završnog rada.

Također zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su uvijek bili uz mene i pružali mi podršku.



## Sažetak

Završni rad sastoji se od teoretskog i praktičnog dijela. Opisana je tehnologija izrade višekutnog rasvjetnog stupa visine 8 metara koji se koristi za uličnu rasvjetu.

U teoretskom djelu kratko je obuhvaćena povijest zavarivanja te su istaknute najvažnije godine i osoba koje su proučavale tehnologiju zavarivanja. Objasnjeni su pojmovi vezani uz zavarivanje, razrađena je podjela postupaka zavarivanja, a detaljno je opisan MAG postupak. Opisana je oprema kod MAG zavarivanja te princip rada. Navedena je primjena postupka, parametri, prednosti i nedostaci.

Opisane su greške koje se javljaju u zavarenim spojevima u izradi i eksploataciji. Navedene su metode kojima se ispitivanju i kontroliraju zavareni spojevi s naglaskom na penetrantsku metodu.

U praktičnom djelu opisana je tehnologija izrade višekutnog rasvjetnog stupa u poduzeću Omega d.o.o. Breznica. Prikazan je aparat za zavarivanje i njegove karakteristike. U prilogu se nalaze WPS liste za potrebe zavarivanja rasvjetnog stupa te radionički crtež.

**Ključne riječi:** rasvjetni stup, MAG postupak zavarivanja, pogreške u zavarenim spojevima, penetrantska metoda



## Summary

Final work is made of theoretical and practical part. It describes technology production polygonal lighting pole eight meters high which is used for street lighting.

Theoretical part describes short history of jump welding and this part includes the most important years and persons which examined technology of jump welding. There are explained concepts about jump welding, elaborated division of welding procedures and MAG procedure is detailed described. It describes the equipment needed for MAG welding and also work principles. There are listed application procedures, parameters, advantages and disadvantages.

It also describes welding defect during production and exploitation. There are listed methods which are used in testing and controlling welds, especially penetrant method.

Practical part describes the manufacturing technology making polygonal lamppost in company Omega d.o.o. Breznica. There is shown the blowtorch and his characteristics. In addition you can find WPS lists which are needed during the welding of lamppost and manufacturing sheet.

**Keywords:** lighting pole, MAG welding process, welding defect, penetrant method

## Popis korištenih kratica

<b>MAG</b>	elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina
<b>MIG</b>	elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina
<b>REL</b>	ručno elektrolučno zavarivanje
<b>WPS</b>	specifikacija postupka zavarivanja
<b>TIG</b>	elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina
<b>AC-DC</b>	Izmjenična struja - istosmjerna struja
<b>EP</b>	elektrolučno zavarivanje pod zaštitnim praškom
<b>R<sub>e</sub></b>	granica razvlačenja
<b>R<sub>m</sub></b>	vlačna čvrstoća
<b>ZT</b>	zona taljenja
<b>ZUT</b>	zona utjecaja topline

# Sadržaj

1.	Uvod.....	6
2.	Općenito o zavarivanju .....	8
2.1.	Podjela postupaka zavarivanja .....	8
2.2.	Oblici zavarenih spojeva i žljebova .....	9
2.3.	Greške u zavarenim spojevima.....	12
3.	MIG/MAG zavarivanje .....	15
3.1.	Prijenos metala štrcajućim lukom .....	16
3.2.	Prijenos metala pulsirajućim lukom .....	16
3.3.	Prijenos metala kratkim spojem .....	17
3.4.	Prijenos metala mješovitim lukom .....	17
3.5.	Prednosti i nedostaci.....	18
3.6.	Parametri zavarivanja .....	18
3.7.	Oprema kod MAG zavarivanja .....	19
3.8.	Izvori struje zavarivanja .....	19
3.9.	Zaštitni plinovi .....	21
3.10.	Dodatni materijal za zavarivanje.....	22
4.	Kontrola i ispitivanje zavarenog spoja.....	23
4.1.	Penetrantska metoda.....	23
4.2.	Vizualna metoda.....	25
4.3.	Magnetska metoda.....	27
5.	Praktični dio .....	29
5.1.	Uvod.....	29
5.2.	Aparat za zavarivanje i ugrađeni materijal.....	32
5.3.	Tehnologija zavarivanja .....	34
5.4.	Tehnološki postupak izrade.....	37
6.	Zaključak.....	48
7.	Literatura.....	50

## 1. Uvod

Ljudi su još u starom vijeku poznavali neke od postupaka zavarivanja kao što su zavarivanje kovanjem, lijevanjem i lemljenjem. Zavarivanje se razvijalo kao sastavni dio vještina kovača, lijevača i zlatara pri izradi oruđa za rad, oružja, posuda, nakida i građevina. Međutim najveći broj danas korištenih postupaka zavarivanja otkriven je u ovom vijeku.[1,10]

Razvoj današnjih postupaka zavarivanja:

- 1802. Petrov istražuje električni luk za opću namjenu, još ne za zavarivanje
- 1856. Joule prvi primjenjuje sučeono elektrootporno zavarivanje žica
- 1882. N. N. Bernardos prvi koristi električni luk između ugljene elektrode i metala kao izvor energije za zavarivanje uz dodavanje žice u metalnu kupku.
- 1888. N. S. Slavjanov je predložio postupak elektrolučnog zavarivanja metalnom elektrodom. Električni luk je uspostavio između metalne elektrode i metalnih predmeta, koji su spojeni.
- 1894. Sottrand zavaruje prvi puta plinskim plamenom  $O_2 + H_2$ . Kasnije se razvija plinsko zavarivanje kisik – acetilenskim plamenom, koji se od 1916. uspješno primjenjuje u industriji.
- 1895. Počinje se koristiti aluminotermijsko zavarivanje za zavarivanje tračnica i za popravak odljevaka.
- 1907. Oscar Kjelberg prvi patentira i primjenjuje obloženu elektrodu. Obložena se elektroda proizvodila uranjanjem gole žice u otopinu minerala, a od 1936. g. obloga se nanosi ekstrudiranjem. Bazične elektrode su se počele proizvoditi 1940. g.
- 1925. Otkriće postupka zavarivanja u zaštitnoj atmosferi vodika „ arcatom“.
- 1930. Počela je primjena automatskog zavarivanja pod prahom – EP u brodogradnji SAD.
- 1936. Počela je primjena zavarivanja u zaštitnoj atmosferi He – TIG postupak

Pred, a posebno poslije drugog svjetskog rata, počinje razvoj i primjena zavarivanja u zaštitnim plinovima TIG ( arc – atom s vodikom, te argonarc s argonom ili helijem kao zaštitnim plinom ). MIG zavarivanje se počinje primjenjivati 1948. kao Sigma postupak ( Shielded Intert Gas Metal Arc ), a 1953. g. u bivšem SSSR se prvi puta primjenjuje MAG postupak s  $CO_2$

zaštitnim aktivnim plinom. Iza 1950. godine razvijaju se mnogi novi postupci kao što su zavarivanje pod troskom, trenjem, snopom elektrona, laserom, plazmom i drugi.[1,10]

U Hrvatskoj se prije drugog svjetsko rata primjenjivalo plinsko zavarivanje, ručno elektrolučno zavarivanje s golim, s jezgrom i djelom obloženim elektrodama. U to vrijeme su se odgovorne konstrukcije izvodile uglavnom u zakovanoj izvedbi.[1]

Značajniji razvoj zavarivanja u Hrvatskoj postignut je uoči drugog svjetskog rata kada je realizirano nekoliko većih objekata u zavarenoj izvedbi.[1]

U periodu od 1950. do 1960. godine brzo se napuštaju zakovane konstrukcije, a pored ručnog elektrolučnog postupka zavarivanja postupno se uvode ostali postupci zavarivanja koji se i danas koriste ( poluautomatsko, automatsko ). [10]

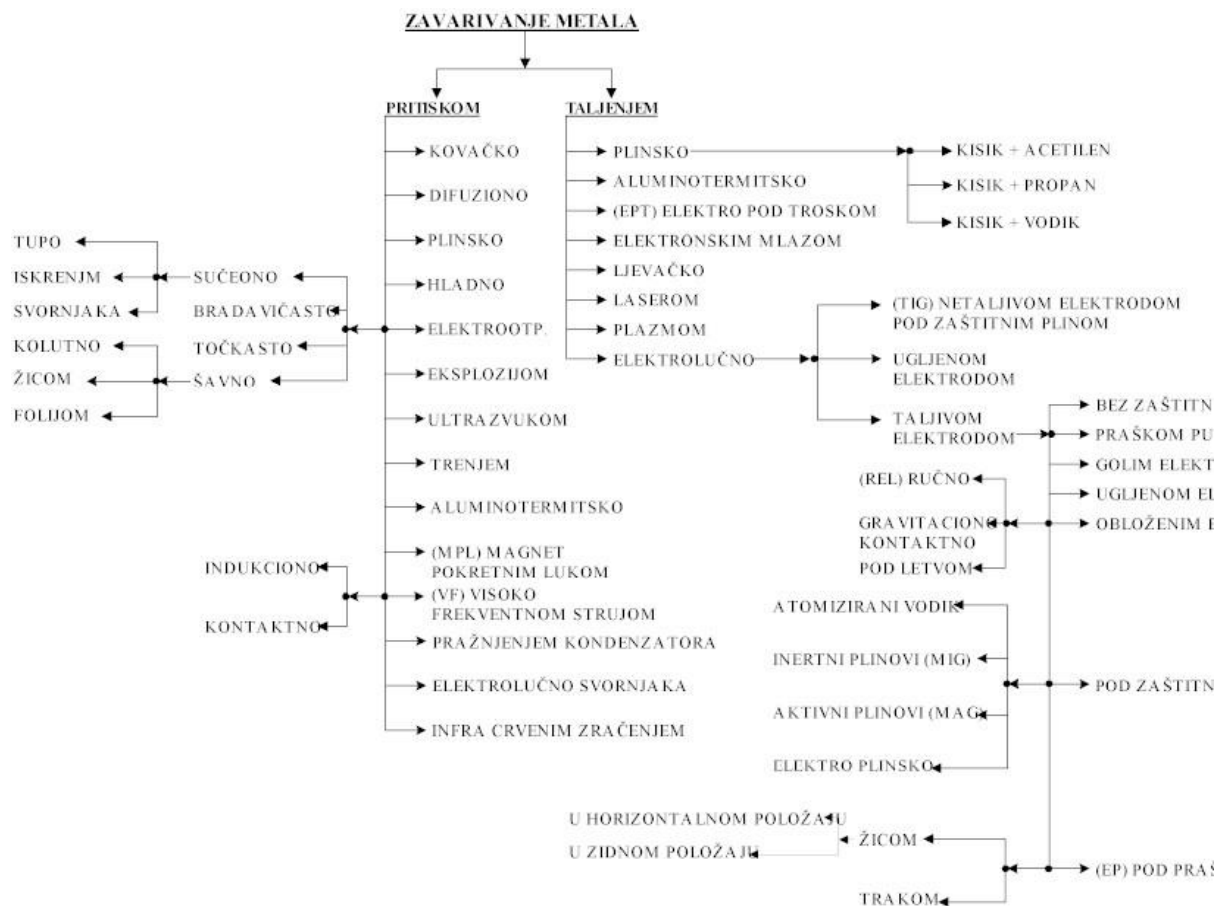
## 2. Općenito o zavarivanju

Zavarivanje je spajanje dvaju ili više, istorodnih ili raznorodnih materijala, taljenjem ili pritiskom, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogeni zavareni spoj.[2]

### 2.1. Podjela postupaka zavarivanja

Zavarivanje se može podijeliti na nekoliko načina, a ona uobičajena osnovna podjela dijeli zavarivanje na dvije grupe, a to su zavarivanje pritiskom i zavarivanje taljenjem. Zavarivanje uz djelovanje pritiska je spajanje metalnih dijelova pritiskom, bez ili uz lokalno ograničeno zagrijavanje, uglavnom bez korištenja dodatnog materijala. Zavarivanje taljenjem je spajanje metalnih dijelova u rastaljenom stanju na mjestu spajanja, s korištenjem ili bez dodatnog materijala, bez djelovanja pritiska ili udarca.[3]

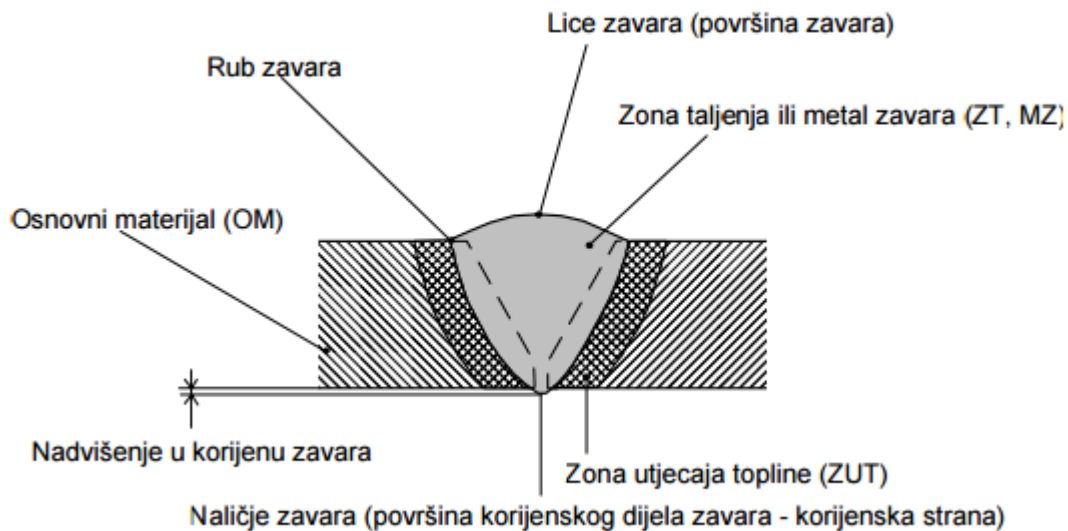
Na slici 2.1. detaljno je prikazana podjela zavarivanja prema načinu ostvarivanja zavarenog spoja.



Slika 2.1. Podjela postupa zavarivanja [2]

## 2.2. Oblici zavarenih spojeva i žljebova

Zavareni spoj je cjelina ostvarena zavarivanjem, koja obuhvaća dodirne dijelove zavarenih komada, a karakterizirana je međusobnim položajem zavarenih dijelova i oblikom njihovih zavarenih krajeva. Elementi zavarenog spoja prikazani su na slici 2.2.[1]



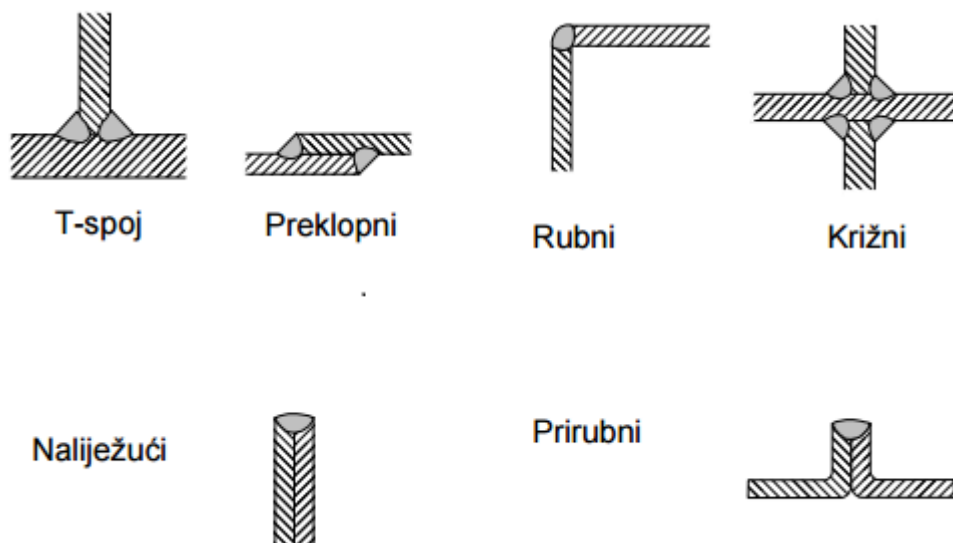
Slika 2.2. Elementi zavarenog spoja [2]

Osnovni materijal je materijal koji se zavaruje, lemi ili reže, a dodatni materijal je onaj koji se dodaje u zoni taljenja pri zavarivanju, lemljenju ili navarivanju.[1]

Zona taljenja je dio površine poprečnog presjeka zavarenog spoja koji je bio rastaljen. Sastoji se najčešće od mješavine osnovnog i dodatnog materijala, a ponekad samo od dodatnog (lemljenje) odnosno osnovnog materijala.[1]

Zona utjecaja topline je onaj dio osnovnog materijala koji se nije rastalio, ali čija su se mikrostruktura i svojstva izmijenili pod utjecajem topline zavarivanja.[1]

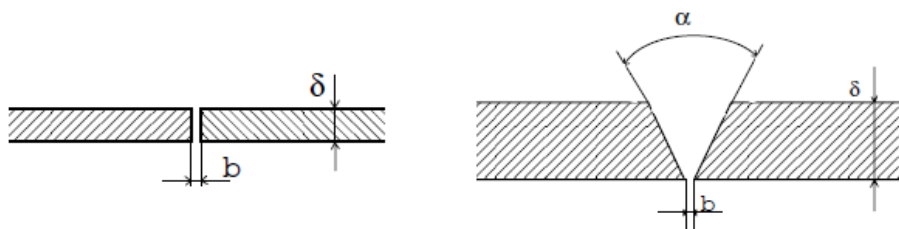
Postoji nekoliko oblika zavarenih spojeva, a oni koji se najčešće primjenjuju u praksi prikazani su na slici 2.3.



Slika 2.3. Oblici zavarenih spojeva [2]

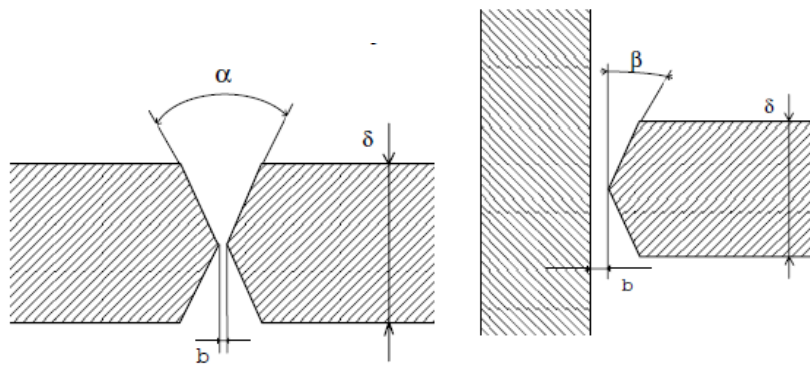
Rubovi materijala prije zavarivanja moraju biti odgovarajuće pripremljeni. Potrebno ih je oblikovati tako da se prilikom montaže može ostvariti potreban oblik spoja. Oblik žlijeba ovisi u najvećoj mjeri o duljini materijala, postupku zavarivanja, te o dostupnosti spoja. Na slici 2.4. su navedeni češće korišteni žljebovi za zavarivanje.[4]





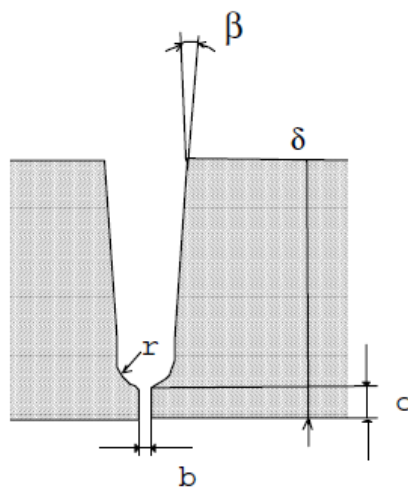
**"I" žlijeb**

**"V" žlijeb**



**"X" žlijeb**

**"K" žlijeb**



**"U" žlijeb**

*Slika 2.4. Primjeri žljebova za zavarivanje[4]*

### 2.3. Greške u zavarenim spojevima

Svaki tehnološki proces nosi stalnu opasnost od nastajanja određenih grešaka. S obzirom na veliki broj utjecajnih čimbenika na kvalitetu zavarenih spojeva, na tu je opasnost potrebno obratiti posebnu pozornost kako pri izradi zavarene konstrukcije, tako i u njoj eksploataciji.[5] Postoje različite klasifikacije grešaka u zavarenim spojevima, a jedna od njih je prema europskoj normi EN 26520 koja greške dijeli na:

- greške u zavarenim spojevima koje mogu nastati u izradi
- greške u zavarenim spojevima koje mogu nastati u eksploataciji

Greške u zavarenim spojevima koje nastaju u izradi mogu se podijeliti s obzirom na uzrok nastajanja, vrstu, položaju, po obliku, veličini i brojnosti.

Najopasnije greške u izradi zavarenih konstrukcija su one iz podjele po vrsti nastajanja, odnosno pukotine, a one mogu biti:

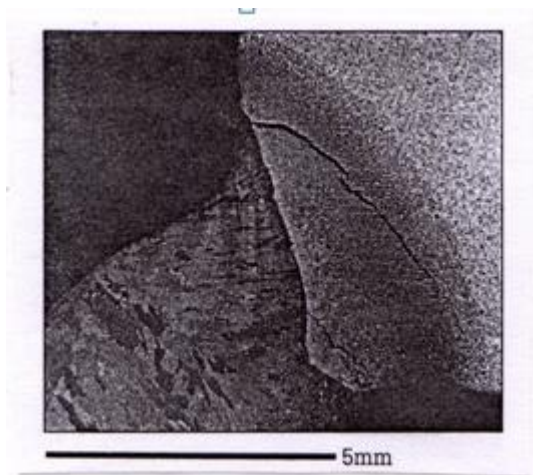
- hladne
- tople
- uslijed naknadne toplinske obrade
- uslijed slojastog ili lamelarnog odvajanja

Hladne pukotine nastaju nakon izvršenog zavarivanja na temperaturi nižoj od 300 °C. One se mogu nekad pojaviti i više sati poslije zavarivanja te je u praksi uobičajeno čekanje od najčešće 24 – 48 sati prije provedbe nerazornih ispitivanja. Pojavljuju se uglavnom kod zavarivanja čelika povišene i visoke čvrstoće posebno većih debljina. Mogu biti vidljive (na površini zavarenog spoja), ali i nevidljive u zavarenom spoju.

Glavni uzročnici nastajanja hladnih pukotina su:

- mikrostrukture metala zavara te ZUT-a, koje su osjetljive na djelovanje vodika
- prisutnost vodika u zavaru
- djelovanje naprezanja nastalih skupljanjem zavara
- nepovoljan položaj uključaka zavara

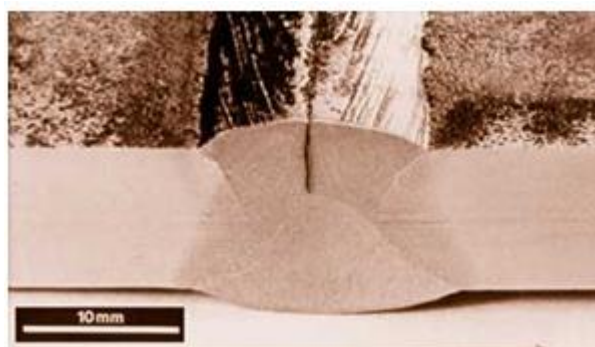
Hladne pukotine mogu nastati u zoni taljenja i/ili zoni utjecaja topline. Mogu biti paralelne ili pod nekim kutom u odnosu na uzdužnu os zavarenog spoja, pa se tako, s obzirom na smjer rasprostiranja govori o longitudinalnim i transferzalnim pukotinama.[5]



*Slika 2.5. Primjer hladnih pukotina nastalih u zoni utjecaja topline[2]*

Ponekad vodik ostaje zarobljen u zavarenom spoju, ne izazove pukotine, ali se na površini loma mogu uočiti tzv. "riblje oči". To su mjesta gdje se nakupio vodik koji nije efundirao iz zavarenog spoja, pa predstavljaju diskontinuitet u zavarenom spoju.[2]

Tople pukotine nastaju na visokim temperaturama tijekom hlađenja taline do čvrstog stanja. Prostiru se po granicama zrna materijala, najčešće po dužini u sredini zavora, ali moguće su i u zoni utjecaja topline. Glavni uzrok nastajanja toplih pukotina je gubitak sposobnosti metala zavora da izdrži naprezanja nastala skupljanjem u posljednjoj fazi skrućivanja kod visokih temperatura. Pojava toplih pukotina posebno je vezana s nečistoćama u materijalu, ali i legiranjem, parametrima zavarivanja, nepovoljnim oblikom žlijeba i naročito nepovoljnim izborom dodatnog materijala. [5]



*Slika 2.6. Primjer tople pukotine[2]*

Postoje dva osnovna tipa toplih pukotina:

- kristalizacijske
- podsolidusne ili likvacijske

Kristalizacijske tople pukotine nastaju pri kristalizaciji u zoni taljenja. Pri hlađenju rastaljenom materijala u žlijebu zavarava dolazi prvo do kristalizacije metala zavarava, a eventualne nečistoće ostaju zarobljene između kristala. Djelovanjem naprezanja uslijed skupljanja zavarava dolazi do nastajanja tople pukotine u zoni zavarava.[2]

Podsolidusne ili likvacijske tople pukotine najčešće nastaju u zoni utjecaja topline, poprečno ili okomito na uzdužnu os zavarava, ili u smjeru debljine osnovnog materijala. Posljedica su postojanja strukturnih nehomogenosti – nečistoća koje su raspoređene po granica zrna osnovnog materijala u zoni utjecaj topline.[2]

Lamelarno odvajanje ili slojasto trganje nastaje u zoni utjecaja topline i obično se dalje širi na osnovni materijal, a posljedica je postojanja nehomogenosti u osnovnom materijalu i djelovanja naprezanja zbog topline unešene zavarivanjem.[2]

Pukotine zbog naknadnog zagrijavanja ili naknadne toplinske obrade zavarenog spoja najčešće nastaju u tzv. nisko temperaturnom području zbog prevelike brzine zagrijavanja i pri naglom hlađenju zavarenog spoja. [2]

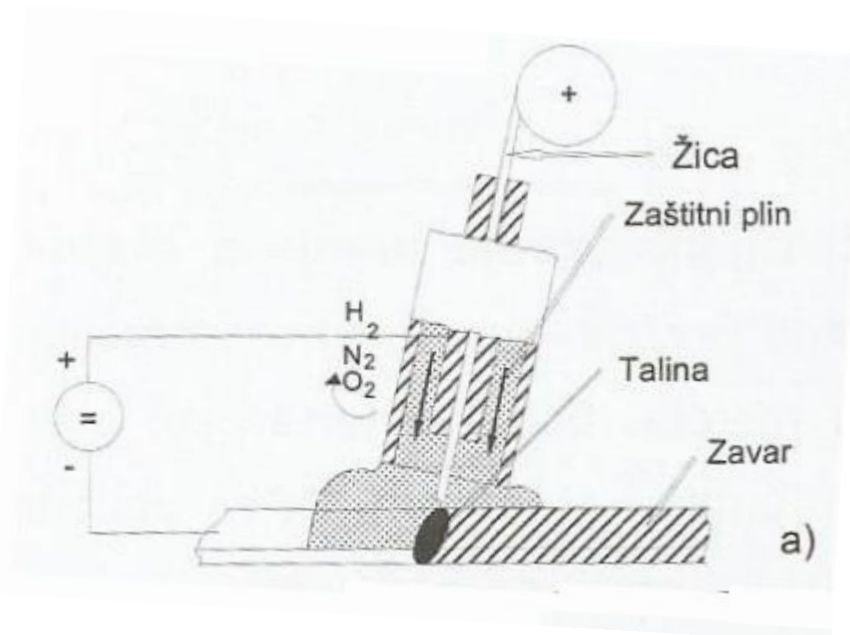
Poroznost u metalu zavarava su mjesta ispunjena stlačenim plinom. Šupljine nastaju zbog toga što rastaljeni metal zavarava može upiti znatne količine plinova. Ukoliko je brzina izlučivanja plinova manja od brzine skrućivanja metala, plinovi ostaju zarobljeni u zavaru. Izlazeći iz zavarava, plinski mjehurići ponekad ostavljaju vidljive šupljine na površini zavarava. Najčešći plinovi uzročnici šupljina su vodik, dušik i ugljični monoksid. [2]



*Slika 2.7. Primjer poroznosti[2]*

### 3. MIG/MAG zavarivanje

MIG/MAG zavarivanje, odnosno elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštitnoj atmosferi inertnog/aktivnog plina, danas u vodećim industrijskim zemljama ima najveću primjenu. Kod MIG postupka se koristi inertni plin ( uglavnom helij i argon ), dok kod MAG postupka koristi se aktivni plin ( ugljični dioksid ili plinske mješavine ). Usprkos svojoj relativno dugoj povijesti, konstantan razvoj i istraživanje ovog postupka zavarivanja, pruža mogućnost novih poboljšavanja, a konačan cilj je kvaliteta zavarenih spojeva, visoka produktivnost i ekonomičnost postupka. [6]



Slika 3.1. MAG zavarivanje[13]

Prema definiciji MAG postupak je elektrolučni postupak zavarivanja, kod kojeg se električni luk uspostavljuje između taljive, kontinuirane elektrode u obliku žice i radnog komada, u pravilu spojene na plus pol istosmjernog izvora struje za zavarivanje. Prijenos metala odvija se mehanizmom prijenosa rastaljene kapljice s vrha žice za zavarivanje, slobodnim letom kroz električni luk na osnovni materijal, ili na način da rastaljena metalna kapljica dođe u fizički kontakt s osnovnim materijalom ( radnim komadom ), prilikom čega nastane kratki spoj. [6]

### 3.1. Prijenos metala štrcajućim lukom

Osnovna karakteristika prijenosa metala štrcajućim lukom, je prijenos metala s vrha elektrode slobodnim letom kroz atmosferu električnog luka. Takav prijenos metala omogućuje veća količina energije koju je potrebno unijeti u sam proces zavarivanja. Pod tim se podrazumijeva povećanje jakosti struje koja će u konačnici dati veće zagrijavanje. Jedan od uvjeta ovog prijenosa je i primjena plinskih mješavina kod kojih je maksimalna koncentracija aktivnih plinova 18 %, a često se primjenjuju i mješavine sa malim postocima drugih plinova radi utjecaja na geometriju zavarenih spojeva. [6]



*Slika 3.2. Prijenos metala štrcanjem – shematski prikaz[6]*

### 3.2. Prijenos metala pulsirajućim lukom

Prijenos metala pulsirajućim lukom je oblik prijenosa metala štrcajućim lukom kod kojeg je iznos prosječne struje zavarivanja manji od minimalne vrijednosti struje koja omogućuje prijenos metala štrcajućim lukom. To je omogućeno promjenom iznosa struje zavarivanja između dvije vrijednosti – osnovne i maksimalne. Osnovna vrijednost struje zavarivanja je minimalna vrijednost koja je potrebna za održavanje električnog luka, dok je maksimalna vrijednost struje ona vrijednost koja omogućuje prijenos metala bez uspostave kratkog spoja. [6]



*Slika 3.3. Prijenos metala pulsirajućim lukom – shematski prikaz[6]*

### 3.3. Prijenos metala kratkim spojem

Prijenos metala kratkim spojem jest postupak kod kojeg kontinuirano dovođena puna ili praškom punjena žica stvara metal zavara uslijed uspostave kontinuiranih kratkih spojeva. Ovo je način prijenosa metala s najmanje unosa topline na mjesto zavora. Svaki prijenos metala kod ovog procesa nastaje kada žica dođe u fizički kontakt sa osnovnim materijalom ili već nastalim metalom zavora, a sam proces prijenosa najviše ovisi o promjeru žice, vrsti zaštitnog plina te osnovnim parametrima zavarivanja, a događa se između 20 i 200 puta u sekundi.[6]



*Slika 3.4. Prijenos metala kratkim spojem – shematski prikaz[6]*

### 3.4. Prijenos metala mješovitim lukom

Prijenos metala mješovitim lukom najčešće se odvija uz upotrebu ugljičnog dioksida kao zaštitnog plina ili plinskih mješavina sa velikim udjelom istog. To je prijenos metala kod kojeg dolazi do prijenosa štrcajućim lukom i kratkim spojevima, a izmjena i redosljed mehanizama prijenosa je slučajna pojava. Osnovni nedostatak ovoga prijenosa je njegova neregularnost koja se najčešće odlikuje većim razlikama u promjeru odvojenih kapljica koje u konačnici definiraju geometriju zavarenog spoja. Također prijenos kapljica nije aksijalan, a prskanje je znatno povećano. [6]



*Slika 3.5. Prijenos metala mješovitim lukom – shematski prikaz[6]*

### 3.5. Prednosti i nedostaci

U tablici 3.1. navedene su neke prednosti i nedostaci MAG postupka zavarivanja.

<b>PREDNOSTI</b>	<b>NEDOSTACI</b>
-razvijen dovoljno širok spektar dodatnih materijala za zavarivanje	-kvaliteta zavara ovisi o vještini zavarivača
-manja cijena opreme za zavarivanje u donosu na EP postupak zavarivanja	-dolazi do jakog bljeskanja kod zavarivanja te se oslobađaju plinovi – potrebna dobra ventilacija prostora
-pogodan za pojedinačnu i masovnu proizvodnju, te reperaturna zavarivanja	-dugotrajan rad može ostaviti štetne posljedice na zavarivača ( reuma, oštećenje dišnog sustava... )
-mogućnost zavarivanja u svim položajima zavarivanja	
-pogodan za automatizaciju i robotizaciju	
-kvalitetan zavar i dobra mehanička svojstva zavara	

*Tablica 3.1. Prednosti i nedostaci MAG postupka zavarivanja*

### 3.6. Parametri zavarivanja

Parametre zavarivanja kod MIG/MAG postupka nije jednostavno odabrati. Oni zavise o materijalu kojeg zavarujemo ( vrsta, debljina ), tehnološkim zahtjevima, uvjetima u kojima se zavarivanje odvija, položaju u kojem želimo ili možemo zavarivati, opremi koju imamo na raspolaganju, eventualnom stupnju mehanizacije, iskustvu zavarivača, itd. Stručna literatura, standardi primjene i zavarivački software uglavnom definiraju konkretne parametre za konkretne primjene. [7]

Osnovni parametri koje treba uzimati u obzir kog MIG/MAG zavarivanja su slijedeći:

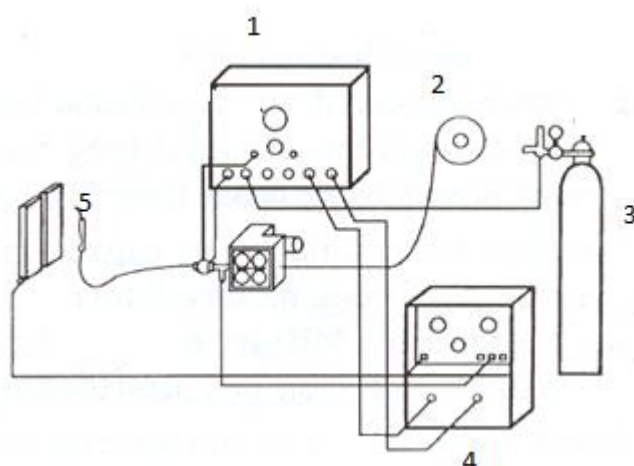
- struja zavarivanja (definirana brzinom i promjerom žice, utječe na količinu rastaljenog materijala u jedinici vremena)
- napon luka utječe na način prijenosa metala, te protaljivanje, širinu i izgled zavara
- veličinu induktiviteta ( toplina luka )
- brzina zavarivanja ( količina unesene topline, produktivnost )
- količina zaštitnog plina
- dužina slobodnog kraja žice



### 3.7. Oprema kod MAG zavarivanja

Oprema za MIG/MAG zavarivanje u principu se sastoji od izvora struje, sustava za dodavanje žice, sustava za upravljanje protokom zaštitnog plina, upravljačkog sustava, gorionika (pištolj za zavarivanje), sustava za hlađenje gorionika tekućinom.

Po svojoj složenosti mogu biti vrlo jednostavni pa sve do programabilnih uređaja s ugrađenim računalom i velikom bazom podataka parametara zavarivanja. Odabir uređaja zavisi o primjeni, zahtjevima korisnika te naročito o financijskim mogućnostima korisnika.[7]



Slika 3.6. Oprema kod MAG zavarivanja[14]

1. Upravljački sustav
2. Sustav za dodavanje žice
3. Boca sa zaštitnim plinom
4. Izvor struje
5. Gorionik – pištolj za zavarivanje

### 3.8. Izvori struje zavarivanja

Izvori struje za MIG/MAG zavarivanje su u principu izvori istosmjerne struje s ravnom karakteristikom, kod kojih se napon može regulirati od 12 do 45 V.

Prema načinu podešavanja napona dijele se na:

- Izvore struje s mehaničkim podešavanjem ( podešavanje sklopkama, stupnjevito podešavanje ), koji su jednostavni, vrlo pouzdani i prihvatljivi po cijeni. Izrađuju se u veličinama 100 – 500 A i primjenjuju se uglavnom za klasično MIG/MAG zavarivanje.

- Izvore s elektroničkim podešavanjem ( tiristorski, invertorski ). Kod njih se podešavanje napona vrši kontinuirano u cijelom području regulacije i uglavnom se izrađuju u veličinama 300 – 600 A. Primjenjuju se za sve vrste MIG/MAG zavarivanja, a obavezno kod uređaja za impulsno MIG zavarivanje. [7]

Izvori istosmjerne i izmjenične struje kod zavarivanje su:

- Transformatori
- Ispravljači
- Rotacijski pretvarači
- Agregati
- Inverteri

Transformatori su najrašireniji, najviše upotrebljavani izvori struje za zavarivanje koji izmjeničnu električnu struju transformiraju u također izmjeničnu struju sa karakteristikama pogodnim za zavarivanje. Rad transformatora zasniva se na principu elektromagnetske indukcije.

Ispravljači su takvi izvori struje za zavarivanje koji daju istosmjernu struju za zavarivanje sa karakteristikama pogodnim za zavarivanje. Uobičajeno se napajaju trofaznom izmjeničnom strujom. Nakon transformacije struje pomoću transformatora za zavarivanje, slijedi ispravljanje struje.

Rotacijski pretvarači su takvi izvori struje za zavarivanje koji struju iz električne mreže posredstvom elektromotora i generatora pretvaraju u struju vrlo dobrih karakteristika pogodnih za zavarivanje. Namijenjeni su za rad u terenskim uvjetima i na mjestima sa nestabilnom električnim mrežom. Iako je to vrlo rijetko u praksi, iza generatora može slijediti ispravljački dio, pa se na mjestu zavarivanja može imati pored izmjenične i istosmjerna struja.

Agregati za zavarivanje neovisni su o električnoj mreži, tj. pogodni su za montažu. Pogone se od strane diesel ili benzinskog motora, a on pokreće generator koji daje struju karakteristika pogodnih za zavarivanje.

Inverteri daju istosmjernu ili visokofrekventnu pulsirajuću struju. Pored toga što daju stabilnu karakteristiku električne struje za zavarivanje, prednost im je izuzetno mala težina u odnosu na ostale izvore struje za zavarivanje. Sastoje se od ispravljača koji daje istosmjernu struju napona gradske mreže, zatim tiristorskog dijela koji sjecka istosmjernu struju i daje impulse frekvencije čak do 50 kHz. Ovi visokofrekventni impulsi napona gradske mreže se zatim transformiraju na napon potreban u zavarivanju. U sljedećem je koraku moguće te impulse stopiti da daju istosmjernu struju.[2]

### 3.9. Zaštitni plinovi

Osnovna zadaća zaštitnih plinova kod MIG/MAG zavarivanja je stvoriti zaštitnu atmosferu u kojoj će se moći sigurno uspostaviti i stabilno održavati luk, zaštićen od štetnog utjecaja plinova iz atmosfere.

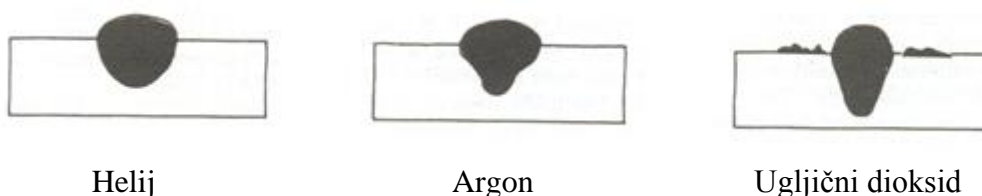
Kao zaštitni plinovi koriste se argon (Ar), helij (He), ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), a u nekim slučajevima se dodaju i vodik (H), dušik (N) i kisik (O).[7]

Plinovi i mješavine	Primjena
Ar	Svi metali
He	Svi metali
Ar + He (35-75 %)	Svi metali, posebno Al, Cu i Ni
Ar + O <sub>2</sub> (0,5 %)	Al i Al-legure
Ar + O <sub>2</sub> (1-2 %)	Visokolegirani CrNi čelici
Ar + O <sub>2</sub> (3-5 %)	Nelegirani i niskolegirani čelici
Ar + H <sub>2</sub> (5-10 %)	Visokolegirani CrNi čelici
	Za zavarivanje automatom
Ar + N <sub>2</sub> (25-30 %)	Bakar i legure bakra
Ar + CO <sub>2</sub> (20-50 %)	Nelegirani i niskolegirani čelici
Ar + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (79 + 15 + 6 %)	Nelegirani i niskolegirani čelici
Ar + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (78 + 20 + 2 %)	Nelegirani i niskolegirani čelici
CO <sub>2</sub>	Nelegirani i niskolegirani čelici
N <sub>2</sub>	Bakar i njegove legure

Tablica 3.2. Plinovi za MIG/MAG zavarivanje[11]

Argon, helij i ugljični dioksid se mogu koristiti bez miješanja, ostali plinovi se dodaju u određenim omjerima radi povoljnijeg odvijanja kemijsko fizičkih procesa.

Najčešća mješavina koja se koristi kod zavarivanja konstrukcijskih čelika ima sastav 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>, a komercijalno je poznat kao i Krysal ili Corgon. [7]



Slika 3.7. Utjecaj plina na geometriju zavara

### 3.10. Dodatni materijal za zavarivanje

Dodatni materijali se u procesu zavarivanja rastaljuju, te zajedno s talinom osnovnog materijala čine zavareni spoj. Svojim kemijskim sastavom utječu na zavarivačke i metalurške procese, te osiguravaju odgovarajuću kvalitetu zavarenog spoja. Kod MIG/MAG zavarivanja dodatni materijali su u obliku žica namotanih na kolutove standardiziranih oblika i dimenzija.[7]

Oznaka koluta	Vanjski promjer (mm)	Širina koluta (mm)	Promjer rupe (mm)	Težina žice (kg)
D100	100	45	16,5	1
D200	200	55	50,5	5
D300	300	103	51,5	15

Tablica 3.3. Standardni oblici i dimenzije koluta [7]

Žice za MIG/MAG zavarivanje se izrađuju kao pune ili praškom punjene, standardiziranih promjera.

Pune žice	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4		
Punjene žice		0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2

Tablica 3.4. Promjeri standardnih žica [7]

Da bi MAG zavarivanje bilo uopće moguće, žica mora biti posebnog kemijskog sastava. Tipično joj se dodaju 0,7 – 1,0 % silicija i 1,3 – 1,6 % mangana, koji sudjeluju kao dezoksidanti u kemijskoj reakciji s ugljičnim dioksidom koji se događa u električnom luku.

Žice su kao i većina ostalih stvari u zavarivanju standardizirane međunarodnim i nacionalnim standardima, prema tim standardima su žice obično i prikazane u katalozima proizvođača dodatnih materijala. [7]

## 4. Kontrola i ispitivanje zavarenog spoja

Kontrola i ispitivanje zavarenog spoja spadaju u nedjeljive poslove u svim fazama nastajanja i eksploatacije zavarenog spoja. Osnovna zadaća im je da stvore uvijete za nesmetano izvođenje zavarenog spoja, a ne otkrivanje niti otklanjanje pogrešaka nastalih u zavarenom spoju.[5]

Postoje tri karakteristične faze u kojima se kontrola kvalitete zavarenih spojeva izvodi:

- prije početka zavarivanja
- tijekom izvođenja zavarivanja
- nakon završenog zavarivanja

Kontrola kvalitete nakon zavarivanja može se podijeliti na kontrolu kvalitete metodama bez razaranja i kontrolu kvalitete metodama sa razaranjem

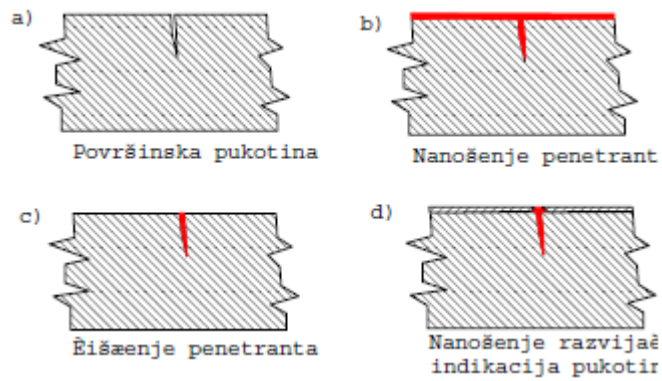
Metode kontrole kvalitete bez razaranja su:

- vizualna kontrola
- dimenzionalna kontrola
- penetrantska metoda
- magnetska kontrola
- ultrazvučna kontrola
- radiografska kontrola
- akustička emisija
- ostale metode

### 4.1. Penetrantska metoda

Osnova korištenja je u svojstvu tekućina koje su pretežno osnovane na lakim uljima i nazivaju se penetrantima. Njihov zadatak je da prodiru u šupljine i ispune ih. Nakon toga se izvlače iz šupljine na pogodan način i ako ga uspijemo učiniti vidljivim, stvaraju se uvjeti za penetrantsku metodu kontrole. Ova kontrola se često koristi kod kontrole zavarenih spojeva na konstrukcijama. [10]

Penetrante s obzirom na nanošenje i uklanjanje s površine možemo podijeliti na vodoisparive (mogu se ukloniti spužvom koja je natopljena vodom ili tuširanjem) i penetrante s naknadnim emulgiranjem. Za njihovo uklanjanje koriste se posebne tekućine, bolji su ali se rjeđe koriste.



Slika 4.1. Shematski prikaz procedure provođenja kontrole tekućim penetrantima [10]

Na prethodno očišćenu i odmašćenu površinu (slika 4.1.a) nanosi se penetrant (obično crvene boje). Nakon penetriranja u eventualnu pukotinu (vrijeme penetriranja, tj. prodiranje u pukotine ovisi o vrsti penetranta i o dimenzijama pukotine, ali se približno uzima 10 – 15 minuta), odstranjuje se penetrant na odgovarajući način. Kod penetriranja koji se odstranjuje vodom treba biti pažljiv i mlaz vode usmjeriti paralelno sa površinom lima, kako mlaz vode ne bi istisnuo penetrant iz pukotine. Nakon sušenja površine lima nanosi se razvijaa (obično je bijele boje), koji izvlači penetrant iz pukotine, pa je na bijeloj površini lima lako uočljiva crvena linija od penetranta iz pukotine (slika 4.1.d). Kod tanjih limova na jednu se stranu nanosi penetrant, a na drugu razvijaa. Ukoliko postoji pukotina kroz cijelu debljinu lima, tada će razvijaa izvući penetrant na svoju stranu, što će se detektirati kao lako uočljiva crvena linija od penetranta iz pukotine na bijeloj površini lima.[2,10]

Na sljedećoj je slici prikazano nekoliko indikacija karakterističnih za kontrolu penetrantima:



Koncentracija crvenih točaka – poroznost i pitting.



Naglo crvenjenje, kontinuirano ravno – velike pukotine i otvaranja



Slomljene linije od točkica koje se pojavljuju nakon nekoliko minuta – sitne pukotine



Niz crvenih točkica formiran u nepravilnu liniju – pukotine od umaranja

*Slika 4.2. Shematski primjeri indikacije kod kontrole penetrantima [10]*

Osnovna prednost ove kontrole je u njenoj jednostavnoj primjeni, a ostale prednosti su joj:

- dobra vidljivost šupljina na površini
- nema potrebe za velikom stručnošću
- ne traži veću pripremu pa je cijena relativno niska
- može se primjenjivati na svim metalima

Nedostaci su joj:

- kvaliteta ovisi o stanju površine
- mogućnost upotrebe samo na odgovarajućim temperaturama
- nemogućnost primjene na površinama koje su prethodno bile oličene
- mora imati zaštitu od atmosfere
- ne primjenjuje se za proizvode u prehrambenoj industriji
- ne primjenjuje se kod spojeva sklonim koroziji

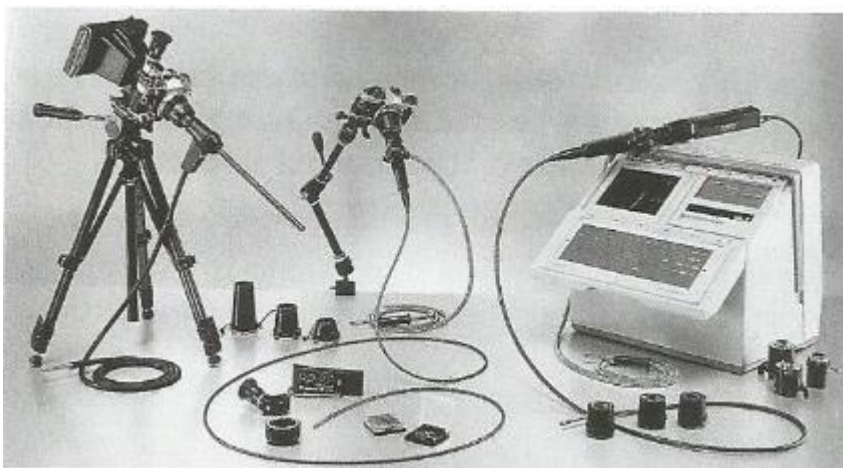
## **4.2. Vizualna metoda**

Nesporna je činjenica da je vizualna kontrola najbitniji i najvažniji čimbenik u nastajanju zavarenog spoja, razumije se, osim samog čina zavarivanja. To je jedina od svih metoda bez razaranja koja može uočiti, predvidjeti mjesto i uzrok nastajanja greške te pridonijeti donošenju odluke u svim fazama nastajanja zavarenog spoja. Pomna vizualna kontrola je obvezna prije provedbe ostalih metoda nerazornog ispitivanja [5].

Osnovni instrument vizualne kontrole je ljudsko oko. Potrebno je naglasiti da je iskustvo prevladavajuće u otkrivanju mogućih problema, ali i detekciji i otkrivanju nepravilnosti. Pri vizualnoj kontroli nositelj signala je svjetlost i moguća je provedba s pomagalom ili bez pomagala. Osnovne tehnike dijele se na direktnu i posrednu, a za razliku od ostalih metoda

nerazornog ispitivanja potrebna oprema je značajno jeftinija i jednostavnija. Pomagala možemo podijeliti na pomagala za površine i pomagala za mjere.[5]

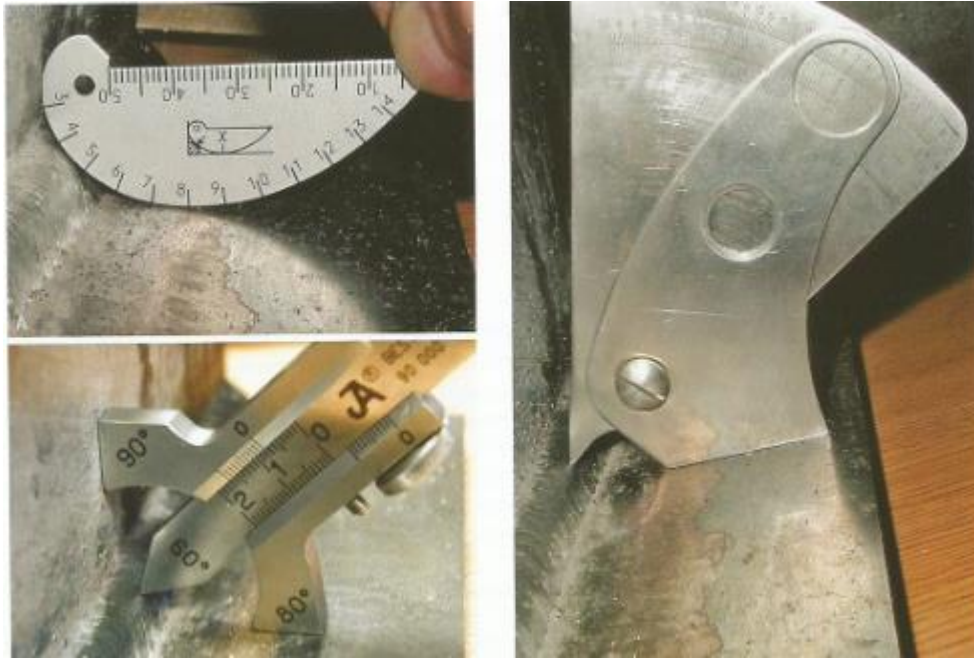
Pomagala za površine povećavaju sposobnost oka ili omogućavaju pregled oku nepristupačnih površina. To su prvenstveno povećala. Danas se izrađuju i s vlastitim izvorom svjetla i odgovarajućim mjerilom koje omogućava i istodobno određivanje veličine nalaza. Danas se za pregled oku nepristupačnih površina upotrebljavaju tzv. "endoskopi" (kruti i savitljivi), ili zatvoreni sustav televizije (tzv. "videoskopi"). Jedan od takvih sustava, u tri osnovne izvedbe prikazan je na slici 4.3.[5]



*Slika 4.3 Moderni uređaji za pregled nepristupačnih površina – boroskop, fibroskop i videoskop [5]*

Među pomagalima za mjere treba prvenstveno nabrojiti sva ona koja se općenito koriste, kao: mjerne trake, pomična mjerila, dubinomjeri... No kao pomagala za mjere često se koriste i posebno izrađene šablone, prilagođene detaljima zavarene konstrukcije. Postoji više vrsta mjerila za određivanje geometrijskih značajki žlijeba i zavora. Većinom se radi o mehaničkim mjerilima različitih izvedbi koja su izrađena tako da omogućavaju mjerenje svih dimenzija zavora i pripremljenog ruba.[5]





*Slika 4.4 Različita pomagala za mjere – jednostavno mjerilo, mjerilo s nonijem, mjerilo s tri skale [5]*

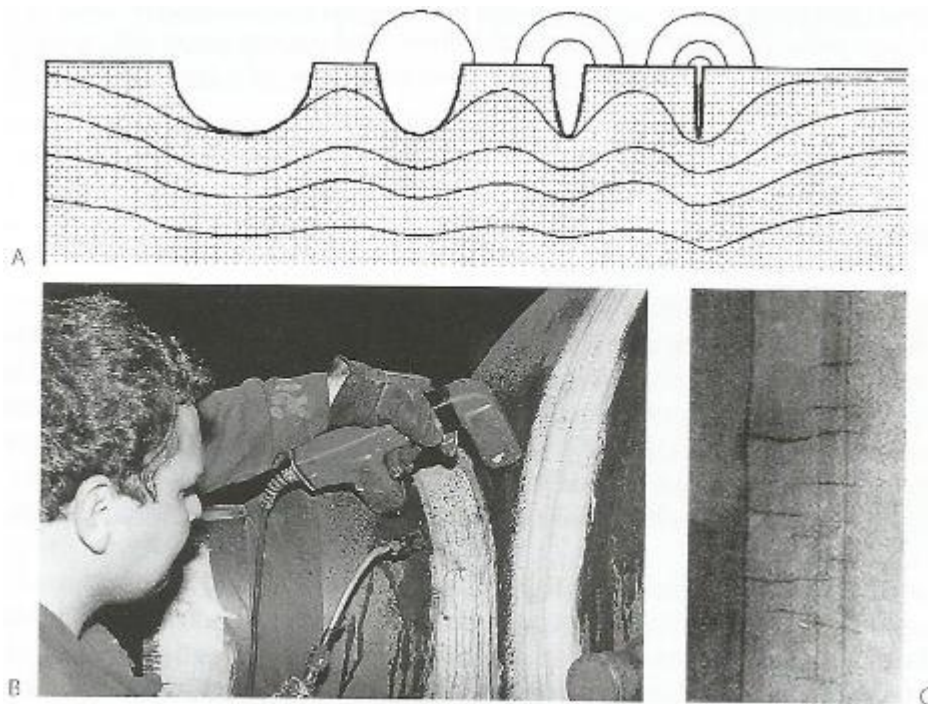
### **4.3. Magnetska metoda**

Kontrola magnetskom metodom najraširenija je u praktičnoj uporabi, prvenstveno zahvaljujući jednostavnosti postupaka i relativno niskoj cijeni uređaja. Metodu u grubo možemo podijeliti u dvije osnovne skupine: kontrolu feromagnetskih i kontrolu neferomagnetskih metala i nemetala.[5]

Osnovne prednosti magnetske metode su u jednostavnosti postupka i relativno jeftinim uređajima (onima za pojedinačnu kontrolu).[5]

Osnovni nedostaci te metode su prvenstveno u činjenici da je ona u suštini polukvantitativna, tj. da se njome mogu otkriti pogreške, ali ne i odrediti sve njihove dimenzije. Također, nedostatkom možemo smatrati i relativno jače opadanje učinkovitosti te metode s porastom dubine potpovršinske pogreške u materijalu.[5]

Postoji li u nekom predmetu diskontinuitet, a kroz njega prolazi magnetski tok, to će, u ovisnosti o veličini u položaju tako izazvane prepreke, doći do skretanja i koncentracije magnetskih silnica u presjeku ispod diskontinuiteta. Različita koncentracija magnetskih silnica (slika 4.5. A) stvorit će se na površini pregledavanog predmeta promjene magnetskog polja. Učinimo li tu pojavu vidljivom, stvorili smo uvjet za magnetsku kontrolu.[5]



*Slika 4.5 magnetska metoda ispitivanja[5]*

*A-stvaranje nejednakog rasipnog magnetskog polja iznad diskontinuiteta*

*B-kontrola zavarenog spoja magnetskim česticama; C-nalaz pukotine*

Osnovne upotrebe magnetske metode predstavljaju tehnike rada korištenjem magnetskih čestica u "mokroj" i "suhoj" tehnici. Obje tehnike u načelu koriste isti medij – feromagnetske čestice željeznog oksida, veličine zrna reda 1  $\mu\text{m}$ . svojstvo je čestica da se jače talože na mjestima s izraženom promjenom magnetskog polja koje se na magnetiziranom predmetu stvara na mjestu iznad pogreške i koje prati njezinu konturu (slika 4.5 B).[5]

Radi bolje vidljivosti nalaza koriste se magnetske čestice obojene kontrastnom bojom prema boji kontrolirane površine ili se ona prije kontrole premaže tankim slojem kontrastne boje. Za najveću osjetljivost koristit će se fluorescentne magnetske čestice, a nalaz će se očitati pod ultraljubičastim svjetlom.[5]

## 5. Praktični dio

U praktičnom dijelu završnog rada opisana je tehnologija izrade rasvjetnog stupa. Sam postupak izradi vrši se kroz nekoliko operacija koje su opisane u nastavku.

### 5.1. Uvod

Omega d.o.o. Breznica je privatno poduzeće osnovano 1990. godine kao proizvodno – trgovačko poduzeće koje je u to vrijeme zapošljavalo 8 djelatnika. Tijekom narednih godina, slijedeći trendove i zahtjeve tržišta, tvrtka kontinuirano ulaže u zaposlenike, povećava proizvodne kapacitete gradnjom novih pogona (trenutačno se gradi nova proizvodna hala u Varaždinskim Toplicama) i kupuje moderne strojeve za obradu metala, stvarajući tako puni proizvodni proces.



*Slika 5.1. Logo poduzeća*

Danas se proizvodnja odvija u tri proizvodne hale sveukupne površine 13.000 m<sup>2</sup>, uključujući halu površine 1.300 m<sup>2</sup> gdje je instalirana nova linija za vruće pocinčavanje.



a)



b)



c)

*Slika 5.2. Proizvodni pogon: a) Vinično; b) Breznica; c) V. Toplice*

Proizvodni program čine vlastiti proizvodi te proizvodi izrađeni po narudžbi standardnih i vanstandardnih dimenzija. Asortiman proizvoda obuhvaća metalne proizvode te aktivnosti vezane uz obradu metala uključujući: projektiranje, inženjering, proizvodnju i održavanje.

Proizvodi:

1. Gromobranska traka i pribor
2. Rasvjetni stupovi
3. Reflektorski stupovi
4. Reklamni stupovi i tornjevi
5. Metalne konstrukcije i objekti: kompletna rješenja, čelične konstrukcije, krovništa/natkrivanje, stubišta i ograde
6. Oprema za ceste i autoceste: nosači horizontalne signalizacije, nosači vertikalne signalizacije, ograde i zaštitne mreže, barijere za zaštitu od buke, objekti za održavanje
7. Rešetkasta gazišta
8. Oprema za građevinarstvo: skele i pribor, podupirači, stropne oplata i pribor, zidne oplata i pribor, građevinska armatura, oplata za okrugle stupove
9. Ventili, prirubnice i zasuni
10. Pocinčani limovi
11. Oprema za telekomunikaciju



Slika 5.3. Proizvodi pouzeća Omega d.o.o. Breznica

Poduzeće je fokusirano na velikoserijsku proizvodnju za inozemno tržište. Gledano u omjeru, 70 % ukupne proizvodnje odlazi u zemlje Europske unije. Mnoge inozemne tvrtke odabrale su poduzeće kao ekskluzivnog dobavljača metalnih komponenti.

Proizvodni kapacitet tvrtke sastoji se od modernih strojeva za obradu metala koji zadovoljavaju i najkompleksnije zahtjeve tržišta, uključujući automatske strojne linije, strojeve posebne namjene, obradne centre, vlastitu cinčaonu.



*Slika 5.4. Proizvodni kapacitet*

## 5.2. Aparat za zavarivanje i ugrađeni materijal

Rasvjetni stupovi zavaruju se Lincoln Electric Power Wave S350 aparatom za zavarivanje.



*Slika 5.5. Aparat za zavarivanje*

Rasvjetni stup sastoji se od nekoliko pozicija, a osnovni materijal od kojeg se izrađuju pozicije je S355J2 + N. Koristi se još i S235J2 + N iz kojeg se izrađuju temeljne ploče. S355J2 i S235J2 spadaju u opće konstrukcijske čelike za nosive konstrukcije.

S355J2 su čelici najviše čvrstoće zajamčenog udarnog rada. Iako se kod njih ta visoka čvrstoća postiže dodatkom mangana i silicija, oni se ne smatraju legiranim. Ovi čelici imaju viši omjer  $R_e/R_m$ , što povisuje njihovu ureznu osjetljivost – ako dođe do koncentracije naprezanja, manja je mogućnost da se ona razgradi putem plastične deformacije. Inače lomna žilavost (otpornost naglom širenju pukotina) kod ove je skupine čelika vrlo dobra. S235J2 čelici su posebno smireni i normalizirani. Zajamčena vrijednost udarnog rada loma od 27 J pri  $-20\text{ °C}$  pa

su čelici otporni na krhki lom. Koriste se kod statički i dinamički opterećenim odgovornim zavarenim konstrukcijama i pri nižim temperaturama.[12]

## UGRAĐENI MATERIJAL

BROJ PROJEKTA: TD. 05/15/GP  
ZOP: GP - 1813/09

STUP: ORS V1-8m- UMETAK Ø76 (KORS-2B-8A)

RN: 237/331

50 komada

NAZIV DIJELA	MATERIJAL	BROJ ATESTA
SEGMENT 1	LIM 5mm S355J2+N EN 10025-2:2004	48550
SEGMENT 2	LIM 5mm S355J2+N 10025-2:2004	48550
TEMELJNA PLOČA	LIM 20mm S235J2+N 10025-2:2004	16016069692
KUTNO OJAČANJE	LIM 6mm S355J2+N 10025-2:2004	1001485538
CIJEV ADAPTERA	CIJEV Ø76,1x3,2 S355J2H+N EN 10219	41154/1/2015
PRIRUBNICA ADAPTERA	LIM 3mm S355J2+N EN 10025-2:2004	0025163626/000029
ŽICA ZA ZAVARIVANJE	EZ-SG2 1,0 S-S PLAST	000665

*Slika 5.6. Ugrađeni materijal*

Kao dodatni materijal koristi se žica za zavarivanje EZ – SG2 1,0 S –S PLAST kvalitete EN ISO 14341-A-G3Si1. EZ – SG2 1,0 S –S PLAST je pobakrena ili pobrončana žica za zavarivanje u zaštitnoj atmosferi ugljičnog dioksida ili mješavini plinova argon/ugljični dioksid. Primjenjuje se za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih čelika čvrstoće do 590 N/mm<sup>2</sup>.

### 5.3. Tehnologija zavarivanja

Ova tehnologija odnosi se na zavarivačke radove pri izradi rasvjetnog stupa ORS V1-8 m.

Primjenjivat će se sljedeći postupci zavarivanja:

Postupak	Napomena
MAG	Svi dijelovi čelične konstrukcije zavaruju se MAG postupkom
REL	Prilagodbe tijekom montaže na terenu, ako je potrebno

Tablica 5.1. Primijenjeni postupci zavarivanja

Postupci koji se primjenjuju moraju prethodno biti atestirani na osnovnom materijalu, i sa dodatnim materijalom koji pokrivaju područja materijala koji će se zavarivati, i za to mora postojati certifikat o odobrenju postupka zavarivanja (PQR/WPQR).

Za zavarivanje su odabrani sljedeći dodatni materijali:

Postupak	Dodatni materijal	Kvaliteta
MAG	Žica $\Phi$ 1,0	EN ISO 14341-A-G3Si1
REL	Prilagodbe tijekom montaže na terenu, ako je potrebno	

Tablica 5.2. Primijenjeni dodatni materijal

Dodatni materijal skladišti se u suhoj prostoriji i u neoštećenoj tvorničkoj ambalaži.

Elektrode, obloge bazičnog tipa, prije upotrebe suše se u centralnoj peći na temperaturi 250–300 °C, 2-2,5 sata. Elektrode koje se koriste moraju biti neoštećene, bez tragova korozije, masti, ulja, laka, zemlje i drugih nečistoća, koje mogu štetno djelovati na kvalitetu zavarenog spoja. Upotrebljavati se može samo dodatni materijal koji mora imati valjani certifikat prema EN 10204.

Svi krajevi i površine cijevi, limova i elemenata konstrukcije koji će se zavarivati moraju biti pripremljeni u skladu s tehnološkom dokumentacijom i WPS listama. Pripremaju se brušenjem, rezanjem oksidacijskim plamenom ili plazmom uz obavezno brušenje žlijeba nakon toplinskog rezanja. Priprema prije zavarivanja mora biti očišćena od boja, ulja, masti, zemlje, oksida i ostalih tvari koje mogu štetno djelovati na kvalitetu zavarenog spoja.

Svi krajevi i površine koje će se zavarivati moraju biti očišćeni do metalnog sjaja u širini minimalno 20 mm od ruba pripreme za zavarivanje.



Prije poravnavanja/centriranja, sva mjesta koja će se zavarivati pregledavaju se radi eventualnih udubljenja, brazda, žljebova, spljoštenosti i iskrivljenosti. Sva takva oštećenja moraju se popraviti ili oštećeni dio odbaciti.

Cijevi, profili i limovi koji će se zavarivati moraju se poravnati/centrirati, tj. dovesti u međusobni položaj tako da nema pomaka, a eventualna odstupanja treba ravnomjerno rasporediti.

Pripajanje se vrši isključivo u žlijebu za zavarivanje i pri tome vrijede ista pravila kao i za zavarivanje (predgrijavanje, odgovarajući dodatni materijal i sl.). Dobro izvedene pripoje prije zavarivanja potrebno je zabrusiti radi lakšeg uvarivanja, a sve loše izvedene pripoje odstraniti brušenjem. Pripajanje rade atestirani zavarivači ili prethodno osposobljeni bravari sa dodatnim materijalom propisanim u ovoj tehnologiji. Svaki spoj vizualno se kontrolira i ako se utvrde pukotine ili bilo koje druge nezadovoljne greške, pripoji se moraju odstraniti brušenjem prije zavarivanja. Prije zavarivanja žlijeb mora biti suh i čist.

Vrsta i obim nerazornih ispitivanja provode se u skladu sa važećim propisima RH, usvojenim normama te zahtjevima u tehničkoj dokumentaciji. Ispitivanja i interpretaciju rezultata vrši za to ovlašteno i osposobljeno osoblje. Kriterij prihvatljivosti grešaka u zavarenom spoju je klasa C prema HRN EN ISO 5817.

Vizualno se kontrolira svaki zavareni spoj, a kontrolu provodi tehnolog zavarivanja i to:

- Prije početka zavarivanja: priprema spoja za zavarivanje (oblik pripreme, čistoća, poravnavanje), temperatura predgrijavanja ako je propisana
- U toku zavarivanja: vrsta i rukovanje sa dodatnim materijalom, parametri zavarivanja, tehnika rada zavarivača i pridržavanje redoslijeda zavarivanja
- Nakon zavarivanja: geometrija zavara, dimenzija krutih zavara, površinske greške

Radiografskom metodom, ultrazvukom ili penetrantima potrebno je ispitati minimalno 5 % sučeono zavarenih spojeva ( u ovom slučaju svi sučeono zavareni spojevi ispituju se penetrantima i to u obimu od 20 %).

Popravci zavarenih spojeva vršit će se pod stručnim nadzorom tehnologa zavarivanja. Greške u zavarenom spoju potrebno je postupno odstraniti brušenjem, te zavariti. Popravljeni mjesto potrebno je ispitati istom metodom kojom je prethodno izvršeno ispitivanje zavara. Oštećenja nastala od paljenja električnog luka na osnovnom materijalu popravljaju se brušenjem, ali tako da se debljina osnovnog materijala ne smanji više od 5 %. Nakon brušenja svako takvo mjesto potrebno je ispitati penetrantima.

Zavarivanje mogu izvoditi samo atestirani zavarivači. Atestiranje zavarivača mora biti provedeno na materijalu koji pripada grupi materijala na kojima će se vršiti zavarivanje na

objektu i sa dodatnim materijalom propisanim u ovoj tehnologiji. Svaki zavarivač mora imati svoju oznaku i označavati zavare koje je zavario, kako bi se kontinuirano moglo pratiti kvaliteta njegovog rada i voditi dokumentacija o zavarivanju.

## 5.4. Tehnološki postupak izrade

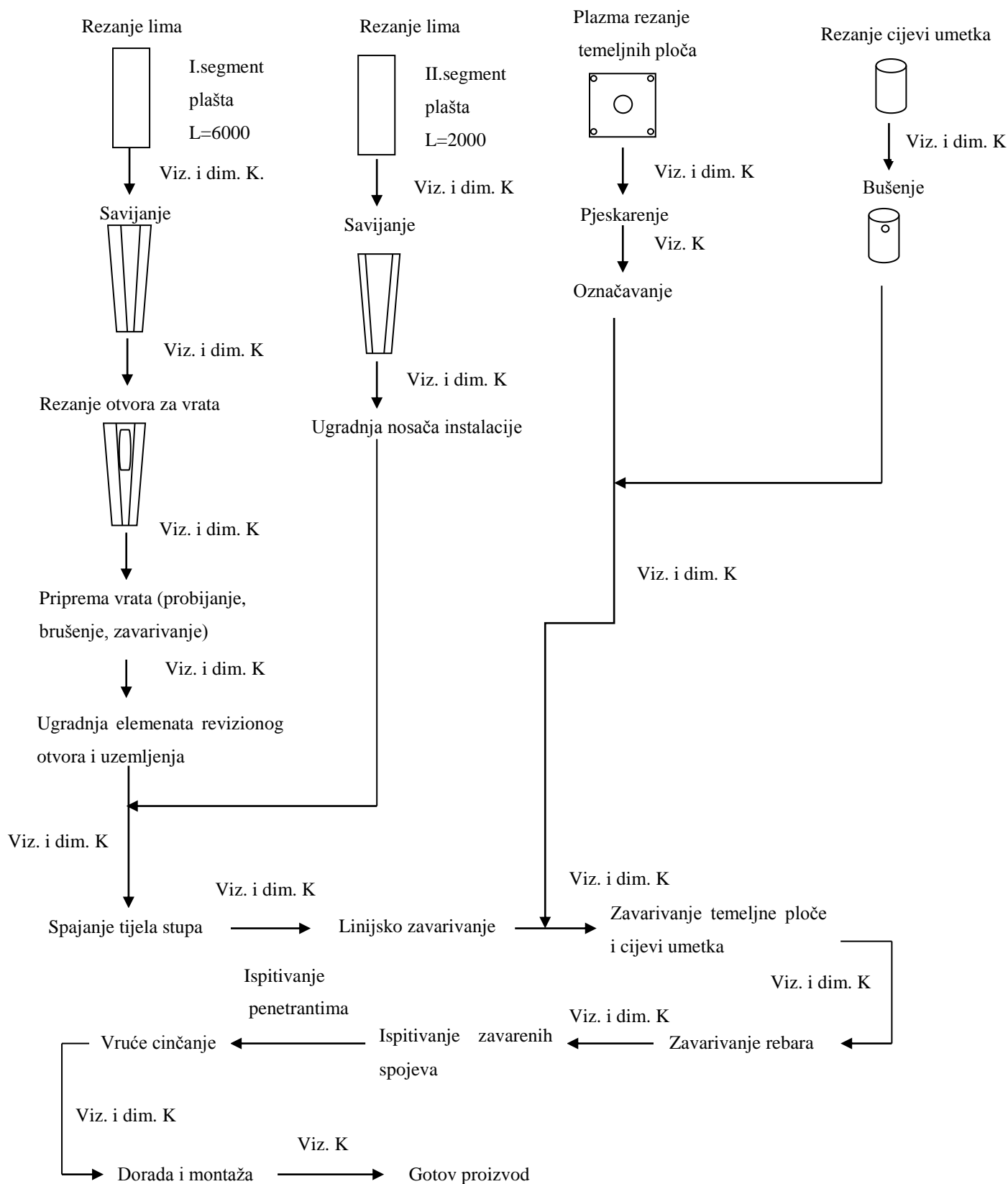
Tehnološki postupak izrade odvija se kroz jedanaest operacija koje su prikazane u tablici 5.3. U prilogu 1 nalazi se radionički crtež rasvjetnog stupa.

Navedeni su korišteni strojevi te opis svake operacije te vrsta kontrole.

Br.	Vrsta stroja/operacije	Opis operacije	Referentni dokument	Vrsta kontrole	Kontrolu izvršava
1	Škare, DURMA 6 m	Rezanje svih limova tanjih od 6 mm	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
2	CNC plazma rezač	Rezanje temeljnih ploča	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
3	Ekscentar preša	Probijanje rupa i šliceva na posebno izrađen alat	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
4	CNC obradni centar	Tokarenje, narezivanje navoja	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
5	Tračna pila	Rezanje cijevi	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
6	CNC apkant preša	Savijanje	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
7	Brusilica	Skidanje srha, brušenje priprema za zavarivanje, skidanje okujine na mjestu zavarivanja	Nacrt, WPS	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
8	Bušilica	Bušenje rupa	Nacrt	Dimenzionalna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa
9	MAG aparat za ručno i automatizirano zavarivanje	Spajanje, ručno zavarivanje	Nacrt, WPS	Dimenzionalna, vizualna	Kontrolor, EWE
10	AKZ	Vruće pocinčavanje	Norma	Dimenzionalna, vizualna	Izvještaj izvođača
11	Servisiranje	Pročišćavanje rupa i navoja nakon pocinčavanja, skidanje nakupina cinka, probna montaža	Nacrt	Dimenzionalna, vizualna	Djelatnik-izvršioc, poslovođa

Tablica 5.3. Tehnološki postupak izrade

Prikazan je slijed proizvodni i kontrolnih aktivnosti kod izrade rasvjetnog stupa.



Prva operacija je plazma rezanje temeljnih ploča iz lima S355J2 debljine 20 mm. Rezanje se vrši na Messer CNC plazma rezaču. Temeljne ploče se dalje pjeskare (vanjska usluga) te označavaju brojem radnog naloga.



*Slika 5.7. CNC plazma rezanje temeljnih ploča*



*Slika 5.8. Oznaka radnog naloga na temeljnoj ploči*

Idući postupak izrade je rezanje lima S355J2+N za prvi segment dimenzija 6000x5 mm te nakon toga za drugi segment iz istog materijala dimenzija 2000x5 mm. Rezanje se vrši na škarama za rezanje lima DURMA. Nakon toga slijedi savijanje svih segmenata na CNC preši.

Kada su svi segmenti savinutu, na prvom segmentu (6000x5 mm) izrezuje se otvor za vrata i otvor za vanjsko uzemljenje. Na poklopcu vrata (izrezani dio) probija se rupa  $\Phi 26$  na ekscentar preši. U taj otvor ugrađuje se zavarivanjem puškica, a na donji dio vrata zavaruje se zatvarač.



*Slika 5.9. Poklopac vrata*

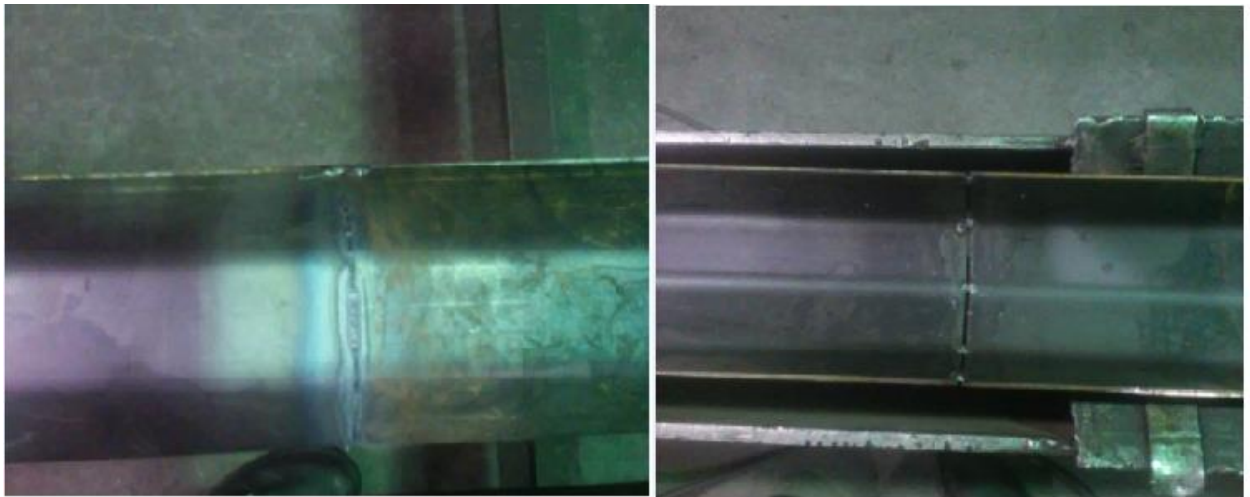
Iduća pozicija je spajanje tijela stupa. Prvo se ugrađuju elementi revizionog otvora i uzemljenja na prvom segmentu plašta prednje strane stupa. Nakon toga na prvom segmentu plašta zadnje strane stupa ugrađuje se nosač instalacije električne razvodne kutija koja dolazi unutar stupa.



*Slika 5.10. Ugradnja elemenata revizionog otvora*

Kada su ugrađeni svi elementi revizionog otvora i uzemljenja te nosači slijedi spajanje prvog i drugog segmenta plašta prednje i stražnje strane sučeonim spojem.





*Slika 5.11. Spajanje sučeonim spojem*

Idući korak je pripajanje i zavarivanje tijela stupa, tj. prednje i stražnje strane. Prilikom pripajanja treba obratiti pažnju da su jedna i druga strana stupa centrirane te da su u takvom međusobnom položaju da nema smaknuća. Sve dobro izvedene pripoje potrebno je zabrasiti, a sve loše zavedene odstraniti brušenjem te ponovno spojiti. Nakon što su svi pripoji dobro izvedeni i pripremljeni slijedi linijsko zavarivanje.



*Slika 5.12. Pripajanje tijela stupa*



*Slika 5.13. Linijsko zavarivanje*

Kada je završeno linijsko zavarivanje iduća operacija je ugradnja i zavarivanje temeljne ploče, cijevi umetka te rebara koja služe kao kutna ojačanja. Temeljna ploča i cijevni umetak se zavaruju pomoću pozicionera, tako da se cijeli stup rotira, a zavarivač fiksno drži gorionik (pištolj za zavarivanje) kako bi bio zadovoljen propisan položaj zavarivanja. Cijev umetka prethodno je izrezana na tračnoj pili i izbušen promjer  $\Phi 12$  na stupnoj bušilici.



*Slika 5.14. Ugradnja i zavarivanje temeljne ploče*

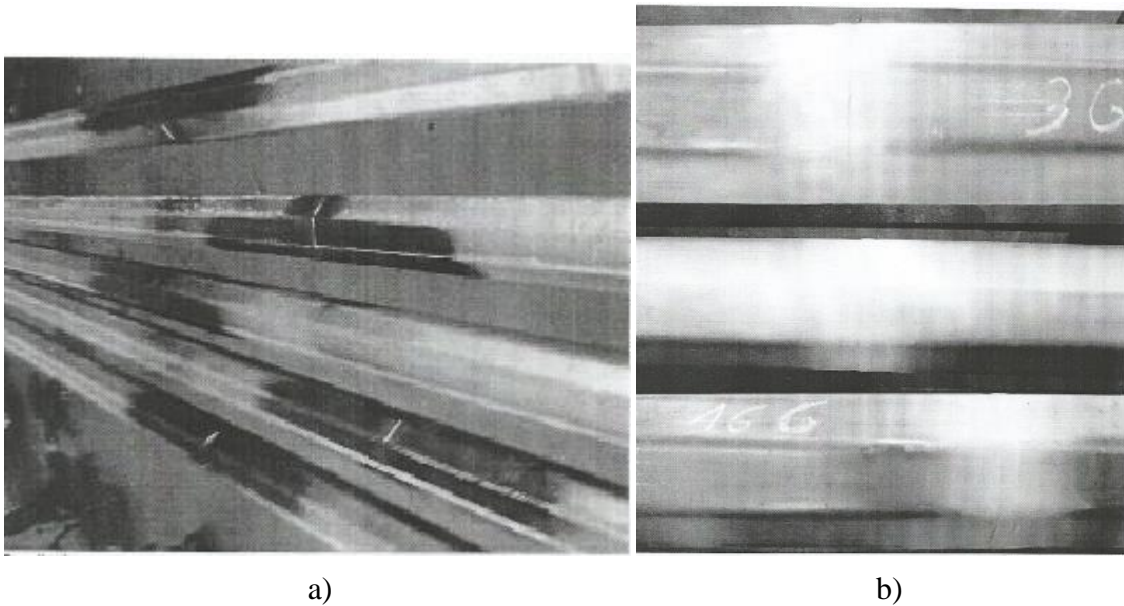


*Slika 5.15. Ugradnja i zavarivanje cijevi umetka*

Posljednji korak prije pocinčavanja jest završna dorada i kontrola. Vizualno se provjeravaju svi zavareni spojevi, oštri rubovi i bridovi odstranjuju se brušenjem, otklanjaju se mogući ostaci od dodatnog materijala, a penetrantima se ispituju svi sučeono zavareni spojevi i to u obimu od 20 %. Potreban pribor ispitivanje penetrantima je žičana četka ( ili neki drugi alat za pripremu površine), penetrant, odstranjivač i razvijač.

Zavarene spojeve koji se ispituje prvo treba pripremiti. U ovom slučaju priprema površine zavarenih spojeva vrši se žičanom četkom. Na tako pripremljenu površinu nanosi se penetrant crvene boje. Vrijeme penetriranja iznosi 20 minuta. Nakon penetriranja u eventualnu pukotinu, penetrant se odstranjuje vodom. Nakon sušenja površine lima nanosi se razvijač bijele boje koji izvlači penetrant iz pukotine. Ukoliko se na bijeloj površini lima uoče crvene linije ili točke

znači da je došlo do greške u zavarenom spoju. Kontrolor označuje ta mjesta koja se moraju popraviti. Zavareni spojevi kod kojih je došlo do greške postupno se odstranjuju brušenjem, te se ponovno zavaruju. Nakon popravka ta mjesta se još jednom ispituju istom metodom.



*Slika 5.16. Ispitivanje penetrantima: a) penetriranje; b) razvijanja*

Nakon što je izvršena kontrola te su ispitani zavareni spojevi, stup je spreman za pocinčavanje. Svi proizvodi do četiri metra duljine pocinčavaju se u vlastitoj cinčaoni, a sve veće proizvode koristi se vanjska usluga. Dokaz o kvaliteti vrućeg cinčanja nalazi se u prilogu.

## 6. Zaključak

Urbanizacijom čovjekove okoline saznajemo koliko je važan razvoj rasvjetne tehnologije. Želja čovjeka da živi u što ljepšem životnom okruženju primorala je stručnjake iz ovog područja da svakodnevno pronalaze nove tehnologije u pogledu rasvjete i rasvjetnih stupova. Jedna od tih tehnologija opisana je i u ovom radu.

U teoretskom djelu objašnjeni su pojmovi vezani uz zavarivanje kako bi se lakše razumjela tematika praktičnog dijela. Opisan je MAG postupak zavarivanja koji je danas jedan od najzastupljenijih postupaka zavarivanja u industriji, pa tako i kod izrade rasvjetnog stupa u ovoj tehnologiji.

Iako se plan izrade sastoji od nekoliko operacija, može se reći da je osnovna MAG zavarivanje. Upotrebom linije za zavarivanje uvelike se smanjilo vrijeme zavarivanja, a povećala se kvaliteta zavarenog spoja.

Postupci kontrole zavarenog spoja trebali bi biti ugrađeni u proces nastajanja zavarenog spoja te biti njegov sastavni i nezaobilazni dio. Oni moraju biti uvjet da će proizvod tijekom eksploatacije biti siguran za okolinu. U ovom slučaju stup je ispitan penetrantima.

U Varaždinu, 12.12.2016.

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Miroslav Plantić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Tehnologija izrade rasvjetnog stropa MAG postupkom zavrnivanja (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Plantić Miroslav

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Miroslav Plantić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Tehnologija izrade rasvjetnog stropa MAG postupkom zavrnivanja (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Plantić Miroslav

(vlastoručni potpis)

## 7. Literatura

- [1] Z. Lukačević : Zavarivanje, Slavonski Brod , 1998.
- [2] I. Samardžić: Nastavni materijali – Moodle
- [3] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zavarivanje>, dostupno 06.09.2016.
- [4] P. Konjatić: Analize tehnološkičnosti zavarenih konstrukcija, Diplomski rad, SFSB, Slavonski Brod.
- [5] I. Juraga, M. Ljubić, M. Živčić, I. Garašić: Pogreške u zavarenim spojevima, Zagreb 2015.
- [6] M. Horvat, V. Kondić, D. Brezovečki: Opravdanost primjene MAG forceArc postupka zavarivanja u izradi čeličnih konstrukcija, Tehnički glasnik, str. 288-294.
- [7] M. Rudan: Zavarivanje u zaštiti plina taljivom elektrodom MIG/MAG, Postupci zavarivanja i njihov utjecaj na kvalitetu i troškove u proizvodnji, Pula 2015., str. 1-12
- [8] <http://svetzavarivanja.rs/znanje-o-zavarivanju/co2-zavarivanje-mig-mag-zavarivanje>, dostupno 07.09.2016.
- [9] <http://www.omega.hr/>, dostupno 14.09.2016.
- [10] <http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/>, dostupno 05.09.2016.
- [11] I. Juraga, M. Živčić, M. Gracin: Reperaturno zavarivanje, Zagreb, 1994.
- [12] T. Filetin, F. Kovačiček, J. Indolf : Svojstva i primjena materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [13] S. Kralj, Z. Kožuh, Š. Andrić : Zavarivački i srodni postupci, Zagreb 2015.
- [14] [https://www.fsb.unizg.hr/usb\\_frontend/files/1398155789-0-mig\\_magzav1.ppt](https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1398155789-0-mig_magzav1.ppt), dostupno 12.09.2016.



## Popis tablica

Tablica 3.1. Prednosti i nedostaci MAG postupka zavarivanja.....	18
Tablica 3.2. Plinovi za MIG/MAG zavarivanje[11].....	21
Tablica 3.3.Standardni oblici i dimenzije koluta [7] .....	22
Tablica 3.4. Promjeri standardnih žica [7] .....	22
Tablica 5.1. Primijenjeni postupci zavarivanja .....	34
Tablica 5.2. Primijenjeni dodatni materijal .....	34
Tablica 5.3. Tehnološki postupak izrade .....	37

## Popis slika

Slika 2.1. Podjela postupa zavarivanja [2] .....	8
Slika 2.2. Elementi zavarenog spoja [2] .....	9
Slika 2.3. Oblici zavarenih spojeva [2].....	10
Slika 2.4. Primjeri žljebova za zavarivanje[4].....	11
Slika 2.5. Primjer hladnih pukotina nastalih u zoni utjecaja topline[2] .....	13
Slika 2.6. Primjer tople pukotine[2] .....	13
Slika 2.7. Primjer poroznosti[2] .....	14
Slika 3.1. MAG zavarivanje[13].....	15
Slika 3.2. Prijenos metala štrcanjem – shematski prikaz[6] .....	16
Slika 3.3. Prijenos metala pulsirajućim lukom – shematski prikaz[6] .....	16
Slika 3.4. Prijenos metala kratkim spojem – shematski prikaz[6].....	17
Slika 3.5. Prijenos metala mješovitim lukom – shematski prikaz[6] .....	17
Slika 3.6. Oprema kod MAG zavarivanja[14].....	19
Slika 3.7. Utjecaj plina na geometriju zavara .....	21
Slika 4.1. Shematski prikaz procedure provođenja kontrole tekućim penetrantima [10].....	24
Slika 4.2. Shematski primjeri indikacije kod kontrole penetrantima [10].....	25
Slika 4.3 Moderni uređaji za pregled nepristupačnih površina – boroskop, fibroskop i videoskop [5].....	26
Slika 4.4 Različita pomagala za mjere – jednostavno mjerilo, mjerilo s nonijem, mjerilo s tri skale [5] .....	27
Slika 4.5 magnetska metoda ispitivanja[5].....	28
Slika 5.1. Logo poduzeća .....	29
Slika 5.2. Proizvodni pogon: a) Vinično; b) Breznica; c) V. Toplice .....	29
Slika 5.3. Proizvodi pouzeća Omega d.o.o. Breznica.....	30
Slika 5.4. Proizvodni kapacitet .....	31
Slika 5.5. Aparat za zavarivanje .....	32
Slika 5.6. Ugrađeni materijal .....	33
Slika 5.7. CNC plazma rezanje temeljnih ploča .....	39
Slika 5.8. Oznaka radnog naloga na temeljnoj ploči .....	40
Slika 5.9. Poklopac vrata .....	41
Slika 5.10. Ugradnja elemenata revizionog otvora.....	42
Slika 5.11. Spajanje sučeonim spojem .....	43
Slika 5.12. Pripajanje tijela stupa .....	43

Slika 5.13. Linijsko zavarivanje .....	44
Slika 5.14. Ugradnja i zavarivanje temeljne ploče .....	45
Slika 5.15. Ugradnja i zavarivanje cijevi umetka .....	46
Slika 5.16. Ispitivanje penetrantima: a) penetriranje; b) razvijanja.....	47



## Prilog 2. Dokaz kvalitete vrućeg cinčanja



Dokument (Document) : QL-170/6R  
Izdavanje (Revision): 1  
Izdano (Issued): 23.05.2016.  
Oznaka izvještaja (Report mark): 355/16  
Strana (Page): 1/1

### Dokazi kvalitete vrućeg cinčanja prema ISO 10474 3.1.B Certificate of Compliance according ISO 10474 3.1.B

Naziv i adresa:  
Name and adress: Dalekovod Proizvodnja d.o.o.  
Hrvatska, 10 370 Dugo Selo  
Trnošćica 17

Oznaka izvještaja:  
Report mark: 355/16

Naziv i adresa korisnika:  
Name and address of the client: OMEGA BREZNICA d.o.o.  
Breznica 34  
42225 Breznički Hum, Croatia  
147184, N/K 119/E

Ugovor/Narudžba:  
Contract/Order:  
Vrsta ispitivanja:  
Type of test: Ispitivanje kvalitete pocinčanja magnetskom metodom prema HRN EN ISO 1461 i HRN EN ISO 2178  
Quality control of hot dip galvanizing thickness according magnetic method HRN EN ISO 2178 and HRN EN ISO 1461.

Uzorkovanje  
Sampling: Uzorkovanje je izvršeno prema HRN EN ISO 1461  
Sampling was done according to HRN EN ISO 1461.

Oprema:  
Equipment: Stupovi V1,CK1,C1

Datum:  
Date: 23.05.2016.

Mjerni instrumenti i oprema:  
Equipment and instruments used: FISHER DELTASCOPE SN040002632, SN120004990

Pregledom je ustanovljeno sljedeće:  
Vizualnim pregledom ustanovljeno je da je površina čista i glatka i zadovoljava uvjete kvalitete. Izmjerene debljine prevlake cinka se kreću od 67µm do 303µm u prosjeku 107µm.

With the examination is found the following:  
Visual inspection found out that the surface is clean and smooth and satisfies quality requirements.

The measured thickness of zinc coating is in range from 67µm to 303µm in average 107µm .

Zaključak:  
Conclusion: Rezultati ispitivanja zadovoljava zahtjeve standarda HRN EN ISO 1461.

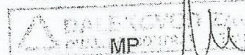
Test results satisfy requirements for standard EN ISO 1461.

Odobreno:


Approved by:


Voditelj za kontrolu kvalitete vrućeg cinčanja  
Manager of quality control for hot dip galvanizing

Zlatko Mikulić



Prilog 3. Izvještaj ispitivanja penetrantima

		<b>IZVJEŠTAJ ISPITIVANJA PENETRATIMA</b>			Izvještaj: OMEGA broj :  1312016							
Naručitelj :	ELOS 100 PAB	Narudžba broj :	123146-M1									
Radni nalog :	237133A	Crtež broj :	0514516A-00 05143									
Naziv :	URS-VI-5m-PAG UMETALOSTI	Vrsta uzoraka :	N-SUCLONI ZAVAR									
Broj uzoraka :	5-23715-146,56,166,36,136	Ispitivač :										
Datum :	13.5.2016	Ime :	E.ELIĆ									
Potpis :	EB	Prezime :	ICUZMIĆ									
Tehnika ispitivanja :	PT	Norma ili standart :	EN HDN - 5817									
Radna uputa :		Krateri prihvatljivosti :	EN HDN - 1289									
Dimenzije :	Z1 = 500 mm Z3 = 380 mm	Matrijal :	S 355 Z 2									
Proizvođač :	TIBA B	Etalon; ref uzorak :	Ispitivanje provedeno (toplinska obrada)									
Penetrant :	PWLA-170 506	Priprema površine :	ZICANOM CISTROM		prije: poslije: nije zahtijevana X							
Odstranjivač :	WATER	Vrijeme penetriranja :	20 MIN		Osvjetljenje bijelo : 522 lx							
Razvijivač :	DL 20-150305	Vrijeme razvijanja :	30 MIN		Osvjetljenje UV : μw/cm²							
Oznaka:	Zavar broj:	Položaj nepravilnosti (m m)			Duljina (m m)	Vrsta nepravilnosti (m m)		Napomena :		Ocjena :		
23715		x	y	z		l	d			NI	NRI	RI
36	Z1									NI		
136	Z3									NI		
136	Z1									NI		
136	Z3									NI		
166	Z1									NI		
166	Z3									NI		
56	Z1									NI		
56	Z3									NI		
146	Z1									NI		
146	Z3									NI		

  
**OMEGA**  
 BREZNICA d.o.o.  
 PROIZVODNJA VINIČNO


Legenda:


Vrsta uzoraka :	C - odjevak	t - cijev	f - otkivak wp- vučeni proizvod	w - zavareni spoj
Ocjena :	NI - nema nepravilnosti	NRI - prihvatljiva indikacija	RI - neprihvatljiva indikacija	

1/8



Z01					
ITEM	TOLLERANZA DI SPESSORE TOLERANCE ON THICKNESS	TOLLERANZE DI LARGHEZZA TOLERANCE ON WIDTH	TOLLERANZE DI LUNGHEZZA TOLERANCE ON LENGTH	CONDIZIONI SUPERFICIALI SURFACE FINISH	PLANARITÀ FLATNESS
3	EN10051:2010 CL. B -0,30/+0,30	EN 10051:2010	EN 10051:2010 -0/+30	EN 10163/2:2004 CL A1	EN 10051:2010
<p>CERTIFICHIAMO che le lamiere elencate sono conformi alla prescrizione dell'ordine, che i controlli della marcatura, dell'aspetto superficiale e dimensionale hanno dato esito positivo.            WE CERTIFY that the above mentioned plates are consistent with the order prescriptions: marking, inspection and measurement without objection.            DICHIARIAMO CHE LE LAMIERE SONO STATE CONTROLLATE IN ACCORDO ALLA NORMATIVA VIGENTE E CHE LE RADIAZIONI IONIZZANTI NON ECCEDONO IL VALORE DEL FONDO NATURALE.            WE DECLARE THAT THE PLATES WERE CONTROLLED ACCORDING TO STANDARD AND RADIATION DO NOT EXCEED THE NATURAL RADIATION.</p>					

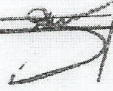
Z06		
Z07	Z03 ENTE COLLAUDO / INSPECTION BODY	Z02
	TIMBRO DELL'ISPETTORE STAMP OF THE INSPECTION REPRESENTATIVE	

Z04	
	Lamiere conformi ai requisiti della marcatura CE. Certificato di conformità CE n° 0948-CPD-0015 rev.5 emesso da TÜV Italia srl. Plates in compliance with CE marking requirements. Certificate of conformity N° 0948-CPD-0015 rev.5 from TÜV Italia srl.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 9001:2008 =

**PROVJERENA I ISPRAVNA KOPIJA**  
**BIDD Samobor d.o.o.**  
 SAMOBOR, Matijaša Korvina 7

Otp. broj: \_\_\_\_\_ Vaš broj: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ Potpis: 



Prilog 5. WPS lista – za zavarivanje sučeonog spoja

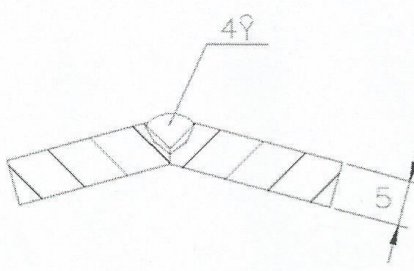
	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: 44/2016
---	--

Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:	OMEGA d.o.o. Breznica	Kupac / Kunde: /	/
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG Automatizirano	Projekt / Project: /	/
Oznaka br./ Beleg – Nr.:	4Y	Narudžba br./ Bst. Nr.: /	/
Vrsta spoja / Nahtart:	Y spoj/ Y naht	Nalog br. / A.-Nr.: /	/
Položaj zavarivanja / Schweissposition:	PA	Tvornički br. / F.-Nr.: /	/

Br. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izratka Wrkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffs	Grupa prema / gruppe nach	
					EN	AD-Me.
1	S355J2	5 mm		EN 10025-2	1.2	

Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung: - rezanje i brušenje

Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)

Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung	Redosljed zavarivanja / Schweissfolge
Napomena: LINIJSKO ZAVARIVANJE	
	

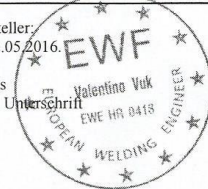
Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen								
Prolaz zavara Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje – polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschubgeschwindigkeit m/min	Unos topline Wärmebringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	205-215	20,5-21,5	DC(+)	7,5-8,5	0,51	6,2 – 10,4

Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:				
Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	EN ISO 14341-A-G3Si1	EN ISO 14175-M21		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,0mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar+18%CO2 Messner – Croatia		
Protok plina / Gasdurchflussmenge:		15 l/min	-----	l/min

Ostale informacije / Weiter Informationen:		
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- frekvencija / Frequenz:	- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:
Pojednosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:		
Temperatura predgrijavanja/ :Vorwarmen	0 °C	
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktdüsenabstand:	13-15 mm	

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, 02.05.2016.

Ime, datum i potpis  
Name, Datum und Unterschrift



## Prilog 6. WPS lista – za zavarivanje sučeonog spoja

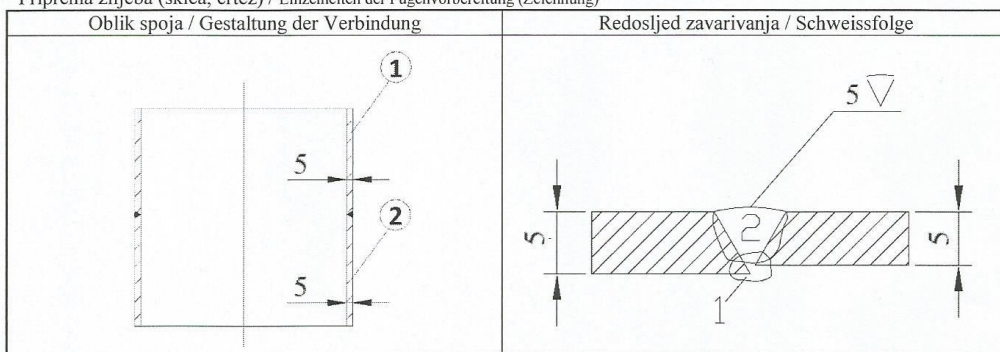
	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: 42/2016
---	--

Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:	OMEGA d.o.o. Breznica	Kupac / Kunde:	/
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG	Projekt / Project:	/
		Narudžba br./ Bst. Nr.:	/
Oznaka br./ Beleg – Nr.:	5V	Nalog br. / A.-Nr.:	/
Vrsta spoja / Nahtart:	V spoj/ V naht	Tvornički br. / F.-Nr.:	/
Položaj zavarivanja / Schweissposition:	PA		

Br. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izratka Wrkstükdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoff	Grupa prema / gruppe nach	
					EN	AD-Me.
1	S355J2	5 mm		DIN EN 10025-2	1.2	
2	S355J2	5 mm		DIN EN 10025-2	1.2	

Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung: - rezanje i brušenje

Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)



Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen								
Prolaz zavara Schweisraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje – polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschubgeschwindigkeit m/min	Unos topline Wärmeeinbringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	140-145	17-19	DC(+)	5,0-6,0	0,23	3,7-6,2
Z2	135	Ø1,0	180-200	21-23	DC(+)	7,5-9,0	0,32	6,2-10,4

Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:

Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	EN ISO 14341-A-G3S11	EN ISO 14175-M21		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,0mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar+18%CO2 Messer – Croatia		
Protok plina / Gasdurchflussmenge:		12 - 15 l/min	-----	l/min

Ostale informacije / Weiter Informationen:


Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- frekvencija / Frequenz:	- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:

Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:

Temperatura predgrijavanja/ :Vorwarnen	0 °C
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktdüsenabstand:	12-15 mm

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, 02.05.2016

Ime, datum i potpis  
Name, Datum und Unterschrift



## Prilog 7. WPS lista – za zavarivanje kutnog spoja

	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: 38/2016
---	--

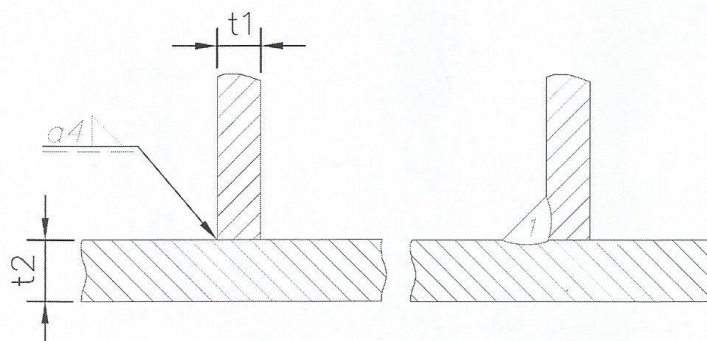
Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:	OMEGA d.o.o. Breznica	Kupac / Kunde:	/
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG	Projekt / Project:	/
Oznaka br./ Beleg – Nr.:	a4	Narudžba br./ Bst. Nr.:	/
Vrsta spoja / Nahtart:	kutni spoj	Nalog br. / A.-Nr.:	/
Položaj zavarivanja / Schweissposition:	PB	Tvornički br. / F.-Nr.:	/

Br. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izratka Wrkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoff	Grupa prema / gruppe nach	
					EN	AD-Me.
1	S355J2	5 mm		EN 10025-2	1.2	
2	S355J2	20 mm		EN 10025-2	1.2	

Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung: - rezanje i brušenje

Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)

Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung



Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen

Prolaz zavara Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje – polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit m/min	Unos topline Wärmeein- bringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	255-260	27-27,5	DC(+)	10-12	0,40	7,0 – 11,6

Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:

Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	EN ISO 14341-A-G3Si1	EN ISO 14175-M21		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,0mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar +18%CO2 Messer – Croatia		
Protok plina / Gasdurchflussmenge:		15 l/min	-----	l/min

Ostale informacije / Weiter Informationen:

Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- frekvencija / Frequenz:	- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:

Pojedinsti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:

Temperatura predgrijavanja / Vorwarmen	0 °C
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktfusenabstand:	15 mm

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, 02.05.2016.

Ime, datum i potpis  
Name, Datum und Unterschrift



## Prilog 8. WPS lista – za zavarivanje kutnog spoja

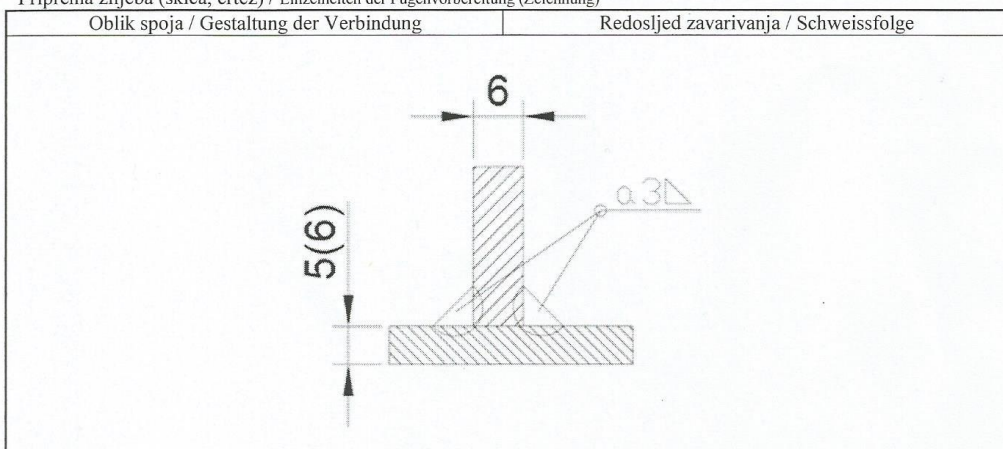
	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: 40/2016
---	--

Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:	OMEGA d.o.o. Breznica	Kupac / Kunde: /	Projekt / Project: /
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG	Narudžba br./ Bst. Nr.: /	Nalog br. / A.-Nr.: /
Oznaka br./ Beleg – Nr.:	a3	Tvornički br. / F.-Nr.: /	
Vrsta spoja / Nahtart:	Kutni spoj		
Položaj zavarivanja / Schweissposition:	PB		

Br. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izratka Wrkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffs	Grupa prema / gruppe nach	
					EN	AD-Me.
1	S355J2	6 mm		EN 10025-2	1.2	
2	S355J2	5 (6) mm		EN 10025-2	1.2	

Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung: - rezanje i brušenje

Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)



Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen								
Prolaz zavara Schweißraupe	Process Prozess	Promjer dodatnog materijala Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje – polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschubgeschwindigkeit m/min	Unos topline Wärmebringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	225-235	25,5-26	DC(+)	9,5-10	0,32	7,0 – 11,6

Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:				
Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	EN ISO 14341-A-G3Si1	EN ISO 14175-M21		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,0mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar + 18%CO <sub>2</sub> Messer – Croatia		
Protok plina / Gasdurchflussmenge:		15 l/min	-----	l/min

Ostale informacije / Weiter Informationen:		
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- frekvencija / Frequenz:	- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:
Pojednosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:		
Temperatura predgrijavanja/ :Vorwarnen	0°C	
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktdüsenabstand:	15 mm	

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, 02.05.2016.

Ime, datum i potpis  
Name/ Datum und Unterschrift



## Prilog 9. WPS lista – za zavarivanje kutnog spoja

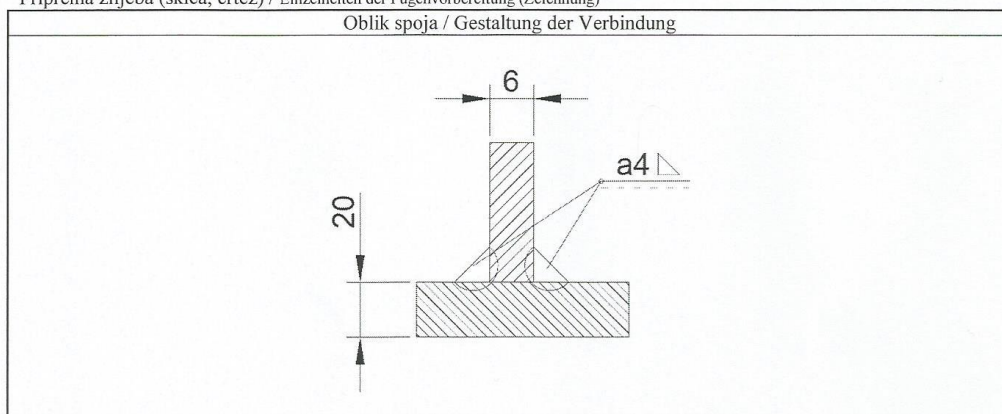
	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: 39/2016
---	--

Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:	OMEGA d.o.o. Breznica	Kupac / Kunde:	/
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG	Projekt / Project:	/
Oznaka br. / Beleg – Nr.:	a4	Narudžba br. / Bst. Nr.:	/
Vrsta spoja / Nahtart:	kutni spoj	Nalog br. / A.-Nr.:	/
Položaj zavarivanja / Schweissposition:	PB	Tvornički br. / F.-Nr.:	/

Br. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izratka Wrkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffs	Grupa prema / gruppe nach	
					EN	AD-Me.
2	S355J2	6 mm		EN 10025-2	1.2	
3	S355J2	20 mm		EN 10025-2	1.2	

Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung: - rezanje i brušenje

Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)



Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen

Prolaz zavara Schweisraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje - polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit m/min	Unos topline Wärmeein- bringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	250-260	26,5-27	DC(+)	10-12	0,35	7,0 – 11,6

Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:

Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	EN ISO 14341-A-G3S11	EN ISO 14175-M21		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,0mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar+18%CO2 Messer – Croatia		
Protok plina / Gasdurchflussmenge:		15	l/min	l/min

Ostale informacije / Weiter Informationen:


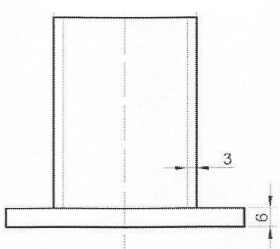
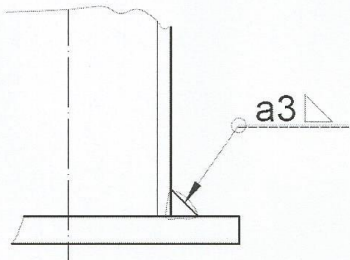
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- frekvencija / Frequenz:	- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:
Pojednosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:		
Temperatura predgrijavanja / Vorwarnen	0 °C	
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktisenabstand:	15 mm	

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, 02.05.2016.

Ime, datum i potpis  
Name, Datum und Unterschrift



## Prilog 10. WPS lista – za zavarivanje kutnog spoja

		<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS Br. / Nr.: W-010-S						
Proizvođač / mjesto: Hersteller / Ort:		OMEGA d.o.o. Breznica		Kupac / Kunde:		/		
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:		135 MAG		Projekt / Project:		/		
Oznaka br./ Beleg - Nr.:		a2,25 ÷ a4,5		Narudžba br./ Bst. Nr.:		/		
Vrsta spoja / Nahtart:		FW - Kutni spoj		Nalog br. / A.-Nr.:		/		
Položaj zavarivanja / Schweissposition:		PB		WPQR:		0036-HR-16-05-1241-001		
Br. / Nr.	Osnovni materijal / Grundwerkstoff	Debljina izratka / Wrkstückdicke	Promjer cijevi / Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala / Spezifikation des Grundwerkstoffs	Grupa prema / gruppe nach			
1	S355J2	3 - 12 mm	> Ø 500	EN 10025-2	EN	AD-Me.		
2	S355JRH	2,1 - 6,0 mm	≥ Ø 30,15	EN 10219-1	1.2			
Vrsta pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung:				- rezanje i brušenje				
Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)								
Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung				Redosljed zavarivanja / Schweißfolge				
								
Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen								
Prolaz zavara / Schweissraupe	Proces / Prozess	Promjer dodatnog materijala / Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje / Stromstärke A	Napon / Spannung V	Vrsta struje – polaritet / Stromart - Polung	Brzina žice / Drahtvorschub m/min	Brzina zavarivanja / Vorschubgeschwindigkeit cm/min	Unos topline / Wärmeeinbringung kJ/cm
Z1	135	Ø1,0	180 - 220	18 - 23	DC(+)	8,0 – 8,5	36 - 40	4,0 ± 6,6
Dodatne napomene / Zusätzliche Bemerkungen:								
Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:			Zaštitni plin / Schutzgas:		Prašak / Schweißpulver:		Zaštita korijena / Wurzelschutz:	
Oznaka i standard / Bezeichnung und Standard		EN ISO 14341-A-G3Si1	EN ISO 14175 - M21					
Oznaka i proizvođač / Bezeichnung und Hersteller		Ø1,0mm, EZ SG2 / ELEKTRODA ZAGREB	Krysal 82 Ar +18%CO2 / Messer – Croatia					
Protok plina / Gasdurchflussmenge:			15 - 18 l/min		-----		l/min	
Ostale informacije / Weiter Informationen:								
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):								
- amplituda / Amplitude:		- frekvencija / Frequenz:			- vrijeme zadržavanja / Verweizeit:			
Pojedinsti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:								
Temperatura predgrijavanja / Vorwarmen					bez (min 5°C)			
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktdüsenabstand:					13-15 mm			

Proizvođač / Hersteller:  
Valentino Vuk, mag.ing., EWF  
14.05.2016.

Ime, datum i potpis /  
Name, Datum und Unterschrift

