

# Tehnologija izrade konstrukcije balkona MIG/MAG postupkom zavarivanja

---

**Božek, Leon**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:184448>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-03**

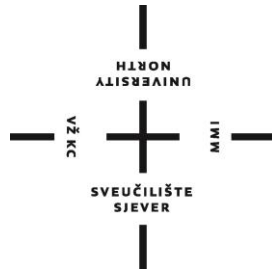


*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



ZAVRŠNI RAD br. 404/PS/2022

**Tehnologija izrade konstrukcije balkona  
MIG/MAG postupkom**

Leon Božek

Varaždin, rujan 2022.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij strojarstvo**



ZAVRŠNI RAD br. 404/PS/2022

**Tehnologija izrade konstrukcije balkona**  
**MIG/MAG postupkom**

Student:

Leon Božek, 1538/336

Mentor:

doc. dr. sc. Matija Bušić

Varaždin, rujan 2022.

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK Leon Božek

JMBAG 1538/336

DATUM 17.10.2022.

KOLEGIJ Tehnologija III

NASLOV RADA Tehnologija izrade konstrukcije balkona MIG/MAG postupkom zavarivanja

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU MIG/MAG welding technology for production of balcony construction

MENTOR dr. sc. Matija Bušić

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc. dr. sc. Jasna Leder Horina, predsjednica povjerenstva
2. doc. dr. sc. Matija Bušić, mentor, član povjerenstva
3. doc. dr. sc. Zlatko Botak, član povjerenstva
4. doc. dr. sc. Tomislav Veliki, zamjenski član povjerenstva
5. \_\_\_\_\_

## Zadatak završnog rada

BROJ 404/PS/2022

OPIS

U završnom radu potrebno je opisati i razložiti tehnologiju izrade balkonske konstrukcije zavarivanjem MIG/MAG postupkom. U teoretskom dijelu rada opisati tehnologiju MIG/MAG zavarivanja, navesti i opisati utjecajne parametre u postupku te najčešću primjenu. Definirati dodatne materijale i zaštitne plinove koji se koriste u ovom postupku zavarivanja.

U eksperimentalnom dijelu rada opisati pripremu izrade i samu tehnologiju zavarivanja balkonske čelične konstrukcije. Objasniti na primjeru defeniranog proizvoda pripremu prije zavarivanja, dokumente za planiranja zavarivanja, radne planove, uputa za zavarivanja i kontrolu postupka zavarivanja. Na kraju rada donijeti zaključak o obrađenoj temi. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu te eventualno dobivenu pomoć.

ZADATAK URUČEN

18.10.2022



M. Bušić

## **Predgovor**

Ovim putem najprije zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Matiji Bušiću na stručnom mentorstvu, uloženom vremenu te pruženoj pomoći tijekom izrade završnog rada. Također zahvaljujem poduzeću Econ d.o.o. na pruženoj pomoći i dodatnim materijalima bez kojih izrada rada ne bi bila moguća te direktoru Branku Martincu na dostupnoj literaturi koju sam koristio kao pomoć kod izrade završnog rada. Završni rad sam izradio samostalno uz stečeno znanje i iskustvo tijekom školovanja u Tehničkoj školi Čakovec i studiju na Sveučilištu Sjever. Zahvaljujem svim profesorima i asistentima sveučilišnog studija Odjela za strojarstvo na stečenom znanju te iskustvu koje sam stekao. Osobito zahvaljujem roditeljima i djevojci na pruženoj potpori tijekom svojeg školovanja.

## Sažetak

Zavarivanje je jednostavan način spajanja ili povezivanja dva komada metala. Postalo je prvi izbor zbog svoje snage učinkovitosti i svestranosti. Tema ovog završnog rada se naziva „Tehnologija izrada konstrukcije balkona MIG/MAG postupkom“. Završni rad je podijeljen na teorijski i praktični dio. U završnom radu razrađen je i opisan postupak izrade balkona te svi potrebni parametri vode do gotove zavarene konstrukcije. U teorijskom dijelu opisane su teorijske osnove zavarenih spojeva te vrste zavarivanja. Detaljnije je objašnjen proces MIG-MAG zavarivanja koji se koristi kod izrade balkona. Razrađeni su koncepti, parametri i režimi rada MAG postupka, vrste i karakteristike zaštitnih plinova te vrste i karakteristike dodatnog materijala. Opisana je oprema koja se koristi kod postupka zavarivanja balkona, izvor struje, elektrode za zavarivanje te žice za zavarivanje. Eksperimentalni dio odrađen je na temelju prikupljenih informacija o tome što je sve potrebno da se izradi gotova konstrukcija balkona i koji postupak planiranja se mora ispuniti da zavarena konstrukcija balkona bude kvalitetna. Norme i tvorničke kontrole proizvodnje treba ispuniti te zahtjevi za proizvodnju koji uključuju pripremu prije zavarivanja, dokumente za planiranja zavarivanja, radne planove, uputa za zavarivanja. Certifikati iz područja zavarivanja i priprema prije zavarivanja (atest) norme moraju odgovarati zahtjevima za kvalitetu izrade.

Ključne riječi: zavarivanje, norme, MIG-MAG, elektrode za zavarivanje, zaštitni plinovi, parametri zavarivanja.

## Summary

Welding is a simple way of joining or connecting two pieces of metal. It has become the first choice because of its power efficiency and versatility. The topic of this final paper is called "Technology of making balcony constructions using the MIG/MAG process". The final paper is divided into a theoretical and a practical part. In the final work, the process of making the balcony is elaborated and described, and all the necessary parameters lead to the finished welded structure. In the theoretical part, the theoretical foundations of welded joints and types of welding are described. The MIG-MAG welding process used in the production of balconies is explained in more detail. Concepts, parameters and work regimes of the MAG procedure, types and characteristics of shielding gases and types and characteristics of additional material were elaborated. The equipment used in the balcony welding process, power source, welding electrode and welding wire are described. The experimental part was done on the basis of the collected information about what is needed to get the finished balcony construction and what planning procedure must be completed in order for the welded balcony construction to be of high quality. Standards and factory production controls should meet production requirements that include pre-weld preparation, welding planning documents, work plans, welding instructions. Certificates in the field of welding and pre-welding preparations (certificate) of the norm must meet the requirements for the quality of workmanship.

Key words: welding, standards, MIG-MAG, electrodes for welding, protective gases, welding parameter



## Popis korištenih kratica

<b>MIG</b>	Elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštiti inertnog plina (engl. Metal Inert Gas)
<b>MAG</b>	Elektrolučno zavarivanje taljenjem u aktivnom zaštitnom plinu (engl. Metal Active Gas)
<b>REL</b>	Ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom
<b>TIG</b>	Elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina (engl. Tungsten Inert Gas)
<b>EPP</b>	Zavarivanje pod praškom
<b>EO</b>	Elektrootporno zavarivanje
<b>WPS</b>	Specifikacija postupaka zavarivanja (engl. Welding Procedure Specification)
<b>ZT</b>	Zona taljenja
<b>ZUT</b>	Zona utjecaja topline
<b>OM</b>	Osnovni materijal
<b>DM</b>	Dodatni materijal
<b>CO<sub>2</sub></b>	Ugljični dioksid
<b>He</b>	Helij
<b>O</b>	Kisik
<b>Ar</b>	Argon
<b>W</b>	Volfram
<b>Al</b>	Aluminij
<b>Cu</b>	Bakar
<b>Ti</b>	Titaniј
<b>Cr</b>	Krom
<b>STT</b>	Postupak zavarivanja (engl. Surface Tension Transfer)
<b>S235</b>	Opći konstrukcijski čelik s minimalnom granicom razvlačenja 235 N/mm <sup>2</sup>
<b>JR</b>	Garantirani udarni rad loma od 27 J pri ispitnoj temperaturi +25°C
<b>ISO 2553</b>	Norma za označavanje zavara na nacrtima (engl. International Organization for Standardization)
<b>HEA</b>	Vruće valjani širokopojasni čelični profil
<b>IPA</b>	Vruće valjani uskopojasni čelični profil

## Popis korištenih oznaka

<i>Oznaka</i>	<i>Opis</i>	<i>Jedinica</i>
$d$	Debljina materijala	mm
$m$	Masa	kg
$\rho$	Gustoća	kg/m <sup>3</sup>
$I_z$	Jakost struje zavarivanja	A
$U$	Napon	V
$Q$	Protok plina	l/min
$v_z$	Brzina zavarivanja	cm/min
$d_{\dot{z}}$	Promjer žice	mm
$l_{sk\dot{z}}$	Slobodni kraj žice	mm
$L$	Induktivitet	H
$\alpha$	Nagib pištolja	°

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Općenito o zavarivanju .....	2
2.1.	Povijest zavarivanja.....	3
2.2.	Podjela zavarivanja.....	3
2.3.	Struktura zavarenog spoja .....	6
2.4.	Zona taljenja .....	6
2.5.	Zona utjecaja topline .....	8
2.6.	Zavarljivost.....	8
3.	Postupci zavarivanja.....	10
3.1.	Plinsko zavarivanje.....	10
3.2.	Elektrolučno zavarivanje .....	11
3.3.	Ručno zavarivanje obloženom elektrodom .....	11
3.4.	Zavarivanje u zaštitnoj plinskoj atmosferi .....	13
4.	Teorijske osnove MIG/MAG postupaka zavarivanja .....	14
4.1.	Opis i postupak MIG/MAG zavarivanja .....	14
4.2.	Zaštitni plinovi.....	18
4.3.	Uloga plinova pri zavarivanju .....	18
4.4.	Žice za MIG/MAG zavarivanje.....	19
4.5.	Prijenos metala pri zavarivanju .....	20
4.5.1.	<i>Prijenos metala štrcajućim lukom .....</i>	<i>21</i>
4.5.2.	<i>Prijenos metala pulsirajućim lukom.....</i>	<i>22</i>
4.5.3.	<i>Prijenos metala kratkim spojevima .....</i>	<i>22</i>
4.5.4.	<i>Prijenos metala mješovitim lukom .....</i>	<i>23</i>
4.6.	Utjecaj parametara na tehnologiju zavarivanja .....	24
4.6.1.	<i>Jakost struje .....</i>	<i>24</i>
4.6.2.	<i>Induktivitet .....</i>	<i>25</i>
4.6.3.	<i>Utjecaj napona.....</i>	<i>25</i>
4.6.4.	<i>Brzina zavarivanja .....</i>	<i>28</i>
4.6.5.	<i>Tehnika zavarivanja (položaji zavarivanja).....</i>	<i>28</i>
4.6.6.	<i>Zaštitni plinovi i dodatni materijal (žica).....</i>	<i>29</i>
4.7.	Izvor struje za zavarivanje.....	29
4.7.1.	<i>Rotacijski pretvarači (generatori).....</i>	<i>31</i>
4.7.2.	<i>Transformatori .....</i>	<i>31</i>
4.7.3.	<i>Ispravljači .....</i>	<i>31</i>
4.7.4.	<i>Inverteri.....</i>	<i>32</i>
4.7.5.	<i>Agregati.....</i>	<i>32</i>
4.8.	Oblici zavarenih spojeva .....	32
4.9.	Vrste zavarenih spojeva.....	33
4.10.	Položaji zavarivanja.....	36
4.11.	Suvremeni postupci MIG/MAG zavarivanja.....	36
4.12.	Utjecaj duljine kabela pri zavarivanju .....	37

5.	PRAKTIČNI DIO - Osnove MIG/MAG postupaka zavarivanja balkona .....	38
5.1.	Norme u poduzeću.....	38
5.1.1.	<i>Uvod praktičnog dijela.....</i>	38
5.2.	Uređaj za zavarivanje i dodatni materijal .....	40
5.3.	Označavanje zavara na nacrtima HRN EN ISO 2553 prema kojima firma radi ....	42
5.3.1.	<i>Oblici zavarenih spojeva kod zavarivanja balkona.....</i>	45
5.4.	Izgled pripreme prije zavarivanja .....	46
5.4.1.	<i>Sučeljni spoj .....</i>	47
5.4.2.	<i>Kutni spoj .....</i>	47
5.5.	Norma 9692-1 .....	48
5.5.1.	<i>Postupci zavarivanja prema normi 9692-1 .....</i>	48
5.5.2.	<i>Priprema žlijeba za zavarivanje.....</i>	48
5.6.	Postupak zavarivanja balkona .....	51
5.6.1.	<i>Planiranje i tehnološki postupak.....</i>	51
5.6.2.	<i>Postupak zavarivanja .....</i>	52
5.6.3.	<i>Zavarivanje podkonstrukcije .....</i>	54
5.6.4.	<i>Zavarivanje bočnice .....</i>	56
5.6.5.	<i>Zavarivanje stupa.....</i>	61
5.6.6.	<i>Zavarivanje spojnog dijela.....</i>	64
5.7.	Radne upute za zavarivanje (WPS) .....	65
5.8.	Kontrola bez razaranja - Vizualna provjera.....	66
5.9.	Skladištenje dodatnog materijala.....	66
6.	Zaključak.....	67
7.	Literatura .....	69

# 1. Uvod

Zavarivanje je postupak pri kojem se ostvaruje spajanje metalnih dijelova pod utjecajem topline i dodatnog materijala za povezivanje, pri čemu dodatni materijal ne mora biti u prisustvu. U procesu zavarivanja potrebno je uzeti u obzir parametre kako bi se dobio što kvalitetniji zavar. U postupku MAG zavarivanja postoji nekoliko važnih parametara koje treba zadovoljiti za postizanje savršenog luka. Parametri su: jakost struje, napon, vrsta struje, brzina dovoda žice, duljina žice, udaljenost mlaznice, brzina zavarivanja, smjer zavarivanja, položaj zavarivanja i protok plina. Općenito, svi postupci zavarivanja koriste se s ciljem dobivanja zavarenog spoja i kvalitete zavara sa željenim parametrima. Cilj određivanja ulaznih parametara zavarivanja uvjetuje željenu kvalitetu zavara. Zavareni spoj karakterizira metalna veza spojenih dijelova. Mogućnost izrade lakših konstrukcija, u odnosu na lijevane i zakivane konstrukcije, uvjetovala je razvojem značajnijeg broja postupaka zavarivanja. Pojava novih izvora energije imala je popriličan značaj i na utjecaj novih postupaka zavarivanja i time i na mogućnost spajanja materijala koje dosad nismo mogli zavariti. Do danas je razvijeno mnoštvo raznih postupaka i nalazi se u primjeni više od pedeset različitih postupaka za zavarivanje materijala, prvenstveno metala. Unatoč takvog broja postupaka zavarivanja najveći dio proizvodnje zavarivanjem, više od devedeset posto ukupne mase prerađenog materijala, obavlja se sa svega pet, šest postupaka univerzalne primjene. To su ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom (REL), zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plina ili plinskih mješavina (MIG/MAG), zavarivanje netaljivom elektrodom iz volframa u zaštitnoj atmosferi argona ili helija (TIG), zavarivanje pod praškom (EPP) i elektrootporno zavarivanje (EO). Zavarivanje je jedna od najvažnijih grana u industriji, a naročito u strojogradnji i brodogradnji.

U ovom završnom radu prikazan je, većim dijelom, postupak MIG/MAG zavarivanja i praktični primjer zavarivanja konstrukcije balkona. Obično se zavarivanja primjenjuje za izradu nosećih metalnih konstrukcija. Detaljno su opisani i objašnjeni su svi parametri koji su potrebni da bi se dobila gotova konstrukcija, spremna za montažu i isporuku. Također, opisani su zahtjevi za proizvodnju, kao što su priprema prije zavarivanja, dokumentacija, radni planovi. Da bi odabrani proizvod mogao odgovoriti zahtjevu za kvalitetu, potrebna je i zavarivačka dokumentacija, atesti zavarivača, WPS dokumenti, kvalifikacija pogona, kvalificirano osoblje te certifikati iz područja zavarivanja. Objašnjena je i problematika kod zavarivanja te greške koje se javljaju u zavarenim spojevima. Kako bi se što više povećala produktivnost, moraju se i smanjiti greške koje se javljaju.

## 2. Općenito o zavarivanju

Zavarivanje je spajanje materijala pri kojem se dijelovi koje treba spojiti zavarivanjem (zavarivani dijelovi) na spojnom mjestu obično zagriju do omekšalog, plastičnog stanja ili se rastale, a spajaju se staljivanjem, uz dodavanje ili bez dodavanja materijala. Zavareni spoj sastoji se od zavara (dio materijala koji je prilikom zavarivanja bio rastaljen) i susjedne zone u kojoj zbog povišene temperature nastaju strukturne promjene. Zavarivanje je posebno važno u gradnji čeličnih konstrukcija (u brodogradnji, mostogradnji, teškoj strojogradnji), ali se zavaruju i skoro svi ostali metali te staklo i dio polimernih materijala (plastomeri).

Pri većini postupaka zavarivanja materijal se zagrijava sve do tališta. Takvo zagrijavanje može uzrokovati strukturne promjene zbog difuzije atoma jednog elementa u rešetku drugog elementa i štetne kemijske reakcije. Na ostvarivanje i svojstva zavarenog spoja utječu brzina zavarivanja, količina i gibanje taline, stupanj miješanja osnovnog i dodatnog materijala, plinovi koji pri višim temperaturama ulaze u rastaljeni materijal te neravnomjerna raspodjela temperature, s mjestimično visokim temperaturama i velikim temperaturnim gradijentima. Rastaljeni dodatni materijal i nastala talina kemijski reagiraju s lokalnom atmosferom i rastaljenom troskom. Općenito sve reakcije taline s kisikom, vodikom i dušikom negativno utječu na mehanička svojstva zavarenog spoja, bilo da mu smanjuju čvrstoću, udarni rad loma i sposobnost plastične deformacije ili mu povećavaju poroznost, sklonost pukotinama, starenju i krhkom lomu [1].



*Slika 2.1 Spajanje metala zavarivanjem. [1]*

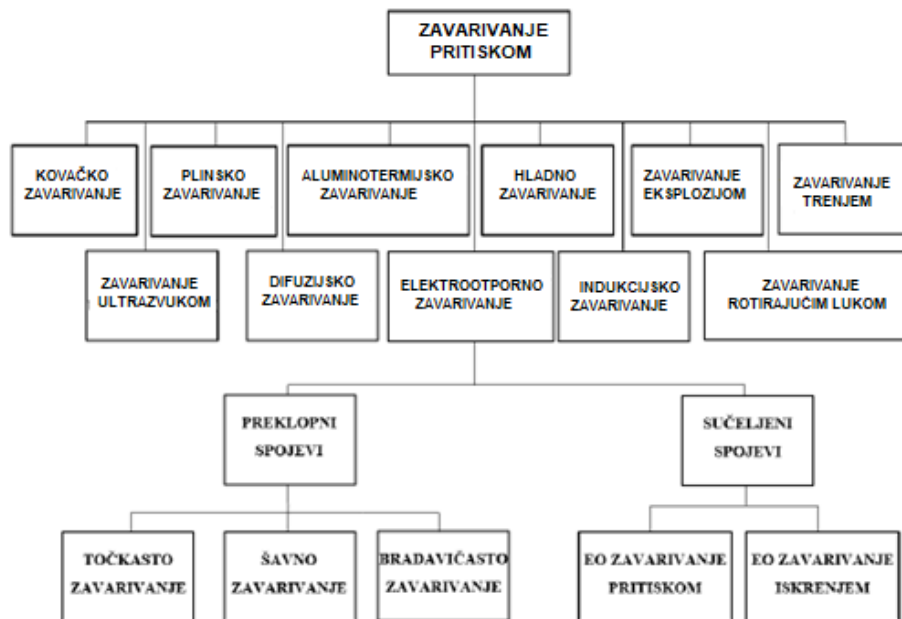
## 2.1. Povijest zavarivanja

Većina postupaka zavarivanja razvijena je u prošlom stoljeću. Spajanje metala razvijalo se usporedno s razvojem spoznaja o metalima. Povijest spajanja metala je započela u brončanom i željeznom dobu, na području današnje Europe i Bliskog istoka. Danas je u svijetu razvijen veliki broj postupaka zavarivanja. Glavni razlozi za to su prednosti postupka zavarivanja (mogućnost izrade lakše konstrukcije, u odnosu na lijevane ili zakivane), pojava novih izvora energije (elektronski mlaz i laser) koji su omogućili spajanje materijala koji se do sada nisu mogli zavarivati. Postupci se i dalje razvijaju kako bi pridonijeli da zavar bude kvalitetniji, jeftiniji, brže napravljen, sigurniji i pouzdaniji.

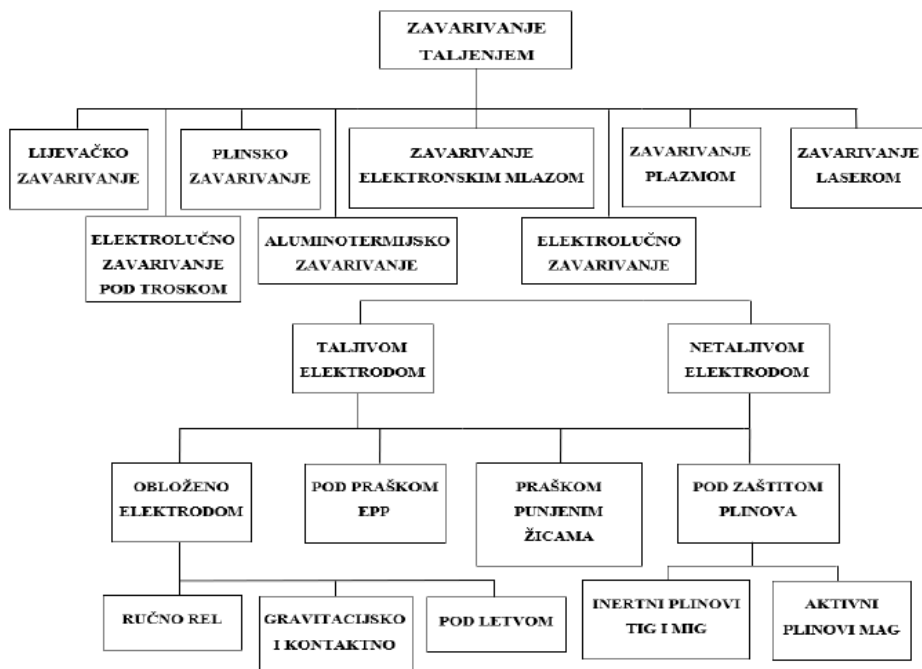
## 2.2. Podjela zavarivanja

Prema načinu spajanja metode zavarivanja se dijele u dvije velike grupe:

- **zavarivanje taljenjem**, zavarivanje materijala u rastaljenom stanju na mjestu spoja, uz dodatni materijal ili bez njega
  - plinsko zavarivanje
  - elektrolučno zavarivanje
- **zavarivanje pritiskom**, zavarivanje materijala u čvrstom ili omekšanom stanju na mjestu spoja s pomoću pritiska ili udarca
  - kovačko zavarivanje
  - elektrootporno zavarivanje



Slika 2.2 Podjela zavarivanja pritiskom. [2]



Slika 2.3 Podjela postupka zavarivanja taljenjem. [2]



Za razumijevanje i korištenje tehnologije zavarivanja nužna su znanja iz više područja:

- znanosti o materijalima i metalurgije (metalurgija zavarivanja)
- termodinamike (temperaturna polja pri zavarivanju)
- elektrotehnike (izvori struje, električni luk, spajanje različitih senzori)
- kemije (metalurški i drugi procesi koji se odvijaju pri zavarivanju)
- informatike (ekspertni sustavi, različiti proračuni, baze podataka, ...) [3].

Zavareni spojevi prikladni su za:

- prijenos sila, momenata savijanja i uvijanja
- cijenom povoljno povezivanje elemenata konstrukcija
- upotrebu na visokim temperaturama
- izradu nepropusnih spojeva
- izradu složenih konstrukcija.

Prednosti:

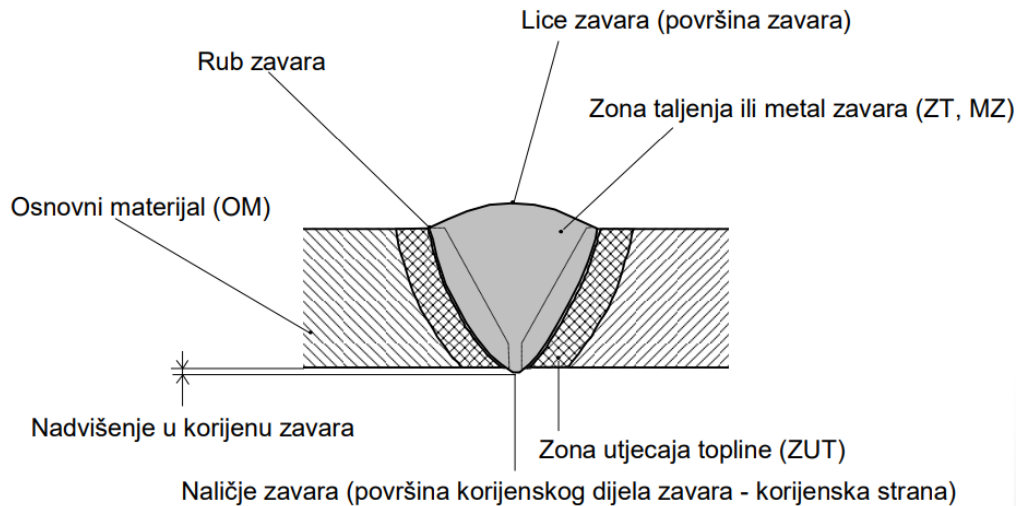
- u odnosu na lijevanje: uštede na težini, veća krutost i veća sloboda oblikovanja konstrukcija
- u odnosu na zakovične i vijčane spojeve: manja težina, lakše čišćenje, struktura se ne oslabljuje rupama.

Nedostaci:

- uglavnom za iste materijale
- povećanje krhkosti, pojava pukotina, te zaostalih naprezanja
- ostvarivanje spoja teško, kvaliteta nejednolika
- nema rupa koje jednoznačno određuju montažu [4]

## 2.3. Struktura zavarenog spoja

Zavareni spoj se sastoji od zone taljenja ZT i zone utjecaja topline ZUT koji su prikazani na slici 2.4.

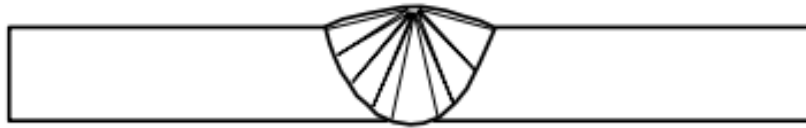


*Slika 2.4 Osnovni elementi zavarenog spoja [5]*

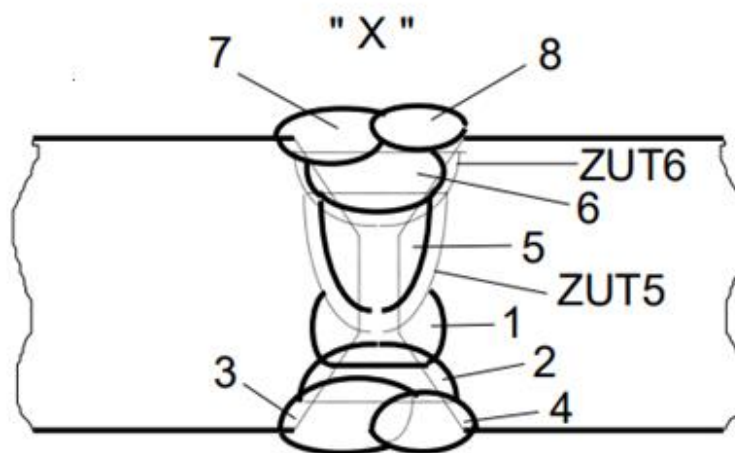
## 2.4. Zona taljenja

Zona taljenja (ZT) je onaj dio zavarenog spoja koji je za vrijeme zavarivanja bio rastaljen i u kojem je došlo do pojave kristalizacije i do skrućivanja. U kapljicama rastaljenog metala i talini zavara dolazi do sličnih pojava kao pri proizvodnji čelika - taljenju metala u pećima. Javlja se međusobno djelovanje rastaljenog metala, troske i okolne atmosfere. Talina se može sastojati samo od osnovnog materijala ako ne koristimo dodatni materijal, ili, najčešće, od mješavine dodatnog i osnovnog materijala jer pri zavarivanju dolazi do taljenja rubova koje zavarujemo. Kasnije dolazi do kristalizacije - skrućivanja kupke i taj dio spoja nazivamo zona taljenja. Daljnjim hlađenjem u ZT, ovisno o vrsti metala, može doći do strukturnih promjena, izlučivanja različitih faza i pojave grešaka (pore, pukotine itd.). [6]

Kod zavarivanja pod pritiskom do spajanja dolazi difuzijom pored koje se može javiti i kristalizacija, ali taljenje u principu nije potrebno. Na slici 2.5 je prikazana karakteristika zone taljenja u zavarenom spoju - zavar u jednom prolazu. Smjer kristalizacije je povoljan jer se kristali ne sukobljavaju u sredini zavara gdje se mogu javiti vruće pukotine.



*Slika 2.5 Zavar u jednom prolazu [6]*



*Slika 2.6 Zavar iz više prolaza [6]*

Svaki prolaz ima svoju ZT i ZUT. Cjelokupna zona taljenja sučelnog spoja sa X pripremom zavora koja je prikazana slikom 2.6 sastoji se od više ZT i ZUT. Svaki sljedeći prolaz odžaruje prolaz ispod. Zadnji prolazi 4 i 8 ostaju neodžareni.[6]

## 2.5. Zona utjecaja topline

Obuhvaća područje oko osnovnog materijala u kojem se osnovni materijal nije talio za zavarivanje, ali u kojem je došlo do promjene mikrostrukture, mehaničkih, korozivskih ili drugih svojstava zbog unošenja topline zavarivanjem, lemljenjem ili termičkim rezanjem. Zavarivanje znatno utječe na promjene kemijskog sastava (ZT) i strukture (ZT i ZUT), a time obično dolazi do pogoršavanja mehaničkih, antikorozivskih i ostalih svojstava zavarenog spoja. [6]

## 2.6. Zavarljivost

Zavarljivost je sposobnost zavarivanja materijala. Metal se smatra zavarljivim kada se, primjenjujući određeni postupak zavarivanja, dobiva kontinuirani, homogeni zavareni spoj koji zadovoljava predviđene zahtjeve i koji ima zahtijevana mehanička i druga potrebna svojstva. Zavarljivost je komparativno svojstvo (uspoređuje se zavarljivost dva ili više materijala uz primjenu iste ili različite tehnologije zavarivanja). Ocjena zavarljivosti najčešće je kvalitativna (zadovoljavajuća / ne zadovoljavajuća), ali može biti i kvantitativna.

To je kompleksan pojam pod kojim se podrazumijeva međuzavisnost materijala, konstrukcije i tehnologije. Tako se prema postojećim normama prikazuje zavarljivost nekog konstrukcijskog elementa kroz utjecaj materijala, preko sposobnosti zavarivanja konstrukcije, do sigurnosti zavarene konstrukcije i mogućnosti zavarivanja. Prema standardu, metale se smatra zavarljivim u određenom stupnju, određenim načinom zavarivanja i za zadanu svrhu ako se može postići homogenost zavarenog spoja pri uporabi pogodnog postupka zavarivanja tako da spoj odgovara zahtjevima njihovih lokalnih svojstava i njihova utjecaja na konstrukciju. Kvaliteta zavarenog spoja može se izraziti usporedbom svojstava osnovnog materijala i zavarenog spoja. Redovito dolazi do razlike u svojstvima osnovnog materijala i zavarenog spoja i ona je to veća što je zavarljivost, kao kompleksna veličina, manja. Stoga je jedan od mogućih kriterija za definiranje zavarljivosti veličina navedene razlike svojstava. [7]

Zavarljivost može biti:

- **dobra**, ako se može zavarivati bez specijalnih predradnji i mjera opreza
- **slaba**, ako su potrebne specijalne predradnje i mjere opreza, na primjer, predgrijavanje zbog mogućnosti nastanka pukotina

- **jako slaba zavarljivost**, ako su potrebne takve predradnje i mjere opreza da praktički nije moguće izvesti zavarivanje koje bi bilo ekonomski prihvatljivo.

Zahtjevi za dobru zavarljivost:

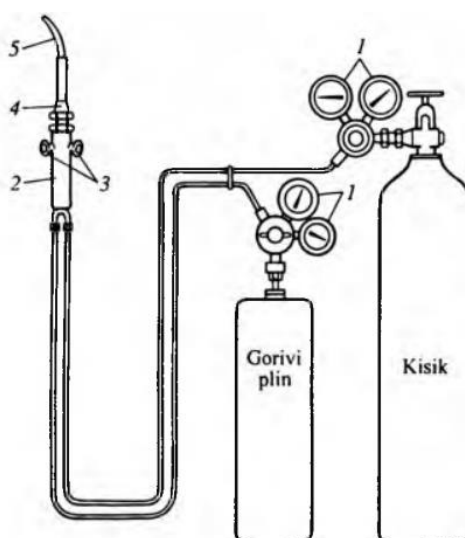
- zadovoljavajuća žilavost osnovnog materijala i nakon zavarivanja
- zadovoljavajuća krhkost
- što manji postotak ugljika jer utječe na porast zakaljivosti, tvrdoće i krhkosti
- najprihvatljiviji su čelici dobiveni u Siemens-Martinovim pećima. [3]

### 3. Postupci zavarivanja

Zavarivački se postupci dijele prema izvoru ili načinu prijenosa energije koja se pretvara u toplinu potrebnu za ostvarenje spoja (plinski plamen, električni luk, plazma, laser, elektronski snop, ultrazvuk), a izvori se razlikuju prema snazi, količini topline koja se unosi u osnovni materijal, najvećoj radnoj temperaturi i gustoći toplinskog toka. Pri spajanju zavarivanjem griju se dijelovi elemenata u području spoja te se formira talina nakon čijeg hlađenja i skrućivanja elementi ostaju trajno spojeni. Također su spojevi pogodni za prijenos mehaničkog opterećenja, izvedbu nepropusnih spojeva te jeftinu izradu zavarene konstrukcije. [1,8]

#### 3.1. Plinsko zavarivanje

Pri plinskom se zavarivanju (poznatom i kao autogeno zavarivanje) toplina za taljenje dobiva izgaranjem plina. Spojna se mjesta zagrijavaju plinskim plamenom praktički do tališta, a spajanje se obično postiže pomoću rastaljenoga dodatnog materijala. Kao gorivi plin najčešće se primjenjuje acetylen, ali to mogu biti propan, butan ili njihova smjesa, vodik i prirodni (zemni) plin. Gorivi plin i kisik miješaju se u miješalici plamenika, a smjesa izgara na izlazu iz sapnice. [1,8]

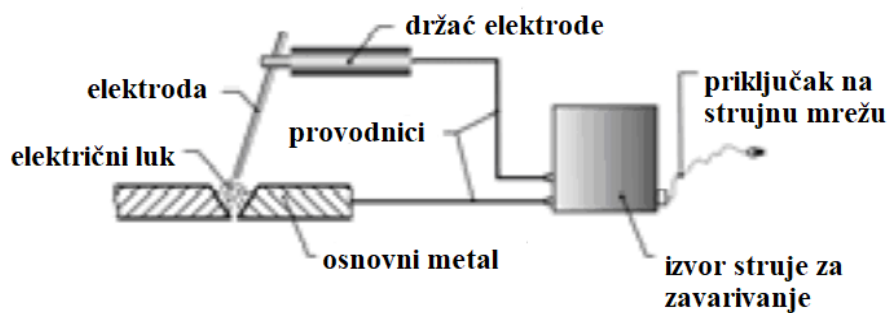


*Slika 3.1 Plinsko zavarivanje*

1. Regulator tlaka
2. Rukohvat
3. Regulator protoka
4. Komora za miješanje
5. Sapnica

### 3.2. Elektrolučno zavarivanje

Pri elektrolučnom se zavarivanju za taljenje metala primjenjuje toplina električnog luka koji se uspostavlja između zavarivanog dijela i elektrode. Zavareni spoj nastaje taljenjem osnovnog metala, najčešće s dodatnim materijalom uglavnom slična kemijskog sastava. Elektrode mogu biti ili taljive, pa ujedno služe i kao dodatni materijal, ili netaljive. [1,8]

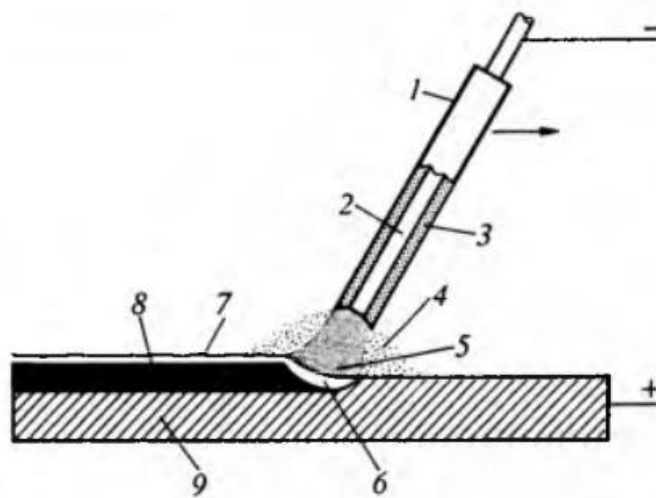


*Slika 3.2 Ručno elektrolučno zavarivanje*

### 3.3. Ručno zavarivanje obloženom elektrodom

Za ručno elektrolučno zavarivanje najčešće se upotrebljavaju obložene elektrode. One se sastoje od metalne jezgre u obliku žice ili šipke na koju se prešanjem ili uranjanjem nanosi

nemetalna obloga. Vrsta i kvaliteta jezgre ovise o namjeni elektrode pa je npr. za zavarivanje nelegiranih i visokolegiranih čelika jezgra približno istog sastava kao i materijal koji se zavaruje. Obloga se pri zavarivanju pretvara u trosku koja prekriva lice i korijen zavara. Rjeđe se upotrebljavaju cjevaste elektrode s nemetalnom jezgrom ili posebne elektrode za navarivanje (nanošenje na osnovni materijal) slojeva otpornih na trošenje. Obloga ima električnu, fizikalnu i metaluršku funkciju. [1,8]



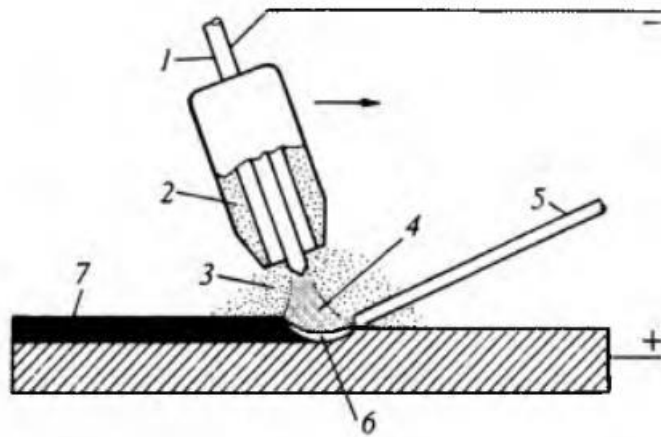
*Slika 3.3 Ručno zavarivanje obloženom elektrodom*

1. Obložena elektroda
2. Jezgra
3. Obloga
4. Zaštitni plin
5. Luk
6. Talina
7. Sloj troske
8. Zavar
9. Zavareni dio
10. Lice zavara
11. Korijen zavara



### 3.4. Zavarivanje u zaštitnoj plinskoj atmosferi

Elektrolučno se zavarivanje može provoditi i u zaštitnoj plinskoj atmosferi, a zaštitni plin može biti inertan ili aktivan. Glavni su postupci zavarivanja u zaštitnoj atmosferi zavarivanje taljivom elektrodom i zavarivanje netaljivom volframnom elektrodom u inertnoj atmosferi poznato je pod nazivom TIG (prema engl. Tungsten Inert Gas). Zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi poznato je pod nazivom MIG (prema engl. Metal Inert Gas) ili MAG (Metal Active Gas). [1,8]



*Slika 3.4 Zavarivanje volframnom elektrodom u inertnoj atmosferi*

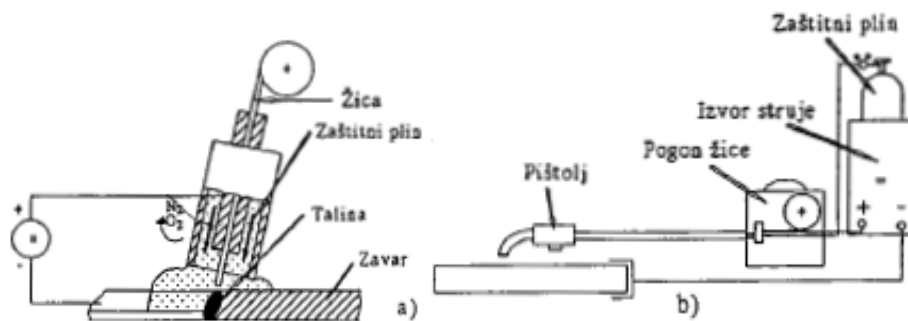
1. Elektroda
2. Dovod plina
3. Zaštitna atmosfera
4. Luk
5. Dodatni materijal
6. Talina
7. Zavar

## 4. Teorijske osnove MIG/MAG postupaka zavarivanja

Postupak MIG/MAG zavarivanja korišten je kod izrade konstrukcije balkona te radi boljeg razumijevanja procesa. U daljnjem tekstu je sam postupak detaljnije opisan.

### 4.1. Opis i postupak MIG/MAG zavarivanja

MIG/MAG postupak zavarivanja je elektrolučni postupak zavarivanja taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi. Kod ovog postupka zavarivanja električni luk se održava između taljive kontinuirane elektrode u obliku žice, u pravilu spojene na plus pol istosmjernog izvora struje. Proces se odvija u zaštitnoj atmosferi koju osiguravaju inertni plinovi argon i helij ili aktivni plinovi ( $\text{CO}_2$  i mješavine). Ovisno o vrsti upotrijebljenog plina i postupak nosi oznaku MIG (zaštita inertnim plinom) ili MAG (zaštita aktivnim plinom). Sam uređaj je u oba slučaja isti. Shematski je proces i uređaj prikazan slikom 4.1. [8]

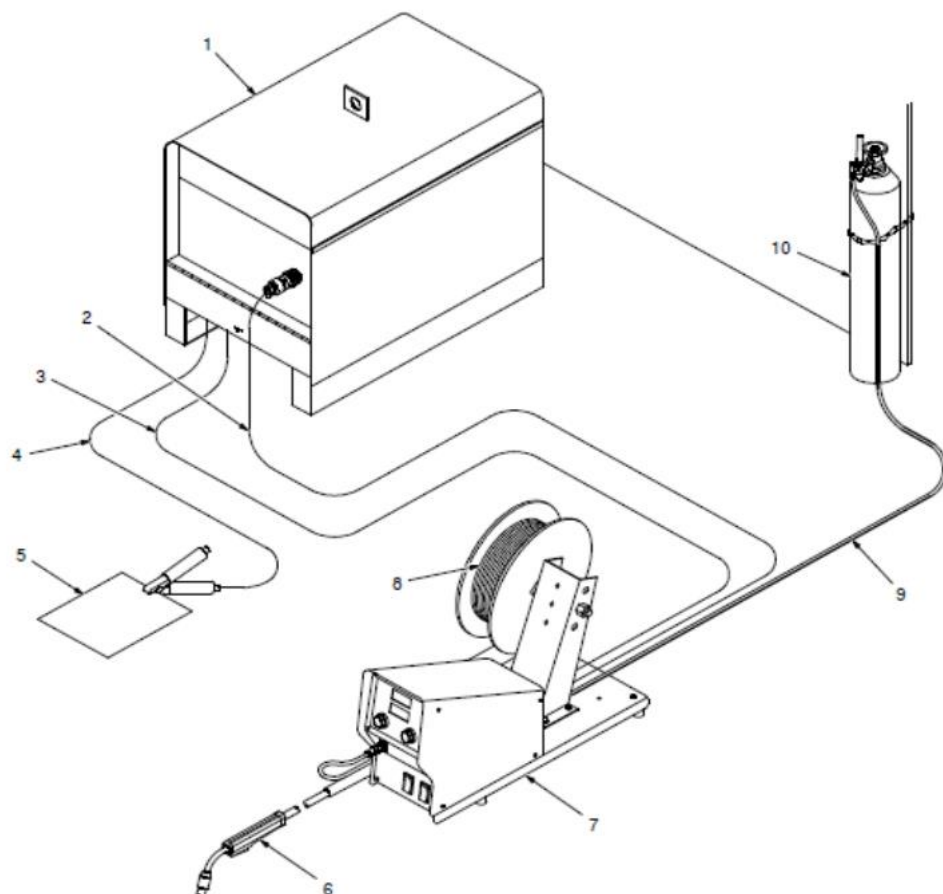


*Slika 4.1 Shema elektrolučnog zavarivanja taljivom metalnom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plinova MIG/MAG [8]*

a) proces taljenja,

b) poluautomat za MIG/MAG

Pogonski sistem dodaje žicu konstantnom brzinom kroz cijevni paket i pištolj u električni luk. Žica je istovremeno i elektroda i dodatni materijal, to jest, njenim taljenjem se popunjava pripremljeni žlijeb. Postupak može biti poluautomatski (dodavanje žice mehanizirano, a vođenje pištolja ručno) ili automatski potpuno mehaniziran. U drugom slučaju glava s pištoljem može biti pokrenuta nekim mehanizmom ili je ona nepomična, ali zato radni komad ima mehanizirano gibanje. Kada se zavarivanje vrši na udaljenosti većoj od 5 m od izvora struje, obično se primjenjuje dodatni pogon za dodavanje žice smješten u samom pištolju. Uobičajeni naziv za takav sistem se zove „push-pull“. Njegova je primjena nužna i na malim udaljenostima kada se radi s tanjim žicama (promjera 0,6 do 0,8 mm) ili žicama od mekših materijala (Al i njegove legure). Primjena „push-pull“ sistema sprečava gužvanje žice unutar cijevnog vodiča. Prikaz uređaja za MIG/MAG zavarivanje prikazano je i opisano slikom 4.2. [8]



*Slika 4.2 Uređaj za MIG/MAG zavarivanje [9]*

Opis:

1. Izvor struje
2. Kabel za napajanje kontrolnog uređaja
3. Kabel uređaja za ulaganje
4. Kabel za uzemljenje
5. Radni komad
6. Pištolj za zavarivanje
7. Uređaj za konstantnu brzinu dobave žice
8. Kolut za žicom (dodatnim materijalom)
9. Crijeva za plin
10. Boca s zaštitnim plinom

#### **Parametri kod MIG/MAG zavarivanja:**

- brzina zavarivanja  $v_z$  (cm/min)
- jakost struje  $I$  (A) – razmjerna s brzinom dobave žice  $v_z$  (m/min)
- napon električnog luka  $U$  (V) – razmjernan s visinom električnog luka
- slobodni kraj žice  $l_{skz}$  (mm)
- promjer žice  $d_z$  (mm)
- nagib pištolja  $\alpha$  (°)
- induktivitet  $L$  (H)
- protok plina  $Q$  (l/min) i vrsti plina [9]

#### **Prednosti MIG/MAG postupka zavarivanja su:[10]**

- mogućnost zavarivanja širokog spektra materijala različitih debljina, ali i vrsta
- jednostavna i lako dostupna oprema za zavarivanje
- zavarivanje u svim položajima
- visoka iskoristivost dodatnog materijala
- visoka učinkovitost postupka zavarivanja u usporedbi s ostalim elektrolučnim postupcima

- odličan izgled zavarenih spojeva
- relativno jednostavna obuka zavarivača
- manji utjecaj operatera (zavarivača) na proces zavarivanja
- manji unos topline u usporedbi s drugim zavarivačkim postupcima
- stvaranje manje količine zavarivačkih plinova u usporedbi s REL postupkom
- lako i brzo čišćenje zavarenih spojeva, minimalno prskanje
- nizak unos vodika u metal zavara
- manja deformacija osnovnih materijala u slučajevima primjene suvremenih MIG/MAG postupaka
- jednostavna automatizacija procesa
- niža cijena dodatnih materijala i općenito niža cijena zavara po jedinici dužine u usporedbi s ostalim elektrolučnim postupcima
- mogućnost primjene različitih plinski mješavina
- mogućnost primjene praškom punjene žice
- mogućnost primjene i za lemljenje.

**Nedostatci MIG/MAG postupka zavarivanja su:[10]**

- manji toplinski input kod prijenosa metala kratkim spojevima - zavarivanje samo tanjih materijala
- veći toplinski input kod prijenosa metala štrcajućim lukom - zavarivanje samo debljih materijala
- nemogućnost zavarivanja u prisilnim zavarivačkim položajima prilikom upotrebe aksijalnog prijenosa metala štrcajućim lukom
- potreba za primjenom skupljih zaštitnih plinova kod prijenosa metala štrcajućim lukom (mješavine zaštitnih plinova na bazi Ar osjetno su skuplje od čistog CO<sub>2</sub>)

- mogućnost pojave pogrešaka u zavarenim spojevima kod terenskih radova zbog vanjskih utjecaja
- problemi kod dovođenja dodatnog materijala (žice) kod zavarivanja aluminijskih legura
- veći broj grešaka uslijed neodgovarajuće tehnike rada i parametara zavarivanja
- rasprskavanje kod prijenosa metala kratkim spojevima, gubitak istog i potreba za dodatnim čišćenjem.

## 4.2. Zaštitni plinovi

Zaštitni plinovi koji se koriste kod ovog postupka štite rastaljeni metal od utjecaja okoline atmosfere, a dovode se na mjesto zavarivanja kroz posebnu sapnicu na pištolju koja se nalazi oko kontaktne cjevčice. Ionizacijom plina osigurava se vodljivi prostor za održavanje električnog luka.

U slučaju primjene inertnog zaštitnog plina (Ar, He ili njihove mješavine) nema reakcije rastaljenog metala s plinom pa se takvi plinovi koriste kod zavarivanja osjetljivih materijala na utjecaj plinova iz atmosfere (Al, Cu i njihove legure, CrNi čelici, Ti i slično).

Ako se zavaruju nelegirani konstrukcijski čelici moguća je primjena aktivnih plinova (čistog CO<sub>2</sub> ili mješavina Ar/CO<sub>2</sub> ) i rastaljenog metala. CO<sub>2</sub> je inertan pri nižim temperaturama, ali se iznad 1600 °C disocira u ugljični monoksid i slobodni kisik koji tada reagira s rastaljenim metalom. Može doći i do ponovnog vezivanja u molekulu CO<sub>2</sub> čime se oslobađa toplina, a posljedica je veće provarivanje. [8]

## 4.3. Uloga plinova pri zavarivanju

Mjesto zavarivanja i kapljice rastaljenog metala za vrijeme leta kroz električni luk i talina moraju se zaštititi od djelovanja okolne atmosfere. Ta zaštita se uspješno može izvesti pomoću odgovarajućih plinova. Postoji mogućnost primjene čitavog niza plinova bilo inertnih ili njihovih mješavina. Poznavanje utjecaja zaštitnih plinova je neophodno da bi se moglo ocijeniti njihovo djelovanje. Utjecaj zaštitnih plinova održava se na:

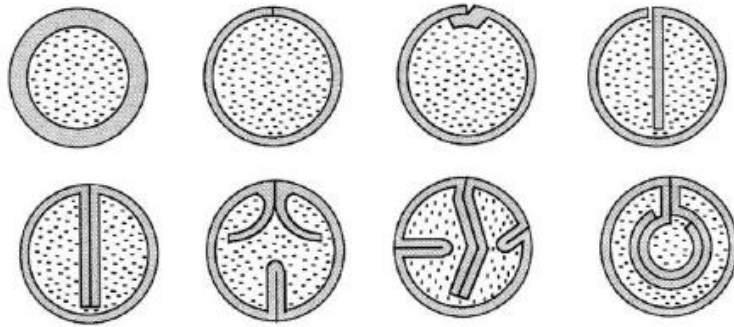
- električno-fizikalna svojstva električnog luka i time na prijenos metala s elektrode na radni komad
- metalurške procese u talini zavara
- tehnološke parametre [8].

Specifična gustoća zaštitnog plina ima veliki značaj za efikasnost zaštite mjesta zavarivanja od utjecaja okolne atmosfere. Ako se usporede najčešće upotrebljavani plinovi, može se uočiti da argon, koji je najgušći od inertnih plinova (10 puta gušći od helija), i ugljični dioksid, koji je za 1/3 gušći od argona, oblikuju dobar zaštitni omotač. S druge strane, dušik, helij i vodik skloni su turbulentnom strujanju pri izlazu iz sapnice. Posebno je kod helija potreban veći protok za istu kvalitetu zaštite u položenom položaju. Toplinska vodljivost plinske atmosfere utječe na radijalne gubitke topline što utječe na oblik jezgre luka i njegovu geometriju. Argon, koji ima nisku vodljivost, daje usku zonu jezgre luka, za razliku od CO<sub>2</sub> koji ima veću toplinsku vodljivost i prema tome širu jezgru luka. Ovo svojstvo održava se i na oblik penetracije u osnovnom metalu. [8]

#### **4.4. Žice za MIG/MAG zavarivanje**

Najčešće se koriste pune žice promjera od 0,6 do 2,4 mm. Žice od čeličnih materijala su pobakrene ili poniklane radi boljeg električnog kontakta i zaštite od korozije. Površina žica mora biti glatka, dimenzija vrlo točna i treba biti uredno namotana na kolute koji se postavljaju u uređaj za dodavanje. Osim punih žica koriste se i praškom punjene žice. Takve žice mogu imati raznovrsne presjeke, ovisno o načinu proizvodnje. Praškom punjene žice koriste se uz plinsku zaštitu, a postoje žice koje same stvaraju zaštitnu atmosferu raspadanjem jezgre pa se ne zahtijeva dodatna zaštita plinom. [8]

Takve žice dobivaju se od metalne trake, debljine oko 0.5 mm, koja se savija po duljini i puni bazičnim, metalnim ili rutilnim praškom određenog kemijskog sastava. Stupanj punjena može biti: nizak (manji od 15%), srednji (15-25%) i visoki (veći od 25%) [12]. Žice koje su punjene imaju raznovrsne poprečne presjeke, što je prikazano na slici 4.3.



*Slika 4.3 Oblici praškom punjene žice [12]*

Kod žica koje su punjenje praškom zavarivanje se može provoditi sa zaštitnim plinom ili bez zaštitnog plina što zavisi o samom prašku koji se puni u žice. U slučaju kada ne postoji zaštitni plin, žice stvaraju zaštitnu atmosferu raspadanjem jezgre. Prednosti zavarivanja praškom punjenje žice u odnosu na ostale postupke su [12]:

- visoka kvaliteta zavara
- odlična penetracija i ljepši izgled zavara
- izvanredan oblik kutnih zavara u zidnom položaju
- veća produktivnost
- nizak sadržaj vodika
- manja opasnost od naljepljivanja i poroznosti
- manje štrcanje
- velika brzina zavarivanja.

Nedostaci praškom punjenje žice u odnosu na ostale postupke:

- veća cijena žice u odnosu na punu
- veća količina plinova
- potreba za skidanje troske.

## **4.5. Prijenos metala pri zavarivanju**

Prilikom zavarivanja postoje dva osnovna načina prijenosa dodatnog materijala do radnog komada, tj. taline. Materijal se može prenositi slobodnim letom kapljica ili premošćivanjem. Zbog specifičnosti pojava i duljine električnog luka možemo razlučiti kod prijenosa metala



premošćivanjem: prijenos metala kratkim spojevima i prijenos metala mješovitim lukom, a kod prijenosa slobodnim letom kapljice: štrcajući i pulsirajući luk. [8]



*Slika 4.4 Mehanizam prijenosa metala kod MIG/MAG zavarivanja [11]*

#### 4.5.1. Prijenos metala štrcajućim lukom

Osnovna karakteristika prijenosa metala štrcajućim lukom je prijenos metala (rastaljene kapljice) 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 time se podrazumijeva povećanje jakosti struje koja će u konačnici dati veće zagrijavanje i povećanje "pinch-efekta", odnosno smanjenje sila koje nepovoljno djeluju na odvajanje rastopljenih kapljica (sile površinske napetosti, reaktivne sile itd.). Jedan od uvjeta za prijenos metala štrcajućim lukom 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 zavarenog spoja (npr., kisik utječe na dubinu penetracije – penetracija je uža i dublja, dok upotreba CO<sub>2</sub> daje blažu i zaobljeniju penetraciju). [11]



*Slika 4.5 Prijenos metala štrcajućim lukom [11]*

#### 4.5.2. 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 (struja impulsa) ona vrijednost koja omogućuje prijenos metala bez uspostave kratkog spoja (prijenos metala štrcajućim lukom), tj., struja zavarivanja koja je dovoljna da rastali dodatni materijal (žicu), a u idealnom slučaju, vremenski interval trajanja maksimalne struje je minimalno vrijeme potrebno za formiranje i odvajanje jedne kapljice rastaljenog materijala po impulsu. [11]



*Slika 4.6 Prijenos metala pulsirajućim lukom [11]*

#### 4.5.3. Prijenos metala kratkim spojevima

Prijenos metala kratkim spojevima jest postupak kod kojeg kontinuirano dovođena puna ili praškom punjena žica stvara metal zavara uslijed uspostave kontinuiranih kratkih spojeva (slika 4.7). Uzmu li se u obzir svi spomenuti konvencionalni procesi prijenosa metala kod elektrolučnih postupaka zavarivanja, ovo je način prijenosa metala s najmanje unosa topline na mjesto zavara. Pojedinačno gledajući, svaki prijenos metala kod ovog procesa nastaje kada žica dođe u fizički kontakt s osnovnim materijalom ili već nastalim metalom zavara (bilo u krutom ili rastaljenom stanju), a sam proces prijenosa najviše ovisi o promjeru žice (dodatnog

materijala), vrsti zaštitnog plina te osnovnim parametrima zavarivanja, a događa se između 20 i 200 puta u sekundi. [11]



*Slika 4.7 Prijenos metala kratkim spojevima [11]*

#### **4.5.4. Prijenos metala mješovitim lukom**

Prijenos metala mješovitim lukom, slika 4.8, najčešće se odvija uz upotrebu CO<sub>2</sub>, kao zaštitnog plina ili plinskih mješavina s velikim udjelom istog. To je prijenos metala kod kojeg dolazi do prijenosa metala štrcajućim lukom i kratkim spojevima, a izmjena i redoslijed mehanizama prijenosa je slučajna pojava. Mehanizam prijenosa metala štrcajućim lukom u ovom slučaju najčešće je posljedica gravitacijskih sila. Osnovni nedostatak ovakvog prijenos 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 rasprskavanje je znatno povećano. [11]



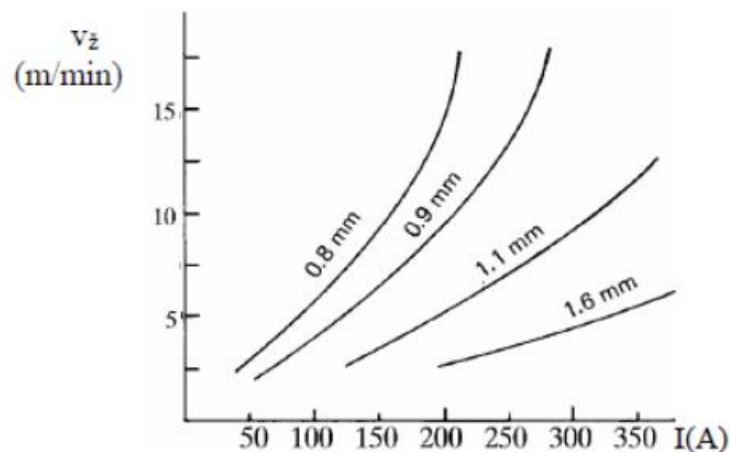
*Slika 4.8 Prijenos metala mješovitim lukom [11]*

## 4.6. Utjecaj parametara na tehnologiju zavarivanja

Ukoliko se želi dobiti kvalitetno zavareni spoj, utjecaj parametara kod tehnologije zavarivanja vrlo je važan faktor. Neka od mjerila kod MAG postupka zavarivanja mogu biti: pojava poroznosti, pukotina, naljepljivanja, rasprskavanje uslijed neodgovarajuće tehnike rada i pogrešnog izbora parametara za zavarivanje. Na kvalitetu zavarenog spoja upravo ti parametri imaju veliki utjecaj, a biraju se s obzirom na vrstu i debljinu osnovnog materijala, oblik spoja i položaj zavarivanja. Napon električnog luka, struja zavarivanja, brzina dovođenja DM, brzina zavarivanja, duljina slobodnog kraja DM, induktivitet, položaj zavarivanja, tehnika zavarivanja, vrsta i protok zaštitnog plina samo su neki od parametara koje je potrebno ispuniti da bi izvedba zavara bila što bolja. [13]

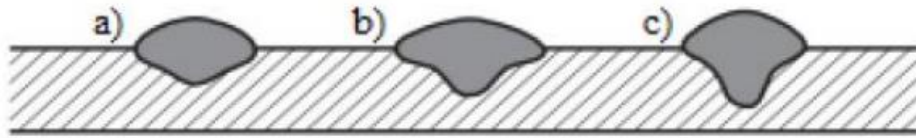
### 4.6.1. Jakost struje

Jakost struje ovisi o vrsti materijala komada koji se zavaruje, debljini radnog komada i položaju zavarivanja. Struja ima utjecaj na sam izgled zavara. Kada su ostali parametri konstantni, jačina struje ovisi o brzini dodatnog materijala tj. brzini dobave žice, ali i promjeru same žice. Ako žica ima veću dobavnu brzinu, time mora biti i veća jakost struje, ali i ako je veći promjer žice. Samim tim dobit će se širi zavar. Zavisnost brzine dovođenja žice, odnosno topljenja žice i jakosti struje, linearna je za manje vrijednosti struje, dok kod većih struja postaje nelinearna [15,16,17]. Slika 4.9 prikazuje zavisnost brzine dovođenja žice i jačine struje.



Slika 4.9 Zavisnost jačine struje i dobave žice [15]

Povećanje jačine struje zavarivanja, odnosno brzina dovođenja dodatnog materijala, uz ostale konstantne parametre dovodi do povećanja dubine protaljivanja i nadvišenje zavara i samog izgleda, oblika zavara [16,17], koji su prikazani na slici 4.10. Pod a) mala struja, b) srednja struja i c) visoka struja.



*Slika 4.10 Utjecaj jakosti struje na zavar [16]*

#### **4.6.2. Induktivitet**

Induktivitetom se regulira brzina promjene struje pri kratkim spojevima tj. kontrolira se brzina porasta struje. Dodavanjem indukcijske zavojnice s otporom u strujni krug, brzina porasta struje je duža, što ima za posljedicu glatko odvajanje kapljice s vrha dodatnog materijala i tada ne dolazi do prskanja naokolo.

#### **4.6.3. Utjecaj napona**

Utjecaj napona također ovisi o parametrima i kvaliteti zavarenog spoja. Kada je napon previše nizak, zavarivački luk je dugačak te je zavarivački luk nestabilan, lice šava zavara ima hrapav izgled, zaštita zavara (taljenja) je lošija te dolazi do sužavanja zavara. [14]

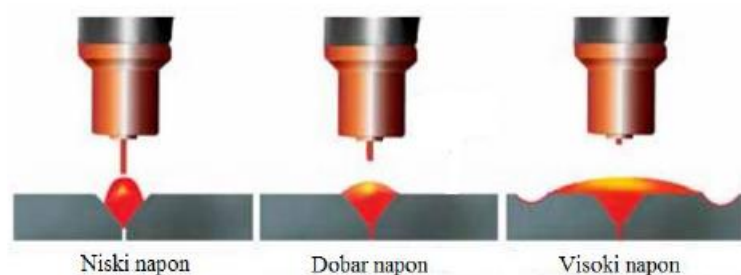


*Slika 4.11 Izgled zavora kod smanjenja napona [14]*

Povećanjem napona električnog luka dobiva se širi zavar i manje provarivanje, a postoji i velika opasnost od naljepljivanja.



*Slika 4.12 Izgled zavora kod povećanja napona [14]*



*Slika 4.13 Oblici zavara s obzirom na napon električnog luka [14]*

Potreban napon za pravilno izvođenje postupka varira ovisno o različitim vrstama prijenosa metala i promjeru dodatnog materijala. Kod prijenosa kratkim spojevima, koriste se niski naponi od 13 do 21 V. Prijenos prijelaznim lukom zahtijeva napon od 22 do 25 V. Štrcajući luk zahtijeva napon od 25 do 40 V. U tablici 1. prikazana je ovisnost napona o drugim parametrima. Odnosi se na običan konstrukcijski čelik te sučeljeni spoj. O naponu ovisi širina električnog luka te o njemu ovisi duljina, širina i stabilnost električnog luka. Duljina električnog luka proporcionalno ovisi o naponu, odnosno što je napon veći, veća je i duljina luka. [20]

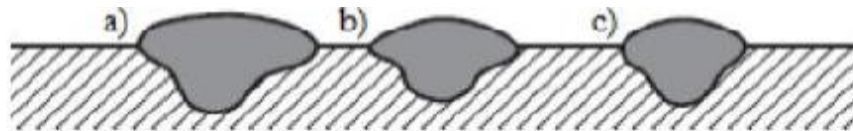
*Tablica 1. Ovisnost napona o navedenim parametrima [20]*

Debljina materijala (mm)	Promjer žice (mm)	Jakost struje (A)	Napon (V)	Brzina zavarivanja (cm/min)
1,2	0,8;0,9	70-80	18-19	45-55
1,6	0,8;1,0	80-100	18-19	45-55
2	0,8;1,0	100-110	19-20	50-55
2,3	1,0;1,2	110-130	19-20	50-55
3,2	1,0;1,2	130-150	19-21	40-50
4,5	1,2	150-170	21-23	40-50
6	1,2	220-260	24-26	40-50
9	1,2	320-340	23-34	40-50

#### 4.6.4. Brzina zavarivanja

Brzina zavarivanja utječe na učinkovitost i određuje se u ovisnosti položaja zavarivanja i jakosti struje. Brzina zavarivanja je brzina kojom se električni luk kreće po liniji spajanja zavara materijala. [12]

Ovaj parametar potrebno je uskladiti s količinom taline, odnosno, ako je nedovoljna brzina zavarivanja, dolazi do naljepljivanja i uključaka troske, a prebrzo zavarivanje daje preveliko nadvišenje šava. Slika 4.14 prikazuje utjecaj brzine na oblik, širinu zavara i protaljivanje. Pod a) mala, b) srednja i c) velika [12]



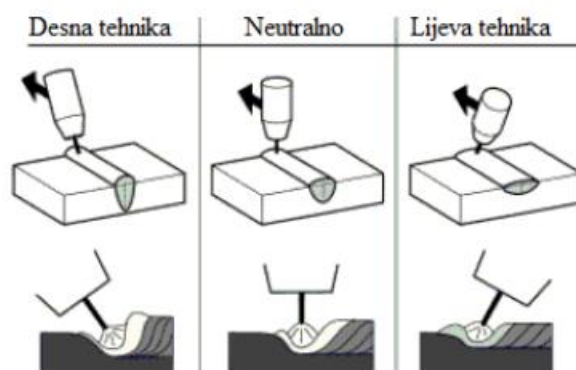
*Slika 4.14 Utjecaj brzine zavarivanja na sami oblik, širinu zavara i protaljivanje [12]*

#### 4.6.5. Tehnika zavarivanja (položaji zavarivanja)

Postoje tri osnovne tehnike zavarivanja a to su:

1. desna tehnika - uži zavar i veća penetracija, koristi se za deblje materijale
2. neutralna (okomito) - širi zavar i srednja penetracija
3. lijeva tehnika - širi zavar i manja penetracija, koristi se za tanje materijale.





*Slika 4.15 Tehnike zavarivanja [16]*

Ovisno o položaju zavarivanja primjenjuju se i različiti prijenosi metala. Kod horizontalnog i vodoravnog položaja to je štrcajući i mješoviti (kojeg treba izbjegavati), dok se kod svih ostalih položaja primjenjuje kratki i impulsni prijenos metala. Kod prisilnih položaja koristi se dodatni materijal manjih promjera. [16]

#### **4.6.6. Zaštitni plinovi i dodatni materijal (žica)**

Pravilan odabir zaštitnog plina ima veliki utjecaj na kvalitetu samog zavara. Osim pravilnog odabira i vrste plina utjecaj ima i sam njihov protok kroz cijevi, od boce preko pištolja do mjesta zavara. Protok samog plina ovisi o vrsti spoja, položaju i brzini zavarivanja, obliku i dimenziji žlijeba, jačini struje, naponu električnog luka i promjeru žice.

Svojim sastavom i promjerom žica, kao dodatni material, također utječe na zavar. Promjer dodatnog materijala (određenog sastava) mora imati optimalni raspon jačine struje. Pri nedovoljnim strujama može doći do netopljenja dodatnog materijala, a pri velikim strujama do poroznosti, pojave siromašnog topljenja. [10,18]

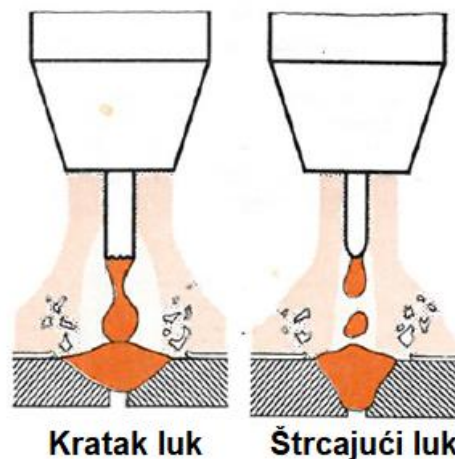
### **4.7. Izvor struje za zavarivanje**

Kod postupaka MIG i MAG koristi se, bez obzira na vrstu osnovnog materijala, jednosmjerna struja uz inverzni polaritet (elektroda je vezana za pozitivni pol). Pri direktnom polaritetu prijelaz metala se ostvaruje velikim nepravilnim kapima i praćen je rasprskavanjem. S druge strane, napajanje izmjeničnom strujom zahtijevalo bi povišen napon pa bi luk bio

nestabilan. Da bi se ostvario stabilan luk, potrebna su dva uvjeta: žica se mora kretati konstantnom brzinom, uređaj za zavarivanje mora raditi konstantnim naponom, odnosno vrijednost napona ne smije se promijeniti niti kad dođe do varijacije jačine struje. Vrijednost napona utječe i na tehniku zavarivanja koja će se primijeniti, a ona može biti: kratkim lukom od 15 do 24 V i štrcajućim lukom, preko 24 V.

Pri kratkom luku metal za dodavanje izdvaja se u zavar u obliku krupnih kapi. U toku prijelaza svake kapi dolazi do pojave kratkog spoja, luk se gasi na kratko vrijeme, dovoljno da se rastopljeni materijal ohladi. Tehnika kratkog luka se obično koristi za zavarivanje tankih predmeta i može se primijeniti u svim položajima.

Štrcajućim lukom prijelaz metala za dodavanje se obavlja sitnim kapljicama koje sa žice padaju prema predmetu. Ovom tehnikom se ostvaruju dobri rezultati samo pri horizontalnom položaju zavarivanja i za predmete velike debljine jer se dobije tekuća talina. [18]



*Slika 4.16 Opis kratkog i štrcajućeg luka [18]*

Izvor struje za zavarivanje su električni uređaji koji daju na mjestu zavarivanja električnu struju sa karakteristikama pogodnim za zavarivanje. Kada su priključeni na električnu mrežu (trofaznu ili jednofaznu), kaže se da su u praznom hodu ( uređaj je pod naponom i spreman za rad, ali se još nije uspostavio električni luk). Napon praznog hoda mora biti dovoljan da se uspostavi električni luk, ali ne smije biti previsok da bi ugrozio čovjekov život ( u nepovoljnim slučajevima). Obično je napon praznog hoda kod ručnih uređaja oko 40 do 60 V, a kod automatskih do 110 V. [21]

Uređaji za zavarivanje su:

1. rotacijski pretvarači (generatori)
2. transformatori
3. ispravljači
4. inverteri
5. agregati.

#### **4.7.1. Rotacijski pretvarači (generatori)**

Generatori istosmjerne struje su najstariji, najpouzdaniji i najsvestraniji izvori struje zavarivanja. Oni su najskuplji, održavanje im je najsloženije i imaju najmanji koeficijent korisnog djelovanja. Statičke karakteristike ovih izvora mogu biti svih oblika (padajuće, ravne, itd.), a mogu se primijeniti za sve vrste zavarivanja. [21]

#### **4.7.2. Transformatori**

Transformatori su najviše upotrebljavani izvori struje za zavarivanje koji izmjeničnu struju pretvaraju također u izmjeničnu struju s karakteristikama pogodnim za zavarivanje. Rad se zasniva na principu elektromagnetske indukcije. Kada kroz primar transformatora prolazi električna struja, formira se magnetsko polje (smjer silnica magnetskog polja određuje se po pravilu “desne ruke”). Kada se vodič, u ovom slučaju sekundar transformatora, nađe u promjenjivom magnetskom polju, tada se na njegovim krajevima pojavi razlika potencijala, tj. električni napon. [21]

#### **4.7.3. Ispravljači**

Ispravljači za zavarivanje sastoje se od trofaznog ili monofaznog transformatora s ispravljačkim diodama. Ispravljanje izmjenične u istosmjernu struju obavlja se pomoću ispravljačkih elemenata koji propuštaju struju samo u jednom smjeru, dok za drugi smjer predstavljaju vrlo veliki otpor. Trofazni transformator simetrično opterećuje sve tri faze električne mreže. Ako se koristi monofazni transformator, bit će opterećena samo jedna faza

(nesimetrično opterećenje). Najpovoljniji su trofazni izvori s punovalnim ispravljanjem jer daju gotovo konstantnu istosmjernu struju s jednolikim opterećenjem mreže. [21]

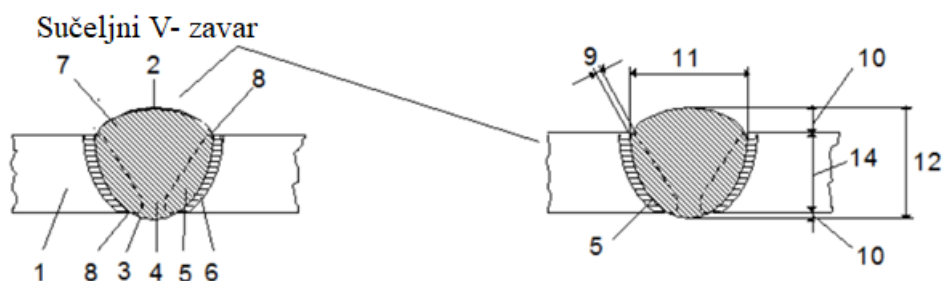
#### 4.7.4. Inverteri

Inverteri daju istosmjernu ili visokofrekventnu pulsirajuću struju. Pojavili su se na tržištu u relativno novije vrijeme i sve se više koriste u praksi zbog niza prednosti u odnosu na ostale izvore struje za zavarivanje. Osim što daju stabilnu karakteristiku električne struje za zavarivanje, prednost im je izuzetno mala težina u odnosu na ostale izvore struje za zavarivanje. Ova ušteda u težini postignuta je smanjenjem dimenzija transformatora koji je za frekvenciju mreže od 50 Hz masivan da se onemogući pretjerano zagrijavanje u radu. Inverter se sastoji od ispravljača koji daje istosmjernu struju napona gradske mreže i tiristorskog dijela koji “sjecka” istosmjernu struju i daje impulse frekvencije čak do 50 kHz. [21]

#### 4.7.5. Agregati

Zadatak agregata je da proizvede potrebnu istosmjernu struju za zavarivanje koja se ne može dobiti iz gradske mreže. Agregati za zavarivanje neovisni su o električnoj mreži, tj., pogodni su za montažu. Pogone se od strane Dizel ili Otto motora, a on pokreće generator koji daje struju karakteristika pogodnih za zavarivanje. [21]

### 4.8. Oblici zavarenih spojeva



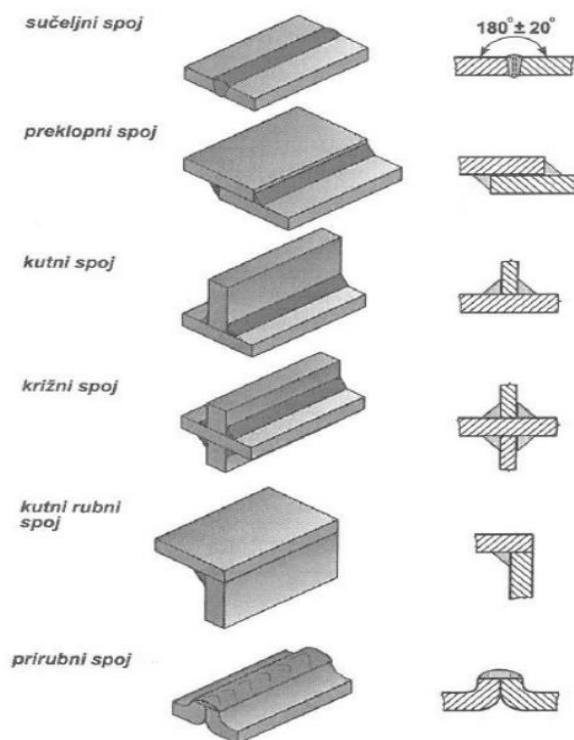
*Slika 4.17 Elementi zavarenog spoja na primjeru jednoprolaznog zavora [6]*

### **Dijelovi zavarenog spoja su:**

1. osnovni materijal
2. lice zavara (navara) je površina zavara
3. naličje zavara je površina korijenskog dijela zavara
4. korijen zavara je dio zavarenog spoja u korijenu žlijeba
5. granica taljenja
6. zona taljenja (zavar, šav, navar)
7. zona utjecaja topline
8. rub zavara je linija zavara (granica taljenja na površini) između lica (nadvišenja) i OM
9. dubina uvara (penetracije) je dio pretaljenog osnovnog materijala
10. nadvišenje lica zavara i nadvišenje u korijenu zavara
11. širina zavara
12. debljina zavara (stvarna)
13. debljina navara
14. debljina zavara – proračunska [6].

## **4.9. Vrste zavarenih spojeva**

Prema međusobnom položaju zavarenih dijelova razlikujemo glavne vrste zavarenih spojeva koje su prikazane na slici 4.18. Oznake zavara su prikazane slikom 4.19. [6]



*Slika 4.18 Vrste spojeva i žlijebova [6]*

Rubni spoj		Dvostruki Y-spoj	
Sučeljeni I-spoj		Dvostruki U-spoj	
Sučeljeni V-spoj		Kutni spoj	
Sučeljeni polu V-spoj		Kutni spoj obostran	
Sučeljeni Y-spoj		Preklopni spoj	
Sučeljeni polu Y-spoj		Točkasti zavar	
Sučeljeni U-spoj		Navar	
Sučeljeni J-spoj		Igličasti spoj	
Sučeljeni X-spoj		Sučeljeni kosi spoj	
Sučeljeni K-spoj		Dvostruki polu Y-spoj	

*Slika 4.19 Oznake zavora [22]*

## **OSTALE PODJELE ZAVARENIH SPOJEVA:**

Prema broju prolaza:

- jednoprolazni, više prolaza, više slojeva gdje svaki sloj može imati više prolaza

Prema kontinuiranosti:

- neprekidni, isprekidani, točkasti

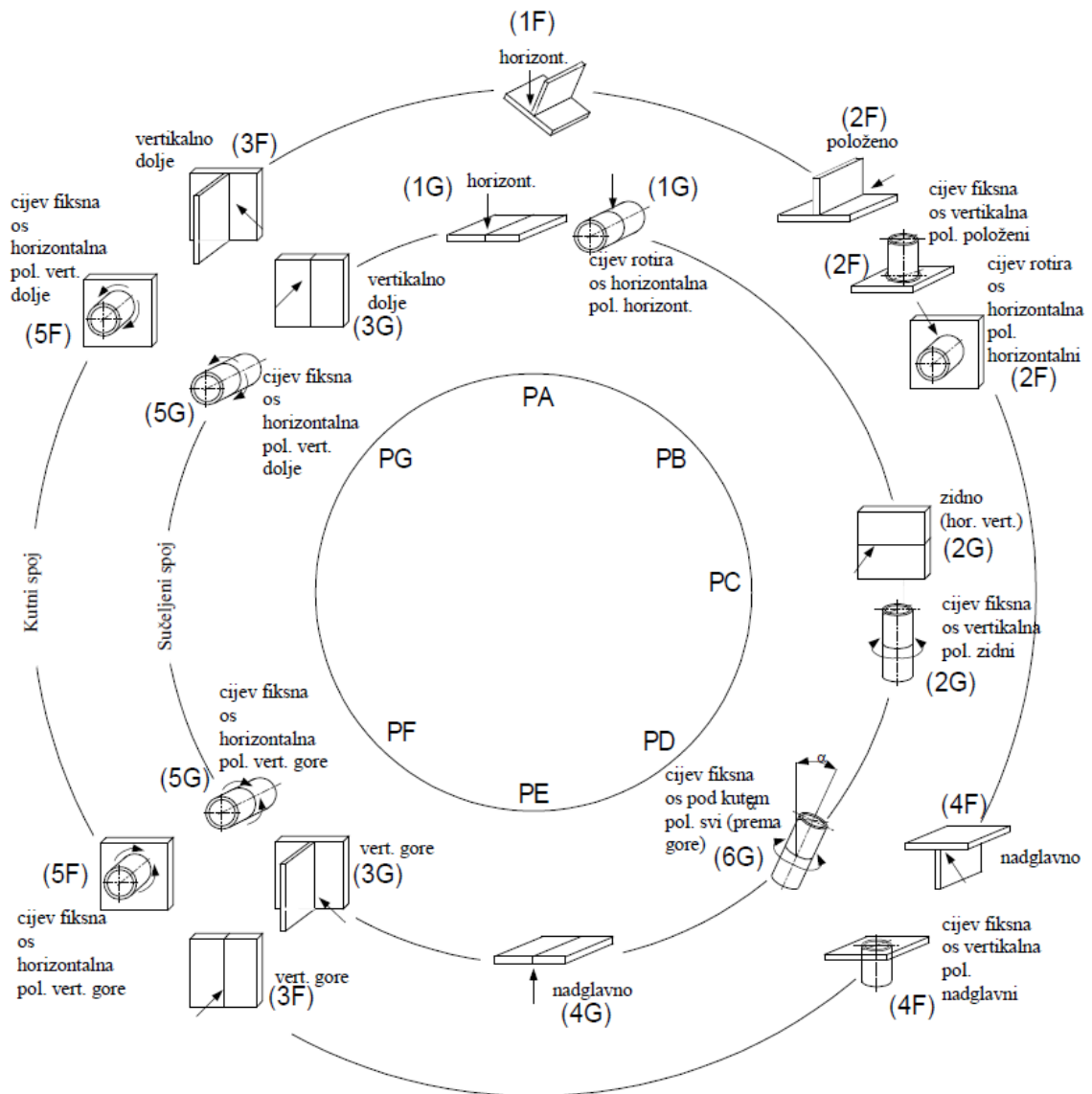
Prema funkciji:

- nosivi, brtveni, spojni, kombinirani

Prema položaju zavarivanja:

- horizontalan, vertikaln, horizontalno-vertikaln, nadglavni. [6]

## 4.10. Položaji zavarivanja



Slika 4.20 Položaji zavarivanja [6]

## 4.11. Suvremeni postupci MIG/MAG zavarivanja

U današnjoj praksi postoji dvadesetak postupaka MAG zavarivanja koji koriste modificirane prijenose metala, i to prvenstveno u području niskog unosa topline kombinirajući kratki spoj i strujni puls, ali postoje i varijante koje primjenjuju modificirani štrcajući luk. Karakteristični postupci koji integriraju specifične koncepte prijenosa metala jesu kako slijedi :



- STT- Surface Tension Transfer®
- FastROOT®
- CMT-Cold Metal Transfer®
- AC MIG-Alternating Current MIG®
- RMT –Rapid MIG/MAG Technology® [19]

## **4.12. Utjecaj duljine kabela pri zavarivanju**

Izvor struje za zavarivanje i držač elektrode ili pištolj za zavarivanje povezani su kablom. Posljedica je niži napon električnog luka od onoga na priključnim stezaljkama na izvoru struje za zavarivanje. Utjecaj duljine kabela na električni luk ovisi o nizu čimbenika. Konvencionalni MIG/MAG uređaji koriste ispravljače s ravnom karakteristikom, tzv. «constant voltage», čiji napon je gotovo konstantan pri promjeni struje zavarivanja. Dodatno, klasični MIG/MAG postupak za dobar rad zahtijeva izvore s ravnom karakteristikom. Posljedica toga je znatno veća osjetljivost MIG/MAG postupka na pad napona u kابلu od REL zavarivanja. Zavarivanje kratkim spojevima je zbog niskog napona više osjetljivo na gubitke u kابلu od zavarivanja štrcajućim lukom. U oba slučaja moguće je kompenzirati pad napona povišenjem napona na uređaju. Zavarivanje praškom punjenom žicom može podnijeti veći pad napona u kablima zbog njihove duljine iz jednostavnog razloga što više podsjeća na REL nego na zavarivanje kratkim spojevima. Kod impulsnog MIG zavarivanja utjecaj duljine kabela ima znatno različit utjecaj na proces zavarivanja, što se mora posebno analizirati. [19]

## **5. PRAKTIČNI DIO - Osnove MIG/MAG postupaka zavarivanja balkona**

Postupak primjene zavarivanja MIG/MAG procesa na primjeru izrade konstrukcije balkona prikazan je u sljedećim poglavljima.

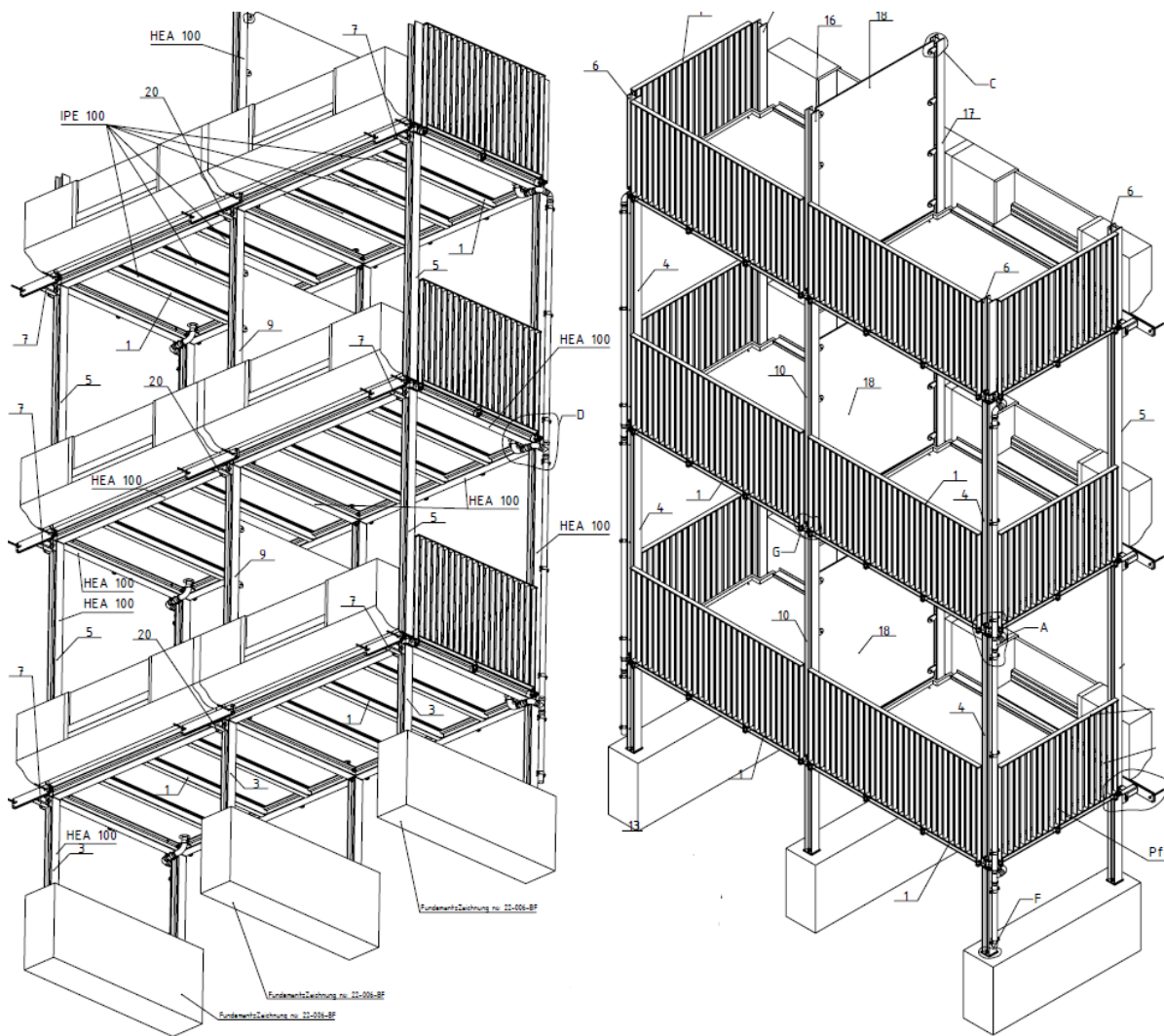
### **5.1. Norme u poduzeću**

Tvrtka Econ d.o.o. iz Preloga specijalizirana je tvrtka za projektiranje, izradu i montažu ventiliranih fasada i metalnih konstrukcija, poduzeće posjeduje sve norme koji su u skladu s europskim standardima zbog sigurnosti i kvalitete proizvoda. Time stječu povjerenje kupaca. Posjeduju certifikate za sljedeće norme:

- ISO 9001:2015
- ISO 14001:2015
- Certifikat EN 1090-1: Zavarivanje nosivih čeličnih konstrukcija
- Certifikat EN 1090-2: Tvornička kontrola proizvodnje nosivih čeličnih konstrukcija
- Certifikat EN 1090-3: Tvornička kontrola proizvodnje nosivih aluminijskih konstrukcija
- Certifikat EN ISO 3834-2: Sposobnost pogona za ispunjavanje zahtjeva za kvalitetu zavarivanja

#### **5.1.1. Uvod praktičnog dijela**

U praktičnom dijelu rada opisan je tehnološki postupak izrade konstrukcije balkona zavarivanjem te svi potrebni parametri i prikupljene informacije kako bi se dobila gotova zavarena konstrukcija balkona. Opisan je postupak planiranja, navedene norme i tvorničke kontrole proizvodnje koje treba ispuniti, zahtjevi za proizvodnju koji uključuju pripremu prije zavarivanja, dokumenti za planiranja zavarivanja, radni planovi, upute za zavarivanja te proizvodni testovi zavara.



*Slika 5.1 Konstrukcija balkona*

## 5.2. Uređaj za zavarivanje i dodatni materijal

Prikaz uređaja za zavarivanje MIG/MAG procesom prikazan je na slici 5.2. Uređaj sadrži neke značajke, a to su:

MIG/MAG zavarivanje u plinskoj zaštiti:

- to je produktivan postupak zavarivanja i stoga ekonomičan
- to je ujedno i najčešće korišteni proces u industriji
- je vrlo univerzalan postupak zavarivanja koji omogućuje zavarivanje različitih tankih i debelih materijala
- MAG postupak (zaštita aktivnim plinom) koristi se za zavarivanje svih vrsta konstrukcijskih čelika
- MIG postupak (zaštita od inertnog plina) koristi se za zavarivanje nehrđajućeg čelika, aluminija i obojenih metala
- nakon zavarivanja, mjesto zavarivanja ostaje čisto i bez šljake, pa je dodatno čišćenje nakon zavarivanja nepotrebno [24]

MIG/MAG pulsno zavarivanje:

- prednost pulsno zavarivanja je potpuno kontrolirani luk i s tim u vezi kvaliteta zavara
- pulsni postupak zavarivanja posebno je prikladan za zavarivanje tankih limova [24]



*Slika 5.2 Daihen Varstroj Welbee P400 MIG*

Uređaj za zavarivanje marke Daihen Varstroj, serije Welbee P400 MIG sadrži navedene tehničke karakteristike:

- Nazivna frekvencija; 50/60 Hz
- Priključni napon: 400 V
- Priključna snaga: 19,2 kW, 17,4 kW
- Nazivna primarna struja: 27,6 A
- Nazivna izlazna struja: 400 A
- Nazivni izlazni napon: 34 V
- Raspon struje zavarivanja: 30 do 400 A
- Raspon napona zavarivanja: 12 do 34 V
- Izlazni maksimalan napon: 80 V
- Intermitencija: 400A ED= 50%, 370A ED= 100%
- Broj zavarivačkih programa: 100
- Najveći porast temperature: 160°C
- Maksimalna vlažnost: 20 do 80% (bez kondenzacije)
- Statička karakteristika: Konstantna naponska karakteristika



*Slika 5.3 Karakteristike izvora za zavarivanje*

Kod zavarivanja konstrukcije korištena je žica proizvođača Linde  $\Phi 1,2$  kao dodatni materijal. Na navedenom prilogu broj 1, prikazan je atest dodatnog materijala te mehanička svojstva kao što su vlačna čvrstoća, istezanje i granica elastičnosti. Pobrončana žica za zavarivanje u zaštitnoj atmosferi  $\text{CO}_2$  ili mješavine plinova  $\text{Ar}/\text{CO}_2$  koristi se za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih čelika čvrstoće do  $530 \text{ N/mm}^2$ .



*Slika 5.4 Žica proizvođača Linde*

### **5.3. Označavanje zavora na nacrtima HRN EN ISO 2553 prema kojima firma radi**

Ovaj dokument definira pravila koja se primjenjuju za simbolički prikaz zavarenih spojeva na tehničkim crtežima. To uključuje informacije o geometriji, proizvodnji, kvaliteti i ispitivanju zavora. Načela ovog dokumenta također se mogu primijeniti na lemljenje i lemljene spojeve.

Simboli navedeni u ovom dokumentu koriste se na tehničkim crtežima za zavarene komponente. Povezano s dizajnom, specifikacije kao što su vrsta, debljina i duljina zavora, kvaliteta zavora, obrada površine i ispitivanja mogu se naznačiti izravno na zavaru pomoću

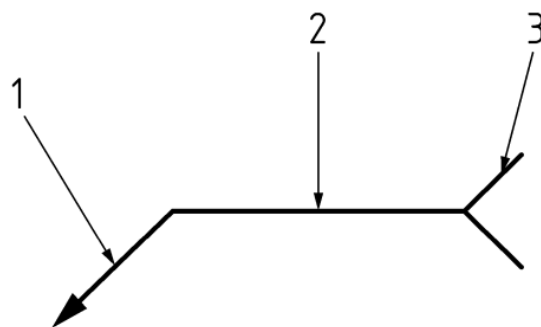
danih simbola. Priprema za proizvodnju može zahtijevati detaljno planiranje vezano uz zavarivanje. Informacije zavarivanja na nekom radioničkom nacrtu mogu se koristiti u svrhu nadopune dodatnim proizvodnim informacijama (npr. mjesto zavarivanja, postupak zavarivanja, WPS, priprema spoja, predgrijavanje itd.). Ove informacije se često daju u dokumentima koji se odnose na proizvodnju, kao što su rasporedi rada ili zavarivanje, specifikacije postupka (WPS). Tehnički crteži namijenjeni su jasnoj i razumljivoj ilustraciji specifikacija. Nacrte vezane uz zavarivanje treba pripremiti i provjeriti posebno obučeno osoblje koje je standardizirano po ISO normi. Označavanje zavara na tehničkim nacrtima primjenjuje se po nacionalno prihvaćenim oznakama koje su standardizirane po normi ISO 2553.

Referentna linija i linija strelice su obavezni elementi. Dodatni elementi mogu biti uključeni za davanje dodatnih informacija. Poželjno je da simbol zavara bude prikazan na istoj strani spoja na kojoj treba napraviti zavar., tj. strana strelice.

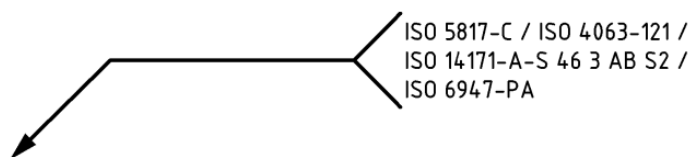
Ako detalji o spoju nisu specificirani i jedini je zahtjev da se naznači da se spoj treba zavariti, može se koristiti osnovni simbol prikazan na slici 5.5. U ovom slučaju dvostruka referentna linija nije potrebna jer se ne prenose nikakvi detalji koji se tiču zavara.

Osnovna oznaka zavara minimalno mora sadržavati (slika 5.5):

- strelicu (1)
- osnovnu liniju (2)
- „vilicu” (3)



*Slika 5.5 Osnovna oznaka zavara*



**Slika 5.6** Dodatna napomena zavora

U „vilicu” se mogu dodati dodatne napomene za detaljnije definiranje izrade/naknadne obrade zavora koje su prikazane slikom 5.6. Dodatne informacije o potrebnom spoju omogućavaju korištenje dodatnih simbola te se dobivaju informacije o obliku zavora ili kako će zavareni spoj biti izveden.

Na primjeru po slici 5.6 je definirano:

- klasa zavora „C” (srednja) prema ISO 5817 (greške kod zavarenih spojeva)
- postupak zavarivanja „121” (zavarivanje pod troskom) prema ISO 4063
- dodatni materijal S 46 3 AB S2 prema ISO 14171-A
- položaj zavarivanja „PA” (horizontalno).

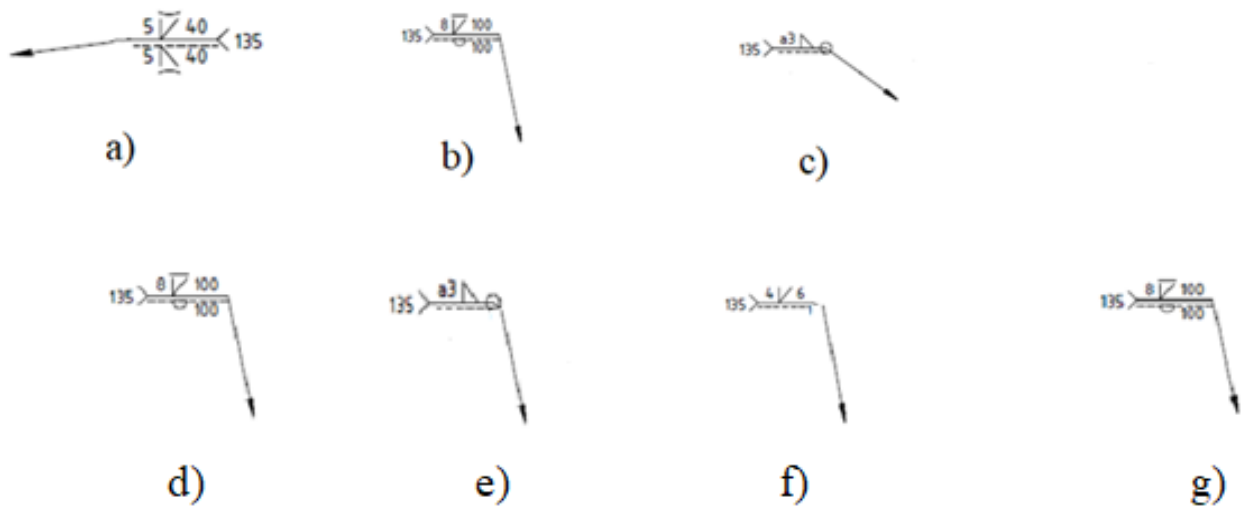
Preko oznake šava može biti jedan od donjih simbola koji označava da li je zavar – šav ispupčen , udubljen – izdubljen ili mora biti ravan tj. obrušen. [23]

Oblik površine šava	Oznaka
a) ravna (obično obrađena)	—
b) ispupčena	⌒
c) izdubljena	⌞

**Slika 5.7** Dopunske oznake oblika površine šava [23]



### 5.3.1. Oblici zavarenih spojeva kod zavarivanja balkona



*Slika 5.8 Oznake zavara na nacrtima*

- a) obostrani polu V- zavar sa pripremom dubine 5 mm i duljine zavara 40 mm s naknadnim brušenjem na „0“
- b) polu V- zavar s ravnom površinom visine 8 mm i dužine 100 mm sa suprotnim zavarom 100 mm
- c) kutni zavar visine 3 mm, zavaren duž cijele konture
- d) polu V- zavar s ravnom površinom visine 8 mm i dužine 100 mm sa suprotnim zavarom 100 mm
- e) kutni zavar visine 3 mm, zavaren duž cijele konture
- f) polu V - zavar visine 4 mm i dužine 6 mm
- g) polu V - zavar s ravnom površinom visine 8 mm i dužinom 100 mm

## 5.4. Izgled pripreme prije zavarivanja

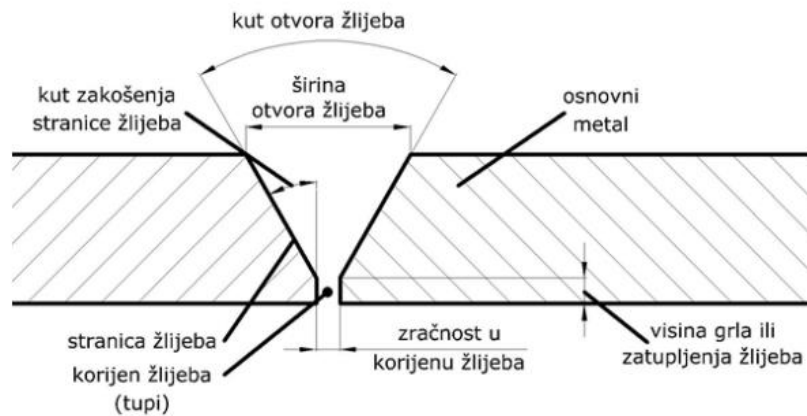
Žlijeb čine obrađeni ili neobrađeni, najčešće, rubni dijelovi osnovnog metala na mjestu pripremljenom za njihovo spajanje, odnosno izvođenje zavarivanja. Oblik i dimenzije žlijeba mogu biti različiti, a odabir odgovarajućeg oblika žlijeba ovisit će o debljini materijala koje treba zavariti, primijenjenom postupku zavarivanja, položaju zavarivanja, vrsti i namjeni spoja. Iako se u praksi susreće i upotrebljava više različitih oblika žljebova, gotovo svi žljebovi imaju neke zajedničke elemente. Usavršavanjem oblika i dimenzija žlijeba izbjegavaju se greške u zavaru, postiže se bolja kvaliteta spoja, smanjuje potrošnja dodatnog materijala i utroška radnog vremena.

Priprema žljebova za zavarivanje može se izvoditi mehaničkom obradom ili rezanjem različitim postupcima. Kod mehaničke obrade, priprema rubova izvodi se posebnim strojevima i prikladnim alatom, npr. noževima, diskovima, škarama i dr., koji daju traženi oblik rubova zavarivanih dijelova. Samo rezanje i priprema rubova može se izvoditi ručno ili strojno. [25]

Tri su osnovne skupine zavarenih spojeva: sučeljeni, kutni i nalježući. Prikaz najčešće korištenih spojeva gdje se obrađuju kosine prije zavarivanja prikazane su na slici 5.9. [26]

naziv	izgled žlijeba	izgled šava	naziv	izgled žlijeba	izgled šava
rubni			U		
I			J		
V			X		
HV			K		
Y			duplo U		

*Slika 5.9 Oblici najčešće korištenih žljebova i odgovarajućih šavova[26]*



*Slika 5.10 Nazivi dijelova žlijeba u zavarivanju [25]*

Osnovni pojmovi koji se odnose na pripremljeni žlijeb definirani su standardima. Slika broj 5.10 prikazuje nazive dijelova pripreme žlijeba.

#### **5.4.1. Sučeljni spoj**

Sučeljni spoj nastaje zavarivanjem dijelova čiji se krajevi sučeljavaju i međusobno zatvaraju kut koji može biti između  $160^\circ$  i  $200^\circ$ , a najčešće je  $180^\circ$ . Dimenzioniranje sučelnog spoja ne predstavlja poseban problem jer je debljina, tj. dimenzija šava, određena debljinom osnovnog metala. S velikom pažnjom moraju biti pripremljeni rubovi spoja da bi se omogućilo dobro protaljšivanje uz minimalne deformacije i naprezanja u spojevima. Jednostavno se provjerava i rendgenski snima, a zavarivanje se može izvoditi s jedne strane ili dvostrano. [25]

#### **5.4.2. Kutni spoj**

Kutni spoj može biti izveden zavarivanjem samo s jedne strane ili s obje strane, a predstavlja prikladno rješenje i za zavarivanje debljih dijelova. Izvedba kutnog spoja moguća je bez skošenja stranice ruba zavarivanog elementa, a isto tako s jednostranim ili dvostranim skošenjem. Kutni spoj s jednostranim skošenjem obično se koristi kod spajanja limova debljine do 12 mm, kada se zavarivanje izvodi samo s jedne strane, dok su kutni spojevi s dvostranim skošenjem primjereni za debljine do 40 mm, pa i više. [25]

## **5.5. Norma 9692-1**

Norma ISO 9692-1 definira parametre koji karakteriziraju pripremu spojeva i oblika koji se često ponavljaju. Specifikacije prikazane u ovom dijelu ISO 9692 sastavljene su na temelju iskustva i sadrže dimenzije za vrste pripreme spojeva za koje se općenito smatra da dovode do odgovarajućih uvjeta zavarivanja. Podaci o vrsti pripreme žlijeba prikazani su tablično.

Norma se primjenjuje na pripremu spojeva za sučeone zavare punim prodiranjem te za kutne zavare. Za djelomičnu penetraciju mogu se propisati sučeoni zavari, vrste pripreme spojeva i dimenzije koje se razlikuju od onih navedenih u ovom dijelu ISO 9692. Pripreme za spojeve prikladne su za sve vrste čelika.

### **5.5.1. Postupci zavarivanja prema normi 9692-1**

Pripreme za spojeve preporučene u normi ISO 9692 prikladne su za zavarivanje koje se provodi u skladu sa sljedećim procesima kako je navedeno u priložima 7, 8, 9, 10, 11, 12 te kombinacije različitih procesa moguće su:

- a) (3) plinsko zavarivanje
- b) (111) ručno elektrolučno zavarivanje
- c) (13) elektrolučno zavarivanje metala u zaštiti plina; plinsko elektrolučno zavarivanje
- d) (141) TIG zavarivanje s dodatnim materijalom (žica)
- e) (5) zavarivanje snopa

### **5.5.2. Priprema žlijeba za zavarivanje**

Za uspješno zavarivanje, priprema žlijeba je jedna od najvažnijih stvari, većinom su to kutne te sučeljne pripreme žljebova za zavarivanje kod konstrukcije balkona. Nečistoće koje se nalaze na površini se očiste uz rub žlijeba do metalnog sjaja. Za pripremu žlijeba koriste se brusilice zbog što boljeg zavara. Nečistoće koje ostanu od brusa potrebno je očistiti.



*Slika 5.11 Prikaz pripreme žlijeba*

Na slici broj 5.11 prikazana je priprema polu – V žlijeba kod sučelnog zavora. Pločica se brusi, te dio koji se spaja, kut iznosi od 35° do 60°. Debljina pločice iznosi 8 mm, pa prema tablici (prilog broj 10) su standardizirani podaci o debljini materijala, kutu otvora žlijeba, dubine pripreme i dubine korijena zavora. Na slici broj 5.12 prikazana je priprema spoja za sučeljne zavar, zavarane s obje strane.

		$35^\circ < \beta < 60^\circ$	$1 < b < 4$	$\leq 2$	—	111 13 141 <sup>c</sup>	
--	--	-------------------------------	-------------	----------	---	-------------------------------	--

*Slika 5.12 Priprema spoja za sučeljni zavar*



*Slika 5.13 Priprema žlijeba za kutne zavare*

Kutni spojevi oblikuju se zavarivanjem dvaju dijelova sastavljenih pod određenim kutem. Konačni oblik ovisi o traženoj kvaliteti spoja, te o zahtjevu na provar. Na slici broj 5.13 koriste se kombinacije pripreme žlijeba za kutne zavare, a dijele se na zavarene s jedne strane i zavarene s obje strane.



*Slika 5.14 Prikaz pripreme žlijeba*

Priprema žlijeba primjenjuje se ovisno o debljini osnovnog materijala. Preferira se da „V“ priprema žlijeba osnovnog materijala bude do 15 mm, dok se kod većih debljina koristi „X“ priprema. No u nekim slučajevima zbog nemogućnosti pristupa sa obje strane se koristi „V“ priprema. Na slici 5.14 je prikazana postupka zavarivanja u sučeljenom V- žlijebu. Otvor žlijeba kod MAG postupka zavarivanja može biti u granicama od 40 do 60°, što je dovoljno da se omogući zavarivanje u korijenu zavara, jer je žica za zavarivanje manjeg promjera.

## 5.6. Postupak zavarivanja balkona

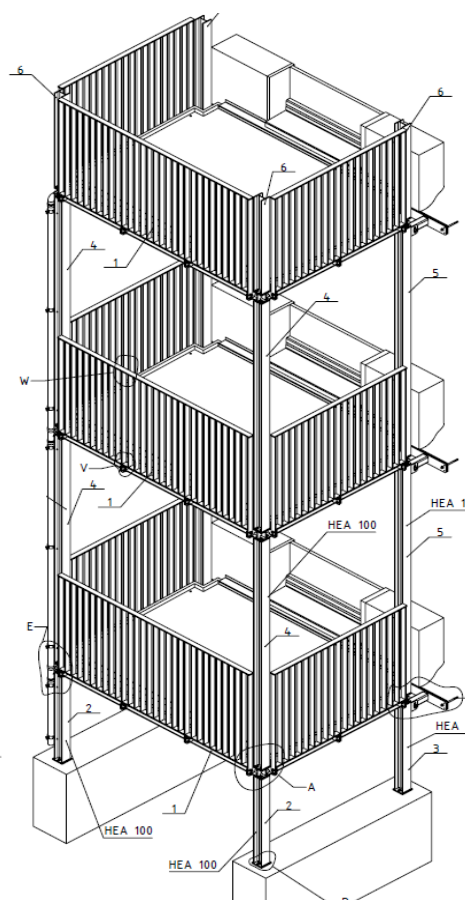
U sljedećem dijelu bit će prikazani i objašnjeni postupci zavarivanja konstrukcije.

### 5.6.1. Planiranje i tehnološki postupak

Konstrukcija balkona se sastoji od više vrsta pozicija koje su prikazane u tablici 2. S235JR je serija nelegiranog konstrukcijskog čelika koji se koristi kod izrade te ima široko područje primjene u strojarstvu.

*Tablica 2. Opis pozicija balkona*

Broj pozicije	Naziv pozicije	Broj komada
1	Podest	3
2	Stup prednji kraći	2
3	Stup stražnji kraći	2
4	Stup	4
5	Stup stražnji duži	4
6	Stup gornji kraći	4
7	Spojni dio	6
8	Prednja bočnica	3
9	Bočnica	6
10	Podkonstrukcija	3



*Slika 5.15 Nacrt balkona po pozicijama*

### **5.6.2. Postupak zavarivanja**

U tehnološkom procesu izrade zastupljen je niz tehnologija. Pozicije se uglavnom sastoje od bravarske montaže i zavarivanja koji se međusobno spajaju uzdužnim i poprečnim zavarima.

Zavarivanje konstrukcije definirana je normom EN ISO 2553, a proizvođač je dužan pripremiti sve potrebne certifikate i dokumentaciju sukladno normi. Svi zavareni spojevi s unutarnje i vanjske strane moraju biti kontinuirani: na vanjskoj strani potrebno je izbjegavati koroziju, a na unutrašnjoj strani izbjegavati ostatke nečistoća nakon zavarivanja i brušenja te prašinu. Za izradu zavarenog spoja na gornjoj strani konstrukcijskog čelika S235JR koristi se sučeljni zavar. Plinska sapnica mora biti nagnuta pod kutom od 45° i približno udaljena 3 mm od materijala. Aparat za zavarivanje

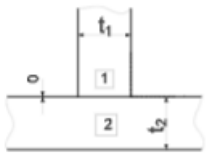
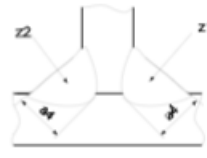
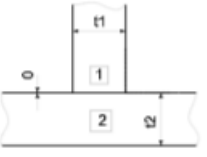

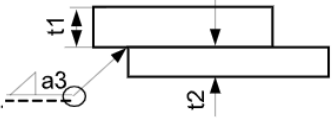
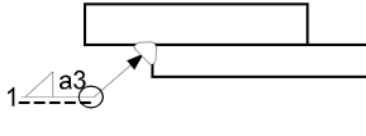


je postavljen na određene parametre. Na WPS uputama za zavarivanje, za kutni zavar T- spoja pojavljuju se sljedeći podaci zavarivanja:

- postupak zavarivanja; 135 MAG
- vrsta spoja; Kutni T- zavar
- debljina lima koji se zavaruje;  $t_1=4-20$  mm,  $t_2=4-20$  mm
- broj prolaza; Z1, Z2
- žica kojom se zavaruje;  $d=1,2$ mm, Linde SG3
- zaštitni plin; Co argon 18 Ar +18 %CO<sub>2</sub>
- protok plina; 15-18 l/min
- jakost struje; 200-220 A
- napon; 23-24 V
- brzina dovođenja žice u zavar; 5-6 m/mm
- unos topline; 9,6-12,7 kJ/cm
- vrsta struje - polaritet; =+.

WPS upute za zavarivanje prikazuju parametre prema kojima se zavaruje konstrukcija kako bi zavarivačko osoblje imalo sve potrebne upute prilikom spajanja konstrukcije. Zavarivačka dokumentacija sadrži sve potrebne podatke o proizvodu i načinu proizvodnje. Tehničku dokumentaciju izrađuje ili osigurava dobavljač. Na nacrtima je označavanje zavara standardizirano prema normi HRN EN 2553.

**Tablica 3. Prikaz oblika spoja i skice zavara po WPS dokumentima**

WPS	Oblik spoja	Podaci	Redoslijed zavarivanja	Podaci zavarivanja
Br. 25/21		$t_1=4-20$ $t_2=4-20$ DFW a4 T-spoj		U= 23-24 V I=200-220 A V= 20-23cm/min i=2 To>5°C
Br. 32/21		$t_1=5-15$ $t_2=05-15$ a4		U= 23-24 V I=200-220 A V= 20-23cm/min i=1 To>5°C
Br. 35/21		$t_1=3-10$ $t_2=3-10$ a3		U= 23-24 V I=200-220 A V= 20-23cm/min i=1 To>5°C

### 5.6.3. Zavarivanje podkonstrukcije

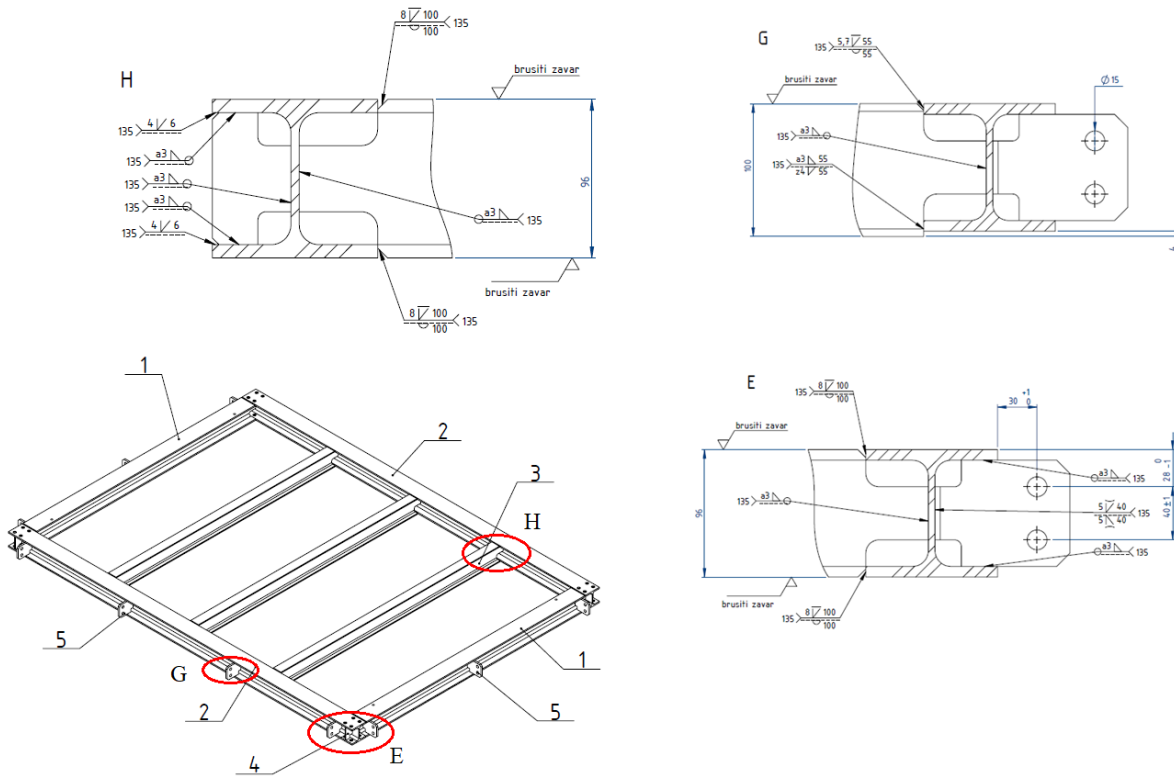


*Slika 5.16 Zavarena podkonstrukcija balkona*



*Slika 5.17 Detalj zavarene konstrukcije MIG/MAG postupkom*

Pločica kojom je prikazan detalj E zahtijeva veliku točnost pozicioniranja kako bi se bočnica mogla vijčanim spojem spojiti i umeće se okomito u podkonstrukciju koja se zavaruje. Sučeljni spoj je zavaren PA položajem.



**Slika 5.18** Nacrt podkonstrukcije

Oba HEA profila izrađena su od nelegiranog konstrukcijskog čelika S235JR koji ima minimalnu snagu iskorištenja od 235 MPa te se ispitivanje utjecaja vrši ispod 20 °C . Kao dodatni materijal odabrana je žica Linde SG3 promjera  $\Phi$  1,2 mm za MAG proces, položaj zavarivanja PA, odnosno PB. Prije spajanja pozicija, za sučelne zavara, izvedena je polu-V priprema žlijeba za zavarivanje. Zavar je izveden u dva prolaza u zaštiti plinske mješavine Ar (82 %) i CO<sub>2</sub> (18%) protoka 15 – 18 l/min. Spoj pozicija profila MAG procesom zavarivanja prikazan je na slici 5.17.



*Slika 5.19 Brušeni zavar*

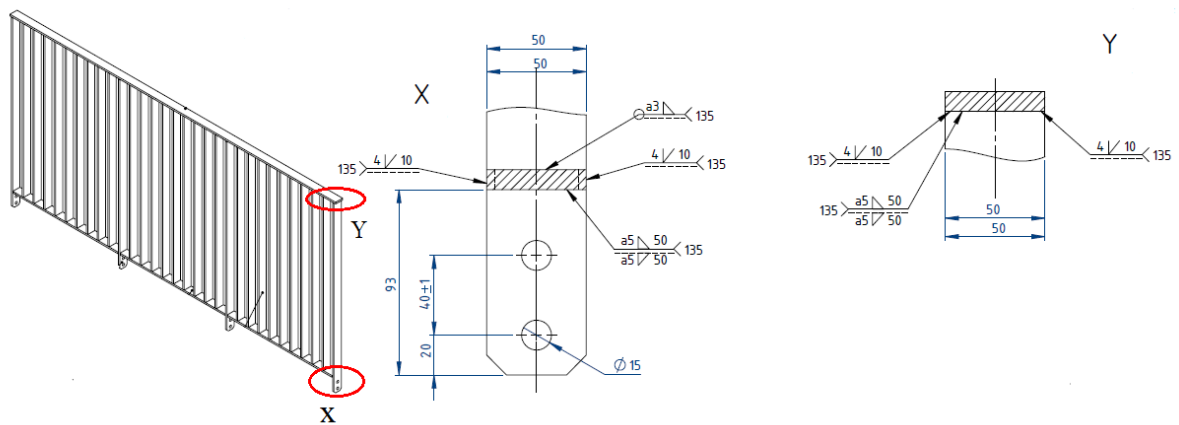
Obrada zavarenog šava prikazana je nacrtom i simbolom da zavar treba brusiti. Površinsko brušenje koristi rotirajući kotač za uklanjanje materijala stvarajući ravnu površinu. Slika 5.19 prikazuje ravnu površinu nakon brušenja.

#### **5.6.4. Zavarivanje bočnice**

Procesi zavarivanja koji se primjenjuju za spajanje pozicija tijekom izrade konstrukcije balkona su MAG (135). Da bi bočnica odgovarala većoj točnosti koja je prikazana slikom 5.20, koriste se šablone koje olakšavaju zavarivačkom osoblju veću točnost i bržu izradu pozicije.



*Slika 5.20 Prednja bočnica*



*Slika 5.21 Prikaz i oznake zavarivanja na nacrtu*

Y detalj koji je prikazan slikom 5.21 prikazuje da se bočni dio zavaruje polu- V zavarom visine 4 mm i dužine 10 mm, dok se unutarnji dio zavaruje obostranim kutnim zavarom visine 5 mm i dužine 50 mm.



*Slika 5.22 Prikazan X detalj*

X detalj je identičan kao i Y detalj pa je metodologija zavarivanja ista. Na slici 5.22 je prikazan polu- V zavar visine 4 mm i dužine 10 mm, zavar još treba brusiti.



*Slika 5.23 Detalj zavarene bočnice u šabloni*

Da bi zavarivač došao do zadanih dimenzija, pozicioniranjem bočnice u šabloni se lakše provodi postupak zavarivanja. Tim postupkom pozicioniranja smanjuju se i greške tijekom zavarivanja.



*Slika 5.24 Zavarivanje bočnice*

Da bi zavarivačko osoblje sebi pojednostavnilo postupak spajanja pozicija, zavarivač okretanjem bočnice prilagođava položaj zavarivanja. Najčešći položaji zavarivanja kod izrade konstrukcije su PA i PB.





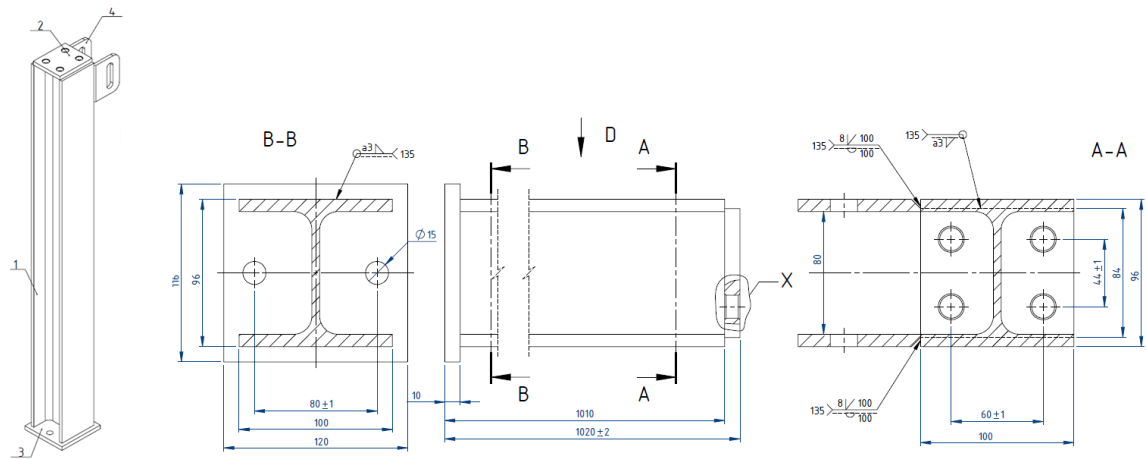
*Slika 5.25 Parametri kod zavarivanja bočnice konstrukcije*

Na slici broj 5.25 su prikazani parametri koje odabiremo kod zavarivanja bočnice, brzina izlaska žice 6.0 m/min i jakost struje od 180 A. Aparat ostale parametre za zavarivanje odabire samostalno.

### **5.6.5. Zavarivanje stupa**



*Slika 5.26 Stupovi spremni za daljnju obradu*



*Slika 5.27* Nacrt stupa

Kako bi se podkonstrukcija mogla učvrstiti na betonsku podlogu, potrebno je na HEA profil (Pozicija 1) zavariti podložnu ploču s izbušenim provrtima  $\Phi 15$  mm (Pozicija 3). Izvodi se kružni kutni zavar veličine a3 MAG procesom. Nakon toga, zavaruje se gornja ploča (Pozicija 2) na HEA profil (Pozicija 1) također kružnim zavarom veličine a3 MAG procesom. Na kraju još slijedi zavarivanje ploče (Pozicija 4) na HEA profil (Pozicija 1). U ovom slučaju izvodi se sučeljni zavar s pripremom dubine 8 mm te izvođenjem protuprolaza s korijenske strane i dužina zavara je 10 mm. Prikazan je na slici 5.28.



*Slika 5.28* Prikaz sučelnog zavara

Kod različitih debljina materijala postoje i različiti parametri zavarivanja. Na donjoj slici 5.29 prikazani su parametri kod zavarivanja HEA profila i pločica koji se spajaju, odnosno stup. Kod ovog aparata za zavarivanje potrebno je odrediti brzinu izlaska žice, u ovom slučaju to je 6.5 m/min i podešava se jakost struje na 230 A.



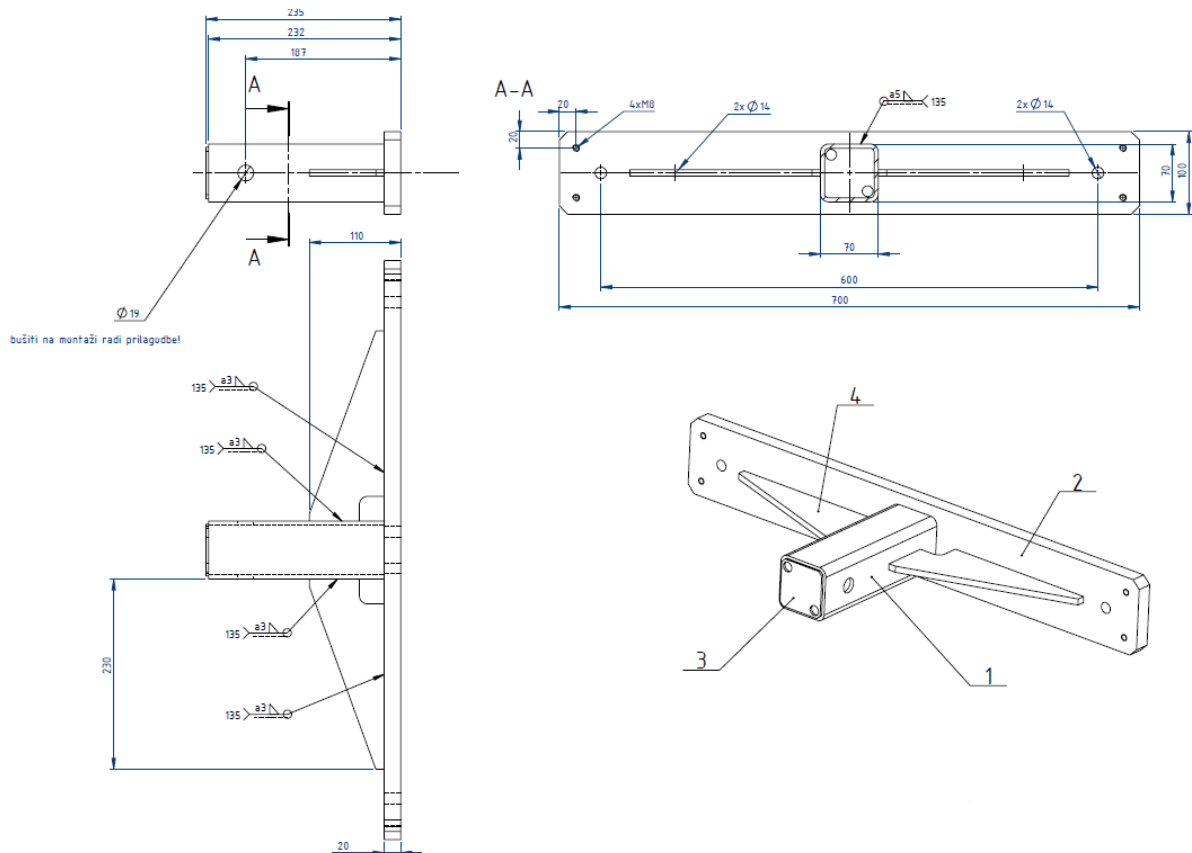
*Slika 5.29 Parametri kod zavarivanja stupa konstrukcije*

Kada je jakost struje veća, veći je i protok plina. Kod zavarivanja stupa protok plina kreće se između 15-18 l/min, što je prikazano slikom 5.30.



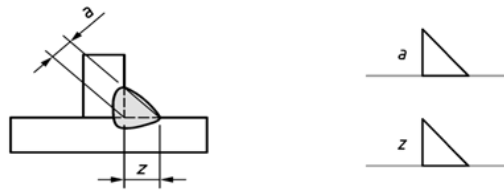
*Slika 5.30 Prikaz brzine izlaska plina na manometru*

### 5.6.6. Zavarivanje spojnog dijela



*Slika 5.31 Spojni dio*

Navedena slika broj 5.31 prikazuje spojni dio koji povezuje i spaja konstrukciju balkona na neki određeni objekt. Spajanje se vrši vijcima. Zavareni dio spojnog dijela je spojen kutnim zavarima visine 3 mm, a krućić na osnovnoj liniji oznaćava da je zavaren duć cijele konture. 135 postupak je MAG (Metal Active Gas) zavarivanje. Kod takvog zavarivanja metalna elektroda je namotana u kolut koji se potiskuje kroz vodilicu u pištolju za zavarivanje gdje se tali u elektrićnom luku uz zaštitu plina i prenosi se rastaljeni metal koji se spaja u zavareni spoj. Također se koriste aktivni plinovi, a to su CO<sub>2</sub> i njegove mješavine s drugim plinovima.



*Slika 5.32 Prikaz kutnih zavora*

- mjera „a” je visina šava
- mjera „z” je kateta šava
- zavar se na crtežu može definirati bilo kojom od ovih dvaju mjera
- najčešće se „obični“ kutni zavar definira mjerom „a“, a rubni i preklopni se definiraju mjerom „z“.

## **5.7. Radne upute za zavarivanje (WPS)**

Proizvođač mora imati kvalificirane upute za zavarivanje koje se koriste u proizvodnji. Može koristiti specifikaciju za postupak zavarivanja neposredno za svrhu upute. Umjesto toga, trebaju se koristiti namijenjene radne upute. Takve namijenjene radne upute se trebaju pripremiti iz ispitanih specifikacija postupaka zavarivanja i nisu potrebna posebna ispitivanja. Radne upute za vrste zavora koje smo koristili kod izrade konstrukcije prikazani su u prilogima pod brojevima 2, 3, 4, 5.

## 5.8. Kontrola bez razaranja - Vizualna provjera

Vizualna kontrola ispitivanja zavarene konstrukcije balkona ispituje se prema standardu ISO 17637. S obzirom na zahtjeve konstrukcije i zavara koji se javljaju, potrebno je provesti samo vizualnu kontrolu zavara. Sva vizualna ispitivanja prije, tijekom ili nakon završetka zavarivanja trebaju se provesti dok je fizički pristup još uvijek moguć. To može uključivati vizualno ispitivanje površinskih obrada. Završeni zavar ispituje se kako bi se utvrdilo ispunjava li zahtjeve primjene ili standard proizvoda. U poduzeću se koristi tablica za popunjavanje izvještaja o vizualnoj kontroli provjere zavara koja je prikazana u prilogu broj 6.

## 5.9. Skladištenje dodatnog materijala

Postupci skladištenja dodatnog materijala moraju biti u skladu s preporukama dobavljača. Kako bi se izbjeglo skupljanje vlage, oksidacija i druga šteta, proizvođač mora izraditi postupak za njegovo skladištenje, rukovanje i uporabu dodanog materijala za zavarivanje.



*Slika 5.33 Skladištenje dodatnog materijala*

## 6. Zaključak

Zavarivanje spada u postupke spajanja dvaju ili više materijala te je navedeni postupak najzastupljeniji i predstavlja jednu od najvažnijih tehnika spajanja. Cilj ovog rada je pojasniti postupak MIG/MAG zavarivanja i prikazati postupak zavarivanja konstrukcije balkona te navesti koji su parametri potrebni za izradu istog. Detaljno su definirani osnovni pojmovi MIG/MAG zavarivanja da bi se jednostavnije razumjela tehnologija izrade konstrukcije balkona. Za uspješnu i kvalitetnu izradu treba se držati uputa iz WPS dokumenta koje pomažu zavarivačkom osoblju kod spajanja dijelova. Također je potrebno odabrati povoljne parametre kod zavarivanja različitih pozicija i izbor odgovarajućeg materijala, uz poštivanje zahtjeva koji su definirani normama. Označavanje zavara na tehničkim nacrtima primjenjuje se po nacionalno prihvaćenim oznakama koje su standardizirane po normi HRN ISO 2553. Greške u zavarenim spojevima potrebno je provjeriti vizualnom metodom te ih se nastoji smanjiti zbog veće kvalitete.

# Sveučilište Sjever



## 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, *Leon Božek* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom *Tehnologija izrade konstrukcije balkona MIG/MAG postupkom* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student: *Leon Božek*

*Leon Božek*  
(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, *Leon Božek* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog rada pod naslovom *Tehnologija izrade konstrukcije balkona MIG/MAG postupkom* čiji sam autor.

Student: *Leon Božek*

*Leon Božek*  
(vlastoručni potpis)



## 7. Literatura

- [1] S. Kralj, Z. Kožuh: Priručnik, Zavarivački i srodni postupci, Zagreb 2015.
- [2] M. Gojić, Tehnike spajanja i razdvajanja, Metalurški fakultet Sisak, Sisak 2008.
- [3] Internet stranica: <https://www.zavarivanje.info/cd/2689/osnovni-postupci-zavarivanja> preuzeto 06.09.2022.
- [4] Roloff/Matek, Maschinen- elemente, Springer Vieweg 2003.
- [5] Kondić, Ž. : Tehnologija zavarivanja, Bjelovar
- [6] Nastavni materijali moodle – metalurgija zavarivanja, dostupno 2020.
- [7] Juraga, I., Živčić, M., Gracin, M.: Reparturno zavarivanje, Zagreb, 1994.
- [8] S. Kralj,Š. Andrić: Osnove zavarivačkih i srodnih postupaka, Zagreb,1992.
- [9] Miller, Guidelines For Gas Metal Arc Welding, USA, 04.2012.
- [10] M. Klobučar: Teorijske i praktične osnove MIG/MAG postupka zavarivanja, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2016.
- [11] M. Horvat, V. Kondić, D. Brezovečki: Opravdanost primjene MAG force Arc postupaka zavarivanja u izradi čeličnih konstrukcija, Tehnički glasnik, br.8, ožujak 2014.
- [12] Josip Brzetić: Tehnologija II- Zavarivanje, podloge za učenje, Karlovac, 2022.
- [13] Milan Živčić: Zavarivanje i srodni postupci, Zagreb 1966.
- [14] S. Stevanović; Parametri zavarivanja i njihov utjecaj na kvalitetu, preuzeto 6.9.2022.
- [15] Milan Milić: Priručnik za zavarivače, Doboj, 2008.
- [16] M. Bajs: Diplomski rad, FSB, Zagreb, 2015.
- [17] Internet stranica: <http://www.quality.unze.ba/zbornici/QUALITY%202005/057-Q05-003.pdf>, preuzeto 01.09.2022.
- [18] Tehnologija obrade metala- Zavarivanje, NIRO, Tehnička knjiga, Beograd 1981.
- [19] Strojevi i oprema za zavarivanje, podloge, Zagreb, studeni 2013.
- [20] Jeff Nadzam, Gas Metal Arc Welding, USA, 2020.
- [21] Tehnička enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 1997.
- [22] Juraga, I., Ljubić, M., Živčić, M.: Pogreške u zavarenom spoju, Zagreb, 1998.
- [23] Internet stranica: <http://www.alatistherm.co.rs/pdf.zavarivanje/SimboliNaCrtezima.pdf> preuzeto 1.9. 2022.
- [24] Internet stranica:<https://www.varstroj.si/varilni-aparati/varjenje-po-mig-mag-postopku/>, preuzeto 1.9.2022.
- [25] Zavarivanje I, izv. prof. dr. sc. Duško Pavletić, dipl. ing., Tehnički fakultet Rijeka, 2011.

- [26] G. Bratić, D. Šimić, J. Laća, M. Antunović, N. Blažević: MIG- MAG postupak zavarivanja, Šibenik, srpanj 2019.

## Popis slika

Slika 2.1 Spajanje metala zavarivanjem. [1] .....	2
Slika 2.2 Podjela zavarivanja pritiskom. [2] .....	4
Slika 2.3 Podjela postupka zavarivanja taljenjem. [2] .....	4
Slika 2.4 Osnovni elementi zavarenog spoja [5] .....	6
Slika 2.5 Zavar u jednom prolazu [6] .....	7
Slika 2.6 Zavar iz više prolaza [6] .....	7
Slika 3.1 Plinsko zavarivanje .....	10
Slika 3.2 Ručno elektrolučno zavarivanje .....	11
Slika 3.3 Ručno zavarivanje obloženom elektrodom .....	12
Slika 3.4 Zavarivanje volframnom elektrodom u inertnoj atmosferi .....	13
Slika 4.1 Shema elektrolučnog zavarivanja taljivom metalnom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plinova MIG/MAG [8] .....	14
Slika 4.2 Uređaj za MIG/MAG zavarivanje [9] .....	15
Slika 4.3 Oblici praškom punjene žice [12] .....	20
Slika 4.4 Mehanizam prijenosa metala kod MIG/MAG zavarivanja [11] .....	21
Slika 4.5 Prijenos metala štrcajućim lukom [11] .....	21
Slika 4.6 Prijenos metala pulsirajućim lukom [11] .....	22
Slika 4.7 Prijenos metala kratkim spojevima [11] .....	23
Slika 4.8 Prijenos metala mješovitim lukom [11] .....	23
Slika 4.9 Zavisnost jačine struje i dobave žice [15] .....	24
Slika 4.10 Utjecaj jakosti struje na zavar [16] .....	25
Slika 4.11 Izgled zavara kod smanjenja napona [14] .....	26
Slika 4.12 Izgled zavara kod povećanja napona [14] .....	26
Slika 4.13 Oblici zavara s obzirom na napon električnog luka [14] .....	27
Slika 4.14 Utjecaj brzine zavarivanja na sami oblik, širinu zavara i protaljivanje [12] .....	28
Slika 4.15 Tehnike zavarivanja [16] .....	29
Slika 4.16 Opis kratkog i štrcajućeg luka [18] .....	30
Slika 4.17 Elementi zavarenog spoja na primjeru jednoprolaznog zavara [6] .....	32
Slika 4.18 Vrste spojeva i žlijebova [6] .....	34
Slika 4.19 Oznake zavara [22] .....	34
Slika 4.20 Položaji zavarivanja [6] .....	36
Slika 5.1 Konstrukcija balkona .....	39

Slika 5.2 Daihen Varstroj Welbee P400 MIG .....	40
Slika 5.3 Karakteristike izvora za zavarivanje .....	41
Slika 5.4 Žica proizvođača Linde.....	42
Slika 5.5 Osnovna oznaka zavara.....	43
Slika 5.6 Dodatna napomena zavara .....	44
Slika 5.7 Dopunske oznake oblika površine šava [23].....	44
Slika 5.8 Oznake zavara na nacrtima .....	45
Slika 5.9 Oblici najčešće korištenih žljebova i odgovarajućih šavova[26] .....	46
Slika 5.10 Nazivi dijelova žlijeba u zavarivanju [25] .....	47
Slika 5.11 Prikaz pripreme žlijeba .....	49
Slika 5.12 Priprema spoja za sučeljni zavar .....	49
Slika 5.13 Priprema žlijeba za kutne zavare.....	50
Slika 5.14 Prikaz pripreme žlijeba .....	50
Slika 5.15 Nacrt balkona po pozicijama.....	52
Slika 5.16 Zavarena podkonstrukcija balkona .....	54
Slika 5.17 Detalj zavarene konstrukcije MIG/MAG postupkom.....	54
Slika 5.18 Nacrt podkonstrukcije .....	55
Slika 5.19 Brušeni zavar.....	56
Slika 5.20 Prednja bočnica .....	57
Slika 5.21 Prikaz i oznake zavarivanja na nacrtu .....	57
Slika 5.22 Prikazan X detalj .....	58
Slika 5.23 Detalj zavarene bočnice u šablona.....	59
Slika 5.24 Zavarivanje bočnice .....	60
Slika 5.25 Parametri kod zavarivanja bočnice konstrukcije.....	61
Slika 5.26 Stupovi spremni za daljnju obradu.....	61
Slika 5.27 Nacrt stupa .....	62
Slika 5.28 Prikaz sučelnog zavara.....	62
Slika 5.29 Parametri kod zavarivanja stupa konstrukcije.....	63
Slika 5.30 Prikaz brzine izlaska plina na manometru .....	63
Slika 5.31 Spojni dio .....	64
Slika 5.32 Prikaz kutnih zavara.....	65
Slika 5.33 Skladištenje dodatnog materijala .....	66

## **Popis tablica**

<i>Tablica 1. Ovisnost napona o navedenim parametrima [20].....</i>	<i>27</i>
<i>Tablica 2. Opis pozicija balkona .....</i>	<i>51</i>
<i>Tablica 3. Prikaz oblika spoja i skice zavara po WPS dokumentima.....</i>	<i>53</i>

# Prilozi



INSPECTION CERTIFICATE UNI EN 10204 – “3.1.”  
 CERTIFICATE Nr. 1001361457  
 DATE: 17/03/2022

**CLIENT / CLIENTE:** GTG PLIN d.o.o.  
 KALINOVAC 2/a  
 HR-47000 KARLOVAC HRVATSKA

**MATERIAL:** WELDING WIRE SG3  
 DIAM.1.2 mm P.L.W. D-300 (Kg.4.320)  
 DIAM.1.0 mm P.L.W. D-300 (Kg.14.040)  
 DIAM.0.8 mm P.L.W. D-300 (Kg.4.320)

**SPECIFICATION:** AWS/SFA 5.18 ER70S-6 / A 18  
**NORMA:** EN ISO 14341-4 (2011) G46 4M21 4Si1

**ORDER N.** 25022022G  
**BATCH NUMBER:** 872250

**CHEMICAL ANALYSIS – Conforme a : EN 10204 3.1**

C	Mn	S	P	Si	Cu	Al	Mo	Ni	Cr	Ti	N	As	V
0.070	1.642	0.016	0.006	0.972	0.027	0.002	0.002	0.020	0.028	0.010	0.0037	0.0026	0.003

**MECHANICAL PROPERTIES OF WELD METAL**

Welded with 80/20 ArCo2 mixed gas. – **Conforme a : EN 10204 2.2**

Yield strength N/mm2 Min. 530	Tensile strength N/mm Min. 630	Elongation (A 5%) 26	RESILICIA IMPACT STRENGHT Cm2	
			Temp (°C)	Charpy V (J)
			- 20	80
			- 30	72
			- 40	47
			+ 20	100

CONFORME TO SPEC:  
 AFNOR 81311  
 DIN 8559  
 BS A 2901 A 18  
 QUALITY DEPT.

Prilog broj 1



ECON d.o.o.  
Hrupine 10,  
40323 Prelog,  
econ@econ.hr  
www.econ.hr

UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS  
SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS  
Br./No.: 35/21

Proizvođač/mjesto: Hersteller/Ort:		ECON d.o.o. Prelog		Kupac: Kunde:	
Postupak zavarivanja (EN 24063): Schweißverfahren des Herstellers:		135 MAG		Narudžba br./Bestell Nr.:	-
WPQR No.		0038-SI-14-07-1277-003		Nalog br./ Auftrag Nr.:	-
Oznaka br./ Kennnummer		FW ss, sl		Tvornički br./ Fabrik Nr.:	-
Vrata spoja i zavara / Verbindungsart und Nahtart:		Preklopni spoj –kutni zavar a3		Načrt br./ Zeichnungs Nr.:	-
Položaj zavarivanja / Schweissposition: PB				Zavarivač/ Schweißer:	
No. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoffe	Debljina izradka Werkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffe	Grupa prema/ gruppe nach ISO/TR 15608
1	S235JR	t1=3 - 10	-	EN 10025-2	1.1
2	S235JR	t2=3 - 10	-	EN 10025-2	1.1
Način pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung:				-rezanje i brušenje / Schneiden und Schliffen	

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

Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung	Redoslijed zavarivanja / Schweissfolge

Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen

Prolaz zavara/ Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala(mm) Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje -polaritet Stromart – Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit cm/min	Unos topline Wärmein- bringung kJ/cm
Z1	135	1,2	200-220	23-24	=+	5-6	20-23	9,6-12,7

Dodatni podaci / Zusätzliche Bemerkungen:

Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	G4Si1: EN ISO 14341-A	M21 EN ISO 14175		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,2mm, Linde SG3 Linde	Coargon 18 Ar+18%CO <sub>2</sub> Linde – Croatia		
Posebne upute za sušenje Sondervorschriften für Trocknung	-	-		
Protok plina/Gasdurchflussmenge:		15-18 l/min	-	-

Vrsta i promjer W elektrode: Wolframelektrode und Durchmesser:	-	Pojedinosti žljebljenja: Einzelheiten über Ausfugen:	-
Pojedinosti podloge zavarivanja: Schweißbadssicherung	-		
Temperatura predgrijavanja: Vorwärmtemperatur:	≥5°C	Temperatura međusoja: Zwischenlagentemperatur:	-

Naknadna toplinska obrada ifili odžarivanje / Wärmenachbehandlung und/oder Aushärten:

Vrijeme, temperatura, proces / Zeit, Temperatur, Verfahren:	-brzina zagrijavanja i hlađenja / Erwärmungs und Abkühlungsrate
---	---

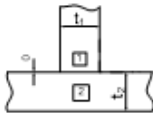

Ostale informacije / Weiter Informationen:

Njihanje (širina prolaza) / Pender (maximale Raupenbreite):		
Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:
-	-	-
Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen: -		
Razmak kontrolne vodilice / Kontaktösenabstand:		15-20 mm

Prilog broj 2

 ECON d.o.o. Hrupina 10, 40323 Prelog, econ@econ.hr www.econ.hr	<b>UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS</b> <b>SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS</b> <b>Br./No.: 25/21</b>	
--	--	--

Proizvođač/mjesto: Hersteller/Ort:		ECON d.o.o. Prelog	Kupac: Kunde:		
Postupak zavarivanja (EN 24063): Schweißverfahren des Herstellers:		135 MAG	Narudžba br./Bestell Nr.:	-	
WPQR No.		0038-SI-14-07-1277-003	Nalog br./ Auftrag Nr.:	-	
Oznaka br./ Kennnummer		DFW a4	Tvornički br./ Fabrik Nr.:	-	
Vrsta spoja i zavara / Verbindungsart und Nahtart:		T-stoss Kehnath	Nacr br./ Zeichnungs Nr.	-	
Položaj zavarivanja / Schweissposition: PB			Zavarivač/ Schweißer:		
No. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoff	Debljina izradka Werkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffes	Grupa prema gruppe nach ISO/TR 15808
1	S235JR	t <sub>1</sub> =4 + 20	-	EN 10025-2	1.1
2	S235JR	t <sub>2</sub> =4 + 20	-	EN 10025-2	1.1
Način pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung:				-rezanje i brušenje / Schneiden und Schlifen	

<b>Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung</b>		<b>Redoslijed zavarivanja / Schweissfolge</b>	
			

<b>Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen</b>								
Prolaz zavara/ Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala(mm) Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje -polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit cm/min	Unos topline Wärmeein- bringung kJ/cm
Z1,Z2	135	1,2	200-220	23-24	=+	5-8	20-23	9,8-12,7

<b>Dodatni podaci / Zusätzliche Bemerkungen:</b>				
Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard		G4Si1: EN ISO 14341-A	M21 EN ISO 14175	
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller		Ø1,2mm, Linde SG3 Linde	Coargon 18 Ar +18%CO <sub>2</sub> Linde - Croatia	
Posebne upute za sušenje Sondervorschriften für Trocknung		-	-	
Protok plina/Gasdurchflussmenge:		15-18 l/min	-	-
Vrsta i promjer W elektrode: Wolframelektrode und Durchmesser:		-	Pojednosti žljebljenja: Einzelheiten über Ausfugen:	
Pojednosti podloge zavarivanja: Schweißbauteil		-	-	
Temperatura predgrijavanja: Vorwärmtemperatur:		≥5°C	Temperatura međusoj: Zwischenlagentemperatur:	≤250°C
<b>Naknadna toplinska obrada i/ili odžarivanje / Wärmenachbehandlung und/oder Aushärten:</b>				
Vrijeme, temperatura, proces / Zeit, Temperatur, Verfahren: -brzina zagrijavanja i hlađenja / Erwärmungs und Abkühlungsrate				

<b>Ostale informacije / Weiter Informationen:</b>		
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:
-	-	-
Pojednosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen: -		
Razmak kontrolne vodilice / Kontaktabstand:		15-20 mm

### Prilog broj 3





ECON d.o.o.  
Hrupine 10,  
40323 Prelog,  
econ@econ.hr  
www.econ.hr

UPUTSTVO ZAVARIVANJA PROIZVOĐAČA – WPS  
SCHWEISSANWEISUNG DES HERSTELLERS  
Br./No.: 32/21

Proizvođač/mjesto: Hersteller/Ort:		ECON d.o.o. Prelog	Kupac: Kunde:		
Postupak zavarivanja (EN 24063): Schweißverfahren des Herstellers:		135 MAG	Narudžba br./Bestell Nr.:	-	
WPQR No.		0036-SI-14-07-1277-003	Nalog br./ Auftrag Nr.:	-	
Oznaka br./ Kennnummer		FW ss_sl	Tvornički br./ Fabrik Nr.:	-	
Vrata spoja i zavara / Verbindungsart und Nahtart:		a4	Nacr. br./ Zeichnungs Nr.:	-	
Položaj zavarivanja / Schweissposition: PB			Pozicija br. / Position Nr.:	-	
			Zavarivač/ Schweißer:		
No. Nr.	Osnovni materijal Grundwerkstoffe	Debljina izradka Werkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoffe	Grupa prema/ Gruppe nach ISO/TR 15608
1	S235JR	t1=5 - 15	-	EN 10025-2	1.1
2	S235JR	t2=05 - 15	-	EN 10025-2	1.1
Način pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung:				-rezanje i brušenje / Schneiden und Schlifen	

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

Oblik spoja / Gestaltung der Verbindung	Redoslijed zavarivanja / Schweissfolge

Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen

Prolaz zavara/ Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala(mm) Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje -polaritet Stromart - Polarität	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit cm/min	Unos topline Wärmeein- bringung kJ/cm
Z1	135	1,2	200-220	23-24	=+	5-6	20-23	9,6-12,7

Dodatni podaci / Zusätzliche Bemerkungen:

Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:		Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	G4Si1: EN ISO 14341-A	M21 EN ISO 14175		
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,2mm, Linde SG3 Linde	Coargon 18 Ar+18%CO <sub>2</sub> Linde - Croatia		
Posebne upute za sušenje Sondervorschriften für Trocknung	-	-		
Protok plina/Gasdurchflussmenge:		15-18 l/min	-	-

Vrsta i promjer W elektrode: Wolframelektrode und Durchmesser:	-	Pojednosti žljebljenja: Einzelheiten über Ausfugen:	-
Pojednosti podloge zavarivanja: Schweißbadsicherung	-		
Temperatura predgrijavanja: Vorwärmtemperatur:	-25°C	Temperatura međusoja: Zwischenlagentemperatur:	-

Naknadna toplinska obrada ili odžarivanje / Wärmenachbehandlung und/oder Aushärten:

Vrijeme, temperatura, proces / Zeit, Temperatur, Verfahren:	-brzina zagrijavanja i hlađenja / Erwärmungs und Abkühlungsrate
---	---

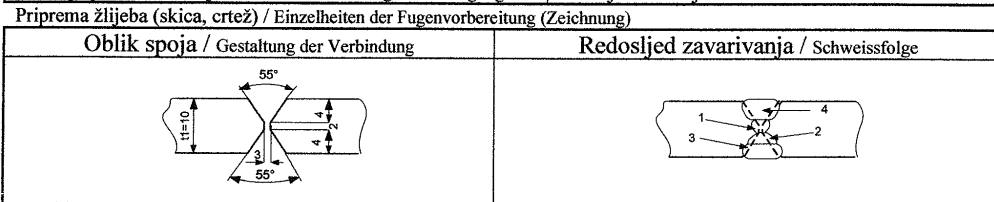
Ostale informacije / Weiter Informationen:

Njihanje (širina prolaza) / Pender (maximale Raupenbreite):		
Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:	Amplituda / Amplitude:
-	-	-
Pojednosti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen: -		
Razmak kontrolne vodilice / Kontaktlösenabstand:		15-20 mm

Prilog broj 4

<b>ECON d.o.o.</b> <b>Prelog - HRVATSKA</b>	<b>SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA</b> SCHWEISSANWEISUNG – WPS Br. / No.:19/14
--	---

Proizvođač/ mjesto: Hersteller / Ort:	ECON d.o.o. Prelog	Kupac/Kunde :	AB&Z Anlagenbau und Zerkleinerungstechnik GmbH
Postupak zavarivanja (EN 24063) Schweißverfahren des Herstellers:	135 MAG	Narudžba br./Bestell Nr.	01-100.900 Pos.2
WPQR No.		Nalog br. / Auftrag-Nr.	-
Oznaka br. / Kennnummer	BW	Tvornički br. /Fabrik Nr.	-
Vrsta spoja i zavara / Verbindungsart und Nahtart:	X 10	Nacrtr br./ Zeichnungs Nr.	100.900.102
Položaj zavarivanja / Schweissposition:		Pozicija br. / Position Nr.	ET13
		Zavarivač / Schweißer	
No. Osnovni materijal Nr. Grundwerkstoff:	Debljina izratka Werkstückdicke	Promjer cijevi Rohrdurchmesser	Specifikacije materijala Spezifikation des Grundwerkstoff:
1 S235JR	10	-	EN 10025-2
2 S235JR	10	-	EN 10025-2
Način pripreme i čišćenja / Art der Vorbereitung und Reinigung:			-rezanje i brušenje / Schneiden und Schleifen
Priprema žlijeba (skica, crtež) / Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)			



Podaci zavarivanja / Einzelheiten für Schweißen								
Prolaz zavara Schweißraupe	Proces Prozess	Promjer dodatnog materijala (mm) Durchmesser des Zusatzwerkstoffes	Jakost struje Stromstärke A	Napon Spannung V	Vrsta struje - polaritet Stromart - Polung	Brzina žice Drahtvorschub m/min	Brzina zavariva. Vorschub- geschwindigkeit cm/min	Unos topline Wärmeein- bringung kJ/cm
1	135	Ø1,2	120-150	19-20	+=	4,2	0,16	8,5 – 11,25
2	135	Ø1,2	220-240	28-30	+=	9,6	0,38	9,7 – 11,4
3-4	135	Ø1,2	250-260	30-32	+=	13,5	0,42	10,7 – 11,9

Dodatni podaci / Zusätzliche Bemerkungen:			
Dodatni materijal / Zusatzwerkstoff:	Zaštitni plin Schutzgas:	Prašak Schweißpulver:	Zaštita korijena Wurzelschutz:
Oznaka i standard Bezeichnung und Standard	G3Si1: EN ISO 14341-A	M21 EN ISO 14175	
Oznaka i proizvođač Bezeichnung und Hersteller	Ø1,2mm, EZ SG2 ELEKTRODA ZG	Ferroline C 18 Ar+18%CO2 Messer – Croatia	
Posebne upute za sušenje Sondervorschriften für Trocknung	-	-	
Protok plina / Gasdurchflussmenge:	15 - 18 l/min	-	- l/min

Vrsta i promjer W elektrode: Wolframelektrode und Durchmesser:	-	Pojednostiti žljebljenja: Einzelheiten über Ausfugen:	-
Pojednostiti podloge zavarivanja: Schweißbadsicherung	-		
Temperatura predgrijavanja: Vorwärmtemperatur:	-	Temperatura međusloja: Zwischenlagentemperatur:	-

Naknadna toplinska obrada i/ili odžarivanje / Wärmenachbehandlung und/oder Aushärten:  
 - vrijeme, temperatura, proces / Zeit, Temperatur, Verfahren: - brzina zagrijavanja i hlađenja/ Erwärmungs und Abkühlungsrate:

Ostale informacije / Weiter Informationen:		
Njihanje (širina prolaza) / Pendel (maximale Raupenbreite):		
- amplituda / Amplitude:	- amplituda / Amplitude:	- amplituda / Amplitude:
-	-	-
Pojednostiti impulsnog zavarivanja / Einzelheiten für das Pulsschweißen:-		
Razmak kontaktne vodilice / Kontaktdüsenabstand:		15-20 mm

Proizvođač / Hersteller: *Sabotell*  
 Ivan Sabot ing.EWE/IWE; 02.06.2014.  
 Ime, datum i potpis /Name, Datum und Unterschrift



<b>ECON d.o.o.</b>	<b>IZVJEŠTAJ O KONTROLI</b>	Broj:	List: 1 od 1
Kupac:	Naziv proizvoda: Broj nacrtā:	Tvornički broj:	Ugovor broj: Radni nalog:

**IZVRŠENA KONTROLA**

**DA**

**NE**

**1. VIZUALNA KONTROLA (prema UP-12)**

**ISO 17637**

- *NE POSTOJE VIDLJIVA OŠTEĆENJA*
- *NEMA KAPLJICA OD ZAVARA*
- *RUBOVI SU PRAVILNO OBRABENI*
- *PROVRTI SU PRAVILNO IZRAĐENI*

**2. KONTROLA ZAVARA**

**EN ISO 5817:B**

- *ZAVAR JE UREDNO IZVEDEN*
- *ZAVAR JE ODGOVARAJUĆIH DIMENZJA*

**3. DIMENZIONALNA KONTROLA**

**EN ISO 1090-2 dodatak B; ISO 13920 BF**

- *KONTROLA SKLOPA*
- *KONTROLA POZICIJA*
- *KONTROLA KOMPLETNOSTI*
- *KONTROLA PROVRTA*
- *KONTROLA ISKRIVLJENOSTI*

**4. NAPOMENE:**

Prilog broj 6

Ref. No.	Material thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[4])	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration	Remarks	
					Angle <sup>a</sup> $\alpha, \beta$	Gap <sup>b</sup> mm	Thickness of root face $c$ mm	Depth of preparation $h$ mm				
1.1	$\leq 2$	Raised edges			—	—	—	—	3 111 141 512		Usually without filler metal	
1.2.1	$\leq 4$	Square preparation			—	$\sim t$	—	—	3 111 141		—	
1.2.2	$3 < t \leq 8$								$6 \leq b \leq 8$			13
1.2.2	$\leq 15$								$\sim t$ $\leq 1d$ 0			141 <sup>c</sup> 52
1.2.3	$\leq 100$	Square preparation with backing			—	—	—	—	51		—	
1.2.4		Square preparation with centering lip			—	—	—	—	—	51		—
1.3	$3 < t \leq 10$ $8 < t \leq 12$	Single-V preparation			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ $6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$	$\leq 4$ —	$\leq 2$	—	3 111 13 141 52 <sup>d</sup>		Where applicable with backing strip	

Prilog broj 7

Ref. No.	Material thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[4])	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration	Remarks
					Angle <sup>a</sup> $\alpha, \beta$	Gap <sup>b</sup> mm	Thickness of root face $c$ mm	Depth of preparation $h$ mm			
1.8	$> 12$	Single-U preparation			$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$\leq 4$	$\leq 3$	—	111 13 141		—
1.9.1	$3 < t \leq 10$	Single-bevel preparation			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	—	111 13 141		—
1.9.2											
1.10	$> 16$	Steep-flanked single-bevel preparation			$15^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$6 \leq b \leq 12$ $\sim 12$	—	—	111 13 141		With backing strip

Prilog broj 8

Ref. No	Material thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[4])	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration
					Angle <sup>a</sup> $\alpha, \beta$	Gap <sup>b</sup> $b$ mm	Thickness of root face $c$ mm	Depth of preparation $h$ mm		
2.1	$\leq 8$	Square preparation			—	$\approx t/2$	—	—	111 141	
	$\leq 15$					$\leq (t/2)$			13	
						0		52		
2.2	$3 < t \leq 40$	Single-V preparation			$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha < 60^\circ$	$\leq 3$	$\leq 2$	—	111 141	
									13	
2.3	$> 10$	Single-V preparation with broad root face			$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha < 60^\circ$	$1 < b \leq 3$	$2 < c \leq 4$	—	111 141	
									13	
2.4	$> 10$	Double-V preparation with broad root face			$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha < 60^\circ$	$1 < b \leq 4$	$2 < c \leq 6$	$h_1 = h_2 = \frac{t-c}{2}$	111 141	
									13	

Prilog broj 9

Ref. No	Material thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[4])	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration	Remarks
					Angle <sup>a</sup> $\alpha, \beta$	Gap <sup>b</sup> $b$ mm	Thickness of root face $c$ mm	Depth of preparation $h$ mm			
2.8	$3 < t \leq 30$	Single-bevel preparation			$35^\circ \leq \beta < 60^\circ$	$1 < b \leq 4$	$\leq 2$	—	111 13 141 <sup>c</sup>		Back run is indicated.
2.9.1	$> 10$	Double-bevel preparation			$35^\circ \leq \beta < 60^\circ$	$1 < b \leq 4$	$\leq 2$	$= \frac{t}{2}$ or $= \frac{t}{3}$	111 13 141		This type of joint preparation can also be produced asymmetrically in a similar manner to the asymmetrical double-V preparation.
2.9.2											
2.10	$> 16$	Single-J preparation			$10^\circ \leq \beta < 20^\circ$	$1 < b \leq 3$	$\geq 2$	—	111 13 141 <sup>c</sup>		Back run is indicated.

Prilog broj 10

Material thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[1])	Cross-section	Dimensions		Recommended welding process <sup>a</sup> (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration
				Angle $\alpha, \beta$	Gap $b$ mm		
$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Square preparation			$70^\circ < \alpha < 100^\circ$	$< 2$	3 111 13 141	
$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Square preparation			—	$< 2$	3 111 13 141	
$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Square preparation			$60^\circ < \alpha < 120^\circ$	$< 2$	3 111 13 141	

Prilog broj 11

Work-piece thickness $t$ mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553[1])	Cross-section	Dimensions		Recommended welding process <sup>a</sup> (reference No. in accordance with ISO 4063[2])	Weld illustration
				Angle $\alpha, \beta$	Gap $b$ mm		
$t_1 > 3$ $t_2 > 3$	Square preparation			$70^\circ < \alpha < 100^\circ$	$< 2$	3 111 13 141	
$t_1 > 2$ $t_2 > 5$	Square preparation			$60^\circ < \alpha < 120^\circ$	—	3 111 13 141	
$2 < t_1 < 4$ $2 < t_2 < 4$	Square preparation			—	$< 2$	3 111 13 141	

Prilog broj 12