

IZRADA MLATILICE NA STROJU ZA RAZMINIRAVANJE I PROVJERA OSPOSOBLJENOSTI ZAVARIVAČA

Radočaj, Kristina

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:359187>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

IZRADA MLATILICE NA STROJU ZA RAZMINIRAVANJE I PROVJERA OSPOSOBLJENOSTI ZAVARIVAČA

Radočaj, Kristina

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:359187>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-14**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

KRISTINA RADOČAJ

**IZRADA MLATILICE NA STROJU ZA
RAZMINIRANJE I PROVJERA
OSPOSOBLJENOSTI ZAVARIVAČA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

KRISTINA RADOČAJ

**IZRADA MLATILICE NA STROJU ZA
RAZMINIRANJE I PROVJERA
OSPOSOBLJENOSTI ZAVARIVAČA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Marijan Brozović , dipl.ing., v.pred.

KARLOVAC, 2021.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad na temu izrada mlatilice na stroju za razminiranje i provjera osposobljenosti zavarivača napisala samostalno, koristeći se vlastitim znanjem stečenim tijekom studiranja i iskustva stečenog tijekom rada u Srednjoj školi Slunj te navedenom literaturom.

Zahvaljujem mentoru Marijanu Brozoviću, dipl.ing., v.pred., na velikoj pomoći i savjetima, te utrošenom vremenu i trudu.

Zahvaljujem zaposlenicima tvrtke VJ-eko d.o.o. koji su mi ustupili tehničku dokumentaciju i pomogli pri izradi DISKA MLATILA za eksperimentalni dio rada, te koji su nesebično dijelili svoje znanje u području zavarivanja.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji na strpljenju i podršci tijekom svih godina studiranja, kao i prilikom pisanja ovog rada.

Kristina Radočaj

SAŽETAK

U ovom završnom radu opisan je cjelokupni proces zavarivanja diska mlatila. Prvi dio rada se sastoji od teoretskog dijela; općenito o strojevima za razminiranje, vrstama radnog alata i zahtjevima koji se postavljaju pred radni alat- mlatilo, u svrhu boljeg razumijevanja cijelog procesa. Također, navedena je tehnološka uputa za zavarivanje koja se koristi za postupak zavarivanja u firmi u kojoj je odrađen eksperimentalni dio, osim ako nije zadano drugačije.

U drugom dijelu završnog rada praktično je prikazana izrada diska mlatila. Navedena je sva potrebna tehnička dokumentacija, proces zavarivanja, svi potrebni alati i pribor te atesti zavarivača. Prikazan je proces koji disk mlatila mora proći prije nego se postavi na stroj za razminiranje i njegovu daljnju upotrebu.

Ključne riječi: Zavarivanje, disk mlatila, stroj za razminiranje, radni alat, atest zavarivača.

SUMMARY

This final thesis describes the entire process of welding the flail disc. The first part of thesis consists of a theoretical part; in general, about demining machine, types of working tools and requirements for working tools- in order to better understand the whole process. Also, is listed technological instruction for welding used for the welding process in the company in which the experimental part was performed, unless otherwise specified.

In the second part of final thesis is shown the production of the flail disc. All necessary technical documentation, welding process, all necessary tools and accessories and welder's certificates are listed. The process that a flail disc must go through before it is placed on a demining machine and its further use is also described in this section.

Keywords: Welding, flail disc, demining machine, work tool, welder's certificate.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

POPIS KRATICA

1. UVOD	1
1.1. Općenito o strojnom razminiranju	1
2. MLATILICE	2
2.1. Opći tehnički zahtjevi koje treba zadovoljiti sustav stroja za razminiranje	2
2.2. Osnovne značajke mlatilica	3
2.3. Radni alat- MLATILO	5
2.3.1 Udari čekića na tlo	6
2.3.2 Analiza impulsa sile čekića	8
2.3.3 Tehnički podaci stroja za razminiranje MV-4	10
3. OPĆENITO O ZAVARIVANJU	12
4. TEHNOLOŠKA UPUTA ZA ZAVARIVANJE- VJ- eko d.o.o. TIN-TEH	13
4.1. Svrha i područje primjene tehnološke upute za zavarivanje	13
4.2. Odgovornost i ovlaštenja	13
4.3. Tehnologija zavarivanja	13
4.3.1. Postupci zavarivanja	13
4.3.2. Općenito o zavarenom spoju	14
4.4. Osnovni materijal	15
4.5. Dodatni materijal	16
4.5.1. Skladištenje i rukovanje dodatnim materijalom	17
4.6. Parametri zavarivanja	17
4.7. Elementi zavarenih spojeva	18
4.8. Detaljne upute	19
4.9. Popravci zavara	19
4.10. Vezani dokumenti	22
5. EKSPERIMENTALNI DIO	24
5.1. Uvod u eksperimentalni dio	24
5.2. Radionica VJ-eko d.o.o.	24
5.3. Tehnološka uputa za zavarivanje diska mlatila	25
5.3.1. Žice za zavarivanje	31
5.3.2. Alat, pribor i pomoćna sredstva	32
5.3.3. Pozicioniranje i sastavljanje diska mlatila	34
5.3.4. Specifikacija postupka zavarivanja	41

5.4. Provjera osposobljenosti zavarivača	43
6. ZAKLJUČAK	49
LITERATURA.....	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Stroj za razminiranje s mlatilicama [9].....	2
Slika 2. Stroj sa sitnilicom [4]	4
Slika 3. Laki, srednji i teški strojevi tipa [4].....	4
Slika 4. Osnovni dizajn radnog alata- mlatilo [4]	5
Slika 5. Prikaz mlatila [4].....	6
Slika 6. Presjek sloja tla [4]	6
Slika 7. Udari čekića u tlo [4].....	7
Slika 8. Dijagram ovisnosti impulsa sile čekića o uvjetima restitucije k i funkcije okretaja n [4]	8
Slika 9. Dijagram impulsa sile čekića u uvjetima restitucije k u vremenskom intervalu	9
Slika 10. Stroj za razminiranje u procesu rada, radni alat- mlatilo [4]	10
Slika 11. Detonacija mine ispod mlatila [4].....	11
Slika 12. Zavarivanje MAG postupkom [8].....	12
Slika 13. Shematski prikaz MAG postupka zavarivanja [10]	14
Slika 14. Bravarsko- zavarivačka radionica, VJ-eko d.o.o [7]	24
Slika 15. Uška mlatila [11].....	25
Slika 16. Lanac mlatila [11]	26
Slika 17. Prikaz pozicija diska mlatila [11].....	27
Slika 18. Disk mlatila- mjesta zavarivanja i vrsta zavara [11].....	28
Slika 19. Sklopni crtež diska mlatila [11]	29
Slika 20. Disk mlatila [11].....	30
Slika 21. Žica za zavarivanje EZ- SG2 [13].....	31
Slika 22. Aparat za zavarivanje (MIG/ MAG) [11].....	32
Slika 23. Stege, brusilice s pločama, čekić [11].....	33
Slika 24. Naprava za pripajanje (NZ 21-00-00) [11]	33
Slika 25. Naprava za završno zavarivanje [11]	34
Slika 26. Pozicija 2.- disk mlatila [11]	34
Slika 27. Pozicija 1.- lanac [11]	35
Slika 28. Pozicija 3.- uška mlatila [11].....	35
Slika 29. Dijelovi u napravi [11]	35
Slika 30. Pripajanje uške na disk [11].....	36
Slika 31. Naprava za završno zavarivanje [11]	36
Slika 32. Prvi prolaz [11]	37
Slika 33. Drugi prolaz [11]	37
Slika 34. Treći prolaz [11].....	38
Slika 35. Presjek diska mlatila [11].....	39
Slika 36. Plan zavarivanje diska mlatila [11]	40
Slika 37. Specifikacija postupka zavarivanja, prva vrsta zavara[11].....	41
Slika 38. Specifikacija postupka zavarivanja, druga vrsta zavara [11]	42
Slika 39. Specifikacija zavarivanja I. zavarivača [12]	43
Slika 40. Epruveta I. zavarivač [12].....	44
Slika 41. Specifikacija zavarivanja II zavarivač [12].....	45
Slika 42. Epruveta- II zavarivač [12]	46
Slika 43. Specifikacija zavarivanja III zavarivač [12]	47
Slika 44. Epruveta- III zavarivač [12]	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Tehnički podaci stroja za razminiranje MV-20 [4].....	11
Tablica 2. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 [6]	20
Tablica 3. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 (nastavak tablice 2.) [6].....	21
Tablica 4. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 (nastavak tablice 3.) [6].....	22

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

Oznaka	Tumačenje	Mjerna jedinica
F_i	impuls sile čekića	N
F_{in}	impuls sile čekića pri hvatanju tla	N
R_{ki}	ukupni moment otpora rotaciji mlatilice	N
R_{σ}	otpor kopanja	N
n	broj okretaja	$^{\circ}/min$
k	koeficijentom restitucije	/
v	brzina čekića prije udara	m/s
u	brzina čekića nakon udara	m/s
m_h	masa čekića	kg
v_o	obodna brzina čekića	m/s
Δt	vremenski interval impulsa sile čekića pri hvatanju tla	s
φ	kut	$^{\circ}$
H	dubina kopanja	m
m	masa čekića	kg
R_e	granica razvlačenja	MPa
a	srednje opterećena konstrukcije	mm
\emptyset	promjer	mm
R_m	vlačna čvrstoća	MPa
A_5	istezljivost materijala	%

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
ISO	International Organization for Standardization
MIG/MAG	Metal (Inert/Active) Gas
CO ₂	Ugljikov dioksid
HRN	Hrvatska Norma
TNT	Masa čistog eksploziva
SOP	Standard Operating Procedures
REL	Ručno elektrolučno zavarivanje
TIG	Tungsten Inert Gas
TIN-TEH	Tehnološka uputa
FCAW	Flux Cored Arc Welding Wires
ASTM	Association for Testing Materials
WPS	Welding Procedure Specification
Ar	Argon
FW	Fillet Weld
FCAW	Flux-cored arc welding
Č4732	Čelik za poboljšavanje

1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada je zavarivanje: izrada mlatilice na stroju za razminiranje i provjera osposobljenosti zavarivača. Disk mlatila je radni alat stroja za razminiranje; rotorski pogonjeni lanci s čekićima za obradu tla radi neutralizacije mina (razbijanjem ili aktiviranjem). Zahtjevi koji se postavljaju pri samoj izradi diska mlatila su strogi i zahtjevni iz više razloga, a navedeni su u nastavku teksta.

1.1. Općenito o strojnom razminiranju

Velike prednosti koje pruža strojno razminiranje je smanjenje rizika sigurnosti pirotehničara koje pri tom uključuje manji broj ljudi, pruža kvalitetu i brz način razminiranja, odnosno postiže veći radni učinak. Napredak strojne tehnologije prema sigurnosti rada i povećanju učinka te odstranjivanju najmanjih minskih ostataka u svim terenskim uvjetima osigurava budućnost strojne tehnike za razminiranje prema njezinoj primarnoj uporabi. Postavljaju se strogi zahtjevi za učinkovitošću strojeva. Testiraju se nova rješenja uređaja za razminiranje. Takvi uređaji su mlatilice i sitnilice (freze) kao osnovni uređaji za razminiranje. Trenutačno tvrtke za razminiranje daju prednost mlatilicama, kao jednostavnijem i jeftinijem rješenju jer su učinkovitije, što im osigurava veći profit. Strojno ili mehaničko razminiranje polazi od toga da strojevi najprije kopaju tlo i da pritom uništavaju mine pri nailasku na minsku zapreku. Važno je da stroj sigurno može kopati tlo s prekrivenom srednjom vegetacijom i da bude popravljiv od oštećenja snažnih eksplozija. Polazni podaci za proračun stroja na otpornost prema trošenju i minskim eksplozijama su u obliku spektra opterećenja sile, tlaka, buke, bljeska, temperature i momenta odnosno mehaničkog rada.

Najteži kriterij koji se postavlja na provjeru izdržljivosti strojeva za razminiranje su dvije protutenkovske mine (masa čistoga eksploziva 11,8 kg TNT) koje se polažu izravno ispod rotora (mlatilice ili sitnilice) za razminiranje. To su iznimno visoki zahtjevi koje konstruktori pokušavaju riješiti. Rabe se iznimno tvrdi karbidni zubi za kopanje tla, razbijanje i usitnjavanje ali to nije dostatno jer se oštećuju njihovi adapteri i ostali dijelovi rotora. Međutim konstruktori nastoje biti domišljatiji u rješenju tog problema tako da alati rotora pri kopanju tla uništavaju mine bez detonacije ili djelomičnom detonacijom. [3]

2. MLATILICE

Prema raznovrsnosti zadaća čišćenje tla, mlatilice se izvide u svim kategorijama, lake, srednje i teške. Mlatilice rade protusmjernim načinom kopanja do 20 cm dubine ili istosmjernim načinom. Na slici 1. je prikazan stroj s mlatilicama kao radni alat.



Slika 1. Stroj za razminiranje s mlatilicama [9]

2.1. Opći tehnički zahtjevi koje treba zadovoljiti sustav stroja za razminiranje

Tehnički zahtjevi i utvrđivanje sukladnosti strojeva koji se koriste na poslovima humanitarnog razminiranja propisani su Pravilnikom (»Narodne novine« broj 153/05) članak 7. :

1. razminiranje minskih zapreka (protupješačke mine, protuoklopne mine, mješovita minska polja) u različitim terenskim uvjetima;
2. stroj treba neutralizirati mine (uništavati mine razbijanjem ili detonacijom). Vršni dio alata (kopači, mlatila) trebaju biti otporni na trošenje, otporni na minske eksplozije, korijenje i kamenje a zubi alata odnosno mlatila brzo zamjenljivi;
3. stroj treba imati tehnološku brzinu prilagođenu za obradu tla usklađenu s potrebnom dubinom;
4. kvalitetu čišćenja tla mora zadovoljiti zahtjeve propisane SOP-om;

5. sigurnost rukovatelja stroja: uređaj za daljinsko upravljanje ili zaštićena kabina. Posada stroja mora biti zaštićena od udara krhotina protupješačkih i protuoklopnih mina, impulsne buke i udarnih vibracija;

6. zaštićen okloptom sa svih strana, posebice od iznenadne eksplozije s prednje i donje strane;

7. izdržljivost stroja i pogodnost održavanja. [5]

2.2. Osnovne značajke mlatilica

U odnosu na masu stroja strojevi za razminiranje svrstavaju se u kategorije: lagane mlatilice, srednje mlatilice, teške mlatilice.

1. Lagane mlatilice: Masa stroja iznosi do 5 tona. Radni alat je lagana mlatilica. Mlatilo je izrađeno od lanaca i čekića za tretiranje tla kopanjem tla ili razbijanjem tla, pri čemu nastaje razbijanje ili aktiviranje ukopanih ili površinskih protupješačkih mina. Stroj mora imati oklopljene vitalne dijelove za balističku zaštitu od krhotina rasprskavajućih mina.

2. Srednje mlatilice: Masa stroja iznosi od 5 do 20 tona. Radni alat je srednje teška mlatilica, freza ili kombinacija alata. Mlatilo je izrađeno od lanaca i čekića za tretiranje tla kopanjem ili razbijanje pri čemu se aktiviraju ukopane ili površinske protupješačke i/ili protuoklopne mine. Mlatila trebaju izdržati udar eksplozije protuoklopnih mina pri čemu se najčešće oštećuje jedan do tri lanca mlatilice.

Freze (sitnilica) su rotorski pogonjeni zubi ili noževi (rotirajući rezni alati) koji usitnjavaju tlo, odnosno razbijaju minu i usitnjavaju u komadiće i/ili izazivaju detonaciju.

Stroj mora biti oklopljen da štiti rukovatelja stroja i vitalne dijelove stroja od krhotina rasprskavajućih mina.

3. Teške mlatilice: Masa stroja iznosi preko 20 tona. Radni alat je teška mlatilica ili više mlatilica, ili freza ili više freza ili njihova kombinacija.

Mlatilo je izrađeno od lanaca i čekića za kopanje tla, razbijanje ili aktiviranje ukopanih ili površinskih protupješačkih i/ili protuoklopnih mina. Teška mlatilica koristi se i za probijanje minskih polja. Trebaju izdržati udar eksplozije protuoklopnih mina pri čemu se najčešće oštećuje jedan do tri lanca mlatilice. [5]

Rad mlatilice temelji se na udarnoj sili mlatila, odnosno momentu udara kojim mlatilo udara. Proračunski se određuje potrebna sila mlatila koja može savladati otpore rezanja i otpore čvrstoće tla. Za razliku od sitnilica, mlatilice su jednostavnije konstrukcije. Rotor mlatila je udaljen od središta eksplozije za polumjer okretanja mlatila. Zbog lančane veze između rotora i udarnih čekića, rotor mlatila nije opterećen momentom otpora, zato je potrebna puno manja snaga za rad mlatilice nego rad sitnilice. [3], Slika 2. prikazuje stroj sa sitnilicom, a Slika 3. prikazuje redom: laki, srednji i teški stroj tipa mlatilice.



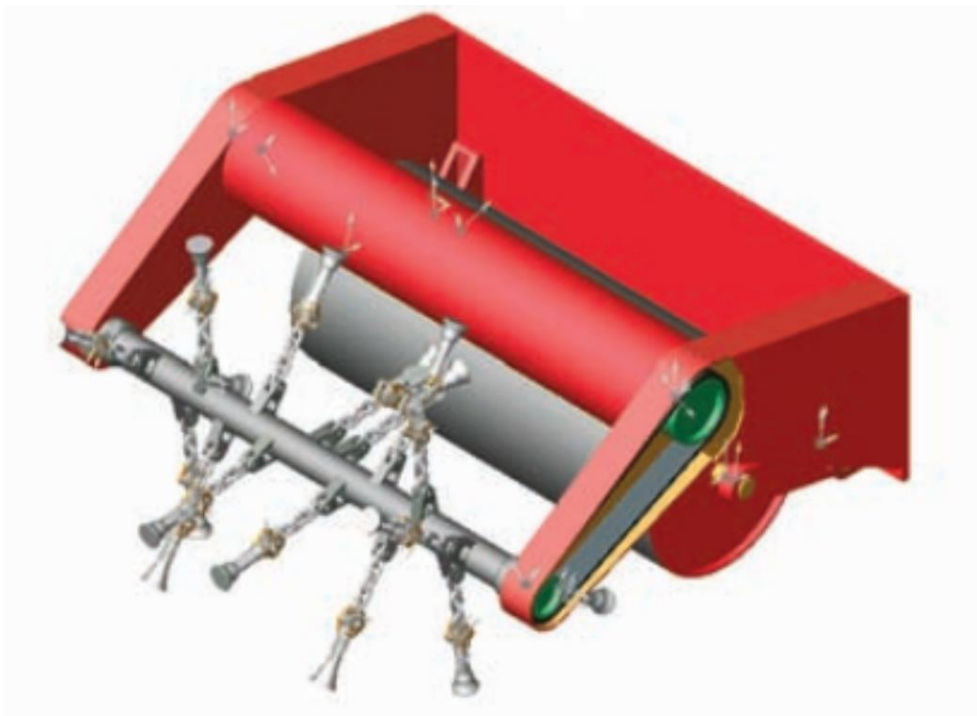
Slika 2. Stroj sa sitnilicom [4]



Slika 3. Laki, srednji i teški strojevi tipa [4]

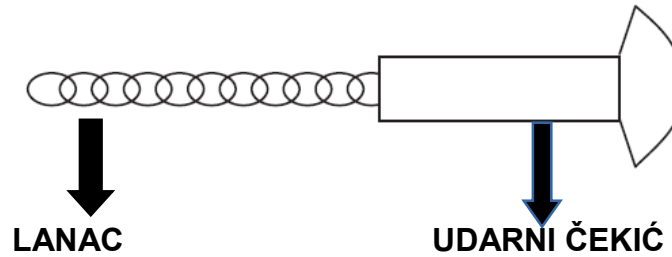
2.3. Radni alat- MLATILO

Mlatilo radi na principu koji se temelji na impulsu sile svladavanja otpora pri kopanju tla (impuls sile= promjena impulsa). Da bi se postiglo rezanje, impuls sile čekića mora biti veći nego otpor $F_i > R_{ki}$, tj. za stanje drobljenja tla $F_i > R_{\sigma}$ i mora biti ispunjen. Pomak faze između mlatilica koje su učvršćene na spirali rotora $n \times 180^\circ$ od središta prema svakoj strani, smanjuje se otpor kopanja, uklanja se utjecaj aksijalnih sila i neuravnoteženosti mlatilice. [4]. Na *slici 4.* je prikazan osnovni dizajn radnog alata- mlatila.

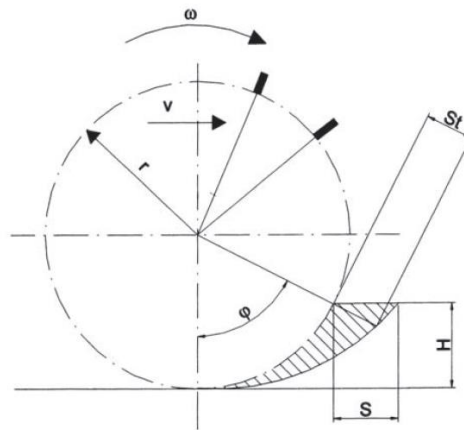


Slika 4. Osnovni dizajn radnog alata- mlatilo [4]

Ukupni moment otpora rotaciji mlatilice uključuje statički i dinamički moment rotacije mlatila dijelova, sve dok čekić ne udari u tlo, kada se kinetička energija gubi, kutna brzina se mijenja i broj rotacije mlatilice je smanjen. Razmjene energije nisu dobro poznate u praksi te se pretpostavlja svaka ciklična operacija mlatila: ubrzanje čekića i zaustavljanje pri rezanju sloja tla. *Slika 5.* prikazuje mlatilicu koja se sastoji od lanaca i udarnog čekića u obliku "gljive" koji ima oštricu za rezanje tla, a nalazi se na kraju lanca, dok *Slika 6.* prikazuje presjek sloja tla. [4]



Slika 5. Prikaz mlatila [4]



Slika 6. Presjek sloja tla [4]

2.3.1 Udari čekića na tlo

Udari čekića u tlo mogu se promatrati kao sudar dvaju tijela, što je nužno za određivanje impulsa sile čekića. Jedna od metoda određivanja ove sile temelji se na pretpostavci da sila djeluje u konačnom vremenskom intervalu u kojem čekić koristi dio svog zamaha koji je imao prije udara.

Ponašanje čekića tijekom udara u tlo može se opisati s koeficijentom sudara "k", tj. koeficijentom restitucije, a računa se formulom:

$$k = \frac{u}{v},$$

v- brzina čekića prije udara
u- brzina čekića nakon udara

Uvođenjem koeficijenta sudara k , možemo proučavati problem udaranja čekića u prepreku s klasičnog gledišta mehanike, ne koristeći pretpostavku apsolutno čvrste prepreke.

Koeficijent sudara unutar intervala temelji se na Zakona o očuvanju zamaha ($m_h v_o - m_h u = F_i \Delta t \cos \varphi$), a glasi:

$$0 \leq k \leq 1$$

$k = 0$ udar je idealno plastičan,

$k = 1$ udar je idealno elastičan.

Odnos brzine prije i nakon sudara daje se kroz koeficijent k , koji dovodi do jednadžbe impulsa sile u vremenskom intervalu, Δt : $F_i = m_h v_o (1-k) / \Delta t \cos \varphi$, gdje su:

F_i (N) - impuls sile jednog čekića

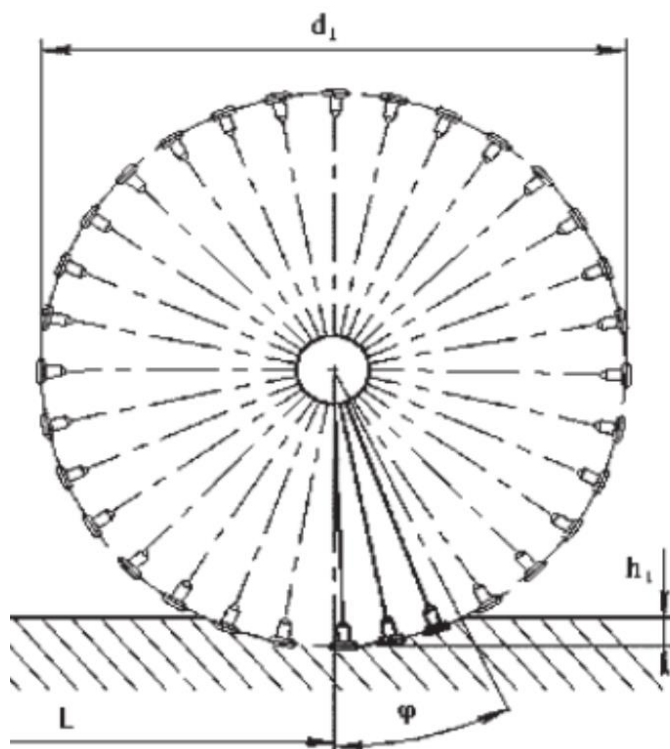
F_{in} (N) – impuls sile čekića pri hvatanju tla

m_h (kg) - masa čekića

v_o (m/s) - obodna brzina čekića ($r \pi n / 30$)

Δt (s) - vremenski interval impulsa sile čekića pri hvatanju tla [4]

Na slici 7. je shematski prikaz udara čekića mlatila na tlo.



Slika 7. Udari čekića u tlo [4]

2.3.2 Analiza impulsa sile čekića

Analiza impulsa sile čekića prikazana je na primjeru.

Primjer:

- dubina kopanja $H_1 = 0,1$ m, upadna masa čekića $m=1,2$ kg, $\varphi=35^\circ$ (0,61 rad), $n=900$ $\text{°}/\text{min}$

Pretpostavka:

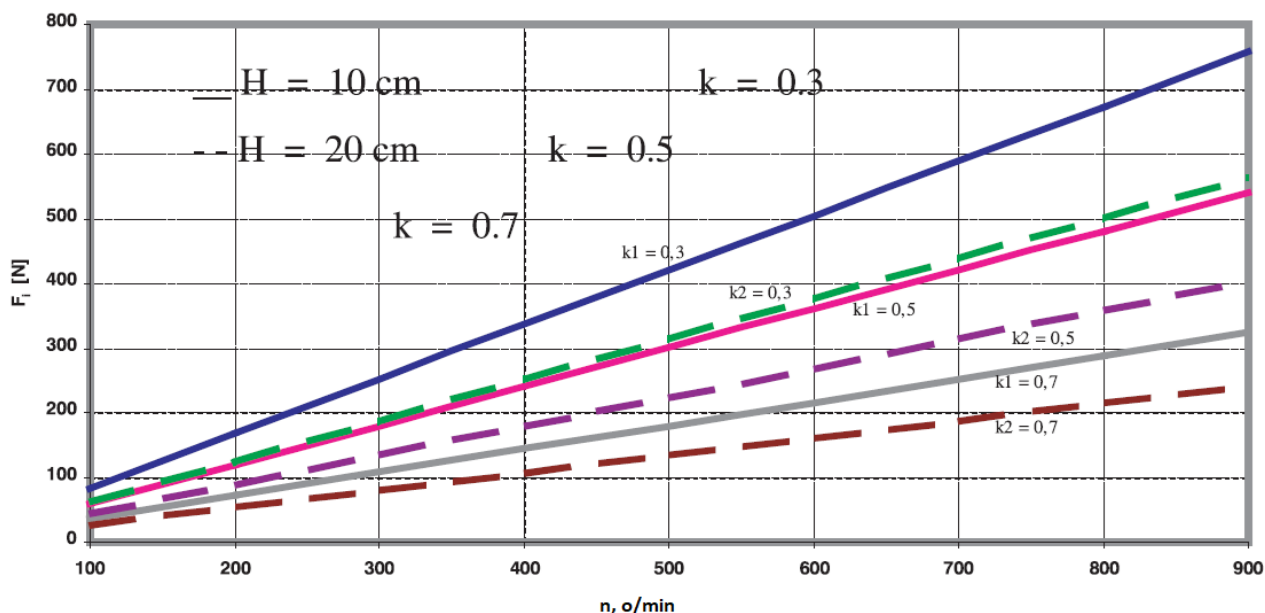
- koeficijent restitucije k za 3 različita sudara

Uvjeti; $k = 0,3; 0,5; 0,7$

- vremenski interval udara impulsa sile u intervalu do $\Delta t = 10^{-4}$ s

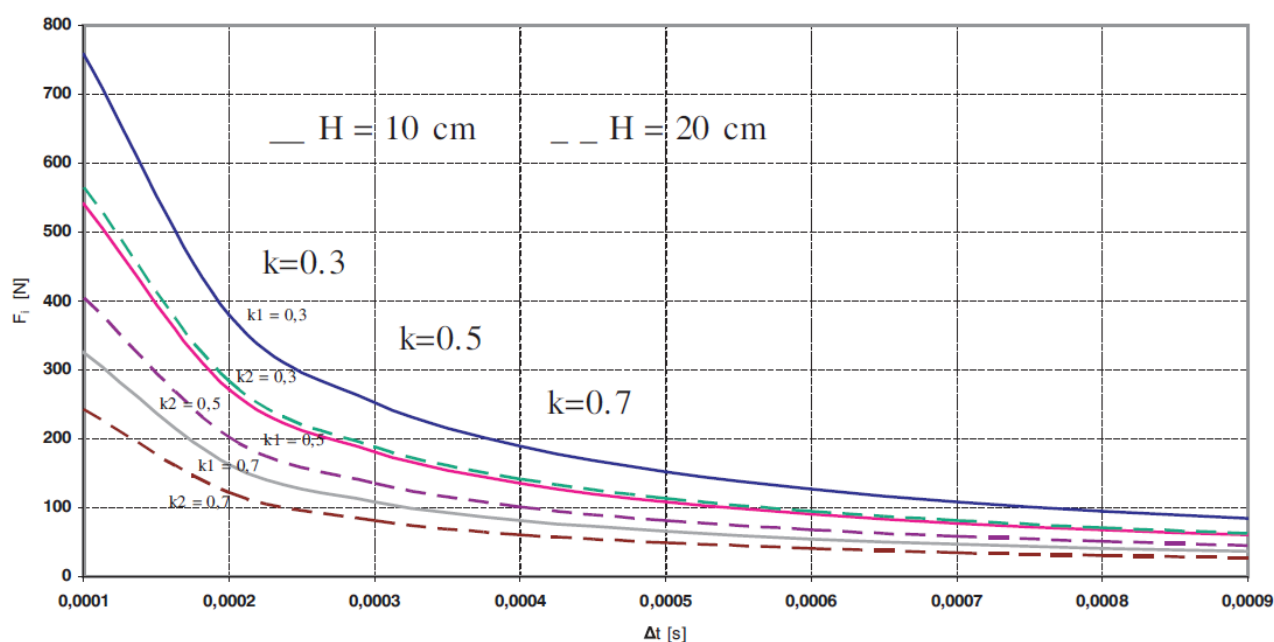
Korištenjem koeficijenta k , u različitim situacijama rada, može se opisati alat, udaranje o prepreku, tj. koliko se energije gubi prilikom udara, u situacijama kada čekić udari u minu i mijenja koeficijent k . Sukladno tome, izračun impulsa sile koji utječe na čekić pri udaru u tlo može se napraviti, ovisno o tipu tla ili prepreci k , dubini kopanja H_i i rotacije mlatila n . Slika 8. prikazuje dijagram $F_i = f(n)$, za $\Delta t = 0,0001$ s ovisnost impulsa sile čekića o uvjetima restitucije k i funkcije okretaja n . Slika 9. prikazuje dijagram $F_i = f(\Delta t)$, pri $n = 900$ min^{-1} impulsa sile čekića u uvjetima restitucije k , u vremenskom intervalu $F_i = f(\Delta t)$. [4]

Dijagram $F_i = f(n)$, za $\Delta t = 0,0001$ s



Slika 8. Dijagram ovisnosti impulsa sile čekića o uvjetima restitucije k i funkcije okretaja n [4]

Dijagram $F_i = f(\Delta t)$, pri $n = 900 \text{ min}^{-1}$



Slika 9. Dijagram impulsa sile čekića u uvjetima restitucije k u vremenskom intervalu $F_i = f(\Delta t)$

Koeficijent restitucije k može se dovesti u odnos s kategorijom tla, tj. tvrdoćom tla, kako bi se utvrdile razlike među njima. Restitucija koeficijenta k se može simulirati kao i dubina kopanja H , pod pretpostavkom da je $k = 0,7$ za kategoriju tla III, $k = 0,5$ za kategoriju tla IV i $k = 0,3$ za kategoriju tla V. Impuls sile jednog čekića F_i za specifično kopanje se računa umnoškom dubine s brojem čekića koji zahvaćaju tlo. Povećanjem broja okretaja čekića za istu restituciju koeficijenta k , impuls sile $F_i = f(n)$ se povećava linearno.

Iz dijagrama $F_i = f(\Delta t)$ može se zaključiti da se impuls sile smanjuje približno po kvadratnom vremenu kad udari čekić u tlo. Sila je najveća pri udaru u tlo a smanjuje se pri uklanjanju iskopanog sloja tla. Pretpostavljene su tri brzine rotacije, $n = 200 \text{ min}^{-1}$, $n = 500 \text{ min}^{-1}$ i $n = 900 \text{ min}^{-1}$. Može se pretpostaviti da sa smanjenjem restitucije koeficijenta k na osovini rotora mlaticice će biti potrebna dodatna snaga za ubrzanje zaostalog mlaticila.

Teoretski, brzina rotacije čekića se može smanjiti na nultu vrijednost. Čekić nije u mogućnosti radnu brzinu brzo uspostaviti zbog otpornosti na trenje, praznog hoda mlaticice, koji se pojavljuje pri ponovnom ubrzanju čekića. Praksa pokazuje da takvo zaostajanje čekića uzrokuje brzo habanje i produljenje (u praksi – zamjena čekića uzrokovana trošenjem,

produžuje lanac za 10%). Konačno, sa smanjenjem koeficijenta restitucije k , povećava se otpor rotacije rotora, a to znači da je rotoru mlatilice potrebna veća snaga. [4]

Na Slici 10. je prikazan stroj za razminiranje, marke MineWolf, s radnim alatom-mlatilice u procesu rada.



Slika 10. Stroj za razminiranje u procesu rada, radni alat- mlatilo [4]

2.3.3 Tehnički podaci stroja za razminiranje MV-4

Tehnički podaci stroja za razminiranje MV-20: verzija radnog alata s dvije mlatilice, prikazani su u Tablici 1. Cilj je bio postići veću učinkovitost i neovisnost svakog alata s obzirom na različite uvjete rada i razminiranje. Ne tako davno, kombinacija i upotreba različitih alata za razminiranje, poput mlatilice i glodalice, bila je nezamisliva zbog visokih zahtjeva za ravnotežom snage o kojima se nije ni počelo razmišljati. Ipak, uz određenu raspodjelu moći, realna opcija, koja omogućuje perspektivnost uspostavljena je kombinacijom rješenja, osim za kategorije teških i srednjih strojeva. Neovisnost podešavanja radnog alata i daljinskog upravljanja ubrzava razminiranje strojeva i može utjecati na SOP. [4] Slika 11. prikazuje trenutak u kojem stroj za razminiranje s mlatilima detonira minu.

Tablica 1. Tehnički podaci stroja za razminiranje MV-20 [4]

Masa stroja.....	35 tona	Tip mlatilice.....	AM-020
Duljina stroja.....	8m	Promjer mlatila.....	2m
Duljina stroja, bez alata.....	6m	Broj kopči- gljiva.....	82
Širina stroja.....	4m	Tip freze.....	AF-020
Visina stroja.....	2,5m	Položaj kopača freza.....	spiralno
Snaga motora.....	663kW	Dubina kopanja tla.....	do 40 cm
Radni alat.....	mlatilo	Brzina stroja.....	6 km/h
Pogon radnog alata.....	hidrostatski	Upravljanje strojem....	daljinsko upravljanje



Slika 11. Detonacija mine ispod mlatila [4]

3. OPĆENITO O ZAVARIVANJU

Zavarivanje je spajanje dvaju ili više istorodnih ili raznorodnih materijala primjenom topline (taljenjem) ili pritiska s ili bez dodavanja dodatnog materijala na način da spoj ima kontinuitet (bez greške) i što jednoličnija svojstva.

Pod samim zavarenim spojem smatra se cjelina koja se ostvaruje zavarivanjem. Sama zavarljivost je sposobnost pojedinog materijala da se pri određenim povoljnim uvjetima zavarivanja ostvari kontinuirani zavareni spoj. Zavarivanje obuhvaća različita područja znanosti i tehnologije.

Ovaj rad pokriva ona područja kod kojih se naglašavaju temeljni principi, koji su potrebni kako za razumijevanje pojava pri zavarivanju, tako i za rješavanje problema projektiranja i konstruktivne razrade zavarenih proizvoda, izbora materijala za zavarene proizvode, za propisivanje uvjeta i parametara zavarivanja, te za osiguravanje i kvalitete zavarenih proizvoda. Krajnji cilj je osiguranje pouzdanog rada proizvoda, a time i sigurnosti za ljude, imovinu i biološku okolinu. [1] Na slici 12. je prikazan postupak MAG zavarivanja.



Slika 12. Zavarivanje MAG postupkom [8]

4. TEHNOLOŠKA UPUTA ZA ZAVARIVANJE- VJ- eko d.o.o. TIN-TEH

4.1. Svrha i područje primjene tehnološke upute za zavarivanje

Proces zavarivanja u VJ-eko d.o.o. je osnovni proces na kojem se temelje svi proizvodi. Cilj ove upute je da već utvrđene procedure sprovodi i kontrolira u procesu proizvodnje. Ova uputa primjenjuje se u radionici VJ-eko d.o.o. gdje se provodi proces zavarivanja. Uputa je primjenjiva na sve postupke zavarivanja koji se odvijaju u radionici.[6]

4.2. Odgovornost i ovlaštenja

Voditelj radionice odgovoran je da uvjeti rada budu u skladu sa uputstvima za zavarivanje, postupkom održavanja strojeva i mjerne opreme opisanim u dokumentaciji sustava kvalitete i primijenjenim standardima, a odnosi se na :

- opremu i strojeve za zavarivanje u radionici
- skladištenje dodatnog zavarivačkog materijala u skladištima
- skladištenje zaštitnog plina
- radnu okolinu u radionici
- procesno- mjernu opremu
- potrebnu dokumentaciju (crteže, standarde)

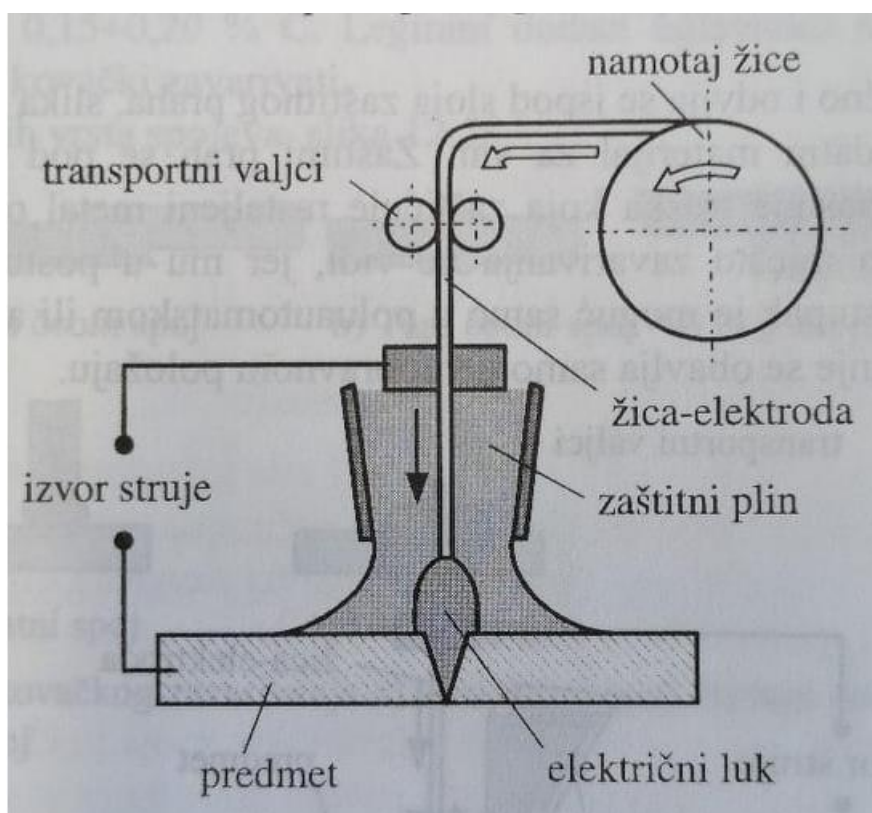
Zavarivač je odgovoran da prema datim uputstvima radi što je moguće kvalitetnije u smislu zadovoljavanja svih nužnih i potrebnih zahtjeva konačnog proizvoda na kojem radi. Također, odgovoran je za svoje radno mjesto, opremu, strojeve, te je dužan provoditi samokontrolu zavara. [6]

4.3. Tehnologija zavarivanja

4.3.1. Postupci zavarivanja

U procesu zavarivanja metala taljenjem, primjenjuju se slijedeći postupci: REL, TIG, MIG/MAG i zavarivanje plinskim plamenom. Postupak koji se najviše primjenjuje u procesu zavarivanja u VJ-eko d.o.o. je MAG postupak.

MAG (Metal Active Gas) postupak je elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi ugljičnog dioksida(CO₂) ili mješavine s pretežnim udjelom CO₂. Tim se postupkom zavaruju nelegirani i niskolegirani čelici. Dodatni materijal su žice koje odgovaraju kvaliteti čelika; žice sa punom jezgrom ili praškom punjene žice (FCAW – Flux Cored Arc Welding Wires). Razvojem praškom punjenih žica, razvija se i sam postupak zavarivanja koji ih koristi te se definira kao pod grupa MAG postupka. [6] Na slici 13. prikazan je shematski prikaz MAG postupka zavarivanja gdje su prikazani transportni valjci, izvor struje, namotaj žice, žica- elektroda, zaštitni plin, predmet i električni luk.



Slika 13. Shematski prikaz MAG postupka zavarivanja [10]

4.3.2. Općenito o zavarenom spoju

Zavarivanje kao tehnologija spajanja dva metala u jednu cjelinu mora zadovoljiti slijedeće :

1. Tijekom izvedbe postupka zavarivanja potrebno je voditi računa o pristupačnosti zavarenom spoju ,položaju zavarivanja i redoslijedu zavarivanja.

2. O obliku zavarenog spoja ,a pogotovo o redosljedu zavarivanja treba voditi računa u cilju izbjegavanja zaostalih naprezanja koja mogu izazvati naknadne deformacije.

3. Priprema površine spoja (skošenje pod kutom) mora se obaviti prije zavarivanja, a dotična površina mora biti čista , ravna i bez deformacija, te zaštićena od atmosferskih utjecaja.

4. Pojedini dijelovi koji se zavaruju moraju se predgrijati na određenu temperaturu ; preporuka je od strane proizvođača osnovnog materijala, ali može se definirati i na osnovu kemijskog sastava materijala, debljine materijala, smjera odvođenja topline i okolne temperature. Ako se postupak zavarivanja obavlja vani na otvorenom, pri temperaturama ispod +5°C moraju se poduzeti dodatne radnje u smislu predgrijavanja osnovnog materijala. Također u slučaju temperature ispod -10°C izbjegavati zavarivanje. Postupak je moguć ,ali uz posebne pripreme radnje prije, za vrijeme i nakon procesa zavarivanja.

5. Dijelovi koji nisu potpuno zavareni , a koji se prenose ili okreću u daljnjem procesu moraju imati zavare dovoljne čvrstoće da ne dođe do pucanja zavara.

6. U slučaju pojave puknuća u zavaru ili puknuća zavara, zavar se mora izlijebiti; ispuhati te zavariti novi zavar.

7. Zavari moraju imati dostatnu penetraciju te moraju imati čistu i pravilnu površinu s blagim prijelazom na osnovni materijal

8. Preveliko nadvišenje zavara, zajedi ili zarezi (definirani kao greške u zavaru) loše utječu na kvalitetu zavara te kao takvi nisu poželjni.

9. Naknadna obrada površine zavara kao npr. obrada površine u slučaju dinamičkih opterećenja ne smije smanjiti svojstva zavarenog spoja. [6]

4.4. Osnovni materijal

Osnovni materijal je onaj koji se zavaruje, a dodatni je materijal kojim se zavaruje. Svi bitni parametri u daljnjem postupku zavarivanja vežu se ili se definiraju na osnovu osnovnog materijala; njegovog kemijskog sastava, mehaničkih karakteristika i debljine. Osnovni materijal koji se koristi u proizvodnim procesima je HARDOX 450 (ASTM A-514), te St 52.3 (ASTM A-513; 1.0570; S355J2+N), St 37.2 (ASTM A-283; 1.0038; S235J2+N), Č4732.

Osnovni materijali koji se primjenjuju su razvrstani prema HRN ISO 15608. Svi materijali koji se ugrađuju moraju imati valjane ateste. Ugrađeni elementi moraju biti slijedni ako se to zahtjeva od kupca. Atesti osnovnog materijala se nalaze u odjelu Nabave.

Ukoliko se pozicije režu iz materijala kooperanta, kooperant je dužan ukoliko to naručitelj traži uz izrezane pozicije dostaviti i ateste materijala. Atesti se zatim pohranjuju prema gore navedenoj proceduri. [6]

4.5. Dodatni materijal

Dodatni materijal se u procesu zavarivanja rastaljuje te zajedno sa talinom osnovnog materijala čini zavareni spoj. Svojim kemijskim sastavom utječe na zavarivačke i metalurške procese, te osigurava odgovarajuću kvalitetu zavarenog spoja. Odabire se na osnovu karakteristika osnovnog materijala; kemijskog sastava, R_m - vlačne čvrstoće, R_e - granice razvlačenja, te A_5 - produljenja.

Dodatni materijali koji se koriste u procesu zavarivanja su :

1. Pobakrena puna žica, EZ CO₂, Ø 1,2 mm , ELEKTRODA ZAGREB
2. Praškom punjena žica , OUTERSHIELD 71M-H , Ø 1,2 mm, LINCOLN ELECTRIC
3. Žica sa metalnom jezgrom , OUTERSHIELD MC 715-H , Ø 1,2 mm, LINCOLN ELECTRIC

Izbor dodatnog materijala određuje se prema svojstvima osnovnog materijala i uvjetima eksploatacije. Izabrani dodatni materijali navedeni su u specifikacijama zavarivanja (WPS). Promjenu dodatnog materijala može odrediti jedino osoba odgovorna za zavarivačke radove uz suglasnost koordinatora zavarivanja. Dodatni materijali moraju odgovarati određenom standardu (HRN EN ISO) i imati valjani certifikat. Atesti dodatnih materijala se nalaze u odjelu Nabave. [6]

4.5.1. Skladištenje i rukovanje dodatnim materijalom

Dodatni materijal na skladištu treba biti propisno spremljen u originalnom pakiranju, odvojen od ostalog skladišnog materijala te u kontroliranim uvjetima odgovarajuće temperature i vlažnosti. Dodatni materijal izdaje osoba zadužena za skladištenje istog prema valjanoj zahtjevnici.

Žica za zavarivanje MIG/MAG postupkom mora se potrošiti u propisanom vremenu (3 dana). U slučaju da se neće duže koristiti žica mora biti zaštićena od utjecaja vlage i prikladno odložena. Kod transporta i prenošenja žice za zavarivanje treba paziti da se iste ne bacaju, oštećene i korodirane elektrode trebaju se odbaciti. [6]

4.6. Parametri zavarivanja

Za odabir parametara zavarivanja nije jednoznačno definirana procedura. Glavni parametri zavarivanja su:

- JAKOST STRUJE (definirana brzinom i promjerom žice utječe na količinu rastaljenog materijala u jedinici vremena)
- NAPON STRUJE (utječe na način prijenosa materijala, protaljivanje, širinu i izgled zavara)
- BRZINA ZAVARIVANJA (utječe na dubinu protaljivanja, širinu zavara, ovisi o jakosti struje, vrsti spoja, vrsti materijala i položaju zavarivanja, orijentacijski je 35-50 cm/min)
- KOLIČINA ZAŠTITNOG PLINA (određuje se prema jakost struje, obliku spoja, mjestu i uvjetima zavarivanja; orijentacijski je 10 x promjer žice.
- DUŽINA SLOBODNOG KRAJA ŽICE –vrlo bitan parametar; orijentacijski iznosi 13 x promjer žice, ali ne veći od 20 mm.

Ovi parametri zavarivanja daju primarno unesenu energiju zavarivanja, dok se sekundarno unesena energija zavarivanja ostvaruje isto tako značajnim parametrima zavarivanja :

- TEMPERATURA PREDGRIJAVANJA
- TEMPERATURA IZMEĐU PROLAZA
- TEMPERATURA DOGRIJAVANJA

Pristup izboru parametara zavarivanja razlikuje se o vrsti osnovnog materijala tj. skupine materijala, čelika (nelegirani, nisko legirani, sitno zrnati povišene ili visoke čvrstoće, visoko legirani: martenzitni, austenitni, feritni...). U konačnici parametri se biraju prema dodatnom materijalu koji je odabran za postupak zavarivanja, a on je definiran prema osnovnom materijalu. [6]

4.7. Elementi zavarenih spojeva

Svi zavareni spojevi bitnih elemenata strukture dijela moraju biti tako izvedeni da omoguće što blaži raspored naprezanja bez značajnih koncentracija naprezanja i naglih promjena krutosti. Sučeono spojeni elementi većih duljina koji se spajaju na primarno strukturni element moraju biti zavareni cijelim svojim presjekom. Potrebno je izbjegavati gomilanje zavara na jednom mjestu, kao i male udaljenosti između zavara. Razmak između sučeonih zavara treba biti najmanje : $50 \text{ mm} + 4 \text{ debljine lima}$. Kutni zavari trebali bi biti udaljeni jedan od drugog ;kao i od sučeonih zavara najmanje $30 \text{ mm} + 2 \text{ debljine lima}$.

Visina zavara a definira se kroz nekoliko parametara, te ju je teško jednoznačno odrediti. Osnovni parametri koji uvjetuju visinu zavara su: debljina materijala, jednostrano ili dvostrano zavaren spoj(kutni), opterećenost konstrukcije. [6]

- Primjer 1:
 - debljina materijala : 8 mm
 - dvostrano zavarivanje kutnog spoja:
 - srednje opterećena konstrukcija $a = 5-6 \text{ mm}$
- Primjer 2:
 - debljina materijala : 10 mm
 - dvostrano zavarivanje kutnog spoja:
 - srednje opterećena konstrukcija $a = 6-8 \text{ mm}$ [6]

4.8. Detaljne upute

1. Voditelj radionice dodjeljuje poslove zavarivačima vodeći računa o njihovim sposobnostima i kvalifikacijama za zadanu poziciju i postupak zavarivanja.

2. Zavarivači su obavezni pregledati nacrt dodijeljenog im dijela/ sklopa te pozicije koje se moraju složiti u zadani sklop. Pregled pozicija podrazumijeva fizičku kontrolu pozicija, pregled pripreme za zavarivanje (skošenja), debljine materijala po pozicijama. Nakon pregleda svih pozicija koje će se zavariti u konačni sklop, zavarivač radi pred- montažu pozicija u konačni sklop ili dio. Pred- montaža se vrši pripajanjem pozicija u sklop parcijalnim zavarivanjem; pripojima ili mjestimičnim zavarima. Zavarivač je dužan u međufazama izvršiti kontrolu zadanih mjera s nacрта te poduzeti sve potrebne radnje u smislu zadržavanja propisanih dimenzija s nacрта.

3. Zavarivači su obavezni pridržavati se zadanih parametara zavarivanja koji su propisani nacrtima ili radnom uputom. U slučaju da se pri samokontroli zavara ili procesa zavarivanja uoči potreba za korekcijom propisanih parametara, zavarivač je dužan izvršiti korekciju u smislu poboljšanja konačnog proizvoda, te na kraju obavijestiti pretpostavljenog.

4. Voditelj radionice u svojim dnevnim obilascima radova dužan je kontrolirati propisane parametre.


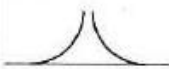
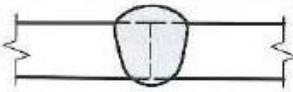

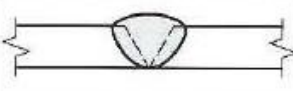






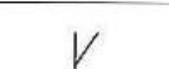





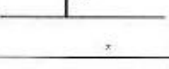
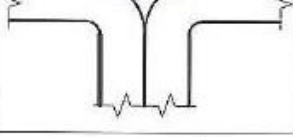
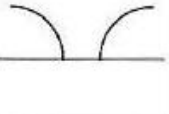
5. Zavarivač je dužan na svom radnom mjestu održavati red i čistoću ,a sve zavare koje je završio očistiti od šljake, prskotina i ostale površinske anomalije četkom ili drugim pomoćnim alatom.

6. Svi zavarivači moraju imati važeći atest prema normi HRN EN ISO 9606-1; HRN EN ISO 9606-2; za materijale, debljine i položaje na kojima zavaruju bilo u radionici ili na terenu. Sustav vođenja evidencije zavarivanja prati se po radnim nalogima u Go Softu. [6]

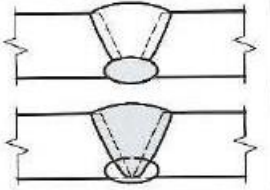
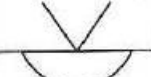
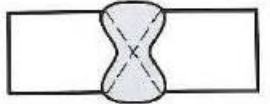
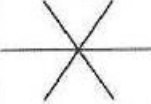
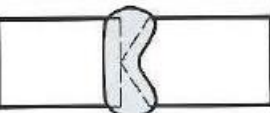
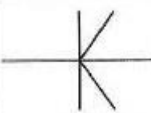
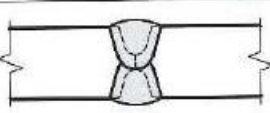
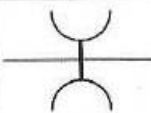
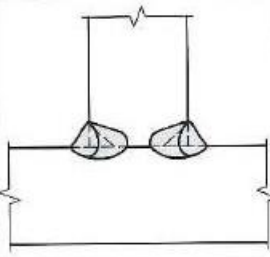
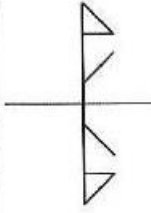
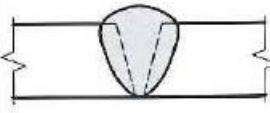
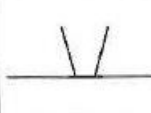
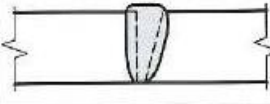
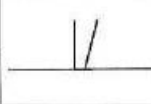
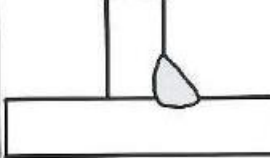

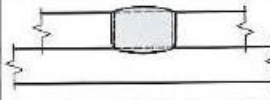
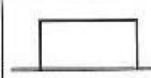
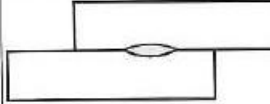
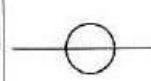
4.9. Popravci zavara

Sve greške uočene kontrolom kvalitete (vizualnom, rendgenskom, magnetskim česticama, penetrantima...) moraju se sanirati. Postupak popravka ovisi o tipu i veličini greške, a može se obaviti samo površinskim brušenjem lica zavara u smislu vizualne sanacije greške, ili potpunim brušenjem zavara te ponovnim zavarivanjem istog prolaza prema definiranim parametrima.

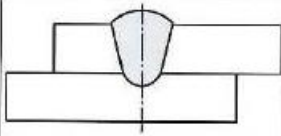
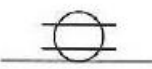

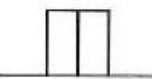
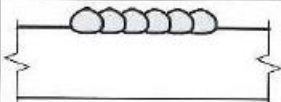

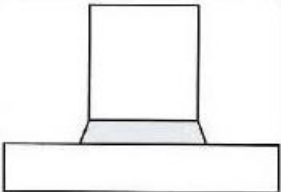

U tablici 2. i tablici 3. i 4. su prikazani zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 i njihova primjena. [6]

Red. br.	Naziv spoja	Prikaz	Oznaka	Primjena
1.	Prirubnički sučeljeni/ rubni spoj			Za vrlo tanke limove. Rub se pretaljuje, obično bez dodatnog materijala
2.	Sučeljeni I-spoj			Za tanke stijenke (2-5 mm). Kod EPP zavarivanja 4-12 mm. Zavaruje se s jedne ili s obje strane
3.	Sučeljeni V-spoj			Za debljine stijenke 4-18 mm. Zavaruje se samo s jedne strane s provarom
4.	Sučeljeni polu V-spoj			Kao kod V-spoja, na mjestima gdje s druge strane nije moguće ili ne treba iskošenje, ili za zidni položaj
4a	Sučeljeni Y-spoj			Kao kod V-spoja i kada se ne zahtijeva potpuno provarivanje
5.	Sučeljeni polu-Y-spoj			Kao kod polu-V-spoja i kada se ne zahtijeva potpuno provarivanje
6.	Sučeljeni U-spoj			Za vrlo debele materijale, više od 30 mm. U nekim slučajevima i kod tanjih materijala uz TIG zavarivanje korijena
7.	Sučeljeni J-spoj			Za vrlo debele materijale; tamo gdje drugu stranu nije moguće obraditi
8.	Profilni V spoj			Za spajanje profila i četvrtastih cijevi
9.	Profilni spoj			Za spajanje punih profila (cijevi) s ravnom površinom lima (ili profila)

Tablica 2. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 [6]

Red. br.	Naziv spoja	Prikaz	Oznaka	Primjena
10.	Sučeljeni V-spoj zavaren i s druge strane (poslije ili prije zavarivanja korijena)			Kao kod V-spoja, s time da se zavaruje i s korijene strane. Česta primjena kod aluminija
11.	Sučeljeni X-spoj			Za debljine stijenke 15-40 mm, a za bakar već od 8 mm. Zavaruje se s obje strane
12.	Sučeljeni K-spoj			Kao kod X-spoja, na mjestima gdje s druge strane nije moguće iskositi ili u pripremi za zidni položaj zavarivanja. Može biti i kutni spoj
13.	Sučeljeni dvostruki U-spoj			Za materijale neograničenih debljina, gdje je pristup moguć s obje strane
14.	Kutni spoj s dvostrukom polu-Y pripremom i dodatnim kutnim zavarima			Tamo gdje se ne zahtijeva potpuna penetracija, ali se zahtijevaju dodatni kutni zavar.
15.	Sučeljeni V-spoj s većim razmakom u grlu žlijeba			Za deblje materijale s velikim razmakom u korijenu, obično uz pomoć podloge. Strme stranice žlijeba
16.	Sučeljeni polu-V-spoj s većim razmakom u grlu žlijeba			Kao pod red. br. 14., tamo gdje nije moguće obraditi drugu stranu
17.	Kutni spoj jednostrano zavaren			Za materijale manjih debljina i zavarivanje samo s jedne strane
18.	Preklopni spoj – zavar u prorezu			Gornji materijal je obično tanji. Zavarivanje se izvodi u pripremljenom prorezu
19.	Preklopni spoj – točkasti zavar			Za materijale malih debljina. Zavarivanje se izvodi elektrootporno točkasto ili točkasto s protaljivanjem

Tablica 3. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 (nastavak tablice 2.) [6]

Red. br.	Naziv spoja	Prikaz	Oznaka	Primjena
20.	Preklopni spoj – šavni zavar			Za materijale malih debljina. Zavarivanje se izvodi elektrotopno ili protaljivanjem
21.	Rubni spoj			Za materijale malih debljina. Zavarivanje se izvodi s dodatnim ili bez dodatnog materijala
22.	Navar			Navarena površina. Obično radi poboljšanja svojstva površine osnovnog materijala
23.	Svornjak			Spajanje dvaju materijala naljezanjem jedan na drugog (prvenstveno se odnosi na zavarivanje svornjaka)

Tablica 4. Zavareni i srodni postupci- simboličko prikazivanje crteža prema normi HRN EN ISO 2553- 2014 (nastavak tablice 3.) [6]

4.10. Vezani dokumenti

- WIN-QM-001 Radna uputa za kontrolu zavarivanja
- Standardi zavarivanja
 - HRN EN ISO 4063:2009. Zavarivanje i srodni postupci, Nomenklatura postupka i referentni brojevi
 - HRN EN ISO 6947 : 1990. Zavari, radni položaji, Definicija kutova nagiba i rotacije
 - HRN EN ISO 544:2011. Dodatni i potrošni materijali za zavarivanje - Tehnički uvjeti isporuke za dodatne materijale za zavarivanje- Vrsta proizvoda, dimenzije, dopuštena odstupanja i označivanje
 - HRN EN ISO 17632: 2004 - Dodatni i potrošni materijali za zavarivanje, Punjene žice za elektrolučno zavarivanje u zaštitom plinu i bez zaštite plina, zavarivanje nelegiranih i sitnozrnatih čelika – Klasifikacija

- HRN EN 287-1:2004 : Provjera osposobljenosti zavarivača, Zavarivanje taljenjem , Čelici
- HRN ISO 15608:2000: Upute za sustav razvrstavanja metalnih materijala
- HRN EN ISO 9606-1 : Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1.dio Čelici
- HRN EN ISO 9606-2 : Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 2. dio Aluminij i aluminijske legure [6]

5. EKSPERIMENTALNI DIO

5.1. Uvod u eksperimentalni dio

U eksperimentalnom dijelu je prikazano zavarivanje diska mlatila. Navedena je sva potrebna dokumentacija; tehnološka uputa za zavarivanje, atesti zavarivača, slike epruveta na kojima je provedeno atestiranje prema normi HRN EN ISO 9606-1. Eksperimentalni dio je odrađen u firmi VJ-eko d.o.o. uz pomoć voditelja tehnologije.

5.2. Radionica VJ-eko d.o.o.

Bravarsko- zavarivačka obrada smještena je u hali veličine 1000 m². U hali su na jesen 2014. god. instalirane nove mosne dizalice nosivosti od 5 i 8 tona. Radna mjesta posjeduju konzolne dizalice nosivosti od 500 do 1000 kg. Na bravarskim poslovima zaposleno je 5 djelatnika. Isti broj djelatnika radi i na radovima zavarivanja. VJ-eko izrađuje bravarsko- zavarivačke pozicije za tvrtku Dok-Ing d.o.o., a od travnja 2015. god. i za Končar MK d.o.o. u proizvodnom programu izrade kupola transformatorskih kotlova. Postupak zavarivanja certificiran je prema HRN EN ISO 15614-1. Zavarivači su certificirani prema HRN EN ISO 9606-1. Na slici 14. je prikazana radionica u kojoj se odrađivao eksperimentalni dio rada. [7]



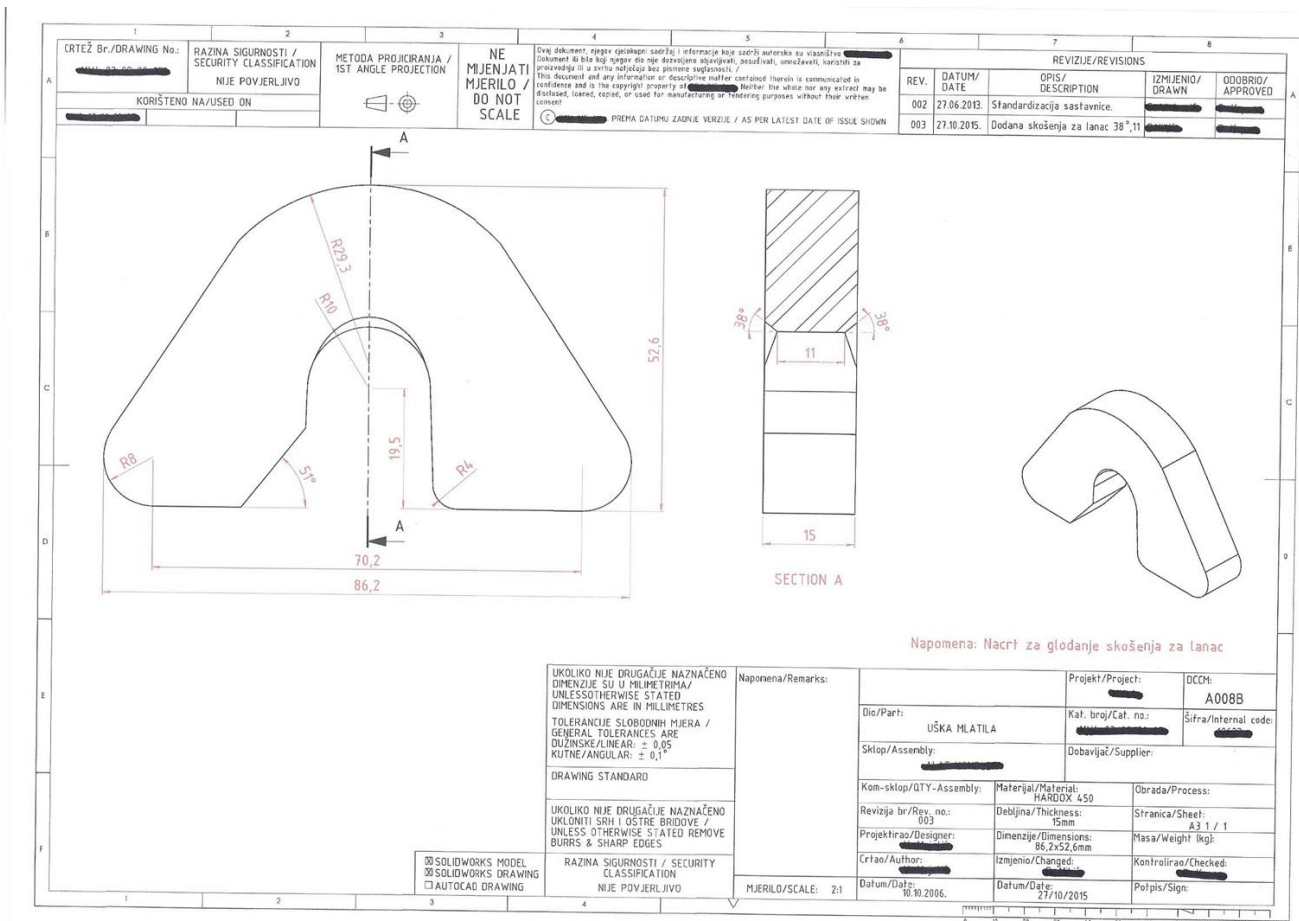
Slika 14. Bravarsko- zavarivačka radionica, VJ-eko d.o.o [7]

5.3. Tehnološka uputa za zavarivanje diska mlatila

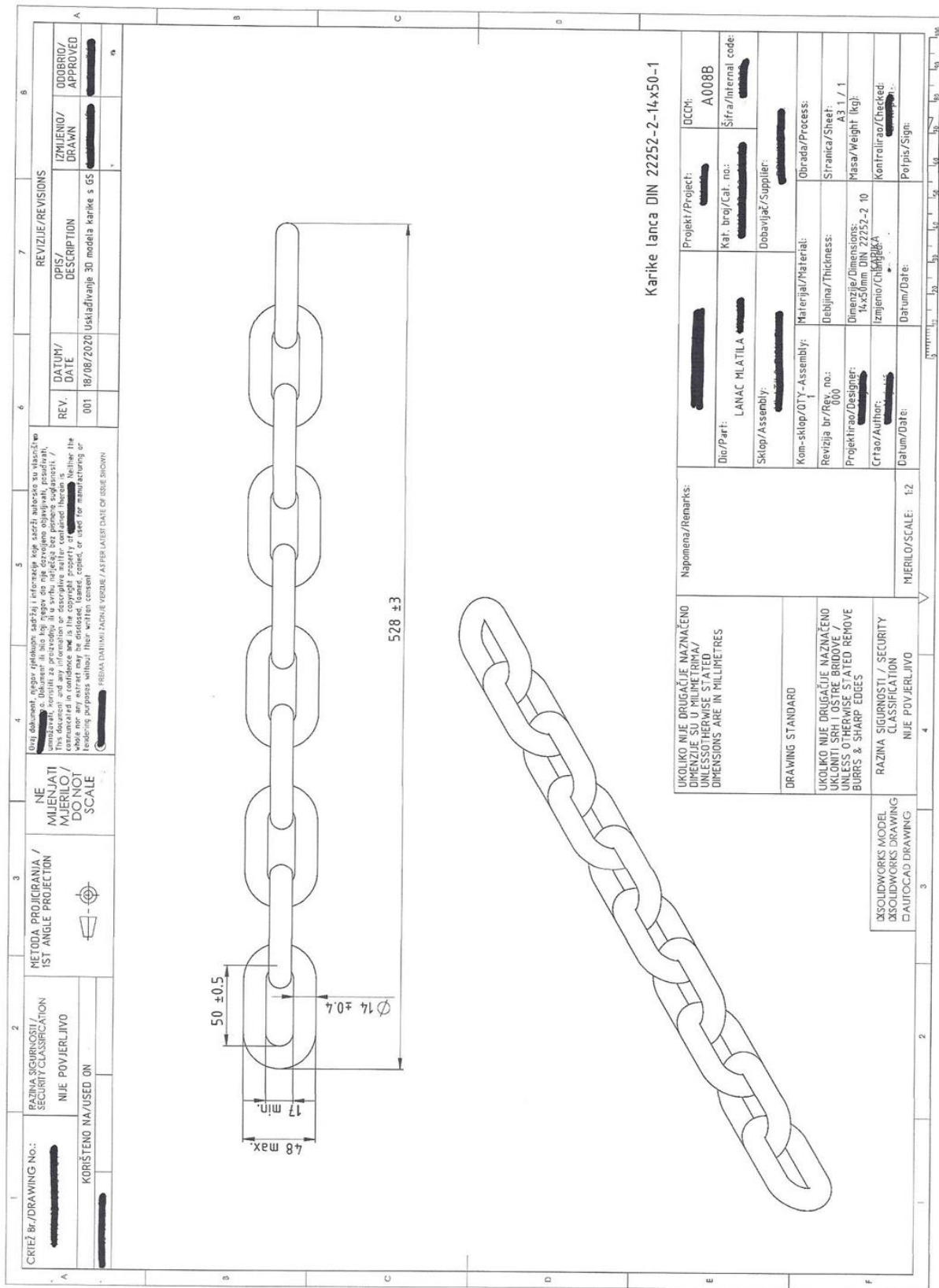
Napomena: Sve operacije (prijenosa, transporta, obrade, okretanja) izvoditi sukladno propisima rada na siguran način.

Obavezno je korištenje svih osobnih sredstava zaštite na radu propisanih za dotično radno mjesto i obavljanje navedenih operacija (zaštitna maska, radno odijelo, kožna zaštitna pregača, zaštitne kožne rukavice, cipele s gumenim đonom).

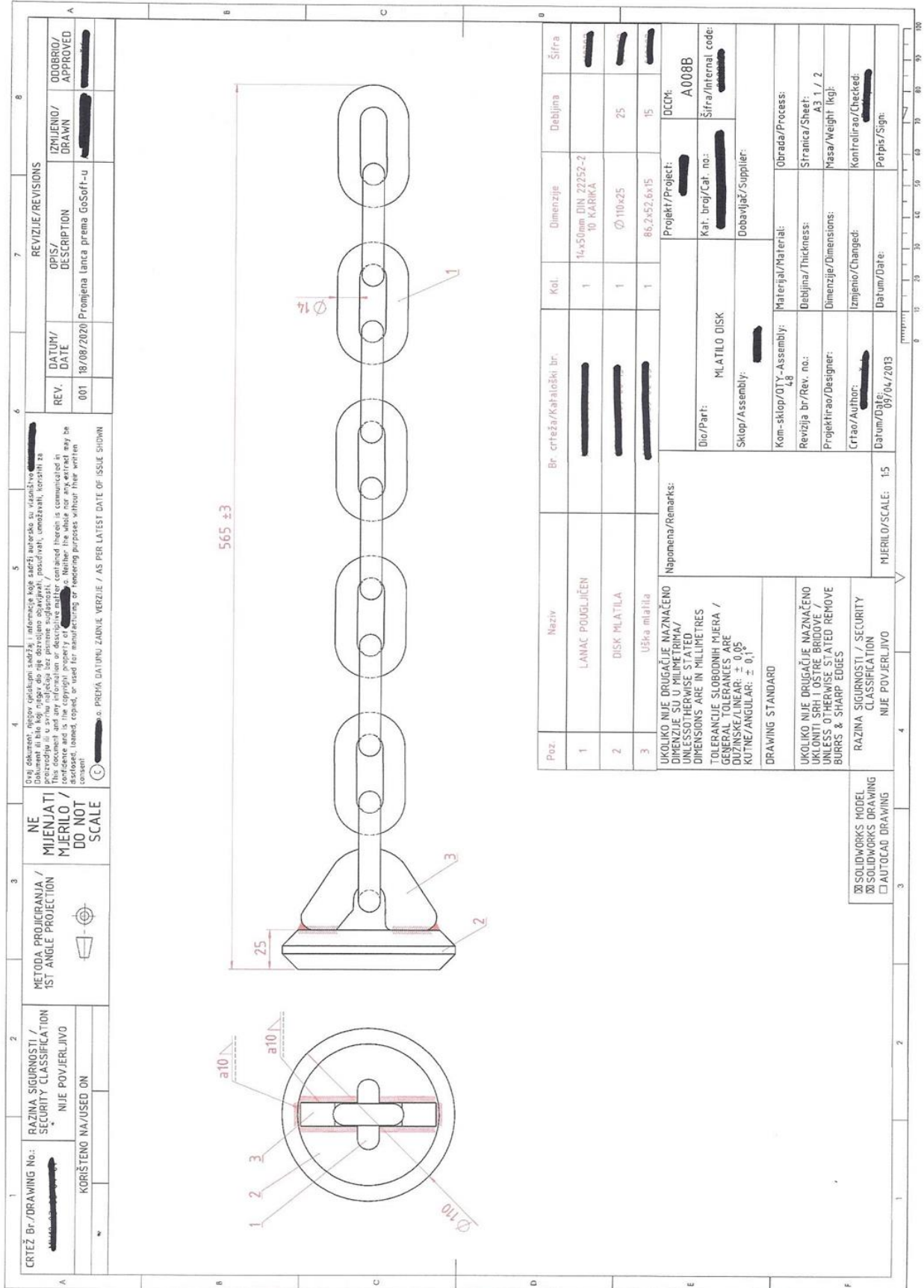
Na slikama 15. uška mlatila, 16. lanac mlatila, 17. prikaz pozicija diska mlatila, 18. disk mlatila- mjesta zavarivanja i vrsta zavara, 19. sklopni crtež diska mlatila i 20. disk mlatila, prikazana je potrebna tehnička dokumentacija za izradu diska mlatila tj. potrebni tehnički crteži prema kojima se zavaruje mlatilo.



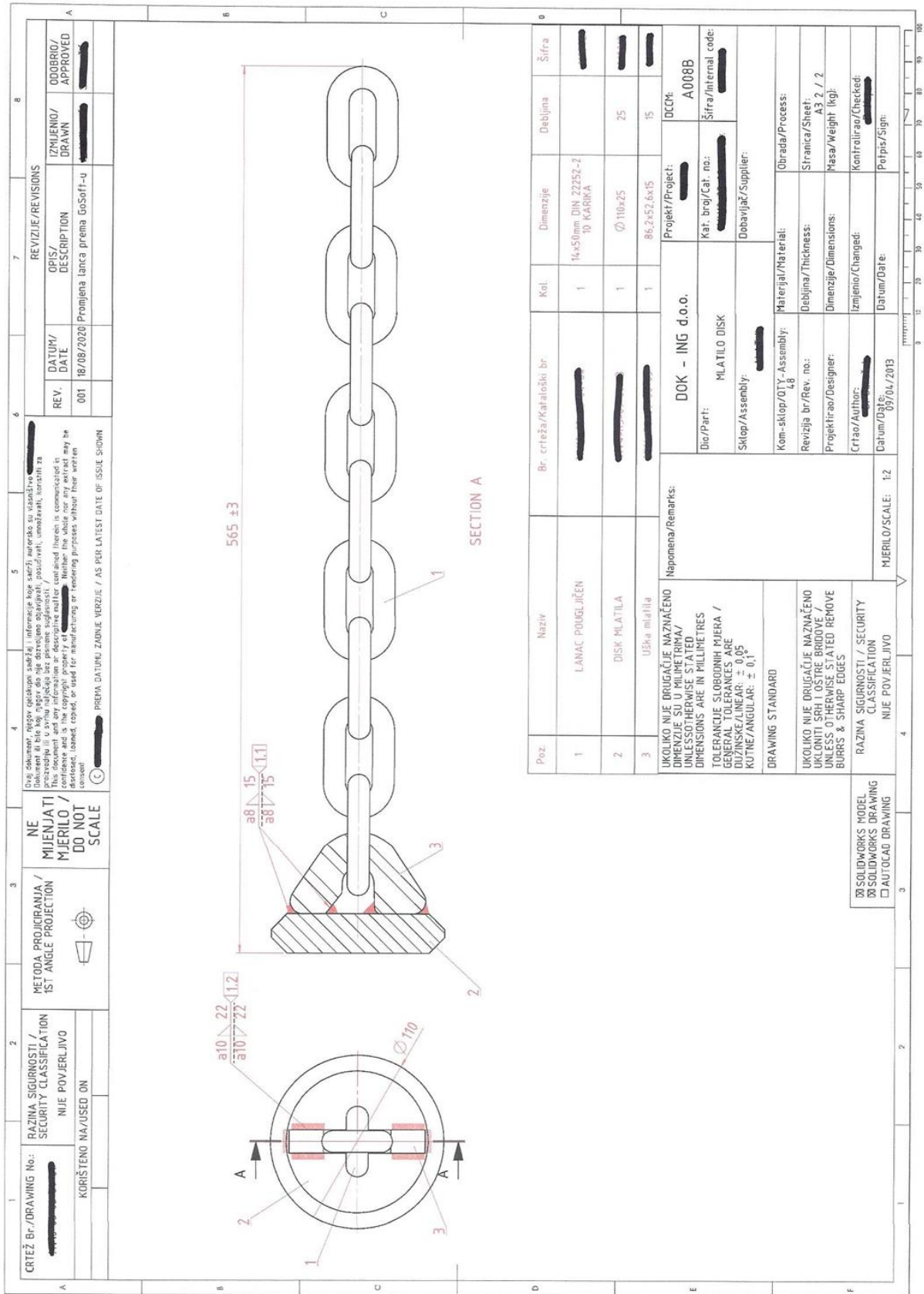
Slika 15. Uška mlatila [11]



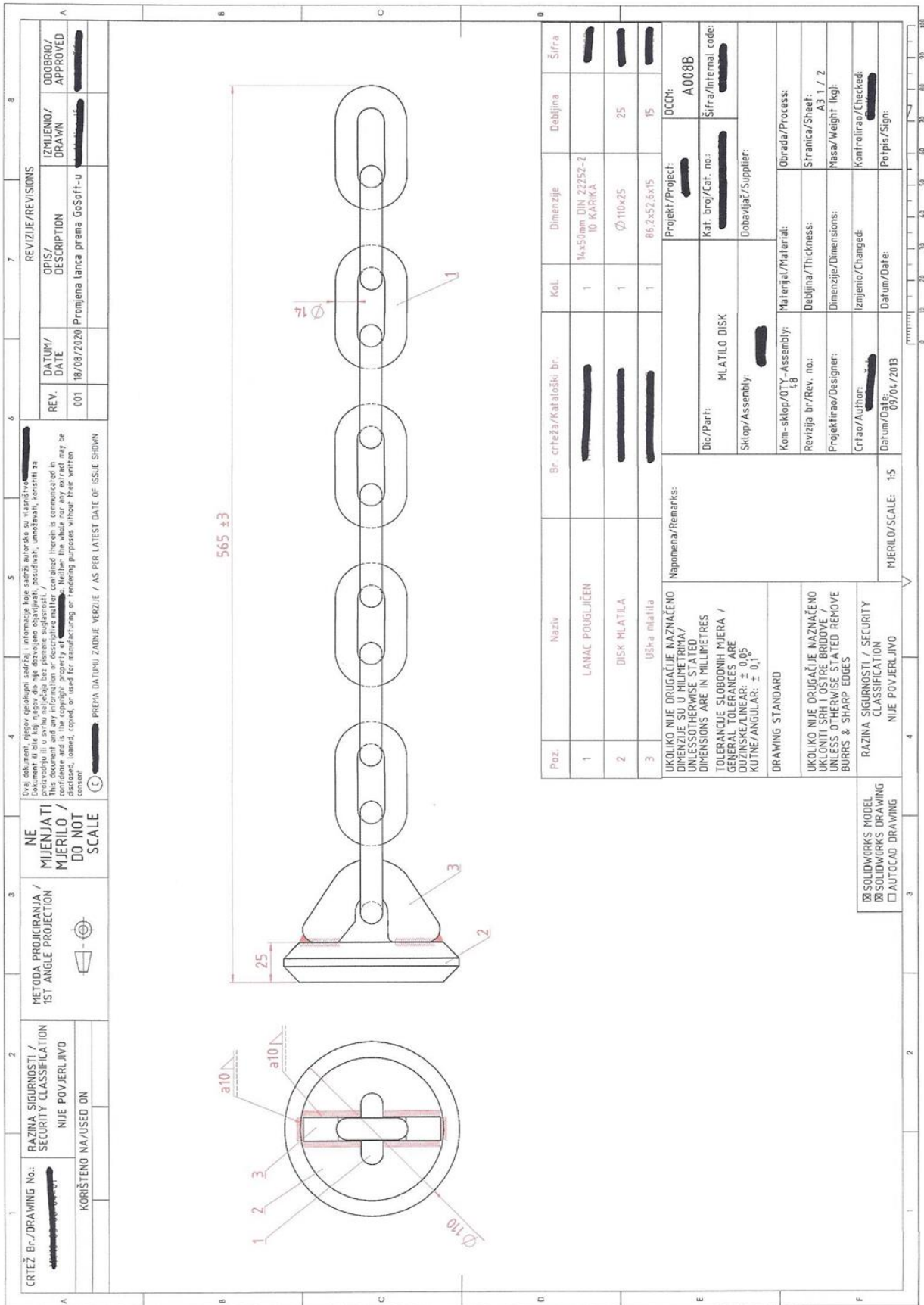
Slika 16. Lanac mlatila [11]



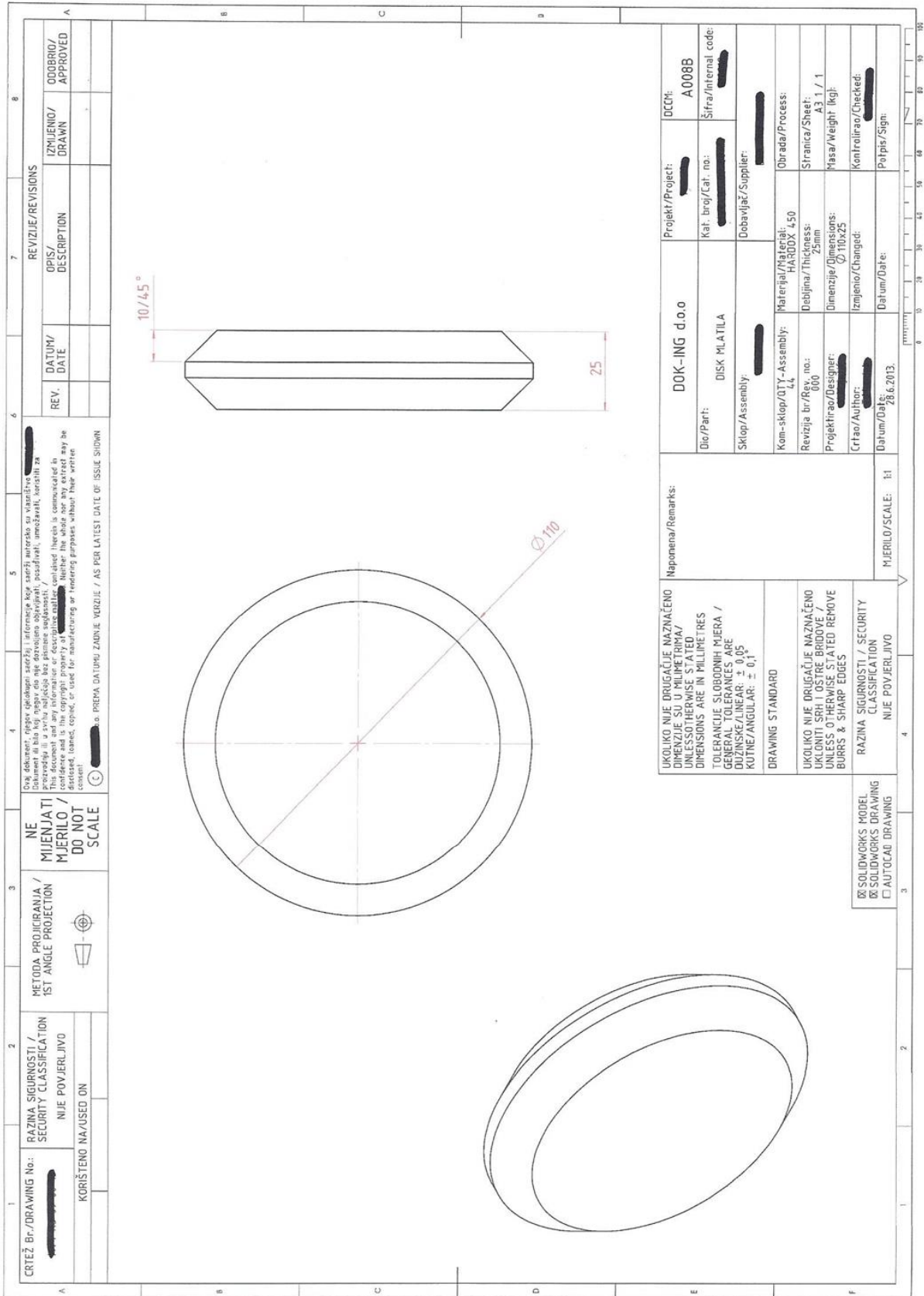
Slika 17. Prikaz pozicija diska mlatila [11]



Slika 18. Disk mlatila- mjesta zavarivanja i vrsta zavara [11]



Slika 19. Sklopni crtež diska mlatila [11]



Slika 20. Disk mlatila [11]

5.3.1. Žice za zavarivanje

Žice za zavarivanje koje se koriste u procesu zavarivanja diska mlatila su:

1. EZ —SG2 (stari naziv EZ-CO₂) , Ø1,2 mm, pobakrena žica za zavarivanje nelegiranih i sitnoznatih čelika u zaštiti CO₂ plina ili Ar/CO₂ mješavini Elektroda Zagreb ; HRN EN ISO 14342-A-G-42 4 C/MG3SI1 AWSA-5.18, ER 70 S-6 ;DIN8559-SG2. Na slici 21. prikazana je žica za zavarivanje.

2. Outershield 71- MH, Ø1,2 mm, rutilna žica za zavarivanje u zaštiti plina za sve položaje, izvrsne mehaničke karakteristike (CVN> 47J kod -50 °C); LINCOLN ELECTRIC; klasifikacija: AWS A5.20: E71T- 1C-JH4; EN ISO 17632-A: T462PC1H5

Prilikom odvijanja procesa zavarivanja koristi se nekoliko vrsta zavara:

- KONTINUIRANI ZAVAR (popuna) : zavar kojim se u potpunosti vrši spajanje dvije pozicije bez prekida u liniji zavara; linijski ili kružno; koristi se žica za zavarivanje pod rednim brojem 1.

- KONTINUIRANI ZAVRŠNI ZAVAR: zavar kojim se u potpunosti vrši spajanje dvije pozicije bez prekida u liniji zavara: linijski ili kružno; koristi se žica za zavarivanje pod rednim brojem 2.

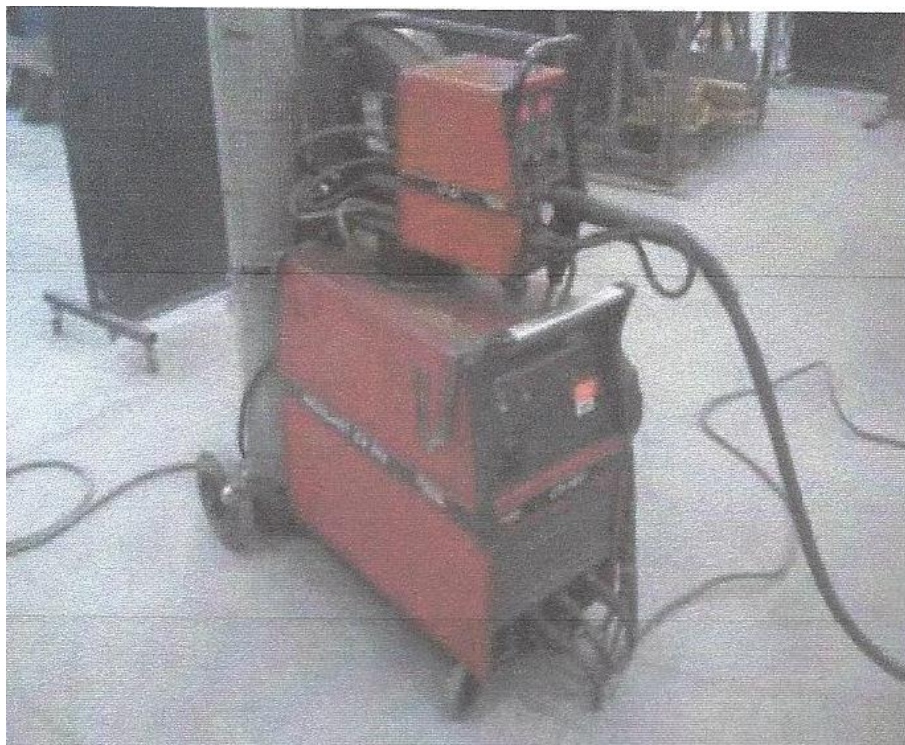
U postupku izrade diska mlatila koristi materijal HARDOX 450. Zaštitni plin koji se koristi je CO₂ 100%. Vrste zavarenih spojeva — kutni (FW Fillet Weld). Svi zavari se kontroliraju prema Tehnološkoj uputi za kontrolu za TIN- ŦEH 116.



Slika 21. Žica za zavarivanje EZ- SG2 [13]

5.3.2. Alat, pribor i pomoćna sredstva

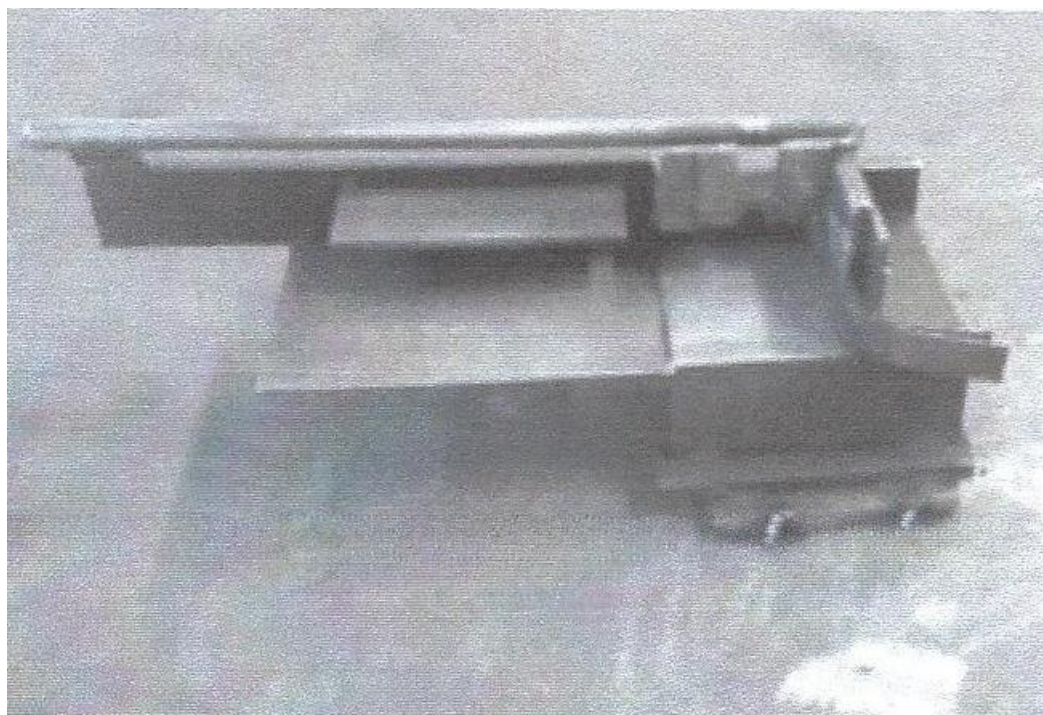
Na slici 22. je prikazan aparat za zavarivanje (MIG/MAG) tj. alat koji se koristi prilikom zavarivanja, slika 23. prikazuje potrebne stege, brusilice s pločama i čekić, naprave za zavarivanje: slika 24. prikazuje napravo za pripajanje (NZ- 21- 00- 00) i slika 25. prikazuje napravo za završno zavarivanje.



Slika 22. Aparat za zavarivanje (MIG/ MAG) [11]



Slika 23. Stege, brusilice s pločama, čekić [11]



Slika 24. Naprava za pripajanje (NZ 21-00-00) [11]



Slika 25. Naprava za završno zavarivanje [11]

5.3.3. Pozicioniranje i sastavljanje diska mlatila

1. Na Slici 26. Pozicija 2- disk mlatila, 27. Pozicija 1- lanac, 28. Pozicija 3- uška mlatila, prikazani su dijelovi koje treba sastaviti prema nacrtu.



Slika 26. Pozicija 2.- disk mlatila [11]

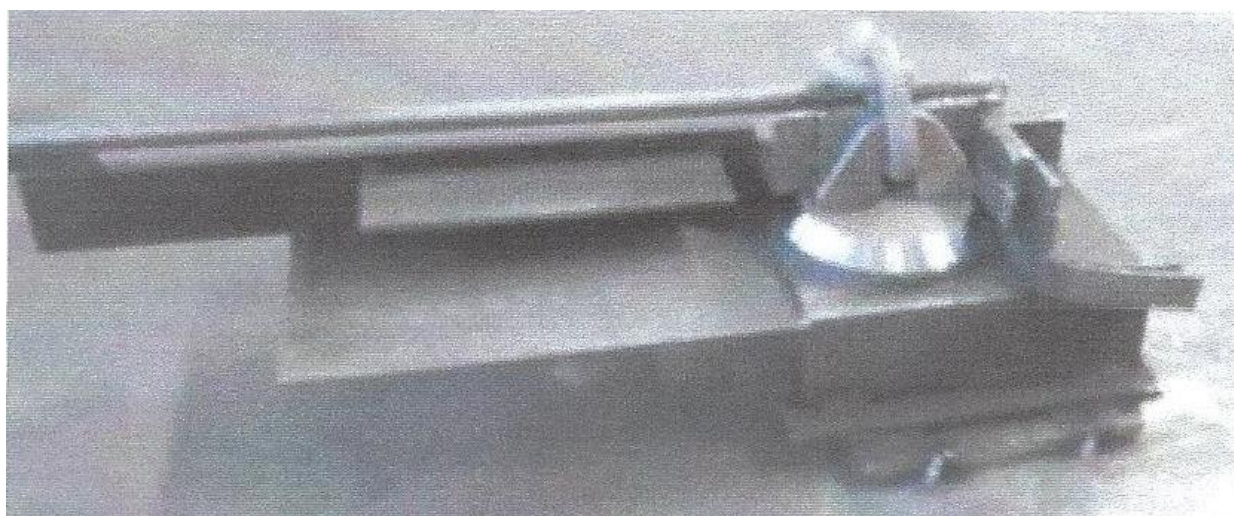


Slika 27. Pozicija 1.- lanac [11]



Slika 28. Pozicija 3.- uška mlatila [11]

2. Postaviti sve dijelove u napravu do graničnika prema slici 29.



Slika 29. Dijelovi u napravi [11]

3. Pripojiti ušku na disk sa jedne strane čeono dok su dijelovi u napravi. Prije pripajanja druge strane prekontrolirati zazor između dijelova te po potrebi smanjiti zazor čim je više moguće čekićem. Prikazano na slici 30.



Slika 30. Pripajanje uške na disk [11]

4. Nakon pripajanja svih diskova postaviti tako spojene dijelove na napravu za završno zavarivanje. Prikazano na slici 31.



Slika 31. Naprava za završno zavarivanje [11]

5. Završno zavarivanje se vrši u tri prolaza, prema WPS-u u prilogu. Prikazano na slikama 32. Prvi prolaz , 33. Drugi prolaz i 34. Treći prolaz.



Slika 32. Prvi prolaz [11]

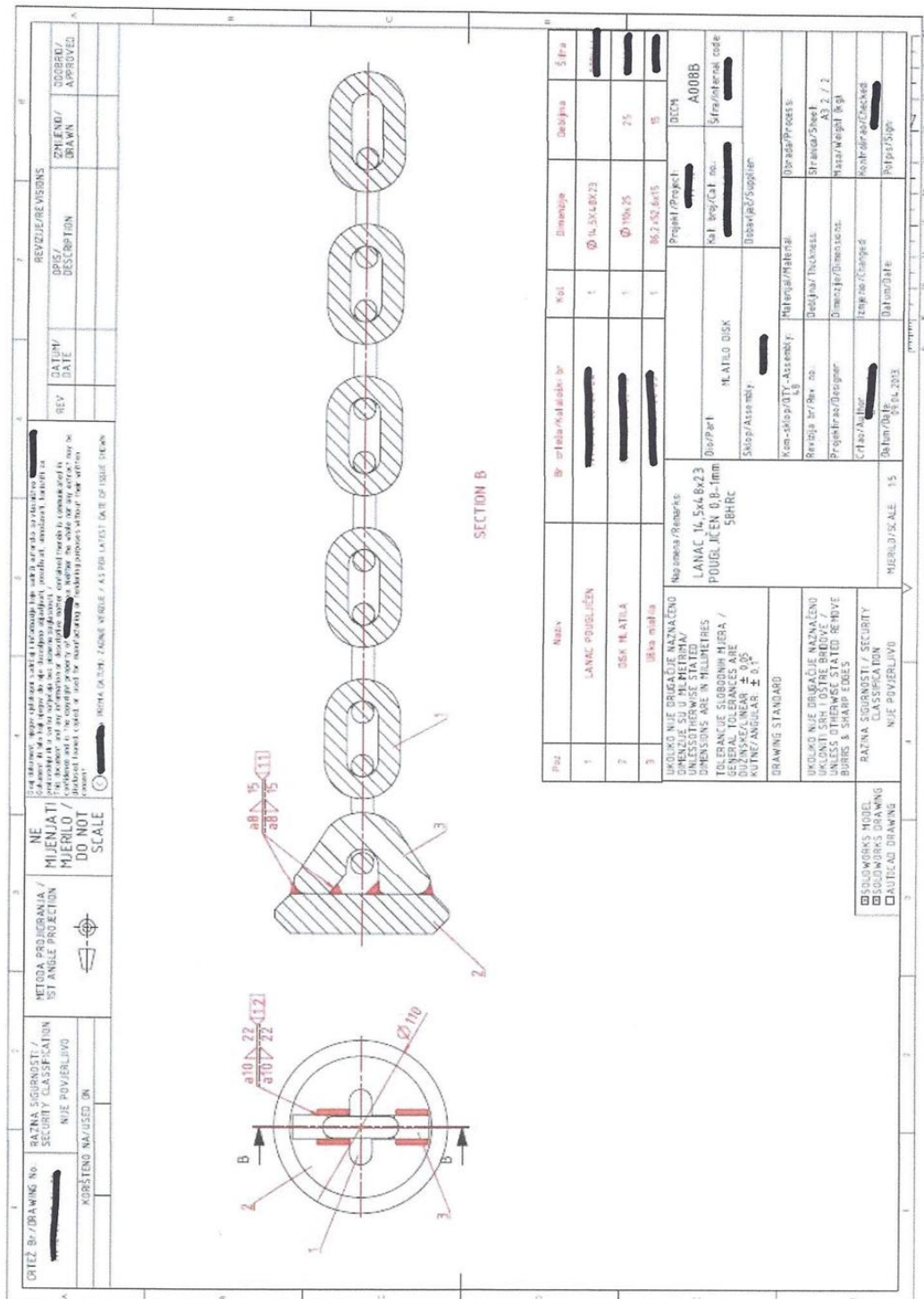


Slika 33. Drugi prolaz [11]



Slika 34. Treći prolaz [11]

Na slici 35. prikazan je presjek diska mlatila, sklopni crtež sa svim vrstama i brojem zavar. a slici 36. prikazan je plan zavarivanja diska mlatila.



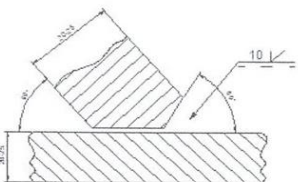
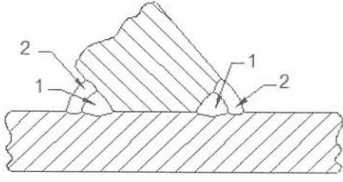
Slika 35. Presjek diska mlatila [11]

GROUP / ASSEMBLY		Order no. / Weld No.	Part name / Item / name	Part no. (Part / Drawing No.) / Item / desc.	Material (Thickness) / Material and thickness /	Part name / Item / name	Part no. (Part / Drawing No.) / Item / desc.	Material (Thickness) / Material and thickness /	Quantity / Quantity system	Weld Prep	Welding process / date	WPS code / WPS no.
MLATILIC DISK		1.1	Disk mlatica	[REDACTED]	HRDOK 450 20 mm	Ulika mlatica	[REDACTED]	HRDOK 450 15 mm	1	FW/PB	MAG (135)	01-08-13
MLATILIC DISK		1.2	Disk mlatica	[REDACTED]	HRDOK 450 20 mm	Ulika mlatica	[REDACTED]	HRDOK 450 15 mm	1	FW/PB	MAG (135)	01-08-13

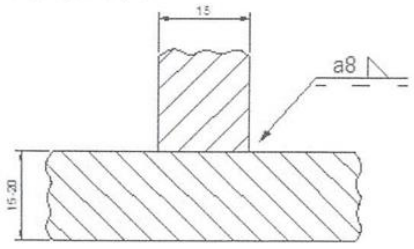
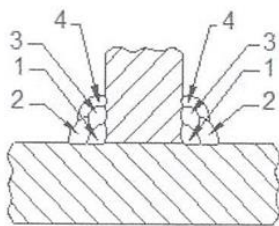
Slika 36. Plan zavarivanja diska mlatica [11]

5.3.4. Specifikacija postupka zavarivanja

U specifikacijama postupka zavarivanja navedeni su ovi podaci; postupak FCAW135, broj crteža, spoj, osnovni materijal, standard, vrsta žice, vrsta plina, proizvođač, parametri zavarivanja, protok plina, položaj zavarivanja, priprema spoja i redoslijed zavarivanja. Na slici 37. i 38. prikazana je specifikacija postupka zavarivanja dva različita spoja i redoslijeda zavarivanja.

SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)						01/13.MV-4 Date 29.11.2013.		
Ime zavarivača: Welder name:		SPZ-br. WPS-No:		01/14- Drawing No:		Broj crteža: Drawing No:		
Postupak: Welding proces:		FCAW 135		Spoj br.: Weld Joint No.:		1.1		
Atest postupka: WPC No.:		Nadzorni organ: Insp.authority:		Kontrola: Control:		FW VT		
Detail: Detail:		WELD No: 1.1		Koeffcijent zavarenog spoja: Welding factor:				
Osnovni materijal: Base metal:		M1 PLATE M2 PLATE		Debljina: Thickness:		Materijal: Material:		
				20 20		HARDOX 450 HARDOX 450		
PODACI O DODATNOM MATERIJALU Filler metals data								
Dodatni materijal: Filler metals:		Naziv: Designation:		Proizvođač: Manufacturer:		Standard: Standard:		
Elektroda: Electrode:		-		-		-		
Žica: Wire:		EZ-5G2		Elektroda Zagreb		HRN EN ISO 14342		
Prašak: Flux:		-		-		-		
Plin: Gas:		100 % CO ₂		MESSER		-		
PARAMETRI ZAVARIVANJA Parameters of welding								
Br.prolaza: InterpassNb.	Postupak: Welding process:	Promjer žice: Diameter:	Polaritet: Polarity:	El. Struja: DC/AC:	Jakost struje(A): Amps:	Napon (V): Volts:	Brzina žice: Wire speed (m/min):	Tehnika/Tehniqe: Wave bead or String:
1	MAG (135)	1,2	+	DC	205÷230	25÷27,5	9÷11	STRING
2	MAG (135)	1,2	+	DC	205÷230	25÷27,5	9÷11	STRING
Zjebljenje / postupak: Method of back gouging:		-		Sušenje elektrode/praška: Electrode drying:		-		
Predgrijavanje: Preheat:		-		Odžarivanje: Heat treatment after welding:		-		
Protok plina: Gas Flow:		15±25 l/min		Toplinski unos: Heat input:		-		
Položaj zavarivanja: Position:		HORIZONTALNI (PB)		Ostalo: Other:		-		
Joint preparation / Priprema spoja				Welding sequence / Redoslijed zavarivanja				
								
Sastavio: Made by:		Kontrola: Control:		Odobrio: Approval:				

Slika 37. Specifikacija postupka zavarivanja, prva vrsta zava[11]


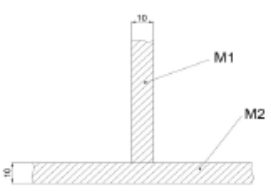
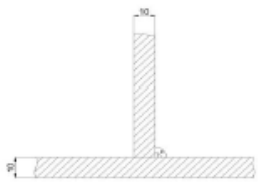
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)					02/14- Date 05.02.2014.			
Ime zavarivača: Welder name:		SPZ-br: WPS-No:		02/14- Broj creža: Drawing No:		MV10-03-08-04-01		
Postupak: Welding proces:		FCAW 135		Spoj br.: Weld Joint No.: 1.2		FW		
Atest postupka: WPQC No.:		Nadzorni organ: Insp.authority:		Kontrola: Control:		VT		
Detail: Detail:		WELD No: 1.2			Koeficijent zavarenog spoja: Welding factor:			
Osnovni materijal: Base metal:		M1 PLATE M2 PLATE		Dio: Component:		Standard: Standard:		
				Debljina: Thickness:		Materijal: Material:		
				15		HARDOX 450		
				20		HARDOX 450		
PODACI O DODATNOM MATERIJALU Filler metals data								
Dodatni materijal: Filler metals:		Naziv: Designation:		Proizvođač: Manufacturer:		Standard: Standard:		
Elektroda: Electrode:								
Žica: Wire:		OUTERSHIELD 71-MH		LINCOLN ELECTRIC		AWS A5.20:E 71T-1C-JH 4		
Prašak: Flux:								
Plin: Gas:		CO2 100%		MESSER				
PARAMETRI ZAVARIVANJA Parameters of welding								
Br.prolaza: InterpassNo:	Postupak: Welding process:	Promjer žice: Diameter:	Polaritet: Polarity:	B. Struja: DC/AC:	Jakost struje(A): Amps:	Napon (V): Volts:	Brzina žice: Wire speed (m/min):	Tehnika/Tehniqe: Wave bead or String:
1	MAG (135)	1,2	+	DC	205+230	25+27	8+9	STRING
2	MAG (135)	1,2	+	DC	205+230	25+27	8+9	STRING
3	MAG (135)	1,2	+	DC	190+230	24+26	7+8	STRING
4	MAG (135)	1,2	+	DC	180-200	24+26	7+8	STRING
Zjebljenje / postupak: Method of back gouging:				Sušenje elektrode/praška: Electrode drying:				
Predgrijavanje: Preheat:				Očarvanje: Heat treatment after welding:				
Protok plina: Gas Flow:		15+25 l/min		Toplinski unos: Heat input:				
Položaj zavarivanja: Position:		HORIZONTALNI (PB)		Ostalo: Other:				
Joint preparation / Priprema spoja				Welding sequence / Redosljed zavarivanja				
								
Sastavio: Made by:		Kontrola: Control:		Odobrio: Approval:				

Slika 38. Specifikacija postupka zavarivanja, druga vrsta zavaa [11]

5.4. Provjera osposobljenosti zavarivača

Svi zavarivači u firmi VJ-eko d.o.o. su prošli atestiranje za zavarivanje po Hrvatskoj normi HRN EN ISO 9606-1 (Europska norma EN ISO 9606-1:2013 ima status hrvatske norme) Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem– 1. dio: Čelici (ISO 9606-1:2012, uključujući Cor 1:2012; EN ISO 9606-1:2013). U nastavku, na slikama 39., 40., 41. 42.,43. i 44. prikazana je specifikacija zavarivanja i epruvete za I. Zavarivača, II. Zavarivača i III zavarivača.

I. zavarivač

		SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)				Date		
		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)				12.8.2020		
Ime zavarivača: Welder name:	Nikola Špehar	SZP-br: WPS-No:	01-136-FW-2020	Broj crteža: Drawing No:				
Postupak: Welding process:	FCAW (136)	Spoj br.:		Spoj Joint:	FW			
Atest postupka br: WPCR No.:		Nadzorni organ: Insp. authority:		Kontrola: Control:	VT (HRN EN ISO 9606-1)			
Detalj: Detail:				Koeficijent zavarenog spoja: Welding factor:				
		Dio: Component:	Debljina: Thickness:	Materijal: Material:	Standard: Standard:			
Osnovni materijal: Base metal:	M1	LIM / PLATE	10 mm	HARDOX 450				
	M2	LIM / PLATE	10 mm	HARDOX 450				
PODACI O DODATNOM MATERIJALU								
Filler metals data								
Dodatni materijal Filler metals	Naziv Designation		Proizvođač Manufacturer		Standard Standard			
Elektroda Electrode	-		-		-			
Žica Wire	K-71 TLF		KISWEL		EN 13749:2004 AWS A5.20 E71T-1C/H1M			
Plin Gas	100% CO2		MESSER		HRN EN ISO 14175:C1			
PARAMETRI ZAVARIVANJA								
Parameters of welding								
Br. prolaza Interpass No.	Postupak Welding process	Promjer žice Diameter	Polaritet Polarity	El. struja DC/AC	Jakost struje (A) Amps	Napon (V) Volts	Brzina žice Wire speed (m/min)	Tehnika /Technique ; Wave bead or String
1	FCAW (136)	1,2	+	DC	150-180	25-28	6-7	Njihanje (Wave bead)
2	FCAW (136)	1,2	+	DC	150-180	25-28	6-7	Njihanje (Wave bead)
Zijebljenje / postupak: Method of back gouging:	-			Sušenje elektrode/práška: Electrode drying:	-			
Predgrjavanje: Preheat:	-			Očišćavanje: Heat treatment after welding:	-			
Protok plina. Gas Flow:	15 l/min			Toplinski unos: Heat input:	7,2 kJ/cm			
Položaj zavarivanja: Position:	VERTIKALNO (PF)			Ostalo: Other:	-			
Slika pripreme spoja:				Redosjed zavarivanja:				
								
Izradio: Made by:	D.Turkalj	Kontrola Control:	M.Duvandžija	Odobrio Approval:	M.Duvandžija			


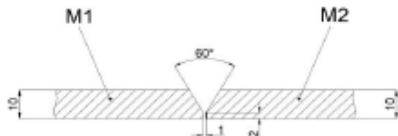

Slika 39. Specifikacija zavarivanja I. zavarivača [12]



Slika 40. Epruveta l. zavarivač [12]

Zavarivač 1. uspješno je prošao provjeru osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem– 1. dio: Čelici (ISO 9606-1:2012, uključujući Cor 1:2012; EN ISO 9606-1:2013).

II. zavarivač

		SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)				Date 12.8.2020		
		Ime zavarivača: Welder name:	Alen Požega	SZP-br: WPS-No:	03-136-BW-2020	Broj orteža: Drawing No:		
Postupak: Welding proces:	FCAW (136)	Spoj br.:		Spoj Joint:	BW			
Atest postupka br: WPCR No.:		Nadzorni organ: Insp. authority:		Kontrola: Control:	VT (HRN EN ISO 9606-1)			
Detailj: Detail:				Koeficijent zavarenog spoja: Welding factor:				
		Dio: Component:	Debljina: Thickness:	Materijal: Material:	Standard: Standard:			
Osnovni materijal: Base metal:	M1	LIM / PLATE	10 mm	S355J2+N	EN 10025-2			
	M2	LIM / PLATE	10 mm	S355J2+N	EN 10025-2			
PODACI O DODATNOM MATERIJALU Filler metals data								
Dodatni materijal Filler metals	Naziv Designation		Proizvođač Manufacturer		Standard Standard			
Elektroda Electrode	-		-		-			
Žica Wire	K-71 TLF		KISWEL		EN 13749:2004 AWS A5.20 E71T-1C/1M			
Plin Gas	100% CO2		MESSER		HRN EN ISO 14175:C1			
PARAMETRI ZAVARIVANJA Parameters of welding								
Br. prolaza Interpass No.	Postupak Welding process	Promjer žice Diameter	Polaritet Polarity	El. struja DC/AC	Jakost struje (A) Amps	Napon (V) Volts	Brzina žice Wire speed (m/min)	Tehnika /Tehniqe ; Wave bead or String
1	FCAW (136)	1,2	+	DC	160-180	23-25	6-7	Njihanje (Wave bead)
2	FCAW (136)	1,2	+	DC	160-180	23-25	6-7	Njihanje (Wave bead)
3	FCAW (136)	1,2	+	DC	160-180	23-25	6-7	Njihanje (Wave bead)
Zjebiljenje / postupak: Method of back gouging:			-		Sušenje elektrode/práška: Electrode drying:		-	
Predgrijavanje: Preheat:			-		Odžarivanje: Heat treatment after welding:		-	
Protok plina: Gas Flow:			15 l/min		Toplinski unos: Heat input:		7,2 kJ/cm	
Položaj zavarivanja: Position:			VERTIKALNO (PF)		Ostalo: Other:		Obostrano zavarivanje s brušenjem korijena	
Skica pripreme spoja:				Redosljed zavarivanja:				
								
Izradio: Made by:	D.Turikalj	Kontrola Control:	M.Duvandžija	Odobrio Approval:	M.Duvandžija			


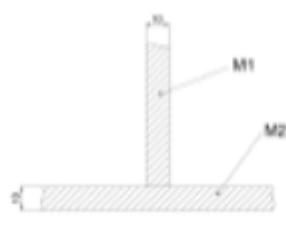
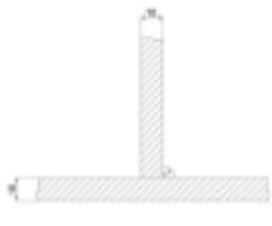
Slika 41. Specifikacija zavarivanja II zavarivač [12]

Zavarivač 2. uspješno je prošao provjeru osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem– 1. dio: Čelici (ISO 9606-1:2012, uključujući Cor 1:2012; EN ISO 9606-1:2013).



Slika 42. Epruveta- II zavarivač [12]

III. Zavarivač

		SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)				Date 12.8.2020		
		Ime zavarivača: Welder name:	Stavko Radošaj	SPZ-br: WPS-No:	02-136-FW-2020	Broj crteža: Drawing No:		
Postupak: Welding process:	FCAW (136)	Spoj br.:		Spoj Joint	FW			
Altost postupka br. WPCR No.:		Nadzorni organ: Insp.authority:		Kontrola: Control:	VT (HRN EN ISO 9806-1)			
Detalj: Detail:				Koeficijent završenog spoja: Welding factor:				
		Dič: Component:	Debljina: Thickness:	Materijal: Material:	Standard: Standard:			
Osnovni materijal: Base metal:	M1 M2	LIM / PLATE LIM / PLATE	10 mm 10 mm	HARDOX 460 HARDOX 460				
PODACI O DODATNOM MATERIJALU Filler metals data								
Dodatni materijal Filler metals	Naziv Designation		Proizvođač Manufacturer		Standard Standard			
Elektroda Electrode	--		--		--			
Žica Wire	K-71 TLF		KISWEL		EN 13748:2004 AWS A5.20 E71T-1C1M			
Plin Gas	100% CO2		MESSER		HRN EN ISO 14176:C1			
PARAMETRI ZAVARIVANJA Parameters of welding								
B. protoka Interpass No.	Postupak Welding process	Prečnik žice Diameter	Polaritet Polarity	El. struja DC/AC	Jakost struje (A) Amps	Napon (V) Volts	Brzina žice Wire speed (m/min)	Težina / Tehnika; Wave bead or string
1	FCAW (136)	1,2	+	DC	160-180	25-28	6-7	Njhanje (Wave bead)
2	FCAW (136)	1,2	+	DC	160-180	25-28	6-7	Njhanje (Wave bead)
Zbijenje / postupak: Method of back gouging:		--		Sušenje elektrode/prečnik: Electrode drying:		--		
Predgrievanje: Preheat:		--		Očistivanje: Heat treatment after welding:		--		
Protok plina: Gas Flow:		16 l/min		Toplotni unos: Heat input:		7,2 kJ/mm		
Položaj zavarivanja: Position:		VERTIKALNO (PF)		Ostalo: Other:		--		
Slika pripreme spoja:				Redosjed zavarivanja:				
								
Izradio: Made by:	D.Turkalj	Kontrola: Control:	M.Duvandžija	Odobro: Approval:	M.Duvandžija			

Slika 43. Specifikacija zavarivanja III zavarivač [12]



Slika 44. Epruveta- III zavarivač [12]

6. ZAKLJUČAK

Prilikom kopanja tla pri razminiranju, fenomen sudara čekića s tlom različitih karakteristika nije proučen niti definiran, kao i mnogi procesi sudara. Simulacija i empirijsko promatranje potrošnje energije pogona prilikom kopanja jedan je od načina za utvrđivanje energetske ravnoteže mlatila. Kao i svaki fenomen, pretpostavka modeliranja dopuštena je kroz koeficijent restitucije koji se može dovesti u odnos prema kategoriji kopanja tla, tj. tvrdoći tla, kako bi se uočile razlike među njima. Praksa pokazuje da se na takvom mlatilu uzrokuje brzo trošenje i produljenje. Cilj ovog rada je prikazati tehnološki proces izrade radnog alata stroja za razminiranje, diska mlatila, koji se pokazao boljim i otpornijim naspram sitnilica. Zahtjevi koji se postavljaju prilikom izrade diska mlatila su vrlo strogi iz razloga jer krajnji proizvod, stroj za razminiranje, mora biti maksimalno kvalitetan, pouzdan i siguran.

LITERATURA

- [1] Z. Lukačević: Zavarivanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, SFSB, Slavonski Brod, 1998.
- [2]<https://www.zavarivanje.info/cd/2689/osnovni-postupci-zavarivanja>, dostupno 12.02.2021.
- [3]HV 84 2002-0001 - Hrvatski vojnik_<https://hrvatski-vojn timer.hr/wp-content/uploads/2017/10>, dostupno 15.02.2021.
- [4]https://www.ctro.hr/phocadownload/publikacije/knjige-radova/hcr_2005_308884929.pdf, dostupno 16.02.2021.
- [5] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_05_53_1734.html, dostupno 16.02.2021
- [6] Tehnološka uputa za zavarivanje TIN- TEH- 001, VJ- eko d.o.o.-privatna dokumentacija firme VJ-eko d.o.o.
- [7]<https://www.vj-eko.hr/index.php/o-nama/bravarija-i-zavarivanje>, dostupno 23.02.2021.
- [8]<https://www.coolblue.nl/en/advice/mig-mag-welding.html>, dostupno 25.02.2021.
- [9]<https://www.epicos.com/company/13550/dok-ing-ltd>, dostupno 25.02.2021.
- [10] *TEHNIKE SPAJANJA*: udžbenik iz tehnologije obrade i montaže za 1. razred trogodišnjih i četverogodišnjih strukovnih škola, autori: Ivan Hiti, Gojko Nikolić
- [11] Mlatilo disk pdf, privatna dokumentacija firme VJ-eko d.o.o., ...
- [12] Provjera osposobljenosti zavarivača, ...
- [13]<https://probe.hr/proizvod/oprema-za-zavarivanje/potrosni-materijal-i-oprema/zica-za-zavarivanje/zica-ez-sg-2-1-2015kg-s-s-plast/>