

KONSTRUKCIJA POPRATNE NAPRAVE STROJA ZA ZAVARIVANJE

Lipšinić, Lea

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:128:595518>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



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 REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Stručni studij Strojarstva

Lea Lipšinić

**KONSTRUKCIJA POPRATNE NAPRAVE
STROJA ZA ZAVARIVANJE**

Završni rad

Karlovac, 2024. godina.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Stručni studij Strojарstva

Lea Lipšinić

**KONSTRUKCIJA POPRATNE NAPRAVE
STROJA ZA ZAVARIVANJE**

Završni rad

Mentor: dr.sc. Nikola Šimunić, prof.struč.stud.

Karlovac, 2024. godina.

 VELEUČILIŠTE U KARLOVCU Karlovac University of Applied Sciences	Klasa: 602-07/ __-01/ ____
	Ur.broj: 2133-61-04- __-01
ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA	
	Datum:

Ime i prezime	Lea Lipšinić		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0110619004		
JMBAG	248074614		
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Strojarstvo		
Godina upisa	2019.		
Datum podnošenja molbe	06.09.2024.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom: Konstrukcija popratne naprave stroja za zavarivanje	
Naslov teme na engleskom: The design of the accompanying device for the welding machine	
Opis zadatka:	
<p>Strojevi za zavarivanje obuhvaćaju cijeli niz specijaliziranih alata i naprava u proizvodnji. U uvodnom dijelu završnog rada potrebno je dati literaturni pregled postupaka zavarivanja sa posebnim osvrtom na postupak elektrolučnog zavarivanja pod praškom (EPP).</p> <p>U stručnom dijelu završnog rada potrebno je konstruirati popratnu napravu za zavarivanje „L“ profila. Za popratnu napravu potrebno je napraviti proračun pogona podvozja, prema proračunu odabrati AC motor, odabrati tračnice i kotače, te napraviti kontrolni proračun kotača.</p> <p>U nastavku rada potrebno je opisati tehnologije izrade naprave te dati prikaz i opis rada u eksploataciji.</p> <p>Koristiti odgovarajuću dostupnu literaturu, priručnike i podatke.</p>	
Mentor:	Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i znanja stečena radom u tvrtki Uniweld strojevi d.o.o. te navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru mag.ing.mech. Nikoli Šimuniću na savjetima, utrošenom vremenu i trudu te na korisnim savjetima.

Zahvaljujem djelatnicima firme Uniweld strojevi d.o.o. a ponajviše kolegama u uredu mehaničke konstrukcije koji su mi svojim znanjem i iskustvom uvelike pomogli pri uspješnoj izradi ovog završnog rada.

Posebno bih se zahvalila obitelji, prijateljima, a ponajviše bratu na potpori, razumijevanju i pomoći tijekom cijelog studija.

Lea Lipšinić

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je konstrukcija popratne naprave linije za uzdužno zavarivanje L profila dužine 20 m.

U prvom poglavlju dat je osvrt na uvođenje automatizacije u proizvodne pogone, a jedan od načina automatizacije je i konstrukcija naprava za potrebe proizvodnje.

Drugo poglavlje opisuje zavarivanje kao proces spajanja materijala, najčešće metala, korištenjem topline, pritiska ili kombinacije oba. Opisani su postupci zavarivanja s naglaskom na elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP), jer se taj postupak koristi za zavarivanje L profila.

U poglavlju razrade zadatka, na osnovu idejne skice napravljen je proračun pogonskog mehanizma, odabran oblik i mjere tračnica, dimenzionirani su kotači i ležajno mjesto. Na osnovu proračuna odabran je AC motor i prijenosnik i izrađeni su crteži naprave.

Ključne riječi: naprava, elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP), stezni stol, tračnice, kotači i proračun

Title: **The design of the accompanying device for the welding machine**

SUMMARY

The topic of this final thesis is the design of an accompanying device for the longitudinal welding line of L profiles with a length of 20 meters.

The first chapter provides an overview of the introduction of automation in production plants, with one of the methods being the construction of devices for production purposes.

The second chapter describes welding as a process of joining materials, most often metals, using heat, pressure, or a combination of both. Various welding techniques are discussed, with a focus on submerged arc welding (SAW), as this method is used for welding L profiles.

In the task elaboration chapter, based on the conceptual sketch, calculations for the drive mechanism were performed, the shape and dimensions of the rails were selected, and the wheels and bearing locations were dimensioned. Based on these calculations, an AC motor and gearbox were selected, and the device drawings were created.

Keywords: device, submerged arc welding (SAW), clamping table, rails, wheels, and calculation

SADRŽAJ

IZJAVA.....	II
SADRŽAJ	V
POPIS SLIKA	VI
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS OZNAKA	VIII
1. UVOD.....	1
2. OPĆI DIO	2
2.1.Općenito o zavarivanju.....	2
2.2.Elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP)	3
2.3.Općenito o strojevima za zavarivanje	5
3. POSTAVKA ZADATKA.....	7
3.1.Odabir koncepta i principa rada naprave.....	9
4. RAZRADA ZADATKA.....	10
4.2.Proračun pogonskog mehanizma	12
4.3.Oblik i mjere tračnica	15
4.4.Dimenzioniranje kotača.....	17
4.5.Odabir pogona i prijenosnika	18
4.6.Dimenzioniranje kotača i ležajnog mjesta.....	18
5. PROIZVODNI POSTUPAK	20
5.1.Opis proizvodnje glavnih podsklopova.....	20
5.2.Montažni postupak	28
6. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	33
PRILOZI.....	34

POPIS SLIKA

<i>Slika 1.</i>	Elektrolučno zavarivanje	3
<i>Slika 2.</i>	Shematski prikaz principa rada SAW zavarivanja	4
<i>Slika 3.</i>	Specijalni I profil izrađen tehnologijom zavarivanja	6
<i>Slika 4.</i>	Zavarivanje L profila	7
<i>Slika 5.</i>	Sklop za zavarivanje	8
<i>Slika 6.</i>	Idejno rješenje za popratnu napravu	9
<i>Slika 7.</i>	Prikaz momenata Mb1 i Mb2 i deformacija S1 i S2 nakon proračuna	10
<i>Slika 8.</i>	Prikaz momenta Mbres i deformacije Sres nakon proračuna	11
<i>Slika 9.</i>	Tehnički podaci za odabrani AC Motor	14
<i>Slika 10.</i>	Oblik tračnice	15
<i>Slika 11.</i>	Odabrana tračnica s dimenzijama	16
<i>Slika 12.</i>	Pogon podvozja	17
<i>Slika 13.</i>	Kotač s vijencima	19
<i>Slika 14.</i>	Kotač bez vijenaca	19
<i>Slika 15.</i>	Ležaj s kvadratnom prirubnicom UCF 207	19
<i>Slika 16.</i>	Zavarena konstrukcija postolja	20
<i>Slika 17.</i>	Osovina podvozja	21
<i>Slika 18.</i>	Distantni prsten	21
<i>Slika 19.</i>	Kotač s vođenjem	22
<i>Slika 20.</i>	Kotač bez vođenja	23
<i>Slika 21.</i>	Poklopac	23
<i>Slika 22.</i>	Svornjak	24
<i>Slika 23.</i>	Graničnik motora	25
<i>Slika 24.</i>	U Poklopac	25
<i>Slika 25.</i>	Držać elektroormara	26
<i>Slika 26.</i>	Kanal za kablove	27
<i>Slika 27.</i>	Vodič kablova	28
<i>Slika 28.</i>	Pogled 1. na liniju za zavarivanje	29
<i>Slika 29.</i>	Pogled 2. na liniju za zavarivanje	30
<i>Slika 30.</i>	Pogon na podvozju kolica	31
<i>Slika 31.</i>	Pogonski kotači s vijencem na podvozju kolica	31

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1.</i>	Osnovni zahtjevi stroja za zavarivanje	8
<i>Tablica 2.</i>	Rezultati proračuna	11
<i>Tablica 1.</i>	Mjere tračnica prema slici	15
<i>Tablica 4.</i>	Masa i ostali parametri tračnica	16
<i>Tablica 5.</i>	Popis pozicija podvozja	17
<i>Tablica 6.</i>	Standardne dimenzije kotača	19

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
H_{\max}	mm	Maksimalna visina stroja
B_{\max}	mm	Maksimalna širina stroja
L_{\max}	mm	Maksimalna duljina stroja
v	m/s	Brzina zavarivanja
m	kg	masa tereta
D	mm	Promjer kotača
d	mm	Promjer vratila na mjestu ležaja
f		Krak momenta kotrljanja
t	s	Vrijeme ubrzavanja
v_{\max}	m/min	maksimalna brzina kretanja podvozja
v_{\min}	m/min	Minimalna brzina kretanja podvozja
S		Faktor sigurnosti
F_R	N	Sila otpora kretanja
M_{stat}	Nm	Statički moment
M_{din}	Nm	Dinamički moment
M_{uk}	Nm	Ukupni moment na motoru za podvozje
n_{\min}	o/min	Minimalni broj okretaja
n_{\max}	o/min	Maksimalni broj okretaja
n	o/min	Broj okretaja
P	kW	Snaga
F_{\min}	N	Opterećenje kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najpovoljnijem položaju
F_{\max}	N	Opterećenje kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najnepovoljnijem položaju
k_1		Koeficijent materijala
k_2		Koeficijent broja okretaja
k_3		Koeficijent pogonske grupe
p_d	N/mm ²	Dozvoljeni površinski pritisak
b_t	mm	Korisna širina glave tračnice

1. UVOD

Potreba za snižavanjem cijene proizvoda postala je svakodnevna „praksa“ u procesu proizvodnje, a istovremeno ostaju zahtjevi za visoku kvalitetu proizvoda. Pogotovo je to danas prisutno kod zavarenih spojeva, jer čelične konstrukcije se sve više koriste u građevinarstvu, te su proizvođači iz područja zavarivanja naprosto natjerani na promjene. Da bi to ostvarili te se promjene svode na nekoliko oblika mogućih racionalizacija:

- = napraviti potrebne konstrukcijsko-tehnološka rješenja zbog automatizacije postupka zavarivanja tj. prelazak s ručnog zavarivanja automatizirano zavarivanje,
- = upotreba suvremenih manipulatora potrebnih u proizvodnji, kako bi se na taj način izbjeglo dugotrajno i komplicirano premiještanje i pozicioniranje obradaka pomoću standardnih dizalica, viljuškara i sl.
- = ulaganje u potrebne uređaje za poluautomatsko ili automatsko zavarivanje – vlastita proizvodnja automatskih strojeva ili robota za zavarivanje prema zahtjevima proizvodnje, a ako na tržištu postoji zadovoljavajuća oprema nabava istih.
- = konstrukcija naprava za potrebe proizvodnje s kojima će se pojednostavniti proizvodnja, a isto tako naprave moraju omogućiti kvalitetu i smanjenje cijene proizvoda

Koju ćemo odluku donijeti o izboru jedne od gore navedenih mogućnosti ovisi isključivo o seriji tj. količini proizvoda. Zbog velikih investicija u proces proizvodnje, moguće je da se automatizacija uvodi ciljano u fazama, nabavkom pojedinih uređaja u određenom vremenu i na taj način bi izbjegli financijski udari i to je danas praksa mnogih firmi.

2. OPĆI DIO

Zavarivanje je postupak koji omogućava spajanje materijala u jedinstvene, funkcionalne cjeline. U modernom dobu, s razvojem novih tehnologija i materijala, zavarivanje je postalo neizostavan dio industrijske proizvodnje. Napredak u tehnologiji zavarivanja, transformirao je ovaj postupak iz jednostavnih ručnih tehnika do sofisticiranih automatiziranih sustava i strojeva. Prvo poglavlje služi kao uvod u sami proces zavarivanja, predstavljajući općenite postupke nakon čega je detaljnije objašnjen specifičan postupak zavarivanja za čiju svrhu se provodi ovaj proces konstruiranja.

2.1. Općenito o zavarivanju

Zavarivanje je proces spajanja materijala, najčešće metala, korištenjem topline, pritiska, ili kombinacije oba kako bi se stvorila snažna veza. Postupci zavarivanja uglavnom se dijele na dvije glavne vrste: spojno zavarivanje i pritisno zavarivanje. Bitni parametri kod zavarivanja, uz samu strukturu materijala, uključuju i temperaturu, vrijeme, pritisak i atmosferu. Za uspješan proces zavarivanja i postizanje kvalitete i čvrstoće spoja potrebno je pažljivo upravljati navedenim parametrima.

Spojno ili fuzijsko zavarivanje se u pravilu svodi na TIG (eng. *Tungsten Inert Gas*) zavarivanje, MIG/MAG (eng. *Metal Inert Gas/Metal Active Gas*) zavarivanje i osnovno elektrolyčno zavarivanje (Slika 1). Ove vrste zavarivanja koriste toplinsku energiju da rastali materijale uz dodavanje trećeg materijala radi punjenja spoja. TIG zavarivanje je poznato po svojoj preciznosti i kvaliteti, koristeći volfram elektrodu i inertni plin za zaštitu od zagađenja, dok MIG/MAG zavarivanje omogućuje brže i jeftinije zavarivanje koristeći kontinuiranu žicu kao elektrodu i zaštitni inertni ili aktivni plin. Također postoje vrste zavarivanja koje uz žičanu elektrodu dodaju i praškast materijal u proces zavarivanja. Uz to je bitno naglasiti da postoje i posebne vrste elektroda koje su punjene praškastim materijalom radi boljeg popunjavanja zavarenog spoja. Proces elektrolyčnog zavarivanja pod praškom (EPP) (eng. *Submerged Arc Welding*, SAW) uključuje automatsko ili poluautomatsko zavarivanje pri kojem se električni luk formira između kontinuirane žičane elektrode i materijala koji se zavaruje. Cijeli proces se odvija ispod sloja finog praškastog materijala. Prašak štiti topljeni metal od atmosferskih kontaminacija (slično kao plin u TIG i MIG/MAG postupcima) i stabilizira električni luk, pružajući čist i jak spoj. SAW se primarno koristi za zavarivanje debelih ploča i velikih konstrukcija te je cijenjen zbog visoke efikasnosti i kvalitete spojeva.



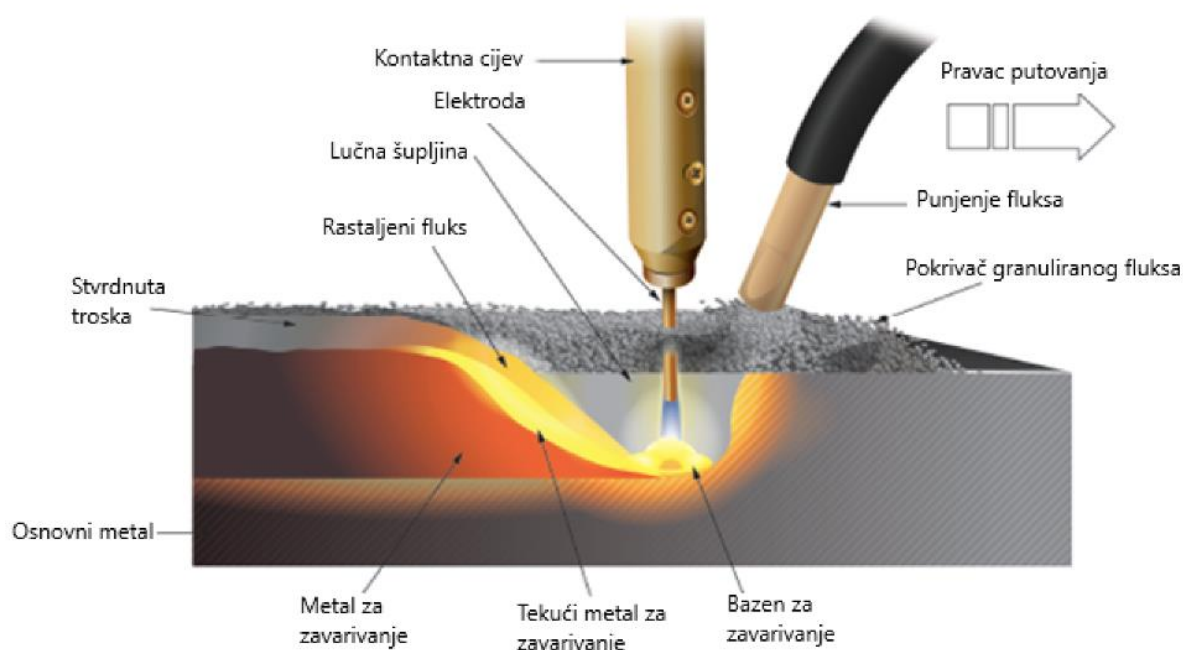
Slika 1. Elektrolučno zavarivanje [1]

Pritisno zavarivanje, kao što su točkasto zavarivanje i šavno zavarivanje, koristi kombinaciju pritiska i topline za spajanje materijala. Točkasto zavarivanje je efikasno za brzo spajanje tankih listova metala pritiskom i električnim otporom, dok šavno zavarivanje stvara dugotrajne spojeve kontinuiranim valjanjem materijala uz primjenu topline i pritiska. Noviji postupci zavarivanja, poput ultrazvučnog zavarivanja, koriste se za spajanje plastičnih materijala i tankih metala. Svaka vrsta zavarivanja ima svoje specifične primjene, prednosti i ograničenja, te zahtijeva različite vještine i opremu. Razumijevanje ovih aspekata ključno je za odabir najprikladnijeg postupka za određeni zadatak, osiguravajući kvalitetu i efikasnost u proizvodnim procesima.

2.2. Elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP)

Kao i kod ručnog elektrolučnog zavarivanja (Slika 1), toplina potrebna za taljenje materijala se dobiva iz električnog luka koji nastaje između elektrode i osnovnog materijala. Posebnost EPP zavarivanja je što se taj postupak odvija ispod sloja praška te zbog toga sam električni luk nije vidljiv. Prema tome, ključni parametri EPP zavarivanja uključuju jakost struje zavarivanja, koja utječe na dubinu prodiranja i širinu zavara te napon zavarivanja, koji utječe na stabilnost luka i

širinu zavara. Daljnji parametri zavarivanja uključuju brzinu zavarivanja tj. kretanje elektrode kao što je prikazano na slici 2, brzinu dodavanja elektrode i protok praška. Materijali korišteni u ovom procesu također igraju ključnu ulogu: prašak se obično sastoji od kombinacije elemenata poput silicija, mangana, kalcija i aluminijsa. Prašak dodatno poboljšava karakteristike spoja stvaranjem legura u zavaru. Žičane elektrode obično su izrađene od materijala sličnih onima koji se zavaruju, poput niskolegiranih ili nelegiranih čeličnih. Pravilan odabir i podešavanje ovih parametara su od iznimne važnosti za uspjeh SAW procesa (Slika 2), stoga se preporučuje detaljno testiranje i prilagođavanje za svaki specifičan projekt kako bi se osigurala optimalna kvaliteta zavara.



Slika 2. Shematski prikaz principa rada SAW zavarivanja [2]

Postoje nekoliko vrsta EPP zavarivanja [3], a razlikuju se u broju, položaju i načinu zagrijavanja žice. Najrasprostranjenije je zavarivanje jednom žicom, ali postoji i varijanta s dvjema paralelnim žicama ili dvjema ili više uzastopnih žica. Također postoji varijanta gdje se druge žice predgrijevaju pomoću električnog otpora te se na taj način dodaju u električni luk. Ostali oblici EPP zavarivanja uključuju navarivanje dvjema žicama i navarivanje elektrodom u obliku trake.

EPP zavarivanje nije moguće ostvariti bez složenih strojeva za zavarivanje. Potrebno je osigurati konstantan izvor električne energije koju je provodnicima potrebno dovesti do osnovnog materijala i glave za zavarivanje. Električna energija se kroz proces zavarivanja

regulira preklopom i prati pomoću ampermetra i voltmetra. Žica za zavarivanje se dovodi s koluta sustavom za dovod dok dodatni mehanizmi ostvaruju pomicanje glave za zavarivanje po osnovnom materijalu. Precizno reguliranje tog kretanja je od iznimne važnosti za ostvarivanje kvalitetnog i jednolikog zavara. Nadalje je bitno spomenuti da zavarivačku glavu prati usisavač koji postupno usisava nanesei prašak. Skrućenu trosku je naknadno potrebno skinuti sa zavarenog spoja.

Elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP) nudi brojne prednosti. Ovaj postupak je karakteriziran malim gubicima i visokom iskoristivošću, što ga čini ekonomski efikasnim. Može se primjenjivati kako u radionici tako i na terenu, pružajući fleksibilnost u različitim radnim okruženjima. Raznolikost primjenjivih prašaka omogućuje prilagodbu specifičnim zahtjevima zavarivanja. Jedna od ključnih prednosti je i to što električni luk nije vidljiv, što doprinosi sigurnosti operatera. EPP postupci se mogu automatizirati (ili poluautomatizirati) što nadalje povećava proizvodnost i efikasnost. Uz navedene prednosti, potrebno je istaknuti i nekoliko nedostataka. Jedan od glavnih je nemogućnost zavarivanja u prisilnim položajima, što ograničava njegovu primjenu. Postoji i rizik od sustavnih pogrešaka, što zahtijeva dodatnu pažnju. Zahtjevi za posebnim uvjetima skladištenja praška mogu biti izazovni, a sami uređaji su složeniji u usporedbi s drugim metodama zavarivanja. Tijekom zavarivanja nije moguće vizualno pratiti električni luk, što otežava kontrolu procesa. Osim toga, za kvalitetno izvođenje EPP-a potrebna je visoka vještina operatera.

2.3. Općenito o strojevima za zavarivanje

Strojevi za zavarivanje omogućuju visoku preciznost i brzinu zavarivanja te su ključni u industrijskoj proizvodnji. Postoje različiti tipovi strojeva za zavarivanje, uključujući ručne, poluautomatske, i potpuno automatizirane strojeve. Ručni strojevi su prilagodljivi i koriste se za manje projekte i operacije, dok su poluautomatski pogodni za serijsku proizvodnju. Automatizirani strojevi su idealni za velike proizvodne linije, nudeći visoku preciznost i brzinu. Primjena ovih strojeva varira, a može uključivati sve od proizvodnje dijelova malih dimenzija pa do gradnje brodova, automobila i općih konstrukcijskih elemenata kao što su npr. čelični profili.



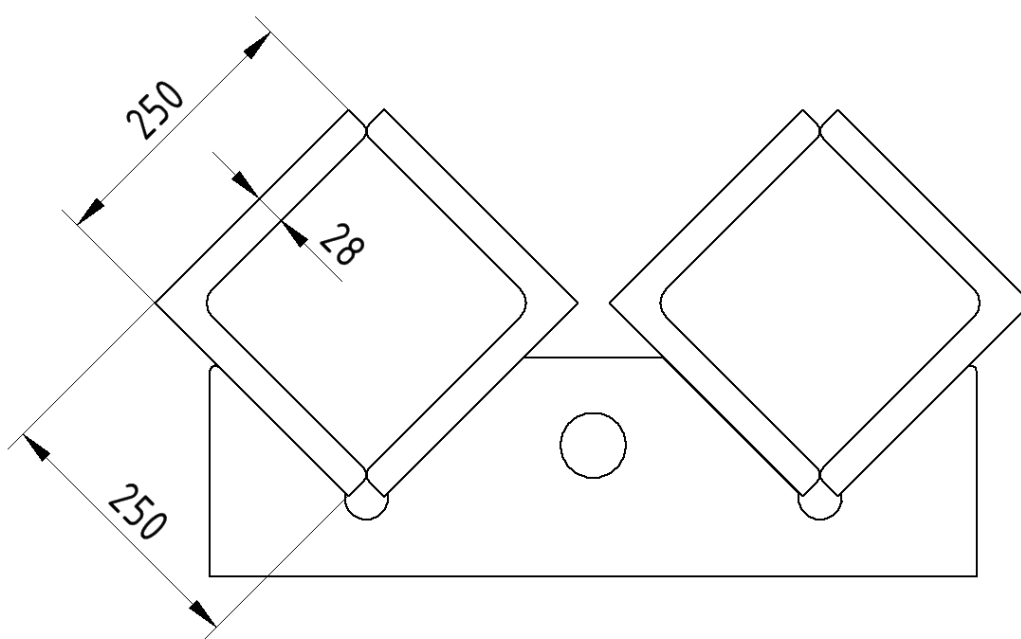
Slika 3. Specijalni I profil izrađen tehnologijom zavarivanja [4]

Kao što je bilo spomenuto u prethodnom poglavlju, ovakvi strojevi mogu varirati u kompleksnosti. Ovisno o obliku materijala koji se zavaruje i zahtjevima procesa i okoline, strojevi moraju biti visoko specijalizirani. Strojevi za EPP zavarivanje je u određenim slučajevima moguće podijeliti na 2 osnovna sklopa: sklop za zavarivanje i sklop za dobavu materijala. Sklop za zavarivanje se sastoji od glave za zavarivanje i mehanizma za pozicioniranje dok se sklop za dobavu materijala sastoji od svih popratnih elemenata kao što su spremnici praška, zaštićeni koluti žice, elektro-ormar, usisavač i pogonski mehanizam za praćenje gibanja sklopa za zavarivanje.

U sljedećem poglavlju ćemo razmotriti namjenu linijskog stroja za zavarivanje profila EPP tehnologijom te definirati zahtjeve koji se nameću razvojnom procesu ovakvog stroja.

3. POSTAVKA ZADATKA

Kao i na većini razvojnih projekata, zahtjevi su definirani na samom početku. Zahtjevi mogu proizlaziti iz različitih izvora kao što su tehnologija zavarivanja, oblik materijala, od operatera, naručitelja, pa čak i iz zakonske regulative. Za uspješan razvojni proces potrebno je zadovoljiti sve postavljene zahtjeve. Zahtjeve koje nije moguće ispuniti potrebno je izmijeniti u dogovoru s naručiteljem ili investitorom. Naravno, neki zahtjevi su fiksni i njih je obavezno zadovoljiti. Osnovni zahtjevi za naš stroj proizlaze iz zadatka završnog rada, a to su dimenzije, oblik i materijal profila koji se zavaruje, zavarujemo L profile. (Slika 4).



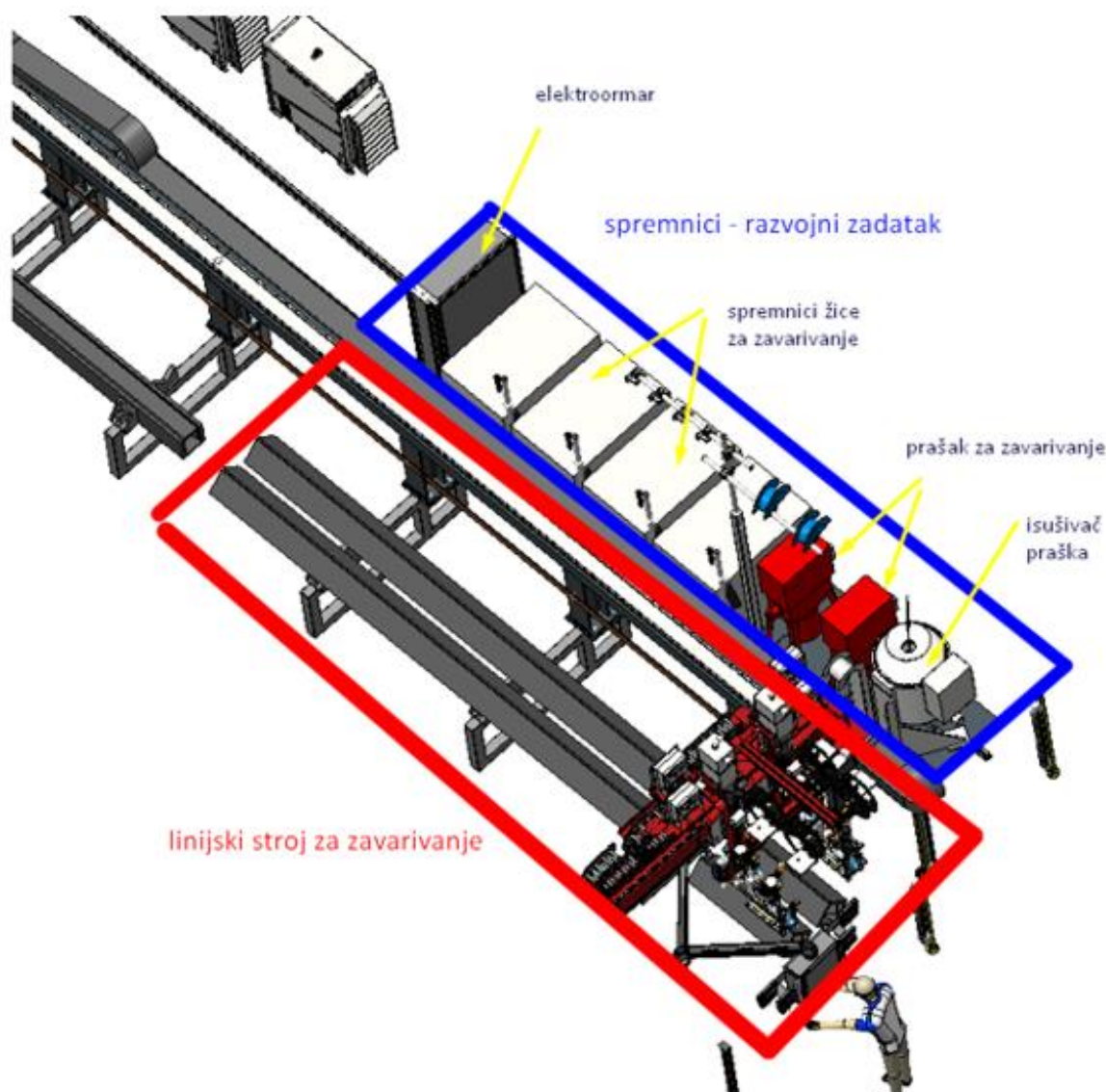
Slika 4. Položaj L profila u liniji za zavarivanje

Sama tehnologija zavarivanja nam isto nalaže određene zahtjeve. Pošto se radi o EPP zavarivanju, potrebno je osigurati žicu, prašak i električnu energiju za proces zavarivanja, također je potrebno oblikovati pogonski mehanizam koji će ostvarivati traženu brzinu kretanja te ugraditi i usisavač za sakupljanje praška. Dodatni zahtjevi naručitelja uključuju i maksimalne dopuštene dimenzije stroja. Što se tiče rada stroja, nakon izvršene operacije zavarivanja, glava se udaljuje od profila te se kreće nazad u početni položaj gdje se nakon izmjene profila, proces ciklički ponavlja. Ostali zahtjevi u razvojnom procesu će ovisiti o odabranom konceptualnom rješenju. U nastavku je tablica s osnovnim zahtjevima stroja za zavarivanje (Tablica 1.)

Tablica 2. Osnovni zahtjevi stroja za zavarivanje

	Zahtjev	Oznaka	Iznos	Mjerna jedinica
1	Maksimalna visina stroja	H_{\max}	5000	mm
2	Maksimalna širina stroja	B_{\max}	-	mm
3	Maksimalna duljina stroja	L_{\max}	25000	mm
4	Brzina zavarivanja	v	0,5-2	m/s

Za potrebe ovog rada, razmotrit ćemo razvoj sklopa za dobavu materijala. Dimenzije sklopa za zavarivanje su poznate te su prikazane na slici 5.

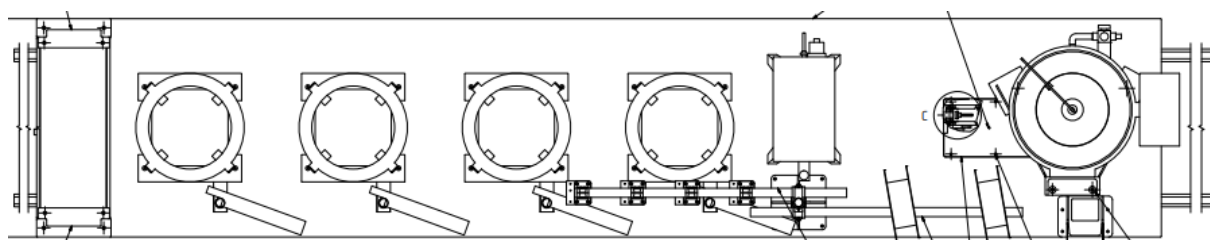


Slika 5. Linijski stroj za zavarivanje

Izrada koncepta ili koncipiranje [5] se definira kao ključan korak u procesu konstruiranja i razvoja proizvoda. Potrebno je, prema zadanim zahtjevima, odrediti funkcije proizvoda i generirati konceptualno rješenje. Cilj je usmjeriti proces koncipiranja prema funkcionalnim rješenjima koja zadovoljavaju tržišne i tehničke zahtjeve, a pritom vodeći računa i o faktorima kao što su troškovi, izvedivost i održivost.

3.1. Odabir koncepta i principa rada naprave

Koncept izrade linije, prikazan je na slici 5., a sastoji se od steznog stola, postolja sa pokretnom gredom na kojoj se nalaze dvije tandem glave za zavarivanje pod praškom. Usporedno sa postoljem linije nalazi se pruga po kojoj se vozi popratna naprava ili kolica na kojima se nalazi oprema za prašak, žica za zavarivanje težine 4000 kg i strujni ormar. Ukupna težina kolica s elektro ormarom procijenjena je na 6000 kg.



Slika 6. Idejno rješenje za popratnu napravu

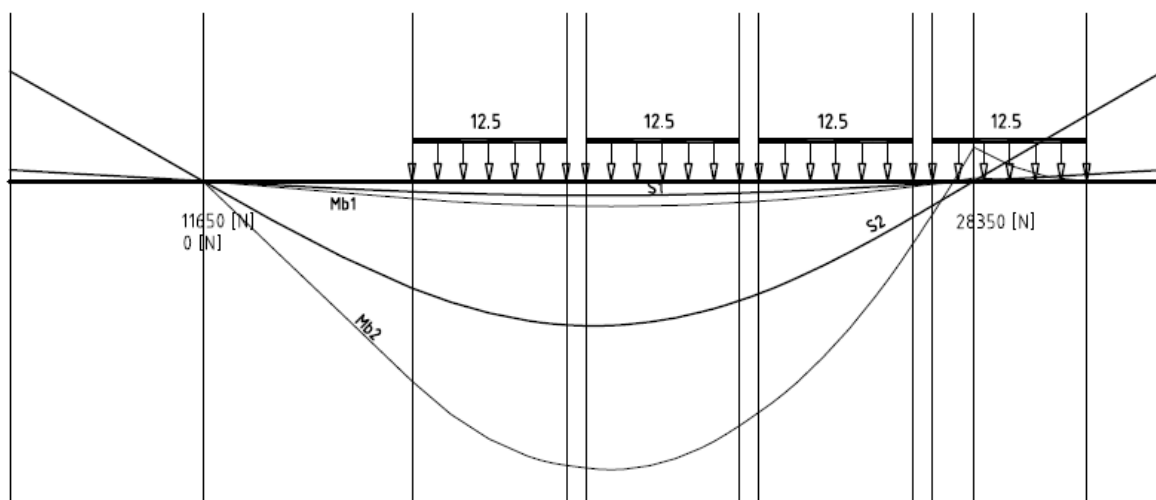
Prema slici 6. popratna naprava ili kolica su sastavni dio linijskog stroja za zavarivanje L profila. Na popratnu napravu treba postaviti 4 spremnika s žicom za zavarivanje, jedan ili dva spremnika s praškom, isušivač praška i elektro ormar. Naprava treba imati vlastiti pogon i za to je potrebno odabrati odgovarajući AC motor. Ideja je da se odaberu profili za nosače popratne naprave koji u stvari čine podvozje s pogonskim kotačima i sve skupa postavlja se na odabrane tračnice. Na profile se postavlja lim kao pod kolica, na koji se postavlja predviđena oprema.

4. RAZRADA ZADATKA

U ovom poglavlju ćemo definirati tehničko rješenje naprave. Odabir rješenja će biti popraćen proračunom. Prvi korak je oblikovanje i dimenzioniranje nosive konstrukcije nakon čega slijedi odabir pogonskog mehanizma. Svi parametri korišteni u proračunu su iskustveni na osnovu prethodnih linija za zavarivanje. Isto tako sav materijal, limovi i profili za izradu linije određeni su na osnovu iskustva konstruktora.

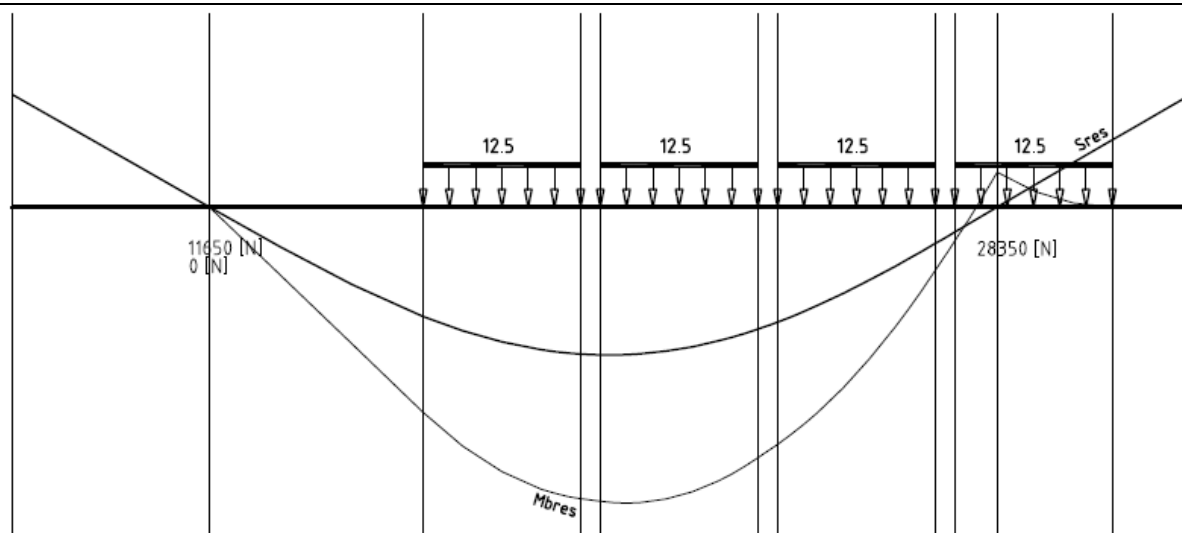
4.1. Oblikovanje i proračun nosive konstrukcije

U Auto-CAD-u je napravljen kontrolni proračun za maksimalno opterećenje, pošto kutije sa kolutima žice nose svaka po 1 tonu, a nisu raspoređene ravnomjerno po površini vozila. Prva kutija je udaljena od početka 1085 mm, te je svaka između zamaknuta za 100 mm, a širina jedne kutije je 800 mm. Odabrani profil, nacrtani su u Auto-CAD-u, na mjestu gdje su predviđeni kotači postavljani su oslonci, a oprema je prikazana kao kontinuirano opterećenje. Nakon unesenih potrebnih podataka izvršen je proračun za momente savijanja M_{b1} i M_{b2} , kao i za deformacije S_1 i S_2 , a na slici 6 vidimo grafički prikaz rezultata.



Slika 7. Prikaz momenata M_{b1} i M_{b2} i deformacija S_1 i S_2 nakon proračuna

Na slici 7. je grafički prikazan rezultat za moment M_{bres} i deformaciju S_{res} . Svi rezultati proračuna dati su u tablici 2.

Slika 7. Prikaz momenta M_{bres} i deformacije S_{res} nakon proračuna

Tablica 2. Proračunske vrijednosti

Naziv	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
Moment inercije	I_1	mm^4	134321000
Moment inercije	I_2	mm^4	116500100
Moment inercije	I_{eff}	mm^4	134153300
Max. Granična Udaljenost		mm	159,33
Faktor sigurnosti			10,8514
Granica tečenja		N/mm^2	235
E – modul (modul elastičnosti)		N/mm^2	210000
Materijal			S235JR
Progib	S1	mm	0,104216
Max. moment savijanja	M_{b1}	Nm	1589,2
Progib	S1	mm	1,033152
Max. moment savijanja	M_{b1}	Nm	18164
Max. naprezanje	R_{es}		21,656
Max. progib	S_{res}		1,038395
Max. moment savijanja	M_{bres}	Nm	18234
Skala za liniju progiba			722,3 : 1
Skala za liniju momenata savijanja			1 : 12,156

Svi rezultati proračuna za postavljene konstruktivne uvjete zadovoljavaju i može se nastaviti s ostalim proračunima.

4.2. Proračun pogonskog mehanizma

Usporedno sa postoljem linije nalazi se pruga po kojoj se vozi popratna naprava ili kolica na kojima se nalazi oprema za prašak, žica za zavarivanje i strujni ormar.

Za izradu proračuna zadane su slijedeće vrijednosti:

Masa tereta: $m = 6000,00$ kg

Promjer kotača: $D = 218,00$ mm

Promjer vratila na mjestu ležaja: $d = 35,00$ mm

Krak momenta kotrljanja: $f = 0,50$

Vrijeme ubrzavanja: $t = 3,00$ s

Brzina kretanja podvozja: $v_{\max} = 5,00$ m/min

Faktor sigurnosti: $S = 1,70$

Proračunom dobivamo slijedeće veličine:

Silu otpora kretanju F_r :

Sila F_r ovisi o težini tereta, promjeru kotača, faktoru trenja i vremenu ubrzavanja gibanja naprave.

$$F_R = m * g * \left(\left(\frac{2}{D} \right) * \left(\left(\frac{0,005 * d}{2} + f \right) + 0,003 \right) \right) \text{ [N]} \quad (1)$$

$$F_R = 6000 * 9,81 * \left(\left(\frac{2}{218} \right) * \left(\left(\frac{0,005 * 35}{2} + 0,5 \right) + 0,003 \right) \right) = 493,83 \text{ [N]}$$

Nakon izračunate sile kretanja potrebno je izračunati statički moment M_{stat} :

$$M_{\text{stat}} = \left(\frac{F_r * D}{2} \right) / 0,8 \text{ [Nm]} \quad (2)$$

$$M_{\text{stat}} = \frac{\left(\frac{493,83 * 0,218}{2} \right)}{0,8} = 67,28 \text{ [Nm]}$$

Da bi izračunali ukupni moment za odabir motora moramo izračunati dinamički moment M_{din} :

$$M_{\text{din}} = \left(\left(m * \frac{\left(\frac{v_{\max}}{60} \right)^2}{3} \right) / 0,8 \right) / \left(\frac{2 * v_{\max}}{\frac{D}{1000}} \right) \text{ [Nm]} \quad (3)$$

$$M_{\text{din}} = \left(\frac{\left(\frac{6000 * \left(\frac{5}{60} \right)^2}{3} \right)}{0,8} \right) / \left(\frac{2 * \frac{5}{60}}{\frac{218}{1000}} \right) = 22,71 \text{ [Nm]}$$

Ukupni moment na motoru za podvozje M_{uk} :

$$M_{uk} = (M_{stat} + M_{din}) * S \quad [\text{Nm}] \quad (4)$$

$$M_{uk} = (67,28 + 22,71) * 1,7 = 152,99 \quad [\text{Nm}]$$

Na osnovu ukupnog momenta izračunata je potrebna snaga motora P_{uk} :

$$P_{uk} = \left[\left(\frac{F_r * v_{max}}{0,8} \right) + \left(\frac{m * v_{max}^2}{t} \right) / 0,8 \right] / 1000 \quad [\text{kW}] \quad (5)$$

$$P_{uk} = \frac{\left(\frac{F_r * 0,08333}{0,8} \right) + \left(\frac{\left(\frac{6000 * 0,08333^2}{3} \right)}{0,8} \right)}{1000} = 0,07 \quad [\text{kW}]$$

Za odabir motora moramo odrediti minimalnu i maksimalnu brzinu gibanja, a to je u rasponu:

$$\text{Minimalna brzina } v_{min} = 0,5 \quad [\text{m/min}] \quad \text{Odabrano}$$

$$\text{Maksimalna brzina } v_{max} = 5,0 \quad [\text{m/min}] \quad \text{Odabrano}$$

Minimalni broj okretaja n_{min} :

$$n_{min} = \frac{v_{min}}{D * \pi} \quad [\text{o/min}] \quad (6)$$

$$n_{min} = \frac{0,5}{0,218 * \pi} = 0,73 \quad [\text{o/min}]$$

Maximalni broj okretaja n_{max} :

$$n_{max} = \frac{v_{max}}{D * \pi} \quad [\text{o/min}]$$

(7)

$$n_{max} = \frac{5}{0,218 * \pi} = 7,3 \quad [\text{o/min}]$$

AC MOTORI $n = 7,10 \quad [\text{o/min}]$

$$1,87 \text{ Hz: } n_{1,87} = \frac{n}{50} * 1,87 = \frac{7,1}{50} * 1,87 = 0,27 \quad [\text{o/min}] \quad (8)$$

$$n = n_{1,87} * \pi * D = 0,27 * \pi * 0,218 = 0,182 \quad [\text{m/min}] \quad (9)$$

$$3,0 \text{ Hz: } n_{3,0} = \frac{n}{50} * 1,87 = \frac{7,1}{50} * 3 = 0,43 \quad [\text{o/min}] \quad (10)$$

$$n = n_{3,0} * \pi * D = 0,43 * \pi * 0,218 = 0,292 \quad [\text{m/min}] \quad (11)$$

$$87 \text{ Hz: } n_{87} = \frac{n}{50} * 1,87 = \frac{7,1}{50} * 87 = 12,35 \quad [\text{o/min}] \quad (12)$$

$$n = n_{87} * \pi * D = 12,35 * \pi * 0,218 = 8,457 \quad [\text{m/min}] \quad (13)$$

Odabrano: $M = 285$ [Nm]

$P = 0,25$ [kW]

$$S_{stv} = \frac{M}{M_{uk} * S} = \frac{285}{152,99 * 1,7} = 3,167 \quad (14)$$

Model: KA47R37DRN71MS4BE05/TF/EI7C/V

Product information



Catalog designation

KA47R37DRN71MS4BE05/TF/EI7C/V
Bevel-helical gearmotors K..DRN.. (IE3)

Product data

Rated motor speed	[1/min]: 1405
Output speed	[1/min]: 7.1
Overall gear ratio	: 198.00
Output torque	[Nm]: 285
Service factor SEW-FB	: 1.40
Mounting position	: M3AB
Base / top coat	: 7031 Blue gray (51370310)
Position of connector/terminal box	[°]: 90
Cable entry/connector position	: X
Hollow shaft	[mm]: 35
Design type	: Hollow shaft
Permitted output overhung load with n=1400	[N]: 9900
Lubricant quantity 1st gear unit	[Liter]: 1.6
Lubricant quantity 2nd gear unit	[Liter]: 0.35
Motor power	[kW]: 0.25
Duration factor	: S1-100%
Efficiency class	: IE3
Efficiency (50/75/100% Pn)	[%]: 70.13 / 73.51 / 73.5
CE mark	: Yes
Motor voltage	[V]: 230/400
Motor voltage 50Hz	[V]: 220-240D/380-415Y
Wiring diagram	: R13
Frequency	[Hz]: 50
Rated current	[A]: 1.26 / 0.72
Cos Phi	: 0.66
Thermal class	: 155(F)
Motor protection type	: IP55
Design requirement	: Europe (CE)
Mass moments of inertia (referring to the input side)	[10 ⁻⁴ kgm ²]: 9.30
Weight	[kg]: 39.40
Braking torque	[Nm]: 5
Brake voltage	[V]: 230
Brake control	: BG1.5



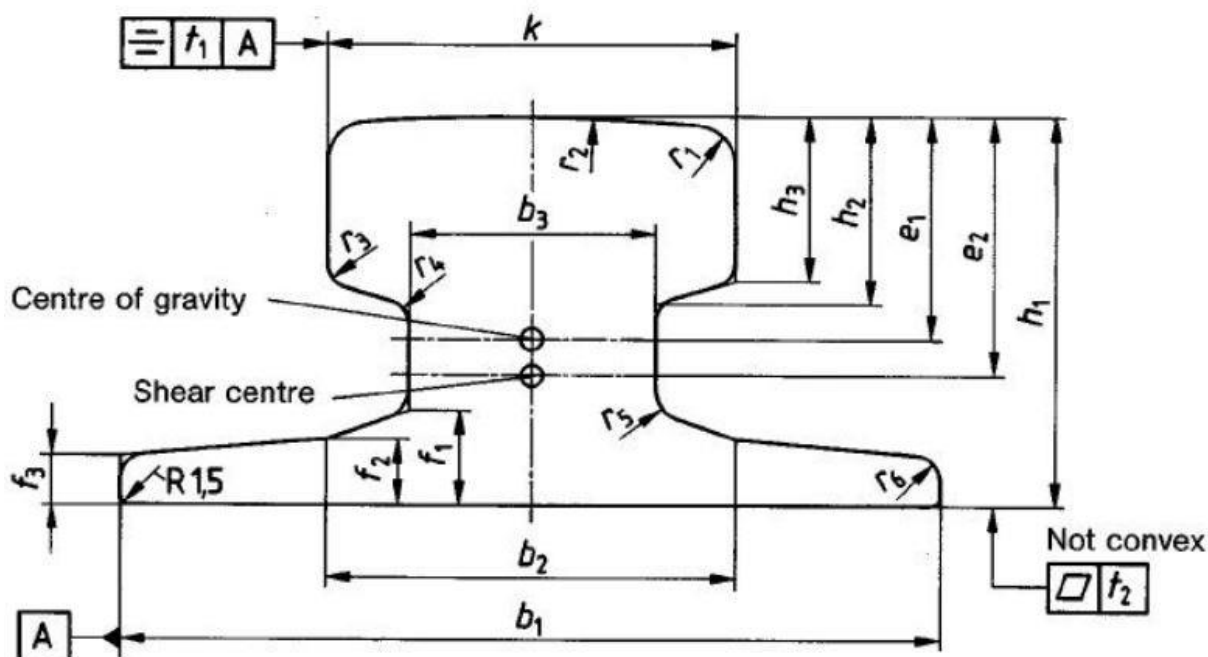
Additional feature

Multi-range voltage Yes
Thermal class 155(F)
Brake BE05 single brake (standard brake) (230 V, 5 Nm)
EI7C built-in encoder, 4-pole connection, 24 P/U HTL
V- Forced cooling fan IP 66, 220..575 V 50/60 Hz
Motor protection 3 TF temperature sensors (without trip device)
Lubricant: GearOil by SEW-EURODRIVE: CLP 220 (-15 / +40 °C): 1.6 Liter
Lubricant: GearOil by SEW-EURODRIVE: CLP 220 (-15 / +40 °C): 0.35 Liter
Degree of protection IP 55
Brake control BG - without electronic switching

Slika 9. Tehnički podaci za odabrani AC Motor F9G

4.3. Oblik i mjere tračnica

Prema standardu DIN 536 odabran je profil A 45 tračnica po kojima se kreće popratna naprava, a u tablici 3 prikazane su dimenzije



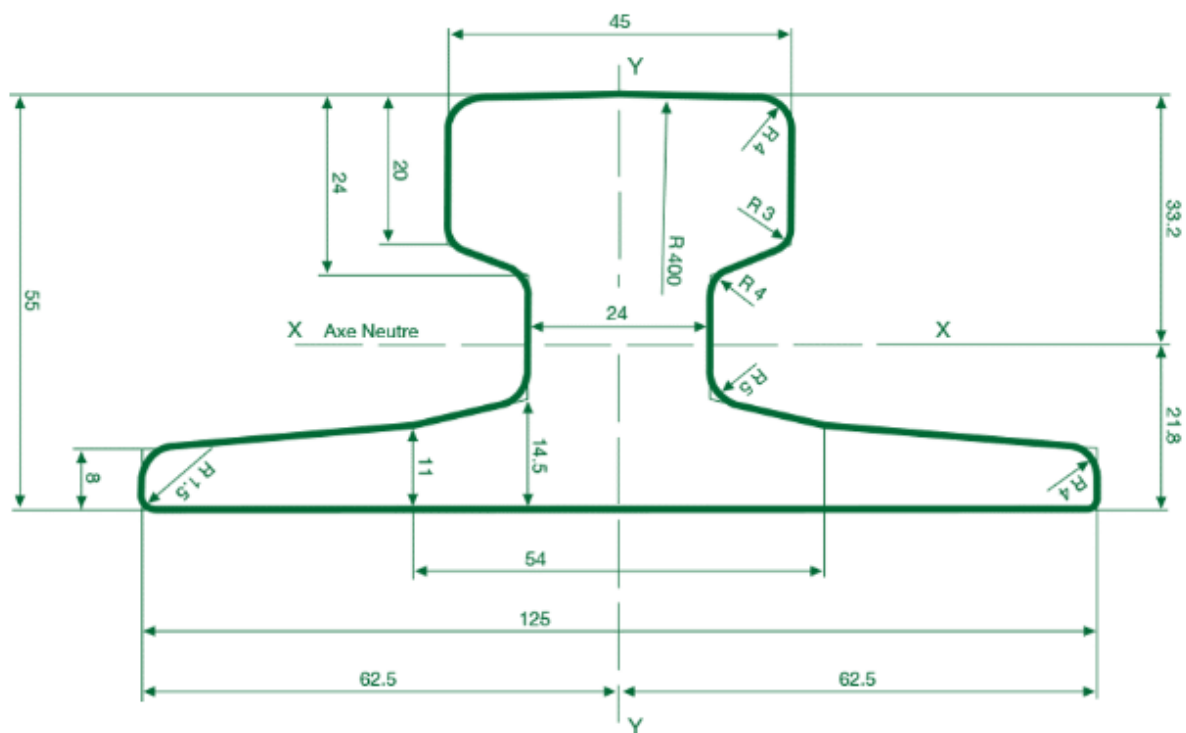
Slika 10. Oblik tračnice [10]

Tablica 3. Mjere tračnica prema slici [10]

Oznaka	Širina glave k	b ₁	b ₂	b ₃	f ₁	f ₂	f ₃	h ₁	h ₂	h ₃	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
A 45	45	125	54	24	14,5	11,0	8	55±1	24,0	20,0	4	400	3	4	5	4
A 55	55	150	66	31	17,5	12,5	9	65±1	28,5	25,0	5	400	5	5	6	5
A 65	65	175	78	38	20,0	14,0	10	75±1	34,0	30,0	6	400	5	5	6	5
A 75	75	200	90	45	22,0	15,4	11	85±1	39,5	35,0	8	500	6	6	8	6
A 100	100	200	100	60	23,0	16,5	12	95±1,5	45,5	40,0	10	500	6	6	8	6
A 120	120	220	120	72	30,0	20,0	14	105±1,5	55,5	47,5	10	600	6	6	10	6
A 150	150	220		80	31,5		14	150±1,5	64,5	50,0	10	800	10	10	30	6

Tablica 4. Masa i ostali parametri tračnica [10]

Oznaka	Masa u kg/m	e_1 cm	e_2 cm	A_x cm ²	A_y cm ²	A_z cm ²	I_x cm ⁴	I_y cm ⁴	I_z cm ⁴	S_y cm ³	S_z cm ³
A 45	22,1	3,33	4,24	28,2	17,0	9,6	39	90	170	22,88	26,12
A 55	31,8	3,90	4,91	40,5	24,8	14,6	88	178	337	38,45	48,64
A 65	43,1	4,47	5,61	54,9	33,7	20,2	173	319	606	60,18	69,22
A 75	56,2	5,04	6,29	71,6	44,1	26,9	311	531	1011	88,41	102,09
A 100	74,3	5,29	6,37	94,7	65,8	41,6	666	856	1345	128,78	141,58
A 120	100	5,79	6,53	127,4	97,1	58,5	1302	1361	2350	187,23	222,35
A 150	150,3	7,73	8,48	191,4	153,6	107,1	2928	4373	3605	412,00	342,60

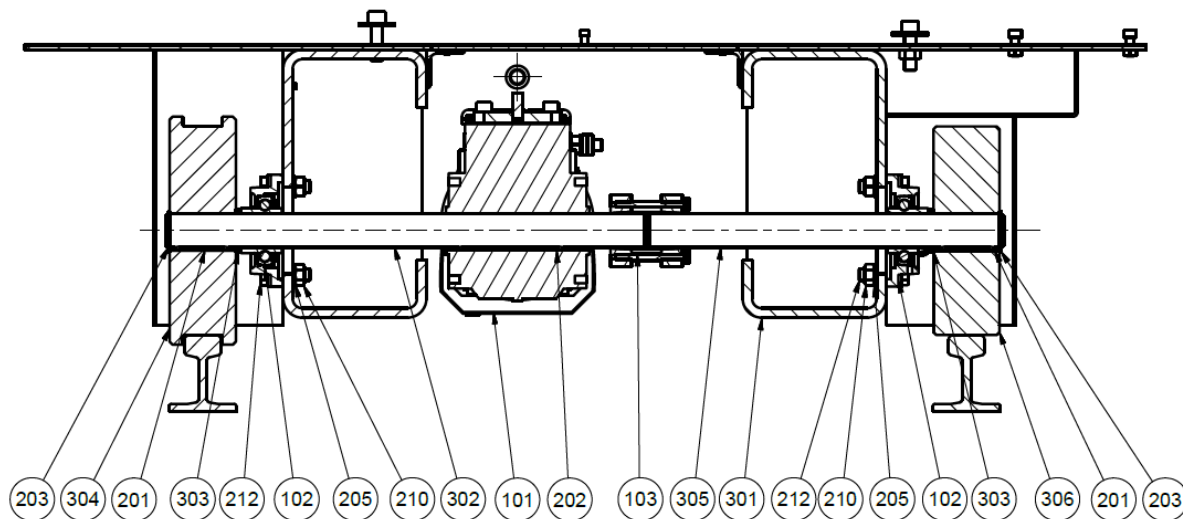


Slika 11. Odabrana tračnica s dimenzijama [11]

4.4. Dimenzioniranje kotača

Slika 10. prikazuje pogonski dio popratne naprave ili kolica sa svim pripadajućim elementima.

A-A (1 : 5)
90°



Slika 12. Pogon podvozja

Tablica 5. Popis pozicija podvozja

Pozicija	Količina	Opis
101	1	Motor reduktor (0,25kW 7,1o/min 285Nm M3AB)
102	4	Ležaj s kvadratnom prirubnicom UCF 207
103	2	Stezaljka ST-K provrt 35mm
201	4	Uložno pero
202	1	Uložno pero
203	4	Uskočnik
205	13	Opružna podloška
210	19	Šesterokutna matica
212	13	Šesterokutni vijak
301	1	Rama
302	1	Osovina 2
303	4	Distantni prsten
304	2	Pogonski kotač I
305	2	Osovina 1
306	2	Pogonski kotač II

4.5. Odabir pogona i prijenosnika

Prema odabranoj snazi motora definiramo dimenziju vratila i spojke prema preporuci proizvođača.

4.6. Dimenzioniranje kotača i ležajnog mjesta

a) Opterećenje kotača definira se izrazom:

$$F = \frac{F_{min} + 2 * F_{max}}{3} \text{ [N]} \quad (15)$$

F_{min} – opterećenje kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najpovoljnijem položaju

F_{max} - opterećenje kotača s najvećim dozvoljenim teretom u najnepovoljnijem položaju

$$F_{min} = 30.000 \text{ [N]}$$

$$F_{max} = 33.000 \text{ [N]}$$

$$F = \frac{30000 + 2 * 33000}{3} = 32000 \text{ [N]}$$

b) Promjer kotača

$$D = \frac{F}{k_1 * k_2 * k_3 * p_d * b_t} \text{ [mm]} \quad (16)$$

$$D = \frac{32000}{0,8 * 1,13 * 0,8 * 5,6 * 37} = 214,1 \text{ [mm]}$$

Odabrano: $D = 218 \text{ [mm]}$

gdje je:

$k_1 = 0,8$ - koeficijent materijala

$k_2 = 1,13$ – koeficijent broja okretaja

$k_3 = 0,8$ – koeficijent pogonske grupe

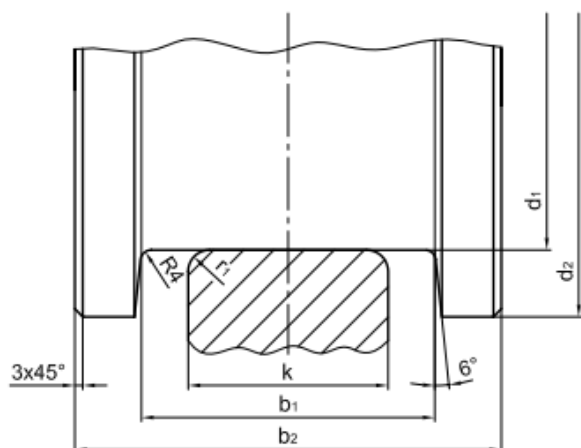
$p_d = 5,6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ – dozvoljeni površinski pritisak

$b_t = k - 2r_1 = 45 - 2 * 4 = 37 \text{ [mm]}$ – korisna širina glave tračnice

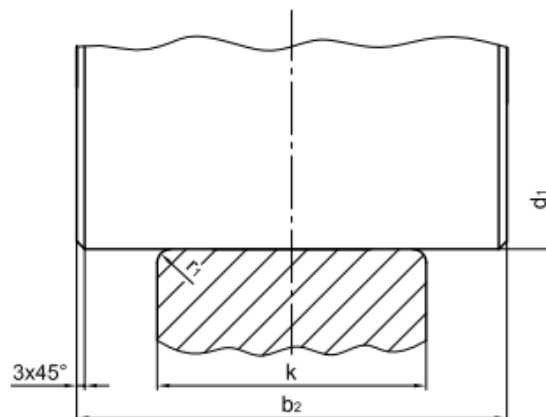
Napomena:

Tračnice sa zaobljenom glavom propisane su novom normom DIN536T.1 od 1991. godine.

Proračun kotača na tim tračnicama dozvoljen je pomoću ekvivalentne širine ravne tračnice, definirane s $b_t = k - 2r_1$, pa se u postupku dimenzioniranja kotača ništa ne mijenja



Slika 13. Kotač s vijencima



Slika 14. Kotač bez vijenaca

Tablica 6. Standardne dimenzije kotača

Nazivni promjer d_1 [mm]	d_2 [mm]	b_1 [mm]	b_2 [mm]	R [mm]
200	230	60*	90	5
250	280	60	90	5
315	350	105	150	10
400	440	105	150	10
500	540	115	165	10
630	680	115	165	10
710	760	155	205	10
800	850	155	205	10
900	950	155	205	10

Odabrani ležaj na SKF stranici UCF 207 s kućištem:

$C = 25,5$ kN

$C_0 = 15,3$ kN



Slika 15. Ležaj s kvadratnom priрубnicom UCF 207 [12]

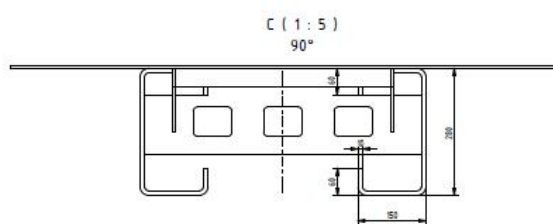
5. PROIZVODNI POSTUPAK

Nakon konstrukcijskog rješenja pristupa se izradi tehnološke dokumentacije i nabavke materijala ukoliko istog nema na zalihama u skladištu materijala

5.1. Opis proizvodnje glavnih podsklopova

Svi sastavni dijelovi izrađeni su u pogonima tvrtke, osim standardnih dijelova

- Postolje izrađeno u pogonu tvrtke



Slika 16. Zavarena konstrukcija postolja

Kod proizvodnje glavne pozicije, prvo smo savili dva lima debljine 10 mm u oblik C profila i izrezali sve potrebne izreze, nadalje zavarujemo između profila 6 rebara za učvršćivanje, dva kutna profila na koja će ići poklopac. Zavarujemo sve ostale pozicije i bušimo preostale rupe, kao što se vidi na slici 16.

Dok su u izradi zavarene komponente u strojnoj obradi izrađuju se:

- = Osovina podvozja



Slika 17. Osovina podvozja

Imamo 3 različite osovine (različite dužine i različitih izreza) promjera 35 mm. Rađene su na tokarilici, gdje smo napravili i utore za pera i uskočnik, kao što se vidi na slici 15.

- = Distantni prsten



Slika 18. Distantni prsten

Distantni prsten nam služi za razmak između ležaja i kotača. Izrađen je također na tokarilici.

- = Kotač s vođenjem

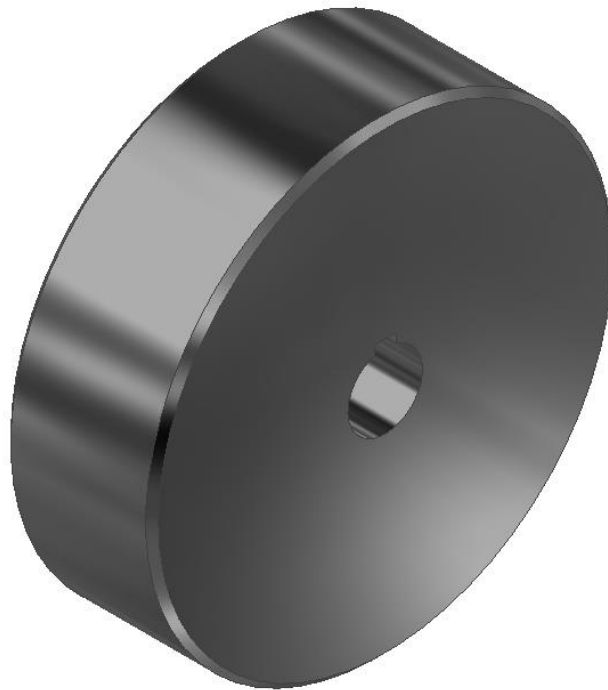


Slika 19. Kotač s vođenjem

Imamo dvije vrste kotača. Prvi (prikazan na slici 19) služi za vođenje, on sjeda na prugu. Radi se iz materijala C45 i također se izrađuje na tokarilici. U sredini je p kroz koju ide osovina promjera 35 mm, a kotač je promjera 218 mm, a sa ovim prstenima oko 238 mm. Potom slijedi poliranje, brušenje i premazivanje zaštiti od korozije.

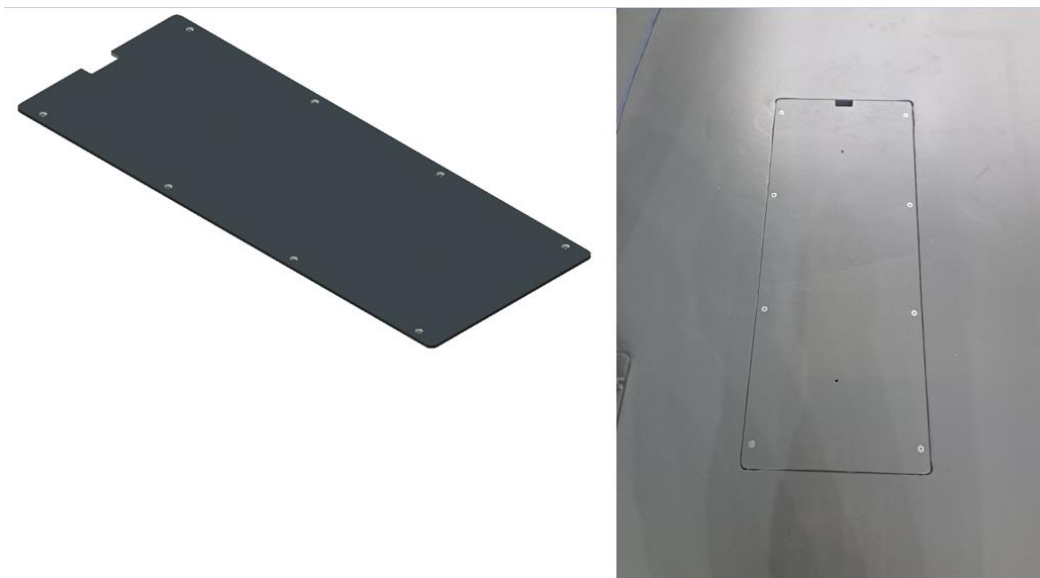
- = Kotač bez vođenja

Drugi kotač se radi istim postupkom, samo što on ima jednostavniju geometriju radi smanjenja vremena tokarenja kao što se vidi na slici 20, funkciju vođenja tada preuzima kotač sa slike 19.



Slika 20. Kotač bez vođenja

= Poklopac



Slika 21. Poklopac

Sljedeće smo izrezali pokrov servisnog otvora, od lima debljine 5 mm koji ima izrez da se lakše rukama podigne i u sredini dva vijka isto za prihvat kod podizanja (kao što se vidi na slici 19), jer je ispod poklopca motor, da se omogući pristup kod servisiranja ili popravka ili da se može izmjestiti bez komplikacija. Njega smo pričvrstili vijcima u kutne profile prve pozicije.

= Svornjak

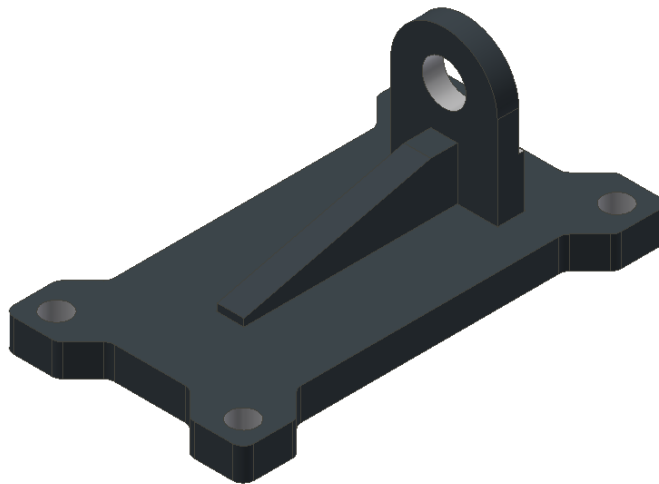


Slika 22. Svornjak

Svornjak sa slike. 20, promjera 30 mm smo radili na tokarskom stroju, izbušili provrt za navoj M16 i narezali navoj. Svornjak se zavari na rebro prve pozicije i služi kako bi druga konstrukcija, koja je fiksirana na motoru, bila pričvršćena i osigurala položaj motora.

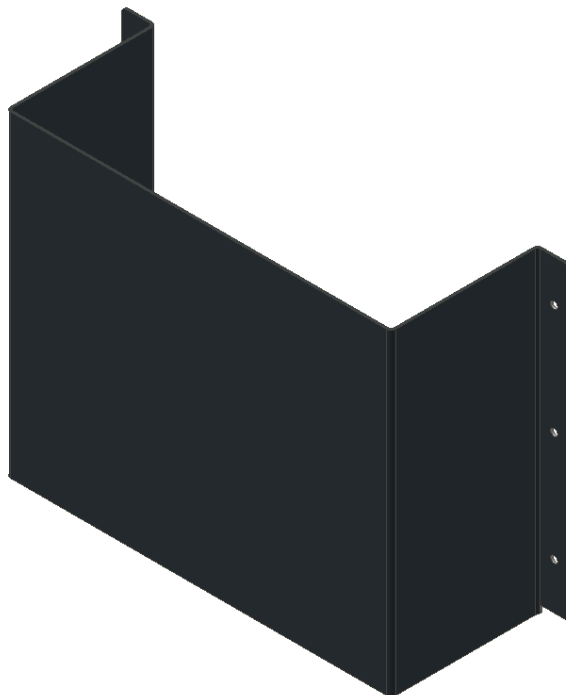
▪ Graničnik motora

Ova pozicija služi da se fiksira na motor i preko nje se spaja na svornjak da osigura položaj motora. Sve tri pozicije smo izrezali na plinskoj rezačici, izbušili prolazne rupe za vijke, i poziciju koja se naslanja na svornjak dodatno „počistili“.



Slika 23. Graničnik motora

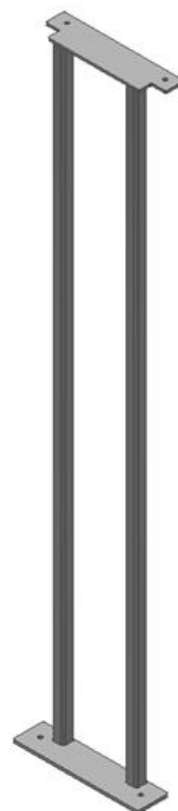
= U Poklopac



Slika 24. U Poklopac

Ova pozicija je kao zaštitni pokrov, zaštita koja se pričvrsti preko kotača. Izrađeni su iz lima debljine 2 mm i savijeni su u željeni oblik.

- = Držač elektroormara

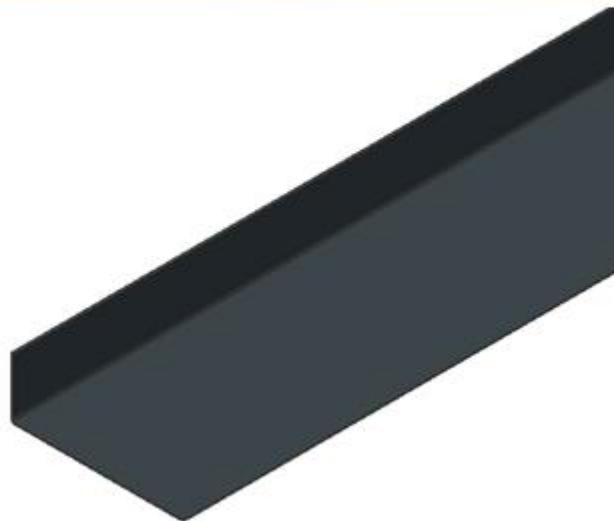


Slika 25. Držač elektroormara

Ova pozicija služi za učvršćivanje položaja elektro ormara na transportna kolica. Zavarene su dvije kvadratne cijevi 40x40 mm debljine stjenke 4 mm na dvije ploče debljine 8 i 10 mm (kao što možemo vidjeti na slici 23).

- = Kanal za kablove

Sljedeće smo od lima debljine 2 mm, savili L profil, koji se zavaruje na prvu poziciju, a služi za prolaz i zaštitu kablova kao što vidimo na slici 24.



Slika 26. Kanal za kablove

= Vodić kablova



Slika 27. Vodić kablova

Ova pozicija služi za vođenje kablova koji spajaju transportna kolica sa ostatkom stroja. Sastoji se od U profila U200 duljine 1864 mm, jedne savijene pozicije i ostale su rezane na plinskoj rezačici, te je cijela konstrukcija zavarena.

5.2. Montažni postupak

Nakon izrade svih zavarenih komponenti, te strojnih elemenata izrađenih u strojnoj obradi, pristupa se montaži proizvodne linije. Slijedeće slike prikazuju gotovu liniju za zavarivanje L profila.



Slika 28. Pogled 1. na liniju za zavarivanje



Slika 29. Pogled 2. na liniju za zavarivanje



Slika 30. Pogon na podvozju kolica



Slika 31. Pogonski kotači s vijencem na podvozju kolica

6. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada je bila konstrukcija i proračun popratne naprave na liniji za zavarivanje L profila. U završnom radu izvršen je proračun pogona podvozja, te proračun kotača za podvozje popratne naprave, uz detaljan opis funkcije i namjene samog stroja. U općem djelu opisani su postupci zavarivanja s naglaskom na zavarivanje s praškom.

Namjena linije za zavarivanje je prvenstveno da omogući zavarivanje profila u najpovoljnijem položaju, s odgovarajućim postupkom i željenom brzinom zavarivanja. Linija se također može vrlo uspješno primjenjivati prilikom zavarivanja i drugih profila uz male preinake, te sklapanja i rasklapanja složenih sklopova.

Linijom može upravljati samo odrasla, psihički i fizički zdrava osoba bez obzira na spol, koja raspolaže certifikatom za zavarivanje određenim postupkom kojim dokazuje svoju stručnu osposobljenost. Stručna osposobljenost jamči kvalitetan tehnološki postupak zavarivanja i Kvalitetu.

Proračunima je utvrđeno sa svi dijelovi zadovoljavaju po svim parametrima i EU direktivama.

LITERATURA

- [1] William M. Plate Jr, United States Air Force, ID 040112-F-1663P-001
- [2] <https://www.cwbgroup.org/association/how-it-works/what-submerged-arc-welding-saw>
- [3] M. Živčić: Elektrolučno zavarivanje pod zaštitom praška – EPP, Zavarivanje 26 (1983) 4, 215 – 221
- [4] <https://bumibeam.com/root/ind/fabrication-welded-beam.html>
- [5] Ulrich, K.T., Eppinger, S.D.: Product Design and Development; McGraw-Hill; 2015. ISBN 978-0-07-802906-6
- [6] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [7] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [8] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [9] https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/20272545_G01.pdf
- [10] <https://pdfcookie.com/documents/din-536-1-crane-rails-hot-rolled-flat-bottom-crane-rails-type-a-dimensions-section-parameters-and-steel-grades-ex20doe58w13>
- [11] <https://www.emrails.com.au/our-products/rail/crane-rail/a45-crane-rail/>
- [12] <https://set-bjelovar.hr/shop/cijena/ucf-207-skf-lezaj-s-kucistem>

PRILOZI

I. CD-R disc

II. Tehnička dokumentacija

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
129690-10-000	Popratna naprava
129684-30-000	Distantni prsten
129685-30-000	Pogonski kotač 1
129686-30-000	Pogonski kotač 2
129642-30-000	Profili
129643-20-000	Rama
129691-30-000	Osovina 1
129693-30-000	Zaštitni lim
129692-30-000	Osovina 2
129694-30-000	Osovina 3
129742-20-000	Podupora
129744-30-000	Zaštitni lim
129743-30-000	Distantni prsten
129747-20-000	Držać
129906-30-000	Zaštitni lim
129886-20-000	Nosač kabla
129908-30-000	Cijev
129907-20-000	Stup
129905-30-000	Kanal kabla