

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**IZDELAVA IN AVTOMATIZACIJA LINIJE ZA
NANOS TRDIH SLOJEV**

Igor Žiberna

Mentor: prof. dr. Juš Kocijan

Nova Gorica, 2007

ZAHVALA

Mišljenje, da vse zmoremo sami, je zmotno, na poti do uspeha namreč še kako potrebujemo pomoč in podporo visoko strokovno usposobljenih in v smislu širokega poznavanja teoretične in praktične problematike bogatih mentorjev, kakršne sem bil deležen tudi sam.

In prav zaradi tega se želim, ob tej priložnosti, iskreno zahvaliti mentorju prof. dr. Jušu Kocijanu, ki mi je pomagal pri izbiri teme za praktično usposabljanje ter diplomske naloge in mi svetoval ter pomagal pri realizaciji vmesnega, končnega poročila in pri celotnem delu diplomske naloge.

Iskrena hvala mentorju, direktorju O.K.M., Marjanu Kukoviču dipl. inž. teh. prom., ter podjetju O.K.M. za vso nudeno pomoč pri izvajanju praktičnega usposabljanja. Prav tako se zahvaljujem vodji razvojne skupine Borutu Bizjaku za strokovno pomoč ter podjetju za projektiranje in izdelavo strojev Ps d.o.o. Logatec, posebej g. Kristanu Cornu za pomoč pri delu o avtomatizaciji linije.

Igor

IZVLEČEK

V diplomski nalogi je predstavljen potek izgradnje linije za nanos trdih slojev za korekcijske leče za vid. Naloga je razdeljena na štiri glavne opisovalne dele. Za lažje razumevanje naloge je v prvem delu opisano delovanje linije za nanos trdih slojev. Drugi del opisuje izgradnjo konstrukcije linije od osnovne konstrukcije do posod za tekočine ter različnih napeljav. V tretjem delu je rdeča nit opisovanja avtomatizacija linije, medtem ko četrti del zajema preizkušanje linije in dokončno usposobljenost za pravilno in nemoteno delovanje linije. Preizkušanje posameznih delov linije se je izvajalo že med začetnimi fazami izgradnje; opisi le-teh so predstavljeni pri določeni fazi. Končni rezultat diplomske naloge je nemoteno delovanje linije za nanos trdih slojev.

KLJUČNE BESEDE:

Trdi sloj, tehnologija nanosa, proizvodna linija, tehnologija proizvodnje, konstrukcija, avtomatizacija linije, pozicioniranje.

ABSTRACT

Diploma thesis comprises the process of construction of the hard coat processing plant for correction lens. Thesis is divided in four main descriptive parts. The operation of the hard coat machine is described in the first part of the thesis for easier comprehension. The second part is focused on the construction of the processing plant from fundamental construction to containers for liquids and different installations. The third part of the thesis deals with the automation of the machine. In the last part it's also significant to present the testing and final regular and faultless working of the machine is presented. Testing of the particular parts was already executed during the initial stages of the project; descriptions of those are given at particular stage. The final result of the diploma thesis is faultless working of the hard coat machine.

KEY WORDS:

Hard coat, technology of hard coat, production of the machine, production technology, construction, automation of the machine, definition of position.

KAZALO

1. UVOD	1
1.1. Opis naloge	2
2. OPIS PREDVIDENEGA DELOVANJA LINIJE	3
3. IZDELAVA LINIJE ZA NANOS TRDIH SLOJEV	8
3.2. Izdelava in montaža pomičnih rok (2. faza)	16
3.2.1. Pomična roka za premikanje leč	16
3.2.2. Pomična roka za namakanje leč	17
3.3. Montaža dodatnih elementov linije (3. faza)	19
4. AVTOMATIZACIJA LINIJE	23
4.1. Opis pomične roke in delovanje	23
4.1.1. Zahteve	26
4.1.2. Specifikacije sistema za avtomatizacijo	27
4.1.3. Opis izbrane regulacijske opreme	31
5. PREIZKUS SISTEMA VODENJA	34
5.1. Suhi preizkus	34
5.2. Mokri preizkus	35
5.3. Končni preizkus linije	36
6. SKLEP	38
7. LITERATURA	39

PRILOGA 1: Prikaz položajev, vsebin posod glede na njihovo število

PRILOGA 2: Spremenljivke in naslov v spominu naprave

PRILOGA 3: Parametri za izmenjavo podatkov preko terminala *CTIU 110*

PRILOGA 4: 21 korakov, ki določajo potek delovanja pomične roke ter ostalih operacij

KAZALO SLIK

Slika 1: Linija za nanos trdih slojev _____	2
Slika 2: Diagram poteka proizvodnje leč _____	4
Slika 3: Prikaz osrednje konzole stroja (nastavitve temperatur tekočin) _____	5
Slika 4: Prikaz pomične roke, ki dviga leče iz posode _____	5
Slika 5: Prednji pogled na konstrukcijo _____	8
Slika 6: Diagram faz izdelave linije za nanos trdih slojev _____	9
Slika 7: Stranski pogled na konstrukcijo linije (nosilna konstrukcija za posode) _____	10
Slika 8: Prikaz vsebin posod _____	11
Slika 9: Posoda za sušenje _____	12
Slika 10: Posoda za lak (dvojni plašč) _____	13
Slika 11: Posoda pripravljena za lepljenje ultrazvokov _____	14
Slika 12: Skica plašča – tloris _____	15
Slika 13: Skica plašča ter posode v njem _____	15
Slika 14: Konstrukcija pomične roke _____	17
Slika 15: Konstrukcija pomika za namakanje leč _____	18
Slika 16: Zunanji in notranji grelniki _____	20
Slika 17: Oddajnik ultrazvoka za lepljenje _____	20
Slika 18: Stojalo, ki drži leče _____	21
Slika 19: Cikel delovanja pomične roke _____	25
Slika 20: 1. Korak – Spust pomične roke in pomik na pozicijo 2 _____	28
Slika 21: 2. Korak – Dvig nosilca leč ter pomik na položaj 1 _____	30
Slika 22: Shema z dimenzijami za frekvenčni regulator <i>SE11200025</i> _____	32
Slika 23: Shema z dimenzijami za univerzalni regulator <i>Unidrive SP 1401</i> _____	33
Slika 24: Sestavni elementi za programiranje in uporabo linije _____	33
Slika 25 : Optični senzor in končno stikalo za merjenje pomika _____	35

1. UVOD

Diplomska naloga zajema področje vodenja organizacije projekta ter strojništva. Z vidika vodenja organizacije nameravamo predstaviti potek izgradnje proizvodne linije, z vidika tehnologije pa izdelavo linije. Namen diplomske naloge je opis izpeljave projekta, izdelava in avtomatizacija linije za nanos trdih slojev. Cilj naloge je delovanje linije za nanašanje trdih slojev. Danes se v industriji optike nanašata dve vrsti trdih slojev. Prvi sloji, ki se nanašajo na leče, so posebni laki, ki lečam dodajo večjo odpornost na praske, še posebno pri lečah z visokim indeksom lomnega količnika. Drugi del trdih nanosov pa zajemajo antirefleksni sloji; to so posamezni praški, ki jih s strojem nanesimo na leče. Funkcija antirefleksnih slojev je zmanjšanje odboja svetlobe od površine stekel. Slika postane bolj čista in jasna, kar pripomore k manjši obremenitvi oči.

V diplomski nalogi obravnavamo linijo za čiščenje leč ter nanašanje različnih lakov. Brezhibno delovanje linije bo omogočil opravljen končni preizkus, ki bo odpravil morebitne napake storjene med izdelavo.

Diplomska naloga je strukturirana v štiri dele. Prvi del prikazuje predvideno delovanje linije za nanos trdih slojev. Sledijo si opisi izgradnje linije, ki se začnejo z opisom konstrukcije, nadaljujejo z izdelavo in montažo pomikov ter na koncu z montažo dodatnih delov linije. Opis delovanja linije je dokaj podroben, manjkajo mu le ključni podatki zaradi poslovne skrivnosti podjetja. Tretji del naloge opisuje delovanje pomične roke, zahteve pomične roke, avtomatizacijo ter preizkuse delovanja regulatorjev. V končnem opisu bomo predstavili zaključni preizkus linije, ki bo pokazal kako uspešni smo bili med celotnim potekom izgradnje. Diplomsko nalogo zaključujemo s komentarjem rezultatov celotnega projekta. Za boljše razumevanje tematike smo poskušali vsa poglavja v nalogi opisati čimbolj enostavno.

1.1. Opis naloge

Diplomsko delo opisuje montažo in avtomatizacijo linije za nanos trdih slojev (slika 1). Delo opisuje sodelovanje v razvojni skupini, ki je razvijala ter izdelala proizvodno linijo za čiščenje leč ter nanašanje laka. Stara proizvodna linija je zastarela, tako da se je podjetje odločilo, da bo razvojna skupina izdelala novo, večjo linijo, s precejšnjimi izboljšavami. Zaradi širitve linije bo potrebno najprej prenoviti njeno celotno konstrukcijo.

Prva faza montaže bo namenjena izdelavi dvanajstih osnovnih posod, ki sestavljajo linijo in v katerih bodo različne tekočine potrebne za tehnološki proces. Zaradi svojega namena bodo posode različne tako po konstrukciji kot po načinu delovanja. V drugi fazi se bomo posvetili delu pomikov linije, ki bodo imeli funkcijo premikanja leč iz ene posode v drugo. Tretja faza pa naj bi vsebovala montažo celotne vodovodne ter električne inštalacije. V četrti fazi se bomo preusmerili v izbiro, montažo in programiranje regulatorjev za premik pomične roke. Zadnja faza pa predstavlja zaključni preizkus delovanja linije za nanos trdih slojev ter odpravljanje morebitnih težav, ki bi se pokazale med preizkusom. Naš cilj je končno brezhibno delovanje linije za nanos trdih slojev.

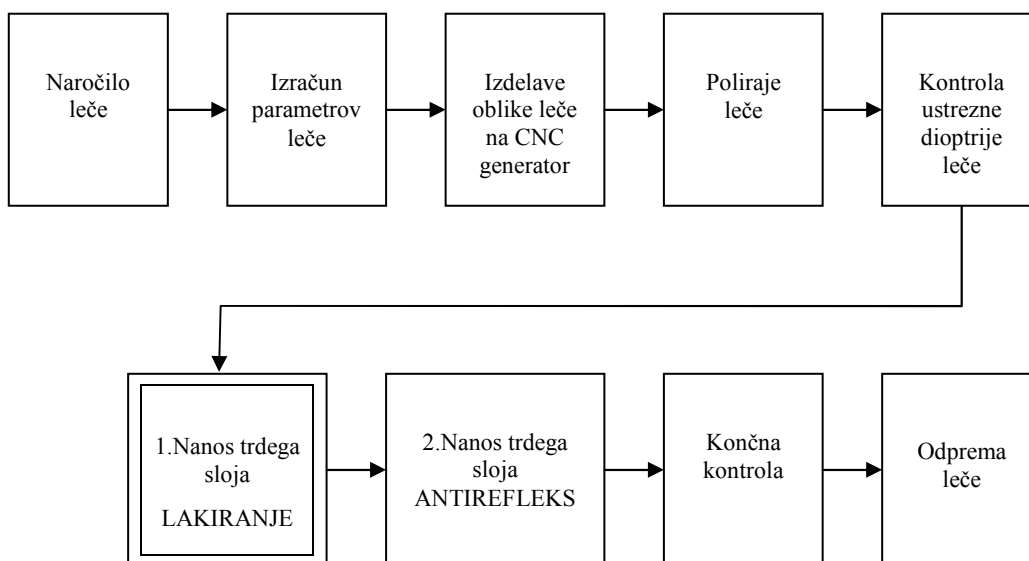


Slika 1: Linija za nanos trdih slojev

2. OPIS PREDVIDENEGA DELOVANJA LINIJE

Opis celotnega delovanja linije bomo skušali čimbolj enostavno približati dejanskemu stanju, ki se odvija na liniji. Na željo podjetja O.K.M. v besedilu ne bomo uporabili določenih ključnih podatkov.

Za lažji pregled nad procesom proizvodnje leč, bomo poskušali opisati tehnologijo izdelave leč (slika 2). Naročila za izdelavo leč se sprejema telefonsko, po faksu ali v elektronski obliki. Vsa naročila se vnesejo v računalniško podprt sistem, ki natančno sledi naročeni leči skozi vse faze obdelave (od naročila do izdaje dobavnice oz. računa). V pripravi dela se izbere ustrezna surovina. Z računalniškim programom se pripravi izračun in vsi potrebni podatki za izdelavo leče (določijo se potrebni parametri: dioptrija, refrakcijski indeks materiala, bazna krivina, debelina, premer, optični center, decentracija, prizmatičnost itd.). V fazi blokiranja se surovec ustrezno pritrdi na nosilno orodje za vpenjanje v generator za izdelavo notranje krivine korekcijske leče. Sledeči postopek se izvaja s CNC generatorjem. Izdelava notranje krivine poteka s posebnimi frezami, ki določijo lečam tudi zeleni premer ter ustrezno debelino. Predhodno obdelanima lečama na generatorju nato v fazi poliranja damo končni sijaj ter transparentnost. Izdelek gre po končanem poliranju v kontrolo, lakiranje ter po želji stranke še na barvanje ter nanašanje antirefleksnega sloja. »Antirefleksni (AR) sloj je sestavljen iz več tankih slojev metalnih oksidov, izmenjajočih se visokih in nizkih indeksov na zunanji in notranji površini stekla, ki omogoči, da se svetloba ob stiku z lečo ne odbija, temveč se prenese skozi njo. Normalne leče za očala reflektirajo tudi do 18% svetlobe, odvisno od refrakcijskega indeksa. S sedemslojnim AR nanosom se ta odboj zmanjša na manj kot 1%. Barvo AR sloja določa minimalni del vidne svetlobe, ki ne potuje skozi lečo. Primer : pri zeleni barvi AR sloja se odbija samo svetloba, ki ima valovno dolžino v predelu zelene barve v vidnem spektru« (O.K.M, 2006).



Slika 2: Diagram poteka proizvodnje leč

Celotni cikel procesa delovanja linije traja cca. 50 min, to velja za eno do dvanajst leč. Toliko leč gre namreč lahko naenkrat na eno skupno stojalo. Stroj v našem primeru deluje dvoizmensko (16 ur), kar pomeni, da eno izmeno stroj ne obratuje. Stalno deluje le hladilnik, ki služi hlajenju vode ter hkrati hladi lak. Leče, ki pridejo iz proizvodnje so obdelane na določeno dioptrijo in imajo preverjeno kakovost. Velik problem pri nanosu trdega sloja je ustrezna čistoča leč, saj mora ustrezati strogim standardom optične industrije. Leče delavec nato razdeli glede na material ter po drugih parametrih in jih vstavi v posebna stojala. Ko so leče pripravljene, jih vstavi v prvo posodo s prvim kemičnim čistilom. Leče se v posodi z ultrazvokom očistijo, čas čiščenja pa je predpisan glede na vrsto sredstva za čiščenje. Delovni pomik z uporabo roke dvigne stojalo ter ga nese v naslednjo posodo z ultrazvokom, v kateri je drugo čistilo. V tej posodi se postopek ponavlja iz prve posode, le da se uporablja druga vrsta čistila. Čistila, ki se uporabljajo so: ultra sončna čistila, optical 2010, optical 2020 ter druga. Optimalna temperatura čistil za najučinkovitejše delovanje je 50°C – 60°C. Nastavitev temperatur tekočin se izvaja na osrednji konzoli stroja (slika 3).



Slika 3: Prikaz osrednje konzole stroja (nastavitev temperatur tekočin)

Čistila se zamažejo dokaj hitro, tako da se jih menja vsak drugi delovni dan. Po končanem drugem čiščenju gredo leče z uporabo pomične roke v tretjo posodo, v kateri je navadna voda. Namen tekočine v tej posodi je spiranje leč (zaradi čistil). Potek procesa nanašanja trdega sloja na leče se nadaljuje v četrti posodi, ki vsebuje še tretje čistilo.

Nato roka premesti leče v naslednjo, peto posodo, v kateri je navadna voda (slika 4).



Slika 4: Prikaz pomične roke, ki dviga leče iz posode

Voda je ogreeta na sobno temperaturo, saj prihaja neposredno iz vodovodnega omrežja. Spiranje med enim in drugim čistilom moramo opraviti zaradi nezdržljivosti različnih čistil. Ko prispejo leče v šesto posodo, jih čaka dokončno spiranje z ionizirano vodo in ultrazvokom. Temperatura ionizirane vode se giblje med 30°C in 40°C. Da pridobimo t.i. ionizirano vodo, moramo navadno vodo poslati skozi čistilno smolo, ki se nahaja v posebnih čistilnih jeklenkah. Ta voda se menja enkrat do dvakrat letno, ko se naberejo nečistoče. Posebnost te vode je ultravijolična luč, ki uničuje bakterije in druge organske snovi. Ionizirana voda je čista, brez vsakršnih nečistoč ter ne pušča sledi posušenih kapljic na leči. Potek procesa na liniji se seli iz šeste posode v sedmo, ki je namenjena sušenju leč. Posoda je opremljena z dvema infra grelnikoma, ki oddajata toploto ter tako sušita leče. Posoda za sušenje se segreje do 65°C. Pomična roka se nato pomika proti stojalu z lečami in jih prenese v naslednjo, osmo posodo, ki služi ohlajanju leč. Leče je potrebno ohladiti zaradi naslednje faze – lakiranja. V tej fazi procesa se leča ohladi na 27°C. Po ohladitvi se leča seli v deveto ali v deseto posodo. V teh posodah sta dva laka, ki se razlikujeta glede na to, katere leče lakiramo. V deveti posodi se nahaja lak za navadne leče; to so leče z nizkim ter srednjim indeksom (*Feo /hcl 30-27 – Hard coating vanish*), deseta posoda pa vsebuje lak za visoke indekse (*Lti-shc-3000 – Hard coating vanish*), (SCL Lak 2007). Navadne leče imajo oznako *CR-39* – pokazatelj materiala leče, ki je tudi največkrat uporabljen material za izdelavo leč. Druge leče pa imajo oznako *HI* (ang. *high indeks* - visoki indeks). Razlike med tipoma *CR-39* in *HI* so v debelini, teži in trdnosti leče v prid leči z visokim indeksom. Razlika pa je tudi v ceni, ki je precej višja pri *HI* lečah. Prav zaradi različnih materialov leč se uporabljata dve vrsti laka. V primeru lakiranja le z enim lakom bi namreč lahko prišlo (na nekaterih materialih) do luščenja. Oba laka sta ohlajena na konstantno temperaturo od 7°C do 9°C. V fazi lakiranja je potrebno omeniti podrobnost, ki je ključna za celoten proces; to je odlitek laka. Do odlitka laka na lečah pride zaradi več dejavnikov. Najpogostejši dejavniki so: prevelika hitrost potega leč iz laka, koncentracija laka, njegova viskoznost, toplota leče itd. Ko se leča ohladi, ostane na njej manj laka, kar pomeni tudi manj možnosti za odlitek. Viskoznost laka se spreminja z njegovo starostjo in obrabljenostjo, zato se lak menja po potrebi, približno 1 krat tedensko. Pri menjavi laka moramo izprazniti in očistiti tudi filter, ki pobira nesnago iz laka. Koncentracija laka se vzdržuje - redči z metanolom ali alkoholom. Med lakiranjem se pomik ustavi in obratuje le pomična roka, ki namoči

leče v lak ter jih počasi vleče iz njega. Tako onemogoči odlitek laka zaradi prevelike hitrosti potega leče iz laka. Iz desete posode gredo leče s pomikom v enajsto posodo, kjer se lak suši na temperaturi okoli 65°C. Na tako osušen lak se ne more več vezati prah. Zadnji faza pri celotnem procesu lakiranja je odložišče, kjer leče počakajo, da jih delavec vzame iz njega. V primeru, da delavec ne pobere leč iz odložišča in pomična roke v tem času obkroži celoten cikel z novim setom leč, se le-ta ustavi in drži leče nad odložiščem dokler prejšnje niso pobrane. Če se zgodi, da delavec ne nalaga leč v prvo posodo, pomična roka še vedno opravlja utečen cikel prenašanja leč od prve posode do odložišča. Po odvzemu iz odložišča gredo leče v kontrolo, nato v peč za večjo odpornost laka ter kasneje v naslednje obdelave.

Zaradi čistoče leč se izvaja tudi ventilacija, ki piha v obeh smereh, proč od lakirne posode. Vse posode so opremljene s tipali za merjenje temperature, ki sporočajo informacije na glavni terminal, kjer vidimo posamezne temperature za določeno posodo. Informacije delavcu na liniji povedo, kaj je potrebno spremeniti ali pa tudi ne, za pravilno delovanje. Na terminalu so še gumbi za preklop iz avtomatskega delovanja linije na ročno, vklop servomotorja ter s tem povezanih pomikov, vklop krmiljenja in nekaj manjših podrobnosti (priloga 3). Največja delovna kapaciteta linije je okoli 1000 leč na eno izmeno - 8 delovnih ur. Realna kapaciteta linije pa je nekje do 750 leč na eno izmeno. Do razlik prihaja zaradi načina dela linije. Delo lahko poteka z največjo hitrostjo, a končni izdelek ni najboljši. Leča, ki bi jo obdelovali z najvišjo hitrostjo, bi lahko imela določene nečistoče ali odlitek laka (O.K.M, 2006).

3. IZDELAVA LINIJE ZA NANOS TRDIH SLOJEV

3.1. Konstrukcija linije (1. faza)

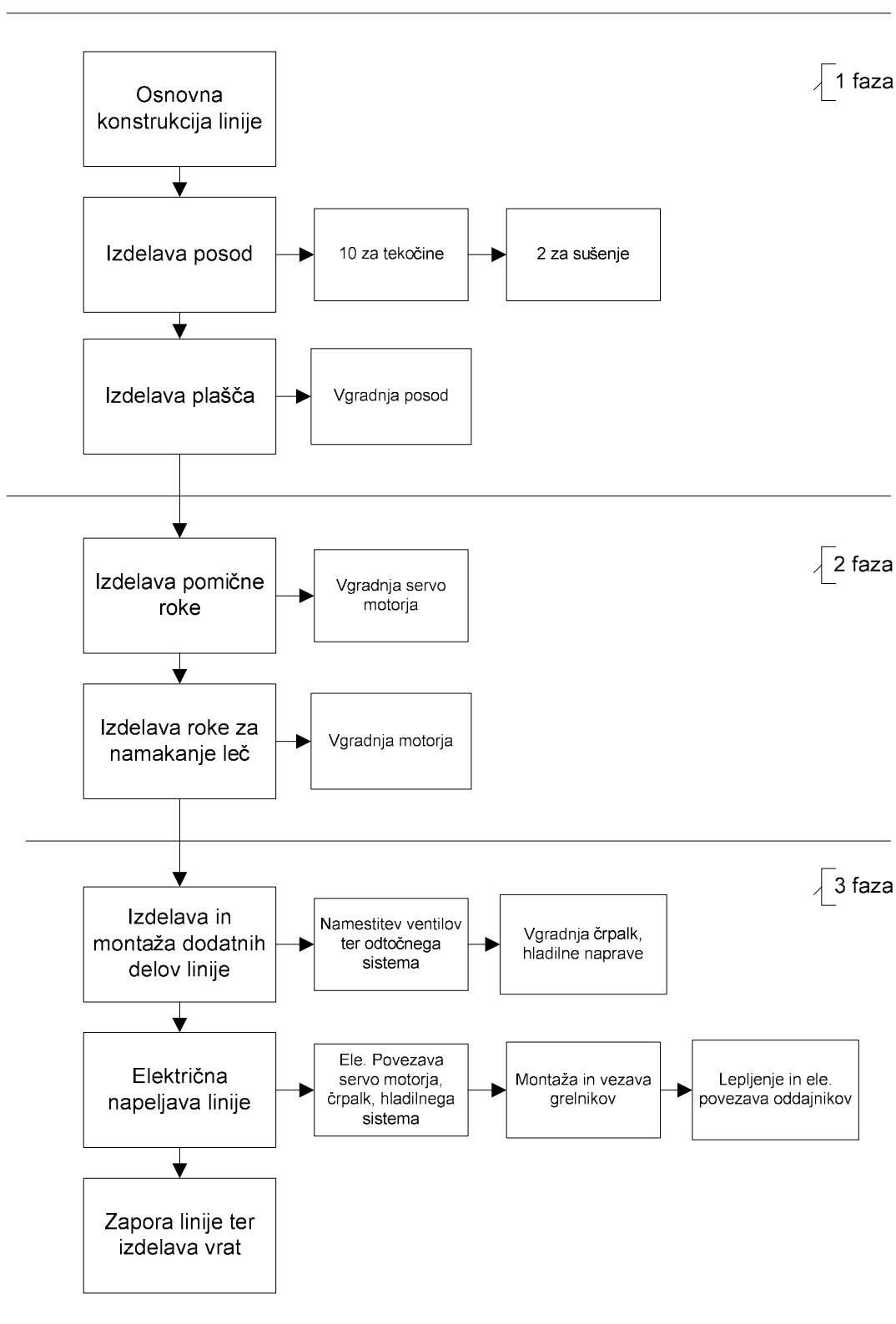
Projekt smo začeli pri konstrukciji linije za nanašanje trdih slojev - *hard coat* (slika 5, 6). Tako stroj kot njegovi sestavni deli so iz nerjavečega materiala - inoxa. Dimenzije profilov, ki smo jih uporabili za ogrodje ter ojačitve, so bili 20×40×2 mm ter 40×40×2 mm (Slika 5).



Slika 5: Prednji pogled na konstrukcijo

Prva dela so bila namenjena spremembi lokacije in konstrukciji električne omarice ter konstrukciji prostora, v katerem se bo nahajal hladilnik za hlajenje vode. Električna omarica je postavljena na rob stroja, tako da nas ne bi ovirala pri montaži drugih sestavnih delov, ki bodo pod strojem. Sprva je bila omarica postavljena pod glavnim delom stroja, oz. pod posodami, kjer poteka nanos trdih slojev. To se je zdelo dokaj neprimerno v slučaju okvare posod (puščanje posod), saj bi tekočine, kot so voda in čistila namakala električno omarico. Sprememba postavitve je vplivala tudi na delovanje linije v proizvodnji. Tako ima namreč delavec vse podatke o temperaturah tekočin ter druge parametre, oz. podatke, ki so pomembni za delovanje, na dosegu oči. Prej je imel delavec veliko preglavic, saj se je moral redno sklanjati za

nemoteno spremljanje dogajanja na liniji. Dela smo nadaljevali z izdelavo konstrukcije, kjer bodo postavljene posode (slika 7).



Slika 6: Diagram faz izdelave linije za nanos trdih slojev



Slika 7: Stranski pogled na konstrukcijo linije (nosilna konstrukcija za posode)

Potrebno je bilo natančno izdelati postavitev profilov konstrukcije zaradi pomikov vodil. Postavitev nosilne konstrukcije bi lahko kasneje ovirala potek vodil, ki se bodo pomikale levo, desno, navzgor in navzdol. S preureditvijo nosilne konstrukcije za posode smo ojačili tudi celotno konstrukcijo linije. Po končani izdelavi konstrukcije je bilo potrebno postaviti zaporo vrhnje strani linije ter vrata za električno omarico. Vrhnja stran je zaprta z nerjavečim materialom - inox, debeline 2 mm. Funkcija zapore je preprečitev vdora nečistoče, npr. praha. Vrata pa so potrebna za lažje odpravljanje različnih okvar v notranjosti električne napeljave linije.

Celotna konstrukcija, ojačitve ter zapora vrhnje strani linije so varjene v interni zaščitni atmosferi z wolframovo elektrodo (TIG postopek). Pri TIG postopku varjenja se električni oblok uporablja za segrevanje in taljenje osnovnega in dodanega materiala. Električni oblok gori med elektrodo in varjencem. Zaščitni plin, ki teče skozi plinsko šobo, ščiti talino in elektrodo. Elektroda je nameščena na sredino plinske šobe. Glavni namen zaščitnega plina pri TIG postopku varjenja je

zaščita segrelih in staljenih delov varjenca, dodanega materiala in elektrode pred kvarnimi vplivi okoliške atmosfere (zraka). Poleg tega zaščitni plin vpliva na karakteristiko obloka in na izgled zvara. Prednost TIG varjenja je zelo visoka kakovost zvarnega spoja, hkrati pa postopek ne pušča žindre in varilnih obrizgov. Ta metoda varjenja je vsestranska, saj se večina materialov lahko zavari po TIG postopku v raznih varilnih položajih. Vare smo najprej pobrusili ter kasneje ščetkali z ščetkami za inox. Vloga brušenja ter ščetkanja ima dvojni pomen; tako funkcionalni kot estetski (Tehnologija spajanja in preoblikovanja, 1999).

Naslednji korak izdelave linije, je izdelava in montaža posod, v katerih bodo najrazličnejše tekočine (slika 8).

Čistilo 1	Čistilo 2	Voda	Čistilo 3	Voda	Ionizirana voda	Sušenje	Dhlojanje	Lak 1	Lak 2	Sušenje	Delagoljške
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫

Slika 8: Prikaz vsebin posod

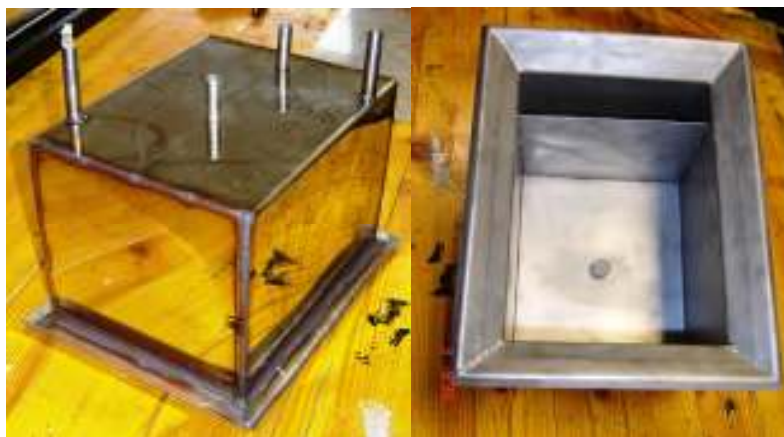
Deset posod potrebujemo za tekočine, ostali dve pa sta namenjeni sušenju leč. Deset posod za tekočine se med seboj razlikuje po vsebini kar zahteva drugačno konstrukcijo. Zunanja konstrukcija teh deset posod je enaka, le da sta dve posodi nekoliko daljši ter širši zaradi dvojnega plašča. Posodi sta razširjeni samo na dnu, tako da sta po zunanjem izgledu enaki ostalim. Dimenzije desetih posod je $D \times \check{S} \times V$ - $25 \times 32 \times 19$ cm (mere smo izmerili na vrhu posod), posodi za sušenje pa imata dimenzije $29 \times 33 \times 20$ cm. Najmanj težav je predstavljala izdelava posod za sušenje laka (slika 9).



Slika 9: Posoda za sušenje

Za sušenje potrebujemo infra žarnice, ki oddajajo toploto s katerimi sušimo nanos laka na lečah. Z žarnicami nameščeni posodi sta prevlečeni s posebno črno peno, namenjeno preprečevanju prestopa toplote na druge posode. Na nekoliko več ovir smo naleteli pri izdelavi posod, v katerih je navadna voda ter pri zadnji posodi, ki služi za odložišče leč.

Za izdelavo sta bili najbolj zahtevni posodi, ki imata dvojno dno (slika 10) ter posode, ki imajo na dnu nameščene oddajnike ultrazvoka. Dvojno dno služi posodi za ohlajanje laka z navadno vodo, ki kroži skozi hladilnik. Hladilnik, v tem primeru, le ohlaja lak na določeno temperaturo. Napolnjen je namreč s tekočino - antifrizom, s katerim ohlaja vodo. Njegovo delovanje se ne prekine tudi po končanem delovnem času. Postavitev hladilnika je zahtevala večjo mero pozornosti, saj bi morali ob vsakem nihanju temperature laka ugotavljati, če je mesto okvare prav v hladilniku.



Slika 10: Posoda za lak (dvojni plašč)

Posode, ki imajo na spodnji strani nameščene oddajnike ultrazvoka, služijo za čiščenje leč pred nanosom laka (slika 11). Ultrazvok je zvok s frekvenco, višjo od zgornje meje slišnega območja, kar je pri človeku približno 20 kHz. Ultrazvok s frekvencami 20-40 kHz se uporablja tudi za čiščenje optičnih delov, zobozdravniškega in kirurškega pribora ter raznih industrijskih sestavnih delov. Čistilniki delujejo na podlagi energije, ki se sprosti ob sesedanju milijonov majhnih kavitacij v tekočini.

Dodatno pozornost je bilo potrebno nameniti varjenju posod z oddajniki ultrazvoka, saj le-te že ob najmanjši reži (od nenehnih tresljajev) ali ob poroznem varu puščajo. Namestitev oddajnikov ultrazvoka je zahtevala izredno natančnost, saj so se v preteklosti že pojavljale težave z njihovim odpadanjem. Posode z nameščenimi oddajniki ultrazvoka, so štiri: tri so za čistila ter ena za ionizirano vodo. Vsaka posoda ima po štiri enake oddajnike, ki so pritrjeni na poseben vijak. Zaradi njihove občutljivosti smo se pritrjevanju oddajnikov posvetili v tretji fazi izdelave linije. Pred njihovim pritrjevanjem smo morali pritrčiti na vsako posodo po 4 vijake. Varjenje posameznih vijakov na posode s postopkom TIG ne bi bilo smiselno, saj ti ne bi prenesli delovanja ultrazvokov, oz. frekvence, ki jo oddajajo ter bi odpadli. Tehnika »pritrjevanja vijakov« je podobna točkovnemu varjenju. Posebnost vijakov je v majhni konici (namesto glave), ki se pritrdi na material. Postopek se izvaja s posebno pištolo, v katero damo poseben vijak. Preko dveh minus polov, ki sta pritrjena na izdelek, vijak pritrdimo na določeno mesto (slika 11) (Tehnologija spajanja in preoblikovanja, 1999).

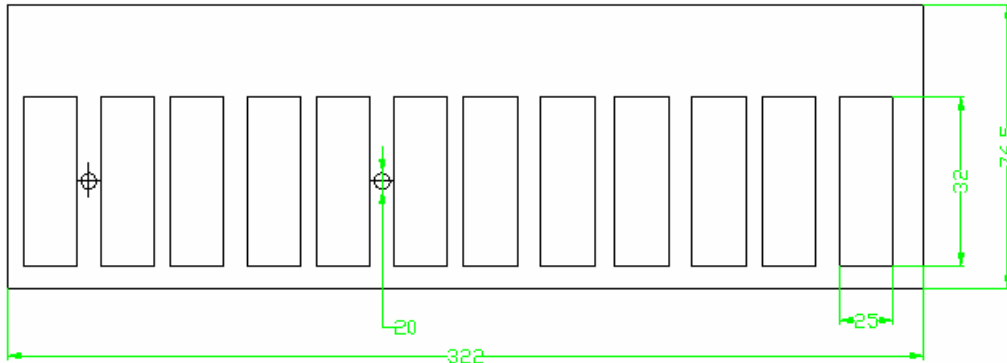


Slika 11: Posoda pripravljena za lepljenje ultrazvokov

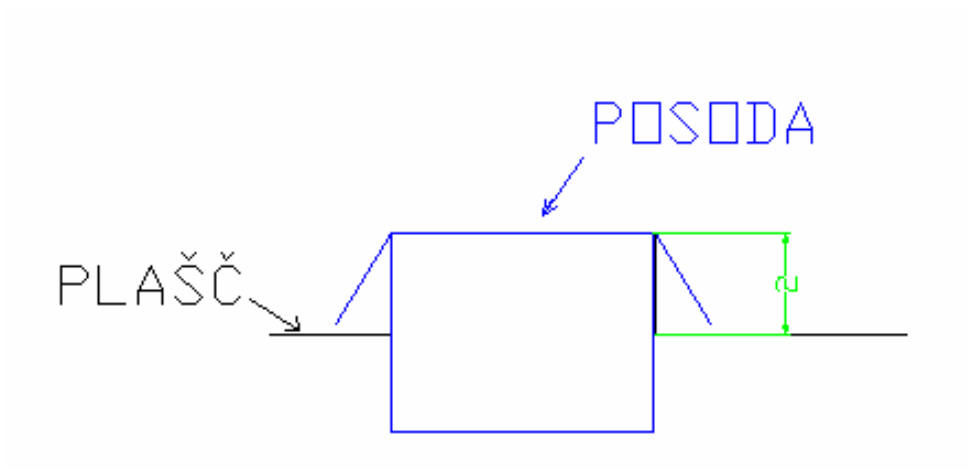
Posode smo na koncu očistili s posebno tehniko - peskanjem, ki zagotavlja najboljše rezultate kot pokazatelj morebitnih napak pri varjenju. Tehnika peskanja pomeni čiščenje površine z abrazivnim sredstvom (npr. peskom), ki ga, pod pritiskom komprimiranega zraka, hitro nanašamo na površino. V našem primeru smo omenjeno tehniko uporabljali za končno obdelavo, v posebni komori za peskanje (Tehnologija peskanja, 2006).

Zadnji faza konstrukcije je izdelava plašča (slika 12), v katerega smo vgradili vseh 12 posod. Plašč smo morali oblikovati tako, da ne bi prepuščal vode in bi bil, v primeru servisiranja, dostop do posod enostaven. Enostaven dostop pomeni, da posodo, na kateri se pojavi napaka, enostavno odklopimo ter jo servisiramo na poljubnem kraju. Plašč je pravokotne oblike in ima vrezane odprtine za posode. Posebnost se kaže v robovih, ki so privarjeni na vsako odprtino. Robovi so visoki 2 cm in se prilegajo na konstrukcijo posod ter tako preprečujejo vodi vstop v notranjost linije (slika 13). Posebni robovi se nahajajo tudi na posodah. Plašču smo naredili tudi potrebne odtokove, ki služijo odhajanju odvečnih tekočin. Odtoki so trije, vsak za svojo tekočino. Prvi odtok je namenjen čistilom, drugi ionizirani vodi ter tretji navadni vodi. Odtok, namenjen odvajanju čistil, je speljan v prenosno čistilno napravo, ki očisti tekočino ter šele nato nadaljuje pot v skupni odtok. Odtok, po katerem teče ionizirana voda, je speljan v zbiralnik ionizirane vode, tako da se voda prečisti v filtru, ki se nahaja v zbiralniku. Ionizirana voda samo kroži med delovanjem. Odtok navadne vode je speljan neposredno v skupni odtok, saj ne predstavlja nobene nevarnosti za okolje. Kot smo poskrbeli za ločeno odtekanje tekočin skozi odtok smo

morali poskrbeti tudi za ločeno odtekanje tekočin po plašču. V ta namen smo med posodami privarili pregrade.



Slika 12: Skica plašča – tloris



Slika 13: Skica plašča ter posode v njem

3.2. Izdelava in montaža pomičnih rok (2. faza)

Gibanje obdelovanca na liniji je sestavljeno iz dveh pomikov, ki sta med seboj nepovezana (slika 6). Prvi pomik je namenjen prenašanju leč iz ene posode v drugo. Posebnost tega prenašanja leč je v hitrosti, ki se spreminja skozi celoten proces nanašanja sloja. Pomiki, ki smo jih potrebovali pri delu so potekali v smereh: levo, desno, navzgor in navzdol. Pomiki se izvajajo preko zobatih jermenov, ki jih poganjata dva elektromotorja.

Drugi pomik je bolj enostaven, saj služi namakanju leč v različne tekočine razen v lak. Pomiki se izvajajo samo navzgor in navzdol. Hitrosti so enake skozi celoten proces. Tudi tukaj pomično roko poganja elektromotor, ki pa je vezan na glavno - gnano os preko verižnega pogona.

3.2.1. Pomična roka za premikanje leč

Vodilo pomične roke je sestavljeno iz dveh aluminijastih letev, ki se, ena na drugi, premikata v vseh štirih smeri: levo, desno, navzgor in navzdol (slika 14). Premikanje se izvaja preko dveh zobatih jermenov, ki jih poganjata elektromotorja. Izdelati in montirati smo morali napenjalnike zobatih jermenov. Napenjalniki so narejeni iz nerjavečega materiala - inox. Napenjalnik ima obliko L-profila, ki ima privito ploščico, skozi katero napnemo zobati jermen. Pri montaži le-teh smo morali paziti na dolžino premikov, saj je bilo potrebno namestiti napenjalnik za točko, do katere mora priti pri premiku. Ko smo dokončno imeli urejeno pomično roko za premikanje leč, smo nadaljevali z vgradnjo v konstrukcijo. Glavna letev je privita na konstrukcijo s posebnimi vijaki, druga letev pa je na prvo letev priklopljena preko kolesc, ki tečejo po vodilih. Po končani namestitvi letev smo izdelali nosilno roko, ki je pritrjena na drugo letev. Ta roka ima enostavno konstrukcijo, saj ima vlogo prijemanja posebnih stojal za leče. Roka nima nobenega krmiljenja, ker se premiki vršijo krožno. Tako stojalo pobere iz spodnje strani, ga dvigne in ga nato nese v drugo posodo ter ga odloži. Ker gre pri tem pomiku za različne hitrosti, sta oba motorja povezana s frekvenčnima regulatorjema, ki imata funkcijo uravnavanja obratov motorja. S tem, ko motorju spreminjamo obrate, spreminjamo tudi kotno hitrost. Različne hitrosti potrebujemo za namakanje leč v lak. V posodi, kjer je lak,

leče nikoli ne stojijo, ampak se pomikajo počasi v lak ter ven iz njega. Postopek je počasen, saj se mora lak enakomerno razporediti po vsej leči. Motorja, vgrajena za pomik, imata 0,09 kW ter območje vrtljajev med 1400 ter 1680 obr/min. Izbrana reduktorja pa imata območje vrtljajev med 23 ter 140 obr/min.



Slika 14: Konstrukcija pomične roke

3.2.2. Pomična roka za namakanje leč

Kot smo že omenili je drugi pomik preprostejši, saj poteka le vertikalno. Hitrost pomika se skozi celoten proces ne spreminja, razen v primeru, ko se leče lakirajo s pomično roko. Pomična roka za namakanje je sestavljena iz vodoravne osi, ki je na koncu ekscentrična. Na vodoravni osi je na vsaki strani nameščena po ena navpična os montažne konstrukcije. Ti dve navpični osi, nosita glavno konstrukcijo za namakanje leč. Glavna vodoravna os je gnana z elektromotorjem preko verižnega pogona. Vodoravna os je vpeta v dve puši, ki sta uležajeni. Konstrukcija pomične roke, na katero so vpete vse osi, je iz aluminija. Aluminij smo uporabili zaradi teže celotne roke ter enostavnosti pri izdelavi, saj je to material, ki se zelo lahko obdeluje. Pomična roka za namakanje leč je nameščena pod posodami za namakanje (slika 15).

Problem, ki se je pokazal med postavitvijo roke na končno mesto, je bil v režah na plašču. Navpični osi, ki se glede na ekscentričnost premikata, morata priti skozi plašč. Na ti dve osi smo nato dodali končen nastavek, na katerem so stojala za namakanje. Oviro predstavlja tekočina, ki teče po plašču in prodira v notranjost. To oviro smo rešili, tako da smo na reži privarili obročka - tulca in v ta tulca zabili plastično pušo ter tako zmanjšali možnosti, da bi prišlo do zamakanja pod plaščem.

Konstrukcija, namenjena obešanju posebnih stojal za leče, je narejena iz inox palice pravokotnega preseka. Zvarjena je v pravokotno obliko, dimenzij 140×20 cm in ima vrezanih 7 parov utorov trikotne oblike, na katere se prilegajo stojala z lečami. Utori so izrezani v razmakih, da se lahko prilegajo na sredino vsake posode. Dolžina konstrukcije zajema prostor za 7 posod. Celotna konstrukcija pomika za namakanje leč se zaradi ekscentričnosti, ki jo ima glavna os, giba v enakih intervalih gor in dol. Uporabljena je taka višina ekscentričnosti, da se leče med gibanjem ne dvignejo iz tekočin.



Slika 15: Konstrukcija pomika za namakanje leč

3.3. Montaža dodatnih elementov linije (3. faza)

Pri montaži dodatnih elementov linije smo si z razvojno skupino zamislili montažo stranskih delov linije (slika 6). Ti deli linije niso tako tehnološko zapleteni, da bi jim dajali velik poudarek, kot smo to storili z glavnimi deli. Tretji del zajema tudi montažo delov, ki bi jih lahko vgradili že prej, a bi to predstavljalo večje zaplete, saj niso tako odporni na mehanske pritiske.

Precej dela je zahtevala montaža električne napeljave, saj moramo vedeti, da posoda, ki ima po 4 ultrazvočne oddajnike, potrebuje 8 kablov, povezanih od posode z oddajniki ultrazvoka do ultrazvočnega generatorja, ki določa frekvenco. Po dokončni vezavi vseh oddajnikov z generatorji, smo le-te morali še umiriti na določeno frekvenco. Oddajnik ultrazvoka je umirjen po sledečem parametru: frekvenca je 27,742 kHz, moč ultrazvoka pa je izrabljena 45%.

Frekvenca bi sicer lahko bila višja ali nižja, vendar se je med poizkušanjem spreminjanja frekvence pokazalo, da je pri manjši frekvenci učinek čiščenja premajhen ter je na leči še vedno prisotna umazanija, ob višji frekvenci pa obstaja možnost nastanka mehanskih poškodb leče.

Potrebno je bilo napeljati ter povezati električne dovode za servomotorja, črpalke, hladilnik, grelnike itd. Grelniki so povezani, tako da je vsaka posoda vezana na svojo varovalko ter zaščitno tokovno stikalo, kar omogoča hitro odkrivanje napak na grelnikih. V primeru, da vezava grelnikov ne bi bila speljana do posameznih varovalk, bi se ob napaki na enem grelniku ustavilo celotno gretje linije.

Dela smo nadaljevali na posodah, ki vsebujejo grelnike za gretje tekočine. Na prvi liniji so bili grelniki nameščeni ob straneh posod, pri čemer so se pokazale velike toplotne izgube. Grelniki so namreč greli najprej posodo, šele nato je posoda ogrela tekočino. Z novimi notranjimi grelniki pa ogrevamo tekočino neposredno, kar pomeni precejšen prihranek na času ter izgubi toplote (slika 16).



Slika 16: Zunanji in notranji grelniki

Posodam smo namestili tudi ventile na izpustih, kar omogoča hitro praznjenje posod. Ventili so kroglični, le da so iz nerjavečega materiala - inox. Hitro praznjenje se izvaja pri popravilih, menjavah tekočin itd.

Kot smo že omenili smo se v tretji fazi izdelave posvetili lepljenju oddajnikov ultrazvoka (slika 17). Postopek smo izvajali zelo počasi ter po navodilih proizvajalca posebnega lepila. Najprej smo morali lepilo dodobra zmešati, saj gre za dvokomponentno lepilo, kar pomeni, da smo morali zmešati dve sestavini. Nato smo vsak ultrazvok namazali ter ga privili na vijak, ki je na spodnji strani posode. Posodo, ki je imela po štiri oddajnike smo tako pustili vsaj 24 ur nepremično.



Slika 17: Oddajnik ultrazvoka za lepljenje

Naslednjo fazo je predstavljala vgradnja črpalk za lak. Vsaka posoda z lakom potrebuje t.i. mikro - črpalko, ki lak potiska, da kroži po sistemu. Posebnost tega kroženja je filter laka. Funkcija filtra laka je čiščenje ostankov, ki so ostali med namakanjem leč. Lak se nahaja v posodi ter v filtru, ki ga potrebujemo za samo

delovanje. Lak neprestano kroži skozi cevko iz posode do črpalke, nato pa ga črpalka pošlje v filter, kjer se očisti ter po drugi cevki, ki izhaja iz filtra, pošlje nazaj v posodo. Na sredini posode pride lak skozi posebno šobo, se zavrtinči ter nazaj ponovi postopek skozi odvodno cevko.

Za hlajenje vode, ki poteka skozi hladilnik ter za njeno kroženje in hlajenje posode z lakom smo potrebovali vodno črpalko, kot jo poznamo iz centralnega ogrevanja.

Kot smo opisali v drugi fazi, pri izdelavi in montaži konstrukcije, ki drži leče med namakanjem v tekočinah (izdelava in montaža pomikov), imamo v tej fazi enaki konstrukciji, ki smo ju vgradili na sedmo in osmo posodo ter na koncu linije na zadnji dve posodi. Konstrukcija za držanje stojal ima dimenzije 42×20 cm, je nepremična in zajema prostor za dve stojali. Izdelati je bilo potrebno 78 kosov, t.i. stojal za leče (slika 18). Konstrukcija stojal izgleda precej enostavno, vendar pa temu ni tako. Stojalo je sestavljeno iz inox žice, ki je ukrivljena v obliki surovca leče. Surovec leče je leča, ki še ni obrezana v dokončno obliko za vgradnjo v očala. Na obeh koncih žice sta privarjeni držali za čvrsto držanje leče med procesom nanašanja trde plasti. Za en par leč je potrebno narediti po eno stojalo. Več parov leč smo nato združili, tako da smo skonstruirali še dodatno držalo, v katerega smo vgradili prvotna stojala. V našem primeru vsebuje eno držalo 6 stojal.



Slika 18: Stojalo, ki drži leče

Zadnja faza izdelave linije je bila izdelava vrat, luči na liniji ter zahtevana zapora delovnega okolja s pleksi steklom. Vrata, ki smo jih izdelali iz plastike, bodo služila preprečevanju umazanije ter estetskemu izgledu linije. Dve neonski luči osvetljujeata delovno okolje, kjer poteka celoten tehnološki proces. Zaradi umazanije – praha pa

smo morali zapreti tudi celotni delovni prostor. Da bi bilo zaprtje čimbolj enostavno za delavca na liniji, smo le-to zaprli z dvema kosoma pleksi stekla, ki ne segata na vsako stran po 30 cm. Na eni strani delavec položi leče v posodo za obdelavo ter na drugi strani vzame stojala z lečami, ki imajo nanesen trdi sloj.

4. AVTOMATIZACIJA LINIJE

Tretji del naloge je sestavljen iz poglavij, v katerih je predstavljena avtomatizacija linije za nanos trdih slojev. Podatki programiranja so v določeni meri spremenjeni zaradi poslovne skrivnosti podjetja. Vsa programska oprema za avtomatizacijo, ki je prikazana v poglavju specifikacije, je izdelana v programu SYPT PRO. Jezik, uporabljen za pisanje programa, je zelo podoben programskemu jeziku Basic.

4.1. Opis pomične roke in delovanje

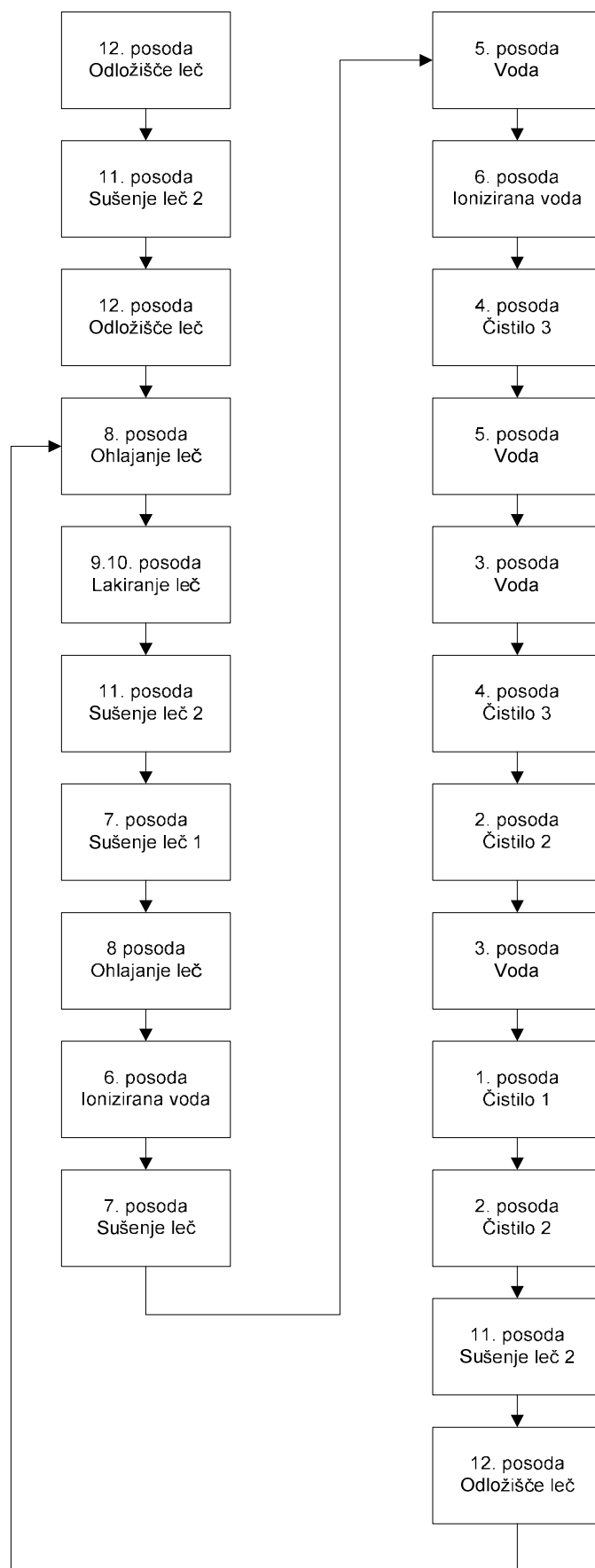
Naprava, t.i. pomična roka, ima funkcijo dvigovanja, spuščanja in prenašanja leč iz ene posode v drugo, kar prikazuje diagram poteka na sliki 19. Pomična roka za premikanje leč je sestavljena iz dveh aluminijastih letev, ki se ena na drugi premikata v vseh štirih smereh. Na horizontalno letev je pritrjena nosilna roka z enostavno konstrukcijo. Roka nima v fazi prijemanja nobenega vodenega prijema, ker se njeno gibanje skozi cikel opravlja krožno. Premikanje se izvaja preko dveh zobatih jermenov, ki jih poganjata elektromotorja. Motorja sta krmiljena preko dveh krmilnikov. Posebnost naprave je, da roka ne opravlja samo enega koraka, ampak je cikel delovanja sestavljen.

Cikel roke pojmuje kot gibanje iz začetnega položaja - referenčne točke, pa do ponovnega stika z njo. Cikel se začne na zadnji posodi, ki služi odlaganju leč ter se nato pomika po ustaljenem postopku. Na začetku delovanja ali pri servisiranju stroja se pomična roka premakne na referenčno točko, iz katere izhaja za delovanje. Ob vsakem začetku delovanja je stroj prazen, tako da delavec položi leče samo v prvo posodo – čistilo. To pomeni, da prvi cikel pomična roka opravi brez premikanja leč.

Kot smo že omenili, začne pomična roka pomik iz začetne točke – dvanajste posode, nato pa se spusti ter potuje po spodnji strani do enajste posode – sušenje leč, kjer dvigne leče ter prenese v dvanajsto posodo – odložišče leč po zgornji strani delovnega območja ter jih spusti v odložišče. Roka se spusti nižje od celotnega nosilca za leče ter potuje po spodnji strani do osme posode – ohlajanje leč; tu jih dvigne ter prenese nad deveto posodo – lakiranje leč. V deveti in deseti posodi, kjer se nahaja lak, se leče nikoli ne namakajo, za razliko od drugih posod, kjer se leče vedno namakajo. Ali se leče lakirajo v deveti ali deseti posodi, je odvisno od

materiala lakiranih leč. Med izvajanjem lakiranja leč, druga delovanja stroja mirujejo. Ustavi se vertikalni pomik leč – namakanje leč, črpalka laka in oddajanje ultrazvoka. Med lakiranjem roka počasi spušča leče v deveto posodo in jih takoj začne dvigati ter jih prenese v enajsto posodo – sušenje. Po spodnji strani se nato roka premakne do sedme posode – sušenje ter dvigne leče iz nje in se nato prenese v osmo posodo – ohlajanje. Roka se ponovno spusti ter premakne do šeste posode – ionizirana voda, kjer počasi dvigne leče iz posode ter po zgornji strani prenese do sedme posode – sušenje. Ko roka odloži leče se spusti ter premakne do pete posode – voda, kjer dvigne leče in nadaljuje pot v šesto posodo – ionizirana voda. Roka se zopet spusti ter premakne do četrte posode – tretje čistilo, kjer dvigne stojalo z lečami ter premakne v peto posodo – voda. Pomična roka nadaljuje pot po spodnji strani delovnega območja do tretje posode – voda, kjer dvigne leče ter s premikoma v desno in navzdol prenese leče v četrto posodo – tretje čistilo. Ponovno se roka premakne levo do druge posode – drugo čistilo, kjer z gibom navzgor prime leče ter jih dvigne iz posode ter prenese v tretjo posodo – voda. Ostane še prva posoda – prvo čistilo, kjer poteka ročno polaganje stojala z lečami na pomik za namakanje leč. Pomična roka se zopet spusti navzdol ter s premikom v levo premakne do prve posode – prvo čistilo, kjer dvigne leče in prenese v drugo posodo – drugo čistilo. Pot roke se nato nadaljuje, tako da se spusti in se s premikom v desno premakne od druge posode do enajste posode – sušenje, kjer dvigne leče ter prenese do dvanajste posode – odložišče, če je le-ta prazna. Na zadnji posodi je nameščena senzor, ki sporoča, če je dvanajsta posoda prazna. V primeru, da je posoda prazna, pomična roka nemoteno odloži stojalo z lečami ter začne ponovni cikel. V nasprotnem primeru pa senzor ustavi roko nad enajsto posodo – sušenje, dokler odložišče ni prazno.

Kot je razvidno iz opisa delovanja pomične roke se vsi premiki opravljajo krožno, to pa zato, da ni mrtvih gibov. Kadar pomična roka nosi leče na stojalih, potekajo premiki po zgornji strani delovnega območja, kadar pa je pomična roka prazna, potekajo premiki po spodnji strani delovnega območja.



Slika 19: Cikel delovanja pomične roke

4.1.1. Zahteve

V zahtevah definiramo kako mora sistem delovati, da bo lahko zadovoljil naše potrebe. Opišemo jih lahko s potekom posameznih ukazov ter z predstavitvijo sekvenc izvajanja ukazov.

- Pomična roka poišče referenčno točko ob vsakem ponovnem zagonu stroja. Ta točka je dvanajsta posoda – odlagališče. Roka vedno išče referenčno točko na spodnji strani delovnega območja.
- Pri prenosu leč iz enajste posode v dvanajsto, tipalo zazna ali je stojalo z lečami v posodi ali ne ter v tem primeru, da odložišče ni prazno, zaustavi nove leče nad enajsto posodo.
- V fazi lakiranja leč se vse druge operacije izklopijo. Zaustavi se pomik za namakanje leč, črpalka laka in oddajniki ultrazvoka.
- Hitrosti spuščanja ter dvigovanja leč v in iz posode s tekočinami so povsod enake. Razlika v hitrosti je le pri dveh dvigih: dvig iz šeste posode ter dvig iz laka devete ali desete posode. Slednja dviga iz tekočin se opravljata z zelo majhno hitrostjo.
- Gibi, ki prenašajo leč iz ene posode v drugo, potekajo krožno.
- Korak pomične roke:

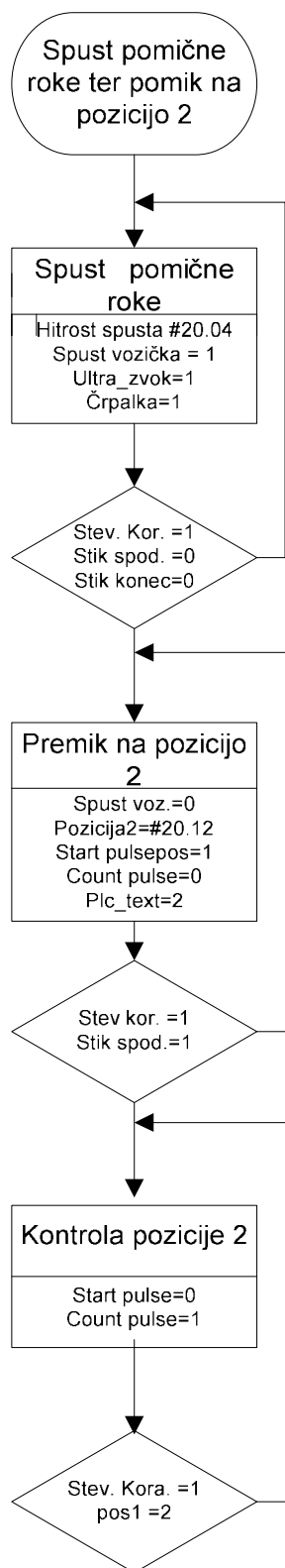
Pomična roka se po spodnji strani delovnega območja pomika v levo do točno določene točke, kjer se le-ta dvigne ter tako hkrati dvigne leče iz posode. Ta točka predstavlja središče posode. Pomik za namakanje leč ima na določeni dolžini zarezano utore, ki se ujemajo s sredinami posod. Roka dvigne leče do zgornje predpisane meje, kjer jo ustavi končno stikalo. Pomik se nadaljuje v desno do naslednje središčne točke posode. Na tej točki se pomična roka ustavi ter začne spuščati stojalo z lečami v posodo. Tudi pri pomiku navzdol končno stikalo zaustavi pomično roko na predpisani spodnji meji, od koder se pomična roka premakne levo do naslednje središčne točke posode.
- Pomična roka se vedno premika od ene središčne točke posode do druge. Razdalje med središčnimi točkami posod se od koraka do koraka razlikujejo in se merijo glede na dvanajsto posodo, ki predstavlja našo referenčno točko.
- Cikel pomične roke je sestavljen iz 21 korakov, ki si sledijo v zaporedju od dvanajste do prve posode (slika 19).

4.1.2. Specifikacije sistema za avtomatizacijo

Vsi navedeni podatki, ki si sledijo v tem poglavju, so nekoliko poenostavljeni zaradi poslovne skrivnosti podjetja. Te poenostavitve ne predstavljajo bistvenih sprememb in ne ovirajo razumevanje programa.

Programska oprema je sestavljena iz 21 korakov, ki določajo potek delovanja pomične roke ter ostalih operacij, kot so: vklop, izklop črpalke, oddajnikov ultrazvoka, itd (priloga 5). Pomična roka deluje po principu krožnega gibanja, tako da so koraki med seboj enaki, saj gre namreč samo za spremembo položajev na liniji. Vsaka posoda s tekočinami ima svoj položaj, ki je vpisan v določen korak (priloga 1). 1. in 2. korak vsebujeta natančen opis poteka ter zahteve za izvršitev določene operacije (slika 20, 21).

Vsak korak ima točno določene pogoje. Če se zagotovi pogoj (preverjanje pogoja predstavlja prva vrstica programske kode spusta nosilca leč in pomik na pozicijo 2) se premik pomične roke izvede. Cilj koraka je spust roke do spodnje pozicije ter premik do pozicije 2 (slika 20). Položaj 2 je enajsta posoda – sušilna kad. Pogoji za spust so definirani s števcem koraka 1, s spodnjim senzorjem, ki ne sme biti sprožen (kar pomeni, da roka še ne doseže pozicije 2) ter s končnim senzorjem za odlaganje leč, ki tako kot spodnji ne sme biti sprožen (kar pomeni, da leče še niso v dvanajsti posodi). Če so ti pogoji izpolnjeni se pomična roka spusti navzdol z določeno hitrostjo, delujejo pa še oddajniki ultrazvoka ter črpalka laka. Naslednji pogoj za premik roke na položaj 2 je števec koraka 1 ter sproženost spodnjega senzorja, (premična roka je že v spodnjem položaju), ki se premakne na pozicijo 2 (#20.12, pozicija 2, 3145mm) (Priloga 2). Na terminalu krmilnika se izpiše »text 2«, kar pomeni drugi položaj. Za konec se opravi še preverjanje položaja, ki potrdi nahajanje pomične roke na položaju 2. S tem je korak zaključen.

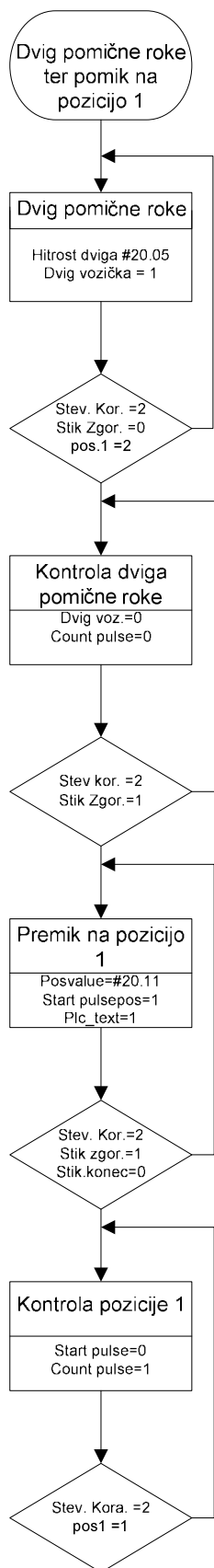


Slika 20: 1. Korak – Spust pomične roke in pomik na pozicijo 2 (sušilna kad 1., 11. posoda)

Prvi del koraka je namenjen spustu pomične roke, drugi del pomiku na drugi položaj ter tretji kontroli zelenega položaja roke.

Naloga drugega koraka je dvig stojala z lečami iz enajste posode ter premik v dvanajsto, kjer se nahaja odlagališče leč (slika 21). Pogoji za dvig so definirani s števcem koraka 2, z zgornjim ne sproženim optičnim senzorjem ter pomično roko, ki se nahaja na položaju 2 (priloga 2). Pomična roka se dvigne do vrhnjega senzorja z enako hitrostjo kot v prejšnjem koraku. Hitrosti so izražene v procentih, območje hitrosti pa je od 0 do 180%. Naslednji niz pogojev preverja ali je voziček v zgornjem položaju. Pogoja za to sta števec koraka 2 ter sproženost zgornjega optičnega senzorja. Iz tega sledi, da se voziček nahaja v zgornjem področju. Niz pogojev se nadaljuje s števcem koraka 2, sproženostjo zgornjega senzorja, s senzorjem za zaznavanje leč v odlagališču ter z nesproženostjo 12. posode, kar pomeni, da v posodi ni leč. Roka se premakne na položaj 1, kar je definirano z #20.11, 100mm. Na terminalu krmilnika se izpiše »text 1«, kar pomeni prvi položaj. Za konec se opravi še preverjanje položaja, ki potrdi nahajanje pomične roke na položaju 1.

Preostali koraki (teh je še 19) so si med seboj zelo podobni. Razlikujejo se le v različnih položajih posod. Peti in šesti korak (1. in 2. način lakiranja) imata še to posebnost, da se spust in dvig iz tekočine upočasni zaradi načina lakiranja. Prav tako je posebnost desetega koraka počasen dvig iz ionizirane vode, saj lahko le z upočasnjeno hitrostjo ionizirana voda nemoteno odteče iz leče.



Slika 21: 2. Korak – Dvig nosilca leč ter pomik na položaj 1 (odložišče leč, 12. posoda)

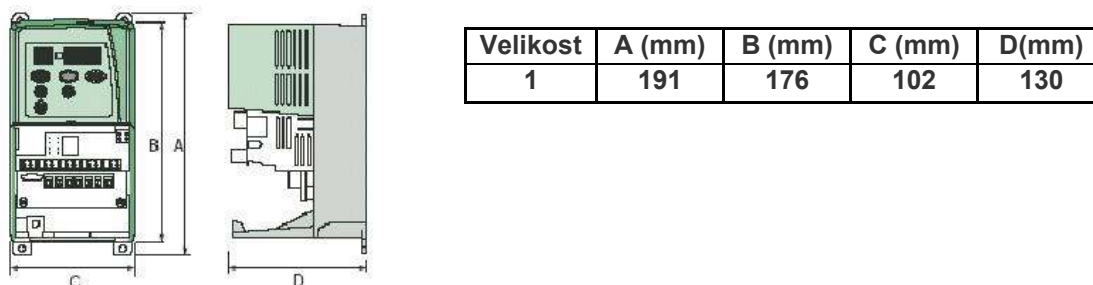
4.1.3. Opis izbrane regulacijske opreme

Pomemben pogoj za pravilni potek avtomatizacije so tehnološke zahteve: hitrosti, premiki, kapacitete itd. Pomembna je pot od načrta, preko koncepta reševanja problemov pa do končnega izdelka. Veliko pozornosti je treba nameniti usklajevanju zmožnosti in zahtev za linijo. Glede na našeto smo izbrali regulatorje linije.

Našim potrebam so ustrezali tudi krmilniki angleškega proizvajalca *Control techniques*, ki je znano podjetje na področju avtomatizacije proizvodnih procesov. V Sloveniji je uradni zastopnik in distributer za podjetje *Control techniques*, družba za projektiranje in izdelavo strojev, PS d.o.o., iz Logatca. Njihove izdelke najdemo skoraj v vsaki zahtevnejši aplikaciji, saj zajemajo široko področje avtomatizacije frekvenčni regulatorji, servo regulatorji, servo motorji itd. (PS, 2007). Za proizvodnjo linije bi sicer lahko uporabili tudi druge tipe krmilnikov, vendar, ker je bilo podjetje O.K.M. zadovoljno z dosedanjimi storitvami ter izdelki podjetja PS d.o.o. iz Logatca, se je ponovno odločilo za sodelovanje z njimi.

Za frekvenčni regulator smo izbrali model *SE11200025* (slika 22). Oznaka pove vse parametre, ki jih ima regulator, t.j.: SE1 – oznaka in velikost regulatorja, 1 – št. faz, 2 – napajalna napetost (2=230V, 4=400V), 00025=0,25kW – moč regulatorja. Za ta proizvod smo se odločili zaradi različnih prednosti. Omogoča namreč enostavno vgradnjo, priklop ter enostaven zagon (za 80% aplikacij zadostuje že 10 parametrov, ki so opisani na samem pokrovu). Pomemben podatek pri izbiri je tudi varčnost regulatorja. V našem primeru ima regulator velika hladilna rebra, ki zagotavljajo dobro hlajenje in s tem dolgo življenjsko dobo. Regulator ima tudi možnost razširitve z dodatnimi karticami – moduli. Dodatni filter za preprečevanje motenj v električnem omrežju je montiran ob frekvenčnem regulatorju in priklopljen na dovodni kabel regulatorja. Naloga filtra je preprečevanje širjenja motenj v okolico, do katerih prihaja zaradi delovanja izhodne stopnje regulatorja. S tem regulatorjem uravnavamo pomike pomične roke po vertikalni osi. Ko regulatorju nastavljamo referenčne frekvence, se spreminjajo tudi hitrosti premikov pomične roke. Naloga regulatorja je vzdrževanje hitrosti motorja, t.j. hitrost doseganja max. in min. hitrosti. V primeru, da je časovna konstanta zaprtozančnega sistema velika, se skupen čas cikla podaljša, v nasprotnem primeru pa se lahko zgodi, da končna stikala ne morejo zaustaviti stojala z lečami in stojalo zadane dno posode. Delovna hitrost pomične

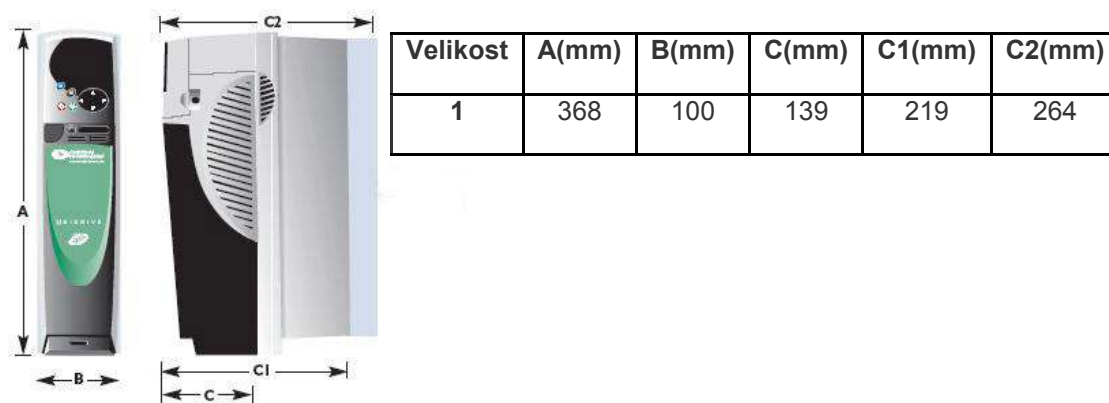
roke je vezana tudi na kapaciteto linije, saj bi se s počasnimi pomiki roke čas obdelave leče še podaljšal (Commander SE, 2007).



Slika 22: Shema z dimenzijami za frekvenčni regulator *SE11200025*

Naslednji gradnik, ki smo uporabili za naš stroj je bil univerzalni regulator *Unidrive SP 1401* (slika 23). Tudi v tem primeru oznaka regulatorja pove vse informacije, t.j.: SP – oznaka regulatorja, 1 – velikost (1-5), 2 – napetostno območje (2=220V, 4=400V), 04 – velikostni razred. Deluje lahko kot servo regulator, odprtozančni frekvenčni pretvornik ali pa kot regeneracijska enota. Ta regulator regulira pomike pomične roke po horizontalni osi. Program je napisan v modulu, ki ga potem fizično ustavimo v regulator. Naloga uporabljenega modula je regulacija položaja roke. Pozicijska zanka skrbi, da se pomična roka premakne na točno določeno mesto. Regulator omogoča hitro zaprtozančno pozicioniranje, sledenje vključuje vse potrebne režime za delovanje, kot so: iskanje referenčne točke, avtomatski in ročni režim delovanja, obdelava vrednosti limitnih stikal, inkrementalno/absolutno pozicioniranje. Regulator omogoča tudi razširitev z dodatnimi moduli in tako ponuja možnosti razširitve vhodov in izhodov ter nadgradnjo z dodatnim procesorjem. Na regulatorju imamo tri prosta mesta, kjer lahko namestimo tri različne razširitvene kartice. Proizvod vsebuje v kompletu tudi kartico »smart card«, ki omogoča shranjevanje in prenašanje parametrov. Pri izbiri gradnika je pomemben faktor prav cena, zato smo z razlogom izbrali opisani regulator. Podjetje, ki je programiralo linijo za nanos trdih slojev, je pozicioniranje izvedlo, tako da je potrebno regulatorju poslati zelene pozicije in hitrosti. Čitalnik pozicije je potreben za pravilno izvedbo linije ter za vzdrževanje pozicijske zanke. Tako smo servoregulatorju dodali tudi servomotor z vgrajenim čitalnikom pozicije.

Vsi proizvodi, ki smo jih izbrali za linijo za nanos trdih slojev, imajo 2-letno garancijo (PS, 2007).



Slika 23: Shema z dimenzijami za univerzalni regulator *Unidrive SP 1401*

Slika 24 prikazuje potek programiranja linije za nanos trdih slojev. V osnovi programiramo modul in ga vstavimo v regulator, ki regulira servomotor.

Avtomatizacijo smo načrtovali skupaj s podjetjem PS d.o.o. iz Logatca, ki se profesionalno ukvarja z avtomatizacijo strojev ter drugih izdelkov. Ime programskega paketa uporabljenega za programiranje linije je SYPT PRO (PS, 2007). Celotno programiranje se je izvajalo v podjetju O.K.M. z osebnim računalnikom ter potrebnimi programi. Za uravnavanje delovanja, premikanje med programi ter spreminjanje hitrosti pomične roke, imamo poseben *PLC CTIU 110* prikazovalnik, ki je nameščen na glavno konzolo linije. Njegova naloga je sprotno prikazovanje posamezne pozicije pomične roke. Obvešča nas o nahajanju pomične roke v določenem trenutku, o programu lakiranja, ki je trenutno v uporabi ter omogoča nastavitve hitrosti pomikov.



Slika 24: Sestavni elementi za programiranje in uporabo linije

5. PREIZKUS SISTEMA VODENJA

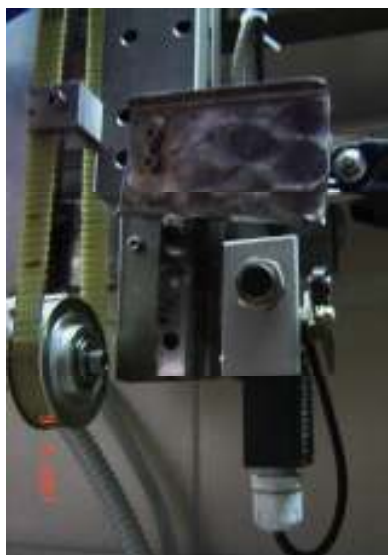
Preizkus je sestavni del vsakega novega proizvoda, ki se približuje končni fazi izdelave in bo kmalu predan v obratovanje. Za pravilno delovanje linije je potrebno stalno preizkušanje komponent, od samega začetka pa vse do zaključne faze. Čim več je preizkušanja manj možnosti je, da bi prišlo do napak. Med drugim je pomembno, da se preizkušanje vrši enakomerno in se tako morebitne napake tudi sprotno odpravljajo. Končen preizkus je sestavljen iz več posameznih preizkusov, ki preizkušajo določeno delovanje posameznih komponent na liniji. Preizkušanje linije smo razdelili na tri glavne dele. Prvi del predstavlja **suhi preizkus**, ki je potekal skozi celotno fazo izgradnje linije. Drugi del je **mokri preizkus**, pri katerem se izvaja preizkušanje leč v različnih tekočinah. Zadnji del celotnega preizkusa pa je **končni preizkus**, s katerim smo preizkušali celotno delovanje linije.

5.1. Suhi preizkus

Preizkus avtomatizacije pomične roke delimo na dva dela. Prvi del preizkusa se opravlja že med pisanjem programa. Pri tem preizkusu gre bolj za preverjanje poteka gibov pomične roke. V ta del preizkusa je vključeno preizkušanje posameznih segmentov programa. Opravlja se ročno, to pa zato, da lahko proces v vsakem trenutku ustavimo in popravimo napako. Preizkuša se vsak segment posebej in se preverja dejansko delovanje s pričakovanim. V ta namen imamo simulacijo postopka, ki pomaga odkrivati napake v programu. Ta del preizkusa se navadno izvede pri programerju, ki izdeluje program, saj se preizkuša samo regulator. Pri preizkušanju programer preko računalniške simulacije opazuje kako se regulator obnaša za točno določen program. Naslednji del suhega preizkusa se izvaja na sami liniji, in sicer brez tekočin, ki jih potrebujemo za delovanje. Pri preizkusu se najprej naloži program v regulator nato pa se nadaljuje s posameznim preverjanjem električne, pnevmatske in hidravlične povezave. V našem primeru se je preverjalo samo električno povezavo med elementi na liniji. S preizkusom preverjamo tudi vizualno delovanje linije. To preverjanje preprečuje, da bi prišlo, pri kasnejših preizkusih, do lomov stroja. Suhi preizkusi so sestavni del celotnega preverjanja delovanja linije ter vzamejo kar precej časa. Po drugi strani pa preizkus predstavlja

tudi velik prihranek, saj s tem postopkom preprečimo veliko možnih mehanskih poškodb.

To se je pripetilo tudi v našem primeru. Zaradi prevelike hitrosti spusta leče pomične roke optični senzorji in končna stikala niso uspeli zaustaviti pomika. Popraviti smo morali namestitev optičnega senzorja (slika 25), ki zaustavlja pomik proti dnu posode. Pomakniti smo ga morali nekoliko proti središču osi, na katero je montiran. Zaradi varnosti sta uporabljena dva sistema za zaustavitev pomične roke proti dnu posode. Prva sta binarna optična senzorja. V primeru, da pride do okvare na senzorju, isto funkcijo opravi končno stikalo. Za pravilno delovanje linije smo nekoliko spremenili hitrost pomične roke, ki dviga leče iz ionizirane vode.



Slika 25 : Optični senzor in končno stikalo za merjenje pomika

5.2. Mokri preizkus

Mokri preizkus sledi po zadovoljivem poteku delovanja linije. Celotno preizkušanje se izvaja v tekočinah in pokaže različne odzive leč na delovanje pomika roke. Mokri preizkus linij se v večini primerov razdeli na dva dela. Prvi del se imenuje kratkotrajni preizkus, saj zajema delovanje desetih ciklov linije. Drugi del pa je dolgotrajni preizkus, ki traja od enega pa do dveh dni. Dolgotrajnejše preizkušanje je potrebno zaradi ugotavljanja vzdržljivosti motorjev, saj lahko le tako preverimo do kolikšne mere se elementi segrevajo ter kako prenašajo obremenitve. Da lahko zagotovimo višjo stopnjo natančnosti, preizkušanje tudi tukaj poteka ročno. Na

prehodu iz suhega v mokri način testiranja mora program delovati skoraj brezhibno, saj se v tem delu preizkušanja spreminjajo samo še posamezne nastavitve, kot je nastavitev zagonskega postopka. Pri mokrem preizkusu gre predvsem za preverjanje aktivnih in neaktivnih vhodov in izhodov.

Poleg tega mora biti program v dokončni obliki, tako da ga lahko med preizkušanjem popravljamo in v določenih primerih tudi spreminjamo. Mokri preizkus delovanja linije je v našem primeru pokazal, da zaradi preostrih hitrostnih ramp, prihaja do določenih nepravilnosti na lečah. Nepravilnosti so se pojavile zaradi preveč sunkovitega zaganjanja ter zaustavljanja cikla. Že med ciklom so leče na posebnih stojalih pokazale izredno nestabilnost, v končni fazi pa so se pokazale napake na samem nanosu laka ter v njihovi čistosti. Rešitev problema je bila zmanjšanje naklona hitrostnih ramp ter posodobitev nastavitvev, ki pa ne predstavljajo pomembnih sprememb v delovanju linije za nanos trdih slojev. Po odpravljenih nepravilnostih so leče, v kasnejšem preizkusu, povsem ustrezale pričakovani kakovosti. Po končanem preizkusu in doseženi predvideni kakovosti delovanja linije, se lahko izvede preizkus za bolj nepredvidljive dogodke, kot so: izpad napetosti, odpoved stikala itd.

5.3. Končni preizkus linije

Končni preizkus linije predstavlja zaključek razvoja linije za nanos trdih slojev. Preizkus mora dati realno sliko delovanja linije ter pokazati vse napake, ki so bile mogoče narejene skozi celoten proces izgradnje linije. V končnem preizkusu prvič delujejo vsi mehanizmi skupaj povezani v celoto. Med samim potekom izgradnje smo namreč sprotno preizkušali vse posamezne dele, tako da smo pri posodah kontrolirali tesnjenje, pri pomični roki pa smo bili pozorni na njeno delovanje.

Začetek preizkusa je temeljil na preselitvi linije v njeno delovno okolje. Povezati je bilo potrebno dovod navadne in ionizirane vode. Nato smo napolnili posode z ustreznimi tekočinami: tri vrste čistil, dva laka, ionizirana ter tekoča voda. Linijo smo pognali ter nastavili želene vrednosti temperatur vseh tekočin, ki jih linija uporablja. Po določenem preteku časa se je začelo poskusno delovanje linije. Delavec je izbral določene leče, jih zložil na posebna stojala ter položil v prvo posodo. Pomiki so se vrstili od prve posode proti zadnji brez pomanjkljivosti. V brezhibno delovanje pomične roke smo bili popolnoma prepričani, saj smo opravili

celotni program preizkusov po navodilih podjetja, ki je program izdelalo. Prvi problem se je pokazal takoj po vklopu termostатов za reguliranje temperature tekočin. V šesti posodi, ki vsebuje ionizirano vodo na temperaturi 30°C - 40°C, se temperatura ni hotela dvigniti niti po dvakratnem za to predpisanem času. Napako je pokazala tudi varovalka, ki je takoj opravila svojo funkcijo. Oviro je predstavljal grelnik, ki je bil pokvarjen. Tako je bilo potrebno izprazniti posodo, jo odklopiti iz napajanja ter ji zamenjati grelnik. Po zamenjanem pokvarjenem delu se je temperatura v potrebnem času ogrela na svojih 30°C. Tretja in tudi zadnja težava je bila v montaži odtoka, ki ga je bilo potrebno zaradi puščanja zamenjati. Po odpravljenih težavah je linija delovala brezhibno in je bila pripravljena za obratovanje.

Veliko težav smo rešili s sprotnimi preizkušanjem ter s poznavanjem problematike izgradnje tovrstnih naprav. Po končanem končnem preizkusu smo linijo pustili v delovanju, da bi se prepričali o njeni brezhibnosti in o morebitnih napakah skozi daljše obdobje delovanja.

Linija sedaj deluje dvoizmensko ter izdelava enako število leč kot prejšnja. Končni preizkus smo s popravili opravljali pet delovnih dni. Linija deluje že cca. 9 mesecev, brez večjih težav, ki bi oteževale ali celo preprečevale njeno delovanje.

6. SKLEP

Opisan projekt izdelave linije za nanos trdih slojev je potekal zelo uspešno, saj smo v razvojni skupini opravili z vsemi problemi, ki so se pojavili v času projekta.

Do končnega izdelka smo prišli s prehajanjem med fazami; od začetne, ki je bila sprememba konstrukcije, do izdelave posod, pomika za namakanje leč, pomične roke, pa vse do faze izdelave programa in končni preizkus linije. Skozi projekt sem se seznanil z različnimi tehnologijami, ki se uporabljajo pri izgradnji linij. Spoznal sem tudi postopek razvoja ter reševanja problemov, ki nastanejo med izgradnjo linije. Veliko novost mi je predstavljala predvsem avtomatizacija ter postavitve korakov za delovanje. Problemi so se vrstili od začetne faze pa vse do končnega preizkusa linije.

Prvi problem se je pojavil pri konstrukciji plašča zaradi namakanja vode v konstrukcijo. Kasneje so se težave pokazale pri montaži oddajnikov ultrazvoka, nadaljevale pa so se s samim usklajevanjem in popravljanjem programa za linijo ter pri preizkusih, od suhega pa vse do končnega. Probleme smo uspešno rešili, saj je linija po zadnjih popravkih na končnem preizkusu pripravljena za delovanje. V veliko pomoč, med celotno izgradnjo, so nam bile izkušnje iz prejšnje linije, ki je bila prav tako namenjena nanosu trdega sloja. Ugotovitev je, da z izboljšavami nekaterih delov, (kot npr. notranji grelnikov tekočin) smo veliko prihranili pri servisiranju ter hkrati pri delovanju linije. S končnimi rezultati smo zelo zadovoljni, saj smo dosegli cilj, ki smo si ga zastavili.

7. LITERATURA

- Commander SE (2007), Izdelki-Control Techniques-Frekvenčni regulator
Commander SE. PS d.o.o., Logatec. Pridobljeno 15.1.2007 s svetovnega spleta: http://www.ps-log.si/produkti.php?m_skupina=1
- Unidrive SP (2007), Izdelki-Control Techniques - Univerzalni regulator
Unidrive SP. PS d.o.o., Logatec. Pridobljeno 15.1.2007 s svetovnega spleta: http://www.ps-log.si/produkti.php?m_skupina=3
- PS (2007), Podatki o podjetju. PS d.o.o., Logatec Pridobljeno 15.1. 2007 s svetovnega spleta
<http://www.ps-log.si/opodjetju.php>
- Podatki o tehnologiji za nanos trdih slojev (2006). Interno gradivo, O.K.M. Ajdovščina.
- SCL Lak 2007, The hard coating varnish – podatki o laku, SCL international Pridobljeno s svetovnega spleta 15.1. 2007:
http://www.scl-intl.com/gb/catalogue_lessive.htm
- O.K.M. (2006), Tehnologija izdelave leč, O.K.M. d.o.o. Pridobljeno 20.5.2006 s svetovnega spleta www.okm.si
- Bekor (2006), Tehnologija peskanja. Bekor, Podnart, d.o.o. Pridobljeno 20.5.2006 s svetovnega spleta: <http://www.bekor.si/peskanje.php>
- Čretnik, D. (1999). Tehnologija spajanja in preoblikovanja. 1. Natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- SCL 2007, The hard coat processing plant. Pridobljeno 20.5.2006 s svetovnega spleta: http://www.scl-intl.com/index_gb.htm

PRILOGE

PRILOGA 1: Prikaz položajev, vsebin posod glede na njihovo število.

POZICIJE	VSEBINA POSOD	ŠT. POSODE
pozicija 1	Odlagališče leč	12. posoda
pozicija 2	Sušilna kad 1	11. posoda
pozicija 3	Lakirna kad 2	10. posoda
pozicija 4	Lakirna kad 1	9. posoda
pozicija 5	Ohlajevalna kad	8. posoda
pozicija 6	Sušilna kad 2	7. posoda
pozicija 7	Ionizirana voda - kad	6. posoda
pozicija 8	Voda - kad	5. posoda
pozicija 9	Čistilo 3 - kad	4. posoda
pozicija 10	Voda - kad	3. posoda
pozicija 11	Čistilo 2 - kad	2. posoda
pozicija 12	Čistilo 1 - kad	1. posoda

PRILOGA 2: Spremenljivke in naslov v spominu naprave.

#20.01=	22	Vpis preset vrednosti v stevec koraka (22)
#20.02=	00	Prikaz stevca Koraka (od 0 do 22)
#20.03=	00	Prosto
#20.04=	180	Vpis hitrosti 1 spusta nosilca leč (0 do 180%)
#20.05=	180	Vpis hitrosti 1 dviga nosilca leč (0 do 180%)
#20.06=	180	Vpis hitrosti 2 spusta nosilca leč v ionz. Vode
#20.07=	20	Vpis hitrosti 2 dviga nosilca leč iz ionz. Vode
#20.08=	150	Vpis hitrosti 3 spusta nosilca leč v lak
#20.09=	8	Vpis hitrosti 3 dviga nosilca leč iz laka
#20.10=	0	Prosto
#20.11=	100	Vpis pozicija 1 (11)
#20.12=	3145	Vpis pozicija 2 (12)
#20.13=	6265	Vpis pozicija 3 (13)
#20.14=	9360	Vpis pozicija 4 (14)
#20.15=	12520	Vpis pozicija 5 (15)
#20.16=	15600	Vpis pozicija 6 (16)
#20.17=	18680	Vpis pozicija 7 (17)
#20.18=	21800	Vpis pozicija 8 (18)
#20.19=	24840	Vpis pozicija 9 (19)
#20.20=	28000	Vpis pozicija 10 (20)
#20.21=	31050	Vpis pozicija 11 (21)
#20.22=	34150	Vpis pozicija 12 (22)
#20.27=	0	Prosto
#20.28=	10	Vpis časa mirovanja nosilca v kadi z lakom
#20.29=	50	Vpis hitrosti ročnega pomika dvig/spust nosilca leč
#20.30=	100	Vpis kasnitve preklopa hitrosti dviga iz lakiranja
#20.31=	100	Vpis kasnitve preklopa hitrosti dviga iz ionz. Vode
#20.32=	0000	Vpis števila zelednih kosov preset vrednost
#20.33=	0000	Prikaz izdelanih kosov
#20.34=	0	Prosto
#20.35=	0	Prosto
#20.36=	0	Prosto
#20.37=	0	Prosto

PRILOGA 3: Parametri za izmenjavo podatkov preko terminala *CTIU 110*.

#19.01 =	xx	Izbira alarmov na terminalu CTIU 110
#19.02 =	yy	Izbira statusnih strani na terminalu
#19.03 =	zz	Izpis tekstov na statusnih straneh (Home mode)
#19.04 =	ss	Izpis tekstov na statusnih straneh (Man mode)
#19.05 =	ss	Izpis tekstov na statusnih straneh (Avto mode)
#19.06 =	ss	Izpis tekstov na alarmnih straneh
#19.07 =	xx	Prenosni bitni param. Za (digit.I/O na sp) v CTIU
#19.08 =	yy	Prenosni bitni param. Za (digit.I/O UD50) v CTIU
#19.09 =	yy	Potrditev alarmov, vrnjena koda iz terminala
#19.10 =	xx	Prenosni bitni parameter iz Keyboarda na CTIU
#19.20 =		User trip% Prenosni word za izpis Servo Drive Trips na displayu
#19.31 =	1	Preklopni bit za nuliranje servo osi
#19.32 =	1	Preklopni bit za ROČNO delovanje
#19.33 =	1	Preklopni bit za AVTOMATSKO delovanje 1
#19.34 =	1	Izhodni bit Števec Dosežen DA/NE
#19.35 =	0	izhodni bit Števec NULIRANJE končano
#19.36 =	0	Izhodni bit Os v Poziciji
#19.37 =	0	Izhodni bit "Servo os v mirovanju"
#19.38 =	1	Izhodni bit "Servo os v gibanju"
#19.39 =	1	Izhodni bit SLEDENJE servo osi prekoračeno
#19.41 =	0	PLC bit1 (#17.09)
#19.42 =	0	PLC bit2 (#17.10)
#19.43 =	0	PLC bit3 (#17.03)
#19.44 =	0	PLC bit2 (#17.04)
#19.45 =		PLC bit3 (#17.05)
#19.48 =	1	Izhodni bit za prepis param.Param.Prifibus com.
#19.49 =	1	Prosto
#19.50 =	0	Izhodni bit za prepis nastavitvenih param.

PRILOGA 4: 21 korakov, ki določajo potek delovanja pomične roke ter ostalih operacij.

1. korak – Spust pomične roke in pomik na pozicijo 2 (sušilna kad 1., 11. posoda)

```
IF          Stev_koraka%=1 AND Stik_Spod%=0 AND Stik_Konec%=0 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1
            Ultra_Zvok%=1
            Crpalka%=1

ELSEIF      Stev_Koraka%=1 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.12
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=2

ENDIF
            IF Stev_Koraka%=1 AND At_Pos1%=2 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

2. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 1 (odložišče leč, 12. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=2 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1=%2 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF      Stev_Koraka%=2 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Count_Pulse%=0

ENDIF
            IF          Stev_koraka%=2 AND Stik_Zgor%=1 AND Stik_Konec%=0 THEN
            Inp_PosValue%= #20.11
            Start_PulsePos%=1
            PLC_Text%=1

ENDIF
            IF          Stev_Koraka%=2 AND At_Pos1%=1 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

3. korak – Spust nosilca leč in pomik na pozicijo 5 (ohlajevalna kad , 8. posoda)

```
IF      Stev_Koraka%=3 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=1 THEN
        Hitrost_Spust%= #20.04
        Spust_Voz%=1

ELSEIF  Stev_Koraka%=3 AND Stik_Spod%=1 THEN
        Spust_Voz%=0
        Inp_PosValue%= #20.15
        Start_PulsePos%=1
        Count_Pulse%=0
        PLC_Text%=4

ENDIF

IF      Stev_Koraka%=3 AND At_Pos1%=5 THEN
        Start_PulsePos%=0
        Count_Pulse%=1

ENDIF
```

Pogoji in koraki za lakiranje v 2. laku.

4. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 3 (2. lakirna posoda, 10. posoda)

```
IF      Stev_Koraka%=4 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=5 THEN
        Hitrost_Dvig%= #20.05
        Dvig_Voz%=1

ELSEIF  Stev_Koraka%=4 AND Stik_Zgor%=1 THEN
        Dvig_Voz%=0
        Inp_PosValue%= #20.13
        Start_PulsePos%=1
        Count_Pulse%=0
        PLC_Text%=3

ENDIF

IF      Stev_Koraka%=4 AND At_Pos1%=3 THEN
        Start_PulsePos%=0
        Count_Pulse%=1

ENDIF
```

5. korak – Spust nosilca leč in pomik na pozicijo 3 (2. lakirna posoda, 10. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=5 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=3 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.08
            Spust_Voz%=1
            Ultra_Zvok%=0
            Crpalka%=0
            //Bit1%.1=1
ELSEIF     Stev_Koraka%=5 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Time_Lakir%=1//Casovna zakasnitev dviga iz laka (#20.41=5.0s)
            Inp_PosValue%= #20.13
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=15
            //Prikaz teksta 15. Cas Lakiranja
ENDIF
IF        Stev_Koraka%=5 AND At_Pos1%=3 AND Delay_Lakir%=1 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1
ENDIF
ENDIF
```

6. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 2 (1. sušilna kad, 11. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=6 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=3 THEN
            Hitrost_Dvig%=Hitri_DvigLak%
            Time_DvigLak%=1 // Kasnitev vklopa hitrega dviga nosilca iz laka
            Dvig_Voz%=1
            Time_Lakir%=0
ELSEIF     Stev_Koraka%=6 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.12
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            Time_DvigLak%=0
            // Izklop hitrega dviga nosilca lec iz laka
            PLC_Text%=2
ENDIF
IF        Stev_Koraka%=6 AND At_Pos1%=2 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1
ENDIF
ENDIF
```

Pogoji in koraki za lakiranje v 1 laku.

4. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 4 (1. lakirna posoda, 9. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=4 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=5 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=4 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.14
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=3

ENDIF
IF        Stev_Koraka%=4 AND At_Pos1%=4 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

5. korak – Spust nosilca leč in pomik na pozicijo 4 (1. lakirna posoda, 9. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=5 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=4 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.08
            Spust_Voz%=1
            Ultra_Zvok%=0
            Crpalka%=0
            // Bit1%.1=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=5 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%= 0
            Time_Lakir%=1
            // Casovna zakasnitev dviga iz laka (#20.41=5.0s)
            Inp_PosValue%= #20.14
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=15
            // Prikaz teksta 15. Cas lakiranja

ENDIF
IF        Stev_Koraka%=5 AND At_Pos1%=4 AND Delay_Lakir%=1 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

6. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 2 (1. sušilna kad, 11. posoda)

```
IF      Stev_Koraka%=6 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=4 THEN
        Hitrost_Dvig%= Hitri_DvigLak%
          Time_DvigLak%=1
          //Kasnitev vklopa hitrega dviga nosilca lec iz laka
          Dvig_Voz%=1
            Time_Lakir%=0
ELSEIF  Stev_Koraka%=6 AND Stik_Zgor%=1 THEN
        Dvig_Voz%=0
          Inp_PosValue%= #20.12
            Start_PulsePos%=1
              Count_Pulse%=0
                Time_DvigLak%=0
                // Izklop hitrega dviga nosilca lec iz laka
                PLC_Text%=2
ENDIF
IF      Stev_Koraka%=6 AND At_Pos1%=2 THEN
        Start_PulsePos%=0
          Count_Pulse%=1
ENDIF
```

7. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 6 (2. sušenje, 7. posoda)

```
IF      Stev_Koraka%=7 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=2 THEN
        Hitrost_Spust%= #20.04
          Spust_Voz%=1
            Ultra_Zvok%=1
            Crpalka%=1
ELSEIF  Stev_Koraka%=7 AND Stik_Spod%=1 THEN
        Spust_Voz%=0
          Inp_PosValue%= #20.16
            Start_PulsePos%=1
              Cont_Pulse%=0
              PLC_Text%=5
ENDIF
IF      Stev_Koraka%=7 AND At_Pos1%=6 THEN
        Start_PulsePos%=0
          Count_Pulse%=1
ENDIF
```

8. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 5 (ohlajanje, 8. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=8 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=6 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=8 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.15
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=4

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=8 AND At_Pos1%=5 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

9. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 7 (ionizirana voda, 6. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=9 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=5 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=9 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=5 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=9 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.17
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=6

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=9 AND At_Pos1%=7 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```


10. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 6 (2. sušenje, 7. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=10 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=7 THEN
            Hitrost_Dvig%= Hitri_DvigIon%
            Time_DvigIon%=1
            // Kasnitev vklopa hitrega dviga nosilca lec iz Ionizirane Vode
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=10 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.16
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            Time_DvigIon%=0
            // Izklop hitrega dviga lec iz Ion. Vode
            PLC_Text%=5

ENDIF

IF          Stev_Koraka%=10 AND At_Pos1%=6 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

11. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 8 (voda, 5. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=11 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=6 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.06
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=11 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.18
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=7

ENDIF

IF          Stev_Koraka%=11 AND At_Pos1%=8 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

12. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 7 (ionizirana voda, 6. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=12 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=8 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=12 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.17
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=6

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=12 AND At_Pos1%=7 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

13. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 9 (3. čistilo, 4. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=13 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=7 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=13 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.19
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=8

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=13 AND At_Pos1%=9 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

14. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 8 (1. voda, 5. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=14 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=9 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=14 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.18
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=7

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=14 AND At_Pos1%=8 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

15. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 10 (2. voda, 3. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=15 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=8 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=15 AND Stik_Spod%=1 TNEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.20
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=9

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=15 AND At_Pos1%=10 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

16. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 9 (3. čistilo, 4. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=16 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=10 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=16 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.19
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=8

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=16 AND At_Pos1%=9 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

17. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 11 (2. čistilo, 2. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=17 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=9 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=17 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.21
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=10

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=17 AND At_Pos1%=11 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

18. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 10 (2. voda, 3. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=18 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=11 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=18 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.20
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=9

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=18 AND At_Pos1%=10 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

19. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 12 (1. čistilo, 1. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=19 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=10 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=19 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.22
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=11

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=19 AND At_Pos1%=12 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

20. korak – Dvig nosilca leč ter pomik na pozicijo 11 (2. čistilo, 2. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=20 AND Stik_Zgor%=0 AND At_Pos1%=12 THEN
            Hitrost_Dvig%= #20.05
            Dvig_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=20 AND Stik_Zgor%=1 THEN
            Dvig_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.21
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=10

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=20 AND At_Pos1%=11 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```

21. korak – Spust nosilca leč ter pomik na pozicijo 1 (odložišče leč, 12. posoda)

```
IF          Stev_Koraka%=21 AND Stik_Spod%=0 AND At_Pos1%=11 THEN
            Hitrost_Spust%= #20.04
            Spust_Voz%=1

ELSEIF     Stev_Koraka%=21 AND Stik_Spod%=1 THEN
            Spust_Voz%=0
            Inp_PosValue%= #20.11
            Start_PulsePos%=1
            Count_Pulse%=0
            PLC_Text%=12

ENDIF
IF          Stev_Koraka%=21 AND At_Pos1%=1 THEN
            Start_PulsePos%=0
            Count_Pulse%=1

ENDIF
```