Izrada uređaja za toplo oblikovanje polimera i ispitivanje utjecaja temperature prerade na postupak

Detić, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:029241

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 223/PS/2017

IZRADA UREĐAJA ZA TOPLO OBLIKOVANJE POLIMERA I ISPITIVANJE UTJECAJA TEMPERATURE PRERADE NA POSTUPAK

Matej Detić, 0065/336

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel za Strojarstvo

Završni rad br. 223/PS/2017

IZRADA UREĐAJA ZA TOPLO OBLIKOVANJE POLIMERA I ISPITIVANJE UTJECAJA TEMPERATURE PRERADE NA POSTUPAK

Student

Matej Detić, 0065/336

Mentor

Božo Bujanić, dipl.ing.

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: Matej Detić | MATIČNI BROJ: 0065/336

DATUM: 04.09.2017. | KOLEGIJ: Tehnologija II

NASLOV RADA: Izrada uređaja za toplo oblikovanje polimera i ispitivanje utjecaja temperature prerade na postupak

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Production of a device for the polymer thermoformig and testing of the processing temperature influence on the process

MENTOR: Božo Bujanić | ZVANJE: viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. prof. dr. sc. Živko Kondić, redoviti profesor
2. Božo Bujanić, dipl.ing., viši predavač
3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
4. Katarina Pisačić, dipl.ing., predavač
5.

VZ KC

MMI

Zadatak završnog rada

BROJ: 223/PS/2017

OPIS:

U Završnom radu je potrebno:
- dati kratak uvod u sistematizaciju postupaka toplog oblikovanja polimera i njihovu primjenu
- konstruirati uređaj za toplo oblikovanje polimera - ideja, dimenzioniranje, odabir materijala i izrada tehničke dokumentacije
- u praktičnom dijelu izraditi uređaj i opisati cijeli tehnološki postupak izrade
- na izrađenom uređaju izvršiti ispitivanje toplog oblikovanja polimerne folije, te prikazati ovisnost temperature prerade na postupak toplog oblikovanja
- u zaključku Završnog rada dati kritički osvrt na prikazani proces toplog oblikovanja, objasniti rezultate ispitivanja i dati prijedloge mogućeg poboljšanje procesa

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 11.09.2017. | POTPIS MENTORA

Predgovor

Zahvaljujem se,

svojim roditeljima, sestrama i prijateljima na podršci tijekom trogodišnjeg studiranja, razumijevanju mojih studenskih obaveza te vjerovanju u mene onda kada sam i sam prestao vjerovati u sebe misleći da neću uspjeti i položiti neke ispite.

Mojoj curi na razumijevanju za vrijeme ispitnih rokova te vjerovanju u mene prilikom polaganja svakog ispita.

Svim profesorima i mentorima na trudu prilikom prenošenja novih znanja i stjecanju novih vještina. Kolegicama i kolegama na pomoći, savjetima, podršci i svemu što nas je zbližilo u ovih tri godine.

Obitelji Kliček što su mi ustupili na korištenje svoju radionu bez koje bi ovaj završni rad bilo vrlo teško izraditi.

Naposljetku, veliko hvala mom mentoru Boži Bujaniću, dipl.ing na svim savjetima oko izrade rada, preporuci literature i dostupnosti u bilo koje vrijeme.

Hvala!

Sažetak

Tema završnog rada je izrada i testiranje uređaja za toplo oblikovanje polimera. Tema je obrađena od same ideje do sklapanja i testiranja uređaja. Završni rad sadrži faze konstruiranja pojedinih dijelova uređaja, nedoumice koje se javljaju tijekom izrade i pojedine faze izrade uređaja za toplo oblikovanje polimera. U završnom radu nalaze se crteži u 2D i 3D obliku te puno slika tijekom izrade da bi se bolje predočio sam uređaj i faze izrade koje su bile neophodne prilikom izrade. Faze izrade prikazane su slikom i detaljno su opisane. Po završetku rada opisano je testiranje na uređaju i optimizacija procesa.

KLJUČNE RIJEČI: toplo oblikovanje, polimer, testiranje polimera

Sadržaj

1. Uvod....1
2. Konstruiranje uređaja....4

2.1. Ideja konstrukcije kućišta....4
2.2. Dimenzioniranje kućišta - visina....4
2.3. Dimenzioniranje kućišta - širina....5
2.4. Odabir profila za konstrukciju....5
2.5. Nacrt i izgled konstrukcije u Autocad-u....6

3. Izrada konstrukcije po fazama....7

3.1. Zavarivanje konstrukcije....8
3.2. Zavarivanje okvira za radnu ploču....12
3.3. Priprema i montiranje nosača za grijač....16
3.4. Rezanje i priprema lima za konstrukciju....18
3.5. Oblaganje konstrukcije limom....20
3.6. Priprema i bojanje konstrukcije....24
3.7. Postavljanje lima na donjem dijelu kućišta, priprema i bojanje....27
3.8. Postavljanje i spajanje elektroničkih komponenti prema elektroničkoj shemi....31
3.9. Postavljanje i izoliranje gornjeg dijela kućišta uređaja....35
3.10. Postavljanje perforiranog lima, termometra i magneta za držanje bočne stranice....38
3.11. Pozicioniranje vodilica i zatvaranje kućišta....41
3.12. Izrada okvira za pritezanje polimera....42
3.13. Izrada mehanizma za podizanje/spuštanje okvira....45
3.14. Slika uređaja za toplo oblikovanje polimera....49

4. Tablica korištenih dijelova....50
5. Ispitivanje utjecaja temperature prerade na postupak....52
6. Optimizacija procesa....64
7. Zaključak....65
8. Literatura....66

1. Uvod

Polimeri su svuda oko nas i u nama. Oni vidljivi oko nas uglavnom su umjetni, modificirani prirodni polimeri i sintetizirani polimeri. Od njih su izrađeni mnogi odjevni predmeti koje nosimo na sebi, zubne četkice, kućišta mobitela i računala, dijelovi automobila ili pak obične svakodnevne plastične vrećice. Od onih drugih, „nevidljivih" sastavljeno je naše tijelo, kao i tijela svih živih bića. To su prirodni organski polimeri – biopolimeri, sastavljeni od prirodnih bjelančevina, polisaharida i nukleinskih kiselina. Štoviše, glavnina suhe tvari živog svijeta jesu upravo biopolimeri. To su prirodni polimeri biljnog porijekla (prirodni kaučuk, celuloza, lignin, škrob itd.) i prirodni polimeri životinjskog i ljudskog porijekla (šelak, kazein, keratin, dentin, globulin, miozin itd.). Masa biopolimera procjenjuje se na 10^{20}kg, što je nekoliko puta više procijenjenih ukupnih zaliha nikla, kroma, bakra, cinka, olova, srebra i zlata. [1]

Prirodni polimerni materijali bili su uz kamen prvi materijal od kojih su ljudi u pretpovijesno doba izrađivali oružje, oruđe i druge uporabne predmete. To su bili predmeti načinjeni od životinjskih kostiju, drva, prirodnog kaučuka, prirodnih smola, rogovlja itd. Pretpostavlja se da je prva umjetna tvorevina drveno koplje, načinjeno prije oko 400 tisuća godina s pomoću primitivnog kamenog alata. Od prije 35 do 40 tisuća godina datiraju ukrasne figurice izrađene od bjelokosti.

Od tada pa do danas u tehničkoj primjeni prevladavaju sintetički polimerni materijali, prvenstveno zahvaljujući svojstvima koja su superiorna onima prirodnih materijala. Pritom valja spomenuti fenol-formaldehid, poznatiji kao bakelit, koji se smatra prvim sintetskim polimerom. No valja spomenuti da tome otkriću prethodi galalit, kazeinska plastika na osnovi kazeina i fenol-formaldehida. Potom slijedi, dvadesete i tridesete godine dvadesetog stoljeća, industrijska proizvodnja danas najproširenijih polimera polietilena, polistirena i poli(vinil-klorida), da bi sredinom pedesetih godina prošlog stoljeća bio razvijen polipropilen posljednje sintetizirani široko primjenjiv polimer. [2]

Postupci proizvodnje polimernih tvorevina slični su postupcima proizvodnje tvorevina od drugih materijala, ponajprije metala. Mnogi od njih samo su prilagođeni posebnostima polimera. Posebnost polimera pri preradbi, ali i u uporabi temelje se na specifičnostima njihove makromolekulne strukture i pokretljivosti segmenata makromolekulnih lanaca. Takav oblik gibanja materijalnih čestica svojstven je samo polimerima.[3]

Proizvodnja polimernih tvorevina temelji se na zakonitostima visokoelastične deformacije, zagrijavanja i hlađenja, te kemijskih reakcija tijekom preradbe. Zbog deformacija, strukturnih promjena i kemijskih reakcija, karakteristike gotovog proizvoda bitno se razlikuju od

karakteristika polaznih polimernih i ostalih tvari, dodataka odnosno njihovih svojstava tijekom preradbe.[4]

Pri pravljenju tvorevina od neumreživih polimera (plastomera i elastoplastomera) postupci preoblikovanja polimernih taljevina temelje se na promjeni njihova stanja zagrijavanjem i hlađenjem. Nasuprot tome, pri pravljenju tvorevina od umreživih polimera (duromera i elastomera) stvaranje prostorno umrežene strukture materijala nastaje s pomoću reakcije polimerizacije i/ili umrežavanja. Zbog takve temeljne razlike u mehanizmu postizanja čvrstog stanja gotove tvorevine, tijek odvijanja procesa preradbe neumreživih i umreživih polimernih taljavina bitno je različit.[5]

Načela preradbe polimernih taljevina temelje se na nekoliko općih fizičkih karakteristika, zajedničkih za većinu polimernih materijala u rastaljenom stanju. To je prije svega mala toplinska difuzivnost polimernih taljevina koja ima za posljedicu sporo prodiranje topline. Time se produljuju vremena zagrijavanja i hlađenja i zadržavanja taljevine u dijelovima opreme za preradbu. Relativno velike vrijednosti smičnih viskoznosti polimernih taljevina utječu na značajno razvijanje disipacijske topline i mogućnost ostvarivanja velikih tlakova potrebnih za preradbu. Mala toplinska provodnost polimernih taljevina uzrokuje velike temperaturne gradijente, te je količina stvaranja poželjne disipacijske topline praktično ograničena rizikom pojave toplinske degradacije taljevine. Viskokoelastičnost je bitno i specifično obilježje polimernih materijala kako u rastaljenom tako i u čvrstom stanju. Općenito, visokoelastična svojstva polimernih taljevina poželjna su u uvjetima rasteznih opterećenja taljevine, a nepoželjna i ograničavajuća pri smičnom tečenju. Dobro poznavanje temeljnih zakonitosti preradbe polimera, prvenstveno reologije polimernih taljevina, zakonitosti očvršćivanja taljevina i toplinskih procesa predstavlja nužan uvjet za uspješnu proizvodnju polimernih taljevina.[6]

Najvažniji postupci preoblikovanja su toplo i hladno oblikovanje, puhanje, izvlačenje i stezanje. Osnovni je cilj promjena oblika pripremka, uz eventualno očvršćivanje. Pretežno se preoblikuju plastomeri. Mogu se preoblikovati i umreživi polimeri, ali proces preoblikovanja prethodi polimeriziranju i/ili umreživanju(stvaranje materijala). Preoblikovanje pretpostavlja da postoji pripremak dobiven jednim od postupka praoblikovanja. Preoblikovanje je ciklički postupak obradbe polimera tijekom kojega se bez odvajanja čestica mijenja oblik pripremka(ploča, folija, filmova). Postignuti oblik mora se učvrstiti hlađenjem ili umrežavanjem. Kako je tema završnog rada toplo oblikovanje polimera od postupaka preoblikovanja razmatrat će se samo toplo oblikovanje.

Za toplo oblikovanje prikladni su polistiren (kompaktan i pjenast), terpolimer akrilonitril/ butadien/strien, polietilen niske i visoke gustoće, polipropilen, poli(metil-metakrilat), stiren/butadien, celulozni acetat, celulozni aceto-butirat, poli(vinil-klorid) i drugi plastomeri. Kao pripremci za toplo oblikovanje pretežno služe filmovi, folije ili ploče izrezane iz ekstrudiranih ili kaladniradnih trakova. Pripremci se još izrađuju izravnim i posrednim prešanjem i lijevanjem. Tlačnim oblikovanjem prave se pripremci od polipropilena. Da bi se mogao toplo oblikovati, pripremak mora biti u gumastom stanju. Zato se katkad još neohlađeni trak dovodi izravno do uređaja za preoblikovanje, no češće se pripremak mora zagrijati električnim grijalima ili dodirom sa zagrijanim dijelom uređaja. Od postupaka toplog preoblikovanja najproširenije je razvlačenje, koje može biti uzrokovano mehaničkim pritiskanjem, tlakom zraka ili djelovanjem podtlaka te njihovom kombinacijom. Najčešći su postupci oblikovanja razvlačenjem: nezagrijani pripremak se oblikuje slobodno(tj. bez matrice) pritiskanjem zagrijanog žiga, zagrijani se pripremak tiska stlačenim zrakom u matricu ili se oblikuje slobodno, uvlači se matricu zbog podlaka u njoj, tiska se žigom u matricu iz koje se izvlači zrak pa se pripremak uz matricu tijesno priljubljuje ili se razvlači žigom u kojem vlada podtlak pa se priljubljuje uza žig i poprima njegov oblik.[7]

Način toplog preoblikovanja, grijanje sa električnim grijalima bit će testiran na uređaju koji će biti izrađen u okviru ovoga završnog rada.

2. Konstruiranje uređaja

U ovome dijelu su prikazani pojedini dijelovi, redoslijed i načini sklapanja odnosno projektiranja uređaja za toplo oblikovanje polimera takozvane vakumirke. U konstruiranju, formiranju oblika uređaja važno je uzeti sve osnovne dijelove od kojih se uređaj sastoji. Osnovne dijelove potrebno je posložiti što bolje u jednu kompaktnu cjelinu da uređaj ne bude previše velik i da nema previše neiskorištenog prostora. Osnovni dijelovi kod ovog uređaja su: grijač za grijanje polimera, drugi najvažniji element je elektromotor za usisavanje zraka te ventilator za pred napuhavanje zagrijanog polimera. Osobito je važno promatrati veličinu dimenzije radne ploče na kojoj će se oblikovati oblici željenih veličina i prema tim dijelovima formirati oblik, veličinu i dimenzije uređaja za toplo oblikovanje.

2.1. Ideja konstrukcije kućišta

Polazeći od ideje kakvog oblika bih moglo biti kućište, tu se javljaju prve nedoumice. Nedoumica koja se javlja je ta da li projektirati pravokutno, kvadratno ili pak kućište drugog oblika. Razmatranje se nastavlja kada u pitanje dolazi položaj grijača. Prva ideja je da grijač bude pokraj kućišta te se ploča zagrije i preklopi na okvir na kojemu je postavljen kalup. No, kod te ideje kućište bi bilo nisko i kvadratno. Od te ideje se odustaje, jer uređaj ne bi bio kompaktan i mobilan. Druga ideja koja se razmatra jest ta da grijač bude na dnu kućišta. Ulazeći dublje u razmatranje dolazi se do zaključka da bi donji položaj grijača utjecao svojom temperaturom na rukovatelja uređajem te bi mogao izazvati opekline na rukovatelju pa se odustaje od ove ideje. Opcija koja se činila najboljom i najprihvatljivijom jest da grijač bude smješten u gornjoj strani uređaja. Opcija je najprihvatljivija jer je grijač dovoljno daleko od rukovatelja a bit će i u izvrsnom položaju prema radnom dijelu uređaja odnosno dijelu gdje se vrši oblikovanje. Kod zadnje opcije izvrsno je upao u plan i elektromotor koji će usisavati zrak ispod radne ploče. Način na koji će biti postavljeni dijelovi najbolje odgovaraju slijedu kod kojeg se grijač nalazi u gornjem položaju, radna ploča u središnjem dijelu, a elektromotor i ventilator za pred napuhavanje ispod radne ploče.

2.2. Dimenzioniranje kućišta - visina

Kod dimenzioniranja kućišta kreće se od dimenzija elektromotora koji je bio dostupan za nabavu, dimenzija grijača i radne ploče. Dostupan elektromotor je dimenzija visine 100mm i širine Ø130mm. Elektromotor diktira visinu koja je potrebna ispod radne ploče ali je potrebno uzeti u obzir da se između radne ploče i elektromotora smješta ventilator. Sa pretpostavkom da

ventilator bude visok najviše 60 mm, dodavši visinu za protok zraka dolazi se do visine od 80mm ispod radne ploče. Ispod elektromotora je potrebna i ploča koja će zatvoriti stroj i koja će štititi elektroničke vodiče od vanjskih utjecaja. Ispod ploče koja zatvara donji dio stroja bitno je postići zračnost da uređaj ne bude direktno na podu u slučaju vlage ili bilo kakve druge vrste opasnosti za sami uređaj (prolijevanje tekućine), stoga se dodaje dimenzija od 40mm za „noge“ uređaja.

Kod gornje strane gdje bude smješten grijač potrebno je ispod i iznad grijača postići barem 60mm praznog prostora. Prostor od minimalno 60mm ispod i iznad grijača je potrebno postići da grijač ne bude previše blizu polimernoj ploči koja bude grijana i previše blizu samom vrhu stroja koji će biti zatvoren sa 6 strana zbog izolacije topline. Sa ova tri uvjeta dolazi se do dimenzije od 340mm. Postolje za stavljanje kalupa će biti dimenzija 400± 20mm kako bi kasnije bilo moguće izraditi maske za lice ljudi. Okvir za pričvršćivanje polimera bit će dvokrilnog oblika te moramo uzeti još dodatnih 120mm na dosadašnju dimenziju zbog otvaranja okvira prema gore. Diktirano ovim uvjetima trenutna visina uređaja je 740mm. Visina postolja bit će 50-60mm da se omogući klizanje vodilica koje nose okvir do krajnjih točaka. Visina stroja prema tome ispada 1000mm.

2.3. Dimenzioniranje kućišta - širina

Širina radne ploče je kvadratnog oblika i samim tim određuje oblik cijelog stroja. Prethodno u tekstu je navedeno da će radna ploča biti dimenzija 400± 20mm, dakle potrebno je na tu dimenziju dodati sa svake strane minimalno 50mm zbog radnog okvira i vodilica koje će služiti da vode okvir u vertikalnom smjeru. Širina kućišta koristeći zahtjeve koji su navedeni u prethodnom tekstu ispada 500mm.

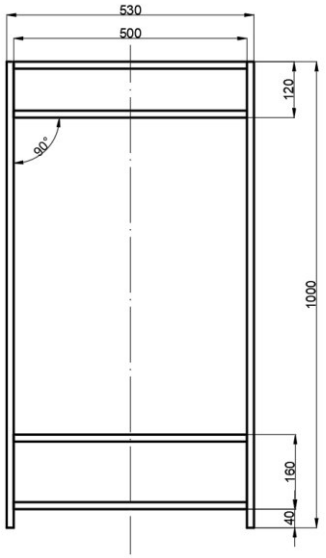
2.4. Odabir profila za konstrukciju

Razmatrajući dimenzije koje su određene u poglavljima prije došlo se do mjera od 1000mm visine i 500mm širine. Kako uređaj ne bude opterećen velikim silama, materijal koji je odabran za konstrukciju ne mora biti velike čvrstoće. Obilazeći trgovine sa željezom i željeznim materijalom i savjetovanjem sa stručnim osobama, za konstrukciju su odabrani čelični kvadratni profili dimenzija 15 x 15mm sa debljinom stjenke 1,5mm. Gleda se također na to da sama konstrukcija ne bude teška, odnosno da bude lako prenosiva. Zbog toga se odabire kvadratni profil čelika 15mm x 15mm, koji je dovoljno čvrst da konstrukcija bude fiksna, ne previše teška te da kasnije stroj bude lako premjestiv.

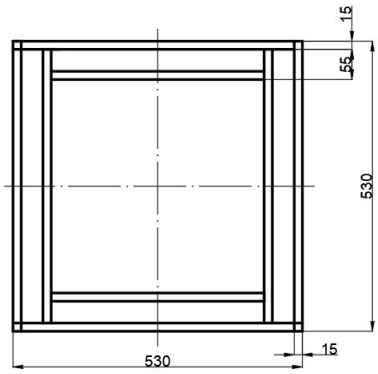
2.5. Nacrt i izgled konstrukcije u Autocad-u

Za lakše predočenje izgleda konstrukcije koristi se program Autocad-u u kojem su izrađeni nacrti u 2D i 3D oblikovanju.

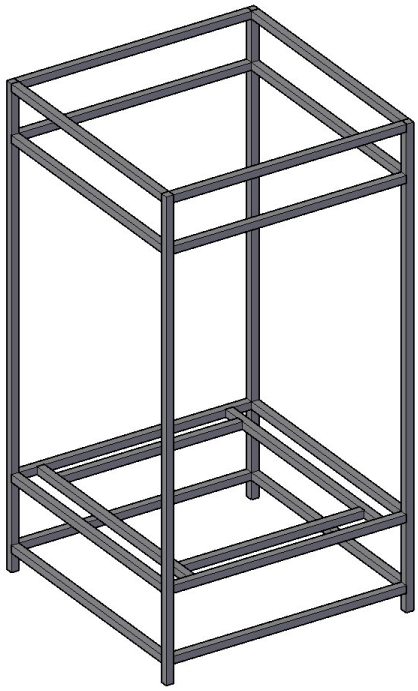
Na sljedećim slikama prikazani su bočni prikaz i prikaz iz tlocrta.



Slika 2.1 Bočni prikaz konstrukcije sa stvarnim mjerama



Slika 2.2 Pogled s tlocrta



Slika 2.3 3D prikaz konstrukcije stroja

3. Izrada konstrukcije po fazama

Kao što je prethodno navedeno korišteni materijal za konstrukciju stroja je konstrukcijski čelik, dimenzija 15x15mm sa debljinom stjenke 1,5mm. Kvadratne šipke dostupne su u trgovini od 3m u komadu pa ih je potrebno narezati na komade od 1m dužine kako bi odgovarale konstruiranim dimenzijama stroja. U nastavku je prikazano piljenje kvadratne šipke na mjeru (Slika 3.1). Za piljenje je korištena ručna pila sa reznim listom za metal te je korišten škripac za pričvršćivanje kvadratne šipke. Nakon rezanja šipke potrebno je izbrusiti rubove (Slika 3.2).

Tablica 1.

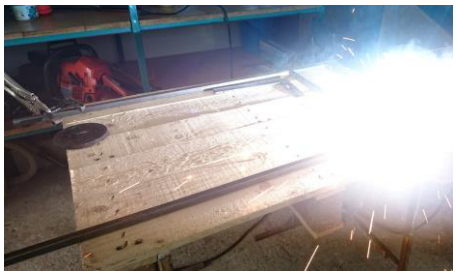
Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.1	Rezanje kvadratne šipke na mjeru	
Slika 3.2	Brušenje rubova	
Slika 3.3	Kvadratni profili izrezani na mjeru	

3.1. Zavarivanje konstrukcije

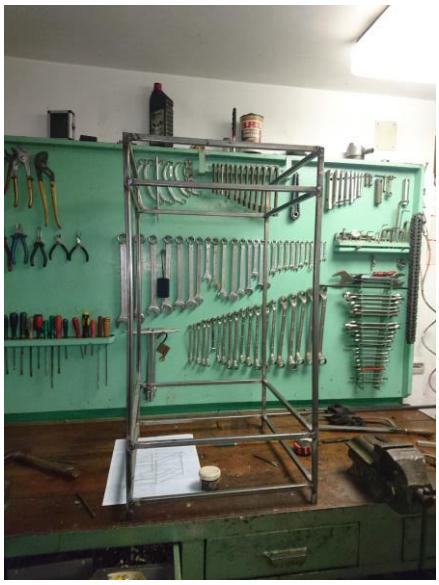
Nakon operacije piljenja kojom su četiri kvadratna profila pripremljeni, odrezani na 1000mm i dvanaest komada odrezani na 500mm, kreće se na sljedeću operaciju izrade konstrukcije. Kod sljedeće operacije razmatra se između zavarivanja konstrukcije i pričvršćivanje kutnim profilima i vijcima. Pričvršćivanje konstrukcije kutnim profilima dodalo bi na konstrukciju podosta „stranog materijala“ što bi rezultiralo povećanjem težine konstrukcije. Postavljanje kutnih profila za spajanje zahtijevalo bi dosta bušenja konstrukcije pa se od te solucije odustaje i odlčuje se da će se konstrukcija spajati zavarivanjem. Kod zavarivanja se javlja nedoumica oko odabira vrste zavarivanja. U radioni je dostupan aparat za elektrolučno zavarivanje, a pošto se radi o konstrukciji koja neće nositi velika opterećenja aparat za elektrolučno zavarivanje pokriva zahtjeve koje konstrukcija zahtijeva. Zavarivanje se vrši sa Gorenje „Varstroj Varex“ na izmjeničnoj struji 230V (Slika 3.4) i propisanoj jakosti struje za konstrukcijski čelik 1,5mm debljine. Struja zavarivanja je između 60-80A koja zavisi o elektrodi koja je korištena i debljini čelika koji se zavaruje te je odabrana prema internetskoj stranici[8]. Elektrode korištene prilikom zavarivanja su „ZAGREB ELEKTRODA EZ 11 F fi 2,5x300mm“(Slika 3.5), to su rutine elektrode za zavarivanje čelika čvrstoće do 510 N/mm² i vrlo dobrih zavarivačkih karakteristika.

Tablica 2.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.4	Zavarivački stroj „Varstroj Varex“	
Slika 3.5	Rutilne elektrode „Zagreb elektroda“	

Slika 3.6	Zavarivanje kvadratne šipke 500mm	
Slika 3.7	Provjera pravog kuta	
Slika 3.8	Zavareni spoj kvadratne cijevi	
Slika 3.9	Identične bočne stranice konstrukcije	
Slika 3.10	Postavljanje stranica na radni stol	

Slika 3.11	Fiksiranje zateznim napravama	
Slika 3.12	Zavarivanje konstrukcije	
Slika 3.13	Nastala greška prilikom zavarivanja	
Slika 3.14	Brušenje zavarenih spojeva	

Slika 3.15	Izgled zavarene konstrukcije	

Zavarivanje se izvodi u više faza. Prva faza zavarivanja je priprema prije zavarivanja. U pripremu spada fiksiranje konstrukcije na drvenoj podlozi da ne bi došlo do iskrivljenja pravoga kuta te se konstrukcija točkasto zavaruje samo na nekoliko mjesta. Između dviju kvadratnih cijevi od 1000mm zavaruje se poprečna kvadratna cijev (Slika 3.6) od 500mm. Sa gornje strane su se izjednačili bridovi, a kod donje strane se od kraja ostavilja se 40mm slobodno koje je prije definirano da bude ostavljeno za noge stroja. Zavarivanje kreće od donje strane prema gornjoj. Prvo se zavaruje kvadratna cijev 500mm na visinu 40mm od nulte mjere konstrukcije nakon čega se zavaruje druga kvadratna cijev 500mm na visinu 200mm od nulte mjere konstrukcije.

Sljedeći korak zavarivanja je zavarivanje gornje poprečne cijevi 500mm na visinu od 1000mm (Slika 3.8). Potrebno je provjeriti kutnost spoja prije zavarivanja i napraviti eventualne korekcije na prethodno točkasto zavarenom spoju kako bi se dobila kutnost gornjeg spoja.

Slijed zavarivanja konstrukcije potrebno je ponoviti dva puta da se dobiju dvije iste bočne stranice koje čine konstrukciju stroja (Slika 3.9). Dvije identične bočne stranice spajaju se zavarivanjem kvadratnih profila 500mm i to u redoslijedu kako su se zavarivale i bočne stranice.

Spajanje bočnih stranica kreće od postavljanja stranica na drveno postolje i fiksiranje zateznim napravama. Kad su se bočne stranice postavile na podlogu i fiksirale jedna nasuprot druge zateznom napravom potrebno je provjeriti kutnost spoja, dali je spoj okomit na podlogu te podesiti spojne elemente (kvadratne cijevi) na definiranu visinu od radnoga stola. Kada se

provjere svi uvjeti kreće se sa zavarivanjem kvadratnih cijevi koje drže i određuju udaljenost između bočnih stranica konstrukcije.

Kod zavarivanja na početku se vrši samo točkasto zavarivanje na nekoliko mjesta spoja. Točkasto se zavaruje da bi se lakše moglo izvršiti korekcije ukoliko dođe do nenamjernog pomaka od određene visine prilikom zavarivanja. Prilikom zavarivanja došlo je do pomaka od 5mm od zahtijevane visine pa se izvršila korekcija na istoj. Kada su svi spojeni prekontrolirani i provjereni kreće se na završnu fazu zavarivanja konstrukcije. Svaki spoj koji je bio točkasto zavaren potrebno je zavariti uzduž spoja (Slika 3.12). Zavarivanjem je ostala „šljaka“ na spoju koja se čisti čeličnom četkom a kasnije se svi spojevi bruse električnom brusilicom kako bi se dobio gladak i lijep spoj. Kod zavarivanja dogodila se jedna greška, naime prilikom podešavanja parametra zavarivanja namještena je prevelika struja zavarivanja te se materijal previše rastalio i nastala je „rupa“ (Slika 3.13). Korekcija je napravljena na način da se u „rupu“ stavio dodatni čelični konstrukcijski materijal. Prije zavarivanja smanjena je jačina struje zavarivanja i prolazima preko dodanog materijala se sanirala nastala „rupa“.

3.2. Zavarivanje okvira za radnu ploču

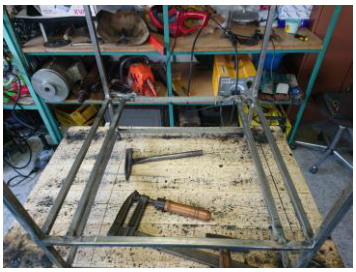
U ovom koraku su prikazani redoslijedi operacija koji se izvode da se dobije kvadratno postolje uređaja. Na visini 200mm gdje je zavarena druga razina kvadratnih cijevi pripremljena su dva komada cijevi 500mm i dva komada cijevi 390mm. Kvadratne cijevi 500mm zavaruju se na udaljenosti 55mm od vanjskog ruba konstrukcije (Slika 3.16). Za pritezanje cijevi koriste se kliješta s mogućnošću podešavanja jačine zatezanja. U drugom dijelu ove operacije zavaruju se kvadratni komadi 390mm duljine, okomito na prethodno zavarene. Također udaljenost od ruba je 55mm kako bi se postiglo da postolje bude kvadratnoga oblika (Slika 3.17). Kada se zavare dva para cijevi dobije se kvadratni okvir koji će u sljedećoj operaciji poslužiti da se na njega zavare pravokutne cijevi. Pravokutne cijevi podižu radnu ploču stroja na visinu 60mm od osnovne ploče.

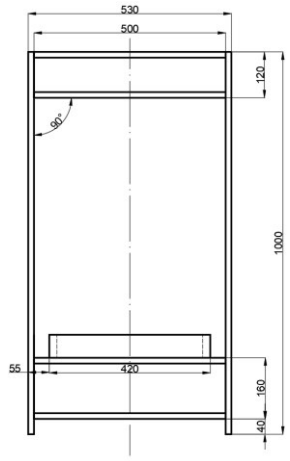
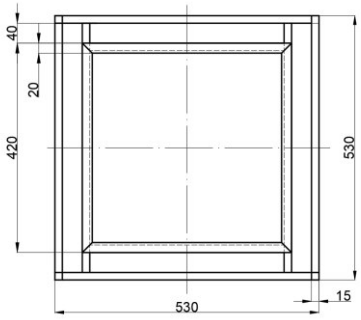
Pravokutne cijevi dimenzija su 60 x 20 mm s debljinom stjenke 2mm. Ispod radne ploče stroja stavit će se ventilator koji će pred napuhati materijal kako se ne bi dogodili zaostali rubovi na predmetu koji se vakumira. Zbog toga potrebno je od osnovne ploče stroja dobiti visinu da bi se mogao ugraditi ventilator. Jačina ventilatora proporcionalna je s dimenzijama ventilatora pa je odlučeno da se ostavlja 60mm visine koja će biti dostupna za ugradnju i manipulaciju ventilatorom. U nastavku su prikazani crteži kako se postavljaju kvadratne pravokutne cijevi na postavljeni okvir vanjskih dimenzija 420mm x 420mm (Slika 3.18.3, Slika 3.19, Slika 3.20)

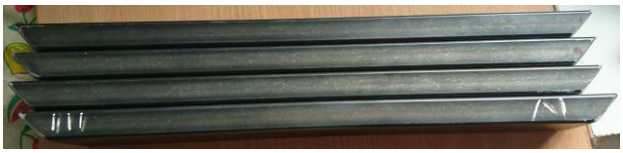
Kako bih se izradio okvir prema nacrtu 420 x 420mm prvo se reže pravokutna cijev na predviđenu dimenziju. U poduzeću za nabavu metalnih cijevi nije dostupna pravokutna cijev dimenzija 60 x 15mm. Pravokutna cijev visine 60mm jedina koja je dostupna ima širinu 20mm, ali to nije od prevelike važnosti za ovu konstrukciju pa je uzeta ta pravokutnu cijev. Prva operacija kod ove faze izrade je piljenje cijevi na dužinu 420mm. Kada se cijev ispili na 420mm sljedeća operacija je rezanje rubova cijevi pod 45° (lijevog i desnog ali u kontra stranu, dakle zrcaljeno). Cijev se reže na 45° da bi se dobio lijep pravokutni spoj i da bi se omogućilo lijepo preklapanje spoja s vanjske strane pošto se radi o vanjskome rubu cijevi. Kod rezanja ove cijevi korištena je stolna ručna pila za rezanje kutova (Slika 3.21).

Kada su se komadi postavili i pripasali na okvir slijedi njihovo stezanje zateznom napravom i točkasto zavarivanje na samo nekoliko mjesta (Slika 3.24). Kada se okvir zavario sa svih strana, na nekoliko mjesta slijedi daljnje zavarivanje uzduž cijelog spoja. Zavaruje se s unutarnje i vanjske stane i po svim spojnim mjestima (Slika 3.25). Nakon zavarivanja svih spojeva ukazala se potreba za brušenjem spojeva da bi se dobila glatka i jednolika površina (Slika 3.26).

Tablica 3.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.16	Zavarene kvadratne cijevi na udaljenosti 70mm	
Slika 3.17	Zavarene kvadratne cijevi duljine 390mm	

Slika 3.18	Bokocrt konstrukcije	
Slika 3.19	Tlocrt konstrukcije	
Slika 3.20	3D prikaz	
Slika 3.21	Stolna ručna pila za rezanje kutova	

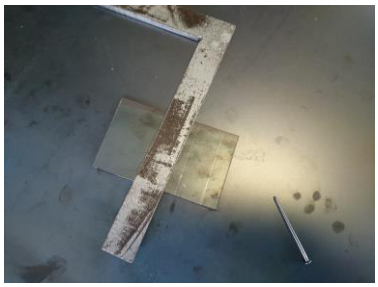
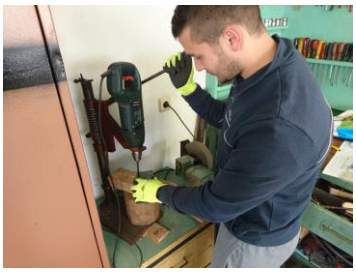
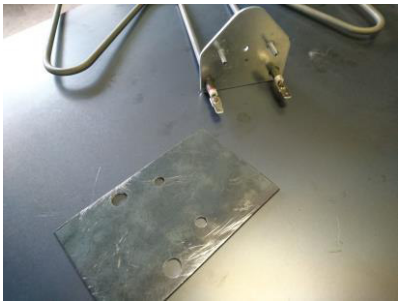
Slika 3.22	Izrezani komadi 420mm	
Slika 3.23	Postavljeni komadi na okvir	
Slika 3.24	Točkasto zavareni pravokutni komadi 420mm	
Slika 3.25	Zavarivanje okvira 420mm s unutarnje strane	
Slika 3.26	Brušenje zavarenog okvira 420mm	

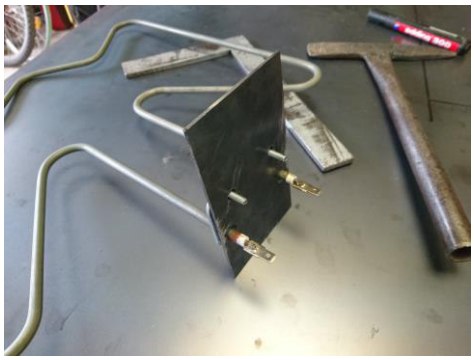
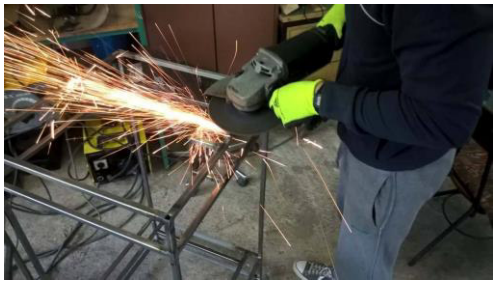
Slika 3.27	Zavareni i izbrušeni okvir radne ploče	

3.3. Priprema i montiranje nosača za grijač

Kako je već prethodno definirano na vrh konstrukcije postavlja se grijač koji će zagrijavati polimer koji želimo preoblikovati. Grijač koji će biti ugrađen na stroj je grijač „ Končar 1550W“, grijač radi na izmjeničnu struju i dimenzija je 340 x 340mm (Slika 3.28). Grijač na sebi ima pločicu koja služi da bi se grijač mogao fiksirati. Prema pločici grijača potrebno je izraditi nosač koji će se pričvrstiti na konstrukciju (Slika 3.29). Pločica grijača određuje dimenzije kojih nosač grijača mora biti. Nosač za grijač se sastoji od jedne pločica lima 2mm debljine kojoj širinu određuje pločica na grijaču a dužina je biti 120mm kao što su postavljene kvadratne cijevi na vrhu konstrukcije. Četiri kvadratne cijevi bit će dužine 75mm te su veza između konstrukcije pločice za fiksiranje. Pločica je dimenzionirana prema pločici grijača. Na pločici je potrebno izbušiti dva provrta kako bi kontakti za dovod struje bili dostupni za priključenje i dva provrta koji služe da se vijci za pričvršćenje grijača mogu fiksirati na nosaču za grijač (Slika 3.30). Kada su napravljene probe i kada je utvrđeno da pločica nosača zadovoljava izvodima iz pločice grijača prelazi se na sljedeću fazu. U toj fazi određuje se dužina profila za nosač. Da bi grijač bio na sredini konstrukcije utvrđeno je da profili budu 75mm. Četiri profila odrezuju se ručnom pilom iz kvadratnog profila 15 x 15mm te se u sljedećoj fazi zavaruju u svaki kut pločice nosača.

Tablica 4.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.28	Grijač „Končar 1550W“	
Slika 3.29	Zacrtavanje pločice za nosač prema grijaču	
Slika 3.30	Bušenje provrta na pločici za nosač	
Slika 3.31	Brušenje pločice za nosač nakon bušenja	
Slika 3.32	Grijač „Končar 1550W“ i pločica za nosač sa izbušenim provrtima	

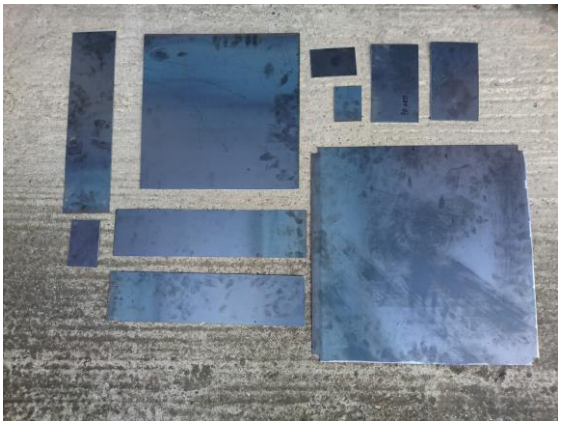
Slika 3.33	Kontrola podudarnosti provrta i izvoda iz grijača	
Slika 3.34	Zavarena pločica nosača i profili nosača 75mm	
Slika 3.35	Brušenje mjesta zavara nakon zavarivanja	

3.4. Rezanje i priprema lima za konstrukciju

Konstrukcija ima dva osnovna dijela, a to su gornji gdje je smješten grijač i donji dio gdje se nalazi elektromotor. Da bi uređaj bio siguran za rukovatelja potrebno je te dijelove što je više moguće „izolirati“ od rukovatelja. Također ispod radne ploče potrebna je jedna čvrsta ploča na koju će se pričvrstiti elektromotor s ventilatorom. Za osiguranje ovog zahtijeva pribavljena je metalna ploča od vruće valjanog nelegiranog konstrukcijskog čelika S235JR debljine 2mm, dimenzija 1000 x 1000. Iz ove ploče režu se pravokutni komadi za gornji dio konstrukcije koji će

se montirati sa unutarnje strane, odrezat će se jedna ploča dimenzija 530 x 530mm koja će poslužiti kao poklopac od donje strane stroja. Odrezat će se ploča 420 x 420mm na koju će se pričvrstiti elektromotor i ventilator te će se odrezati male pločice kako bi se obložio nosač za grijač sa unutarnje strane. Za pričvršćivanje elektromotora još će se odrezati ploča dimenzija 200 x 180mm.

Tablica 5.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.36	Zacrtavanje lima	
Slika 3.37	Rezanje lima	
Slika 3.38	Komplet izrezanih limova	

3.5. Oblaganje konstrukcije limom

Po završetku rezanja lima, rubovi lima su ostali dosta grubi. Za odstranjivanje grubih i oštrih rubova koristi se električna brusilica sa adekvatnom pločom za brušenje metala. Kad je lim pripremljen, mogu se pojedini dijelovi konstrukcije obložiti istim. Za nosač grijača izrezani su 3 lima koji se pričvršćuju pomoću blok zakovica uz prethodno bušenje rupe (Slika 3.39).

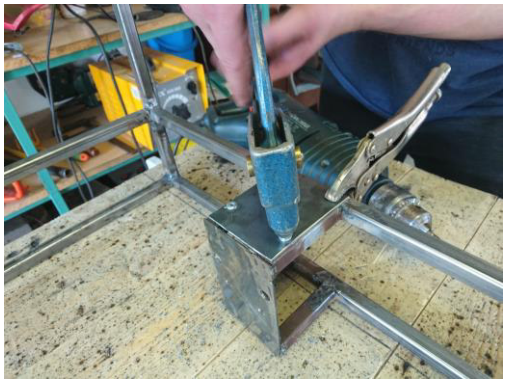
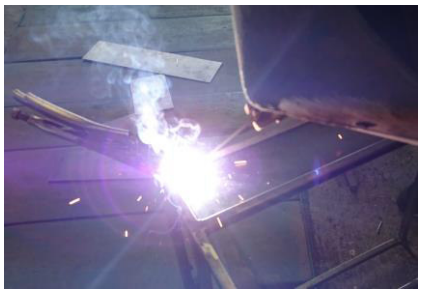
Jedna pločica lima postavljena je s donje strane nosača, a dvije s bočnih strana kako bi se zaštitili kontakti grijača od direktnog utjecaja topline, ali i ostalih drugih smetnji. S gornje strane konstrukcije doći će lim koji pokriva cijelu površinu. Nakon nosača oblaže se gornja strana konstrukcije. Limovi se postavljaju sa unutarnje strane konstrukcije i pritežu se zateznim kliještima. Kad je lim dobro pričvršćen i pozicioniran buše se provrti na svakih cca 80mm i stavljaju se blok zakovice (Slika 3.40, Slika 3.41).

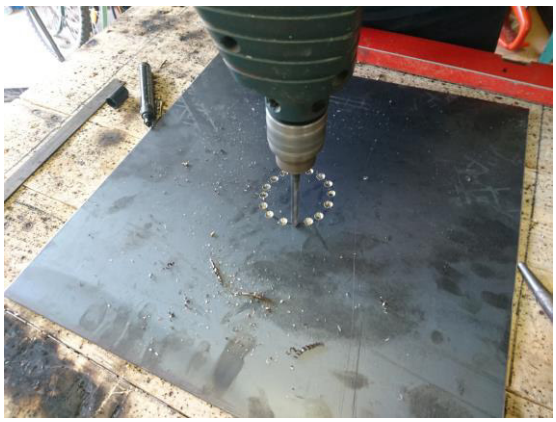
Kada su se svi limovi postavili na gornju konstrukciju sa druge strane će se zavarivati. Zavarivanje će se izvoditi samo mjestimično kako bi se dodatno osigurala stabilnost i funkcija lima (Slika 3.42, Slika 3.43).

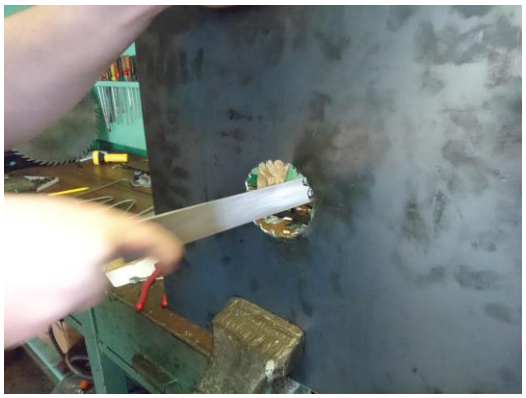
Nakon postavljanja lima na gornjoj strani konstrukcije preostalo je izrezati rubove na ploči lima 530 x 530mm te na ploči 420 x 420mm napraviti provrt Ø 50mm i 4 provrta za vijke. Na ploči 530 x 530mm režu se rubovi 15 x 15mm kako bi lim mogao sjesti sa donje strane konstrukcije (Slika 3.44) a na ploči 420 x 420mm provrt Ø 50mm služit će za usis zraka ispod radne ploče dok će 4 provrta služiti za fiksiranje elektromotora. Kako se radi o dosta velikom provrtu svrdlo za takav provrt nije dostupno. Odlučuje se da se provrt zacrta okruglim predmetom fi 50mm i da se sa više bušenja manjim svrdlom napravi provrt. Bušenje se izvodi sa svrdlom fi 6mm uz prethodno zatočkavanje na svakih 10-12mm duljine kružnoga luka. Nakon bušenja slijedi turpijanje i izbijanje kružnog komada iz lima (Slika 3.45, Slika 3.46, Slika 3.47, Slika 3.48).

Kada je ploča 420 x 420mm pripremljena, ona se fiksira sa donje strane okvira koji je na visini 200mm. Fiksiranje se obavlja pomoću blok zakovica uz prethodno bušenje provrta. Na dužini od 420mm postavljaju se 3 blok zakovice 4,8mm koje su dovoljne da drže ploču za konstrukciju, dakle sveukupno je potrebno 12 blok zakovica 4,6mm(Slika 3.49).

Tablica 6.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.39	Oblaganje nosača grijača	
Slika 3.40	Bušenje i fiksiranje lima	
Slika 3.41	Postavljanje blok zakovica	
Slika 3.42	Mjestimično zavarivanje	

Slika 3.43	Mjestimično zavareni spoj	
Slika 3.44	Rezanje rubova 15 x 15mm	
Slika 3.45	Zacrtani i zatočkani provrt	
Slika 3.46	Bušenje provrta	

Slika 3.47	Turpijanje provrta na točnu dimenziju	
Slika 3.48	Obrađen provrt	
Slika 3.49	Bušenje provrta za blok zakovice	

3.6. Priprema i bojanje konstrukcije

Pri ovom korak izrade uređaja za toplo oblikovanje polimera boja se gornji dio konstrukcije posebnom bojom koja je otporna na visoke temperature, a donji dio se boja drugom vrstom boje koja ne mora biti otporna na visoke temperature. Za gornji dio potrebno je konstrukciju zatvoriti limom, sa kitom za metal popuniti rubove u gornjem dijelu konstrukcije i brusnim papirom pripremiti površinu koja će se bojati. Konstrukciju je potrebno zatvoriti limom da bi se temperatura što više zadržavala u prostoru grijanog dijela. Lim je nabavljen u poduzeću Lexon d.o.o i izrezan je na mjeru 530 x 530mm. Sa lima je potrebno skinuti sloj boje koji bi se kasnije mogao topiti prilikom visokih temperatura (Slika 3.50).

Nakon što je pripremljeni lim za zatvaranje gornjeg dijela konstrukcije nanosi se kit kako bi se lakše, brže i jednostavnije postavio, a tek se onda stavlja lim na vrh konstrukcije. Kit se ostavi da odstoji 4-5 sati i nakon toga se izbrusi brusnim papirom da bude zadovoljena estetika spoja (Slika 3.51, Slika 3.52). Kada je sa lima skinuta boja on se postavlja na vrh konstrukcije i pričvršćuje se blok zakovicama sa pred bušenjem rupa za zakovice 3mm (Slika 3.53, Slika 3.54).

Gornji dio je gotovo spreman za bojanje vatrootpornom bojom samo još prije bojanja slijedi propuhivanje konstrukcije stlačenim zrakom da se ispušu eventualne nečistoće ostale od brušenja brusnim papirom. Kada se konstrukcija propuhala stlačenim zrakom može se krenuti sa kompresorskim prskanjem konstrukcije. Bitno je zaštiti dijelove tijela prije bojanja da slučajno ne bi došlo do udisanja boje. Konstrukcija se postavlja na kolica koja su postolje pri bojanju, prvo se konstrukcija okreće na stranu 180° kontra od uspravnog položaja i ta se strana prvo prska vatrootpornom bojom (Slika 3.55, Slika 3.56).

Druga faza kod bojanja koja slijedi jest bojanje donjeg dijela konstrukcije i kvadratnih nosača. Bojanje se izvodi bijelom bojom koja se direktno nanosi na metal. Bojanje donjeg dijela se izvodi u razmaku od 24 sata od bojanja gornjeg zbog sušenja gornjeg dijela. Nakon što se gornji dio posušio on se omata „stretch“ folijom da ne bi došlo do prskanja bijele boje po njemu (Slika 3.57, Slika 3.58, Slika 3.59).

Tablica 7.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.50	Skidanje sloja boje sa lima brusnim papirom	
Slika 3.51	Nanošenje kita na spojeve	
Slika 3.52	Nanošenje kita oko nosača za grijač	
Slika 3.53	Postavljanje blok zakovica	

Slika 3.54	Gotova gornja ploča	
Slika 3.55	Konstrukcija na postolju prije bojanja	
Slika 3.56	Bojanje konstrukcije	
Slika 3.57	Postavljanje konstrukcije na kolica	

Slika 3.58	Prskanje bojom prvi sloj	
Slika 3.59	Obojana konstrukcija	

3.7. Postavljanje lima na donjem dijelu kućišta, priprema i bojanje

Nakon što se konstrukcija obojala kreće se na izrezivanje i postavljanje limenog okvira oko radne ploče. Limena ploča je kupljena u poduzeću Lexon d.o.o. prema mjerama konstrukcije 530 x 530mm. U limenoj ploči treba odrezati kvadratnu površnu 420 x 420mm da bi dobili okvir koji dolazi oko radne ploče. U kvadratnoj limenoj ploči 0,6mm debljine odrezat će se električnom brusilicom kvadrat 420 x 420mm (Slika 3.60).

Kada se odrezao kvadrat na limu 530 x 530mm potrebno je još odrezati rubove 15 x 15mm da bi lim pasao na postolje. Prilikom montaže lima na postolje došlo je do oštećenja boje (Slika 3.61), da bi se oštećenje saniralo potrebno je još jednom bojati donji dio konstrukcije.

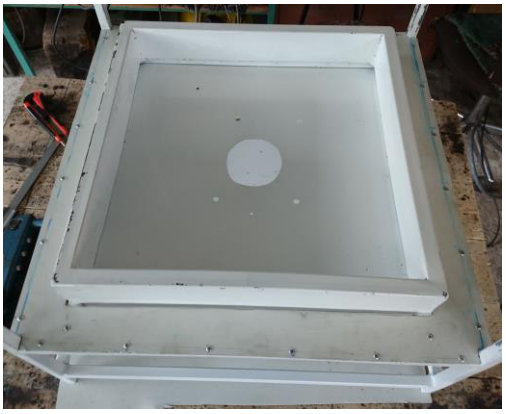
Lim se postavio na konstrukciju i potrebno ga je pričvrstiti. Lim se pričvršćuje pomoću blok zakovica 3mm, u prethodno bušenje provrta. Da bi lim bolje lijegao uz podlogu, blok zakovice se postavljaju na svakih 80-100mm (Slika 3.62, Slika 3.63). Na mjestima gdje je poprečno postavljena kvadratna cijev 15 x 15mm također će se za bolje povezivanje staviti zakovice.

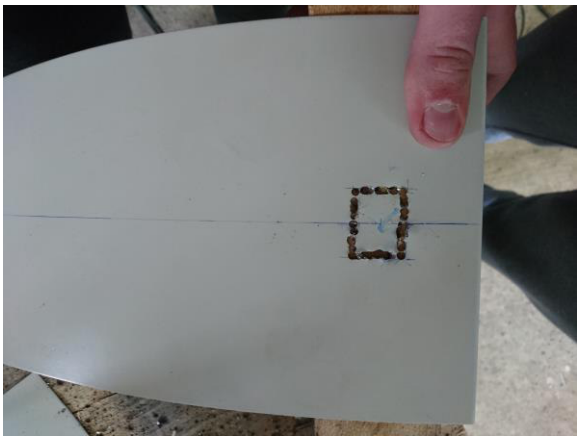
Na limu koji je prethodno postavljen buše se s bočnih strana stroja po dvije rupe Ø12mm kroz koje će prolaziti vodilice za linearne ležajeve. Provrte Ø12mm potrebno je probušiti na istoj udaljenosti od kvadratnog nosača kao što će se pričvrstiti prihvat za vodilice na gornjoj strani stroja da kasnije ne bi došlo do zapinjanja okvira. Kada je ova faza završena oko donjeg dijela postavlja se lim „U oblika“ kako bi se zatvorilo donje kućište. Sa tri strane kućišta je „U oblik lima“, a sa jedne strane se stavlja komad lima dimenzija 530 x 18mm koji je pričvršćen magnetom i bit će ga moguće skidati sa konstrukcije. Limovi su nabavljeni u poduzeću Lexon d.o.o.

Kod ove faze pozicionirani su na lim elektronički sklopovi te im se određuje točna pozicija na limu. U limu se pravi provrti kako bi se izradili utori za elektroničke komponente. Prvo se određuje polovica lima, a zatim se određuje pozicija komponenata (Slika 3.64, Slika 3.65). Za kućište je bitan protok zraka zbog korištenja elektromotora za usisavanje te će se na bočnoj strani „U oblika“ lima postaviti perforirani lim koji će omogućavati izlaz zraka kroz kućište. Perforirani lim se odrezuje iz starog komada lima na dimenzije 330 x130mm (Slika 3.66).

Prema obliku sklopke oblikuje se utor za tu sklopku, naime za sklopku grijača koja je s lijeve strane potrebno je napraviti kvadratni utor kao što vidimo na Slici 3.65. Za sklopku označenu na slici 3.65 sa slovom P potrebni je napravit cilindričan provrt Ø 12mm, a za gljivu provrt Ø22mm. Perforirani lim se postavlja sa unutarnje strane „U oblika“ i pričvršćuje se pomoću 4 vijka sa maticom i pločicom. Zadnja faza u pripremi ovoga „ U oblika“ lima je izrada utora za priključak napajanja koji se izvodi sa nasuprotne strane kod koje je postavljen perforirani lim. Sljedeći korak je postavljanje lima „U oblika“ na konstrukciju. Postavljanje kreće od prednje strane na koju će biti smještene glavne sklopke. Pričvršćivanje se odvija pomoću blok zakovica na svaki 80-100mm dužine i to s lijeva na desno ili obratno kako bi izbjegli boranje lima. I završna faza kod ove operacije je ponovo bojanje cijele donje konstrukcije sa pričvršćenim limovima (Slika 3.67,Slika 3.68, Slika 3.69). Nakon bojanja konstrukcije, na mjestima gdje se spaja okvir sa pločom koja drži elektromotor, postavlja se univerzalni silikon koji će omogućiti da zrak ne izlazi kroz mjesto spoja van nego samo kroz usisni elektromotor (Slika 3.70).

Tablica 8.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.60	Rezanje kvadrata 420 x 420mm	
Slika 3.61	Oštećenja nastala montažom lima	
Slika 3.62	Bušenje provrta za blok zakovice	
Slika 3.63	Postavljene blok zakovice	

Slika 3.64	Zacrtavanje i bušenje provrta	
Slika 3.65	Položaji sklopke, gljive i tro-položajne sklopke	
Slika 3.66	Otvor za protok zraka	
Slika 3.67	Bojanje konstrukcije	

Slika 3.68	Bojanje konstrukcije	
Slika 3.69	Bojanje konstrukcije	
Slika 3.70	Postavljanje silikona na spojevima okvira i ploče 420 x420mm	

3.8. Postavljanje i spajanje elektroničkih komponenti prema elektroničkoj shemi

Kako se uređaj za toplo oblikovanje sastoji od grijača, ventilatora i elektromotora(usisavača) potrebno je izraditi elektroničku shemu spajanja na izmjeničnu struju AC. Elektronička shema prikazuje način i redoslijed spajanja elektroničkih komponenata. Dijelovi od kojih je sastavljena elektronička shema a kasnije uređaj su: sigurnosna gljiva, utikač za šasiju, prekidač ON-OFF-

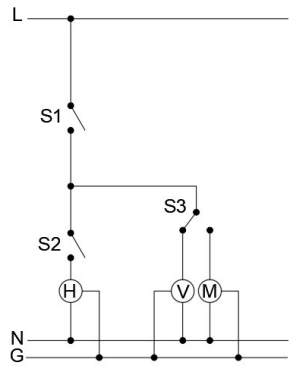
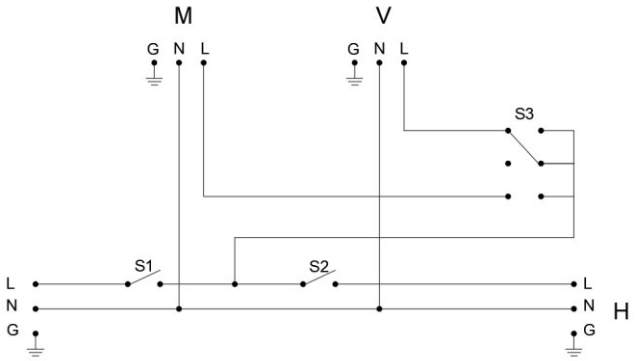
ON, prekidač ON-OFF, grijač, ventilator i elektromotor. Na sljedećoj slici prikazana je jednostavna elektronička shema, ona nam prikazuje pojednostavljeni način spajanja elektroničkih komponenti (Slika 3.71). Na slici ispod (Slika 3.72) prikazan je detaljan način spajanja elektroničkih komponenti, a to je ujedno i shema spajanja elektroničkih komponenti. Na obje elektroničke sheme sa oznakama S1, S2, S3 označene su sklopke i to S1 je označena sigurnosna gljiva, S2 je sklopka za uključivanje grijača dok je sa S3 označena sklopka sa tri položaja koja uključuje ventilator i motor. Glavni vodovi označeni su slovima L, N i G. Sa slovom L označen je fazni vodič, sa N označena je nula, a sa G označeno je uzemljenje (prema engleskoj riječi „ground“). Velika slova M, V i H označavaju trošila odnosno M je elektromotor ili usisavač, V je ventilator, a sa H je označen grijač prema engleskoj riječi „heater“. U nastavku su prikazane pojedine faze spajanja elektroničkih komponenata i pod faze koje su neophodne za spajanje elektroničkih komponenata.

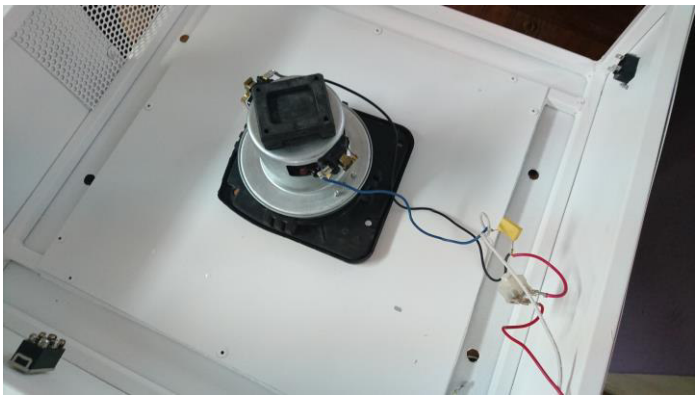
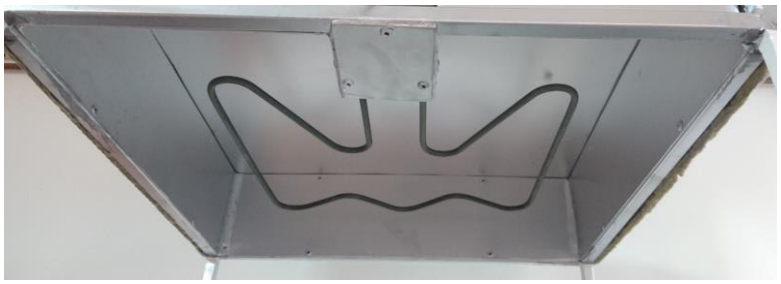
Prvi korak kod postavljanja elektronike je postavljanje sklopki i utikača u utore koji su napravljeni u limu. Sklopke se postave u utor i sa druge strane se stegnu maticom koja je sastavni dio sklopke. Za montažu utikača buše se dva provrta kako bi se samozateznim vijcima pričvrstio utikač (Slika 3.74). Kod pričvršćivanja elektromotora važno je postaviti usisnu stranu elektromotora točno na otvor postolja. Između elektromotora i postolja postavljena je guma, guma služi da bi se umanjile vibracije i da bi se omogućilo brtvljenje spoja. Između elektromotora i čelične ploče stavila se gumena kocka koja također omogućuje da se smanje vibracije tokom rada elektromotora (Slika 3.76). Na kraju se pomoću četiri navojne šipke elektromotor zateže. Kad je elektromotor pritegnut prelazi se na sljedeću fazu kod koje se montira i spaja grijač. Grijač se postavlja na nosač koji je opisan u poglavlju 3.3, on na sebi ima dva vijka koji se pomoću matica stežu na nosač (Slika 3.77).

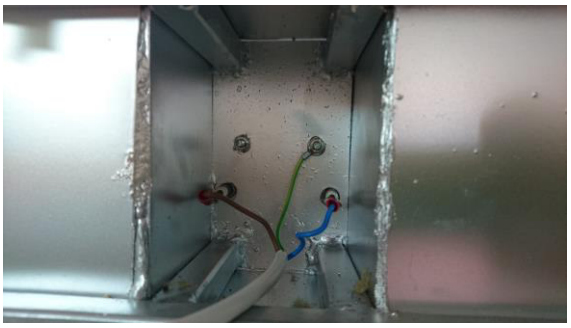
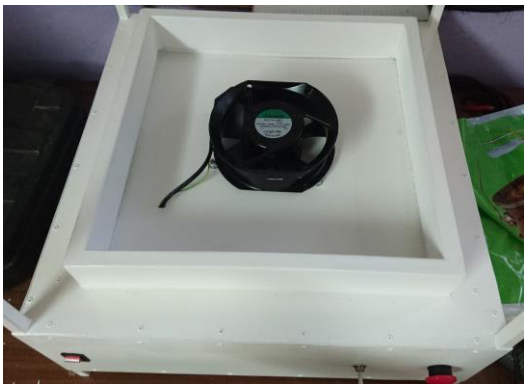
Nakon što je grijač pritegnut na jednom kvadratnom nosaču buše se na vrhu i na dnu provrti koji služe za dovod kabla od izvora napajanja do grijača (Slika 3.78). Kabel se dovodi po kvadratnom nosaču od donjeg dijela kućišta do gornjeg i nakon toga slijedi spajanje kabla na grijač prema elektroničkoj shemi (Slika 3.79). Nakon postavljanja grijača prelazi se na postavljanje ventilatora. Ventilator se pričvršćuje za postolje pomoću dva vijka sa maticom. Na ventilatoru su već predviđeni provrti koji će služiti za fiksiranje ventilatora, samo je potrebno prethodno napraviti provrte na postolju. Neophodno je napraviti provrt na postolju kroz koji se dovodi vodič za napajanje iz donjeg dijela postolja (Slika 3.80).

Sad kad su sve aktivne elektroničke komponente postavljene na konstrukciju slijedi spajanje prema elektroničkoj shemi (Slika 3.81).

Tablica 9.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.71	Jednostavna elektronička shema	
Slika 3.72	Principna shema spajanja elektroničkih komponenti	
Slika 3.73	Postavljene sklopke na lim	
Slika 3.74	Utikač za šasiju	

Slika 3.75	Postavljanje elektromotora na postolje	
Slika 3.76	Pričvršćivanje elektromotora čeličnom pločom i navojnom šipkom	
Slika 3.77	Pritezanje, pozicioniranje grijača	
Slika 3.78	Provrt za dovod kabla	

Slika 3.79	Spajanje kabla na izvode iz grijača	
Slika 3.80	Postavljanje ventilatora	
Slika 3.81	Elementi spojeni prema elektroničkoj shemi	

3.9. Postavljanje i izoliranje gornjeg dijela kućišta uređaja

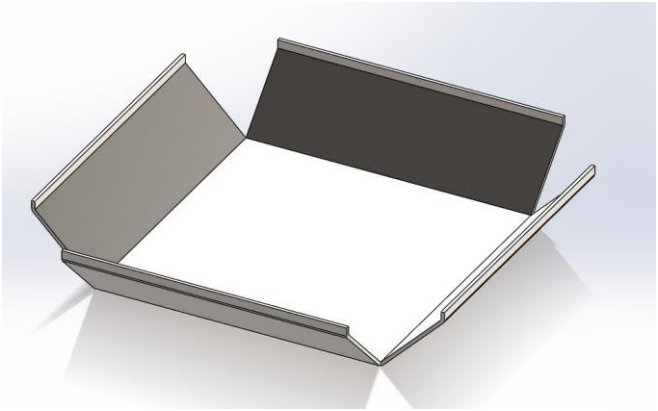
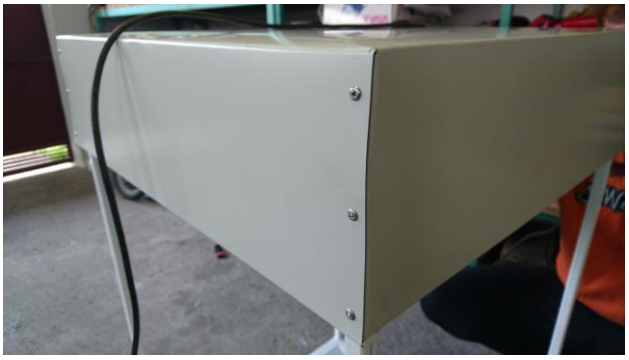
Gornji dio bit će najtopliji dio uređaja te ga je potrebno izolirati kako rukovatelj uređajem ne bi bio izložen zagrijavanju i ne bi dobio tjelesne povrede. Gornji dio se izolira sa pet strana staklenom vunom. Jedini dio koji će ostati neizoliran jest dio koji je otvoren prema ostatku uređaja tj. dio koji će grijati polimer. Staklena vuna od 25mm koristi se za izolaciju. Staklena vuna se reže prema dimenzijama kućišta sa 15mm dodatka na tu dimenziju kako bi došlo do

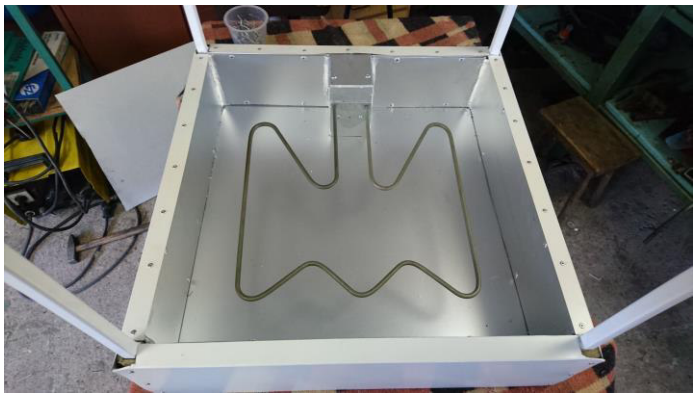
preklapanja spoja (Slika 3.82, Slika 3.83, Slika 3.84). Po završetku oblaganja kućišta staklenom vunom postavlja se kapa od lima debljine 0,6mm sa savinutim rubovima. Kada je vuna odrezana prema mjerama konstrukcije, vuna se odrezuje po cijeloj dužini 30mm od gornjeg ruba i 15mm od bočnih i krajnjih rubova do pola dužine širine. Ovaj korak se izvodi da bi se postiglo da vuna sjedne u okvir konstrukcije koji je prikazan na slici (Slika 3.84). Kapa od lima kupljena je u poduzeću Lexon d.o.o i savijena je prema crtežu (Slika 3.86). Kapa se pričvršćuje blok zakovicama na konstrukciju (Slika 3.87, Slika 3.88, Slika 3.89).

Blok zakovice se postavljaju na svakih 80mm da bi se lim dobro spojio sa površinom bez ikakvih ispupčenja.

Tablica 10.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.82	Rezanje staklene vune prema mjerama konstrukcije	
Slika 3.83	Rezanje rubova vune	
Slika 3.84	Postavljanje na konstrukciju	

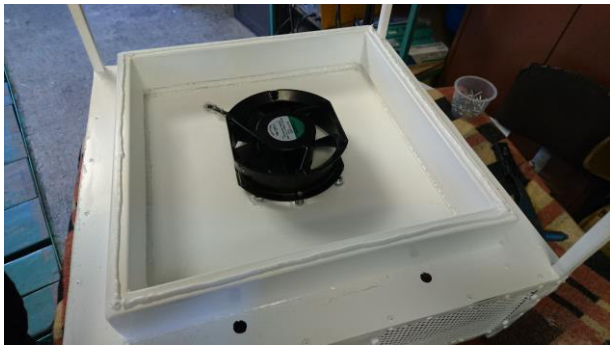
Slika 3.85	Postavljena vuna	
Slika 3.86	Limena kapa	
Slika 3.87	Postavljena kapa na staklenu vunu	
Slika 3.88	Postavljanje blok zakovica na rubovima	

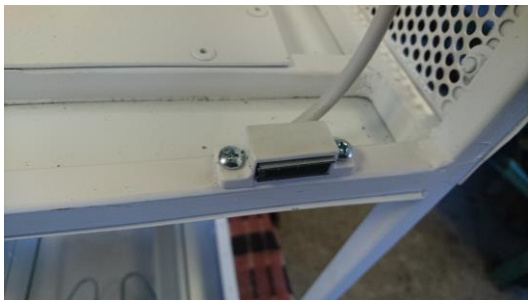
Slika 3.89	Pričvršćivanje lima blok zakovicama na donjem dijelu okvira	

3.10. Postavljanje perforiranog lima, termometra i magneta za držanje bočne stranice

Kod ovog koraka prikazan je način pričvršćivanja perforiranog lima, termometra i bočne strane kućišta. Perforirani lim se stavlja na okvir koji je opisan u poglavlju 3.2. Potrebno je pripremiti mjesto na koji dolazi perforirani lim i to na način da se lim postavi na okvir i zacrta se mjesto bušenja. Lim se buši istovremeno sa okvirom i na mjesto bušenja se stavljaju blok zakovice Ø 4,6mm. Prije nego se lim pričvrsti blok zakovicama između lima i okvira stavlja se sloj silikona kako bi se brtvio spoj (Slika 3.90, Slika 3.91).

Tablica 11.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.90	Postavljeni silikon za brtvljenje spoja	

Slika 3.91	Postavljen perforirani lim	
Slika 3.92	Postavljanje termometra na gornje kućište	
Slika 3.93	Postavljanje magneta na desnoj strani	
Slika 3.94	Postavljanje magneta lijevoj strani	

Slika 3.95	Postavljeni magneti	

Zbog ispitivanja stroja sa polimerima potrebno je postaviti termometar koji će mjeriti temperaturu prostora grijanog dijela. Kod odabira termometra pojavila se nedoumica oko duljine sonde, oko mjernog područja i vrsti termometra (analogni ili digitalni). Digitalni termometar je puno lakše čitljivi od analognog ali je i cijena drastično veća, te je zbog ograničenosti novčanih sredstava odabran analogni termometar. Analogni termometri dolazi u izvedbi sa mjernim područjem od 300°C i 500°C i sa sondom duljine 15mm, 200mm i 300mm. Kako je u uređaj ugrađen grijač „Končar 1550W“ koji nakon određenog vremena u uključenom stanju može postići temperature do 270°C odabire se analogni termometar sa mjernim područjem do 500°C. Debljina stjenke kroz koju je potrebno provesti termometar je 27,6mm (0,6mm debljina lima + 2mm debljina lima sa unutarnje strane + 25mm debljina vune) pa je dužina od 200mm sonde dovoljna da detektira o kojoj se temperaturi radi (Slika 3.92). Termometar se postavlja na način da se prvo probuši provrt kroz stjenku istog promjera kao i sonda, na sredini visine gornjeg lima te se malo zamakne u desnu stranu, nakon toga termometar se premaže silikonom na dijelu gdje će se fiksirat sa vanjskim dijelom lima. Kada je provrt probušen i termometar premazan silikonom sa ljepljivom trakom termometar se pritisne uz lim i ostavi se da odstoji 24h nakon čega se traka skida.

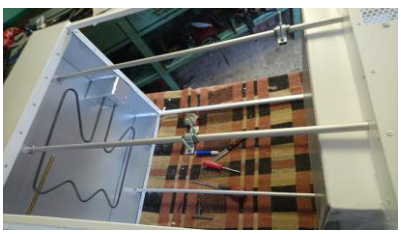
Donje kućište sa tri strane zatvoreno je sa limom „U oblika“, jedan dio koji će se moći otvarati je ostavljen otvoren. Dio koji se otvara pričvrstit će se magnetima za namještaj. Sa gornje i donje strane donjeg kućišta postavljaju se po tri magneta koji su dovoljni da drže limeni poklopac dimenzija 530 x 180mm. Magneti se fiksiraju sa dva samozatezna vijka Ø4,8mm uz prethodno bušenje provrta Ø4mm (Slika 3.93, Slika 3.94, Slika 3.95).

3.11. Pozicioniranje vodilica i zatvaranje kućišta

Kod pozicioniranje vodilica vrlo je bitno vodilice postaviti okomito na radnu ploču te na jednakim razmacima lijevi i desni par vodilica. Postupak postavljanja vodilica se sastoji od postavljanja uređaja na bočnu stranu, odmjeravanja i pozicioniranja držača za vodilicu te bušenja provrta i pritezanja držača i vodilica za držač. Prvi korak jest da se odmjeri dužina od kvadratne šipke do sredine provrta koji je ostavljen pokraj radne ploče na limenom okviru i ta se dimenzija prenese na gornji dio konstrukcije. Potrebno je točno i precizno odrediti tu dimenziju da kasnije ležajevi ne bi zapinjali tokom klizanja po vodilici. Kada se ta dimenzija točno odredila vodilica se steže u držač i pozicionira se u tu točku, držač se fiksira te se buše provrti Ø4mm sa svake strane držača. Nakon što su se izbušili provrti držač se zateže samozateznim vijcima Ø4,8mm sa upuštenim glavama (Slika 3.96, Slika 3.97). Taj korak se ponovi četiri puta za sve četiri vodilice. Vodilica je sa donje strane pričvršćena sa poklopcem koji zatvara kućište odozdo.

Kućište se zatvara sa donje strane limom 2mm i dimenzijama 530 x 530mm kojem su odrezani rubovi 15 x 15mm te je zaštićeno bijelom bojom. Lim se postavlja na kućište i buše se provrti Ø4mm preko lima i konstrukcije. Provrti se buše na dva mjesta na dužini 530mm i to prvi provrt na svakih 17mm. Lim se fiksira za konstrukciju samozateznim vijcima Ø4,8mm koje je moguće po želji demontirati i otvoriti kućište sa donje strane uređaja (slika 3.98).

Tablica 12.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.96	Postavljanje vodilica sa držačem	
Slika 3.97	Postavljene sve četiri vodilice	

Slika 3.98	Lim 2mm pričvršćen sa donje strane	

3.12. Izrada okvira za pritezanje polimera

Okvir koji će služiti za pritezanje polimera se sastoji od dva glavna dijela od kojeg je jedan nepomičan dok je drugi na šarniru i može se otvarati. Okvir za pritezanje polimera se izrađuje prema dimenzijama postolja na kojoj je perforirani lim. Između postolja i okvira sa bočnih strana mora biti zračnost da ne bi prilikom upotrebe došlo do zapinjanja. Okvir se izrađuje od aluminijskog kutnog profila koji se reže na odabranu dimenziju. Aluminijski profil se steže na škripac, reže se na dimenziju 430mm i na rubovima se odrežu kutovi pod 45° (Slika 3.99).

Po završetku rezanja aluminijskih profila isti se postavljaju na postolje te se provjerava točnost spajanja kutova. Kada se kutovi podudaraju prelazi se na sljedeću fazu kod koje se buše provrti za zatezanje linearnih ležajeva. Aluminijski profil se postavlja na postolje i zacrtava se područje na kojem treba izbušiti provrte za vijke (Slika 3.100, Slika 3.101). Kada se izbuše rupe za pritezanje linearnih ležajeva aluminijski profili se postave na postolje te se zacrtava i spaja okvir metalnim kutnim profilima. Metalni kutni profili se pričvršćuju sa četiri vijka i maticom na svakome uglu (Slika 3.102). Po završetku pritezanja metalnih profila na rubovima ručnom pilom odrezuje se višak vijka koji bi mogao smetati tijekom rada uređaja (Slika 3.103).

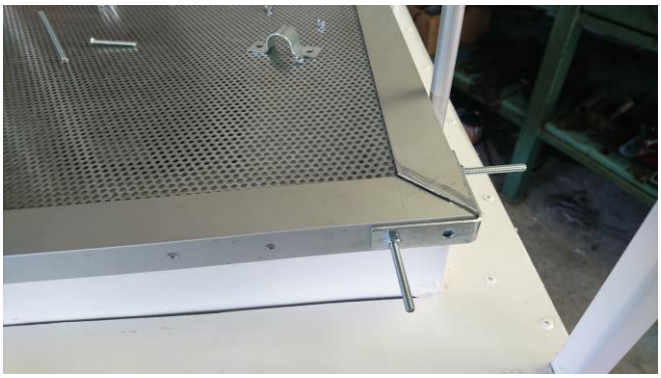
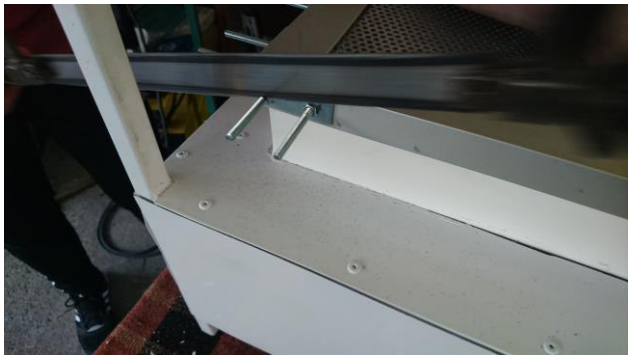
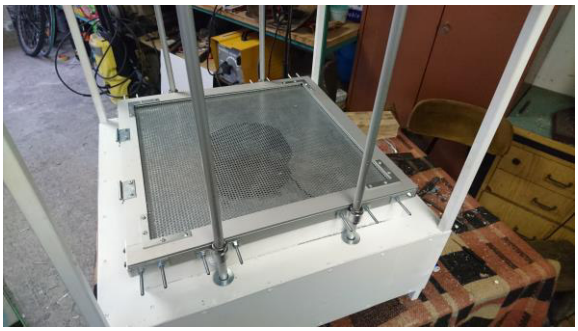
Kad je donji dio aluminijskog okvira sastavljen prema donjem dijelu izrezuje se gornji dio okvira koji se spaja metalnim „L spojnicama“ po unutarnjim rubovima gornjeg okvira. Gornji i donji dio se spaja metalnim šarnirima tako da se gornji dio može otvarati kao „prozorsko krilo“(Slika 3.104). „L spojnice“ pričvršćuju se malim vijcima te se višak odrezuje sa kliještima.

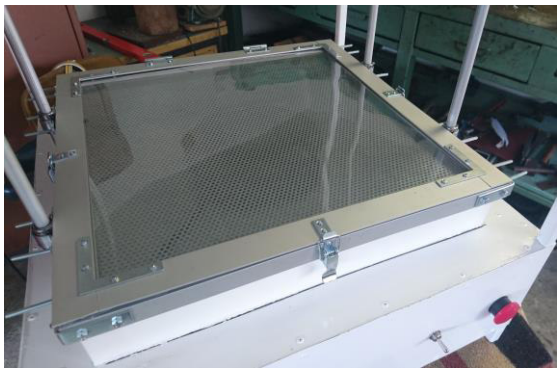
Na aluminijski okvir se montiraju zasuni za kovčeg (Slika 3.105) kako bi se omogućilo što bolje stezanje polimernog materijala unutar okvira. Zasun za kovčeg se sastoji od dva dijela jedan dio koji je fiksni i drugi dio koji je pomičan. Fiksni dio se stavlja na gornji dio okvira dok se pomičan dio stavlja na donji dio okvira s bočne strane. Oba dva dijela se zatežu pomoću dva vijka (Slika 3.106).

Prilikom postavljanja vodilica i nakon što je kompletiran aluminijski okvir došlo je do zapinjanja pojedinih ležajeva te je potrebno izbrusiti vodilice da bi vodilice lakše klizile po njima. Brušenje se odvija na tokarskom stroju, vodilica je stegnuta u zateznu glavu te se upotrebom brusnog papira skida dio materijala koji je problematičan (Slika 3.107).

Tablica 13.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.99	Rezanje aluminijskih profila pod kutom od 45°	
Slika 3.100	Zacrtavanje aluminijskog profila prema ležajevima	
Slika 3.101	Bušenje provrta i upuštanje provrta	

Slika 3.102	Postavljanje kutnog profila na uglovima	
Slika 3.103	Odrezivanje viška vijka na spojevima	
Slika 3.104	Spojeni donji i gornji dio aluminijskog okvira	
Slika 3.105	Zasun za kovčeg	

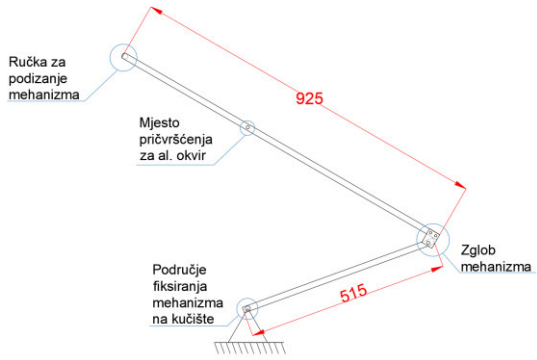
Slika 3.106	Kompletirani aluminijski okvir za fiksiranje polimera	
Slika 3.107	Brušenje vodilica na tokarskome stroju	

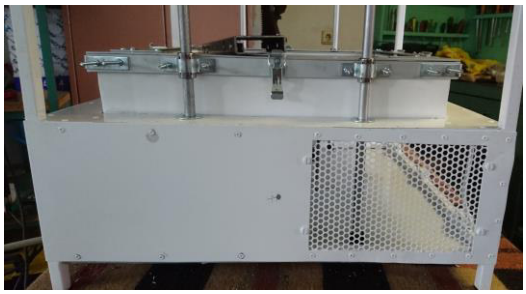
3.13. Izrada mehanizma za podizanje/spuštanje okvira

Kod izrade mehanizma kreće se od skice koja je napravljena prostoručno, a zatim u Autocad-u. Skica prikazuje fiksna i pokretna mjesta mehanizma, mjesto fiksiranja i povezivanja na aluminijski okvir (Slika 3.108).

Prvi korak kod izrade mehanizma je napraviti držače koji služe za fiksiranje na okvir. Držači se postavljaju tako da se mehanizam odmakne od sklopa za zatvaranje aluminijskog okvira. Kako je ostalo pravokutnih profila 60 x 20mm od izrade okvira, oni se koriste za izradu ovih držača. Držači se režu na dužinu 300mm te se sa svake strane odmjerava 80mm koji ostaju za pričvršćivanje na aluminijski okvir. Iz sredine čeličnog profila izrezuje se pravokutni oblik 140 x 45mm da se može pristupiti sklopu za zatvaranje okvira. Držačima se sa bočnih strana buše provrti kako bi se mogli zategnuti vijci koji spajaju okvir i držač (Slika 3.109, Slika 3.110, Slika 3.111).[9]

Tablica 14.

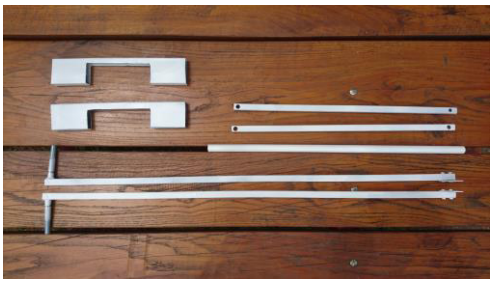
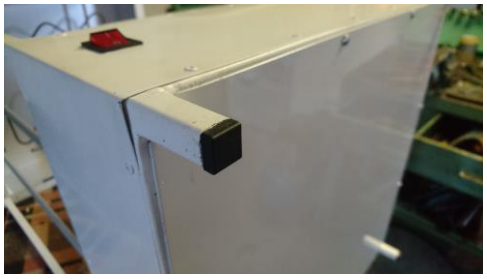
Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.108	Skica mehanizma	
Slika 3.109	Zacrtavanje čeličnog pravokutnog profila na 300mm	
Slika 3.110	Izrezan pravokutni profil	
Slika 3.111	Postavljen držač na okvir	

Slika 3.112	Bušenje provrta za oslonac mehanizma	

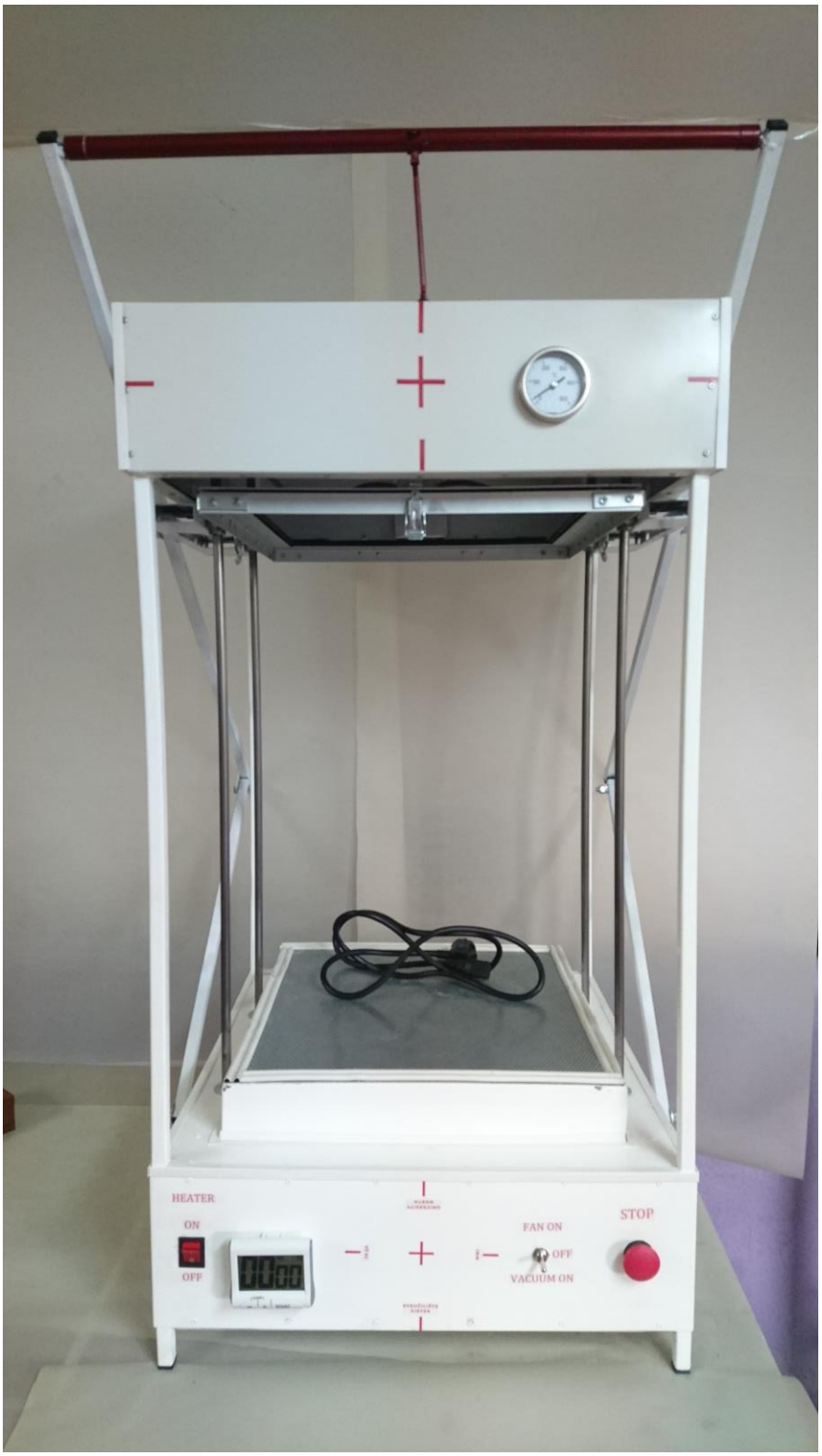
Kada je držač fiksiran na okvir kreće se sa bušenjem provrta na sredini držača i na istom mjestu u vertikalnom smjeru na donjem dijelu kućišta (Slika 3.112). Kada su se izbušili provrti i postavili vijci u provrte, krenulo se sa pokusom ispitivanja funkcioniranja mehanizma sa improviziranim drvenim letvicama (Slika 3.113). Pokus se pokazao jako dobar te se izrezuju cijevi od kvadratnih čeličnih profila 15 x 15mm na dužinu prema crtežu iz Autocad-a (Slika 3.114) te se nakon toga svi dijelovi prskaju zaštitnom bojom (Slika 3.115). Nakon sušenja boje svi dijelovi se montiraju na uređaj koji je spreman za daljnje ispitivanje polimera pri različitim temperaturama.

Tablica 15.

Broj slike	Naziv slike	Slika
Slika 3.113	Pokus funkcioniranja mehanizma sa drvenim letvicama	
Slika 3.114	Izrezani dijelovi mehanizma	

Slika 3.115	Dijelovi mehanizma zaštićeni bojom	
Slika 3.116	Postavljanje plastičnih čepova na noge uređaja	

3.14. Slika uređaja za toplo oblikovanje polimera



Slika 3.117 Kompletiran uređaj za toplo oblikovanje polimera sa naljepnicama i oznakama

4. Tablica korištenih dijelova

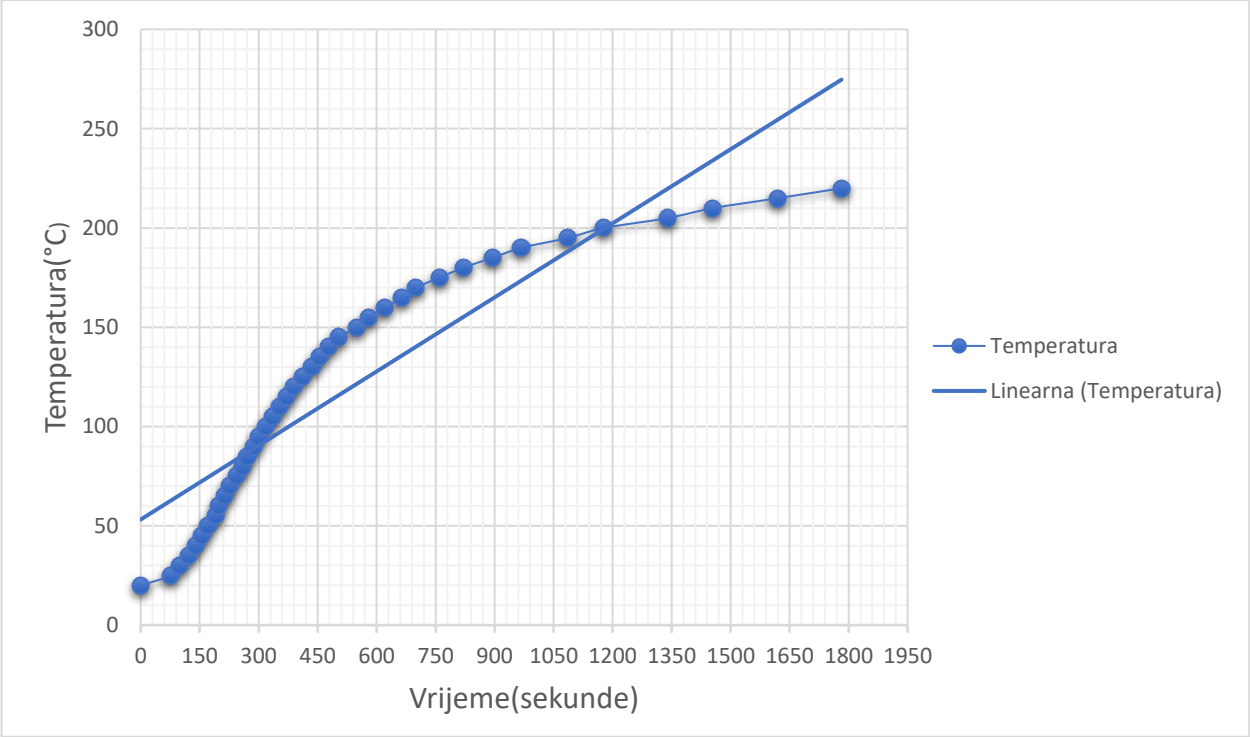
Tablica 16.

NAZIV ARTIKLA	KOLIČINA	CIJENA	TRGOVINA	DATUM KUPNJE	IZNOS
4CR sito za boju 76000.0190	1	1	S-color d.o.o.	17.5.2017	1
6-Kutna matica	0,026	239,9	BAUHAUS VARAŽDIN	22.5.2017	6,2374
6-Kutna matica	0,037	239,9	BAUHAUS VARAŽDIN	6.6.2017	8,8763
6-Kutna matica M10	0,048	159,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	7,6752
6-Kutna matica M8	0,064	139,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	8,9536
6-Kutni vijak DIN 96	0,164	69	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	11,316
Blok zakovica DIN 7337 A 4.8 x 10 FE	40	0,35	"MEGASPEL" d.o.o.	19.4.2017	14
Blok zakovica DIN 7337 A 4.8 x 10 FE	0,3	35	"MEGASPEL" d.o.o.	9.5.2017	10,5
Bužir termo 6,4-3,2mm 1m crni	2	8,9	A/D ELECTRONIC d.o.o.	24.4.2017	17,8
Cijevna spojnica 19x	4	15,9	BAUHAUS VARAŽDIN	24.4.2017	63,6
CK 15 x 15 x 1,5	4	40,4	"MATREX" d.o.o.	27.6.2017	161,6
Digitalna štoperica	1	60,85	NONVOY	9.7.2017	60,85
Držač cijevi 20	4	3,72	MEĐIMURKA BS d.o.o.	24.4.2017	14,88
EGALIN pokrivna boja 0,2l	1	22,6	S-color d.o.o.	27.4.2017	22,6
EGALIN pokrivna boja BIJELA 0,75l	1	66,3	S-color d.o.o.	15.5.2017	66,3
Elkosirana okruga šipka	2	32,9	BAUHAUS VARAŽDIN	24.4.2017	65,8
FOM ČEP PVC 20x20	5	0,5	MEĐIMURKA BS d.o.o.	7.6.2017	2,5
GLISS solair-ext. 1m	1	53,34	Pevec d.d.	5.6.2017	53,34
Grijač peći Končar 1550W	1	56	Frigo & Co d.o.o.	11.4.2017	56
Guma za brtvljenje	1	31,8	BAUHAUS VARAŽDIN	5.7.2017	31,8
Hvatač Magnet bijeli	4	7,9	Pevec d.d.	22.5.2017	31,6
Hvatač Magnet bijeli	2	5,9	Pevec d.d.	5.6.2017	11,8
Kabel PPL 3x0,75mm2 bijeli	4	3,3	A/D ELECTRONIC d.o.o.	11.5.2017	13,2
Kabel za ventiltore 1m	1	19,5	A/D ELECTRONIC d.o.o.	24.4.2017	19,5
Kapa klizna PVC Crna 15 x 15mm	14	1	Pevec d.d.	29.6.2017	14
Kape plastične, crne	1	11,9	BAUHAUS VARAŽDIN	24.4.2017	11,9
Karoseriska podloška pocinčana 13,0 x 30mm	6	1,484	BAUHAUS VARAŽDIN	26.5.2017	8,904
KH1228PPMTM Ležaj linaerni KH 1228	4	21,35	TRGO-AGENCIJA d.o.o.	20.4.2017	85,4
Križni vijak Din 9	0,035	99	BAUHAUS VARAŽDIN	22.5.2017	3,465
Križni vijak Din 9	0,114	99	BAUHAUS VARAŽDIN	6.6.2017	11,286
Kutni profil od aluminija	2	25,9	BAUHAUS VARAŽDIN	27.4.2017	51,8
Kutnik 50x 15mm	4	2,1	BAUHAUS VARAŽDIN	27.4.2017	8,4
Kvadratna cijev CK 15x15 x1,5	4	9,6	"MATREX" d.o.o.	13.4.2017	38,4
Kvadratna cijev CK 15x15 x1,5	4	9,6	"MATREX" d.o.o.	19.4.2017	38,4
LIST PILE 20mm MET.	1	9,9	Pevec d.d.	5.6.2017	9,9
LUXAL NITRO Razrijeđivač	1	17,50	BAUHAUS VARAŽDIN	8.5.2017	17,5
Matica DIN 934 M2 KL. 8 ZN	0,25	6,5	"MEGASPEL" d.o.o.	7.6.2017	1,625
Matica DIN 934 M2.5 KL. 8 ZN	30	0,055	"MEGASPEL" d.o.o.	27.4.2017	1,65
Matica šesterokutna pocinčana	8	0,5	BAUWELT d.o.o.	11.4.2017	4
Naljepnica PVC proz.21x21cm	3	25	NUVOLA J.D.O.O.	6.9.2017	75
Navojna šipka M8 1000mm pocinčana	1	5,99	BAUWELT d.o.o.	11.4.2017	5,99
Okrugli profil, ALU, srebr.eloks. Ø12/1m	2	37,9	BAUWELT d.o.o.	24.4.2017	75,8
Pattex Univerzalni silikon bijeli 280ml	1	18,5	S-color d.o.o.	15.5.2017	18,5
Perforirani pocinčani lim fi 3/1,0 x 415 x 415; t=5,2 Dijagonalno	1	168,75	LIM-MONT d.o.o.	17.5.2017	168,75
Pločica natpisna PVC	1	50	Nin-ekspres radionica	6.9.2017	50
Plosnati profil od aluminija	2	24,9	BAUHAUS VARAŽDIN	27.4.2017	49,8
Podloške pocinčane	8	0,5	BAUWELT d.o.o.	11.4.2017	4
Poliesterski kit	1	39,9	BAUHAUS VARAŽDIN	8.5.2017	39,9
Pravokutna cijev CP 60 x 20 x 2	15	7,35	"MATREX" d.o.o.	27.4.2017	110,25
Prekidač KIP ON-OFF-ON TSP 250V 10 A 2X3pin	1	19,5	A/D ELECTRONIC d.o.o.	24.4.2017	19,5
Prekidač vaga ON-OFF 2x2pin 16A 250V s titnj.crveni	1	25	A/D ELECTRONIC d.o.o.	22.5.2017	25
Profilirani lim rs 12,5 pcb m	1,59	15,2	LEXON d.o.o.	11.5.2017	24,168
Profilirani lim rs 60 pcb m	0,53	43	LEXON d.o.o.	11.5.2017	22,79
Profilirani lim rs 75 pcb m	0,53	54,79	LEXON d.o.o.	11.5.2017	29,0387
Profilirani lim rs 90 pcb m	0,885	67,5	LEXON d.o.o.	12.5.2017	59,7375
PVC kutni profil bijeli 1m	2	4,99	BAUHAUS VARAŽDIN	26.5.2017	9,98
Samonarezni vijak DI	0,035	161,9	BAUHAUS VARAŽDIN	30.5.2017	5,6665
Samonarezni vijak ZYLKO	0,033	163,9	BAUHAUS VARAŽDIN	30.5.2017	5,4087
SATACOLOR 9010 BIJELI SJAJNI LAK	1	29,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	29,9
SB Kopce za škrinje pocinčane	1	14,99	BAUHAUS VARAŽDIN	26.5.2017	14,99
SIA FC vodo.brus 230 x 280mm P320	2	3,3	S-color d.o.o.	17.5.2017	6,6

NAZIV ARTIKLA	KOLIČINA	CIJENA	TRGOVINA	DATUM KUPNJE	IZNOS
Sigurnosna matica	0,024	139,9	BAUHAUS VARAŽDIN	5.7.2017	3,3576
Sigurnosna matica M10	0,022	149,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	3,2978
Sigurnosna matica M8	0,025	139,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	3,4975
Silikon za brtvljenje, univerzalni	1	15,14	TRGO-AGENCIJA d.o.o.	20.4.2017	15,14
SK 12MTM Nosač za linearnu vodilicu	4	12,7	TRGO-AGENCIJA d.o.o.	20.4.2017	50,8
Spojnica 40x 40mm	1	16,9	BAUHAUS VARAŽDIN	27.4.2017	16,9
Stopica natična 4,8 x0,8 1,5mm2 izolirana	10	0,7	A/D ELECTRONIC d.o.o.	11.5.2017	7
Stopica viličasta M4 1,5mm2 izolirana	4	0,7	A/D ELECTRONIC d.o.o.	11.5.2017	2,8
Svrdlo HSS-G DIN 338 Ø 2,5 x 57	1	2,6	"MEGASPEL" d.o.o.	27.4.2017	2,6
Svrdlo HSS-G DIN 338 Ø 4,8 x 86 RUKO	0,01	870	"MEGASPEL" d.o.o.	7.6.2017	8,7
Taster PB 22-4 11 NO/NC; gljiva;	1	77	A/D ELECTRONIC d.o.o.	11.5.2017	77
Termometar max. 500°C ,štapna sonda 200mm	1	250	MATING d.o.o.	9.5.2017	250
Toplostat hgt 0,2l	1	30	S-color d.o.o.	27.4.2017	30
Traka Brt.P-BI6M/4MM	1	20,99	Pevec d.d.	22.5.2017	20,99
TV lim 2.00 x1000 x 2000 S235JR	16	7,74	MIP WEYLAND d.o.o.	19.4.2017	123,84
Utikač 220V 10A EURO za šasiju	1	6,8	A/D ELECTRONIC d.o.o.	24.4.2017	6,8
Ventilator 230V 172x151x51 343m³/h 51dB kugl. SUNON	1	239	A/D ELECTRONIC d.o.o.	24.4.2017	239
Vezni element 60x10	1	13,9	BAUHAUS VARAŽDIN	27.4.2017	13,9
Vezni metalni element	4	1,9	BAUHAUS VARAŽDIN	24.4.2017	7,6
Vijak CIL.GL.DIN 7985 M 2 X 8 ZN	0,25	25	"MEGASPEL" d.o.o.	7.6.2017	6,25
Vijak CIL.GL.DIN 7985 M 2,5 X 20 ZN	30	0,28	"MEGASPEL" d.o.o.	27.4.2017	8,4
Vijak DIN7504-0	0,027	139,9	BAUHAUS VARAŽDIN	30.5.2017	3,7773
Vijak Šesterokutni-D	0,149	79	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	11,771
Vijak udesni DIN 933 M 10 x 70 8.8ZN	0,02	160	"MEGASPEL" d.o.o.	30.6.2017	3,2
Vijak/6Kutni DIN93	0,13	79,9	BAUHAUS VARAŽDIN	29.6.2017	10,387
Zaobljeni štap 10mm	2	14,9	BAUHAUS VARAŽDIN	5.7.2017	29,8
Zasun za kovčeg 30 2/1	2	24,94	MDV PLUS d.o.o.	7.6.2017	49,88
				UKUPNO:	2925,816

5. Ispitivanje utjecaja temperature prerade na postupak

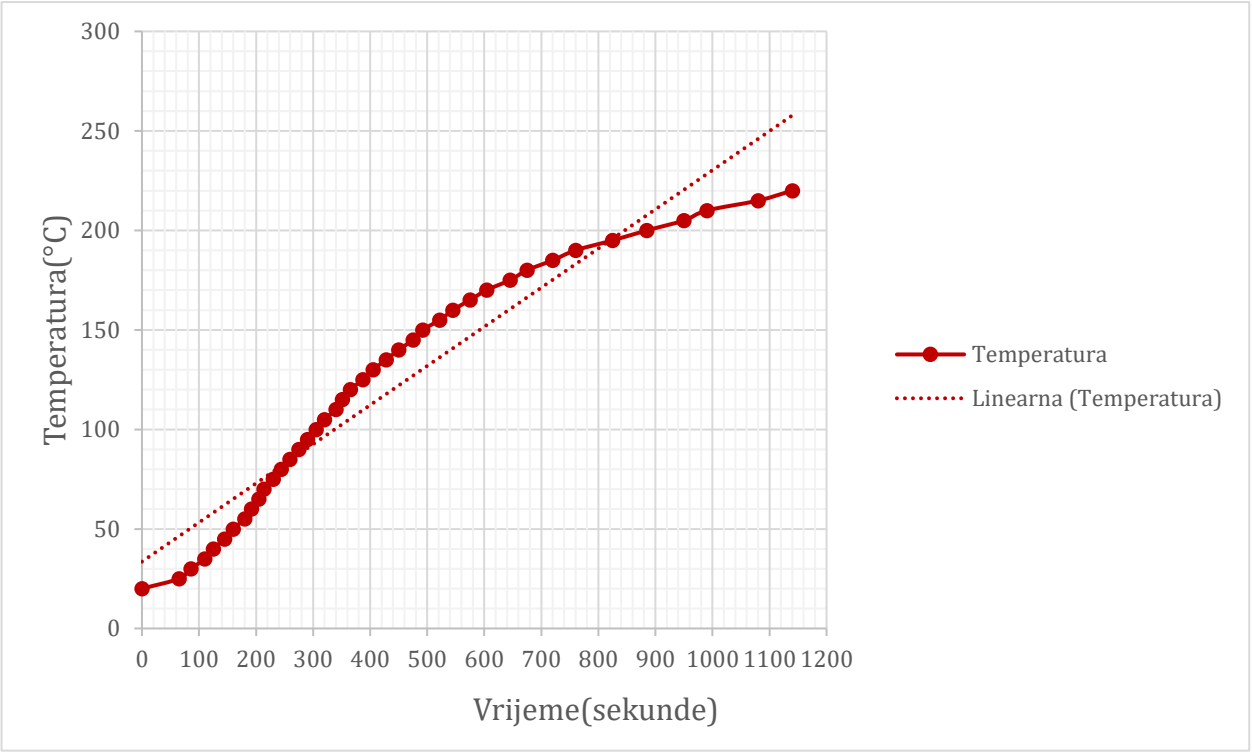
Testiranje na uređaju se izvodi kod sedam različitih temperatura uz fiksno vrijeme izlaganja polimera relativno visokim temperaturama. Vrijeme izlaganja polimera temperaturi je konstantno i iznosi t=300s. Testiranje se izvodi na polimeru PVC za toplo oblikovanje. Prvo izlaganje tj. testiranje odvija se na 210°C, svakim testiranjem temperatura se diže za 10°C i izvodi se vakuumiranje. Zadnje testiranje izvodi se na 270°C također uz konstantno vrijeme od t=300s. U nastavku je prikazan grafikon promjene temperaturne vrijednosti kod uređaja u odnosu s vremenom kada sa donje strane nema polimera koji bi zadržavao temperaturu.



Grafikon 1 – Promjena temperature grijanog prostora uređaja u ovisnosti s vremenom (Izvor: vlastita izrada)

Iz grafikona je vidljivo da je potreban period kada se zagrije grijač od početne temperature od 20°C do temperature blizu 30°C, nakon toga temperatura se povećava linearno do vrijednosti 130°C nakon koje počinje lagano padati uz sve duža vremenska razdoblja. Grijač postigne maksimum od 220°C nakon 1800 sekundi (30 min) ispitivanja poslije kojeg vremena se temperatura bitno ne mijenja.

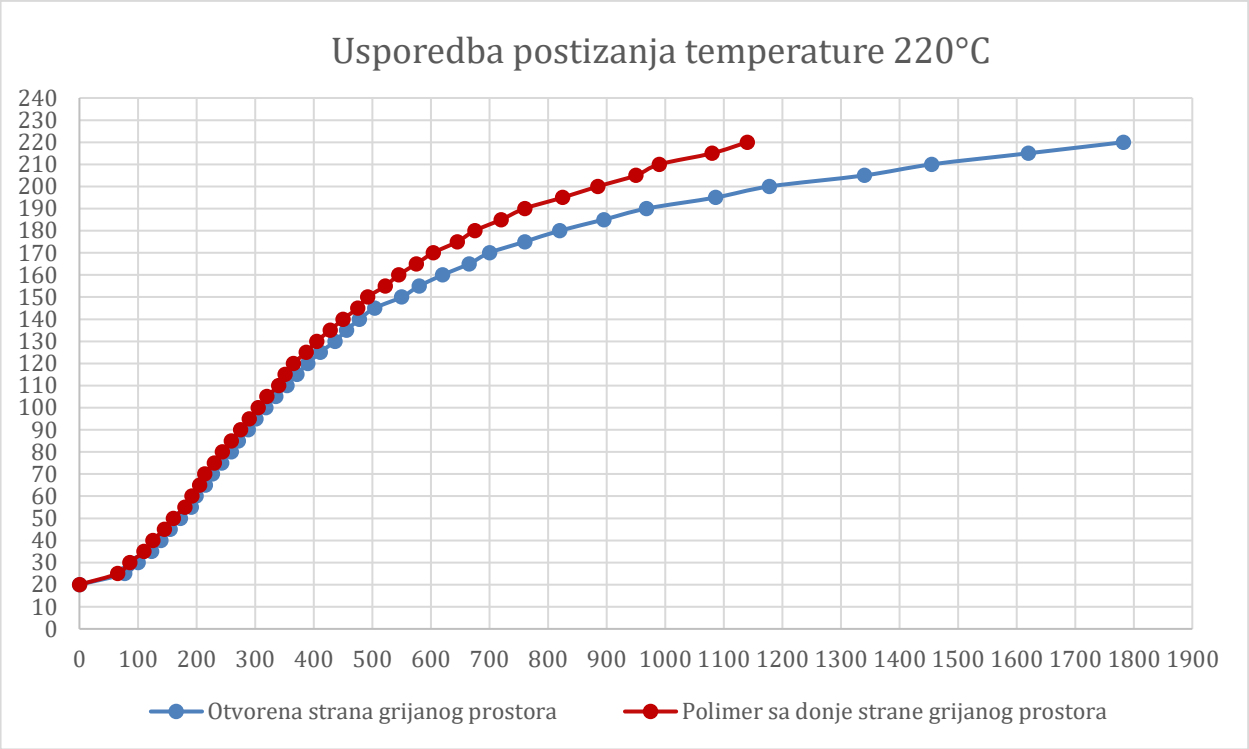
Sljedeći grafikon prikazuje ovisnost temperature grijanog prostora i vremena, ali s naznakom da su sve strane grijanog prostora zatvorene.



Grafikon 2 – Promjena temperature grijanog prostora uređaja u ovisnosti s vremenom uz sve zatvorene strane grijanog prostora
(Izvor: vlastita izrada)

Iz grafikona je moguće očitati da je potreban period kod kojeg grijač počinje grijati i iznosi 65 sekundi. Temperatura se od 30°C pa do 130°C povećava linearno nakon koje počinje blago padati do temperature od 220°C. Nakon temperature od 150° vidi se da je potrebno sve više vremena da bi se prostor grijanja zagrijao za 5°C.

U sljedećem grafikonu prikazana je usporedba dvaju prethodnih koji predstavljaju zagrijavanje grijanog dijela uređaja kroz vremenski period.



Grafikon 3 – Usporedba postizanja temperature 220°C kada je donja strana grijanog prostora zatvorena polimerom i kada nije

(Izvor: vlastita izrada)

Iz dijagrama je vidljivo da je crvena linija strmija što znači da je i brže postizanje temperature. Podaci dobiveni testiranjem su očekivani jer polimer onemogućuje slobodan prolaz temperature ispod grijanog prostora. Također je za očekivati da će se kod uporabe polimera i ranije postići temperatura od 220°C što prikazuju i testiranja predočena dijagramom. Kod uporabe polimera temperatura je porasla na 220°C za 19 min (1140 sekunda), a bez zatvorenog prostora s polimerom za 29 min 42 sekunde što je nešto više za otprilike 10 minuta.

Zaključak je da prilikom zagrijavanja polimera, polimer treba odmah staviti na radni okvir i grijati kako bi se izbjegli nepoželjni dodatni troškovi uzrokovani gubitkom topline.

Za testiranje je napravljena posebna figura od drva koja predstavlja englesku skraćenicu Sveučilišta Sjever takozvanu „UNIN“.



Slika 5.1 Figura za testiranje od drveta

Figura (Slika 5.1) je napravljena iz hrastova drva i dimenzija je 310 mm dužine, 110mm širine i 55mm visine. Visina figure napravljena je relativno velika da bi se ispitale mogućnosti i granice usisavanja, vakuumiranja predmeta. Također, izrađena je dužina na gornjoj granici kod koje je međuprostor između okvira i figure dovoljan da se polimer „priljubi“ za radnu ploču. Na figuri su namjerno izrađeni oštri, zaobljeni i udubljeni dijelovi da se ispita funkcioniranje uređaja kod takvih uvjeta rada.

Prvi pokus

Prvi pokus je napravljen kod temperature od T = 210 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



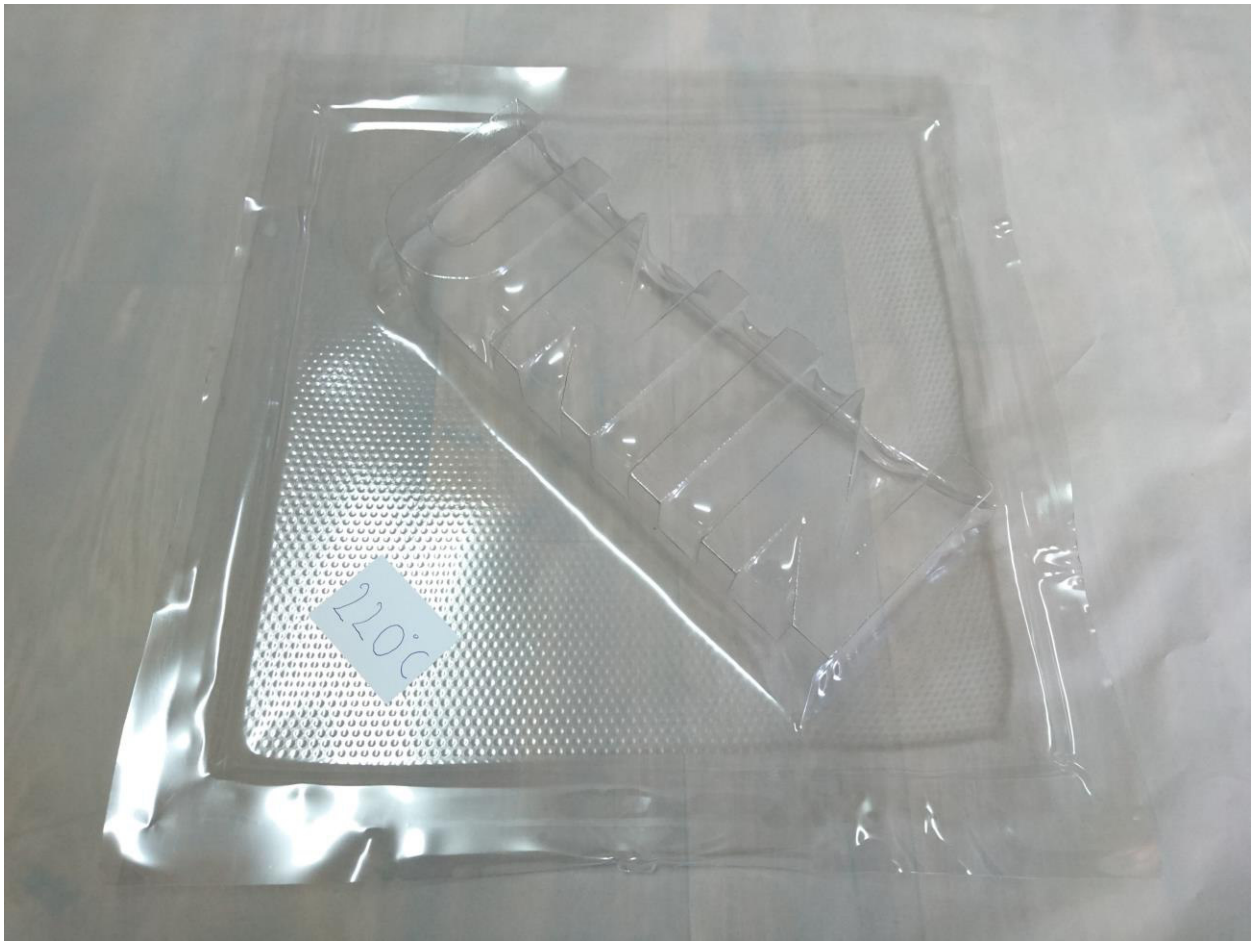
Slika 5.2 Pokus pri 210 °C

Zapažanja:

Otisak figure je ostao u polimeru, gornji rubovi figure jasni su, vidljivi, ali donji rubovi koji su bili na radnoj ploči ne vide se i donji dio polimera je jako zaobljen sa radijusom zaobljenja cca r =20mm. Na ostatku polimerne ploče rupice od perforiranog lima su blage i jedva vidljive, što ukazuje na nedostatak zagrijanosti polimera.

Drugi pokus

Drugi pokus je napravljen kod temperature od T = 220 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



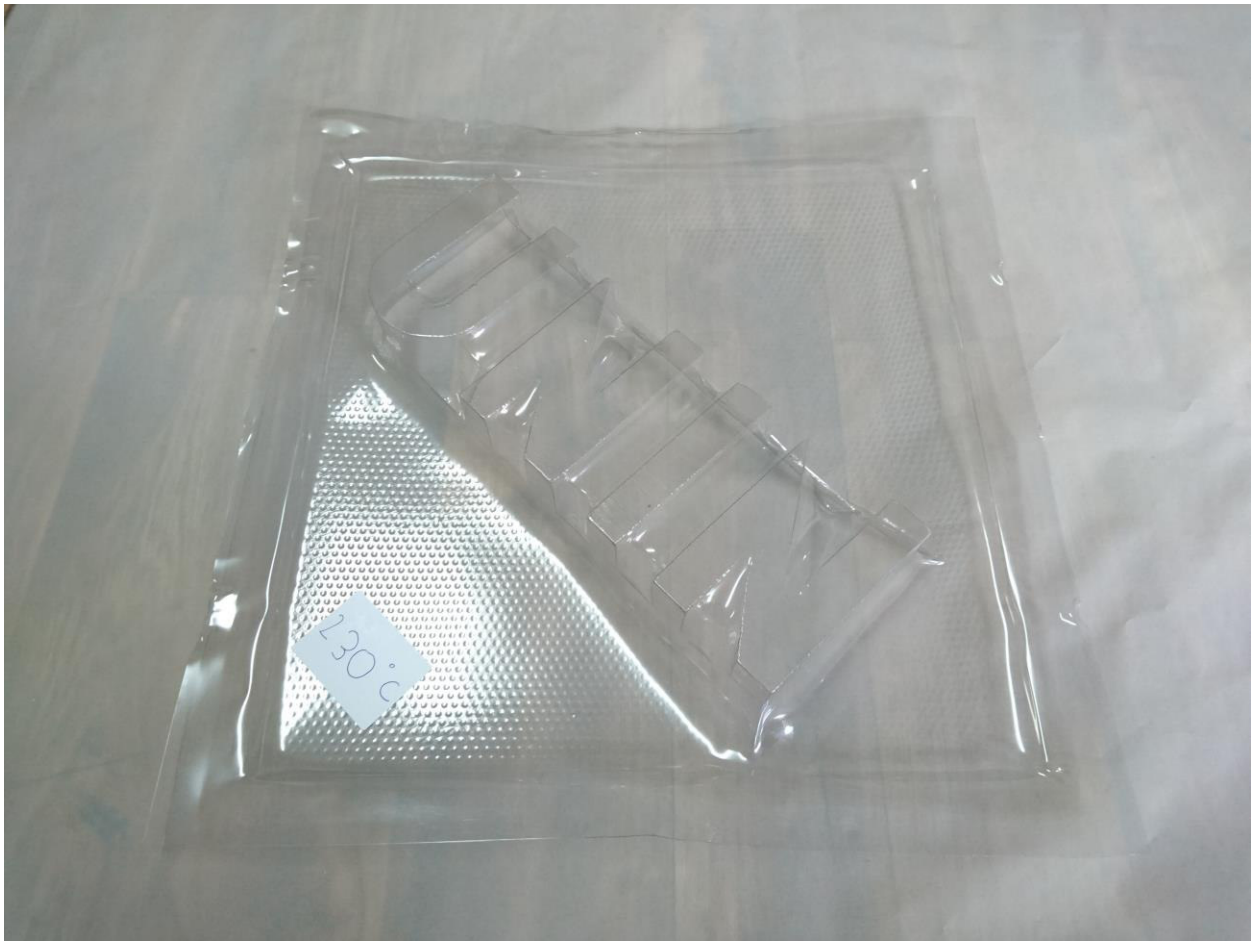
Slika 5.3 Pokus na 220 °C

Zapažanja:

Mnogo je izraženiji otisak od figure nego u prethodnom pokusu, na bočnim stranicama vidi se smjer godova od drva. Počinje se nadzirati donji rub figure, izraženije su rupice od perforiranog lima nego na prethodnom pokusu.

Treći pokus

Treći pokus je napravljen kod temperature od T = 230 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



Slika 5.4 Pokus na 230 °C

Zapažanja:

Slova su dosta izraženija od prethodnih pokusa, radijus zakrivljenosti između radne ploče i bočnih stranica figure je mnogo manji cca r = 5mm. Na ovome pokusu prvi put se vidi jasni prijelaz između donjeg podnožja figure i završetka slova. Kod slova „N“ vidi se da polimer počinje pokrivati dno slova odnosno lice podnožja slova. Rubovi počinju biti sve duži.

Četvrti pokus

Četvrti pokus je napravljen kod temperature od T = 240 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t =300 sekundi.



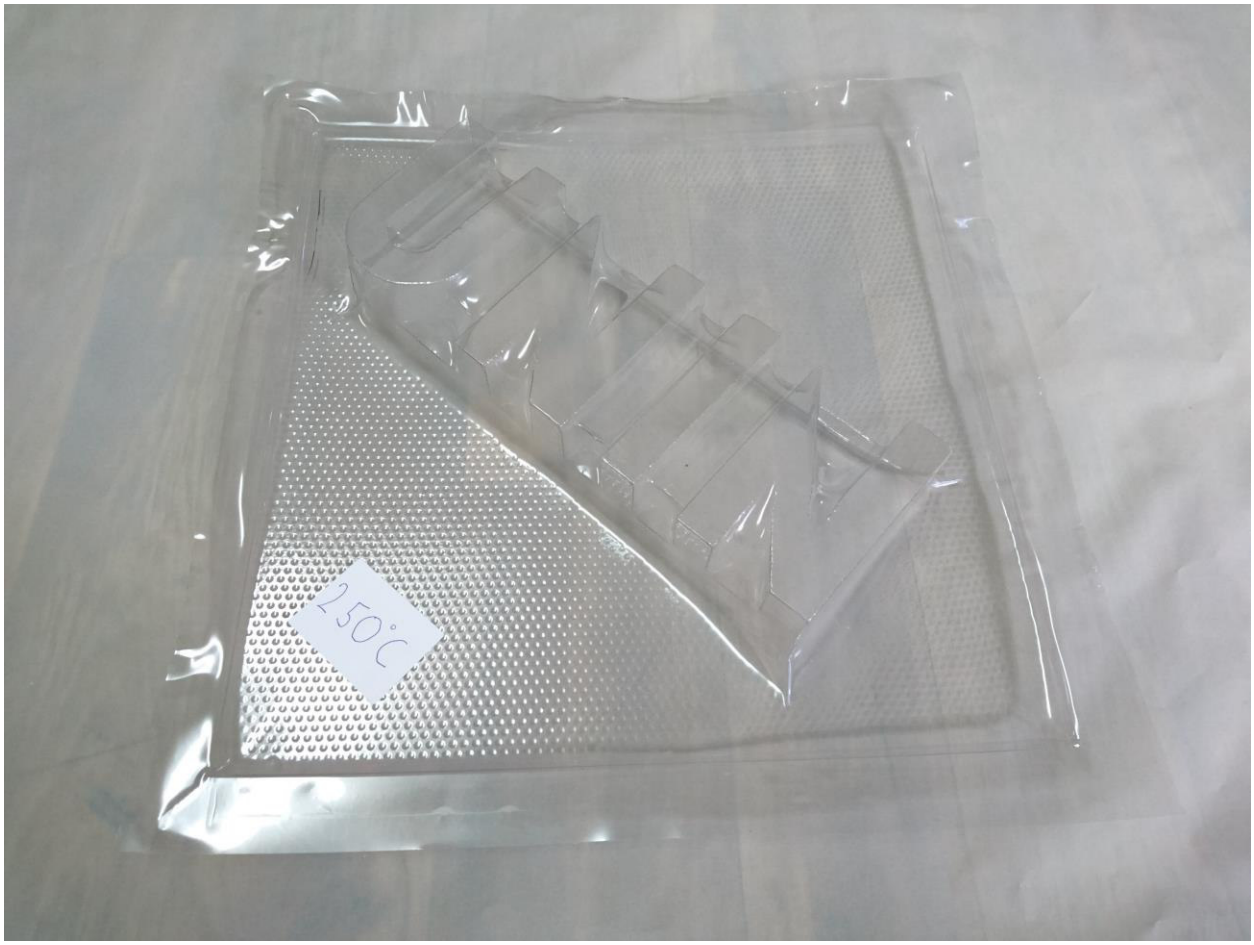
Slika 5.5 Neuspjeli pokus pri 240 °C

Zapažanja:

Ovaj pokus nije uspio, naime prilikom stezanja polimera u radni okvir došlo je do nedovoljnog pritezanja polimera koji se kasnije kod vakuumiranja izmaknuo iz pravilnog položaja i nije došlo do željenog usisavanja zraka tj. svi spojevi nisu bili dobro brtvljeni. Mjesto propuštanja može se vidjeti na slici 5.5 kod donje strane.

Peti pokus

Peti pokus je napravljen kod temperature od T = 250 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



Slika 5.6 Pokus na 250 °C

Zapažanja:

Kod ovoga pokusa slova su najizraženija do sada, radijus zakrivljenosti između figure i radne ploče je mnogo manji u odnosu na prethodne uzorke i kreće se oko r = 5mm. Polimer je u ovom pokusu najviše usisan između slova, na bočnim stranicama testiranog polimera počinju se nadzirati godovi od drva. Rupice od perforiranog lima počinju biti sve izraženije i veće.

Šesti pokus

Šesti pokus je napravljen kod temperature od T = 260 °C i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



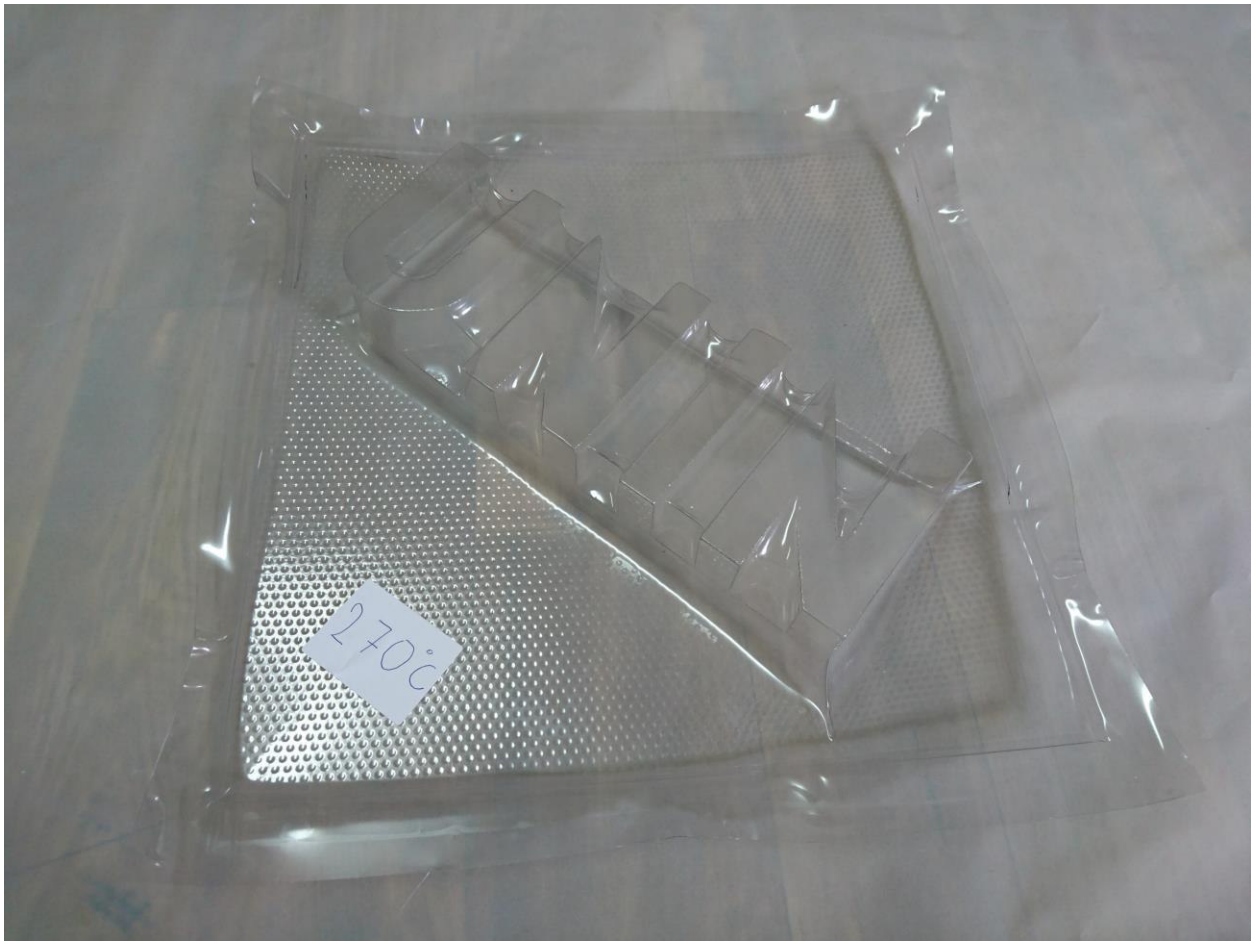
Slika 5.7 Pokus na 260 °C

Zapažanja:

U odnosu na prethodni primjer postoje mala poboljšanja na pojedinim slovima kao što je „N“ gdje se polimer bolje priljubljuje uz podnožje slova. Rubovi slova su jasniji i bolje uočljiviji, a rupice od perforiranog lima su izraženije od prethodnih primjera. Radijus između figure i radne ploče je na ovom primjeru cca r =3mm.

Sedmi pokus

Sedmi pokus je napravljen kod temperature od T = 270 °C, maksimalne temperature koju je grijač mogao postići i vrijeme izlaganja temperaturi je t=300 sekundi.



Slika 5.8 Pokus na 270 °C

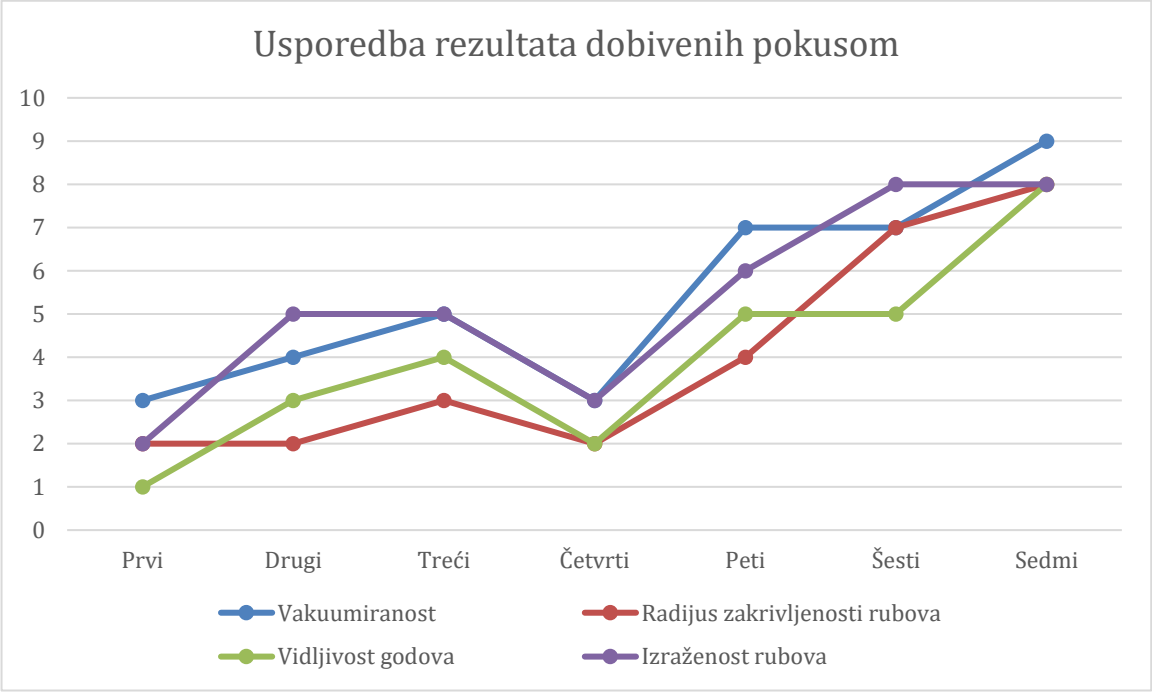
Zapažanja:

Kod ove temperature postignuti su najbolji rezultati. Figura je najviše „usisana“ i dobio se najljepši otisak u polimeru. Radijus zaobljenja polimera na dnu figure je dosta mali, pa je skoro vidljiv cijeli otisak figure u polimeru. Usisanost između slova je najveća do sada kao i godovi od drva na bočnim stranicama. Rubovi slova ispali su jasni i oštri a rupice od perforiranog lima su najizraženije u ovome pokusu do sada.

Usporedba dobivenih rezultata pokusom na polimeru, prrikazani su u tablici 17.

Tablica 17.

Broj pokusa	Radna temperatura (°C)	Vrijeme izlganja temperaturi(sekunde)	Vakuumiranost	Radijus zakrivljenosti rubova	Vidljivost godova	Izraženost rubova
Prvi	210	300	3	2	1	2
Drugi	220	300	4	2	3	5
Treći	230	300	5	3	4	5
Četvrti	240	300	3	2	2	3
Peti	250	300	7	4	5	6
Šesti	260	300	7	7	5	8
Sedmi	270	300	9	8	8	8



Grafikon 4 – Usporedba rezultata na sedam uzoraka jednakih polimera pri različitim temperaturama

(Izvor: vlastita izrada)

6. Optimizacija procesa

Analizirajući rezultate dobivene pokusom 1-7 vidljivo je da postoje moguća poboljšanja ako bi se krenulo u masovnu proizvodnju. Jedno od mogućih poboljšanja jest prednapuhanje zagrijanog polimera kako bi se izbjegla pojava zadebljanja rubova prilikom vakumiranja. Prednapuhanje se može izvesti sa već ugrađenim ventilatorom ili sa drugom izvedbom ukoliko bi ova bila preslaba. Prednapuhanje se izvodi na način da se zagrijani polimer spusti na radnu ploču i napuše se zrak između figure i polimera te se naglo usisa.

Drugo moguće poboljšanje je povezano s većim unosom topline. Ugrađeni grijač snage je 1550W, kako su vremena grijanja polimera relativno velika (300 sekundi) moglo bi se ta vremena smanjiti da se ugradi jači grijač pa bi vrijeme grijanja polimera bilo kraće.

Testiranje na šabloni „UNIN“ pokazalo se dosta zahvalno. Testiranja su ispala relativno zadovoljavajuća, ali postoje i poboljšanja koja je moguće primijeniti. Kod ove šablone „UNIN“ najveće poboljšanje bilo bi bušenje provrta između slova kako bi se omogućilo što jače usisavanje zraka između polimera. Provrti bi omogućili veći usis zraka između polimera i podnožja slova te bi visina otiska slova na polimeru ostala viša nego u pokusima u prethodnom poglavlju. Još jedno poboljšanje na šabloni također bi bilo napraviti skošene rubove da se šablona može jednostavnije i lakše vaditi iz vakumiranog polimera.

7. Zaključak

Veliku ulogu kod uređaja za toplo oblikovanje polimera ima koncipiranje i konstrukcija istoga. Od velikog je značaja dobro konstruirati pojedine dijelove i povezati ih u kompaktnu cjelinu da kasnije ne bi došlo do oštećenja uređaja. Također, bitna je i zaštita dijelova uređaja od korozije ali i od strujnog udara jer je velika većina izrađena od metala. Navedene faze tijekom razvoja uređaja su jako bitne jer one definiraju funkcioniranje uređaja i prikazuju moguća poboljšanja i nadogradnje na istome.

Područje primjene ovakvog uređaja je dosta široka. Uređaj je primjenjiv za osobne potrebe kod vlastitih domova ali i za manje radionice. Sa uređajem je moguće proizvoditi različite željene oblike iz polimera, raditi maske za lica ljudi ili pak male posudice za cvijeće samo je potrebno imati dobar kalup ili figuru koja će se staviti na radni okvir.

Uređaj je sam po sebi siguran za okolinu, ne proizvodi štetne plinove, nije previše bučan, a i ekonomičan je jer mu se potrošnja električne energije kreće na razini potrošnje usisavača i pećnice za kućanstva pošto su dva glavna elektronička dijela izrađena upravo od tih uređaja.

8. Literatura

[1] Pero Raos, Mladen Šercer: TEORIJSKE OSNOVE PROIZVODNJE POLIMERNIH TVOREVINA, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Slavonski Brod/Zagreb,2010

[2] A.Rogić, I.Čatić, D.Godec: Polimeri i polimerne tvorevine, BIBLIOTEKA POLIMER-STVO, SERIJA ZELENA, Zagreb, 2008

[3] Adamić, K.: Tehnički materijali, Leksikografski zavod „Miroslav Krleža“, Zagreb, 1992., 533-543.ž

[4] Čatić, I.: Proizvodnja polimernih tvorevina, DPG, Biblioteka polimerstvo – serija zelena, Zagreb, 2006.

[5] Charrier, J.M.: Polymeric Materials and Processing, Carl Hanse Verlag, Munchen Wien 1986, ISBN3-446-14855-8

[6] Šmit, I.,Janović, Z., Štefanović, D.: Polimerni materijali, Tehnička enciklopedija, sv. 10, JLZ M.Krleža, Zagreb, 1986, 581-621

[7] Indof, J., Filetin, T., Kovačićek, F.: Svojstva i primjena materijala, FSB, Zagreb, 2006.

[8] https://www.millerwelds.com/resources/weld-setting-calculators/stick-welding-calculator, 19.04.2017

[9] Franjo Matejiček: KINEMATIKA SA ZBIRKOM ZADATAKA, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2014.

[10] Kraut, B: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1988

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, MATEJ DETIĆ *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom IZRADA UREĐAJA ZA TOPLO OBLIKOVANJE POLIMERA I ISPITIVANJE UTJECAJA TEMPERATURE PREDGRIJANJA NA POSTUPAK *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/~~ica~~:
(upisati ime i prezime)

Matej Detić
(vlastoručni potpis)

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

Ja, MATEJ DETIĆ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom IZRADA UREĐAJA ZA TOPLO OBLIKOVANJE POLIMERA I ISPITIVANJE UTJECAJA TEMPERATURE PREDGRIJANJA NA POSTUPAK *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/~~ica~~:
(upisati ime i prezime)

Matej Detić
(vlastoručni potpis)