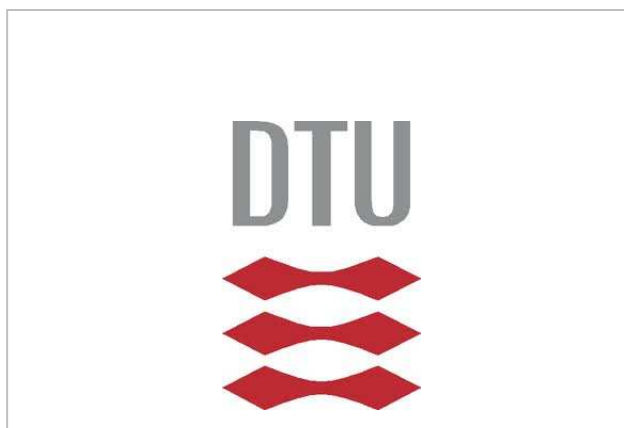


## 4.13 Model završnog izveštaja

Univerzitet: Technical University of Denmark      Školska godina: 2011/2012  
Fakultet: DTU Mechanical Engineering



## ZAVRŠNI IZVEŠTAJ o realizovanoj studentskoj praksi

**Student: Aleksandar Milovanović**

**ID broj studenta: 1041/2011**

**Godina studija: 2011/2012**

**Modul: Energetika i procesna tehnika**

**Ime akademskog mentora: Prof. Dr Vesna Mandić**

**Ime industrijskog mentora: Prof. Dr Hans Norgaard Hansen**

*2012, Kgs. Lyngby, Copenhagen*

## 1. Opšte informacije

Student			
Ime studenta: Aleksandar Milovanović		Nivo studija: <input type="checkbox"/> BSc <input type="checkbox"/> MSc	
ID broj: 1801985720017	E-mail: acakg85@hotmail.com	Telefon: +381 69 82 88 731	
Vremenski period prakse	Od: 10.maj	Do: 10.jun	Broj sati:
Akademska institucija			
Univerzitet: Univerzitet u Kragujevcu			
Fakultet: Fakultet inženjerskih nauka			
Adresa: Sestre Janjić 6		Grad: Kragujevac	
Ime akademskog mentora: Vesna Mandić		Pozicija: profesor	
E-mail: vesna.mandic@wbc-vmnet.rs		Broj telefona: +381 69 8288701	
Institucija u kojoj se realizuje praksa (preduzeće/institucija)			
Ime: Technical University of Denmark			
URL: <a href="http://www.dtu.dk">www.dtu.dk</a>			
Adresa: Anker Engelundsvej 1 Building 101A 2800 Kgs. Lyngby		Grad: Kgs. Lyngby	
Ime industrijskog mentora: Hans Norgaard Hansen		Pozicija: profesor	
E-mail: hnha@mek.dtu.dk		Broj telefona: +45 45254816	

## 2. Zahvalnice

U realizaciji ove prakse sam imao veliku pomoć i podršku pa bih ovim putem hteo da izrazim svoju veliku zahvalnost prof.dr. Vesni Mandić koja mi je omogućila da učestvujem u ovom programu i na taj način proširim svoje znanje i steknem novo iskustvo i prof dr. Hansu Norgaard Hansenu koji mi je pružio pomoć u sticanju znanja za vreme boravka na DTU Mehanik. Takodje bih želeo da zahvalim saradnicima Yang Zhang and Jakob Skov Nielsen na dobroj saradnji.

### 3. Uvod

DTU Mašinstvo je odeljenje formirano od strane zaposlenih sa odseka za Pomorsku arhitekturu, Energetike, odseka Mehanike elastomera, odseka Kontrole i projektog inženjeringa, odseka Primenjenog dizajna i proizvodnje, odseka Hidrodinamike I vodenih resursa kao i odseka za Strukturnog inženjering.



Odeljenje pokriva osnovne inženjerske discipline u okviru oblasti mehanike, uključujući mehaničke osobine materijala, snagu i analize vibracija, termodinamiku, fluidne mehanike, teorije bezbednosti i kontrole inženjerstva.

Iako formiranje solidnu naučnu osnovu za primenjena istraživanja Odeljenja i nastavnih aktivnosti, rad poduhvat u ovim oblastima takođe služi za doprinos na međunarodnom nivou za razvoj novih metoda za ispitivanje i dimenzionisanje strukture i mehaničkih sistema.

Energija istraživanja Odeljenja je usmerena na efikasno korišćenje obnovljivih izvora energije poput biomase, vetra i talasa; efikasne energetske transformacije u sagorevanjem sistema, motora i elektranama, transport energije u sistemima daljinskog grejanja; i potrošnji energije, uključujući hlađenje i klimatizaciju biljaka i optimizaciju životne sredine u zatvorenom prostoru.

U okviru dizajna i razvoja proizvoda oblastima, Odeljenje razvija osnove za kreiranje novih zemljišta na bazi morskih i struktura i industrijskih proizvoda koji uzimaju bezbednosti, ekonomije, životnu sredinu, estetike i trajnosti u obzir. Odeljenje Mašinskog fakulteta pridaje veliki značaj integrisanog razvoja proizvoda i razvoja racionalnih principima dizajna za struktura.

Odeljenje doprinosi osnovnim i višim nivoima nastave iz oblasti mehanike, naprednih alata za dizajn, razvoj proizvoda, energetske sistema i morskog tehnologije. On je odgovoran za kritične delove linije Mašinstva BSC programa, kao i za koordinaciju preliminarnih četiri semestra

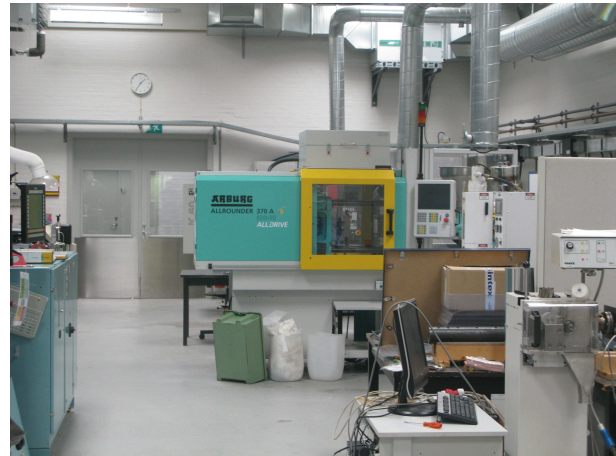
programa u mašinstva i energetske tehnologije i studijskih oblasti energetike i dizajna i mehanike za magistarski program na DTU .

DTU Mašinstvo ima naučno osoblje od oko 100 osoba, 50 doktorsku studenti i osoblje od 50 tehničkih ili administrativnih lica.

Micro/ Nano and precision manufacturing engineering section

Micro/ Nano and precision manufacturing engineering section se fokusira na razvijanje osnova za industrijsku proizvodnju proizvoda i komponenti u polimera i metala, keramike u mikrometarskim razmerama. Fokusirani su na razvoj proizvoda, materijala razvoj i razvoj procesnih tehnologija i proizvodnih sistema sa fokusom na mikro mehaničke sisteme.

Glavne aktivnosti obuhvataju dizajn proizvoda i razvoj na mikro nivou, alata za mikro tehnologije brizganja i formiranje mikro, metode za masovnu proizvodnju (mikro brizganjem, formiranje mikro) elektro i hemijske tehnologije hemijskih procesa, laserske tehnologije i integracije pojedinih procesa u kontinuirani proces lanaca.



#### 4. Ciljevi PSP i metodologija

Program studentske prakse (PSP) razvijen i koordinisan od strane CTC centara pruža studentima priliku da steknu praktična iskustva u industriji u oblasti koja se odnosi na njihove akademske studije, kao i da dalje razvijaju svoje profesionalne, tehničke i interpersonalne veštine.

Programi prakse imaju značajnu ulogu u povezivanju samog obrazovanja. Pomaže se studentima da usmere svoje obrazovanje ka potrebama tržišta rada i da poboljšaju svoju poziciju i zapošljivost. Stoga je cilj PSP i da olakša uključivanje studenata u svet biznisa i omogućiti im sticanje profesionalnog iskustva i veština, pored teorijskog znanja

Stručna praksa i upoznavanje sa radom u konkretnim situacijama jedan je od najvažnijih elemenata za sticanje iskustva i lakše pronalaženje zaposlenja. Upoznavanje studenata sa svim važnim aspektima poslovanja konkretne organizacije koje će im koristiti u budućoj profesiji kako bi se u što je moguće većoj meri postigla neophodna povezanost između teorijskog i praktičnog dela usavršavanja i što kvalitetnijeg osposobljavanja za buduće poslove.

Studenti na različite načine, stiču neophodno iskustvo za bavljenje odabranom profesijom u budućnosti. Fakulteti i univerziteti predstavljaju osnovan izvor inicijative za realizaciju studentskih

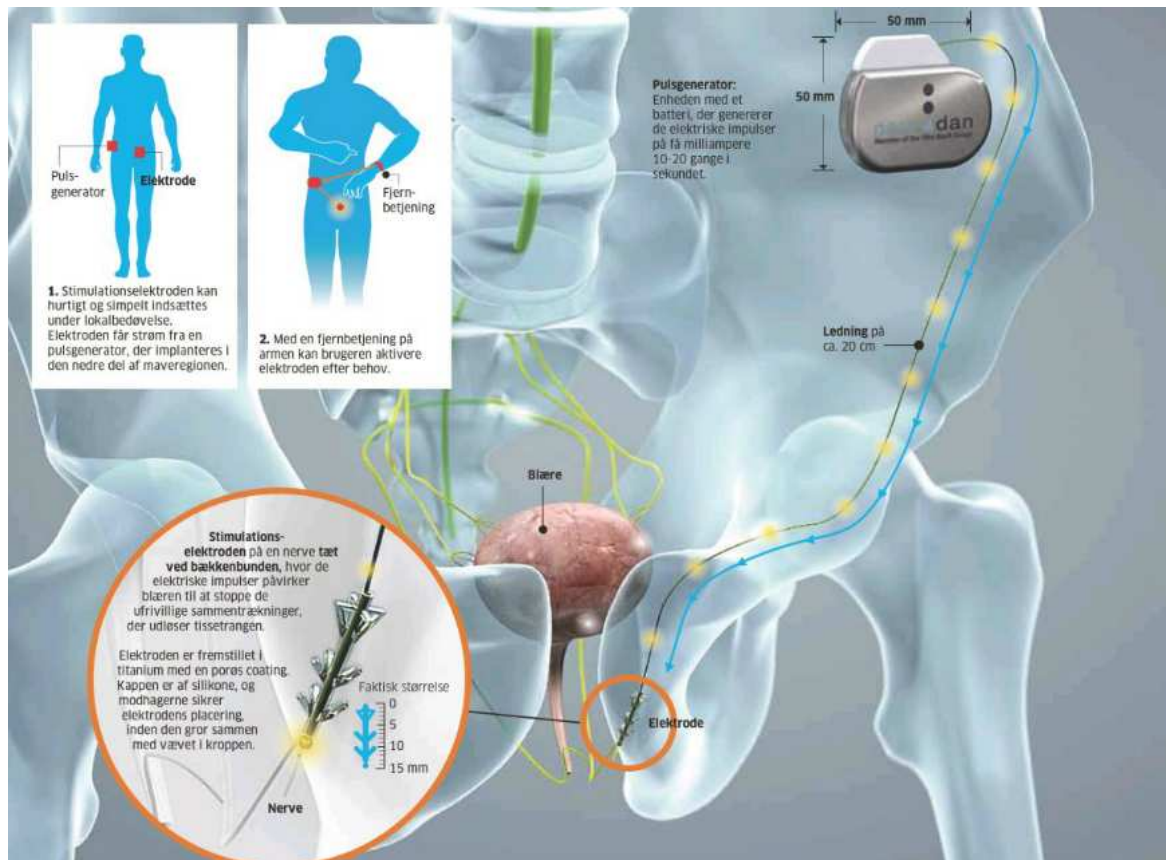
*Program studentske prakse*

praksi. Upravo se ove institucije u svetu i cene po tome što mladi stručnjaci koje oni obrazuju po sticaju diplome poseduju kvalitetna praktična iskustva i spremni su da se uhvate u koštac sa svojom izabranom profesijom. Ipak, obezbeđivanje praktičnog iskustva studentima podrazumeva boravak i rad u preduzećima, ustanovama i organizacijama u kojima se obavljaju različite delatnosti povezane sa mašinskim inženjersvom.

Moja praksa bila je imala za zadatak da steknem praktična znanja iz oblasti razvoja, dizajna produkata od polimera na mikro nivou, kao i odgovarajućih alata. Realizovana je kroz sledeće zadatke:

- Simulacija injekcionog oblikovanja polimera (LSR), izgrada 1.0 verzije LSR injekcione jedinice
- Ova injekciona jedinica mora da bude: laka za rukovanje, obezbeđuje pritisak i temperaturu
- Izrada nekih delova LSR-a sa ovim uređajem
  
- Upoznavanje sa potrebnom literaturom injekcionog oblikovanja, osobina polimera LSR, "moulding" dizajn
- Davanje ideja pri izradi ove injekcione jedinice
- Praktičan rad: crtanje, montaža injekcione jedinice, izrada željenih produkata od polimera LSR

## 5. Opis posla



Stimulaciona elektroda u nervu blizu karlice gde se električni impulsi deluju na bešiku I samim tim zaustavljaju prisilno pooštravanje okidač da nagon za mokrenjem.

Elektroda su napravljena od titanijuma koja ima porozan zaštitu. Ta zaštitna “košuljica” je **silikon sa kracima** na njoj koji obezbeduju pravilno postavljanje elektrode pre nego što poraste zajedno sa tkivom u telu. Veličina elektrode je izmedju 10 – 15 mm.

Za izradu ovih zaštitnih silikonskih produkata korišćemo specijalno dizajniran kalup prikazan na sledećim slikama



Kalup za izradu silikonskih krakova zaštitne "jakne" elektrode

## LSR

Tečna silikonska guma (LSR) je elastomer (gumast materijal) sastavljena od silikona, polimera koji sadrže silicijum, zajedno sa ugljenikom, vodonikom, i kiseonikom. Silikonske gume imaju široku primenu u industriji, a postoji više formulacije. Silikonske gume su često jedanodelni ili dvodelni deo polimera. Silikonska guma je generalno ne-reaktivna, stabilna i otporna na ekstremnim uslovima i temperaturama od  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zbog ovih osobina i lakoćom proizvodnje i oblikovanja, silikonske gume se mogu naći u širokom spektru proizvoda, uključujući: auto aplikacijama; kuvanje, pečenje i skladištenje prehrambenih proizvoda, odeće, kao što su rublje, sportske i obuće, elektronike; medicinske naprave i implantati i popravke u kući i hardvera sa proizvodima poput silikonskih zaptivača.

Tokom proizvodnje se može zahtevati vulkanizacija silikona. Ovo se normalno odvija u dve faze procesa na mestu proizvodnje u željeni oblik, a zatim u produženom posle procesa očvršćavanja. Takođe se upražnjavati injeksiono oblikovanje (LSR Injection molding).

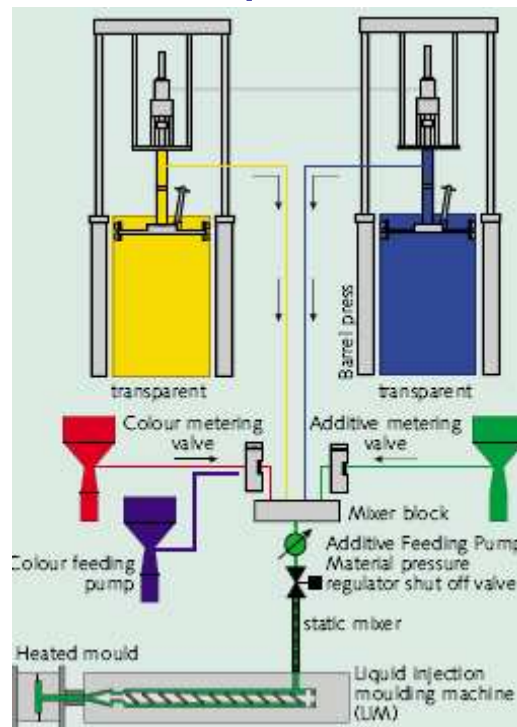
LSR je ozbiljan konkurent tipičnim termoplastičnim elastomerima: slična proizvodna stopa može se postići korišćenjem LSR uz odgovarajuću opremu oblikovanja iste, što zahteva minimalna kapitala ulaganja.



LSR je dvokomponentni material. Sastoji se od A komponente koji sadrži katalizator i B komponenta koji sadrži sastojak umrežavanja. Katalizator je platinasti učvršćavajući agens koji će prouzrokovati umrežavanja na sobnoj temperaturi, otuda neophodnost razdvajanja na dve dela pre procesiranja. Komponenta A takođe sadrži inhibitor koji usporava umrežavanje akcija ispod određene temperature. Iznad ove temperature, umrežavanja javlja slobodno i brzo, što je dovelo sa poboljšanim vremena ciklusa. Obe komponente LSR su slabo prozirne.



LSR komponenta

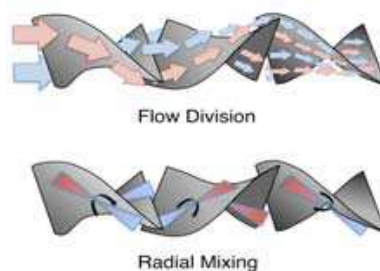


Sistem doziranja A i B komponente

### Opis procesa nastajanja LSR

Dvokomponentni sistemi se isporučuju od proizvođača u 200kg (450lb) bubnjeva ili 18kg (40lb) kante i prenose se do mašina za livenje preko crpnog mehanizma, obično pneumatski. Uređaj za merenje, kao što je brzina pumpe koristi da se obezbedi pravilno isporuku i A i B komponente do bloka za mešanje. Najčešći je odnos mešanja 1:1, međutim, 10:1 se koristi i sa katalizatorom sa manjim sadržajem B komponente.

A i B komponenta se kombinuju u bloku za mešanje, gde takodje može i boja da se ubaci. Mešanje se postiže pomoću statičkih uređaja za mešanje kao što su Kinex mikser, gde su linije strujanja uvijene za 90 stepeni.



Kinex mikser

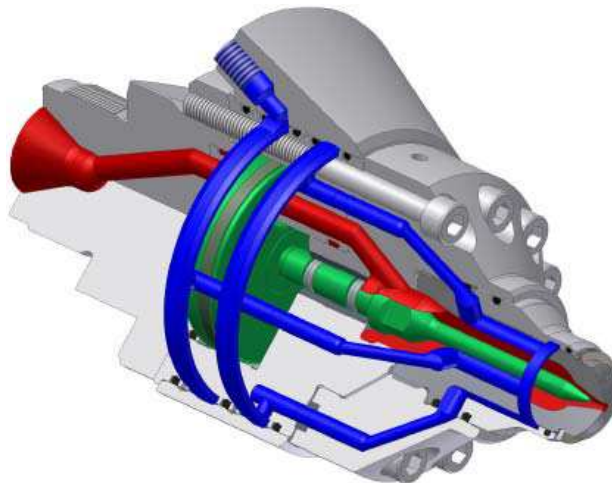
Regulacija pritiska je često potrebna pre nego što se mešoviti material ubaci u injekcionu jedinicu. Regulatori omogućavaju ograničenje pritiska na onim mestima gde je moguće povećanje istog. Ovi regulatori su podesivi ali se obično čuvaju između 0.7 – 3.5 MPa (100 – 500 bara).



### Regulator pritiska

Nakon regulacije pritiska materijal ulazi u levak injekcione jedinice. Doziranje za većinu LSR sistema ne razlikuje se u odnosu na tipičnu termoplastičnu obradu. Takođe, u cilju sprečavanja preranog umrežavanja komponenata LSR, tokom doziranja i ubrizgavanja, glavna injekciona cev ima vodeno hladjenje.

Na samoj ivici miksera, na kraju glavne injekcione cevi nalazi se mlaznica, i isključivanje iste je neophodno pre uvođenja u kalup kako bi se sprečilo vraćanje materijala. Najčešće korišćen tip takve zaštite je pneumatski igličasti ventil. On sadrži kanal kroz koji prolazi material, system za hladjenje i mehanizam isključivanja



### Mlaznica sa igličastim ventilom

Po ulasku u kalup, tanak sloj silikona se formira na zidovima. Ovakva formacija je analogna formiranju tankog sloja kod termoplastičnih materijala gde se tanak sloj ponaša kao izolator između toplog materijala i hladnih zidova kalupa.

Tečna silikonska guma je slabo viskozna, u odnosu na termoplastične elastomere otporna je na visoke temperature, ima veliku čvrstinu, biokompatibilna je, teska za reciklažu, lako se lepi za kalup (ponekad je teska za čišćenje).

Oblasti primene LSR su razne.

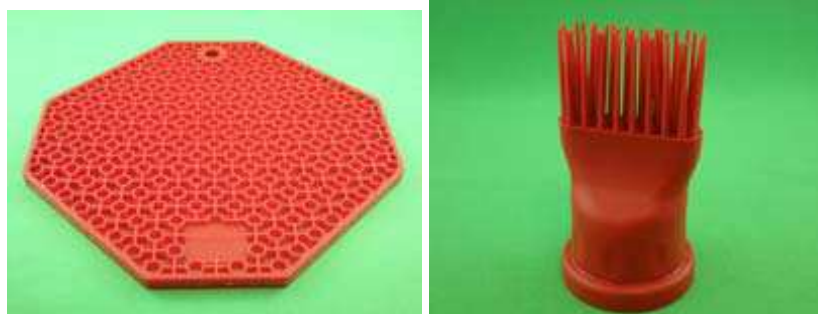
U medicini, zbog njihove biokompatibilnosti, stabilnosti u širokom rasponu temperature i mehaničke otpornosti. (samozaptivni ventili, infuzione pumpe za operacije katarakte oka, membranske pumpe, ultrasonični noževi, antialergijski proizvodi za kontakt sa kožom, implaniti)



Primeri medicinskih komponenti napravljenih od LSR

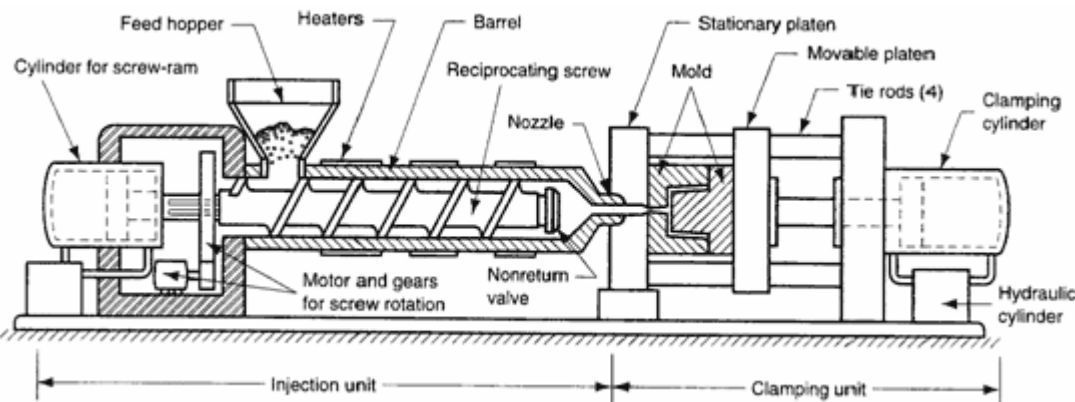
U autoindustriji, zbog stabilnosti u širokom spektru temperature I elektroizolacionih svojstva.  
(elektroizolacija, zaptivači, zvučni prigučivači, unutrašnje "soft touch" komponente).

U industriji (zaptivači i zaptivni prstenovi, kuhinjski proizvodi)



Primeri proizvoda za domaćinstvo napravljeni od LS

## Mašina za injekciono oblikovanje



### Injekciona jedinica (injection unit)

Topi polimer i ubacuje u kalup.

#### Levak (Feed hopper)

Zadržava materijal koji se snabdeva do injekcionog vijka (screw) .

#### Injekcija vijak (injection screw)

Nalazi se u glavnoj cevi (barrel) za topljenje i ubrizgavanja materijala u kalup.

#### Glavna cev (Barre)

Cev koja topi materijal od levak prenose preko vijka . Sadrži grejne trake. Istopljeni materijal se doprema do kalupa koji prolazi kroz mlaznica (nozzle).

#### Injekcioni cilindar (cylinder for screw)

Hidraulični motor koji se nalazi unutar kutije, koji je povezan sa glavnom cevi, rotira vijak odredjenom brzinom i pod odredjenim pritiskom. Injekcioni cilindar se sastoji od tela cilindra, klipa i klipnog punjenja.

### Stezna jedinica (clamping unit)

Stezana jedinica drži kalup zajedno, otvara i zatvara ga automatski, i izbacuje gotov deo. Može biti dizajnirana mehanički, hidraulični ili hidromašinskih.

#### Kalup (injection mold)

Postoje dve glavne vrste kalupa: "cold runner" (dve ili tri ploče) i "hot runner" – dve ploče sa grejnim sistemom unutar jedne polovine kalupa.

### Injeksija ploče (injection platens)

Ploče lima na kojima je kalup postavljen. Generalno, dve ploče se koriste, jedna nepokretna, a drugi pokretna, ima sistem hidrauličke aktivacija otvaranja i zatvaranja kalupa. Sadrži navojne rupe na koji se kalup montira pomoću stega.

### Stezni cilindar (Clamping cylinder)

Uređaj koji se aktivira pomeranje injekcionih ploča uz pomoć pneumatske ili hidraulične energije.

### Vodjice (Tie Bars)

Nalaze se između nepokretne i pokretne ploče.

## Injekciona jedinica GEFIE

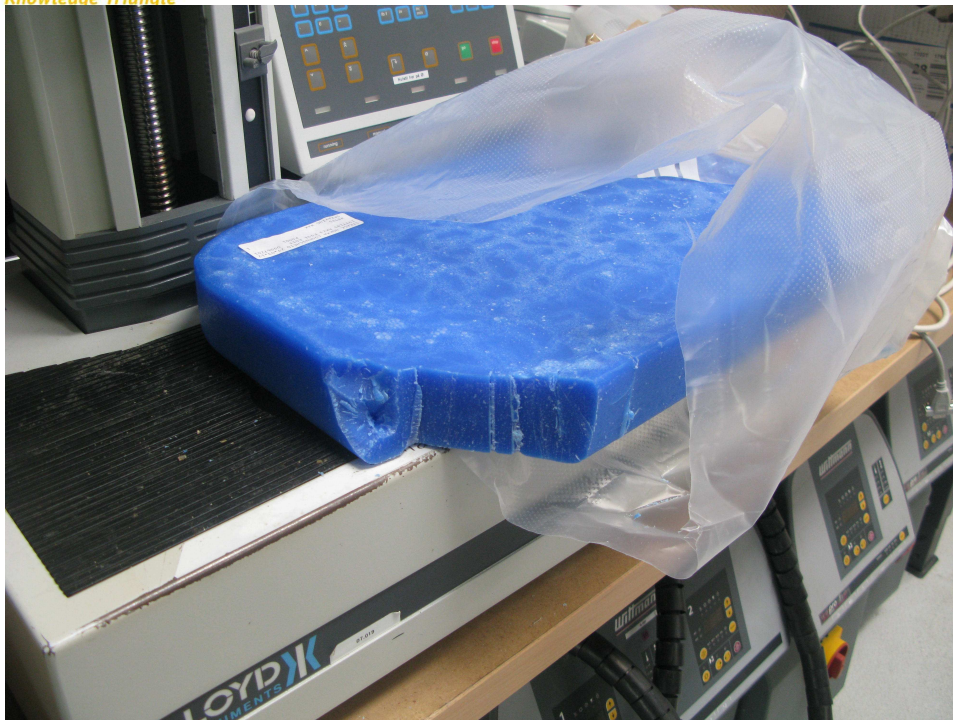
Koristili smo ovu injekcionu jedinicu za testiranja sa voskom za livenje.

Tehnički opis:

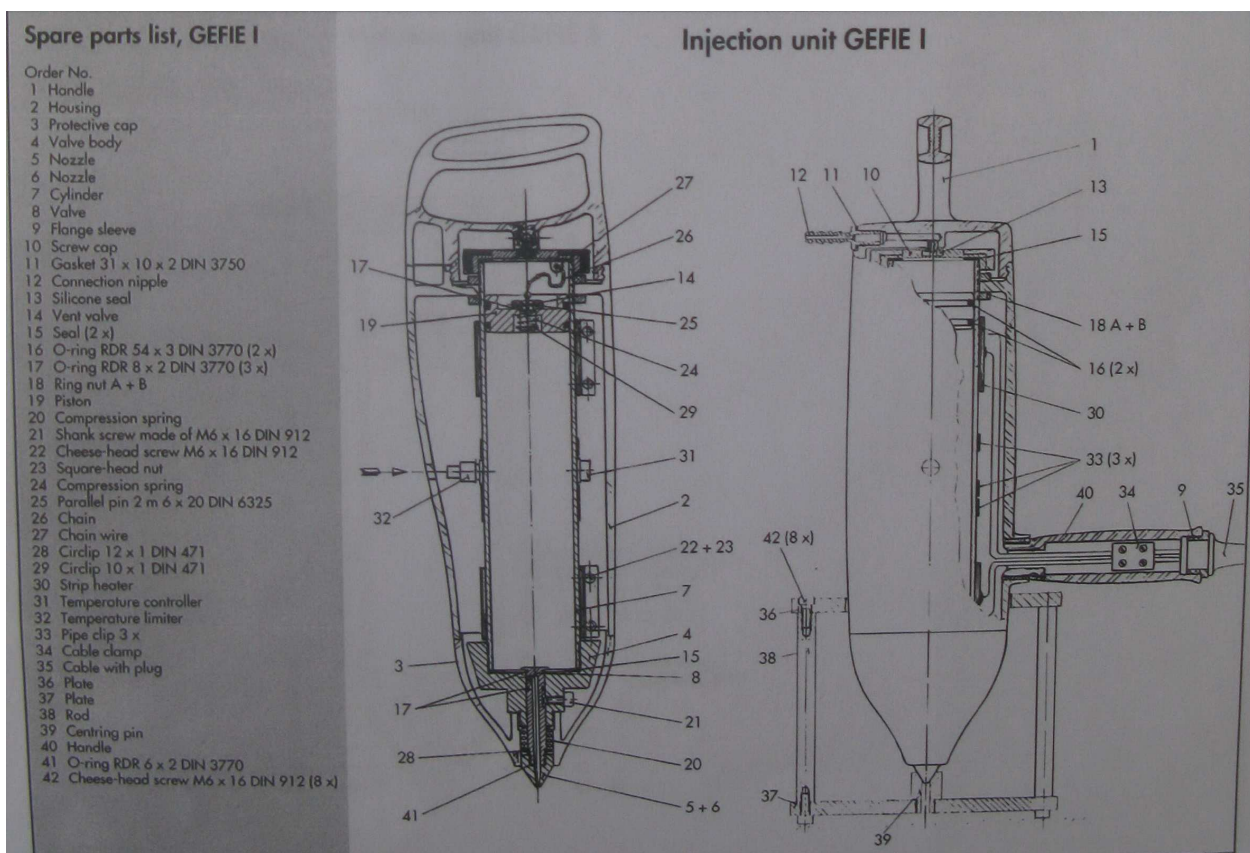
Kapacitet punjenja	600 cm <sup>3</sup>
Voltaža	220 V / 240 W
Radni pritisak	6 – 8 bar
Širina mlaznice	1.5 / 3 mm
Tezina	3.5 kg
Temperatura topljenja voska	250 °C
Temperatura stvrdnjavanja voska	85 °C
Skupljanje voska	0.5 %



Injekciona jedinica GEFIE



Vosak za livenje



Delovi masine GEFIE

## Radno uputstvo:

(Postavite jedinicu vertikalno sa mlaznicom okrenuto nadole)

1. Jedinica mora biti zagrejana oko 10 minuta pre otvaranja svaki put kad se puni (uključiti glavni utikač (35))
2. Odvrnuti ručicu (1) u smeru kazaljke na satu.
3. Odvrnuti poklopac (10) okretanjem u smeru kazaljke na satu i izvucite klip (19) koristeći lanac.
4. Uključiti utikač u struju kako bi se grejala jedinica i ispuniti cilindar.

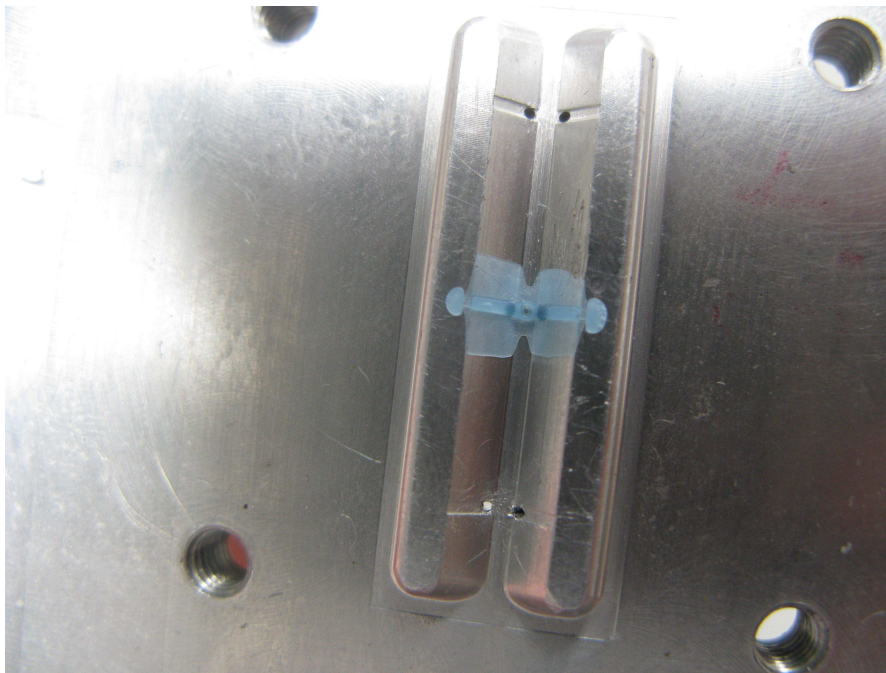
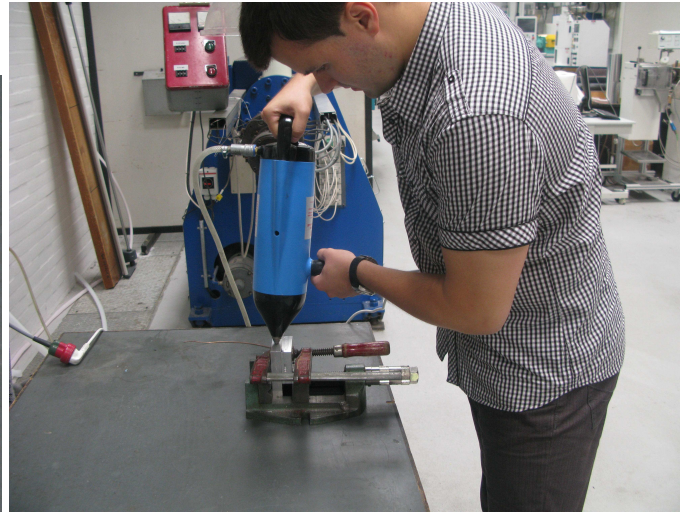
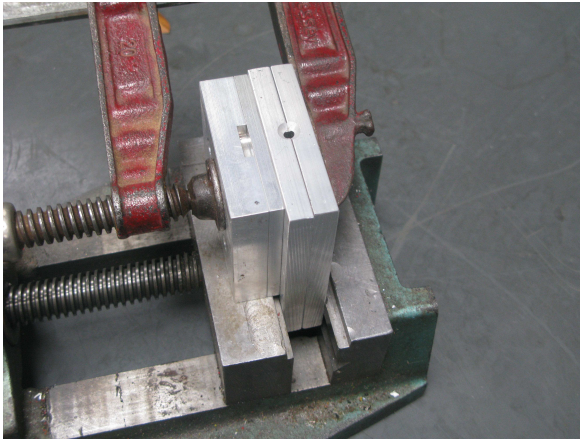
(Prilikom popunjavanja jedinica raspasti vosak na manje komade i koriste levak ako je potrebno da popuni cilindar)

5. Povuci klip (19) u cilindru, dok ne osetiti otpor u tečnom vosku. Zatim pričvrstite poklopac (10) čvrsto i zavrnuti ručicu (1). Držite sistem grejanja upaljen nakon zatvaranja uređaja do procesa ubrizgavanja.

## Postupak ubrizgavanja:

Kada jedinica je zagrejana i vosak je tečni

1. Isključiti strujni utikač iz utičnice
2. Ukloniti jedinicu iz grejača
3. Povežiti uređaj preko veze (12) sa uređajem za komprimovanim vazduhom, pritiska 6 - 8 bar
4. Ubaciti mlaznicu (5) na mesto ubrizgavanja na kalupu i pritisnuti čvrsto . Ovo izaziva procesa ubrizgavanja pomoću ventila.
5. Ovaj proces ubrizgavanja traje 5 do 10 sekundi, u zavisnosti od veličine kalupa.
6. Ukloniti uređaj od mesta ubrizgavanja i postavite ga u vertikalni položaj kako bi se omogućilo hladjenje istog.



Dobijanje proizvoda injekcionog oblikovanja

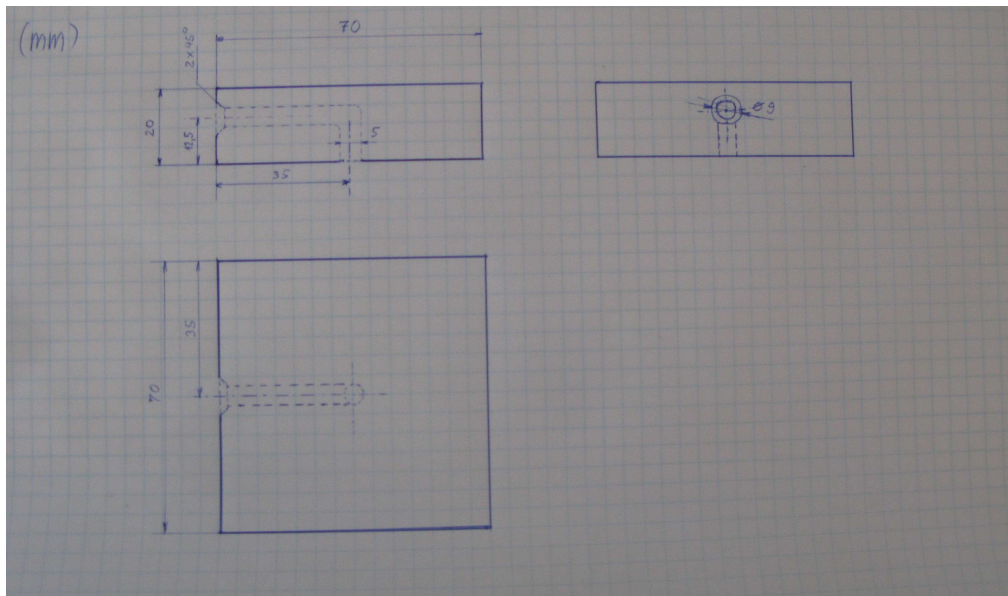
## 6. Rezultati

### “Interface”

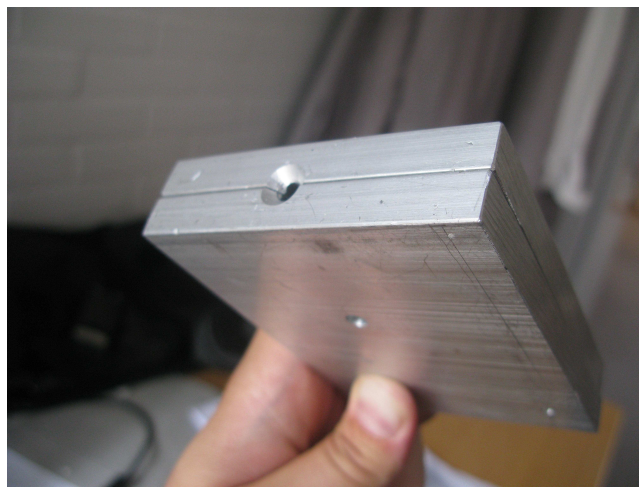
Zamišljen je kao sredstvo lakšeg ubrizgavanja u kalup. On povezuje injekcionu jedinicu i kalup. usmerava injektiranje i napravljen je tako da sprečava curenje van šupljina kalupa. “Interface” se sastoji od aluminioma, dvodelan je, sa izbušenim kanalom za dovod LSR u kalup. Izlazni kanal je za 90 stepeni zaokrenut u odnosu na ulazni.

Dimenzije 70x70x20 mm

Širina kanala 5 mm

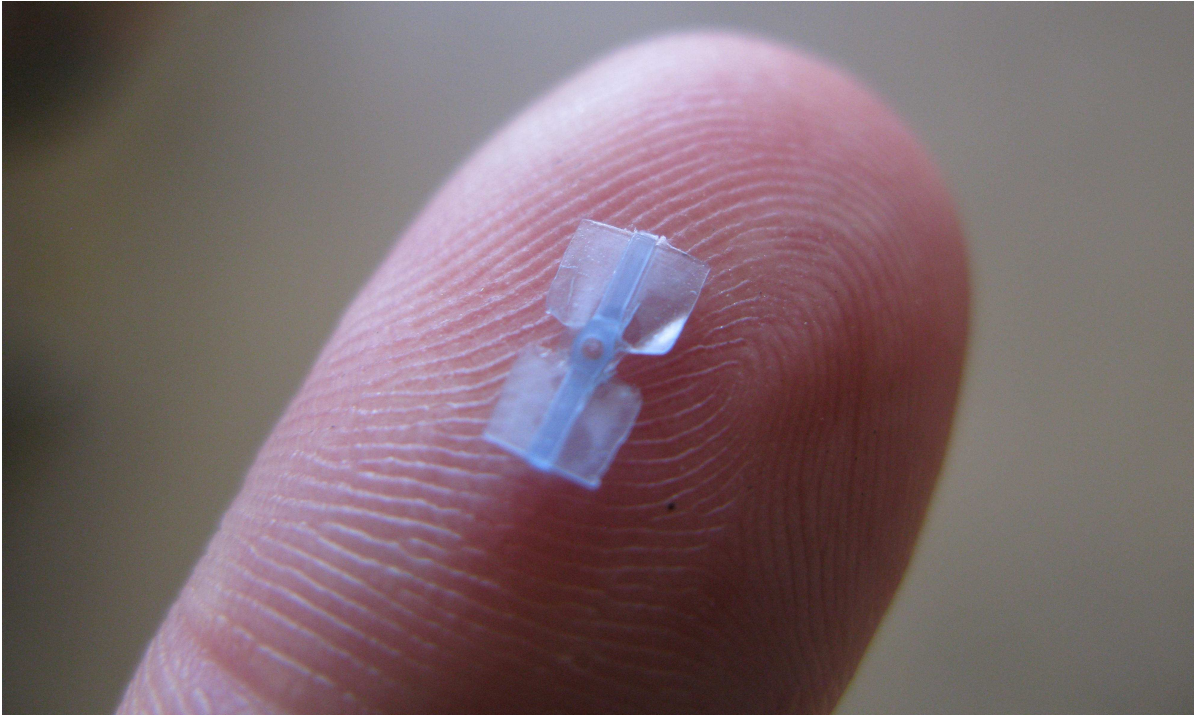


Jednostavna skica “interface”-a

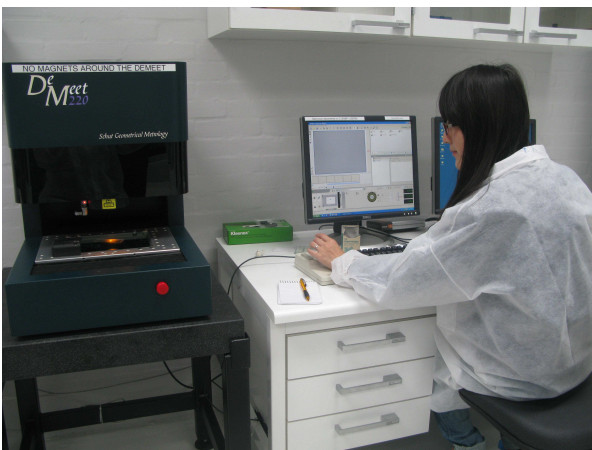


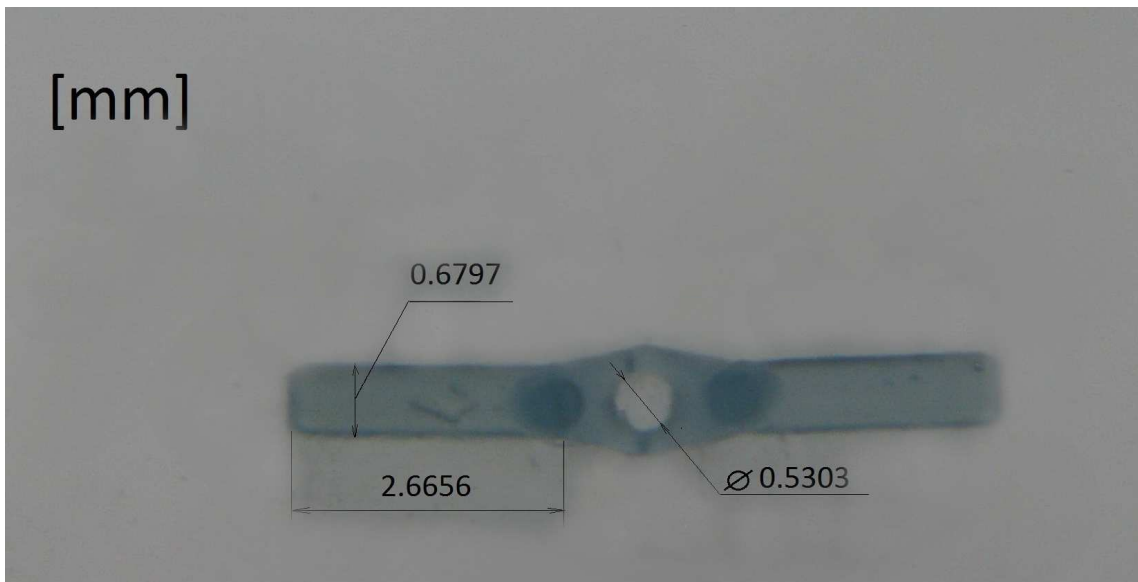
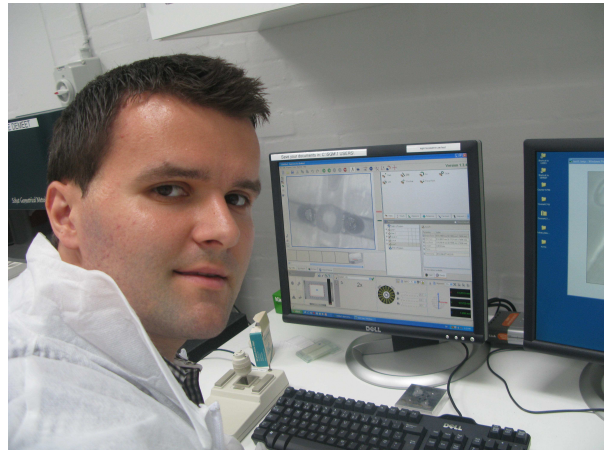
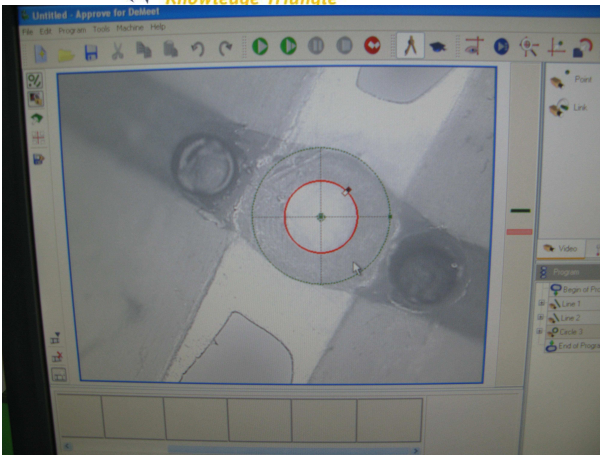
Izrada i končan izgled “interface”-a

## Finalni proizvod dobijen injekcionim oblikovanjem – krak zaštitne “košuljice” elektrode



Dimenzije smo odredili u laboratoriji za merenja uspomć elektronskog mikroskopa DeMeet. Na ekranu rancunara koji je povezan sa mikorskopom možemo pratiti poziciju objekta, možemo zumirati (pomoću dzojstika).





Dimenzije produkta injekcionog oblikovanja

## 7. Reference

- [1] *Jeff LeFan, M.Eng.* “Liquid Silicone Rubber Injection Molding”
- [2] “Injection unit GEFIE” tutorial
- [3] “Ingeniøren”, 9.12.2011, nr. 49, 1. sektion
- [4] Wikipedia

## 8. Zaključci

Tokom svog boravka na Tehničkom univerzitetu u Danskoj, na odseku Proizvodno inženjerstvo, stekao sam korisna znanja i vredno iskustvo iz oblasti obrade polimera. Ona predstavlja značajnu industrijsku granu u svetu. Učešće delova od plastike postaje sve značajnije u mnogim oblastima tehnike (autoindustrija, elektrotehnika, elektronika, telekomunikacije, kompjuterska tehnika, proizvodnja kućnih aparata, hemijska i farmaceutska tehnologija itd.). Treba naglasiti da se osobine polimernih materijala mogu uspešno programirati i podešavati s obzirom na tehničko-tehnološke zahteve projektovanog proizvoda. Brojnost materijala na bazi polimera takodje olakšava projektovanje novih proizvoda specifičnih osobina.

**Datum:** \_\_\_\_\_

**Mesto:** \_\_\_\_\_

**Potpis studenta:**

\_\_\_\_\_

**Potpis industrijskog mentora:**

PostDoc. Yang Zhang

\_\_\_\_\_