



**Sveučilište: Sveučilište u Rijeci**  
**Fakultet: Tehnički fakultet**

**Akadska godina: 2010-2011**



## **ZAVRŠNO IZVJEŠĆE** **o studentskoj praksi**

**Student:** Boris Lukić

**Matični broj studenta:** 0114021195

**Studijska godina:** 2010/2011

**Ime akademskoga mentora:** doc.dr.sc. Zoran Jurković

**Ime industrijskoga mentora:** ing. Mirko Čutić, Marijan Terzić

*2011, Rijeka*



## Opće informacije:

Student			
Ime studenta: Boris Lukić		Studijska razina: Preddiplomski studij	
Matični broj: 0114021195	Adresa e-pošte: borisl@riteh.hr		Telefon: 0917261714
Razdoblje prakse	Od: 18.7.2011.	Do: 10.8.2011.	Broj sati: 120
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković		Pozicija: docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: 051/651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: Elcon Geretebau d.o.o.			
URL: <a href="http://www.elcon-geretebau.eu">www.elcon-geretebau.eu</a>			
Adresa: Bilogorska ulica 23		Grad: Rijeka	
Ime industrijskoga mentora: Mirko Čutić		Pozicija: voditelj proizvodnje	
Adresa e-pošte: <a href="mailto:mirko.cutic@elcon-geretebau.eu">mirko.cutic@elcon-geretebau.eu</a>		Broj telefona: 051 648 665	

## Zahvalnice:

Zahvaljujem se kako firmi, tako i svojim mentorima Mirku Čutiću i Marijanu Terziću te ostalim zaposlenicima, na primanju u poduzeće te na trudu uloženom oko organizacije prakse, prenošenja svojih znanja na mene i na strpljivošću tijekom odgovaranja na moja brojna pitanja.



## Uvod:

**Elcon Geretebau d.o.o.** je privatno poduzeće osnovano 1993. godine koje se bavi proizvodnjom, izradom i obradom visokopreciznih dijelova CNC glodanjem i CNC tokarenjem te eventualnom montažom istih u sklopove. Za te djelatnosti firma nudi organizaciju transporta i logistiku, površinsku zaštitu dijelova kao i nabavu standardnih dijelova (vijci, matice, čahure, zatici, kablovi...) u slučaju montaže sklopova. Danas je sigurno jedno od vodećih i utjecajnijih poduzeća na prostoru bivše Jugoslavije i šire po tom pitanju, što jasno pokazuje veoma rašireno tržište koje surađuje s firmom. Kupci i naručitelji dijelova s kojima firma surađuje najčešće dolaze iz Njemačke, Austrije, Švicarske, Francuske, Engleske, Danske, Slovenije te SAD-a od zemalja izvan Europe. O uspješnosti firme govore činjenice da je 2001. dobilo nagradu "Zlatna kuna" - za najuspješnije poduzeće u regiji u kategoriji do 50 uposlenika te status "Gazela" 2007 - za jednu od najbrže rastućih malih i srednjih tvrtki u RH.

Izrađeni dijelovi se upotrebljavaju, ovisno o poduzeću koji naručuje, najviše u strojogradnji (kao dijelovi nekog daleko kompleksnijeg sklopa poput automobila ili perilice za rublje), medicinskoj i filmskoj tehnici (dijelovi kamera, fotoaparata, mjernih i laserskih uređaja koji se koriste u očnoj kirurgiji...). Rade se kako pojedinačni dijelovi, tako i male-srednje serije od 1000-2000 komada, a većina dijelova koje kupac naruči se rade iz aluminijske (poduzeće je opremom i strojevima upravo najbolje opremljeno za obradu tog materijala), ali se mnogi dijelovi izrađuju i iz čelika, bakra, mesing-a, plastike.

Proizvodni, uredski i skladišni prostori zauzimaju prostor od preko 3000 kvadratnih metara na kojem u tri smjene radi 80-90 dobro obučanih i motiviranih ljudi. U trećini tog proizvodnog prostora smješteno je 35 modernih CNC obradnih centara za glodanje, od raznih proizvođača, a kompletna lista istih se lako nađe na službenoj web stranici firme. Od tih strojeva, vrijedi istaknuti šest HERMLE 5-osnih CNC obradnih centara za glodanje sa mogućnošću 3D glodanja. Maksimalna veličina izratka koje se dobivaju glodanjem je 1500 x 660 mm.

Na 400 kvadratnih metara prostora smješteno je 9 CNC obradnih centara za tokarenje, svi od proizvođača MAZAK, a detaljnija lista tih strojeva se isto može provjeriti na web stranici poduzeća. Što se tiče softverske CAD-CAM opreme, bez koje je danas proizvodnja nezamisliva, nacrti i modeli se rade i dobivaju od kupaca u AUTOCAD-u i SOLIDWORKS-u, a programiranje CNC strojeva se vrši CAM tehnologijom pomoću MASTERCAM-a i ESPRIT-a. Tu su još i mnogi mjerni uređaji, čime se garantira kvaliteta proizvoda i preciznost izrade kako bi sve bilo u zadanim tolerancijama (preciznost obrade i kontrole je do 0.005 mm). Od mjerne opreme koja se nalazi u klimatiziranom prostoru, vrijedi istaknuti 3D CMM mjerni uređaj proizvođača DEA, 3-koordinatni mjerni uređaj BROWN&SHARPE te više projektor za jerenje izrazito sitnih dijelova visoke preciznosti. Osim same izrade naručenih dijelova, firma nudi i površinsku zaštitu dijelova, najčešće su eloksiranje, cinčanje, kromatiranje, elektropoliranje...

Prema riječima vlasnika, firma će se i dalje širiti, jačati s ciljem postajanja vodećim poduzećem u proizvodnom strojarstvu u široj regiji te daljnjim jačanjem na međunarodnoj sceni i tržištu uz obavezno praćenje najnovijih europskih i svjetskih trendova u područjima kojima se bavi.



## **Ciljevi Programa Studentske Prakse i metodologija:**

Prema dogovoru sa glavnim mentorom, program prakse smo podijelili u dva dijela. Prvi dio, koji se obavljao trećinu predviđenog vremenskog roka od 15 radnih dana, je bio vezan uz rad na računalu koristeći CAD softvere koji su služili za projektiranje i izradu potrebnih nacrti i za određivanje važnih koordinata nužnih za strojnu izradu naručenih dijelova od određenih kupaca. Drugi dio, koji je trajao ostatak zadanog vremena, je proveden u prostoru sa CNC glodalicama, vezan uz strojnu izradu i obradu dijelova koji su u tim trenucima morali biti isporučeni određenim naručiteljima prema traženom vremenskom roku. U ovom dijelu prakse je vrlo važno bilo upoznavanje sa proizvodnim strojarstvom u praksi i povezivanje nekih stvari naučenih na fakultetu sa praktičnom izradom dijelova u poduzeću, kao i na njihovu primjenu tijekom obavljanja prakse u radioni.

18., 19., 20., 25., i 26. srpnja: rad na računalu korištenjem softvera AUTOCAD 2011 gdje sam za vježbu crtao nacрте dijelova koje je mentor zadao, a koji su prošlih godina bili podloga za izradu dijelova naručenih od raznih firmi iz inozemstva. Nakon toga, trebalo je pomoću istog softvera odrediti, a prije toga, pronaći sam, koordinate koje "fale" iz dobivenog nacrti, a koje su potrebne za daljnji rad u CAM softverima i za samu izradu na stroju. Pomagao sam mentoru i oko nacrti dijelova koji su trebali biti napravljeni u tim danima, u smislu izrade 2D tehničke dokumentacije iz 3D modela sa softvera SOLIDWORKS prema priloženim standardima ili u određivanju kota pomoću CAD softvera kojih nije bilo u nekim dobivenim nacrtima dijelova (koji su se trebali izrađivati u tom trenutku) određenih firmi kada je god to neki radnik za strojem zatražio radi pravilnog i cjelovitog programiranja CNC obradnog centra. Svi ti nacrti su se trebali trajno "sejvati" na zajedničkom disku radi dostupnosti svim računalima i CNC strojevima. Cilj je bio uočiti vrijednost znanja korištenja CAD softvera naučenih na fakultetu kroz više kolegija i njihovu primjenu u praksi kod same proizvodnje dijelova i projektiranja cijelih tehnoloških procesa proizvodnje i izrade strojarskih dijelova.

Ostatak vremena, 27. i 28. srpnja te 1., 2., 3., 4., 6., 8., 9. i 10. Kolovoza, provodio sam u manjoj radioni sa pet 3-osne glodalice proizvođača HURCO, gdje mi je mentor bio majstor Marijan Terzić. Tu sam radio na više strojeva, ovisno o tome koji se komad trebao raditi i koji je stroj bio slobodan. Prema dobivenom nacrtu i želji kupca (dijelovi koji su se trebali prije izraditi su imali prednost, naravno) koji je u potpunosti objašnjavao kako naručeni dio treba izgledati te prema dobivenim materijalima (nabavljeni u dogovoru sa naručiteljem iz kooperantskih tvrtki koje se bave materijalima) mentor Marijan Terzić je prvo morao odlučiti koji će biti koraci pri izradi naručenog komada, pošto CNC stroj nije u stanju obavljati više različitih kompleksnih radnji istovremeno. Nakon toga, mentor bi pripremio stroj i programirao bi CNC glodalicu za prvi korak obrade. U slučaju kompleksnog oblika naručenog komada, programiranje bi vršili CAD-CAM programeri u svojim prostorijama pomoću softvera zaduženih za te stvari pa bi jednostavno CNC kod poslali na zajednički tvrdi disk radi dostupnosti na našem stroju. Moja uloga je bila u pripremi materijala (skidanje zaštitnih površinskih smjesa, turpijanje vrhova...) te sama izrada komada na CNC stroju korak po korak, onako kako je to zamislio mentor. U pravilu sam dobivao serije od nekoliko desetaka jednostavnijih komada naručenih od više firmi, za koje nije bilo potrebe za intervencijom programera zbog svog oblika. Nakon svakog obavljenog koraka dužan sam bio isprati komad



i stroj od strugotine te obaveznim mjerenjem pomoćnim mjerilom dimenzije dijela radi provjere dobre obrade. Završetkom cijele izrade serije traženih dijelova, komadi bi se slali na daljnju precizniju kontrolu u za to zaduženu klimatiziranu prostoriju, nakon čega bi se, ako bi sve bilo u zadanim tolerancijama prema nacrtu, slali kupcu. Cilj je bio "osjetiti" praktični rad sa strojevima te primijeniti i vidjeti u praksi neke stvari naučene na kolegijima vezanih uz proizvodno strojarstvo na fakultetu. Uočiti važnost znanja kompletnog rada na CNC obradnim centrima uključujući i vještine programiranja kretanja alata te pravilno "čitanje" nacрта uz naknadno pravilno korištenje mjernih uređaja, čije smo karakteristike i način upotrebe imali priliku slušati na kolegiju Mjerna tehnika na fakultetu.

### **Opis posla i rezultati:**

Kako je gore navedeno, prvih pet dana, 18., 19., 20., 25. i 26. srpnja radio sam u uredu voditelja koji mi je na početku, za vježbu zadao nekoliko nacрта određenih dijelova naručenih od više firmi prijašnjih godina koje sam prvo trebao nacrtati u softveru AUTOCAD 2011, pa onda odrediti koordinate točaka koje se ne nalaze na nacrtu, a koje su nužne za izradu dijela na CNC glodalici programiranjem kretanja reznog alata. Takve koordinate možemo naći kada se kontura naručenog dijela mijenja na teško matematički definiran način, poput onih dijelova gdje se više radijusa nalazi u blizini pa treba točno odrediti gdje se ti radijusi sijeku u svojim zaobljenjima, tako da bi se izrada mogla izvesti na pravilan i matematički definiran način.

U tih pet dana pomagao sam mentoru i oko pojedinih narudžbi kupaca koji su preko internetske pošte slali 3D modele dijelova (praksa koja se češće počela primjenjivati zadnjih godina zbog lakšeg programiranja i izrade dokumentacije) koje je naručitelj u određenom roku htio dobiti u određenoj količini. Točnije, prema tom dobivenom modelu uz pomoć softverskih alata SOLIDWORKS i AUTOCAD izraditi 2D tehničku dokumentaciju uz potrebne kote i koordinate prema kojima će se izraditi konačan proizvod te ga kasnije poslati naručitelju prema našoj cijeni (prethodno dogovorenoj prema našim zahtjevima ovisno o sveukupnim troškovima firme i opreme) u zadanom roku.

Naručitelji ipak najviše šalju 2D dokumentaciju u AUTOCAD-u, pa je u tom slučaju samo potrebno dodati nekoliko koordinata koje radnik mora imati da bi se provela uspješna i kvalitetna izrada komada na CNC stroju, naravno, uz prethodno CAM programiranje.

Naravno, osim tih zadataka, u slučaju da neki podaci na nacrtima fale, radnici koji rade za strojevima bi dolazili u uredu voditelja proizvodnje pitati ga da preko računala pronađe rješenja tih problema. Pošto se na svakom stroju poduzeća radilo, takvih pitanja i dolazaka je bilo svakodnevno, pa sam s mentorom sudjelovao u pronalaženju potrebnih dimenzija, koordinata na nacrtima ili u vađenju određenih podataka prema određenim standardima. Kada bih ostao sam u uredu, u slučaju da sam potpuno siguran, samostalno sam radnicima pronalazio preko CAD softvera tražene dimenzije. To je ipak bilo rjeđe.

Postupak određivanje točaka preko CAD programa je vrlo jednostavan:

TOOLS => NEW UCS => ORIGIN (određivanje najpovoljnijeg ishodišta) => DIMENSION => ORDINATE (određivanje x i y koordinata potrebnih točaka konture komada koji treba izraditi)

Što se tiče rezultata ovog dijela prakse, mentor nije dopustio da slikam dobivene nacрте i naknadne promjene na tim nacrtima CAD softverima te općenito moj rad na računalu zbog obaveze firme prema naručiteljima da se nacrti i ostalo ne daju na korištenje trećoj strani.

Nakon obavljenih zadaća u uredu voditelja proizvodnje, poslan sam u manju radionu sa pet 3-osnih CNC obradnih centara za glodanje (dva modela VMX42, dva VMX30 i jedan VM1), gdje je mentor bio majstor Marijan Terzić. Tu je provedena većina vremena, kako bih se u praksi što bolje upoznao sa procesima proizvodnje i izrade strojarskih dijelova. Jedna je stvar izrađivati nacрте dijelova pomoću računala, a druga biti uključen u sam proces strojne proizvodnje tih dijelova. Dvije slike te radione izvana:



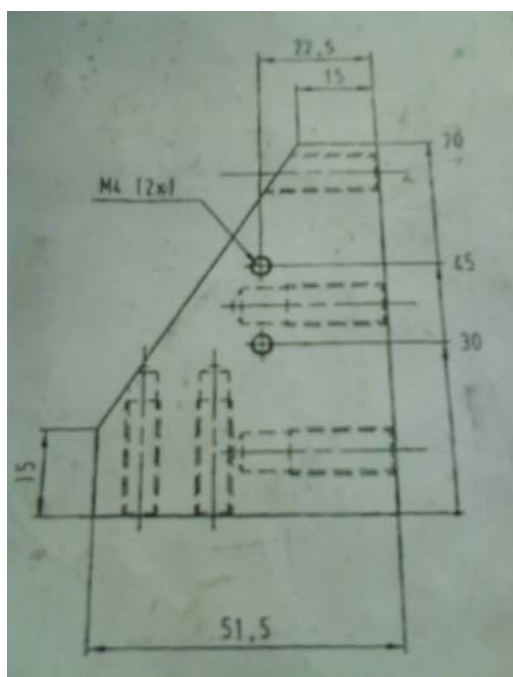
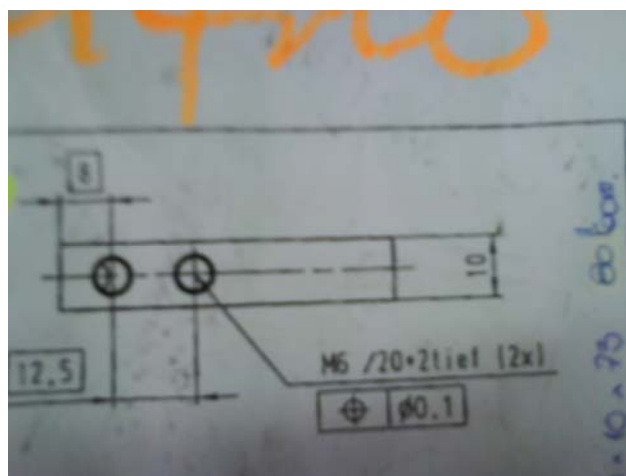
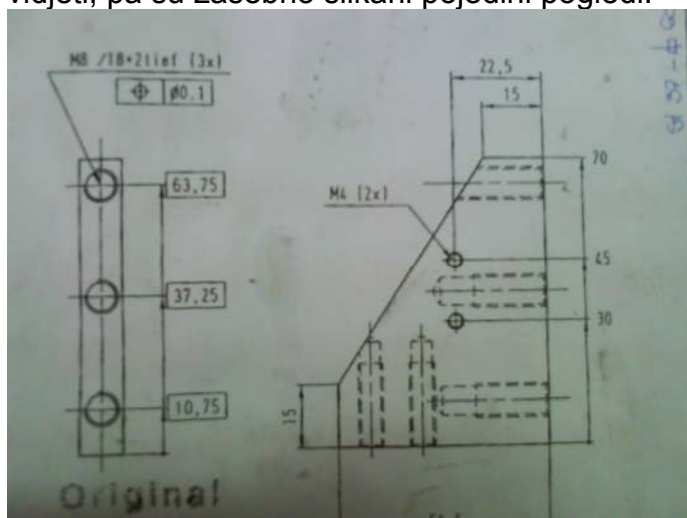
Tu je vrlo bitno napomenuti da je naručiteljima bitno "samo" dobiti traženi broj dijelova u traženom vremenskom roku te da budu potpuno u skladu sa nacrtima, kao i sa traženom kvalitetom površine, hrapavosti, načinu pakiranja... Osim ako to nije zatraženo, nije im bitna tehnologija kojom će se izraditi ti dijelovi, stoga je firma ta koja odlučuje na kojem će se stroju proizvoditi dijelovi. U skladu sa troškovima i zadanim rokovima, odlučuje se kada i gdje će se raditi izrađivati naručeni dijelovi.

Ukupna proizvodnja dijelova se izvodi kontinuirano. Izrađuje se komad po komad na svim strojevima istovremeno, a u vrijeme izrade jednog komada uključene su samo strojno oblikovanje te input/output dijelova iz stroja, koje obično traje nekoliko minuta. Radnik mora stalno raditi i biti za strojem zbog pripremanja, stezanja, vađenja i stavljanja komada u stroj te čekanjem da se završi obrada. Problemi mogu nastati u slučaju kvara stroja ili kvara alata. Važno je pratiti rad alata i oštrice kako se ne bi potrošila tijekom obrade te da bi se zamijenila na vrijeme. Stoga se sve češće (uglavnom pri obradi tvrdih materijala i pri većim serijama) koriste alati na čijim se vrhovima stavlja posebna prevlaka od čvršćih materijala (poput titana) kako bi alat dulje trajao.

Može se reći da se cijeli proces proizvodnje odvija u više dijelova. Prva stvar je naravno dobivanje nacрта/modela traženog komada i veličina serije. Slijedi konzultiranje uprave sa voditeljima proizvodnje te kalkulacija cijena u skladu sa predviđenim troškovima

(struja, stroj, nabava materijala, eventualni škart, logistika i transport...). Nakon obavljenih detaljnijih konzultacija, firma šalje ponudu naručitelju. Ako naručitelj prihvati, slijedi sama izrada dijelova, uz naravno, prethodni dolazak materijala. Na prvom je redu strojna izrada na CNC strojevima, eventualna montaža u sklop, pa na kraju završna kontrola kvalitete. Ako su dijelovi izrađeni točno prema nacrtima i ako su dimenzije dijelova unutar zadane tolerancije, dijelovi idu na završno čišćenje, poliranje i ako je to traženo, na površinsku zaštitu. Nakon pakiranja, naručeni dijelovi se isporučuju naručitelju, a ostatak (inače se izrađuje veći broj komada od traženog) se šalje u skladište.

Prvi sam dan, nakon kratkog obilaska radione, radio na stroju HURCO VMX30, koji koristi emulziju Sitala A-400 (za aluminij postotak emulzije u vodi je 5-8 %, za čelik 8-12 %). Prema dobivenom nacrtu komada njemačke tvrtke "HTG", trebalo je izraditi 100 takvih dijelova iz čelika. Nije bilo moguće jednom slikom obuhvatiti cijeli nacrt, a da se sve uspije vidjeti, pa su zasebno slikani pojedini pogledi:



Pošto strojevi nisu dizajnirani da istodobno vrše više različitih obrada, prema nacrtu komad se obrađivao dio po dio, korak po korak. Prilikom mog dolaska, komadi su već bili djelomično obrađeni. To jest, već su bile izbušene dvije rupe M4, te su obrađene sve stranice dijela, uključujući i stranicu koja se treba rezati (duljina 51.5 mm, kasnije rezanjem 15 mm), osim one koja ostaje iste širine od 51.5 mm, a koja je i dalje hrapava. Svaki je korak obrade prije samog početka izrade mentor (ili drugi stalno zaposleni radnik) programirao na CNC stroju koristeći zadane podatke iz nacрта, a koji su određivali putanju kretanja glodala unutar stroja.

Moj zadatak je bilo bušenje tri provrta M8, a prije toga bitno je bilo isturpijati vrhove, bridove i stranice obrađene strane koju stavljam na graničnik, tako da se komad preciznije pričvrsti uz pomoć imbus ključa. Ovaj korak traje 4:03 minuta, nakon čega se ispere dio stroja na kojem je vršena obrada i sam komad tako da se s njih maknu strugotina i mješavina emulzije i vode. Tim postupkom, priprema se teren za obradu sljedećeg komada. Bušenje se odvija, osim kretanjem alata i postolja po koordinatama x-y-z, i istovremenim hlađenjem mješavidnom emulzije i vode tako da alat i oštrica duže traju te da se oštećenja (koja će sigurno kad-tad doći) alata dogode kasnije. Nakon obrade svakog komada, za kontrolu, mjere se pojedine dimenzije digitalnim pomičnim mjerilom. Rezultati ovog koraka se mogu vidjeti na sljedećim slikama:



Nakon ovog koraka, slijedi postupak "glađenja" površine koja je i dalje hrapava, a na kojoj će se bušiti dvije rupe M6 prema nacrtu. Postupak traje 1:41 minutu te se naziva

linearno glodanje sa ciljem dobivanja glatke površine prema zadanoj hrapavosti na nacrtu. Završetkom ovog koraka, vrlo je bitno bilo mjeriti duljinu veće stranice sa ciljem provjeravanja da glodalo nije oduzelo previše materijala sa obrađene stranice, u kojem bi slučaju duljina komada bila manja od one zadane iz nacрта, pa bi onda taj komad bio škart. Na slici se vidi da je obrada izvršena kako treba:

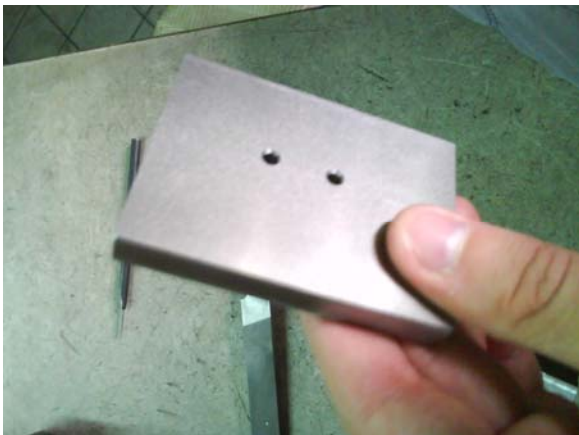


Usljedilo je bušenje dviju rupa M6 na prethodno obrađenoj površini. Prije toga, potrebno je bilo isturpijati oštre rubove stranice koja se oslanja na graničnik. Naravno, prije početka obrade, trebalo je programirati stroj, kao i u svim ostalim koracima. Bušenje je trajalo 2:36 minute. Rezultati su lako vidljivi na sljedećim slikama:



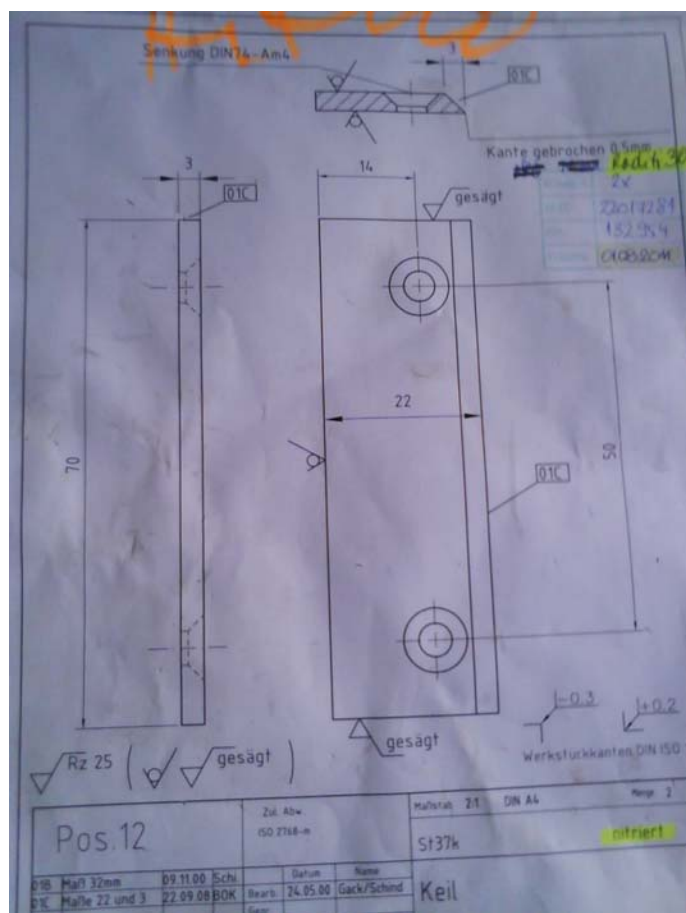


Završetkom i ovog dijela obrade, slijedi završna obrada. Prema nacrtu, treba izrezati ukoso dio komada nasuprot stranici gdje se nalaze tri provrta odrađena u početnom koraku. Ovaj postupak traje 4:41 minute i u ovom slučaju treba više nego inače stegnuti obradak. Prije i nakon obrade isturpijati vrhove i rubove dijela komada koji ide na obradu te maknuti ostatke strugotina koje su ostale u provrtu pomoću razvrtača.



Nakon izvršene obrade u radioni, ti se komadi šalju na kontrolu kvalitete u za to predviđenom prostoru i u slučaju da nema grešaka, šalju se na završno čišćenje, poliranje i pakiranje prije samog izvoza u Njemačku.

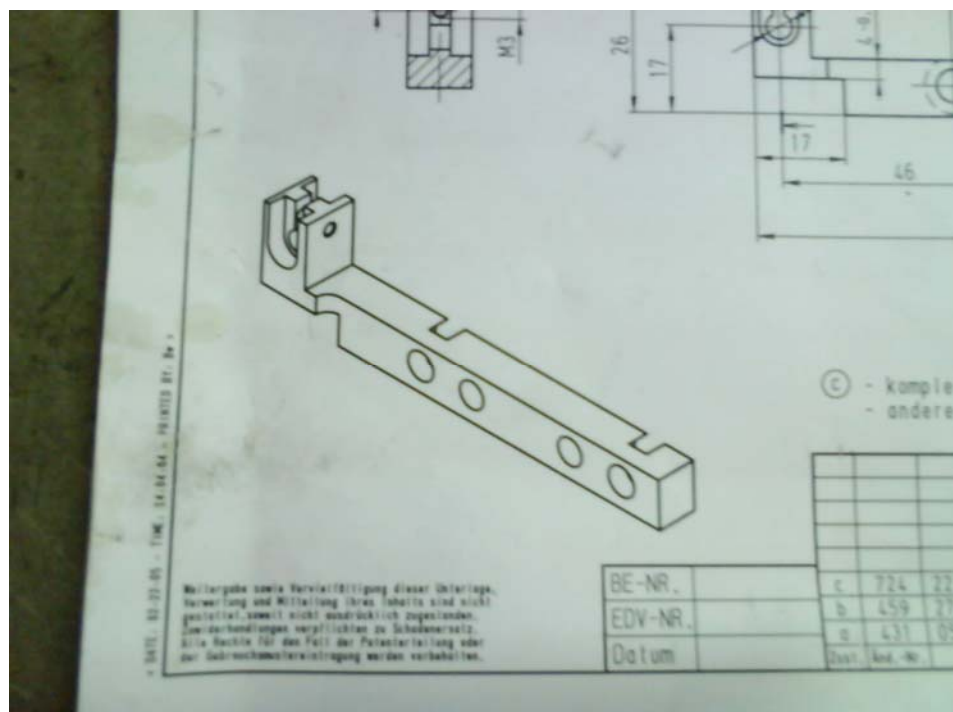
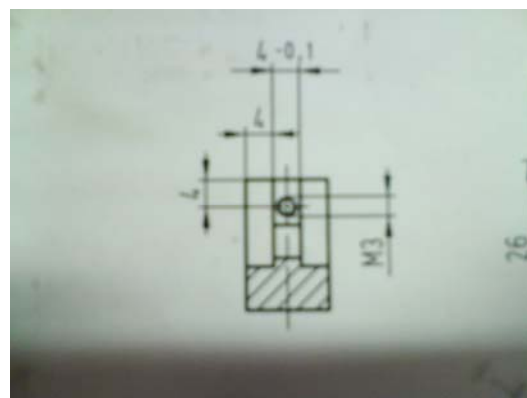
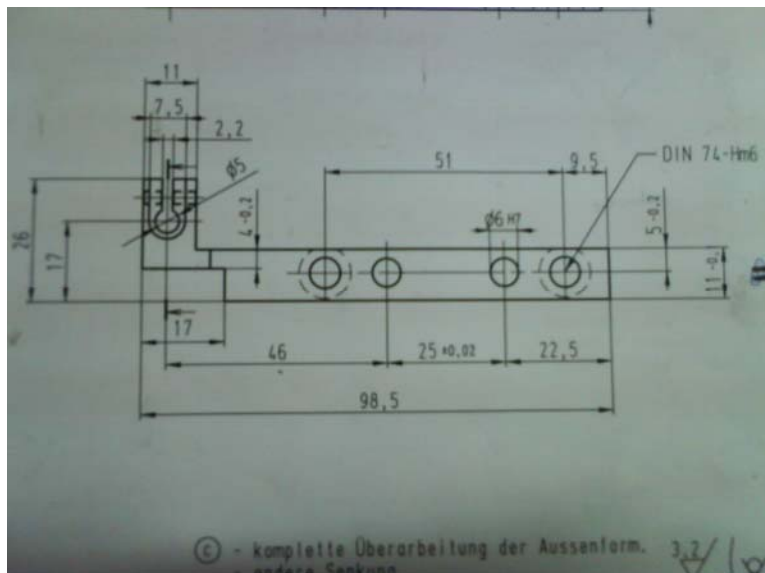
Tih dana sam kratko dobio zadatak za završnu obradu dijelova iste firme prema sljedećem nacrtu:



Dobio sam gotovo završen komad, preostalo je jedino glodanjem skinuti dio površine tako da se dobije kosa površina prema gornjem nacrtu. Ova obrada je vršena na drugom stroju, ali istom modelu kao i gore (postupak je trajao 1:09 minutu). Rezultati:



Sljedeći zadatak je ponovno bio vezan uz CNC obradu. Dobio sam velik broj cilindara iz čelika čije je vrhove (presječnice tijela i kružnih baza) trebalo isturpijati da bi lakše bili stavljani i pričvršćeni u stroj. Trebalo je iz tih cilindara dobiti sljedeći komad izvučen iz nacrtu firme "HTG":



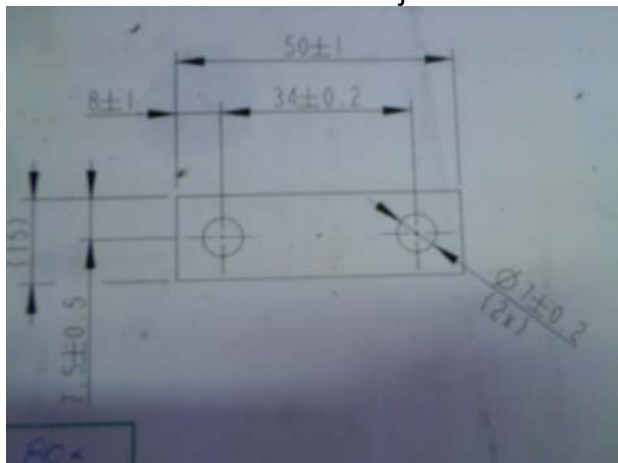
Od tih cilindara, programiranjem stroja i kalibriranjem alata trebalo je prvo većim glodalom maknuti manji dio materijala (oko četvrtine) a poslije glodalom manjeg promjera izraditi dva proreza. Postupak traje 8:26 minuta. Rezultati su vidljivi dolje:



Daljnja obrada se vršila na drugom stroju. Dobio sam još jedino zadatak da odradim zadnji korak obrade kod ovih dijelova, dok je prethodne korake radio mentor. Zadnji korak pred završnu kontrolu, čišćenje i poliranje je bio vezan uz skidanje dijela ispod glave komada (pričvršćenog graničnikom) glodalom, nakon čega je turpijom trebalo otupiti oštre rubove. Slike se mogu vidjeti na sljedećoj stranici.



Sljedeći komad naziva "Washer", koji je trebao biti hitno izrađen s obzirom na rokove, naručen je iz austrijske tvrtke "Kostwein" pod vlasništvom talijanskog poduzeća "Tetra Pak". Prema nacrtu trebalo je izbušiti dva provrta promjera 7 mm na tankoj pločici. Prije strojne obrade, zadatak je bio isturpiti stranu koja se stavlja na postolje te bridove između stranica. Zbog brzine izrade jednog komada, obrađivala su se tri komada istovremeno (ukupno je zadano 80 komada), pa je cijeli proces za izradu tri komada trajao 6:23 minute. U ovom se koraku nije koristio pričvršćeni graničnik na postolju stroja, nego etalon pravokutnog poprečnog presjeka 4x7, pa je jedan kraj neobrađenog komada bio udaljen 4 mm od nosača na kojem je pričvršćen. Poslije tog koraka vanjske strane su se obrađivale skidanjem malog dijela materijala u cilju postizanja željene duljine od 50mm (postupak koji traje 1:52 minutu). Završni korak je bilo graviranje dva reda slova i znakova prema nacrtu, a koje je trebalo postaviti glodalom manjeg promjera (koji se inače koristi za aluminij) između dva provrta. U ova dva koraka normalno se koristio graničnik. Inače se gravira logo firme, ali u ovom slučaju ne bi stao s obzirom na manju veličinu komada. Nacrta i rezultati:





Na red je došlo 12 komada u obliku pravokutnika koje je prvo trebalo obrisati i očistiti od posebne crne smjese koja ih je štitila od hrđe, nakon čega je na redu došlo turpijanje krajeva i bridova kako bi se lakše smjestio na postolju stroja. Tloct komada je ovako izgledao:



Prvi korak je bila fina obrada jedne veće stranice, postupak koji je trajao 1:55 minutu (sa početne širine 81 mm na 79 mm). Drugi korak je obrada glodalom druge, suprotne stranice. U ovom se slučaju skidalo više materijala kako bi se dobila željena širina (75 + 0.3 mm), pa je postupak duže trajao nego prvi korak: 5:30 minuta. U oba je slučaja nakon

stavljanja i učvršćivanja komada na nosačima unutar stroja, prije samog početka strojne obrade, potrebno bilo kucati čekićem uzduž cijelog komada kako bi se što bolje smjestio i kako bi obrada bila preciznija. Vrlo je bitno bilo dobro nakucati dio kako bi uzdužne stranice bile međusobno paralelne, inače je proizvod škart. To se naravno provjeravalo pomičnim mjerilom. Koristila su se dva glodala, jedan većeg promjera koji je skidao materijal, a drugi, manji i finiji, je dodatno obrađivao stranicu kako bi se dobila željena kvaliteta i hrapavost prema nacrtu. Rezultati uz nekoliko slika obrade glodalom i "tragova" kretanja glodala na obrađivanoj površini:







Treći, ujedno i najveći, korak je kružno glodanje i bušenje provrta raznih veličina (prema nacrtu) sa 4 svrdla različitih promjera uz istovremeno linearno glodanje kojim se obrađuje se manja vanjska površina koja se ne nalazi na graničniku. Cijeli postupak traje 19:30 minuta. Nakon obrade svakog komada, potrebno je dobro bilo očistiti svrdla od strugotine koja bi se lako zapetljala uslijed bušenja provrta, isturpijati obrađenu manju stranu radi tupljenja oštih rubova i bridova te maknuti dijelove strugotine iz netom dobivenih provrta razvrtačima raznih veličina. Rezultati:



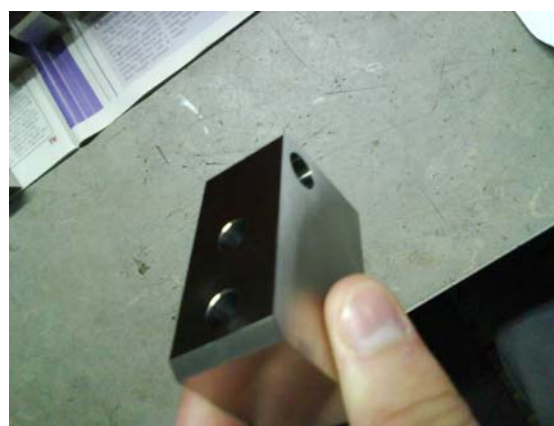
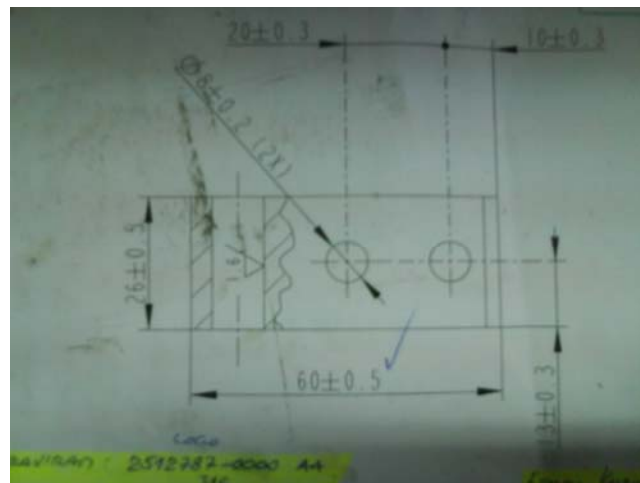
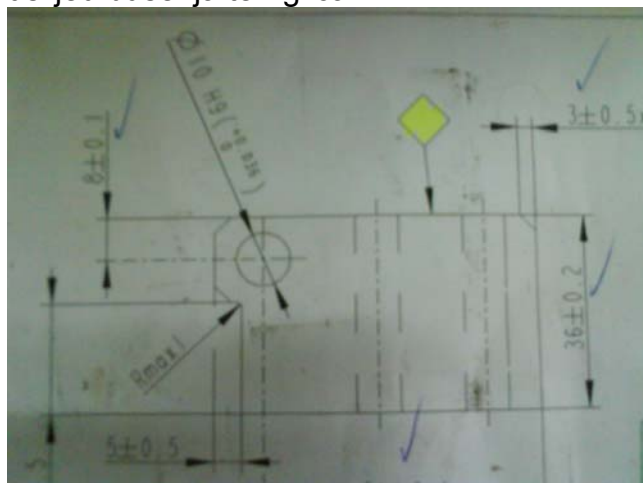


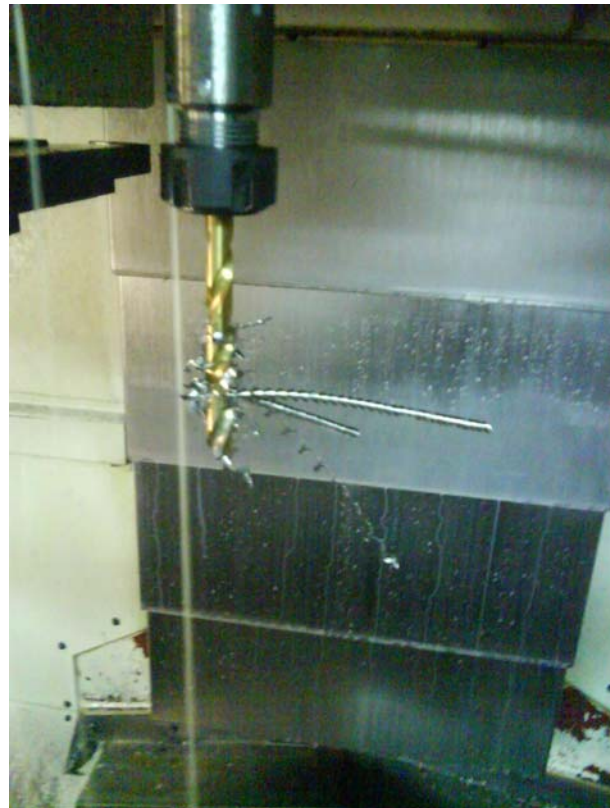
Posljednja dva koraka prije slanja na kontrolu, su obrađivanje druge, neobrađene manje stranice poslije čega se taj dio isturpija (postupak traje 2:34 min, skida se više materijala i treba paziti da i u ovom slučaju veće stranice budu međusobno paralelne i duljine 228 mm, što se lako provjeravalo pomičnim mjerilom), a zadnji korak je vezan uz skidanje/rezanje dijela materijala u obliku pravokutnika (prema nacrtu 30x10) nakon čega se taj dio mora lagano isturpijati radi pojave oštih rubova. Netom maknuti dio komada se lako primijeti na sljedećoj stranici.



Naredni zadatak je rađen na stroju HURCO VMX42, gdje sam dobio novi komad firme "Kostwein", pod vlasništvom "Tetra Pak Carton Ambient Spa". Komad je nazvan "Holder / Supporto". Ovaj stroj koristi emulziju Adrana D-208 (za aluminij 5 %, za čelik 8 %). Dobiveni komad je već bio djelomično izrađen, još je bilo potrebno samo nekoliko koraka do slanja na završno čišćenje. Prema sljedećem nacrtu, zadatak je bio na gotovo napravljenom dijelu izraditi dva nova provrta promjera 8 mm na suprotnoj strani većeg provrta promjera 10 mm. Buše se s obje strane tako da se dobiju provrti koji prolaze cijelom širinom komada od 36 mm. Ti su se provrti, pošto se nisu bušili odjedanput, trebali provjeravati cilindričnim etalonima promjera od 8 do 9 mm, takozvanim "iglicama", to jest provjeravalo poklapaju li se njihove osi.

Postupak je trajao 2x 2:28 minuta. Nacrti, rezultati i slike strugotine koje ostaju na glodalu uslijed bušenja te "iglica":





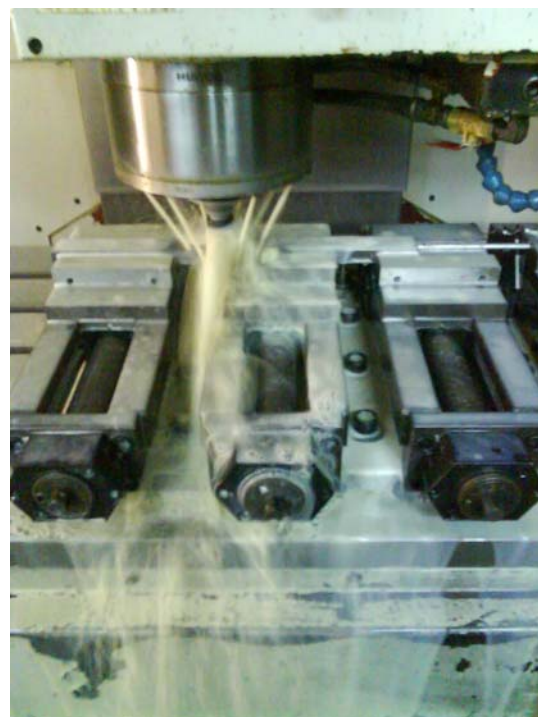
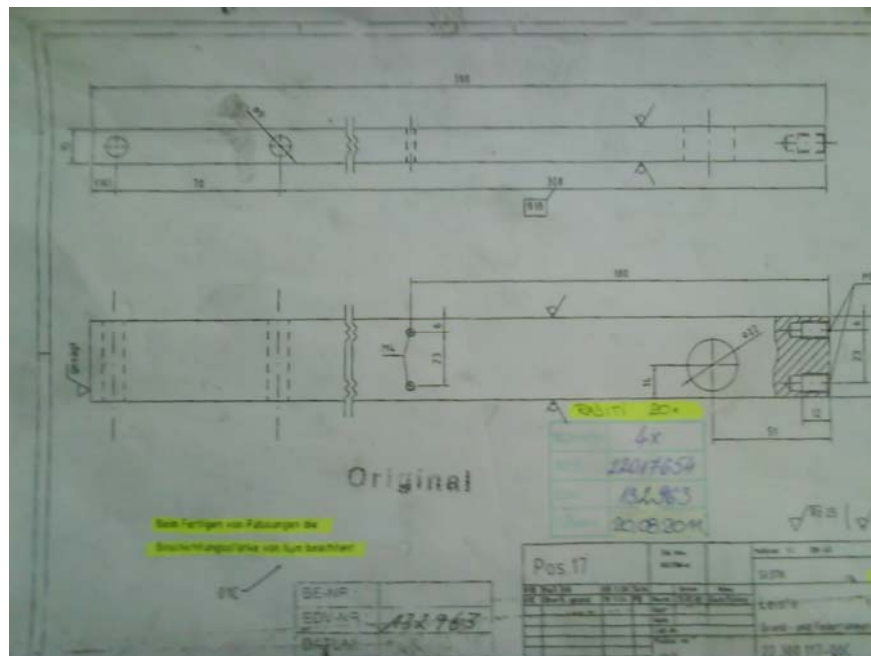
Nakon ovog dijela obrade, uslijedilo je rezanje dijela ispod većeg provrta uz kosine  $3 \times 45^\circ$  prema nacrtu. Postupak traje 3:56 minuta. Završetkom ovog koraka uz naknadno turpijanje kosina, dobiveni komadi su spremni za graviranja loga firme. S obzirom na

kompleksnost loga "Tetra Pak" programiranje kretanja alata prema logu je izuzetno teško, tako će se gravirati na drugom stroju uz programiranje CAD programera. Nakon oduzimanja materijala, konačan dio izgleda na sljedeći način, točno prema nacrtu:



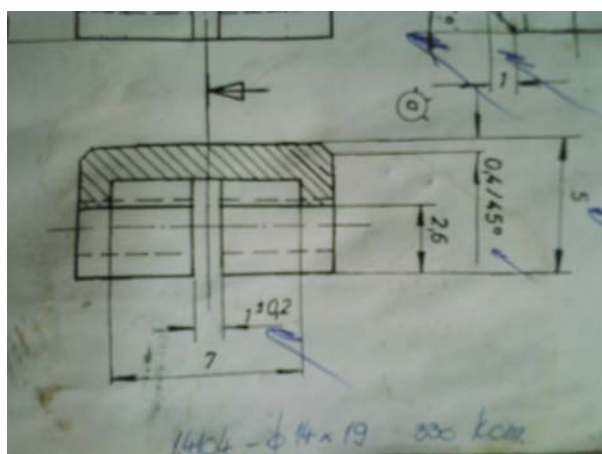
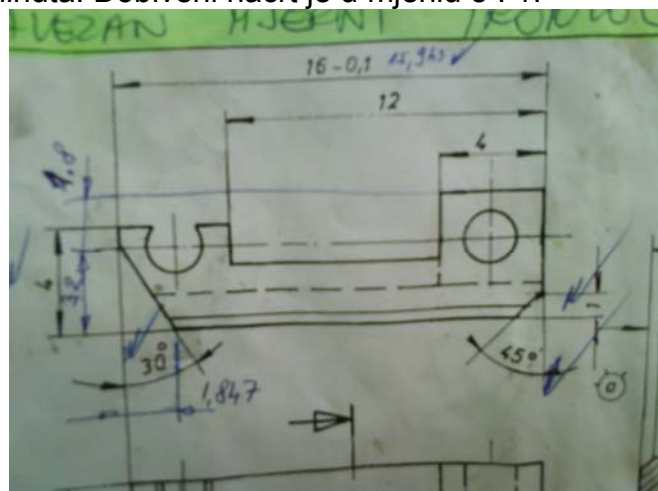
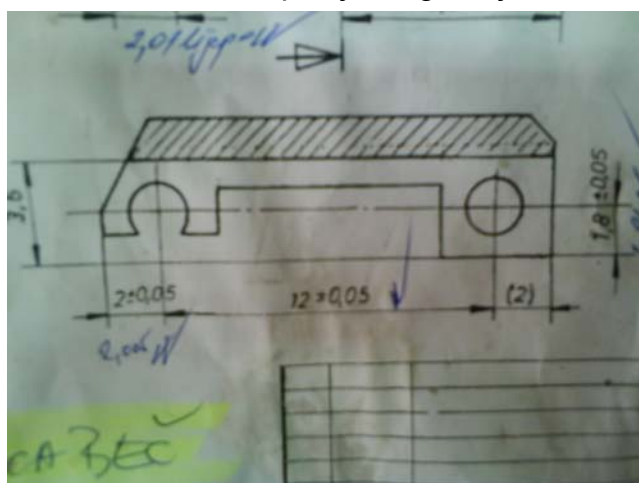
Poslije i ove obrade, ponovno sam dobio komad kojeg je prvo trebalo očistiti od smjese koja ga je čuvala od hrđe i ostalih vanjskih utjecaja te onda isturpijati oštre rubove stranica. To je poduži pravokutnik firme "HTG" kod kojeg je trebalo izraditi provrte (jedan promjera 22 mm te dvije rupe M4) prema dobivenim nacrtima naručitelja. Potrebno je bilo izraditi 22 takvih komada. Ostatak obrade (izrada dviju rupa M8 na manjoj stranici te obrade stranica) je vršen na drugom stroju. Postupak na stroju na kojem sam radio je trajao 8:39 minuta, a nakon obrade pojedinog dijela, razvrtačem je trebalo maknuti strugotinu sa manjih provrta. Potrebno je bilo i mjeriti pomičnim mjerilom širina komada (35 mm) kako bi se provjerila paralelnost. Rezultati:







Zadnji zadatak koji sam dobio prije kraja stručne prakse je bio vezan uz obradu sitnijih komada austrijskog poduzeća "LEICA Microsystems". Ovaj zadatak je vršen na stroju HURCO VM1, najmanji u radioni, koji se inače koristi za obradu dijelova iz plastike. Poduzeće je naručilo 400 takvih komada, pa se stroj programirao tako da se vršila obrada četiri dijela istovremeno. Postupak je stoga trajao 39:45 minuta. Dobiveni nacrt je u mjerilu 5 : 1:

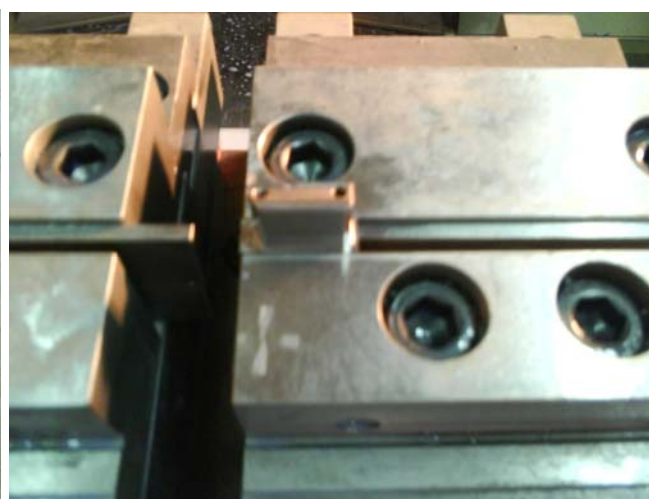


Rezultati (početni komad se pričvršćivao do lijeve granice nosača):



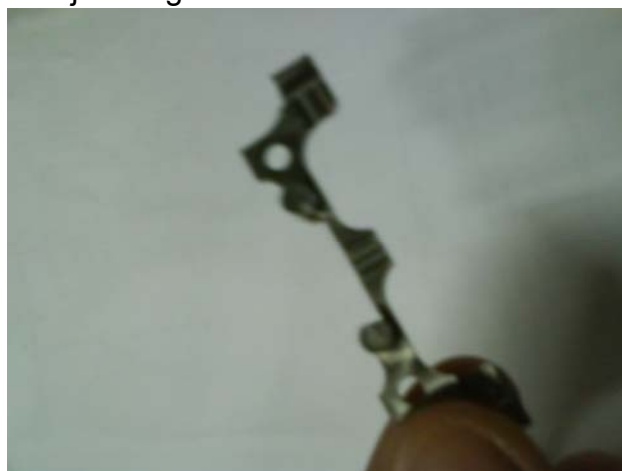


Nakon završetka obrade, dimenzije komada su se provjeravali digitalnim mikrometarskim mjerilom Venierovim principom, a provrti etalonima promjera 2 i 2.02 mm, kojima se usput micala i zaostala strugotina u njima.





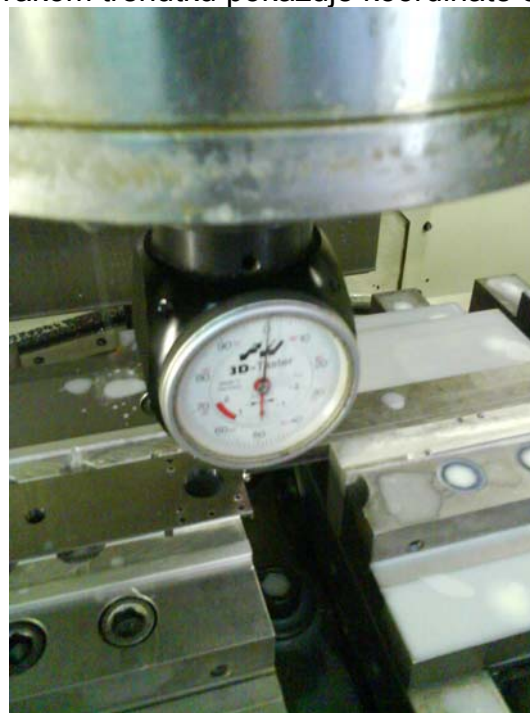
Nekoliko slika dijelova izrađeni u HURCO radioni prije mog dolaska, a koji su zanimljivi svojim izgledom i kompleksnošću, a neki od njih i sličnošću sa mnogobrojnim nacrtima koje sam susretao na vježbama u sklopu kolegija Inženjerska grafika:





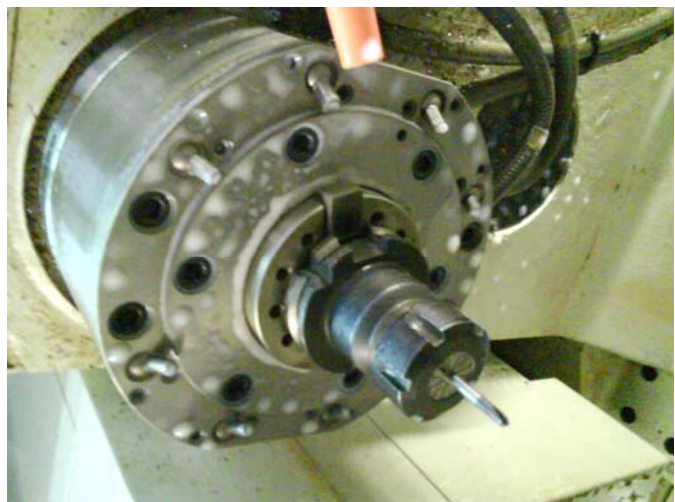


Važno je napomenuti da je prilikom svakog programiranja na stroju, mentor (ili drugi majstor), radi namještanja točne relativne početne pozicije osi glodala sa komadom koji treba obraditi, koristio komparator sa glavicom promjera 4 mm, kojeg se namjesti tako da svoj kraj kuglice mora dodirnuti rubnu stranicu komada, sve dok obje kazaljke ne dođu na nulu. Na taj se način precizno nalazi početna točka obrade komada (x koordinata), jer je stroj povezan sa vanjskim računalom koji u svakom trenutku pokazuje koordinate osi svrdla.



Slike strojeva, monitora (koji je služio za programiranje) i alata:







Zadnje dvije slike prikazuju alate koji su korišteni prilikom obrade svakog komada (s lijeva na desno: čekić, mala turpija, tri razvrtača, veća turpija, imbus ključ za stezanje), te sustav za odvodnju strugotine iz stroja u kontejner. Nakon izrade serije komada, unutrašnjost stroja se ispere sa emulzijom te se posebnim mehanizmom koji na temelju mase i gravitacije razdvaja tekućinu (mješavinu emulzije i vode) od strugotine, strugotina odvodi u spremnik, kako bi se kasnije prodala firmama poput "METIS d.o.o.", gdje se taljenjem i skrućivanjem ponovno dobiva materijal spreman za obradu. Na taj način se strugotina, koja je praktički otpad i više ničemu ne služi, ipak uspije iskoristiti i zaraditi na njoj. Kod strojeva povremeno je trebalo nadodavati vodu i emulziju, ovisno o preostaloj količini te je trebalo mijenjati ulje kada bi se god razina te vrlo važne tekućine smanjila ispod dopuštenog.

#### Reference:

[1] <http://www.elcon-geretebau.eu/>

[2] [www.riteh.hr](http://www.riteh.hr)

[3] <http://moodle.srce.hr/course/view.php?id=1139> (nastavni materijali kolegija Proizvodne tehnologije profesora Gorana Cukora)

[4] <http://mudri.uniri.hr/course/view.php?id=456> (nastavni materijali kolegija Mjerna tehnika profesora Branimira Barišića)



## **Zaključci:**

Završetkom studentske prakse i odrađenih 120 radnih sati u poduzeću Elcon Geretebau d.o.o., mogu biti vrlo zadovoljan obavljenom zadaćom. Nisam došao sa puno očekivanja u firmu jer nisam čuo za nju prije, ali tijekom rada, ugodno sam se iznenadio kvalitetom rada, tržištem i najmodernijom opremljenošću poduzeća, kao i sa znanjem i stručnošću zaposlenika.

Obavljenom praksom može se reći da sam, za osobu koja nije pohađala tehničku strojarску školu, proširio neka znanja stečena na fakultetu i da sam uvidio način primjene tih znanja u praksi i privredi. Za prvi dio prakse, nezaobilazna su bila znanja stečena u kolegijima Inženjerska grafika i Oblikovanje pomoću računala, i upravo praksom sam postigao viši nivo korištenja prije navedenih softvera, kao i uočavanje važnosti tih alata u procesima proizvodnje. Za drugi dio, posjedovao sam dosta dobro teoretsko predznanje stečeno u kolegijima Mjerna tehnika i Proizvodne tehnologije, ali do prakse nisam nikada morao primjenjivati ta znanja i vidjeti na koji se način koriste u praksi. Zbog toga, iskustvo u firmi je dobro došlo kao nadogradnja temelja naučenih na fakultetu.

Tijekom cijele prakse, nije bilo nikakvih problema, odnosi su bili zasnovani na timskom duhu, suradnji i međusobnom poštovanju, tako da sam s užitkom provodio vrijeme u poduzeću. Bilo je više nego dovoljno posla, tako da niti u jednom trenutku nije bilo dosadno. Prema svemu navedenom, na temelju znanja stečenih tijekom stručne prakse, s užitkom ću pratiti kolegije sljedeće akademske godine, većina vezana upravo za proizvodnim strojarstvom, poput kolegija Proizvodni strojevi, alati i naprave, Tehnološki procesi i Osiguranje kvalitete.

**Datum:** 20.8.2011. **Mjesto:** Rijeka

**Potpis studenta:**

---