

# Tehnološki proces izrade testni uzorak - crtež broj 014

---

**Kesar, Dejan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:231:300624>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka University  
Studies, Centers and Services - RICENT Repository](#)



Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
STUDIJ POLITEHNIKE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Dejan Kesar**

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
STUDIJ POLITEHNIKE

# **TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE TESTNI UZORAK - CRTEŽ BROJ 014**

Mentor:

Prof. dr. sc. Marko Dunder

Student:

Dejan Kesar

Rijeka, 2019.

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam završni rad „Tehnološki proces izrade testni uzorak - crtež broj 014“ napisao i izradio samostalno, isključivo svojim znanjem i navedenom literaturom. Ovim putem htio bih se zahvaliti svom mentoru prof.dr.sc. Marku Dunđeru koji me je svojim savjetima i uputama, te pruženom pomoći vodio kroz pisanje završnog rada.

Također se zahvaljujem i svojoj obitelji, koja me je podržavala tijekom cijelog obrazovanja i potaknula na pravi put.

---

Dejan Kesar

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
STUDIJ POLITEHNIKE  
Rijeka, Sveučilišna avenija 4.  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite

U Rijeci, 21.6.2019.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

**Pristupnik:** Dejan Kesar

**Zadatak:** Tehnološki proces izrade testni uzorak - crtež broj 014.

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

1. Uvodni dio - Općenito o obradi s odvajanjem čestica.
2. Objasniti specifičnosti i zahtjeve koji se postavljaju kod projektiranja tehnologije izrade testnog uzorka.
3. Navesti karakteristike materijala za izradu 1050 EN Al 99,5.
4. Razraditi tehnologiju izrade proizvoda prema crtežu br. 014. Navesti faze izrade, izvršiti izbor potrebnih alata i pribora u skladu s traženom kvalitetom.
5. Navesti zahtjeve pri odabiru stroja i tehnološke mogućnosti odabranog stroja/eva.
6. Zaključak

U Završnom se radu obvezno treba pridržavati **Pravilnika o završnom radu i Uputa za izradu završnog rada sveučilišnog preddiplomskog studija.**

Zadatak uručen pristupniku: 21.6.2019.

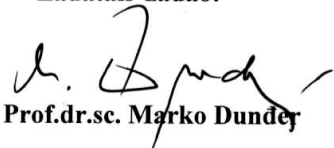
Rok predaje završnog rada: \_\_\_\_\_

Datum predaje završnog rada: \_\_\_\_\_

**Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:**

  
Doc.dr.sc. Damir Purković

**Zadatak zadao:**

  
Prof.dr.sc. Marko Dunder

# SADRŽAJ

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| SADRŽAJ .....                                                                                                | I   |
| POPIS SLIKA.....                                                                                             | II  |
| POPIS TABLICA .....                                                                                          | III |
| POPIS OZNAKA.....                                                                                            | IV  |
| SAŽETAK.....                                                                                                 | V   |
| 1. UVOD (OPĆENITO O OBRADI S ODVAJANJEM ČESTICA) .....                                                       | 1   |
| 2. SPECIFIČNOSTI I ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU KOD PROJEKTIRANJA<br>TEHNOLOGIJE IZRADE TESTNOG UZORKA ..... | 3   |
| 2.1. Plan stezanja .....                                                                                     | 3   |
| 2.2. Operacijski list.....                                                                                   | 4   |
| 2.3. Plan rezanja .....                                                                                      | 5   |
| 2.4. Plan alata.....                                                                                         | 6   |
| 3. KARAKTERISTIKE MATERIJALA ZA IZRADU 1050 EN AL 99,5 .....                                                 | 7   |
| 3.1. Aluminiј i aluminijeve legure .....                                                                     | 8   |
| 3.2. Fizikalna svojstva .....                                                                                | 9   |
| 3.3. Kemijska svojstva.....                                                                                  | 10  |
| 3.4. Mehanička svojstva .....                                                                                | 10  |
| 4. TEHNOLOGIJA IZRADE PROIZVODA PREMA CRTEŽU BR. 014.....                                                    | 11  |
| 4.1. Faze izrade .....                                                                                       | 11  |
| 4.1.1. Tehnička priprema.....                                                                                | 12  |
| 4.1.2. Tehnološka dokumentacija.....                                                                         | 12  |
| 4.1.3. Pisanje programa.....                                                                                 | 13  |
| 4.1.4. Provjera programa.....                                                                                | 14  |
| 4.1.5. Izrada prvog izratka.....                                                                             | 15  |
| 4.2. Glodala .....                                                                                           | 16  |
| 4.2.1. Osnovni elementi .....                                                                                | 17  |
| 4.2.2. Glodalo za aluminiј .....                                                                             | 18  |
| 4.3. Pribor za mjerenje kvalitete .....                                                                      | 19  |
| 5. VERTIKALNA GLODALICA .....                                                                                | 20  |
| 5.1. Karakteristike stroja.....                                                                              | 21  |
| 5.2. Tehnološke mogućnosti odabranog stroja/eva.....                                                         | 22  |
| 5.2.1. Mach3 Softver .....                                                                                   | 23  |
| 6. ZAKLJUČAK.....                                                                                            | 25  |
| 7. LITERATURA .....                                                                                          | 26  |

## POPIS SLIKA

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Slika 1.1. Postupci obrade odvajanjem čestica.....   | 2  |
| Slika 1.2. Strojna podjela .....                     | 2  |
| Slika 2.1. Škripac.....                              | 4  |
| Slika 2.2. Plan rezanja testnog uzorka.....          | 5  |
| Slika 2.3. Mjere glodala .....                       | 6  |
| Slika 3.1. Primjer aluminijske 1050 EN Al 99,5 ..... | 7  |
| Slika 3.2. Primjer proizvoda od aluminijske.....     | 8  |
| Slika 4.1. Faze izrade izratka.....                  | 11 |
| Slika 4.2. Program .....                             | 13 |
| Slika 4.3. Putanja alata i izgled 3D modela.....     | 14 |
| Slika 4.4. Gotovi izradak.....                       | 15 |
| Slika 4.5. Izradak sa završnom obradom.....          | 15 |
| Slika 4.6. Različiti zubi glodala.....               | 16 |
| Slika 4.7. Stezni dio i vrat .....                   | 17 |
| Slika 4.8. Glodala od 3mm s 2 pera.....              | 18 |
| Slika 4.9. Digitalno pomično mjerilo .....           | 19 |
| Slika 4.10. Mjerni alati .....                       | 19 |
| Slika 5.1. i 5.2. Vertikalna glodalica .....         | 20 |
| Slika 5.3. Glodalica CP 150120 2018 .....            | 21 |
| Slika 5.4. Upravljanje računalom .....               | 22 |
| Slika 5.5. Integrirani softver i hardver.....        | 22 |
| Slika 5.6. Program Mach3.....                        | 23 |
| Slika 5.7. Putanja alata i izgled 3D modela.....     | 24 |

## POPIS TABLICA

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Fizikalna svojstva aluminija ..... | 9  |
| Tablica 2. Kemijska svojstva aluminija.....   | 10 |
| Tablica 3. Mehanička svojstva aluminija ..... | 10 |

## POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Značenje                                 |
|--------|----------|------------------------------------------|
| NC     |          | Izvorno numeričko upravljanje            |
| 1xxx   |          | Tehnički čisti aluminij                  |
| EN     |          | Europska norma                           |
| Al     |          | Aluminij                                 |
| CNC    |          | Računalom podržano numeričko upravljanje |
| CAD    |          | Računalom podržano konstruiranje         |
| CAM    |          | Računalom podržana izrada                |
| TiAlN  |          | Titan aluminij - nitrid                  |
| TiCN   |          | Titan karbon - nitrid                    |
| PVC    |          | Polivinil - klorid                       |

## SAŽETAK

Završni rad „Tehnološki proces izrade testni uzorak - crtež broj 014“ je podijeljen u 6 poglavlja. U prvom poglavlju općenito govorimo o obradi sa odvajanjem čestica. U drugom poglavlju su pojašnjeni zahtjevi i specifičnosti koji se postavljaju kod projektiranja tehnologije izrade testnog uzorka, kod kojeg su glavni zahtjevi plan stezanja, operacijski list, plan rezanja i plan alata. U trećem poglavlju opisuju se karakteristike materijala od čega je izrađen izradak, te koja su njegova svojstva. Četvrto poglavlje opisuje faze izrade proizvoda, zatim koje vrste alata postoje i koji su njegovi elementi, kao i pribora za mjerenje kvalitete proizvoda. U zadnjem poglavlju govorimo općenito o vertikalnoj glodalici, te koji su njezini zahtjevi i tehnološke mogućnosti. Također prikazujemo funkcije i značajke koji se javljaju kod simulacije Mach3.

Ključne riječi: obrada s odvajanjem čestica, testni uzorak, CNC strojevi, Mach3 softver

## SUMMARY

The final paper "The technological process of making a test specimen - drawing no. 014" is divided into 6 chapters. In the first chapter, we generally talk about processing with particle separation. The second chapter clarifies the requirements and specifics that are posed when designing the test specimen technology, of which the main requirements are the clamping plan, the operating sheet, the cutting plan and the tool plan. The third chapter describes the material characteristics of the workpiece and its properties. Chapter four describes the stages of product development, types of tools and their elements, as well as the appurtenances for measuring product quality. The last chapter is about the vertical milling machine in general, and what its requirements and technological capabilities are. Function and features that occur in the Mach3 simulation is also presented.

Keywords: particle separation processing, test specimen, CNC machines, Mach3 software

## 1. UVOD (OPĆENITO O OBRADI S ODVAJANJEM ČESTICA)

Obrada odvajanjem čestica je dijeljenje materijala jednim rezom. Izvodi se pomoću noža, te ponekad tankom žicom. Dijelovi materijala dobiveni takvom obradom su nedeformirani i izvedeni bez gubitka materijala.

Kod obrade odvajanjem strugotine, strugotina se plastično deformira, savija i odvaja od izratka. Koristi se za materijale za čiju obradu je potrebna velika sila rezanja i snažni alati.

Kod obrade odvajanjem čestica razlikujemo grubu i finu obradu. Gruba obrada je karakterizirana odstranjivanjem „viška“ materijala. Finom obradom se izrađuju fine površine s točnim mjerama izratka. Obrada odvajanjem strugotine ima širi spektar primjene nego plastična i obrada rezanjem. Isto tako, ima veliki broj različitih procesa kojima se odstranjuje višak materijala s izratka najčešće u obliku strugotine. Upotrebljava se kako bi se elementi obrade pomoću alata oblikovali u zadane oblike unaprijed zadanih dimenzija i kvaliteta površina. Svaki proizvod sadrži elemente koji podliježu obradi visoke točnosti.

Obrada odvajanjem čestica je najčešće primijenjena i najskuplja obrada. U industriji se većinom primjenjuje za obradu metala, ali obuhvaća i obradu drugih materijala. Za obradu odvajanjem čestica potreban je veliki broj alatnih strojeva. Najvažniji procesi odvajanjem strugotine su: tokarenje, glodanje, blanjanje i dubljenje, bušenje, upuštanje i razvrtavanje, piljenje, grebanje i abrazivni postupci obrade (brušenje, honanje, lepanje, poliranje, superfiniš itd.) [1]

Postupci obrade odvajanjem čestica dijele se na:

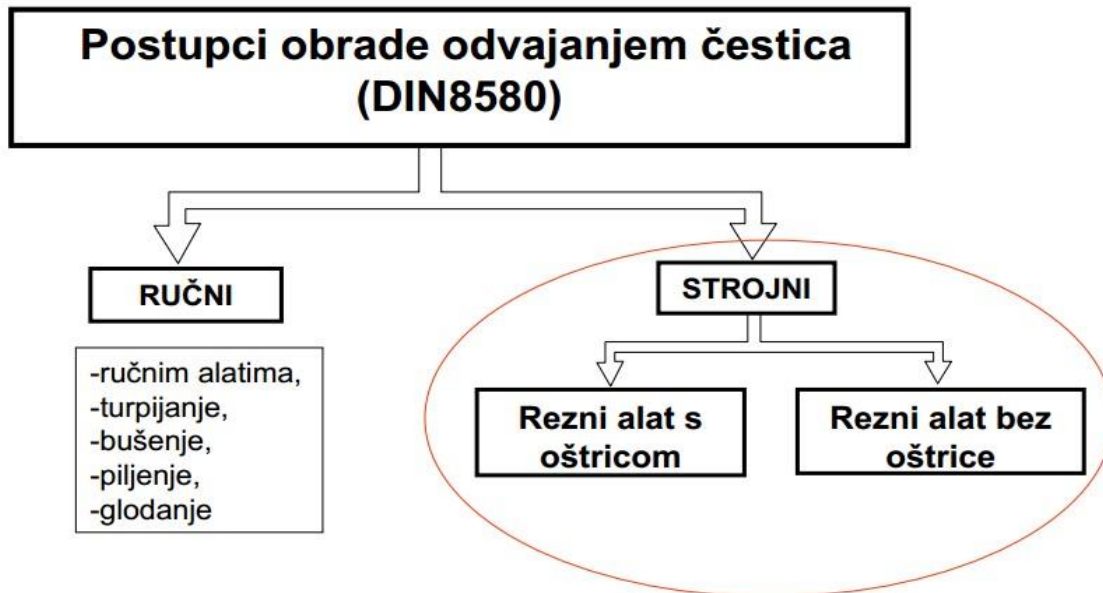
### 1. Obrada alatima s oštricama:

- a) Obrada čvrstim oštricama: blanjanje, glodanje, bušenje, tokarenje, brušenje itd.
- b) Obrada slobodnim oštricama: poliranje, lepanje, ultrazvučno brušenje itd.

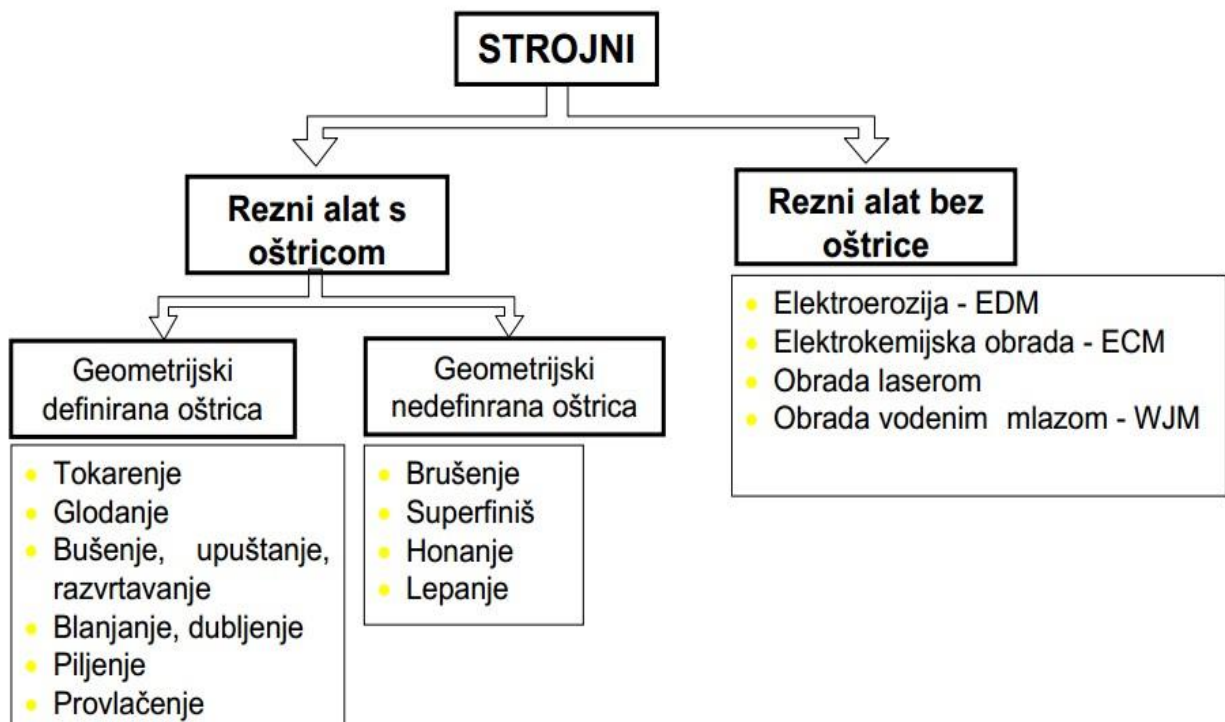
Ako se radi obrada čvrstim oštricama tada koristimo alate definirane geometrije oštrice kao što su glodalo, svrdlo, nož itd. i alate nedefinirane geometrije oštrice kao što su brusne ploče.

2. Obrada alatima bez oštrica:

- a) Električki postupci (elektroimpulsna erozija, elektrolučna erozija itd.)
- b) Kemijski postupci (kemijska obrada jetkanjem, kemijsko poliranje)
- c) Elektrokemijski postupci (elektro poliranje, elektro hidraulička vrsta obrade)
- d) Mehanički postupci (tarna obrada) [2]



Slika 1.1. Postupci obrade odvajanjem čestica



Slika 1.2. Strojna podjela

## **2. SPECIFIČNOSTI I ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU KOD PROJEKTIRANJA TEHNOLOGIJE IZRADE TESTNOG UZORKA**

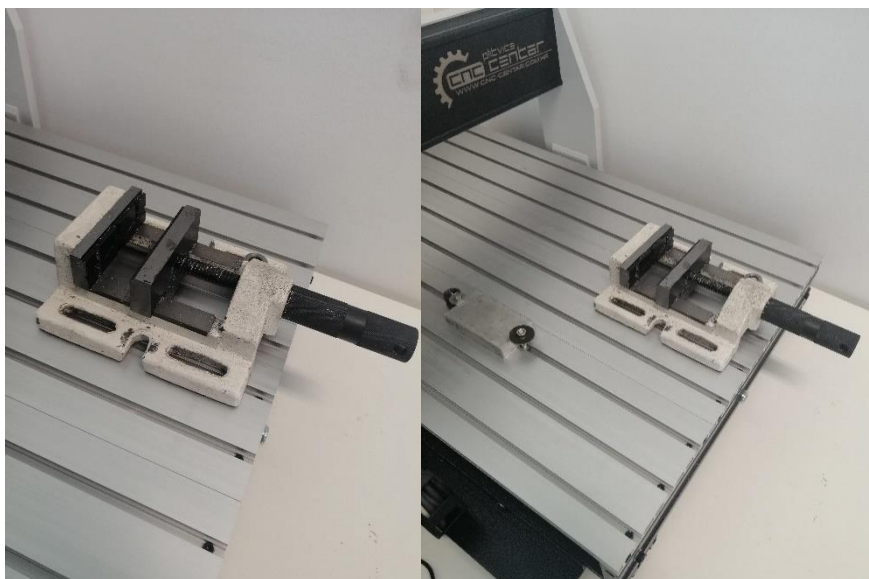
Prije samog pisanja NC programa, potrebno je ispuniti tehnološku dokumentaciju. Ta tehnološka dokumentacija obuhvaća: plan alata, operacijski list, plan rezanja i plan stezanja koje ćemo detaljno objasniti u sljedećim podnaslovima.

### **2.1. Plan stezanja**

Plan stezanja nam govori kako bi trebali stegnuti određeni pripremak na kojoj će se izvršavati pojedine operacije kao npr: mjesto stezanja, glavne izmjere priprema, referentne točke, mjesto za oslanjanje priprema, kordinatni sustav i nultočke izratka. Stezanje može biti i do nekoliko desetaka kN, a mogu se ostvariti na različite načine kao što su: pneumatski, hidraulički, vakumski, mehanički, elektromagnetski, kao i na neke druge načine. Kod malih strojeva kao što je glodalica CP 150120 2018 na kojoj je izrađen testni uzorak se na najjednostavniji i najčešći način steže u steznom škripcu. Međutim stezanje i pozicioniranje obratka u škripcu vrši se tako da se škripac (slika 2.1.) postavi na radni stol i pričvrsti se vijcima koji se stavljaju u T-utore. Orijentacija mora ovisiti o dimenzijama i rasponu čeljusti škripca. [3,4]

Za izradu plana stezanja potrebno je pridržavati se sljedećih načela:

- stezanje izvesti na način da se onemogući pomicanje obratka u bilo kojem smjeru od sve tri osi
- omogućiti slobodan pristup alatu kako ne bi došlo do kolizije tj. sudar alata
- potrebno je omogućiti odvođenje strugotine od obratka
- sile stezanja trebaju biti dovoljne da ne oštete mjesto stezanja, a da ujedno drže siguran obradak
- opuštanje i stezanje bi trebalo biti što jednostavnije i trebala bi se spriječiti pojava neželjenih vibracija koje se mogu javiti u sustavu
- obradak se orijentira tako da se može obaviti što više operacija



Slika 2.1. Škipac

## 2.2. Operacijski list

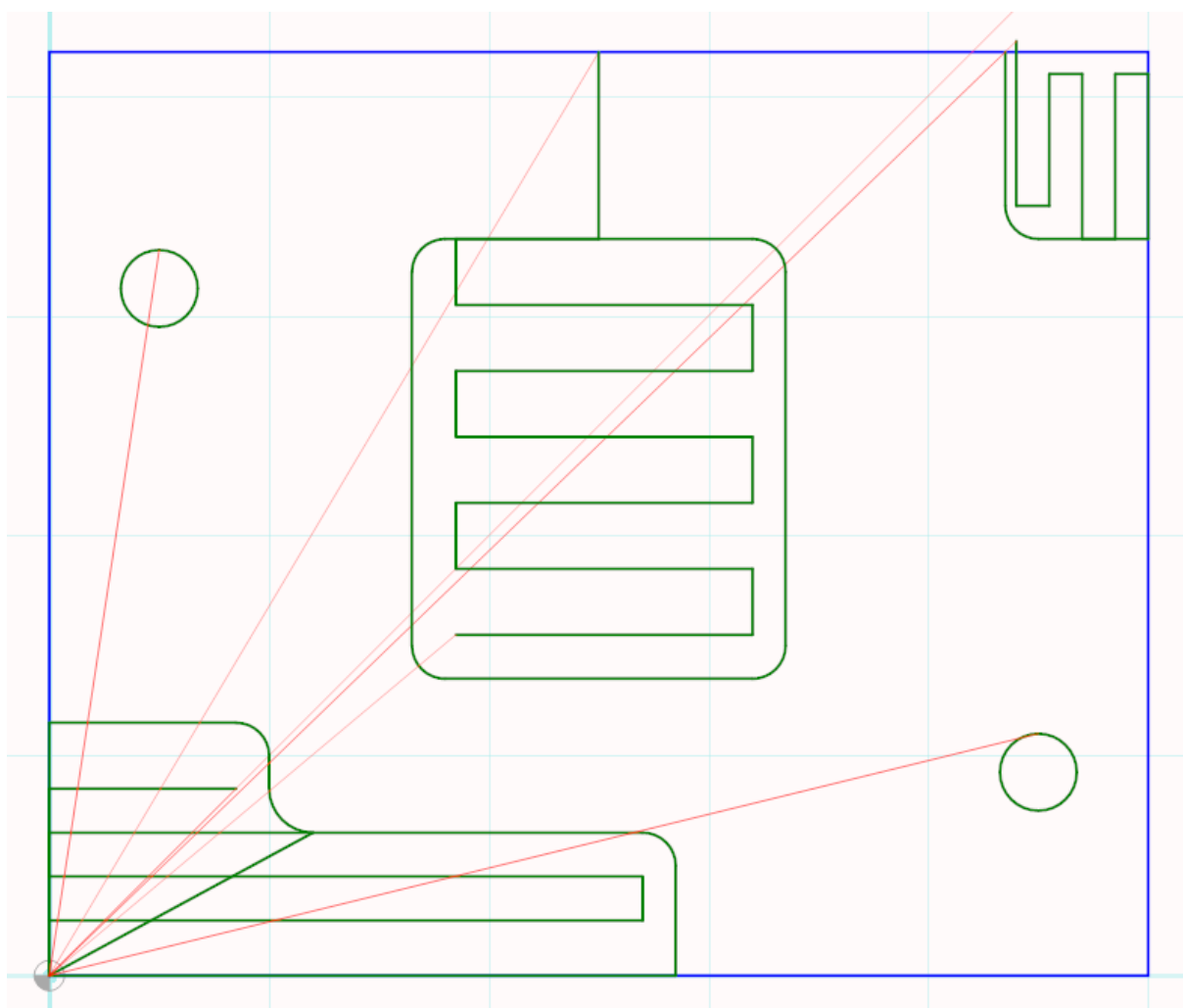
To je dokument koji definira redoslijed svih zahvata i operacija, kao i pripremno-završno, pomoćno i glavno vrijeme obrade. Također definira potrebne rezne, mjerne i stezne alate, te režime obrade za svaku pojedinu operaciju. Prvo što se obrađuje je bazna površina, tj. površina koja određuje položaj priprema u steznom škripcu. Na bazne površine bi trebalo usmjeriti posebnu pozornost, zato što utječu na točnost izmjera svih površina koje će se nakon njih obraditi. Poslije obrade baznih površina, potrebno je donijeti odluku o redoslijedu ostalih operacija. Točan redoslijed operacija ovisit će o tolerancijama i dimenzijama izratka. [3,4]

Redoslijedi operacija i zahvata kod glodanja:

- pripremne radnje, postavljanje nultočke obratka, stezanje i mjerenje priprema
- operacije obrade
- završne radnje
- provjera kvalitete i ostvarenih dimenzija

### 2.3. Plan rezanja

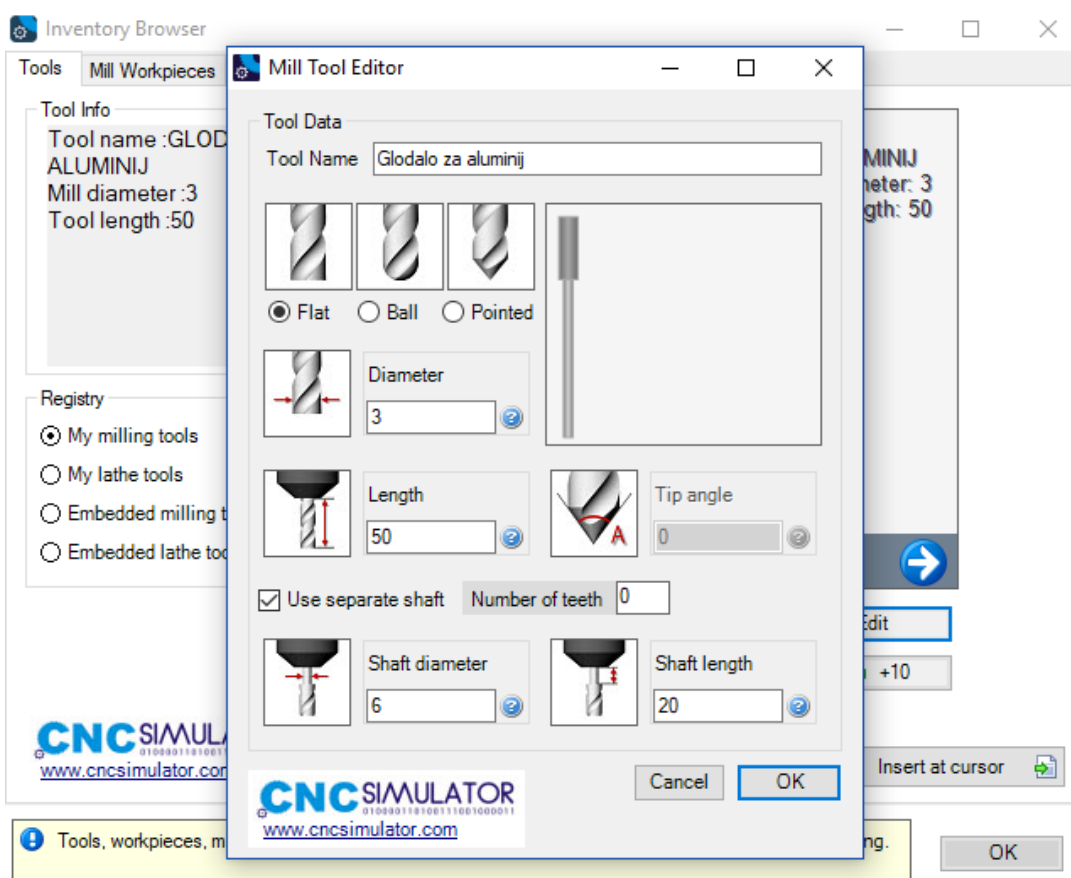
Plan rezanja je glavni dokument za ispis programa. Prikazuje smjer i putanju kretanja alata za svaku operaciju. Definira točke na kojem dijelu će izmijeniti alat i obradak, a zatim mjesto za uključivanje i isključivanje korekcije radijusa alata. Od početka obrade do kraja obrade prati put kretanja vrha alata te način na koji alat može prići i odmaknuti se od konture. Također sadrži tablicu s koordinatama točaka gdje su programirane putanje alata. Za postavljanje priprema, alat je pozicioniran lijevo iza priprema. Na slici (2.2) je prikazan plan rezanja testnog uzorka. [3,4]



Slika 2.2. Plan rezanja testnog uzorka

## 2.4. Plan alata

Plan alata je dokument koji omogućuje operateru da na stroju izvede pred namještanje alata i obradu s točno određenim alatima s načinom i redoslijedom kako je predviđeno u programu (slika 2.3.). U ovom projektu koristi se jedno glodalo. Taj alat mora sadržavati naziv ili broj operacije obrade i zahvata, kao i broj oštrica, u ovom slučaju 2 zuba tj. 2 pera, broj korekcije alata, vrstu i oznaku držača alata, naziv, tip i oznaku alata, način na koji će se stegnuti alat i materijal alata koji ovisi o tvrdoći materijala obratka. [3,4]



Slika 2.3. Mjere glodala

### 3. KARAKTERISTIKE MATERIJALA ZA IZRADU 1050 EN AL 99,5

Aluminij je poznat po izvrsno hladnoj oblikovanosti, zavarljivosti, dobrim estetskim svojstvima, visokoj električnoj provodljivosti, te otpornosti na koroziju. Otpornost na koroziju znači da se može upotrebljavati u različitim atmosferama koje uključuju morska i industrijska okruženja. Čisti aluminij se koristi za proizvodnju električnih žica, opreme za automobile, izrade lima, dekorativnih proizvoda, prehrambenu i kemijsku industriju kao i za posuđe i dijelove za prijenos topline gdje čvrstoća nije bitna. Također daje visoku sjajnu završnu obradu. Legure ove serije se označuju oznakom 1xxx. Jedan od primjera aluminija 1050 EN Al 99,5 prikazan na slici 3.1. [5, 6, 7]



Slika 3.1. Primjer aluminija 1050 EN Al 99,5

### 3.1. Aluminij i aluminijeve legure

Aluminij je jedan od najzastupljenijih metala na zemlji (slika 3.2.). Dobiva se iz rude boksita, koji je mješavina željeznih oksida, aluminijskih oksida i gline, te se izdvaja elektrolizom koja troši puno električne energije. Aluminijske legure za razliku od čistog aluminija imaju bolja svojstva i iznimno su korisne legure koje imaju nisku temperaturu. Dobivaju se miješanjem elemenata kada je aluminij rastaljen odnosno u tekućem stanju, te se zatim hladi i stvara homogenu krutu otopinu. Dodavanjem elemenata u aluminij daje leguri poboljšanu čvrstoću, otpornost na koroziju, obradivost i električnu vodljivost. [8, 9, 10, 11].



Slika 3.2. Primjer proizvoda od aluminija

### 3.2. Fizikalna svojstva

Jedno od fizikalnih svojstava aluminija je toplinska provodljivost, koja je tri do pet puta veća od čelika, što ga čini jednim od važnih materijala za grijanje i hlađenje. Također je dosta bitna otpornost na koroziju do koje dolazi kada je aluminij izložen zraku, dok se sloj aluminijevog oksida formira trenutno na površini aluminija. Aluminij ima i veliku električnu vodljivost za upotrebu kao električni vodič. Gustoća aluminija je oko jedne trećine od bakra ili čelika što ga čini jednim od najlakših komercijalno dostupnih metala. Čvrstoća aluminija može se povećati dodavanjem elemenata za legiranje kao što su npr: bakar, magneziji, silicij i mangan. [12]

Fizikalna svojstva aluminijske legure 1050 EN Al 99,5 prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Fizikalna svojstva aluminija

| SVOJSTVO                                                                     | VRIJEDNOST |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Atomski broj</b>                                                          | 13         |
| <b>Atomska težina (g/mol)</b>                                                | 26.98      |
| <b>Valencija</b>                                                             | 3          |
| <b>Kristalna struktura</b>                                                   | FCC        |
| <b>Točka taljenja (° C)</b>                                                  | 660.2      |
| <b>Točka vrenja (° C)</b>                                                    | 2480       |
| <b>Srednja specifična toplina (0-100 °C)<br/>(kal/g. °C)</b>                 | 0.219      |
| <b>Toplinska provodljivost (0-100 °C)<br/>(kal/cms. °C)</b>                  | 0.57       |
| <b>Koeficijent linearne ekspanzije (0-100 °C)<br/>(×10<sup>-6</sup>/ °C)</b> | 23.5       |
| <b>Električna otpornost na 20 °C</b>                                         | 2.69       |
| <b>Gustoća (g/cm<sup>3</sup>)</b>                                            | 2.6898     |
| <b>Modul elastičnosti (GPa)</b>                                              | 68,3       |
| <b>Poissonov omjer</b>                                                       | 0.34       |

### 3.3. Kemijska svojstva

Sljedeća tablica prikazuje kemijski sastav aluminija i njegov sadržaj.

Tablica 2. Kemijska svojstva aluminija

| ELEMENT        | SADRŽAJ (%) |
|----------------|-------------|
| Aluminij, Al   | > 99,5      |
| Silicij, Si    | ≤ 0,25      |
| Cink, Zn       | ≤ 0,070     |
| Magnezij, Mg   | ≤ 0,050     |
| Bakar, Cu      | ≤ 0,050     |
| Titan, Ti      | ≤ 0,050     |
| Mangan, Mn     | ≤ 0,050     |
| Željezo, Fe    | ≤ 0,40      |
| Ostalo (svako) | ≤ 0,030     |

### 3.4. Mehanička svojstva

Mehanička svojstva aluminija prikazana su u sljedećoj tablici.

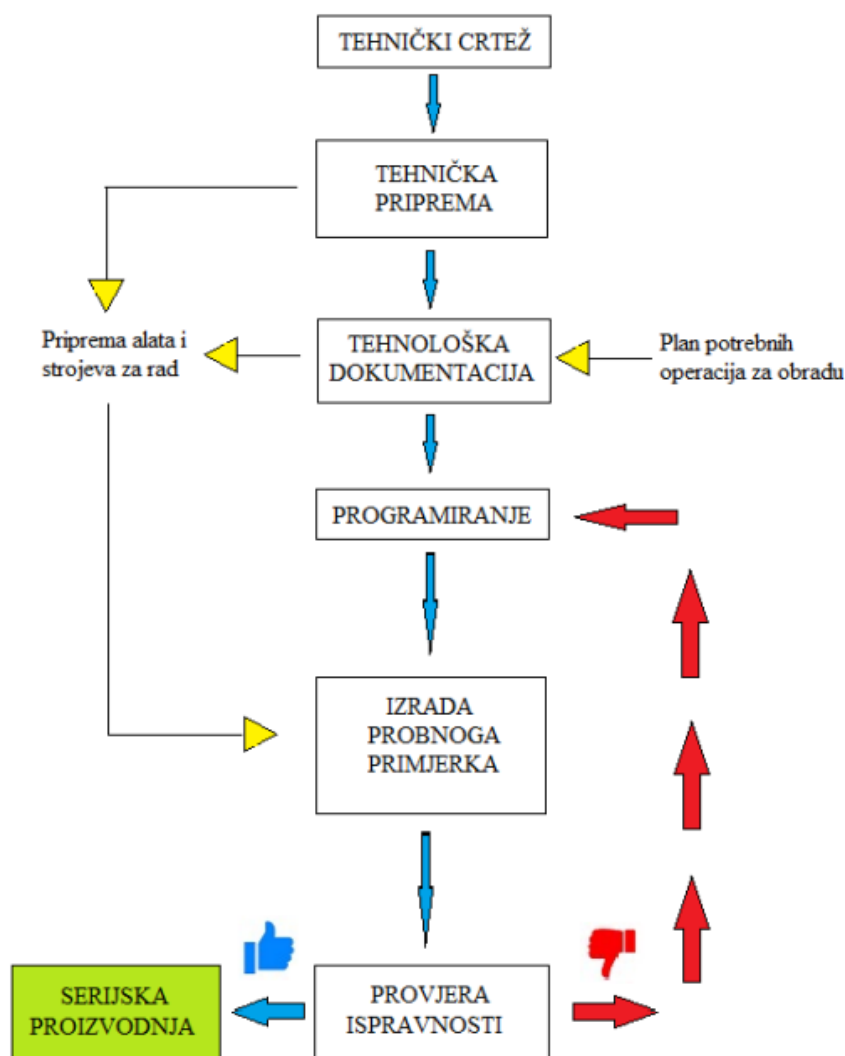
Tablica 3. Mehanička svojstva aluminija

| SVOJSTVA                                               | METRIČKI SUSTAV<br>MJERA | IMPERIJALNI<br>SUSTAV MJERA |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Vučna čvrstoća(promjera 12.7<br/>mm / 0.500 in)</b> | 75 MPa                   | 10877 psi                   |
| <b>Istezanje pri lomu</b>                              | 32%                      | 32%                         |
| <b>Modul elastičnosti</b>                              | 73 GPa                   | 10587 ksi                   |
| <b>Čvrstoća smicanja</b>                               | 50 MPa                   | 7251 psi                    |
| <b>Tvrdoća, Brinell</b>                                | 20                       | 20                          |
| <b>Tvrdoća, Vickers</b>                                | 22                       | 22                          |

## 4. TEHNOLOGIJA IZRADE PROIZVODA PREMA CRTEŽU BR. 014

### 4.1. Faze izrade

Na početku svake izrade (slika 4.1.) potrebno je napraviti tehnički crtež sa svim dimenzijama 3D modela. Nakon toga je potrebno ispuniti tehnološku dokumentaciju i tehničku pripremu. Poslije navedenog slijedi izrada G-koda, odnosno programa uz pomoć predhodnih faza tj. tehničke dokumentacije i tehničke pripreme. Zatim se G-kod provjerava u programu Mach3 kako bi se prekontrolirala ispravnost koda i po potrebi napravila korekcija. Nakon što je program ispravan, stroj počinje s izradom izratka.



Slika 4.1. Faze izrade izratka

#### **4.1.1. Tehnička priprema**

Prvi korak kod programiranja CNC strojeva je tehnička priprema. To je dokument u kojem se nalaze podloge i tehnološki standardi koji obuhvaćaju režim rada i podatke o alatu. Isto tako pod tehničkom pripremom ubrajamo tehničke podatke i standarde koji obuhvaćaju podatke o stroju i podatke o stezanju. Sve te podatke važno je ispuniti kako bi mogli odabrati stroj koji bi mogao ispuniti uvjete tehnološke dokumentacije. [13]

#### **4.1.2. Tehnološka dokumentacija**

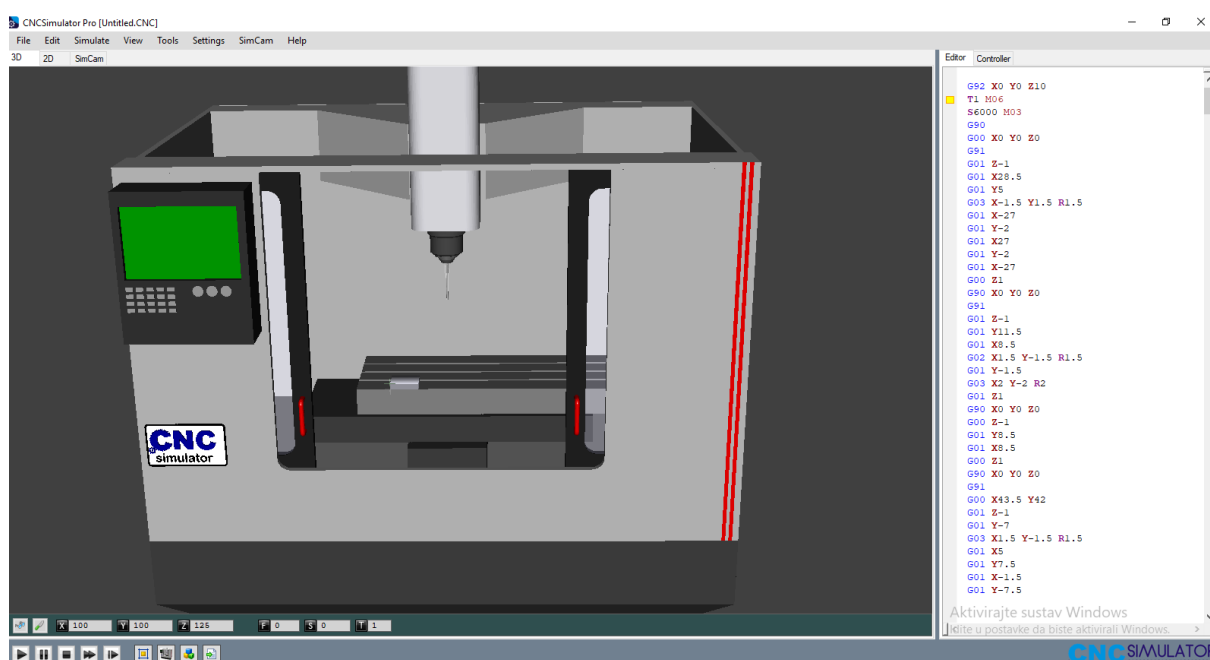
Poslije tehničke pripreme slijedi tehnološka dokumentacija koja je jednako bitna za proces programiranja. Kao što smo već naveli prije, to je skup dokumenata kojima se određuju faze izrade proizvoda, te potrebna sredstva za njegovu izradu na CNC stroju. [3,14]

Tehnološka dokumentacija sastoji se od:

- Tehničkog crteža - dokumentacija koja u svom dvodimenzionalnom prikazu pokazuje na koji način obrađuje obradak, izgled proizvoda, te koje materijale koriste.
- Plan alata - sadrži popis korištenih alata za obradu prema redoslijedu uporabe, standardne režime, potrebne mjere, korekcije.
- Operacijski list - dokument koji sadrži redoslijed zahvata i operacija, režim rada, podatke o radnom predmetu s potrebnim alatima i vremenom izrade.
- Plan rezanja - glavni dokument za ispis programa u kojem se prati put kretanja alata od početka do kraja obratka. Također se mogu vidjeti putanje kretanja alata za svaku operaciju.
- Plan stezanja - sadrži elemente radnog prostora, mjesto stezanja, točke oslanjanja predmeta, položaj nul točke, te položaj radnog predmeta na stolu.
- Programski list - list koji sadrži naredbe za upravljanje CNC strojem.

### 4.1.3. Pisanje programa

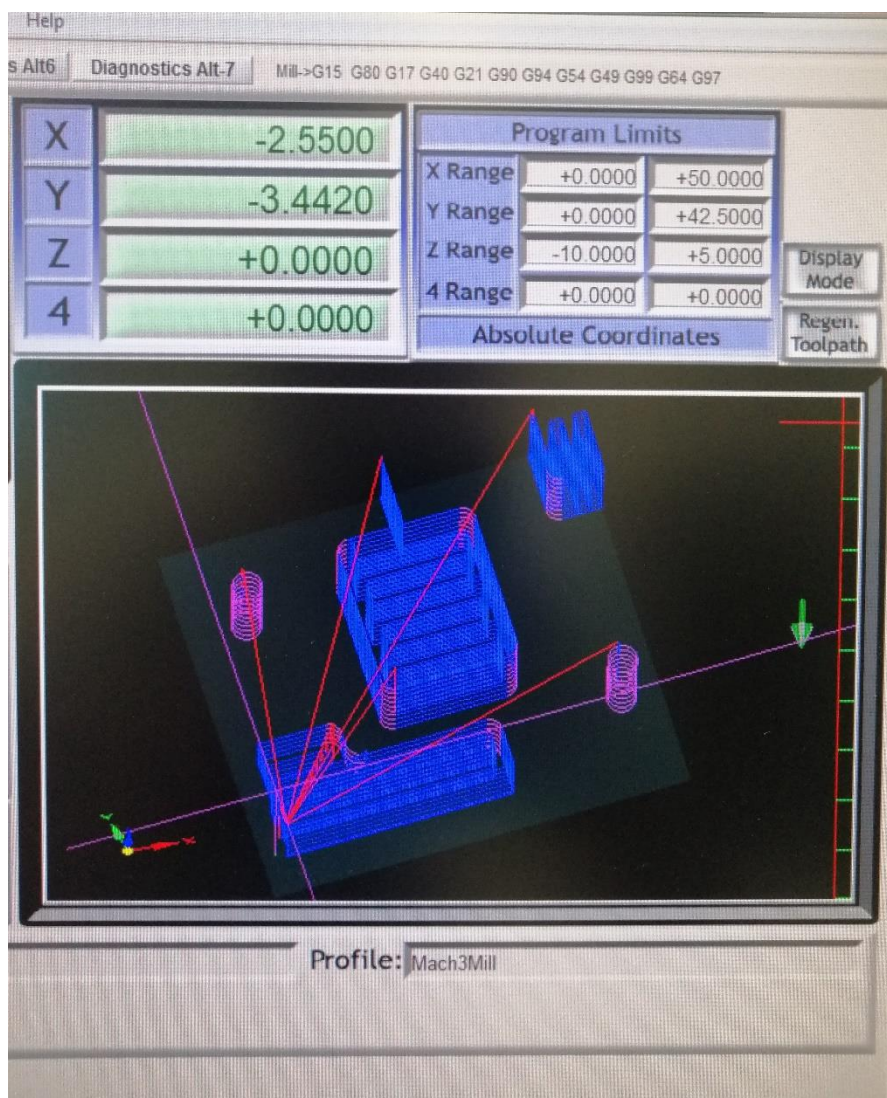
Prije same izrade programa potrebno je ispuniti tehnološku dokumentaciju i tehničku pripremu, koja bi znatno olakšala posao programeru. Međutim programiranje ima i dvije podjele, a dijeli se na ručno i pomoćno programiranje. Kod svakog programiranja treba znati sadržaj i strukturu programa kako bi mogao uspješno napisati program. Na početku treba definirati dimenzije alata, te dimenzije obratka na kojem će se izvršavati proces glodanja. Zatim se kreće u izradu G kod-a koji se piše redak po redak (slika 4.2.). Na samom početku G- koda postavlja se brzina vrtnje glodala i nul točka, od kuda će započeti rezanje obratka. Potom se piše ostatak koda po zadanim dimenzijama 3D modela.



Slika 4.2. Program

#### 4.1.4. Provjera programa

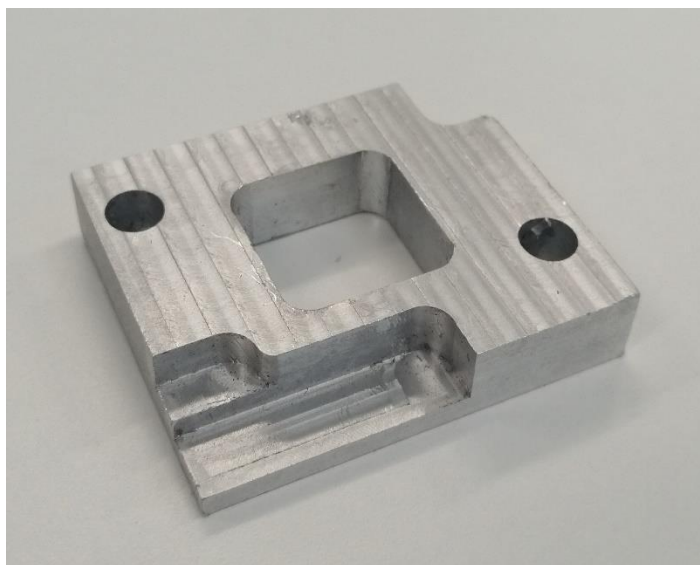
Poslije programiranja slijedi provjera u programu koji se zove Mach3 na način da se napisani G-kod preko UBS-a prebaci u program koji automatski provjerava je li kod ispravan. Ukoliko nije ispravan prikaže se greška u redu u kojem se ta greška nalazi. Zatim, ako je kod ispravan uključi se 3D simulacija gdje se vidi pravilna putanja alata i izgled 3D modela(slika 4.3.). Ako je sve uredu može se pokrenuti program. Također je moguće preko programa namjestiti početnu točku ili nul točku od kuda će alat započeti s glodanjem. Isto tako, postoji tipka na kojoj se može regulirati brzina vrtnje, kao i tipka start, reset i stop koje nam služe za pokretanje programa i zaustavljanja u bilo kojem trenutku. Kod ove izrade se koristio program Mach3 koji je naveden na samom početku, ali postoje još i mnogi drugi programi preko kojih se može upravljati CNC strojevima.



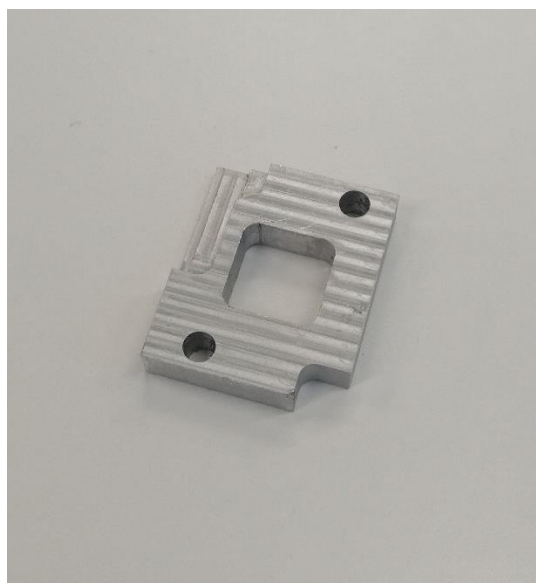
Slika 4.3. Putanja alata i izgled 3D modela

#### 4.1.5. Izrada prvog izratka

Pokretanjem programa, alat se spušta u početnu točku i kreće s obradom izratka. Postupak ide redak po redak usporedno odvajajući strugotinu s obratka. Kada dođe na kraj programa, alat se vrati u nul točku i završava s izradom. Zatim se taj izradak (slika 4.4.) provjerava određenim priborom koji mjeri kvalitetu, preciznost i dimenzije izratka. Nakon što se te mjere provjere i dokažu da je sve uredu, može se ići u serijsku proizvodnju. Također se može napraviti i završna obrada (slika 4.5.), koja može biti po vlastitoj želji koristeći se raznim metodama kao što su poliranje, pjeskarenje, lakiranje i druge metode.



Slika 4.4. Gotovi izradak



Slika 4.5. Izradak sa završnom obradom

## 4.2. Glodala

Glodalo je rezni alat definirane geometrije, koji na čelu i obodu ima raspoređene zube (slika 4.6.), a svojim okretanjem oko osi izvršava obradu materijala. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i iz njega izlaze tako da im je jedno od osnovnih obilježja dinamičko opterećenje. Primjenjuju se za obradu zakrivljenih i ravnih površina svih vrsta. Postoji više kriterija podjele glodala, a najčešća podjela je: [15,16,17]

Po namjeni i obliku:

- Čeona
- Valjkasta
- Pločasta s profilnim ili pravokutnim poprječnim presjekom
- Vretenasta s ravnom ili loptastom čelnom plohom
- Pilasta glodala
- Odvalna glodala
- I glodala posebnih oblika



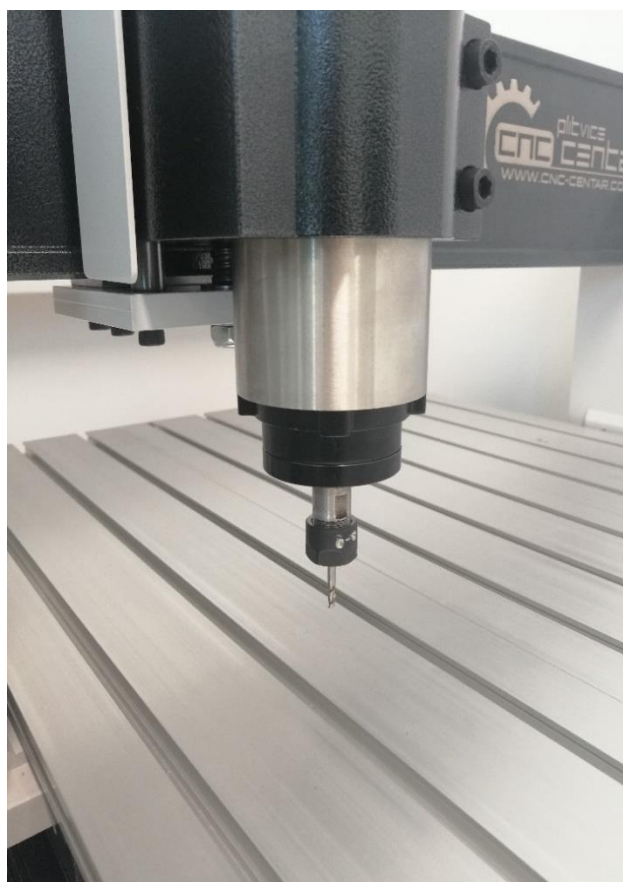
Slika 4.6. Različiti zubi glodala

#### 4.2.1. Osnovni elementi

Osnovni elementi glodala su:

- Radni dio
- Vrat
- Stezni dio

Radni dio glodala ispunjen je zubima na kojima se nalaze rezne oštrice i pomoću njega se obavlja proces odvajanja čestica. Vrat je spojni dio steznog i radnog djela, dok je stezni dio predviđen za stezanje glodala. Stezni dio i vrat služe za pričvršćenje glodala na stroj i prihvat radnog djela (slika 4.7.), a također služi za prenošenje sile s radnog djela na konstrukciju stroja. Također tu spadaju i elementi glodala kao što je utor za klin koji je predviđen za prenašanje zakretnog momenta, zatim izbočeni dio ili zubi koji su obloženi reznim oštricama. Zubi se izrađuju posebno i stavljaju se u tijelo glodala, dok su rupe kod glodala predviđene da se mogu učvrstiti na osovinu ili trn. [15,17]



Slika 4.7. Stezni dio i vrat

#### 4.2.2. Glodalo za aluminij

Glodala za aluminij su tvrdometalna glodala koja su izrađena iz ultra mikrozrnatih karbida. Veličina zrna im varira između 0-0.5 mikrona. Izrazito je isplativ jer omogućuje manji broj izmjene alata i skraćeno vrijeme gubitka, dok smanjenim trošenjem osigurava proizvodnost. Njegova visokokvalitetna izvedba je najviša moguća brzina rezanja i poboljšani vijek trajanja. Iznimno je otporan na trošenje i pouzdane je kvalitete. Presvlake ovise o tipu obrade( TiAlN, TiC, dijamantna prevlaka). Može se upotrebljavati za obradu čelika, sivog lijeva, super legura, nehrđajućeg čelika, kaljenih čelika i ne željeznih legura. Kod izrade testnog uzorka proizvod se obrađuje glodalom od 3mm s 2 pera tj. 2 zuba što je prikazano na slici. [18]



Slika 4.8. Glodala od 3mm s 2 pera

### 4.3. Pribor za mjerenje kvalitete

Svaki proizvod mora ispunjavati određene zahtjeve i propisane standarde. Zbog toga nam služi određeni pribor pomoću kojeg ćemo vršiti provjeru dimenzija i kvalitete izratka. Prema namjeni i vrsti proizvoda dopuštena su manja ili veća odstupanja, dok točne dimenzije proizvoda nisu često moguće. Također postoje razni pribori za mjerenje kvalitete proizvoda ili izratka, a neki od njih su: dubinomjeri, visinomjeri, pomična mjerila, kutomjeri, kutnici, pomično mjerilo (slika 4.9.), digitalne mjerne letve, mikrometri za rupe, uređaji za niveliranje, uređaji za umjeravanje, mikrometri vanjski, mjerni satovi, uređaji za mjerenje i ispitivanje itd...(slika 4.10.) [19,20]



Slika 4.9. Digitalno pomično mjerilo



Slika 4.10. Mjerni alati

## 5. VERTIKALNA GLODALICA

Glodalice se u osnovi klasificiraju kao horizontalne ili vertikalne (slika 5.1. i 5.2.). Mogu se naći u raznim izvedbama i veličinama, ali su im glavne komponente i dalje iste, pa omogućuju pomicanje radnog komada u tri smjera u odnosu na alat. Kod vertikalnih glodala prikazanih na slici, osovina vretena je okomito orijentirana, dok se glodalice drže u vretenu i okreću se oko svoje osi. Za ovaj postupak glodanja koristi se specijalizirani rotacijski alat za rezanje, kako bi se materijal mogao ukloniti s površine radnog komada. Također postupak ima širu primjenu i može se koristiti za rezanje, stvaranje detalja poput ureza ili rupa, kao i za oblikovanje trodimenzionalnog komada. Pogodne su za čeono glodanje, profilno glodanje, glodanje utora ili kanala. [21,22,23,24]



Slika 5.1. i 5.2. Vertikalna glodalica

## 5.1. Karakteristike stroja

Glodalica CP 150120 2018 (slika 5.3) ima dimenziju obrade stroja 1300x1000x150 mm. Obrađuje drvo, aluminij, PVC, staklo, gumu, stiropor, broncu, tekstil, mesing, pluto, kožu itd. Kod glodalice su svi ležajevi u vagon sa mazalicama, dok su svi motori vezani s elektronikom na džekove koji su visoke kvalitete, što daje mobilnosti i sigurnost stroju. Također sadrži frekventni pretvarač, a brzinu spindla doseže do 1.5KW. Mobilnost koordinatnih osi: [25]

X os = Vodilice i vagonetići 20" i remen T5 25mm.

Y os = Vodilice i vagonetići 20" i remen T5 25mm.

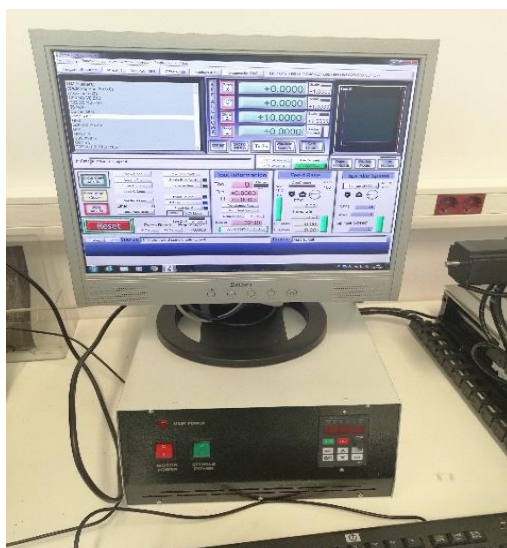
Z os = Vodilice i vagonetići 12" i kuglično vreteno 12\*4.



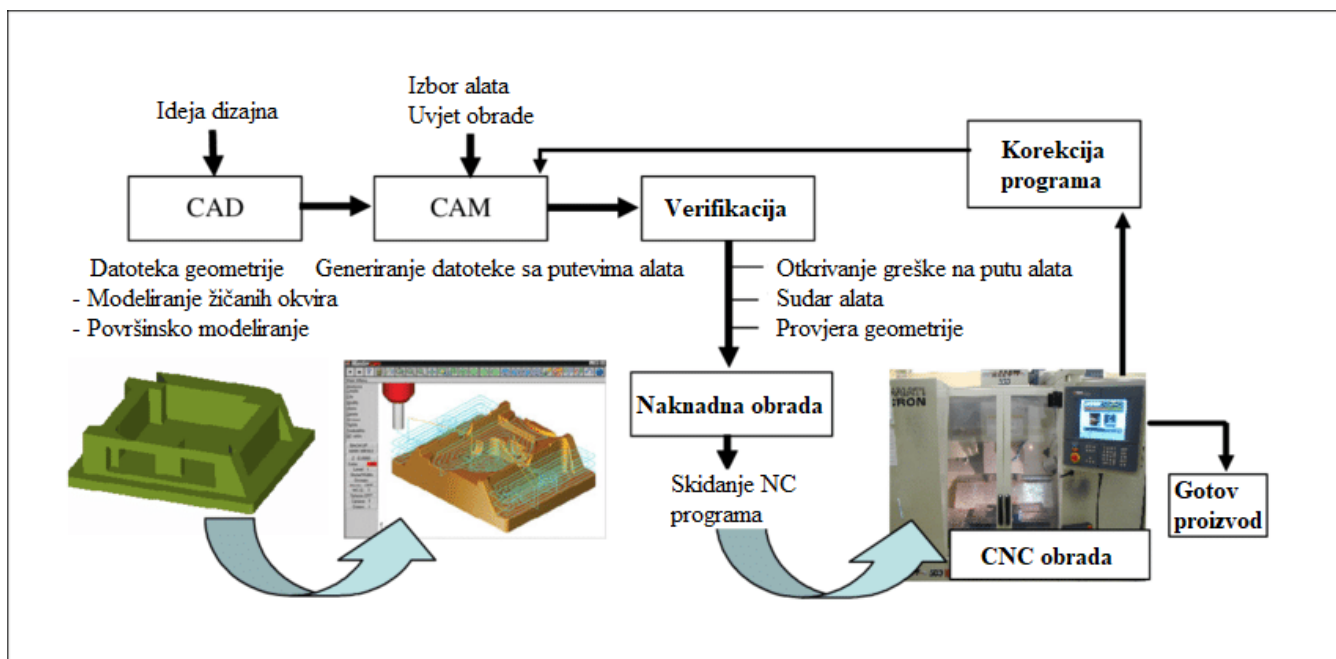
Slika 5.3. Glodalica CP 150120 2018

## 5.2. Tehnološke mogućnosti odabranog stroja/eva.

Suvremeni računalni numerički upravljački strojevi su dizajnirani za što veću točnost i brzinu. Tehnologijom Computer Numerical Control (CNC) (slika 5.4.), inženjeri i programeri kontroliraju operacije koristeći osjetljive računalne sustave, a ti sustavi prikupljaju informacije o dizajnu izravno s modela ili crteža iz nekog softvera kao npr. CAD ili CAM (slika 5.5), koji se onda pretvaraju u kodove tzv. G-kod, NC-kod i ISO-kod, a zatim se preko sustava prevode u operativne naredbe. [23]



Slika 5.4. Upravljanje računalom



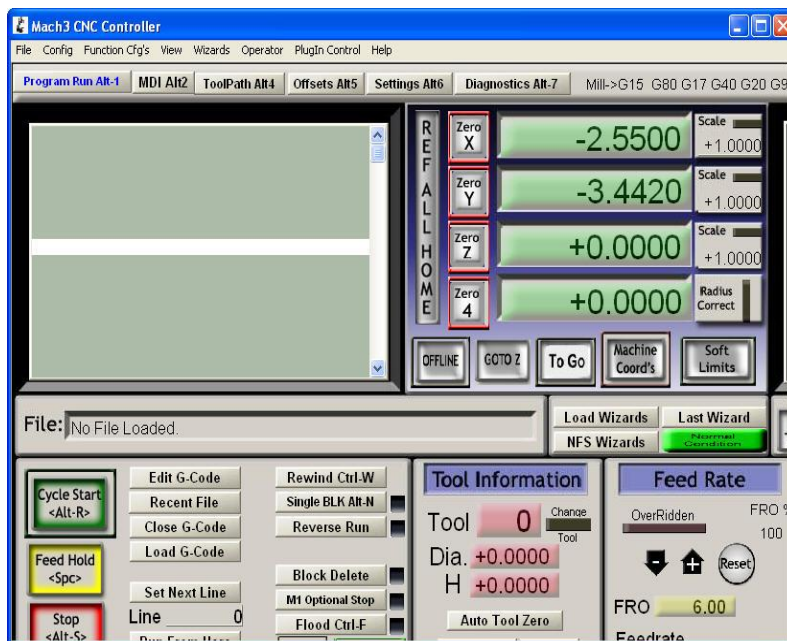
Slika 5.5. Integrirani softver i hardver

### 5.2.1. Mach3 Softver

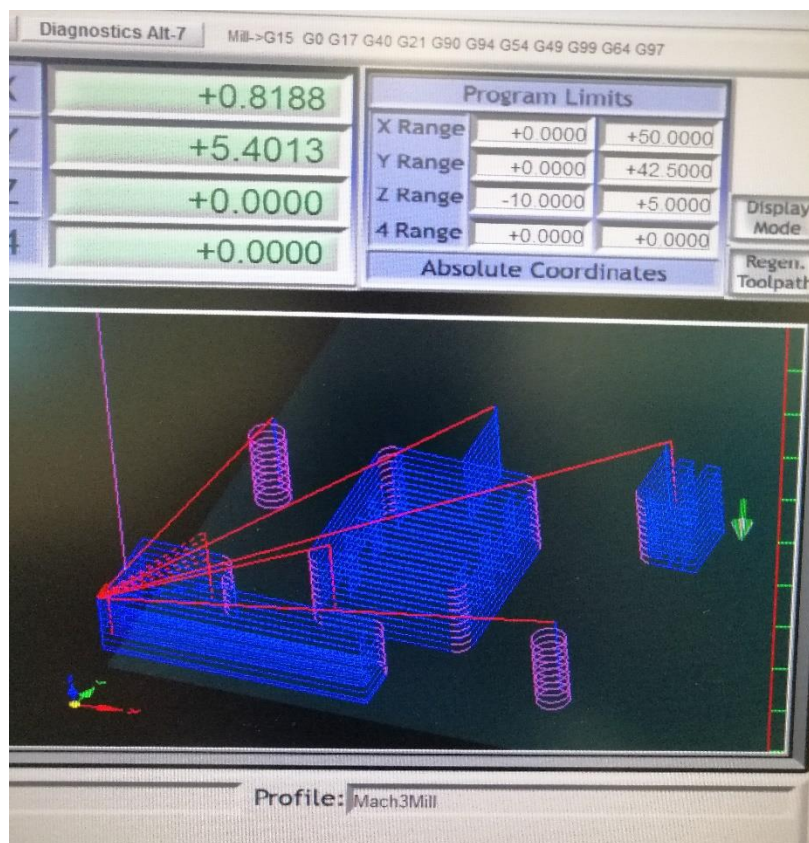
Jedan od najpopularnijih CNC programa koji se mogu upotrebljavati i za profesionalne CNC strojeve je Mach3 (Slika 5.6). On pretvara tipično računalo u CNC upravljački stroj. Radi na većini Windows računala kako bi mogao kontrolirati kretanje motora obradom G-koda. Također se koristi u mnogim aplikacijama s mnogim vrstama hardvera. Na slici 5.7. možemo vidjeti kako ova aplikacija ima i razne mogućnosti kao npr. simulaciju putanje alata i izgled 3D modela. Softver Mach3 pruža i neke osnovne značajke i funkcije. [26]

Značajke i funkcije:

- Pretvara standardni PC u potpuno opremljeni, 6-osni CNC kontroler
- Mogućnost video prikaza stroja i dodirnog zaslona
- Upravljanje sa više releja
- Regulacija brzine vretena i ručna generacija impulsa
- Omogućuje izravan uvoz JPG, DXF, HPGL I BMP datoteka putem LazyCam-a
- Stvara G-kod putem Wizards-a i LazyCam-a , kao i mogućnost vizualnog prikaza G-koda
- Ima potpuno prilagodljivo sučelje i ispunjava cijeli zaslon
- Prilagodljivi M –kodovi i makronaredbe koristeći VBscript



Slika 5.6. Program Mach3



Slika 5.7. Putanja alata i izgled 3D modela

## 6. ZAKLJUČAK

Razvoj novih strojeva i postupaka obrade odvajanjem čestica bili su uvjetovani brojnim čimbenicima. Novi materijali su zbog mehaničkih svojstava zahtijevali nove načine obrade, a sukladno tome bila je potrebna i veća točnost izrade, bolji stupanj kvalitete površine izratka te automatizacija procesa proizvodnje.

Bolje korištenje alata i alatnog stroja s ciljem manje potrošnje vremena izrade i energije, zatim zahtijevana točnost i kvaliteta površine obratka te optimalni vijek trajanja alata poboljšani su upravo temeljem novih računalnih tehnologija.

U ovom radu primijenjena je računalna tehnologija koja je znatno olakšala proces izrade proizvoda na način da se koriste razni softveri koji omogućuju provjeru programa te opciju same izrade programa nekog 3D modela ili bilo kojeg oblika. U ovom završnom radu koristio se Mach3 softver koji je jedan od najpopularnijih CNC programa te se može koristiti i za profesionalne CNC strojeve. Taj softver omogućuje video prikaz stroja, kao i vizualni prikaz G-koda.

Također postoje određeni pribori za mjerenje kvalitete, preciznosti i dimenzija koji nam omogućuju provjeru točnosti obratka, jer u prirodi čovjek ne može ponoviti postupke na potpuno isti način što rezultira određenim razlikama. Međutim, postoje automatizirani strojevi koji pomoću mikroprocesora upravljaju alat uvijek na isti način te su na taj način stvorili preduvjet da svaki izradak bude jednak u serijskoj proizvodnji.

Ovaj izradak je kontroliran priborom za mjerenje kvalitete, preciznosti i dimenzija. U ovom slučaju radilo se o pomičnom mjerilu, ravnalu i kutomjeru. Time je provjerena točnost izratka te je ostvarena tražena preciznost i dimenzije izratka čime je postignut preduvjet za serijsku proizvodnju istog.

## 7. LITERATURA

[1] Šavar, Š.: „Obrada odvajanjem čestica I i II“, Zagreb, 1986.

[2] TMO - Obrada Odvajanjem čestica

<https://www.scribd.com/document/171627497/TMO-Obrada-Odvajanjem-cestica>

[3] Mladen Bošnjaković i Antun Stoić.: „Programiranje CNC strojeva“, Slavonski Brod, 2016.

[4] Tehnološka dokumentacija za glodanje

[http://ss-tehnicka-ri.skole.hr/dokumenti?dm\\_document\\_id=253&dm\\_dnl=1](http://ss-tehnicka-ri.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=253&dm_dnl=1)

Pristupio: 30.06.2019

[5] <http://www.holmedodsworth.com/materials/datasheets/aluminium-datasheets/1050A-Aluminium>

Pristupio: 02.07.2019

[6]

[http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=wrought\\_aluminum\\_alloys\\_1xxx&fbclid=IwAR1SHftkEZpPHI4gTw8mKa9suUXjQRl4B7WPXyo6Wp6Gt47qsfWT1aMIAVE](http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=wrought_aluminum_alloys_1xxx&fbclid=IwAR1SHftkEZpPHI4gTw8mKa9suUXjQRl4B7WPXyo6Wp6Gt47qsfWT1aMIAVE)

[7]

[http://www.capalex.co.uk/Alloy\\_Types/1050\\_alloy.html?fbclid=IwAR3uMUHoj\\_ZECElqZSKHDu-LnwE7e2IGSxLRUvvXetsLnSt7B8GAbJqKGhc](http://www.capalex.co.uk/Alloy_Types/1050_alloy.html?fbclid=IwAR3uMUHoj_ZECElqZSKHDu-LnwE7e2IGSxLRUvvXetsLnSt7B8GAbJqKGhc)

Pristupio: 07.02.2019

[8]

<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8691&fbclid=IwAR3mLLCcOnYBhPqhD0XXWY0o-acUrBS8YCXi61-qKbtZYOk91aQPRNowbko>

[9] <http://www.strojopromet.com/aluminij/?fbclid=IwAR3hqsYjNw-TGmE5BBxwz2YbfdA3hbyLeyfSl52wJKG5x6bJhIoGXb8eAVc>

[10] <https://www.thoughtco.com/aluminum-or-aluminium-alloys-603707>

[11] [http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy\\_Introduction-to-Aluminium-and-its-alloys\\_9.ashx?fbclid=IwAR03ACIapRt8b7iWQ4ZqWgF4KHFkflpGfWo7mOzxxJlv78scqfSA-ift\\_xQ](http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy_Introduction-to-Aluminium-and-its-alloys_9.ashx?fbclid=IwAR03ACIapRt8b7iWQ4ZqWgF4KHFkflpGfWo7mOzxxJlv78scqfSA-ift_xQ) Pristupio: 11.07.2019

[12] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2863>

- [13] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos:2067/preview>
- [14] [http://ss-tehnicka-ri.skole.hr/dokumenti?dm\\_document\\_id=193&dm\\_dnl=1](http://ss-tehnicka-ri.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=193&dm_dnl=1)
- [15] Rezni alat  
<https://www.scribd.com/document/264270611/Rezni-alat-Bruno-Rebec-pdf>
- [16]  
[https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Glodanje%20ooc.pdf?fbclid=IwAR2QAIn0gltNpGBIUZvO6Zu1PMwz54VtZ5xpuNM\\_aMr9azmeutM0R\\_WnyKg](https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Glodanje%20ooc.pdf?fbclid=IwAR2QAIn0gltNpGBIUZvO6Zu1PMwz54VtZ5xpuNM_aMr9azmeutM0R_WnyKg)
- [17] GLODANJE  
<https://www.scribd.com/doc/64821380/GLODANJE?fbclid=IwAR0gvxjVqbB120EMISaBjMUpMJZ9cNhYzxr5YKPPVmVSz2aVrEreQVd5n7I>
- [18] <http://salotehnik.hr/proizvodi/glodanje/>
- [19] <https://repository.ricent.uniri.hr/islandora/object/ricent:4/preview>  
Pristupio: 12.08.2019
- [20] <https://metal-kovis.hr/shop/metal/mjerni-alat>  
Pristupio: 03.08.2019
- [21]  
[http://www.americanmachinetools.com/how\\_to\\_use\\_a\\_milling\\_machine.htm?fbclid=IwAR3dcE8D3PnnyBvNYaiiy1GrAHoSzzxj0WiRk9MadLargAq4JClABXod1aM](http://www.americanmachinetools.com/how_to_use_a_milling_machine.htm?fbclid=IwAR3dcE8D3PnnyBvNYaiiy1GrAHoSzzxj0WiRk9MadLargAq4JClABXod1aM)
- [22]  
<https://www.custompartnet.com/wu/milling?fbclid=IwAR0tuKDm2sV6hSPq9hTqpBJSvz8NT5iQ1ZhGwNbRuxQK6W05uMhUGqgqNQo>
- [23] <http://www.ardelengineering.com/cnc-vertical-milling-machines?fbclid=IwAR2DbuVUv5d0yrB6uxvtGccMjG7FQ9zp-v9HoH0kNHBSugJ8FHc8XN5rRvQ>
- [24] [https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrada\\_materijala\\_ii\\_-i\\_dio.compressed.pdf](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrada_materijala_ii_-i_dio.compressed.pdf)  
Pristupio: 06.08.2019
- [25] [http://www.cnc-centar.com.hr/index.php/proizvodi/cnc-glodalice/cp150120-2018?fbclid=IwAR31usB4jOZVM6fS3EphMbo52hEqit82l6KPAyH\\_aarJU4QLDx9-lg2dmys](http://www.cnc-centar.com.hr/index.php/proizvodi/cnc-glodalice/cp150120-2018?fbclid=IwAR31usB4jOZVM6fS3EphMbo52hEqit82l6KPAyH_aarJU4QLDx9-lg2dmys)  
Pristupio: 05.08.2019
- [26]  
<https://wiki.cnc.xyz/Mach3?fbclid=IwAR1FcMstoE65bKIQEARsUR5KpPXh2GDSEkQkEMAOedN0XYBMwXKfQaf5-Rk>
- [27] Z. Kolumbić, M. Dunđer: “Materijali“, Sveučilište u Rijeci, 2013.