

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 350/2016

Иван Љ. Нишавић

Примена NCG CAM софтвера за програмирање CNC машина

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Иван Нишавић**

Број индекса: **350/2016**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Примена *NCG CAM* софтвера за програмирање *CNC* машина**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о савременим обрадним системима који се користе у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ, Крагујевац. Потребно је описати софтвер *NCG CAM* и начин његовог коришћења за програмирање *CNC* машина. У посебном делу рада за пројектовани део урадити неколико различитих *NC* програма и извршити анализу времена потребног за израду дела према овако урађеним програмима.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Савремени обрадни системи у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ, Крагујевац,
3. Опис програма и програмирање у *NCG CAM*,
4. Примери програмирања и анализа времена израде дела,
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 15.05.2019.

Резиме

Суштина овог рада заснива се на упознавању савремених обрадних система који се налазе у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ као и на упознавању са основама програмирања CNC машина у софтверу NCG CAM.

У првом делу рада реч је о почецима CNC машина на нашим просторима и уопштено о историји нумеричког управљања. Такође је реч о савременим обрадним системима којима располаже машински парк предузећа ГОРЕЊЕ МДМ.

Други део рада односи се на описивање програма који се користи за програмирање CNC машина у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ, алатима које користимо при програмирању у софтверу као и о практичној примени програмирања на основу које смо добили експерименталне резултате времена израде комада и извели одређене закључке.

Кључне речи:

- CNC,
- програмирање,
- машина.

Abstract

The essence of this work is getting to know modern processing system of the company GORENJE MDM and getting know with basic programming CNC machines in NCG CAM software.

In the first part of the work we are talking about beginning of CNC machines in our region and in global in history of numerical handling. Also we are talking about modern processing system which company GORENJE has.

Second part of the work is about description of the programe which is using for programing of CNC machines in company GORENJE MDM, tools which we are using during programing in software and practical using of programing which results with experimental results of production time of the part and got the results.

Keywords:

- CNC,
- programing,
- machine.

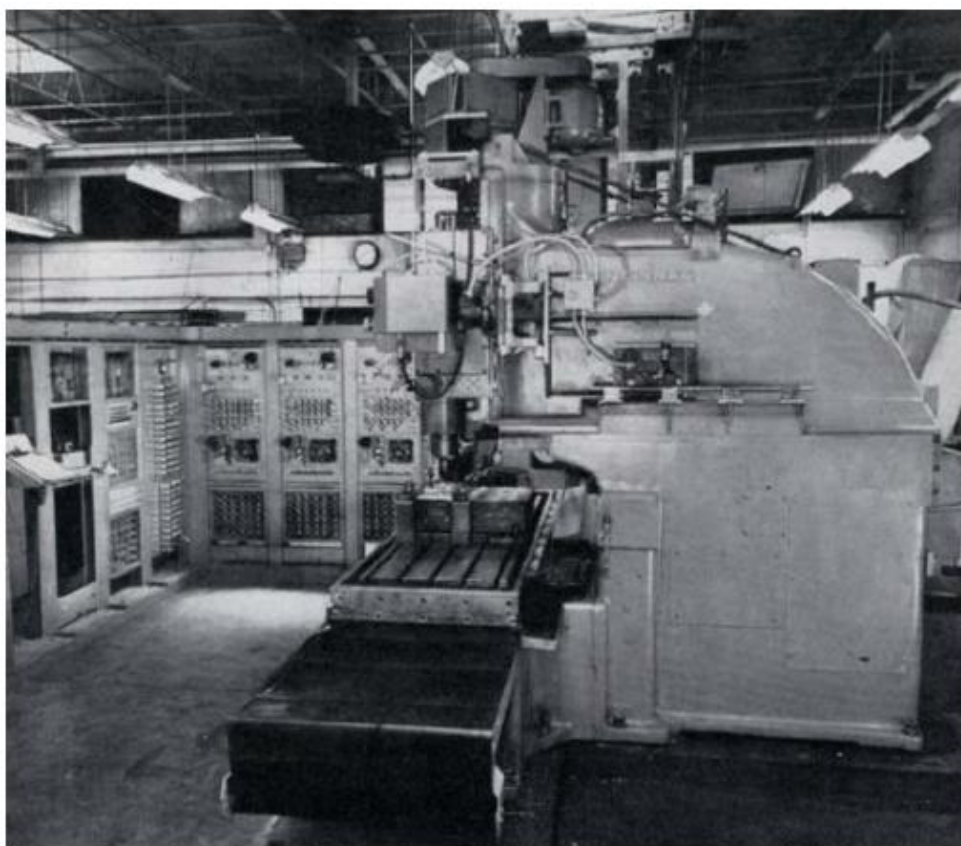
Садржај

1. Увод	1
2. Савремени обрадни системи у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ.....	3
2.1. НААС обрадни центри	3
2.2. Управљање машином.....	5
2.2.1. Одржавање машине	5
2.2.2. Сервис машине	6
2.2.3. Рад без надзора.....	7
2.2.4. Неприкладна расхладна средства	7
2.2.5. Преглед глодалице	7
2.3. ТАЈМАС-ZPS MCV 1220 обрадни центар.....	10
3. Опис програма и програмирање у NCG CAM	12
3.1. Складиштење	13
3.2. Преименовање модела, операције, граница.....	13
3.3. Врсте модела.....	14
3.4. Подешавање почетног положаја	14
3.5. Утврђивање граница обраде.....	15
3.6. Слободно цртање граница	16
3.7. Измена граница обраде	16
3.8. Повећање и смањење граница обраде (offset)	17
3.9. Теоријска граница обраде.....	17
3.10. Cutter Contact Areas (команда)	18
3.11. Одређивање парамарата обраде.....	19
3.12. Adaptive stepdown (команда)	19
3.13. Параметри за грубу и фину обраду	19
3.14. Утврђивање површине за поравнавање модела	20
3.15. Груба обрада на доњој страни модела.....	21
3.16. Фина обрада на доњој страни модела	22
3.17. Обрада канала (жлебова)	23
3.18. Бушење	24
3.19. Израда рупа.....	24
3.20. "Cycle" Бушење од одређене равни	25
3.21. Проналажење центра рупе (центрирање забушивањем).....	26
3.22. Бушење	26
3.23. Разлика између Deep Drilling i Deep Drilling (chip break).....	26

3.24. Израда навоја	27
3.25. Израда рупа глодањем	27
3.26. Обрађивање 3D форме на горњој страни модела.....	28
3.27. Обрада остатка на моделу	28
3.28. Врсте обраде у NCG CAM.....	29
3.28.1. Area Clearance Passes	29
3.28.2. Waterline Passes	30
3.28.3. Horizontal Area Passes	31
3.28.4. Raster Passes	32
3.28.5. Обрада (уклањање) остатка у радијусу.....	33
3.28.6. Pencil Passes	34
3.28.7. Parallel Pencil Passes	34
3.28.8. Zigzag Roughing Passes	35
3.29. Обрада пресликаног модела (лика у огледалу)	35
4. Примери програмирања и анализа времена израде дела	36
5. Закључак.....	49
6. Литература.....	50

1. Увод

Прва нумерички управљана алатна машина (слика 1.1) направљена је у Америци почетком 50-тих година уз помоћ истраживача са МИТ-а (engl. Massatussets Institut of Technology). Новина машине је била увођење „електричког“ управљања помоћу тзв. управљачке јединице у коју се програм уносио преко бушене папирне траке. Тадашња управљачка јединица је била већа од саме машине. У односу на конвенционалне машине значајна је промена била увођење посебних мотора истосмерне струје за погон главног вретена и помоћног кретања (супорта) [1].



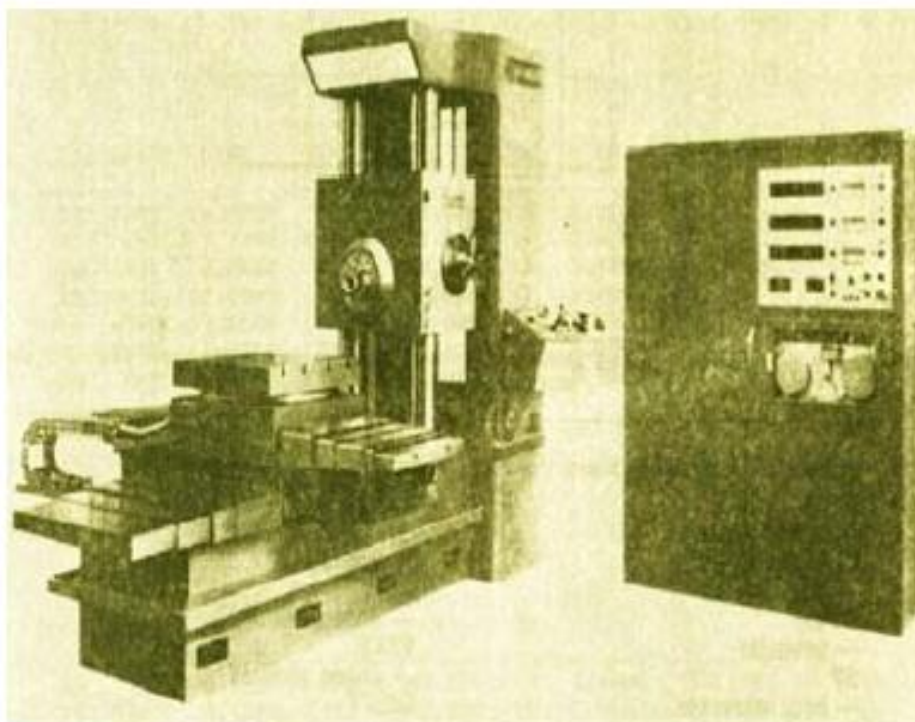
Слика 1.1 Једна од првих машина са нумеричким управљањем [1]

Основа нумеричког управљања је управљане машином помоћу унапред дефинисаног програма. Програм је скуп шифрираних геометријско-технолошко-функционалних наредби којима се путем различитих физичких медијума дају управљачкој јединици нумерички управљане машине унапред дефинисане радње [1].

Историја нумеричког управљања почиње на МИТ-у 1949. године када је за потребу обраде компоненти војних хеликоптера уведено глодање према подацима с бушене траке. Бушена трака се састојала од седам редова, од којих су прва три садржала податке за управљање са осом машине, а остала четири реда су чинили подаци и различите додатне информације за управљање процесима. Већ 1953. године уз бушене траке појављују се подаци на магнетним тракама. Међутим, сво то време подаци за бушене и магнетне траке писани су ручно. Године 1956. John Runion конструисао је уређај под називом Whirlwind који је податке на траке уписивао уз помоћ рачунара. Неки то узимају као почетак појаве CNC-а, премда се „стварни“ почетак CNC-а веже уз седамдесете године прошлог века. Како је овом методом знатно скраћено време израде програма за обраду, следио је интензиван напредак на овом подручју, који траје и данас. Прве управљачке јединице

биле су без рачунара и носиле су назив NC управљачке јединице (engl. Numerical Control), а будући да се програм састојао од бројева и слова, отуда назив нумеричко управљање. Данашње управљачке јединице грађене су на принципу коришћења микропроцесора, тј. малог рачунара које се може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице називају CNC (engl. Computer Numerical Control) управљачке јединице [1].

У бившој Југославији фабрика „Првوماјска“ из Загреба прва је набавила нумерички управљану конзолну глодалицу 1969, а сама је почела серијску производњу нумерички управљаних машина од 1978. године (слика 1.2).



Слика 1.2 Прва NC глодалица направљена у „Првوماјској“ [1]

Циљ овог рада биће праћење производње, упознавање са основама програмирања CNC машина као и анализа времена израде појединих позиција алата у обради метала деформисањем.

У оквиру мастер рада описан је софтвер NCG CAM као и начин његове употребе за програмирање CNC машина.

У другом поглављу описани су обрадни системи који се налазе у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ, начини управљања машинама, њихово одржавање и сервис.

Треће поглавље обухвата детаљан опис програма NCG CAM и окружења у програму, упознавање са најчешће примењиваним стратегијама при програмирању одређених позиција као и одабир алата и режима обраде.

Четврто поглавље се односи на једну позицију из пресерског алата за обраду метала деформисањем за коју су одрађени програми са више алата, извршена анализа времена израде те позиције и изведени одређени закључци.

2. Савремени обрадни системи у предузећу ГОРЕЊЕ МДМ

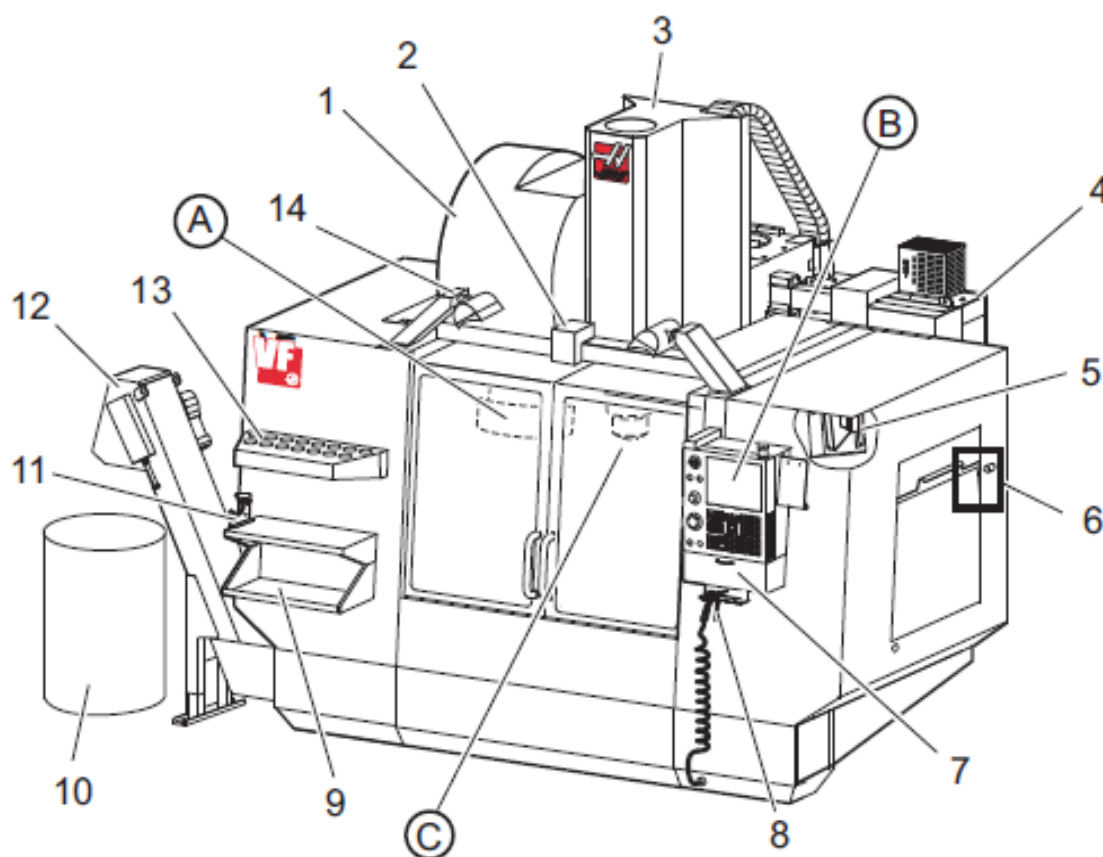
Предузеће ГОРЕЊЕ МДМ располаже великим бројем CNC машина разних произвођача од којих су неки од њих: HAAS, ТАЈМАС-ZPS, MICRON, HERMLE.

2.1. HAAS обрадни центри

HAAS је водећи амерички произвођач CNC машина алатки. Најбоља вредност код CNC машина. Висококвалитетне HAAS машине су пројектоване за једноставно одржавање, лако подешавање и економичност [4]. HAAS CNC глодалице намењене су резању и обликовању метала и других тврдих материјала. Заправо имају општу намену те попис свих материјала и врста резања никада није потпун. Готово сво резање и обликовање спроводи се ротирајућим алатом монтираним на вретено. Ротација глодалице није обавезна. Неки радови резања захтевају расхладно средство. То расхладно средство такође зависи од врсте резања. Радови HAAS глодалица раздвојени су на три подручја. То су: управљање, одржавање и сервис [2].

Управљање и одржавање треба обављати оспособљени и квалификовани оператер машине. Приручник за оператере садржи неке нужне информације за управљање машином. Сви други радови на машини сматрају се сервисом. Сервис спроводи само посебно оспособљено сервисно особље.

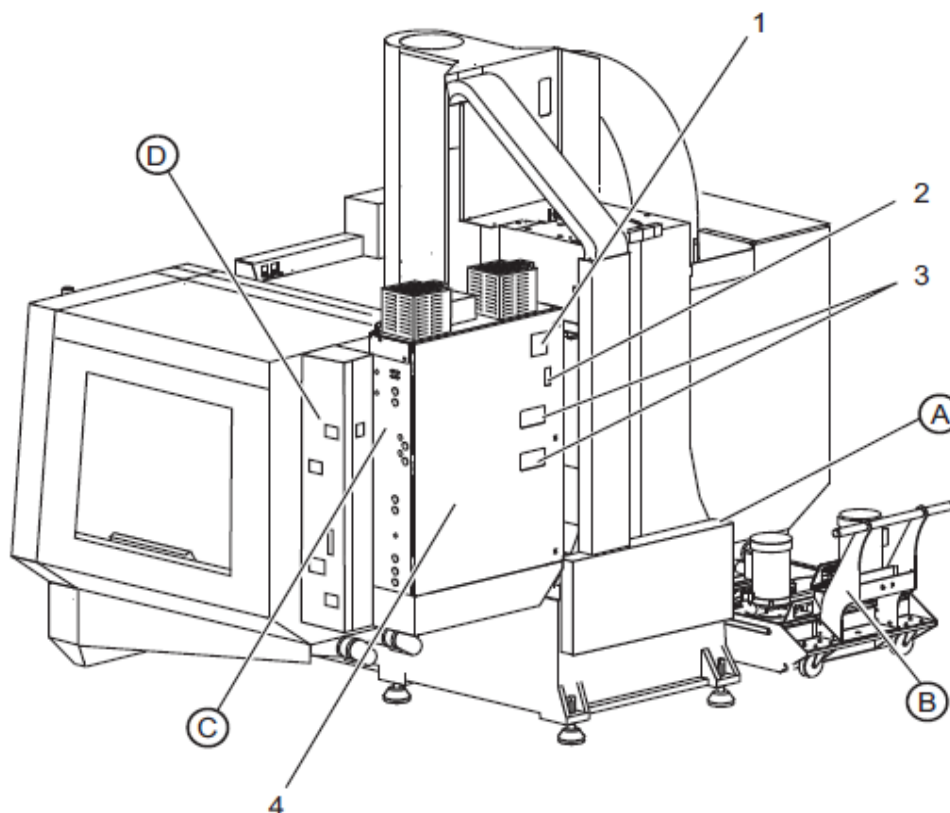
Следеће слике приказују неке од стандардних и опцијских обележја глодалице HAAS. Треба имати на уму да су ове слике информативне природе, изглед ваше машине се може разликовати у зависности од модела и инсталираним опцијама [2].



2.1 Стандардна обележја глодалице HAAS (предњи поглед) [2]

Основни елементи (слика 2.1), сваке HAAS CNC глодалице су:

- | | |
|--|---|
| 1. Измењивач алата с бочним постављањем (опција) | 10. Контејнер за струготину |
| 2. Серво аутоматска врата (опција) | 11. Полица за држање алата |
| 3. Склоп вретена | 12. Транспортер струготине (опција) |
| 4. Електрична управљачка кутија | 13. Полица за држање алата за ручну замену |
| 5. Радно светло (2х) | 14. Расвета високог интензитета (2х) (опција) |
| 6. Команде прозора | |
| 7. Полица за одлагање | A. Измењивач алата |
| 8. Пиштољ са доводом компримованог ваздуха | B. Управљачка кутија |
| 9. Предњи радни сто | C. Склоп главе вретена |



Слика 2.2 Стандардна обележја глодалице HAAS (задњи поглед) [2]

Основни елементи (слика 2.2), сваке HAAS CNC глодалице (задња страна) су:

- | | |
|---|---|
| 1. Плочица с подацима | A. Електрични прикључци |
| 2. Осигурач главног круга | B. Склоп спремног расхладног средства |
| 3. Вентилатор векторског погона кутије (ради повремено) | C. Бочна плоча електричне управљачке |
| 4. Управљачки ормарић | D. Консолидовани модул за рачно подмазивање |

2.2. Управљање машином

Управљање овом машином састоји се од следећег:

➤ Подешавање машине

Подешавање машине обавља се при почетном постављању алата, одступања и учвршћења за спровођење понављајуће функције која се касније назива рад машине. Неке функције подешавања машине могу се направити с отвореним вратима, али су ограничене.

➤ Управљање машином у аутоматском режиму

Аутоматски рад започет је покретањем циклуса и може се обавити само са затвореним вратима.

➤ Оператерово постављање и вађење материјала (обрадака)

Постављање и вађење је оно што претходи и следи након аутоматског рада. То се мора обавити с отвореним вратима и сво аутоматско кретање машине се зауставља када се врата отворе.

➤ Оператерово постављање и вађење алата за резање

Постављање и вађење алата обавља је ређе него постављање обратка. Често је потребно када алат постане истрошен и мора се заменити.

2.2.1. Одржавање машине

Одржавање се састоји само од следећег:

➤ Додавање и одржавање стања расхладног средства

Додавање расхладног средства и одржавање концентрације расхладног средства потребно је редовито обављати. То је уобичајена функција оператера и обавља се изван радног кућишта са сигурног места или с отвореним вратима и заустављеном машином.

➤ Додавање мазива

Додавање мазива за вретено потребно је редовито обављати. То је често након што прођу месеци или године. То је уобичајена функција оператора и увек се ради са сигурног места изван радног кућишта.

➤ Чишћење струготине у машини

Чишћење струготине потребно је редовито радити с обзиром на врсту машинске обраде. То је уобичајена функција оператора. Обавља се с отвореним вратима и заустављеним свим радовима машине.

2.2.2. Сервис машине

Сервис се састоји само од следећег:

➤ Поправка машине која не ради исправно

Свакој машини која не ради исправно потребан је сервис оспособљеног особља. То није никада функција оператор и не сматра се одржавањем. Инсталација и упутство за сервис наведени су засебно у приручнику за оператора.

➤ Померање машине, распакивање и инсталација

Машине HAAS достављају се на локацију корисника која је готово спремна за рад али је свеједно потребан оспособљени сервисер који ће довршити инсталацију. Инсталација и упутство за сервис наведени су засебно у приручнику за оператора.

➤ Паковање машине

Паковање машине за доставу захтева исти материјал паковања који је имао HAAS у оригиналној испоруци. За паковање је потребан оспособљени сервисер који ће довршити инсталацију.

➤ Повлачење из употребе, растављање и одлагање у отпад

Машина се не мора раставити за доставу; може се померати у целости на исти начин на који је инсталирана. Она се може вратити дистрибутеру произвођача за одлагање у отпад. Произвођач прихвата све компоненте за рециклирање према уредби 2002/96/ЕС.

➤ Одлагање у отпад након краја трајања

Одлагање у отпад након краја трајања мора бити усклађено са свим законима и прописима у регији у којој се машина налази. То је заједничка одговорност власника и продавца машине. Анализа ризика не односи се на ту фазу.

2.2.3. Рад без надзора

Потпуно затворени HAAS CNC обрадни центри дизајнирани су за рад без надзора, међутим, ваш процес машинске обраде можда није сигуран за рад без надзора. Будући да је одговорност власника радионице да постави машину на сигуран начин и да користи најбољу праксу поступања са машинама, такође је одговорност власника да управља извршењем тих метода. Морате надзирати поступак машинске обраде да бисте спречили оштећење, повреде или губитак живота ако дође до опасног стања. Ако постоји опасност од пожара због материјала који се обрађује, морате инсталирати одговарајући систем за сузбијање ватре да би се смањила опасност за особље, опрему и зграду. Контактiranje специјалисте је веома важно ради инсталације алата за надзор пре пуштања машине у рад без помоћи оператера. Нарочито је важно одабрати опрему за надзор која може одмах открити проблем и без људске интервенције извршити одговарајући поступак [2].

2.2.4. Неприкладна расхладна средства

Расхладно средство је важан део многих поступака машинске обраде. Кад се користи правилно и одржава, расхладно средство може побољшати завршну површину обратка, продужити трајање алата и заштитити компоненте машине од корозије и других оштећења. Међутим, неприкладна расхладна средства могу узроковати знатна оштећења машине. Таква оштећења могу поништити вашу гаранцију, али такође могу створити опасна стања у вашој радионици. Употреба неприкладних расхладних средстава укључује, али није ограничена, на ове тачке:

- Немојте користити обичну воду. То узрокује корозију компонената саме машине.
- Немојте употребљавати запаљива расхладна средства.
- Немојте користити минерална уља без адитива. Ти производи узрокују оштећења гумених елемената и цеви у машини. Ако користите састав минималног подмазивања за скоро суву машинску обраду, користите само препоручена уља.

Расхладно средство машине мора бити расхладно средство или мазиво топиво у води, на бази синтетичког уља или синтетичко [2].

2.2.5. Преглед глодалице

У производном парку предузећа ГОРЕЊЕ МДМ налазе се два обрадна центра произвођача HAAS и то:

- HAAS VM-3
- HAAS VF 6

Машине серије VM (слика 2.3) су високих перформанси које пружају тачност, крутост и топлотну стабилност потребне за израду калупа, рад са алатима и матрицама и остале високо прецизне индустрије. Свака машина садржи издашну радну коцку, сто са више учвршћења и вретено са директним погоном од 12.000 о/min. Стандардне карактеристике укључују HAAS-ову контролу брзине са потпуним прегледом, бочни

измењивач алата, програмабилну млазницу расхладне течности, аутоматски ваздушни пиштољ и још много тога [5].



Слика 2.3 HAAS VM-3 [5]

Померања (X, Y, Z) [mm]	1016 x 660 x 635
Габарити радног стола [mm]	1372 x 610
Број обртаја [min ⁻¹]	12000
Тежина машине [kg]	6940
Оптерећење стола [kg]	1814
Максимална тежина алата [kg]	5.4
Број алата у магацину	30+1
Габарити машине [mm]	3861 x 1696.7 x 3175
Капацитет расхладне течности	208 l

Табела 2.1 Општи подаци машине HAAS VM-3



Слика 2.4 HAAS VM-3 из предузећа ГОРЕЊЕ МДМ

HAAS нуди широк спектар CNC модела VF серије (слика 2.5) како би се прилагодили било којој величини и захтеву производње. Без обзира на ваше потребе, постоји VF конструисан да удовољи захтевима ваше производње.

Сваки вертикални обрадни центар серије VF нуди изванредне карактеристике по одличној цени и нуди широк спектар доступних опција за прилагођавање ваше машине вашим потребама. Све HAAS машине су пројектоване и изграђене у Окнард у Калифорнији у САД. Ови модели долазе с надограђеним пакетом функција који укључује бочни измењивач алата, провидну млазницу расхладне течности и даљински управљач [6].



Слика 2.5 HAAS VF-6 [6]

Померања (X, Y, Z) [mm]	1626 x 813 x 762
Габарити радног стола [mm]	1626 x 711
Број обртаја [min ⁻¹]	10000
Тежина машине [kg]	11567
Оптерећење стола [kg]	1814
Максимална тежина алата [kg]	13.6
Број алата у магацину	30+1
Габарити машине [mm]	4801 x 2850 x 3581
Капацитет расхладне течности	360 l

***Tabela 2.2** Општи подаци машине HAAS VF-6*



***Слика 2.6** HAAS VF-6 из предузећа ГОРЕЊЕ МДМ*

2.3. ТАЈМАС-ZPS MCV 1220 обрадни центар

MCV 1220 је вертикални центар за глодање са горњим носачем алата са два одвојена монтирајућа стола или једним фиксним и једним ротационим столом у заједничком или подељеном радном простору (слика 2.7). Вертикални центар за глодање дизајниран је углавном за подручја инжењерства са центром употребе приликом обраде делова равног или кутијастог облика израђених од челика, сивог лива, легура меких метала и титанијума. С обзиром на високу динамику, веома високу флексибилност и својства, машина омогућава употребу предности HSC технологије [7].



Слика 2.7 TAJMAC-ZPS MCV 1220 [7]

Померања (X, Y, Z) [mm]	1000 x 1800 x 600
Габарити радног стола [mm]	1200 x 2000
Број обртаја [min ⁻¹]	14000
Тежина машине [kg]	14500
Оптерећење стола [kg]	6000
Максимална тежина алата [kg]	8
Број алата у магацину	40-130
Габарити машине [mm]	4712 x 3427 x 3880

Tabela 2.3 Опити подаци машине TAJMAC-ZPS MCV 1220



Слика 2.8 TAJMAC-ZPS MCV 1220 из предузећа ГОРЕЊЕ МДМ

3. Опис програма и програмирање у NCG CAM

На радној површини, пронађе се иконица NCG CAM 13.0 и покренемо је дуплим кликом на леви тастер миша. Програм се отвара. Да би се отворио модел потребно је кликнути у горњи леви угао на иконицу „file“ и из падајућег менија изабрати „open“ (слика 3.1). Затим се бира модел са којим желимо да радимо и потврди се избор са ОК [3].



Слика 3.1 Покретање програма и отварање модела [3]

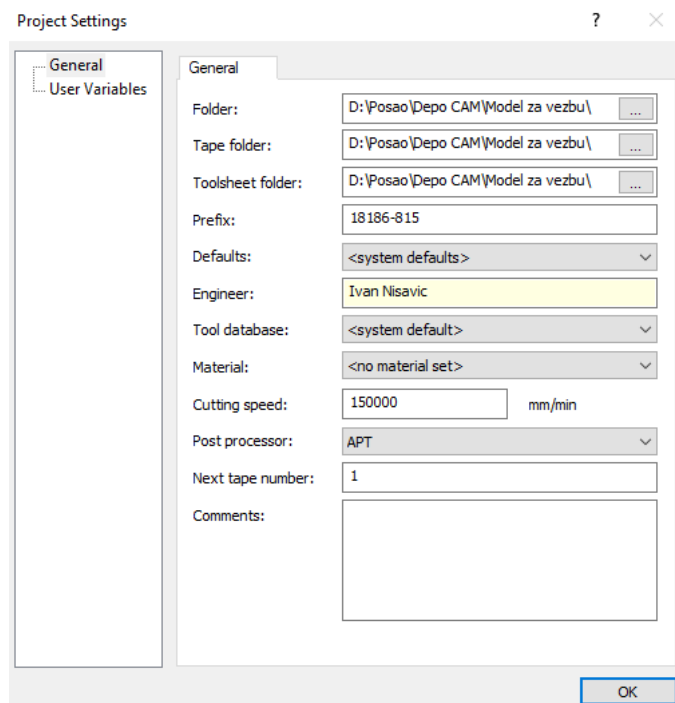
Други, бржи начин отварања модела је да директно на иконицу „open“ у горњем левом углу, која се налази у траци са алатима (слика 3.2). Бира се модел са којим желимо да радимо и потврди се избор са ОК [3].



Слика 3.2 Покретање програма и отварање модела (бржи начин)

3.1. Складиштење

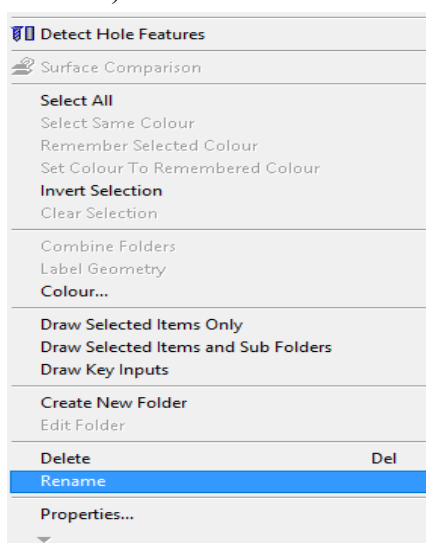
Када се модел појави на екрану почињемо са бирањем места чувања документа. Да би се то урадило бира се „edit“ из падајућег менија „Project Settings“ (слика 3.3). На десној страни новонасталог прозора, изаберемо датотеку на рачунару где ће се модел сачувати.



Слика 3.3 Одабир места чувања документа

3.2. Преименовање модела, операције, граница

На левој страни налази се структурно стабло сачињено од имена програма „NCG CAM“, модела и операција, под условима програма. Ако желимо да променимо ове називе било за операције или моделе које су ротиране или транслаторно померане то можемо урадити тако што ћемо обележити модел рада и десним кликом миша из падајућег менија изаберемо опцију „rename“ (слика 3.4).



Слика 3.4 Преименовање модела, операција или границе

3.3. Врсте модела

Затворени модели се користе за обраду 3D површина и представљају моделе који немају рупа ни у техничкој документацији ни на техничком моделу.

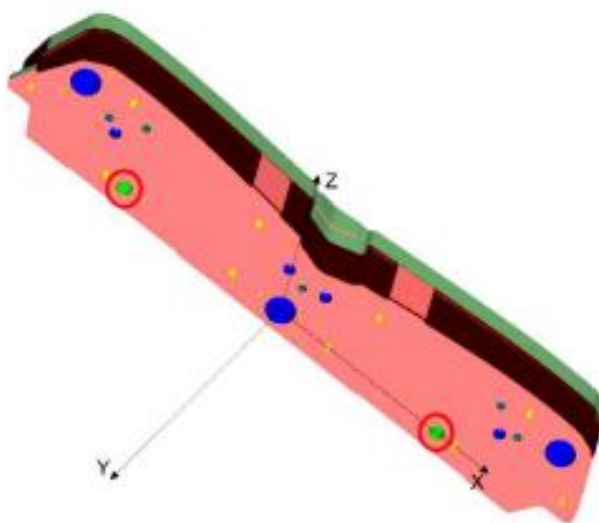
Отворени модели су модели са рупама и користимо их у случају када бушимо рупе или их правимо глодалом.

3.4. Подешавање почетног положаја

Као полазна тачка на моделу бирају се две идентичне, симетричне толерисане рупе (отвори), ако има више таквих бирају се рупе са највећим осним растојањем. Уколико ово није изводљиво, као полазна тачка бира се средина модела, као што је описано у наставку.

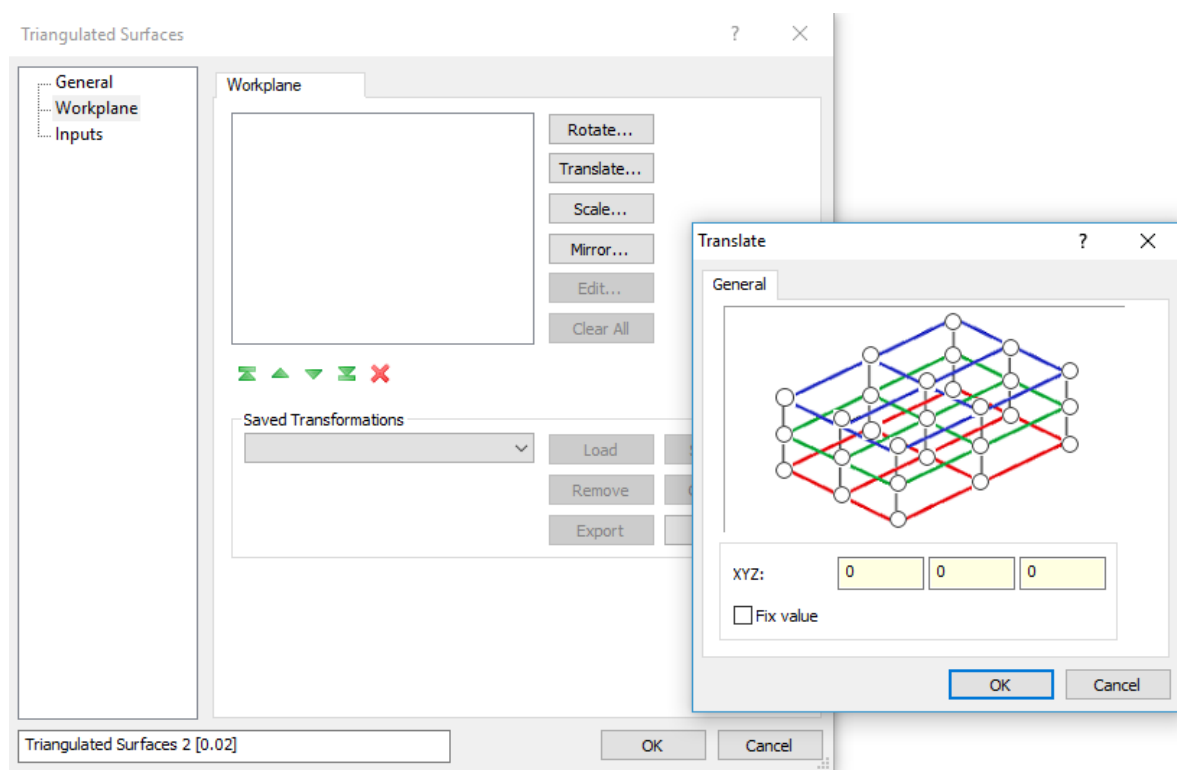
За полазне положаје означити рупе са CTRL + леви тастер миша, а затим кликнути десним тастером миша и из падајућег менија се изабере команда „Bounding Box“.

Отвара се нови прозор са приказаним координатама. У новоотвореном прозору појављује се картица „General“, посебну пажњу обратимо на колону „Centre“ у табели. У овој колони приказана је раздаљина изабраних основних положаја од координатног система, односно променом тих координата померамо модел у X, Y, Z правцу. У случају 3D модела који је са неке стране фино брушен, модел се поставља тако што брушена страна лежи у XoY равни [3].



Слика 3.5 Полазна тачка из центра рупе

За обустављање ове операције можемо изабрати опцију „Cancel“, или преко тастатуре на тастер „Esc“. На левој страни налази се стабло операција. Под именом „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“ подразумева се 3D модел, десним кликом на модел или у стаблу на „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“ појављује се падајући мени из кога бирамо његову обраду. Обраду бирамо левим кликом миша. Из истог падајућег менија имамо могућност да изаберемо опцију „Properties“. Одавде се отвара нови прозор који на левој страни има трочлано стабло „General“, „Workplane“, „Inputs“. Избором у стаблу „Workplane“ на десној страни се појављује картица са могућношћу ротирања модела, транслаторног померања, скалирања, пресликавања (Mirror). Пример: Избором „Translate“ отвара се нови прозор који поседује поља у којима се уносе координате X, Y, Z. У та поља уписујемо координате које смо пре тога видели али са супротним знаком, све у циљу да се модел премести у одговарајући координатни систем [3].



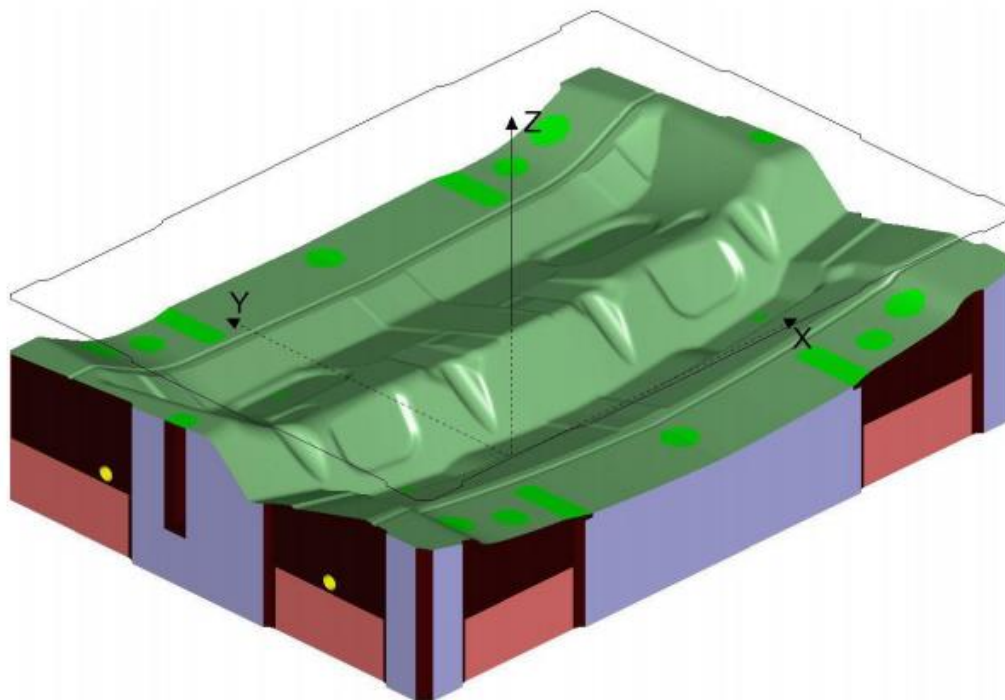
Слика 3.6 Ротација, транслација, скалирање и пресликавање модела

Када унете координате прихватимо у оба прозора са „ОК“ модел се транслаторно померио и са леве стране у стаблу операција настаје нови „Triangulated Surfaces 1, 2, 3... [0.02]“. Претходни модел уколико нам није потребан можемо га уклонити тастером „Delete“ на тастатури. Када смо модел транслаторно померили координате проверавамо тако што курсор померамо по површини модела и читавамо их у доњем десном углу. Ако немамо рупе са утврђеном толеранцијом, нпр. Н7 изаберемо површине Н7 које су обојене љубичастом бојом, када кликнемо десним тастером миша и одаберемо „Bounding Box“ настављамо постављање почетног положаја на исти начин као у претходном поступку.

3.5. Утврђивање граница обраде

У стаблу изабрати модел „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“, кликнути десним тастером миша и изабрати „Silhouette Boundary“ након тога се графички прикажу габаритне границе обраде. Затим помоћу CTRL + леви клик миша изаберемо „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“ и „Silhouette Boundary 1“ након тога десним кликом миша из падајућег менија изаберемо „Cutter Contact Areas“, одавде улазимо у теоријску геометрију (границу) алата.

Лево у новом прозору налази се стабло, из њега изабрати картицу „Boundaries“ и у њој се уписују додаци за X, Y и Z. Опција „Offset“ производи већу површину обраде коју је потребно уклопити или ручно повећати границу обраде, јер програм прави тачну границу. У опцији „Constrain“ увек изабрати „Contact Point“. Под „Limits“ се утврђује угао обрадиве површине од 0° до 90°, али то не значи да су сви процеси од 0° до 90°, затим потврдити са ОК. Када је граница површине која се обрађује одређена и садржи рупе унутар своје контуре, а ми не желимо да обрађујемо рупе, рупе се бришу тако што са левим кликом миша изабереомо спољну границу, која када је обележимо промени боју, затим десним кликом миша, изабереомо „Invert Selection“. Тим кораком смо обележили све контуре унутар спољне границе (прво изабране). Изабране контуре се бришу тастером „Delete“ на тастатури.



Слика 3.7 Утврђивање граница обраде

Други начин дефинисања границе обраде је тачнији и може да се користи углавном тамо где је технолог задао обраду по скали боје. Што значи да се површина на моделу који је изабран обрађује са различитом прецизношћу која је прописана, па се у складу са тим и боји. На пример: плава боја је толерисана мера (H7/h7), браон боја слободна мера, жута навој...Овакав метод се користи у компанији ГОРЕЊЕ МДМ. Када на моделу желимо да учинимо видљивим само површине исте боје односно исто обрадиве површине, прво означимо „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“ у стаблу, затим отворимо падајући мени „Edit“ и изаберемо опцију „Folder Content“. Када нам се отворио нови прозор чекирамо „Select by level“, затим изаберемо боју површина које желимо да остану видљиве у пољу „Include selected colour“ и потврдимо измене на ОК. Одређивање граница је исти као и код горе поменутог поступка. Треба обратити пажњу да се границе избришу и попуните где је то потребно. Избришемо га тако што левим кликом миша изаберемо контуру и притиснемо тастер „Delete“ на тастатури [3].

3.6. Слободно цртање граница

Слободно цртање граница у облику квадрата или правоугаоника радимо тако што на тастатури држимо тасрет CTRL и двапут кликнемо левим тастером миша, тако цртамо и вучемо правоугаоне границе. Слободно цртање граница у облику круга ради се тако што притиснемо тастер на тастатури Shift и кликнемо двапут леви тастер миша, тако цртамо и вучемо кружне границе.

3.7. Измена граница обраде

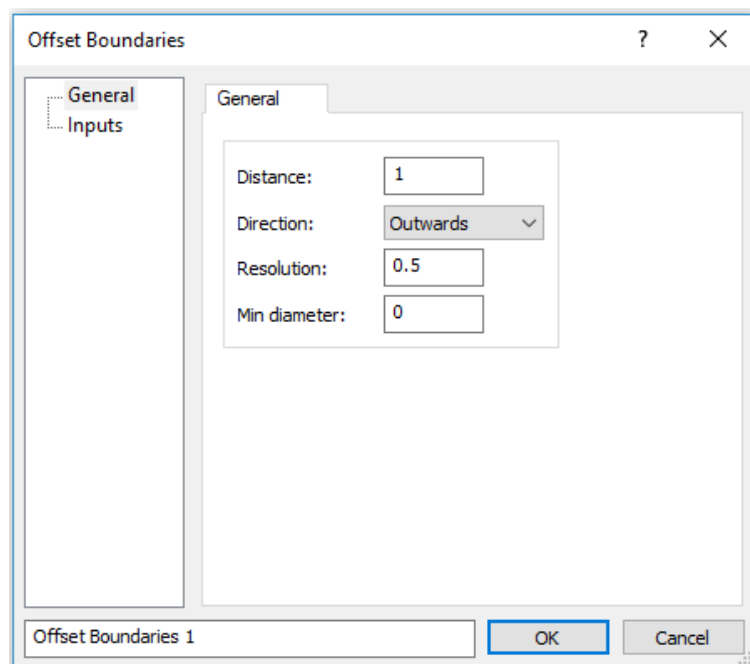
Према поменутој процедури произвели смо граничне линије обраде утврђене програмом, ако нам то не одговара, или се ради превише непотребних покрета машине (празан ход), граничне линије се могу поједноставити (неопходно искуство!) и тиме скратити време обраде и уклонити празни ход машина.

За промену граница обраде најпре у стаблу одаберемо раније утврђене границе које желимо променити, затим у картици са алатима изаберемо опцију „Edit Boundaries“. На граничним линијама видимо да су се појавили квадратићи који се могу померати. На местима где их нема једноставним кликом миша можемо их створити, и на тај начин померати по координатном систему.

Ако није неопходно да се границе преправљају, границе не дирати, јер ако превише одмакнемо границе може да се деси да алат тамо где треба да прави оштре ивице прави заобљене. Коригујемо само границе са малом међусобном раздаљином, то радимо после постављања ограничења.

3.8. Повећање и смањење граница обраде (offset)

Уколико желимо да повећамо или смањимо границу обраде, коју смо дефинисали за модел то можемо урадити помоћу команде „Offset“. Кликнемо десним кликом на границу и изаберимо „Offset“ команду. Затим, отвара нам се нови прозор, у пољу „Distance“ уписујемо растојање за које желимо да Offset-ујемо границу обраде. У пољу „Direction“ одређујемо правац у којем желимо offset-овати границу обраде (споља, унутра или обе варијанте). Под појмом „Resolution“ утврђује се како тачно желимо да прикажемо ивице и заобљења заокруживања (уколико ово поље не дирамо offset ће бити одрађен по default-y).



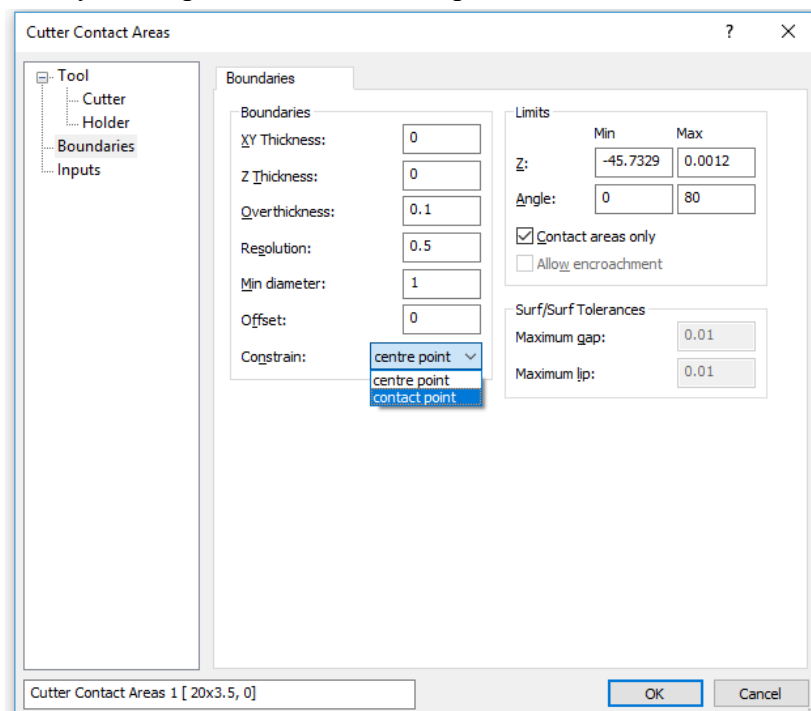
Слика 3.8 Offset-овање границе обраде

3.9. Теоријска граница обраде

Теоријску границу обраде бирамо када уочимо да после грубе обраде имамо остатке које глодало није покупило. У структури стабла изаберемо модел и границу коју смо задали за грубу обраду, затим десним кликом отворимо падајући мени и изаберемо опцију „Teoretical Rest Areas“. У новом прозору који се отвара одређују функције са којима намеравамо да обрадимо остатке и остале параметре под картицом „Boundaries“. Када смо спремни избор се потврђује са ОК и програм израчунава границу. У наставку одређујемо корак алата у зависности од модела и теоријског ограничења (обично бирамо „Constant Stepover Pases“).

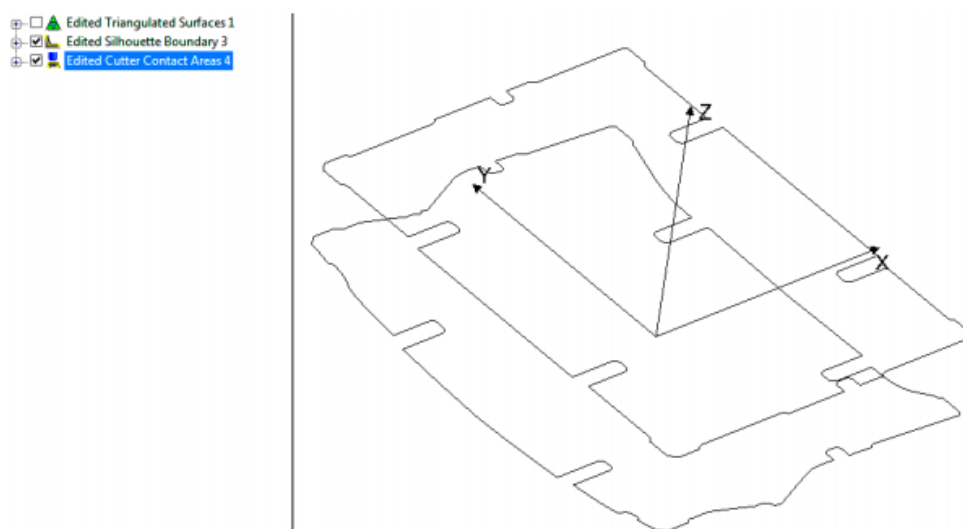
3.10. Cutter Contact Areas (команда)

То је опција која може да обезбеди границу мењања када је то потребно, зато у картици „Tool“ уносимо теоријску геометрију (границу) алата са којим обрађујемо модел. У картици „Boundaries“ одређујемо X, Y и Z додатке, уносимо вредност за „Overthickness“, то је граница до које се обрађују додатци (X, Y, Z) на моделу. У пољу „Resolution“ ограничавамо оштре ивице и радијусе (мања прецизнија површина). „Offset“ користимо за повећавање и смањивање граница. У опцији „Constrain“ увек изабирамо „Contact Point“. Са десне стране прозора у одељку „Limits“ ограничавамо границу по Z оси од Z мин до Z мах и угао обрадиве површине од 0° до 90°, односно може да се обезбеди обрада независно од угла, наравно, он се може произвољно мењати.



Слика 3.9 Cutter Contact Areas

На слици испод (слика 3.10) показујемо разлику између горње 2D границе на врху и испод 3D израчунате границе у зависности од алата са којима смо радили модел.



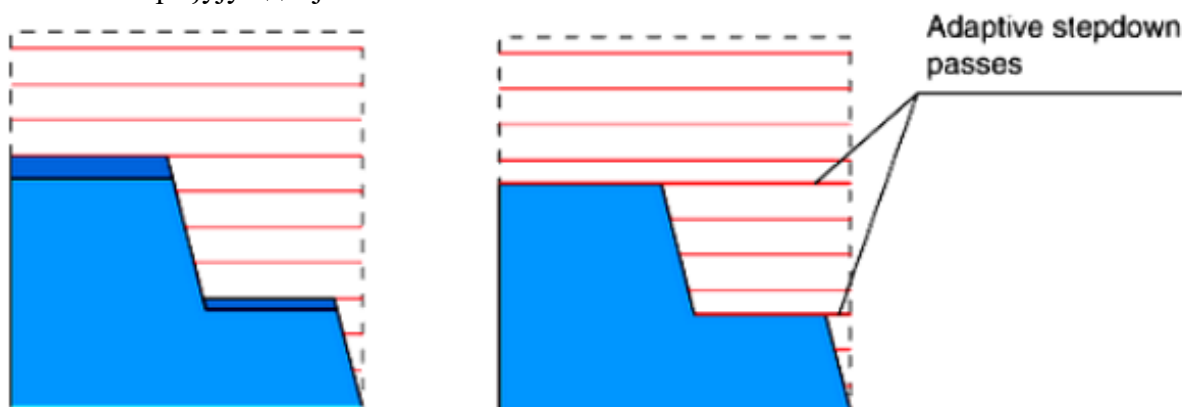
Слика 3.10 Разлика између 2D и 3D израчунате границе

3.11. Одређивање парамарата обраде

Промена подешавања грубе и fine обраде врши десним кликом на „Triangulated Surfaces 1 [0.02]“ и изаберите „Properties“. У новом прозору који се отвара лево се налази стабло са картицама. У картици „General“, па у окну Tolerances - General можемо мењати толеранцију модела од 0,02 до 0,002, то се углавном огледа у радијусу. Таква промена толеранције подразумевана је обавезном фином дорадом.

3.12. Adaptive stepdown (команда)

Укључивањем команде „Adaptive Stepdown“, променили смо раније подешене опције у погледу додатака за обраду. У прозору „Adaptive Stepdown“ min. stepdown ставити да буде 0.01. Разлика између искљученог и укљученог „Adaptive Stepdown-a“ приказана је на слици испод (слика 3.11). Уколико постоје више површина за обраду препоручује се укључивање ове команде, уколико постоје само једна или две површине није потребно, већ се оне обрађују одвојено по 2D.



Слика 3.11 Adaptive Stepdown komanda

3.13. Параметри за грубу и фину обраду

Након избора врсте обраде потребно је одредити параметре обраде, као што је правилан избор алата, додаци за грубу обраду, дубину глодања, брзину алата. Табела испод (табела 3.1) приказује параметре грубе обраде за различите материјале. Параметри су само информативни за краће или средње дужине алата. Ове параметре подешавамо у картици „Passes“. За дуже алате уносимо мањи „Stepdown“. Када се врши обрада са мањим алатом одређује се и мали додатак.

Материјал	Додатак X, Y, Z [mm]	Stepdown [mm]
Гус	0.3-1	Носач: Ø42 R5=0.8-1.2 Носач: Ø25 R5=0.8-1
Обичан челик	0.3-1	Носач: Ø42 R5=0.8-1.2 Носач: Ø25 R5=0.8-1
Каљен челик	0.3-0.5	Носач: Ø25 R5=0.15-0.5

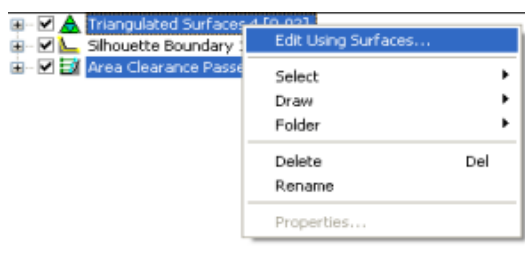
Табела 3.1 Параметри за грубу обраду

Поступци фине обраде слични су као и код грубе, након избора врсте обраде потребно је одабрати алат (глодало) и параметре обраде у картици „Passes“, (табела 3.2).

Материјал	Додатак X, Y, Z [mm]	Stepdown [mm]
Гус	0	Глодало: Ø12 R6=0.22
Обичан челик	0	Глодало: Ø12 R6=0.22
Каљен челик	0	Глодало: Ø12 R6=0.18

Табела 3.2 Параметри за фину обраду

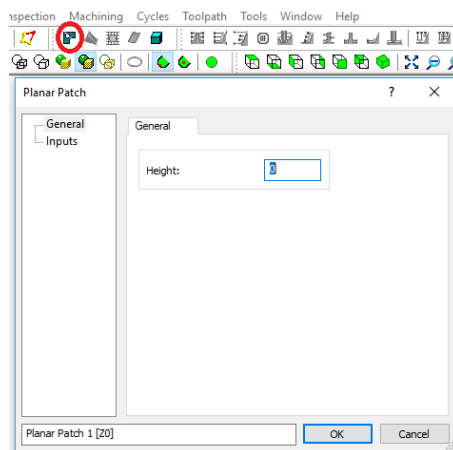
Када обрађујемо остатке на радном предмету ако знамо колики је додатак на зиду који требамо обрадити (нпр. 1,5 mm), направимо програм тако да обрађујемо радни комад само по површини којој је то потребно. Ово радимо тако што означимо модел и режим обраде који смо раније задали, кликнемо десним кликом миша и изаберемо „Edit Using Surfaces“ (слика 3.12). У картици „General“, под пољем „Overthickness“ уносимо додатак који требамо обрадити. Тако да програм аутоматски проналази овај додатак и обрађује га.



Слика 3.12 Edit Using Surfaces

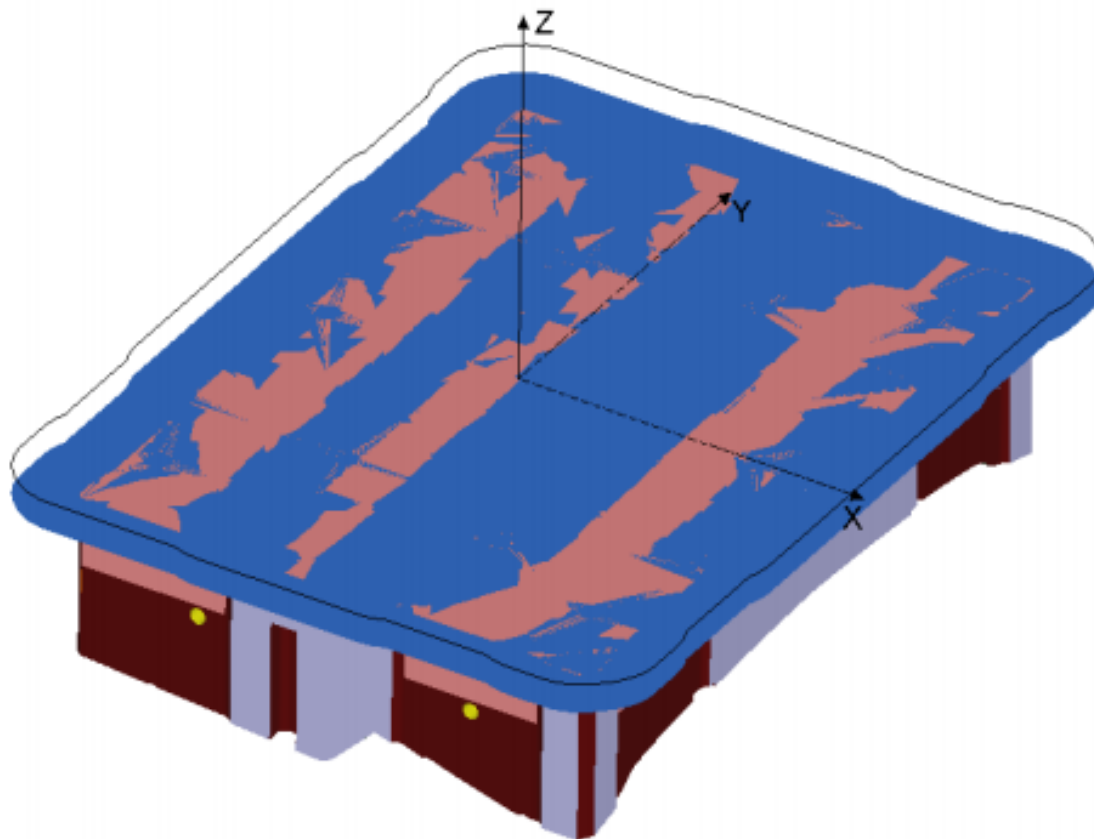
3.14. Утврђивање површине за поравнавање модела

Површину одређујемо избором модела и границе у структурном стаблу. Ово ограничење Offset-ујемо за више од полупречника алата, да би алат почео да обрађује припремак и потврдимо ОК. Затим, обележимо Offset-овану границу левим кликом миша и изаберемо опцију „Planar Patch“ (слика 3.13) на траци са алаткама. Под „Height“ унесимо износ на којој ће висини програм направити нову површину, уколико желимо као што је раније наведено да обрађујемо доњу површину, уносимо висину 0 (нула). Програм у том случају прави нову површину у ХоУ равни. Такође уколико желимо да „закрпимо“ неку равну површину која нпр. има рупе или отворе изаберемо контуре тих рупа и издигнемо њихове површине где на месту где нам је то потребно.



Слика 3.13 Опција Planar Patch за поравнавање комада

Површина поравнања се одређује нпр. када добијемо необрађени радни комад и сагледавањем ситуације утврдимо која површина треба да се поравна, најчешће је потребно поравнати доњи део плоче ради каснијег тачног позиционирања радног комада (слика 3.14).



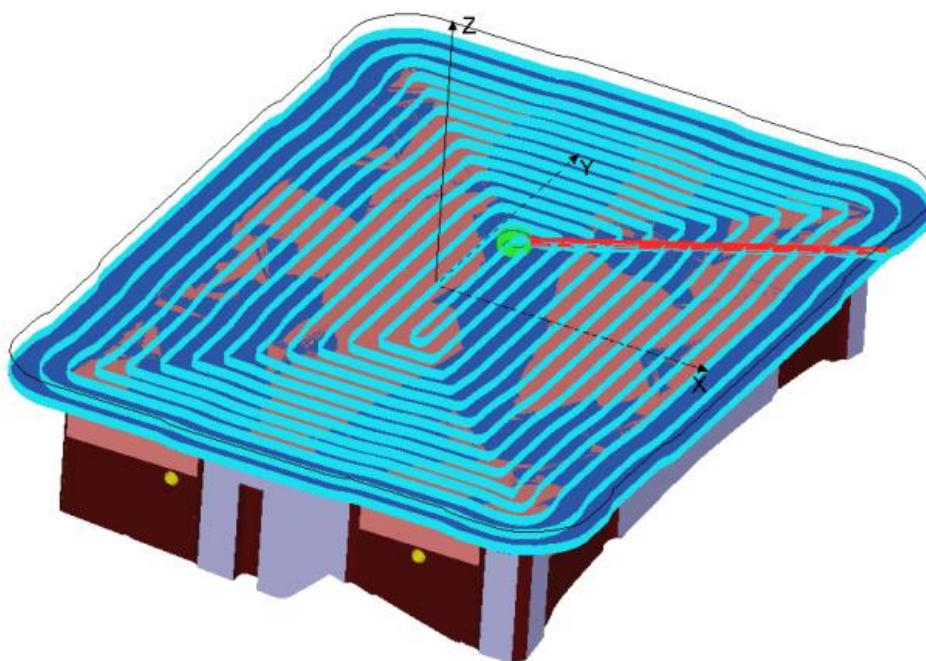
Слика 3.14 Површина поравнања [3]

3.15. Груба обрада на доњој страни модела

Најпре поставимо почетни положај модела тако да његова доња површина лежи у ХоУ равни. Направимо површину помоћу претходно објашњене команде у тој истој доњој равни да би попунили празнине које се ту налазе. Следећи корак је груба обрада те површине. Груба обрада (слика 3.15) значи да колико год је то могуће и у најкраћем могућем року са минималним додацима обрадити ту површину, кад год је могуће.

У наставку програма за грубу обраду претпостављамо да дно радног комада обрађујемо на меру. Изаберемо површину коју смо направили са Offset-ованим границама, кликнемо десним кликом на мишу и у опадајућем менију, изаберемо опцију обраде „Area Clearance Passes“.

Под картицом „Passes“ одређујемо $Z \min 0,5\text{mm}$ (што је додатак, који ће бити касније обрађен), $Z \max$ се одређује у зависности од тога колико материјала се скида са радног комада. Ако се скида 10mm за $Z \max$ уносимо 11mm . Сада одредимо и остале параметере који су наведени у наставку. Добијени програм повежемо. Повежемо га тако што десним кликом миша кликнемо на „Area Clearance Passes“ из опадајућег менија изаберемо „Link Passes“. После тога можемо и погледати анимацију обраде на опцију „Animate“ [3].

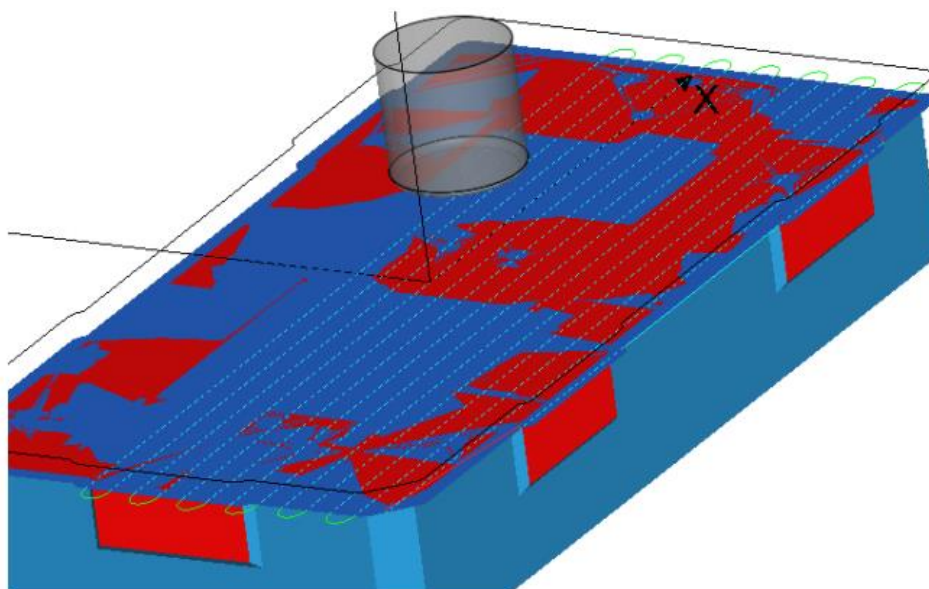


Слика 3.15 Груба обрада на доњој страни модела [3]

3.16. Фина обрада на доњој страни модела

После грубе обраде остала је грубо обрађена површина на моделу и додатак који смо оставили за фину обраду (слика 3.16).

Затим следи обрада „Raster Passes“. Наиме идеја је да користећи исти модел и површину са границама као што смо користили и код грубе обраде (услов је да на висини нула (0), у супротном морамо направити нову површину са истим границама на овом нивоу). Даљи избор обраде се врши десним кликом и одабиром командне обраде „Raster Passes“, на крају подесимо параметре обраде и подешавања у прозору који ће се појавити. Морамо бити посебно пажљиви при одабиру Z_{min} , она мора бити нула (0). Z_{max} одређујемо на основу претходно утврђеним додацима око $+0,1\text{mm}$, из сигурносних разлога [3].



Слика 3.16 Фина обрада-Raster Passes

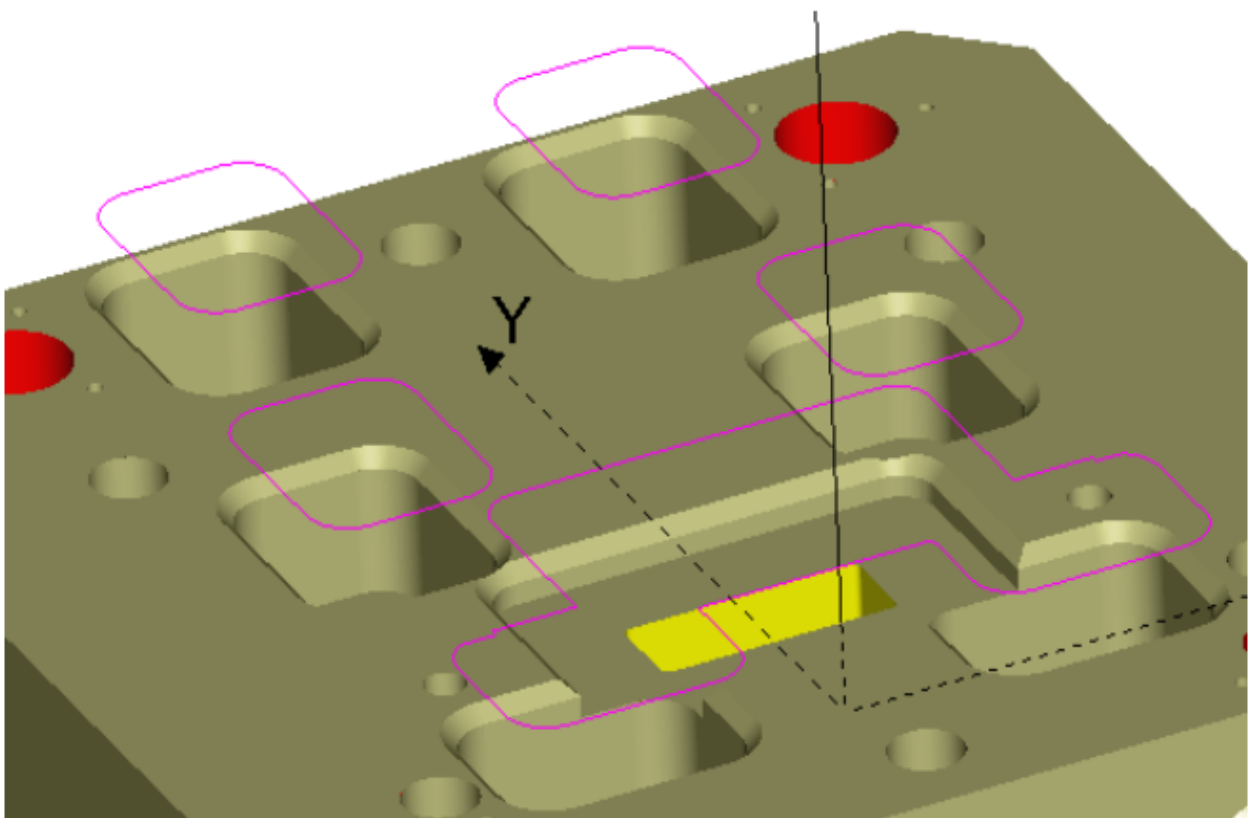
3.17. Обрада канала (жлебова)

За обраде жлебова (слика 3.17) најпре је потребно генерисати границу за сваки жлеб посебно. Границу правимо тако што у стаблу изаберемо модел и на моделу одаберемо доњу површину жлеба, затим десни клик и изаберемо "Silhouette Boundary" да нам програм прикаже границе жлеба. Код избора обраде прво бирамо грубу обраду "Area Clearance Passes" и грубом обрадом обрадимо жлеб са додатком од 0,3 до 0,5mm (зависно од материјала, уколико је радни комад каљен додаток може бити мањи). Посебно морамо бити пажљиви при одређивању Z_{min} , који је већи од стварних димензија вредности изабраних додатака. Z_{max} се одређује приближно 0,1 испод горње ивице жлеба, да алат не би обрађивао површине које не желимо обрађивати.

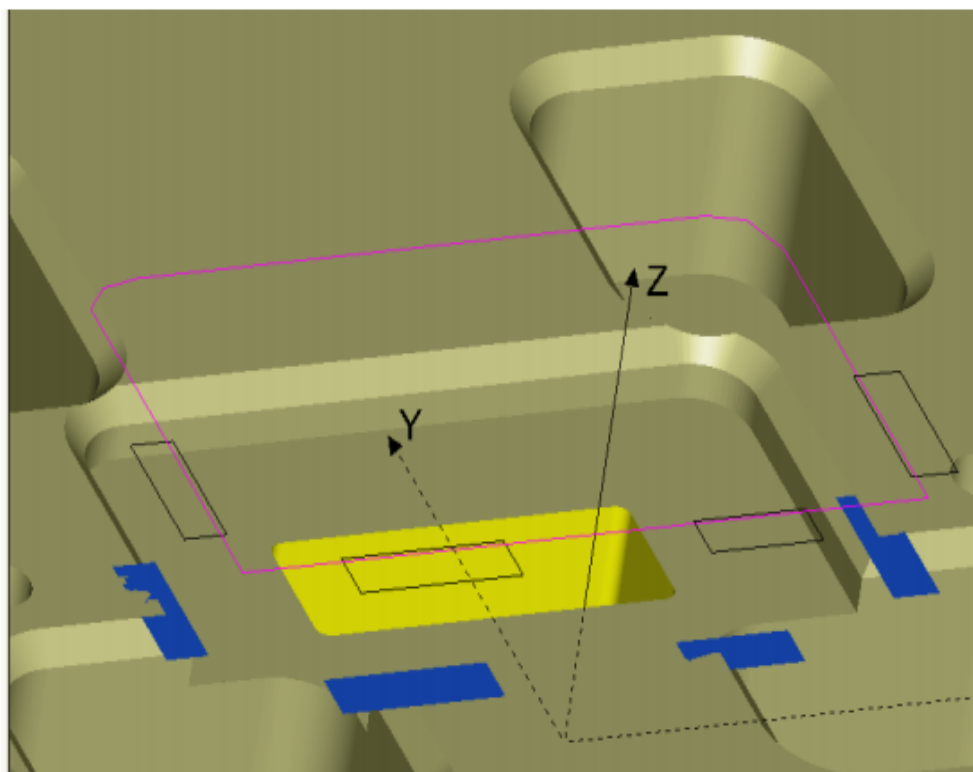
Уколико желимо да жлеб обрадимо тачно на меру бирамо начин обраде "Waterline Passes", ова команда обрађује зидове жлеба на меру, а Z_{min} и Z_{max} су исти као и код раније обраде "Area Clearance Passes". Додаци X-Y износе нула (0), као по технолошком поступку.

Дно жлеба обрађујемо командом "Horizontal Area Passes". При овом избору програма обраде Z_{min} се одређује до коначне дубине са додатком $Z = \text{нула (0)}$, под претпоставком да обрађујемо жлеб на меру. Одређујемо додатке X-Y са око 0,1mm, у овом кораку не обрађујемо зидове жлеба, односно са додацима задали смо ограничење којим глодало не закачиње зидове жлеба.

Други начин (слика 3.18) одређивања границе обраде жлеба (уколико је жлеб на спољној ивици) јесте да направимо две површине, које ограничавају путању алата, и једну границу, која покрива читав жлеб, а само мали део новонасталих површина (приликом формирања површина морамо бити тачни). Наставак процеса којим се утврђује обрада исти је као и пре. Важно је само да новонастале површине спојимо са моделом, тако што их левим кликом миша обележимо у структурном стаблу и пренесемо у модел.



Слика 3.17 Обрада жлебова



Слика 3.18 Обрада жлебова са заштитним површинама

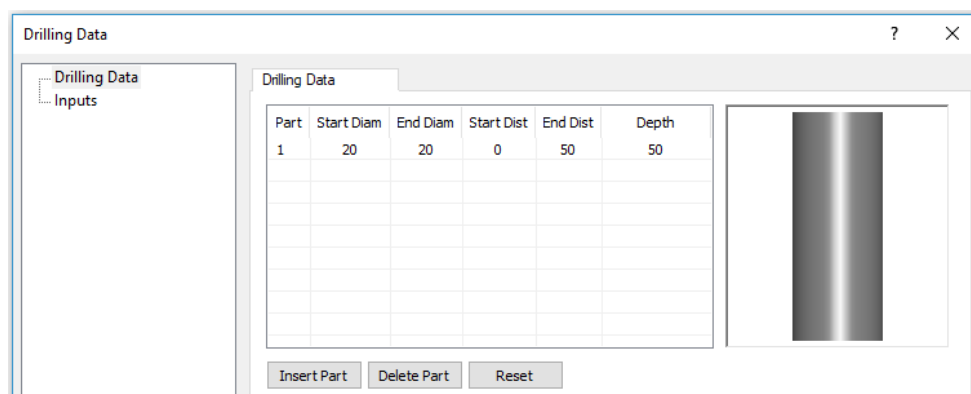
3.18. Бушење

Пре одређивања координата бушења направимо програм који проналази све рупе на моделу, и затим означимо само ту картицу у структурном стаблу. Означимо модел "Triangulated Surfaces 1 [0.02]", десни клик миша на "Detect Hole Features", означи се "Find Cylindrical holes only" и дечекирамо "Ignore inaccessible cylindrical holes". Левим кликом миша у структурном стаблу разгранемо стабло на знак + и испод "Detect Hole" појављује нам се "Triangulated Surfaces" и "Hole Data Collections". На "HoleData Collections" кликнемо десним кликом миша и изаберемо опцију "Create Drilling Data Folder", у овој опцији изабирамо (A0, B0, C0) "Blind Holes" и потврдимо са ОК. У структурном стаблу нам се појављује грана "Driling Data Folders (A0 B0 C0)".

Ако желимо да рупе буду обојене (што је препоручиво), како би се боље видело које су рупе избушене и што омогућава програму да их разврстава, обојимо рупе одређеним бојама. Да би активирали програм да препозна одређене унапред обојене рупе кликнемо десним кликом на "Detect Holes Features" и идемо на "Properties", лево у стаблу у новом прозору под картицом "Filter" означимо "Iclude selected colour", изаберемо жељену боју и потврдимо са ОК. Тада нам програм све рупе са том бојом (односно оне рупе којима смо ми задали ту боју).

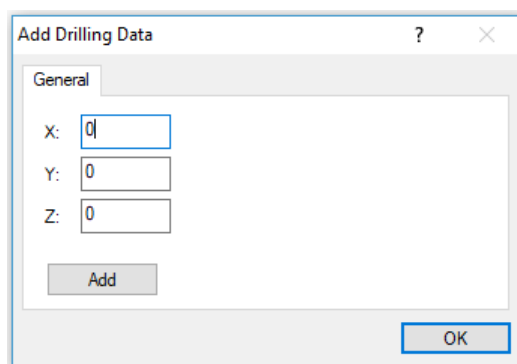
3.19. Израда рупа

Десним кликом изаберемо модел на који желимо додатно да израдимо рупе која већ није израђена па изаберемо опцију "Create Driling Folder" (слика 3.19). Отвара нам се нови прозор где уписујемо "Start diam" и "End diam" (пречници отвора) и "Deph" (дубина рупе) затим потврдимо са ОК.



Слика 3.19 Израда рупа

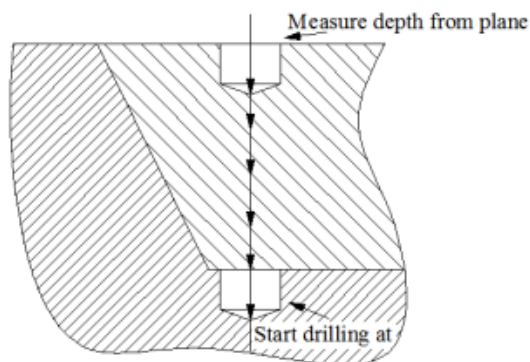
У структурном стаблу клинемо десним кликом миша на "Driling Data Folder" и из падајућег менија изаберемо команду "Add Driling Data" (слика 3.20) и у новом прозору који нам се отвара уносимо координате рупа. Када смо унели координате потврдимо то са ОК. Уколико нам је потребно да израдимо више једнаких рупа вршимо само промену координата уз претходно додавање нове рупе на "Add".



Слика 3.20 Уношење координата рупа

3.20. "Cycle" Бушење од одређене равни

Под картицом "Cycle" налази се подкартица "Driling From a Plane". Ову функцију укључујемо када бушимо рупе на радном комаду, а знамо да касније нећемо моћи да их израдимо. За израду рупа укључујемо команду "Start Driling At" (што значи да може почети бушење од одређене удаљености). Међутим, ако изаберемо команду "Measure depth from plane" то значи да ће програм направити рупу на одређеној висини, независно од раније планиране дубине (примењиво приликом промене параметара рупе).



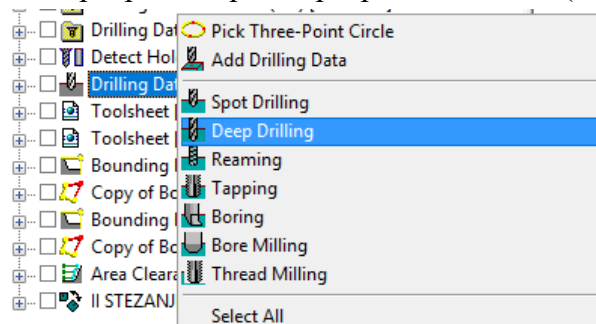
Слика 3.21 Бушење од одређене равни

3.21. Проналажење центра рупе (центрирање забушивањем)

У картици "Drilling Data Folders" у структурном стаблу означимо рупе које желимо центрирати (забушити), десном кликом отворимо опадајући мени, изаберемо опцију "Spot Drilling" и потврдимо са ОК. Одавде се отвара нови прозор "Spot Drilling Cycle", лево у стаблу под картицом "Cycle", а у пољу "Depth" уписујемо дубину забушивања 2 до 3 mm. Када унесемо дубину центрирања потврдимо са ОК и повежемо (линк).

3.22. Бушење

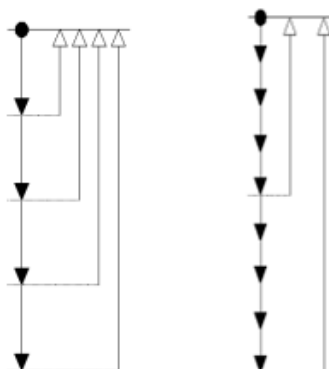
Избором обраде бушење у структурном стаблу развије нам се нова картица у којој се налазе све рупе које је програм пронашао, изаберемо само цилиндричне рупе које желимо или које могу бити избушене са те стране радног комада. Кликнемо десним кликом миша и из падајућег менија изаберемо обраду "Deep Drilling", избор потврдимо са ОК. Затим нам се отвара нови прозор у коме изабирамо опцију "Keep Hole". Када смо завршили са подешавањем програма обраде програм повежемо (линк).



Слика 3.22 Бушење

3.23. Разлика између Deep Drilling и Deep Drilling (chip break)

При избору начина обраде "Deep Drilling" алат који је потребан је бургија. Радни ход алата, који се одређује у складу са претходно описаном процедуром, ураћа у радни комад за неку дубину и подиже у полазну тачку која је изван радног комада, празни спиралу бургије од опиљка и понавља продирање у радни комад за неку вредност дубине.



Слика 3.23 Разлика између Deep Drilling и Deep Drilling (chip break)

"Deep Drilling" (chip break) је такав начин обраде да алат (бургија) има радни ход такав да направи неколико радних ходова у дубину, па се затим врати у полазну тачку која је изнад радног комада, да би се испразнила спирала бургије. Такав процес је бржи али се

нпр. не употребљава при бушењу гуса, јер при бушењу оваквих материјала настаје прах као отпад који остаје у рупи и може оштетити алат или радни комад. При оваквој врсти обраде важно је да се под "Advanced" одреди максимум "Cutting Feedrate" (30 000), то значи да алат брзо излази из радног комада и враћа се.

3.24. Израда навоја

У структурном стаблу кликнемо десним тастером миша на команду "Drilling Data Folders" и у новом прозору који нам се отвори изаберемо опцију "Tapping" (десни навој). У истом прозору у оквиру картице "Tool" уписујемо димензије урезнице. Под картицом "Cycle" уписујемо "Pitch" (корак навоја), "Setup Clearance" (10 mm, раздаљина ради сигурности) и потврдимо са ОК. Приликом резања навоја морамо бити посебно пажљиви да рупе, које су предвиђене да се у њима уреже навој, буду дубље за најмање 5 mm, да би спречили деформацију урезнице.

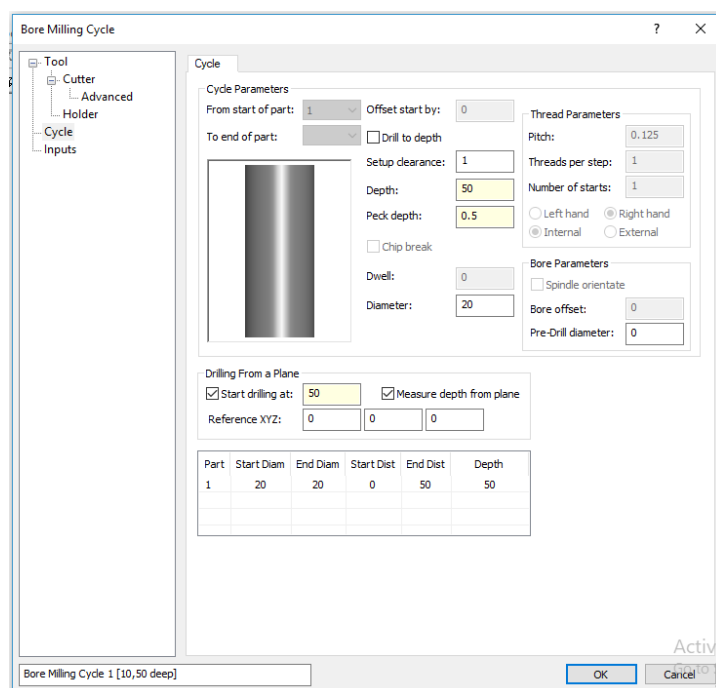
3.25. Израда рупа глодањем

Поступак за одређивање процеса обраде рупа на глодалу идентичан је као у области Бушење, само бирамо команду "Bore Milling Cycle". Под картицом "Tool" одређујемо димензије глодала којим ћемо изградити жлеб. Под картицом "Cycle" уколико је потребно одређујемо дубину рупе, то радимо када правимо слепе рупе са толереанцијом H7.

Одређујемо такође "Peck depth" (дубина корака за које глодало сиђе), за плочице са радијусом R5 "Peck depth" од 0,5 до 1 mm, за плочице R1 од 0,1 до 0,3 mm (зависи од алата).

Када израђујемо рупу са толеранцијом H7, пречник грубог глодања рупе треба да износи 0,5 mm мањи од пречника са толеранцијом H7.

Морамо бити опрезни и код одабира пречника алата, да је пречник алата већи од полупречника рупе, када је обрађујемо на меру. Међутим ако имамо рупу пре бушења на меру, то није потребно.



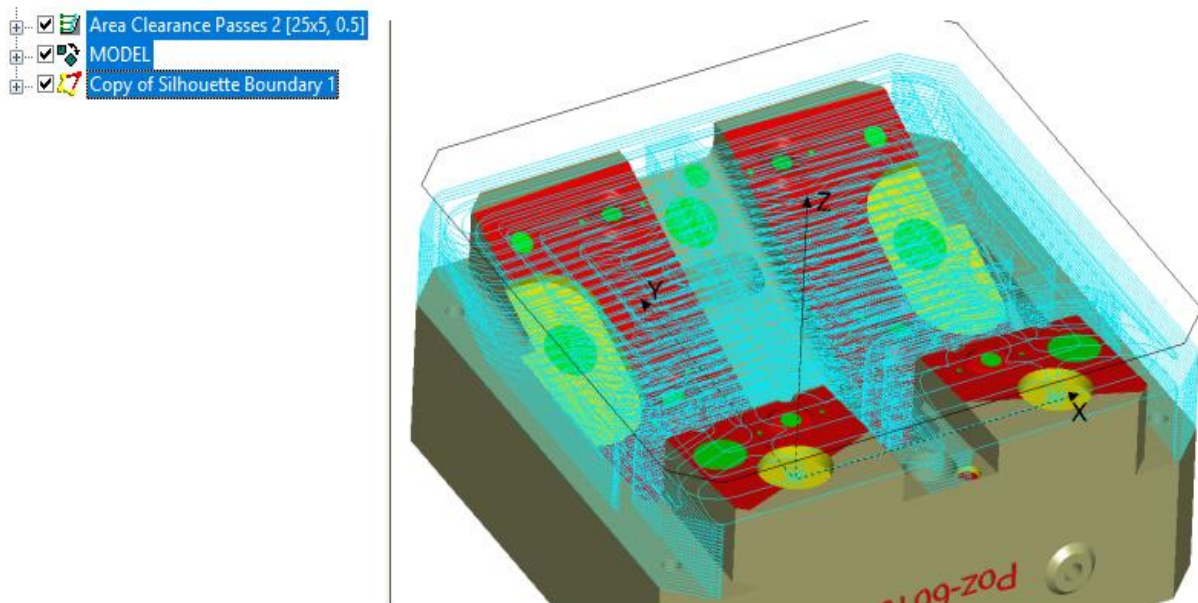
Слика 3.24 Израда рупа глодањем

3.26. Обрађивање 3D форме на горњој страни модела

Када су референтне равни направљене и спремне, лакше је тој површини одредити почетну тачку. Где је то могуће пустимо додатке које касније можемо обрадити. Додатке обрађујемо код радног комада у другој (финијој) обради као што је брушење, када год је могуће радни комад требамо ротирати, да је горња површина паралелна са радним столом, без обзира на облик.

Додатке одређујемо на месту где је могуће обрадити радни предмет у највећој могућој мери у којој имамо фину обраду, а у што краћем временском периоду. Додаци се одређују модификовањем граница и додавањем површина. Морамо бити опрезни да упишемо тачну висину прикључка, да касније радни комад не би постављали ручно.

Када смо поставили додатке, почињемо са грубом обрадом. Претпостављамо да је следећи процес обраде обрада додатака. Изаберемо затворени модел, одаберемо површину на њему и направимо границу са "Silhouette Boundary" (можемо користити дно модела, као што је раније описано). Да би у потпуности обрадили додатке проширујемо мало пре добијену границу да визуелно пређе додатак који обрађујемо и идемо на команду "Area Clearance Passes" (слика 3.25). Када смо направили нову границу offset-ујемо је за више од полупречника алата, који ће бити коришћен. Затим из стабла изаберемо модел и границу "Silhouette Boundary" и обрађујемо 3D површину командом "Area Clearance Passes", након тога обрађујемо остатке тако што изаберемо модел и "Area Clearance Passes" у структурном стаблу и преко десног клика изаберемо процес обраде "Rest Roughing", бирамо алат (мањи) и подешавамо параметре као што смо и раније [3].

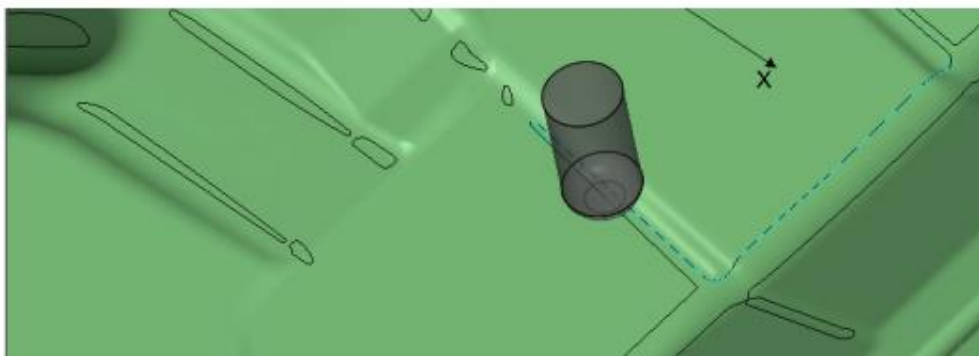


Слика 3.25 Обрађивање 3D форме

3.27. Обрада остатка на моделу

За уклањање остатака (слика 3.26) код fine обраде одређујемо теоријску границу командом "Teoretical Rest Areas" (иконица се налази на горњој страни програма у палети), под "Tool" одређујемо алат којим ћемо уклањати остатке, у картици "Boundaries" одређујемо "Reference Cutter" (средства којима је модел претходно био обрађен, ако обрађујемо остатке није препоручиво да се користи исти алат којим смо претходно обрађивали радни комад) и под "Limits" уписујемо "Min material depth" 0,05 mm или 0,005

mm, у зависности на коју тачност желимо да обрадимо остатке. Када смо поставили параметре обраде и изабрали алат потврдимо са ОК.



Слика 3.26 Обрада остатка на моделу

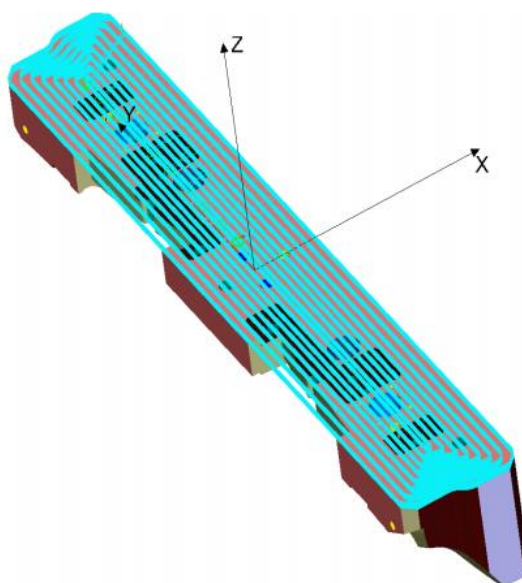
Програм израчунава теоретску границу остатака, левим кликом миша изаберемо само модел, а десним кликом изаберимо начин обраде (за остатке препоручљиво је користити "Constant Stepover Passes". Изабрани метод обраде одређује параметре и алат, као и код сваке друге обраде, завршити са ОК. Пажњу обратити при повезивању, потребно је изабрати "From First Pass" (што значи да ће алат бити обрађен од споља ка унутра) и потврдимо са ОК.

3.28. Врсте обраде у NCG CAM

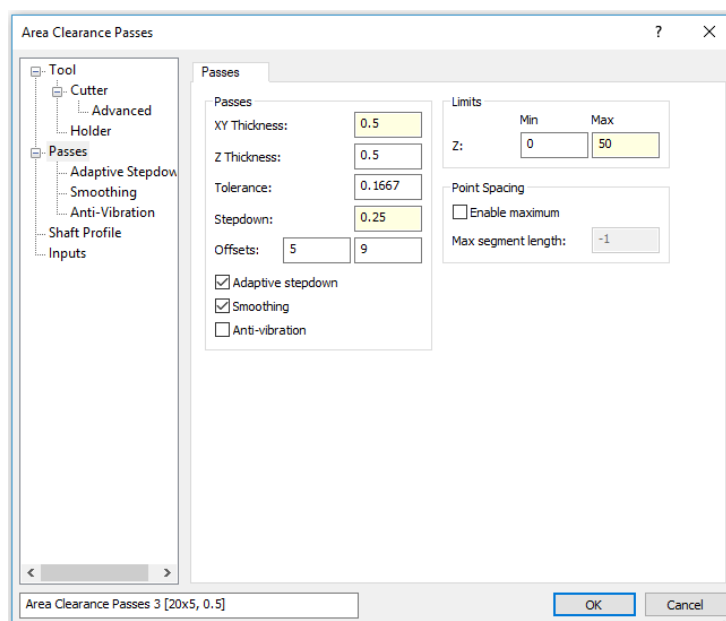
3.28.1. Area Clearance Passes

"Area Clearance Passes" (слика 3.27) се најчешће користи при грубој обради модела, јер обрада одвија брзо и са кратким радним путем алата, без непотребних наглих покрета. Када одређујемо параметре обраде морамо бити пажљиви и укључити опцију "Smoothing" јер она спречава да се алат не би "забијао" у радијус. Користи се у 2D и 3D грубој обради.

У 3D обради такође може бити активирана опција "Adaptive stepdown" и по жељи подешена. Ако желимо да финије обрадимо грубе површине може се подесити мањи "Profil step-in", али ће обрада трајати знатно дуже [3].



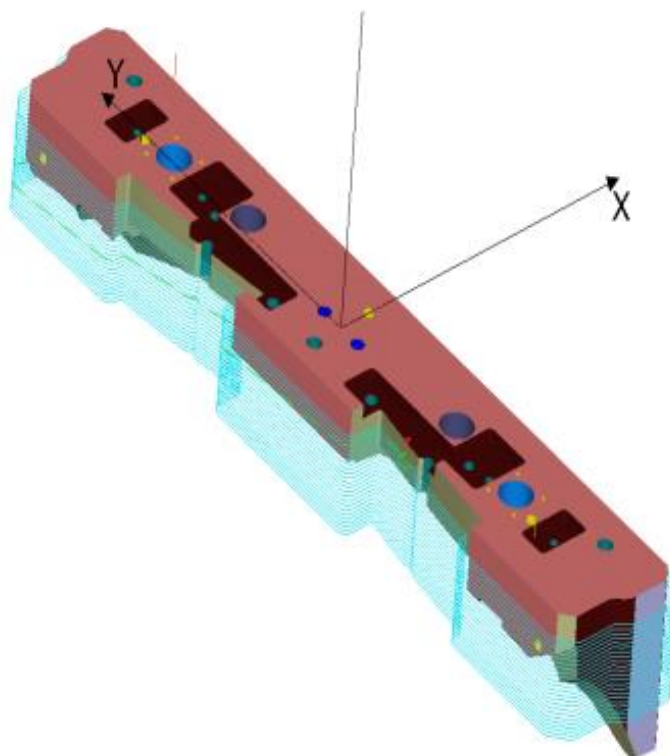
Слика 3.27 Area Clearance Passes



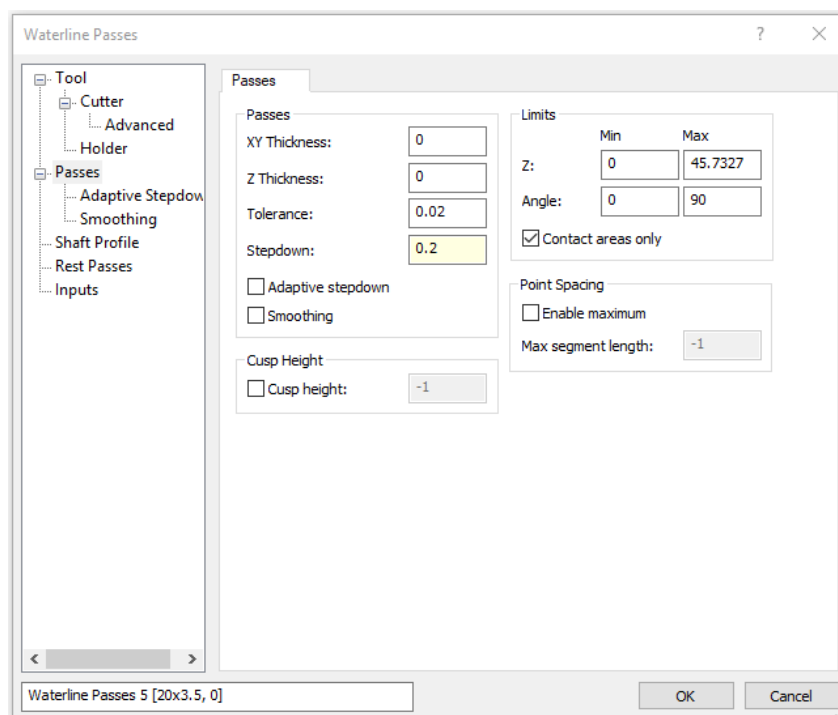
Слика 3.28 Area Clearance Passes (пдешавање)

3.28.2. Waterline Passes

Са командом "Waterline Passes" (слика 3.29) такође можемо уклонити остатке са бочних страна на радном комаду. Процес обраде одређујемо моделом и границом које смо претходно одредили за обраду жлеба (нпр.). Одређујемо алат и параметре обраде, али под картицом "Passes" одређујемо додатак $X = 0$, $Y = 0$ (нула), кад желимо да радимо на меру. У овом случају није потребно укључивати опције "Adaptive stepdown" и "Smoothing", одређујемо само величину Z као што смо радили за опцију "Area Clearance Passes". Када смо одредили параметре потврдимо са ОК, и програм повежемо.



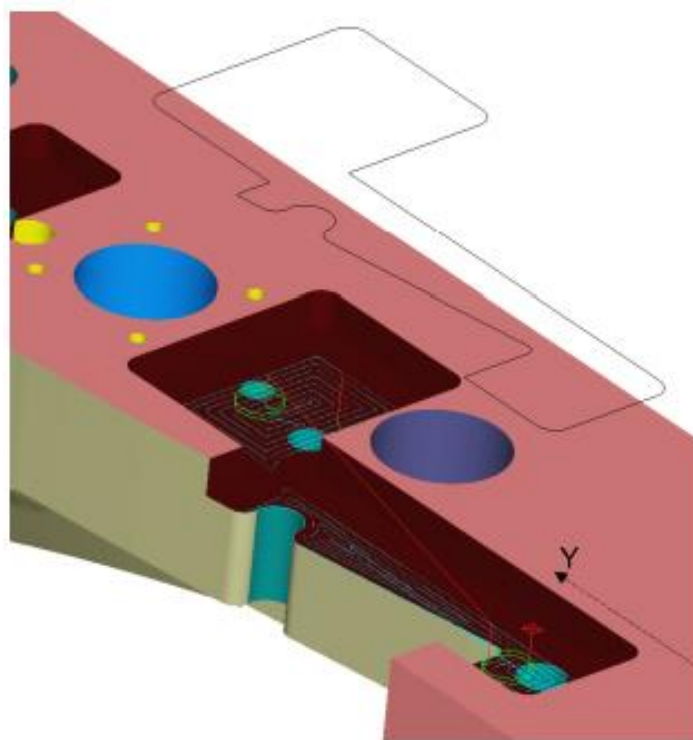
Слика 3.29 Waterline Passes



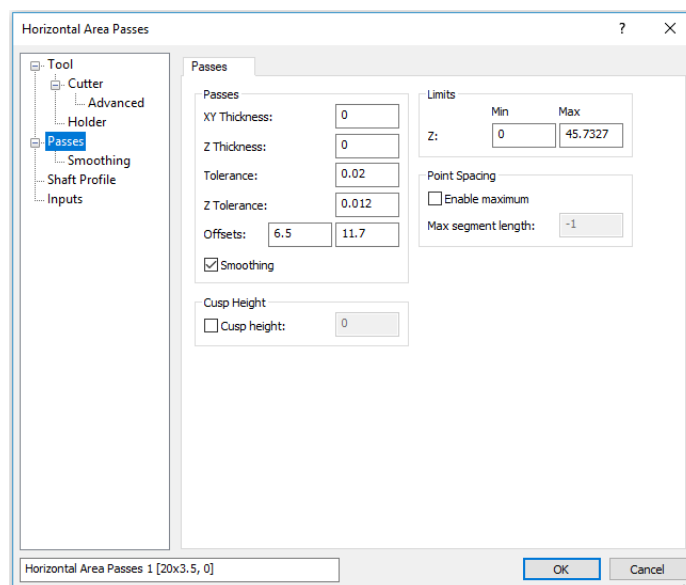
Слика 3.30 Waterline Passes (подешавање)

3.28.3. Horizontal Area Passes

Средства поравнања дна. Изаберемо модел и границу обраде, кликнемо десним кликом и из опадајућег менија бирамо начин обраде "Horizontal Area Passes" (слика 3.31), затим одређујемо параметре алата и параметре обраде. Под параметрима обраде одређујемо Z max и Z min као и код осталих врста обраде. Ако желимо да цело дно обрадимо на меру додатке остављамо на 0 (нулу). На крају повежемо [3].



Слика 3.31 Horizontal Area Passes



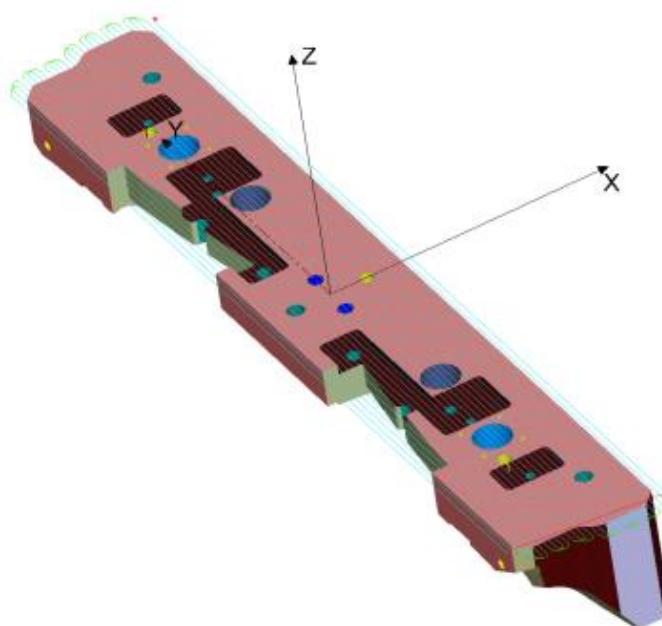
Слика 3.32 Horizontal Area Passes (подешавања)

3.28.4. Raster Passes

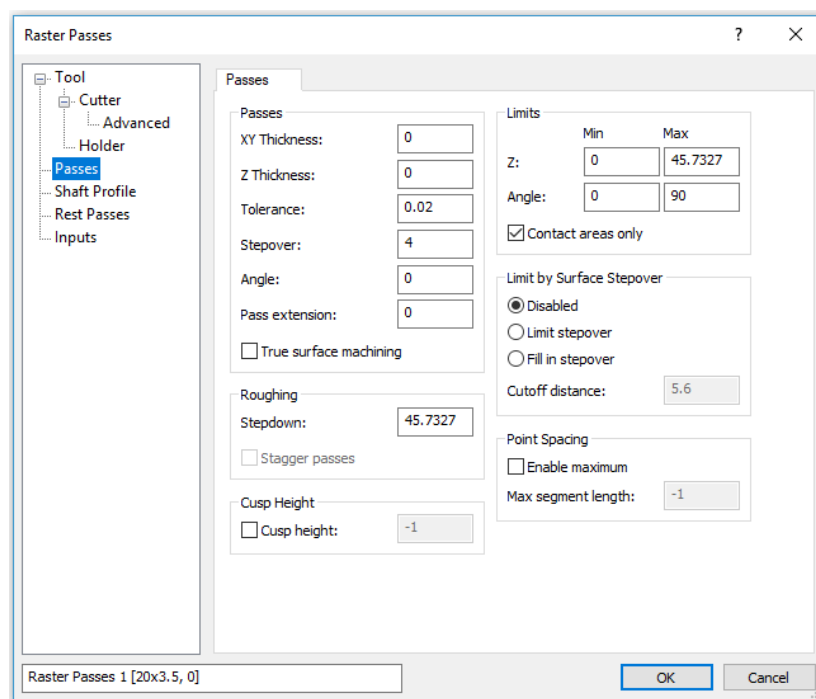
При поравнању направимо површину помоћу команде "Silhouette Boundary" и Offset-ујемо за око половину пречника алата.

Пример: Желимо да поравнамо површину глодалом $\varnothing 25$, offset-ујемо границу за 13 mm. Затим у структурном стаблу изаберемо модел и offset-ујемо границе помоћу команде "Planar Patch", где уписујемо висину на којој желимо да направимо нову површину са датим границама, прихватимо са ОК.

Затим изаберемо површину коју смо направили, Offset-ујемо границе и изаберемо врсту обраде "Raster passes" (слика 3.33), у новоотвореном прозору уписујемо параметре алата и параметаре обраде. Под картицом "Passes" одређујемо "Stepover" (који је мало већи од половине пречника алата) и одређујемо висину под картицом "Limits", Z min и Z max је 0 (нула) (слика 3.34).



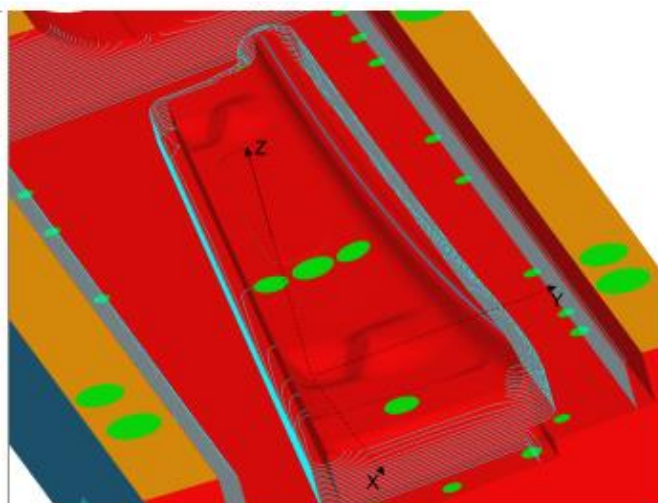
Слика 3.33 Raster Passes



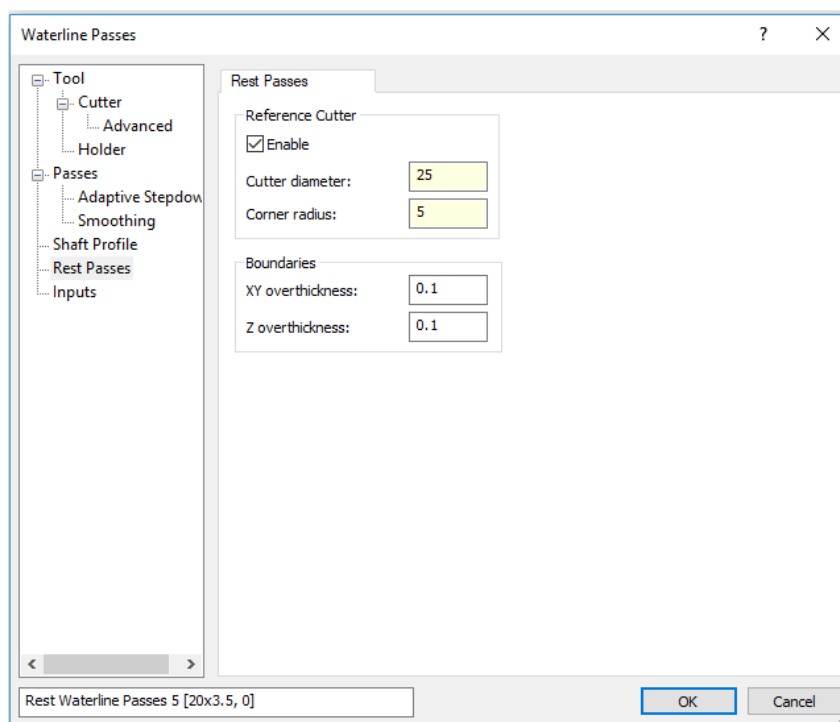
Слика 3.34 Raster Passes (подешавање)

3.28.5. Обрада (уклањање) остатка у радијусу

Претпоставимо да смо обрађивали радни комад глодалом полупречника резне плочице R5, те због тога у угловима остаје остатак који зависи од полупречника (R) алата (у овом случају 5). У следећој обради (слика 3.35) остаци се могу уклонити командом "Rest Passes", тако што изаберемо левим кликом миша команду "Waterline Passes" који смо употребили у ранијој обради, кликнемо десним кликом и из опадајућег менија одаберемо "Properties" (морамо бити пажљиви да при избору програм није већ повезан). У структурном стаблу отварамо картицу "Rest Passes" двоструким левим кликом, отвара нам се нови прозор и под картицом "Tool" уносимо димензије мањег алата са којим ћемо уклонити остатке. Такође у процесу обраде "Rest Passes" под картицом "Reference Cutter" потврдимо "Enable" и упишемо димензије алата са којим смо грубо обрађивали радни комад. У подкартици "Boundaries" уписујемо додатке, ако радимо на меру они су 0 (нула). Када смо одредили алате и параметре програма, програм повежемо (линк).



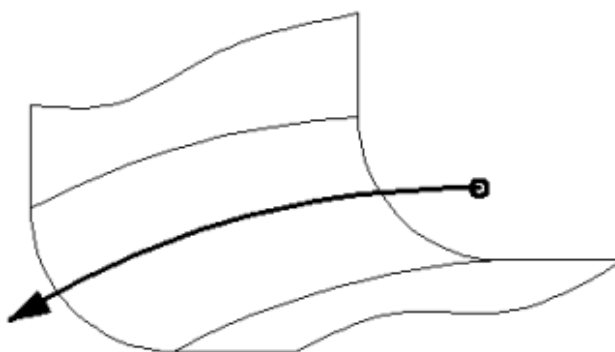
Слика 3.35 Уклањање остатка у радијусу



Слика 3.36 Уклањање остатка у радијусу (подешавање)

3.28.6. Pencil Passes

Начин обраде "Pencil Passes" (слика 3.37) користи се за обраду радијуса, који може бити обрађен са кугличним глодалом истог радијуса као радијуса кој треба да направи, па глодало то може покупити и из само једног пута. Првенствено се користи за равнање већ направљених радијуса. Површине после обраде "Pencil Passes" и степенасте површине код "Parallel Pencil Passes" увек можемо обрадити на мањи радијус командом "Rest passes", али притом морамо користити мање сферно глодало.

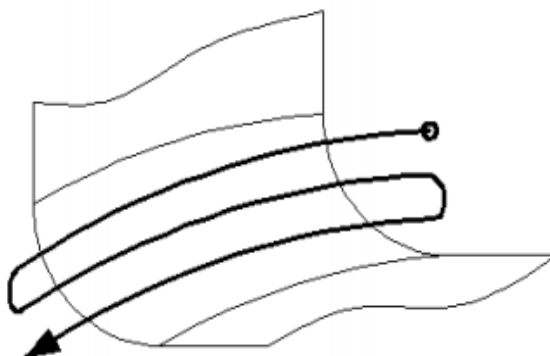


Слика 3.37 Pencil Passes

3.28.7. Parallel Pencil Passes

"Parallel Pencil Passes" (слика 3.38) команда се користи за обрађивање малих радијуса у угловима радног комада, такође може обрађивати са угаоном главом на 3-осној машини, уколико су другачије ти углови недоступни. При избору ове врсте обраде алат прави више пролаза на радијусу, због тога је површина после овакве обраде степенаста, што није лако видљиво оком (за алате који обликују лим то је у реду). Време обраде траје дуже, па се радије треба одлучити за "Pencil Passes" начин обраде. Као и код начина

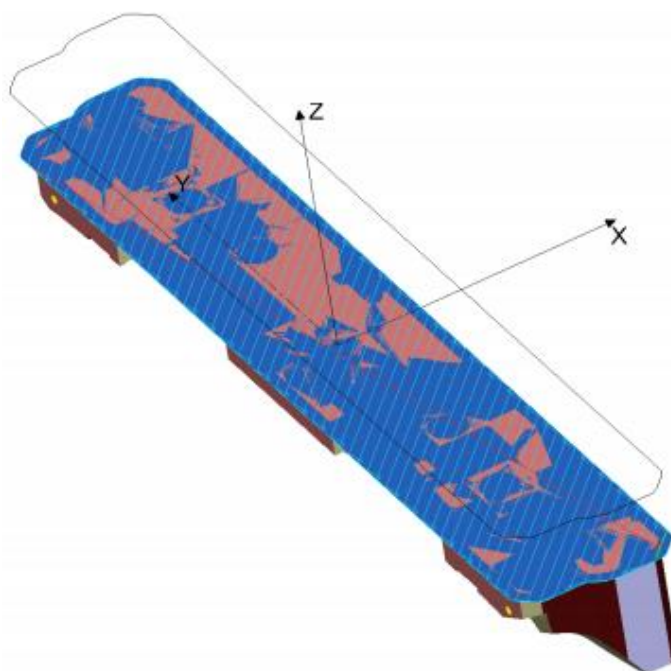
обраде "Waterline", лако можемо обрадити остатке командом "Rest Passes" у самом поступку обраде, само изабирамо мањи алат.



Слика 3.38 Parallel Pencil Passes

3.28.8. Zigzag Roughing Passes

"Zigzag Roughing Passes" (слика 3.39) начин обраде се не користи при обради радних комада у фирми ГОРЕЊЕ МДМ на CNC машинама, јер ако се при неравним и неправилним облицима радног комада израчунава пут алата може доћи до бржег хабања алата. Међутим, ова опција може да се користи за поравњање дна радног комада, приликом цртања правоугаоних облика и граница, и када је потребан дуг радни пут алата.



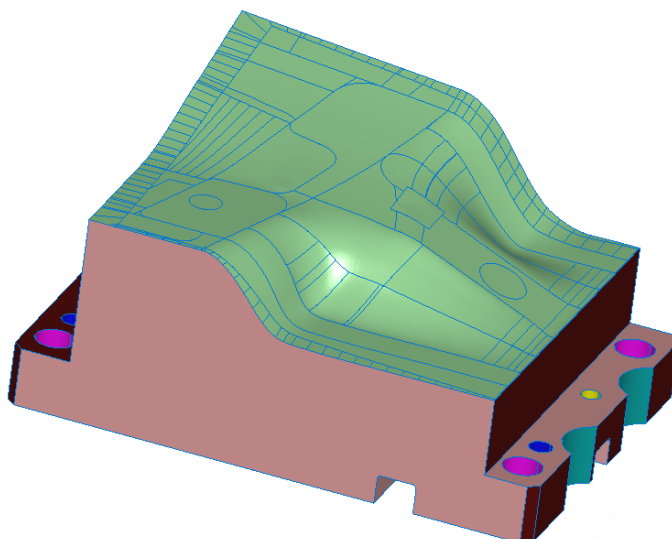
Слика 3.39 Zigzag Roughing Passes

3.29. Обрада пресликаног модела (лика у огледалу)

Ако обрађујемо пресликани модел, пресликамо га и у програму (морамо обратити пажњу да је модел заиста симетричан у односу на неку осу). Програме пресликавамо означавајући и повезане програме и у траци са алатима, изаберемо „Edit“. У падајућем менију који се отвара изаберемо „Transform (Reverse Linking)“. Изаберемо огледало (Mirror), или било које друге операције, ако је по требно.

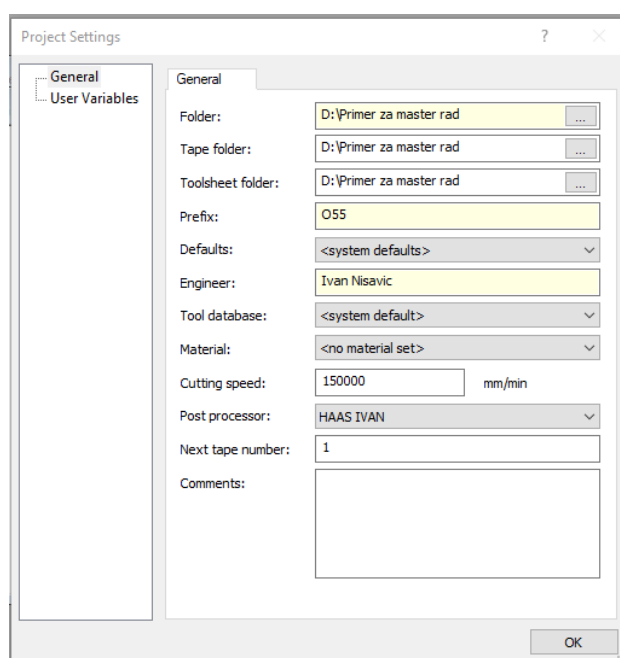
4. Примери програмирања и анализа времена израде дела

Као пример израде комада узета је једна позиција (слика 4.1) из предузећа ГОРЕЊЕ МДМ за коју је у наставку детаљно описано и урађено некилико различитих NC програма и извршена анализа времена потребног за израду дела према тако урађеним програмима.



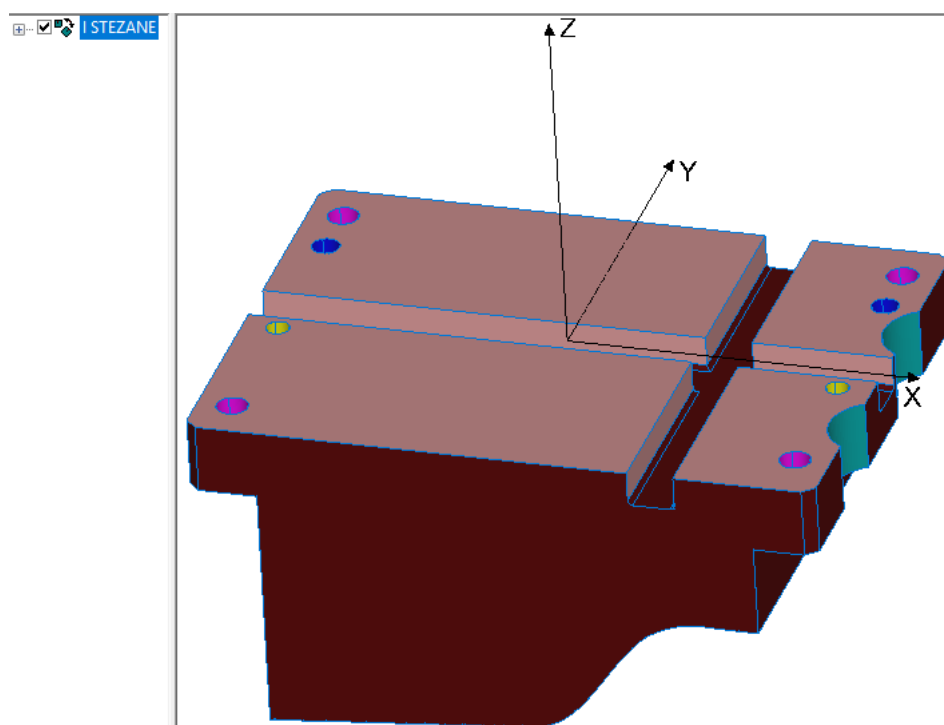
Слика 4.1 Пример позиције за израду NC кода

Први корак при програмирању јесте складиштење односно одабир места чувања документације (слика 4.2), селектовање постпроцесора, уписивање имена програмера и затим се кликне ОК.



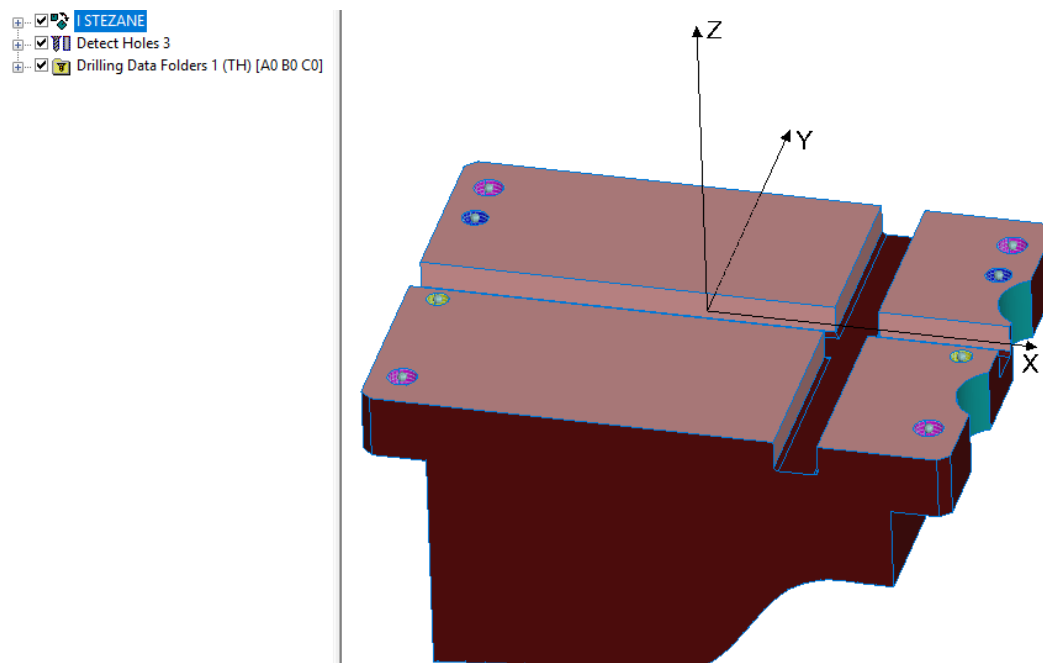
Слика 4.2 Одабир места чувања документације

После одабира места чувања документације прелази се на следећи корак а то је постављање почетка положаја координатног система који у овом случају може да се налази на центру самог комада или у углу. За овај случај бира се да почетак координатног система буде на центру комада. Затим се преименује модел у "I STEZANJE" (слика 4.3).



Слика 4.3 Постављање почетног положаја

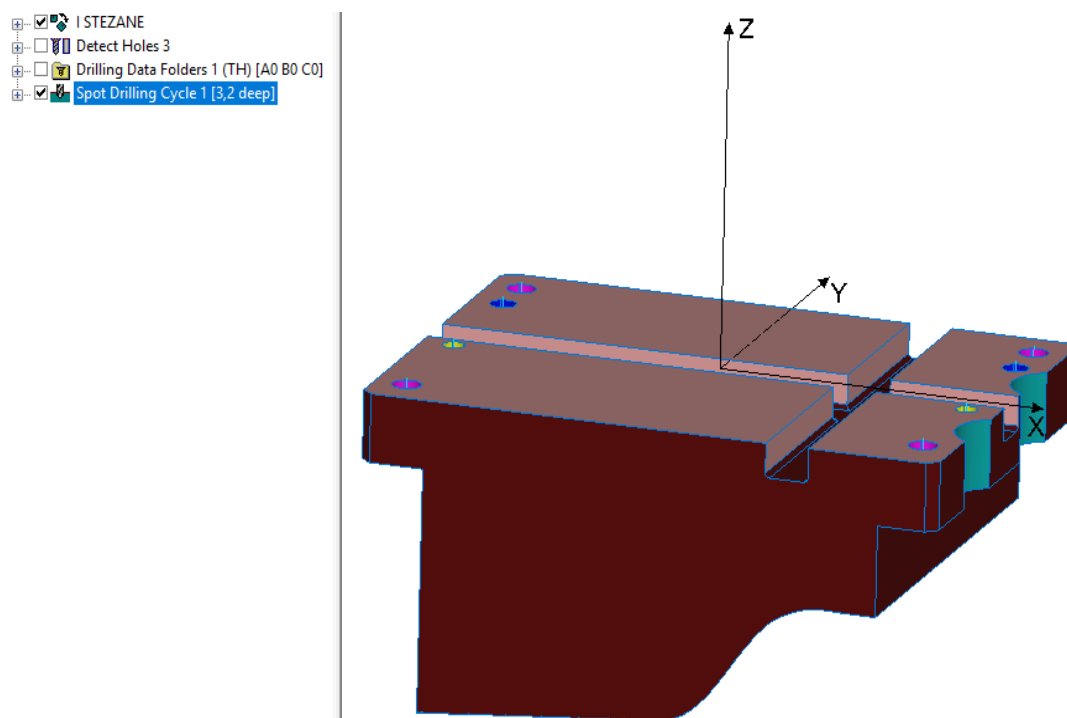
Следећи корак јесте проналажење рупа и забушивање. Да би се то урадило прво се кликне десним кликом миша у стаблу на модел па на „Detect Hole Features“. Десним кликом се иде на „Detect Hole Features“ у стаблу модела па на „Create Drilling Datta Folder“, бира се [A0 B0 C0] затим се кликне на ОК. Када је то готово софтвер ће препознати све рупе на моделу (слика 4.4).



Слика 4.4 Проналажење рупа

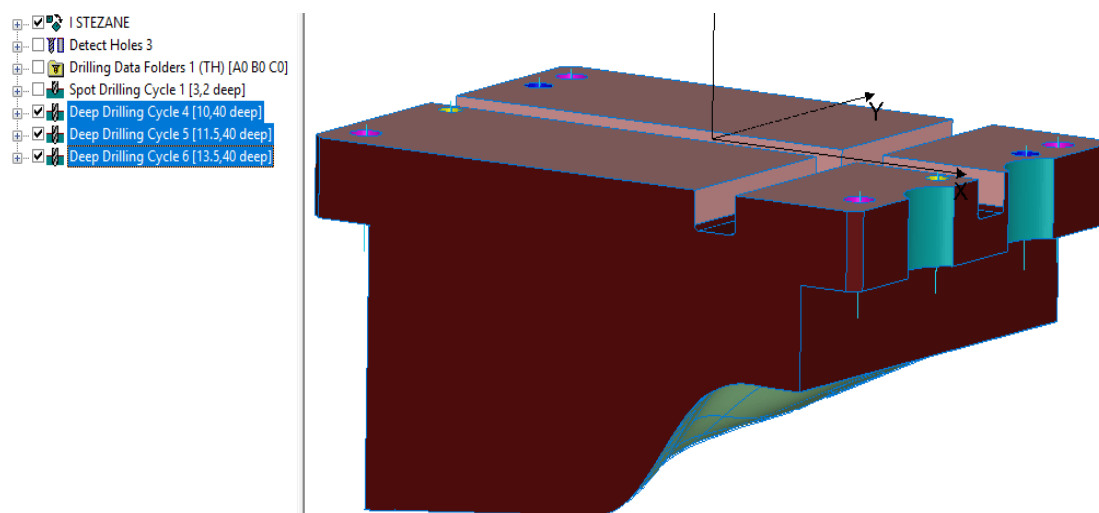
Даље се бирају рупе које желимо да забушимо (у овом случају бирају се све рупе). Десним кликом на „Drilling Data Folders“ бира се команда „Spot Drilling“. Отвара се прозор где се у картици „Tool“ за „Drill diameter“ уноси вредност 3, затим у картици „Cycle“ за „Setup Clearance“ се уноси вредност 3 односно забушивање ће почети 3mm од

површине и за „Depth” се уноси вредност 2 тј. дубуна забушивања ће бити 2mm, чекира се „Start drilling at 0” и „Measure depth from plane” затим се кликне на ОК (слика 4.5).



Слика 4.5 Забушивање

Следећи корак је бушење. За бушење је иста процедура као и за забушивање само што се уместо „Spot Drilling” користи команда „Deep Drilling”. Такође треба водити рачуна на боје којима су означене рупе. Рупе означене розе бојом раде се на меру, плава боја означава толеровану рупу и она се ради за 0.5 mm мања него што она заправо јесте, а жута боја представља рупе на којима се нарезује навој ручно или машински. У нашем случају розе рупе се буше бургојом $\varnothing 13.5$, плаве рупе су $\varnothing 12$ H7, оне ће бити бушене бургијом $\varnothing 11.5$ а жуте престављају навој M12 и бушиће се са бургијом $\varnothing 10$. Све рупе се раде на дубуну од 40 mm јер нема потребе више из разлога што ће имати и друго стезање и те рупе ће „прогледати” након уклањања вишка материјала са друге стране (слика 4.6).

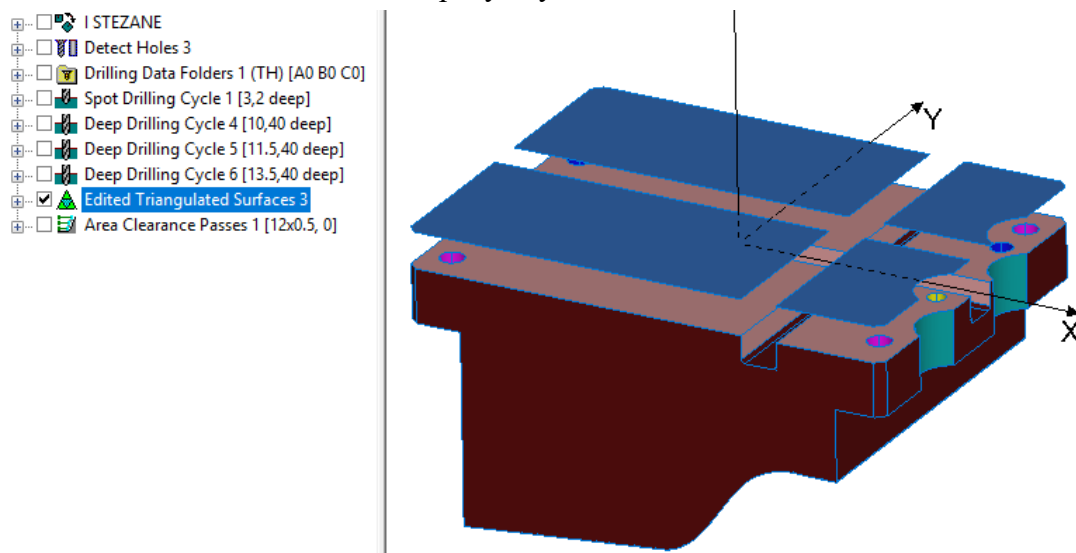


Слика 4.6 Бушење

Када је завршено са бушењем и коришћењем бургија прелази се на уклањање вишка материјала са доње стране комада. Прво се ради програм за жлебове на средини комада

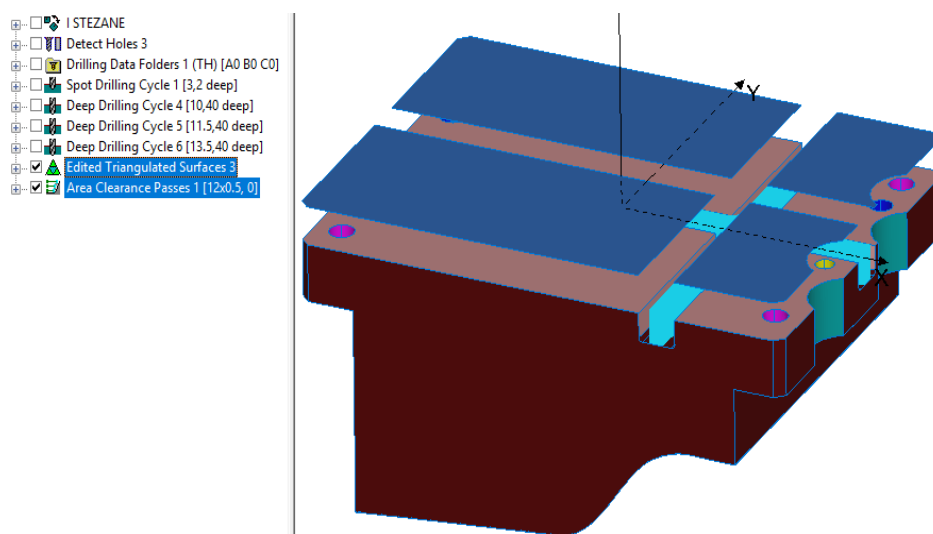
глодалом $\varnothing 12$ R0.5 а затим још један програм за радијус са десне стране са носачем $\varnothing 16$ R4.

Прво што се ради јесте да се штите површине по којима не желимо да се глодало креће. То се ради када се обележе те површине и кликне се десним кликом миша на њих и бира се „Silhouette Boundary“ затим се кликне на ту границу па на „Planar Patch“ (слика 4.7) и подиже се на нешто више од 10 mm само да не буде раван са површином. Када се добије „Planar Patch“ само се модел превуче у њега.



Слика 4.7 Заштићене површине

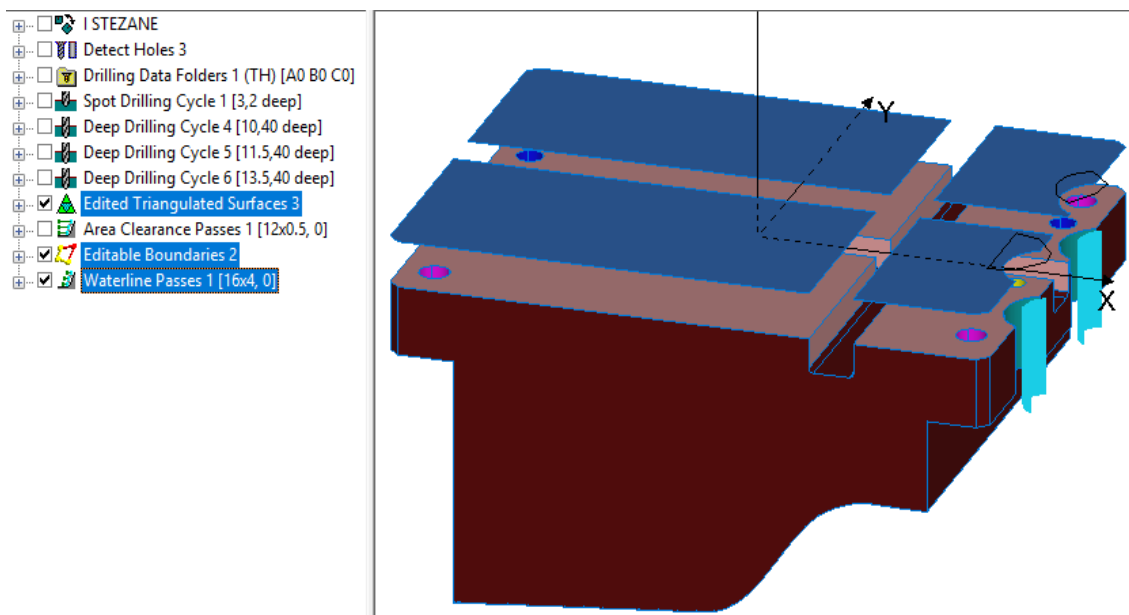
Даље се обележавају жлебови које желимо да обрадимо и иде се десни клик и бира се „Silhouette Boundary“ да би се приказала граница кретања глодала. Затим се обележава модел и граница заједно па се десним кликом бира команда „Area Clearance Passes“ (слика 4.8), за пречник глодала се узима $\varnothing 12$ а у „Corner radiјus“ се уписује 0.5 што представља радијус на врху глодала. „Stepdown“ односно пропадање глодала по сваком пролазу се ставља 0,2mm. У „Z max“ се уписује 3 mm што указује да ће глодало кренути да обрађује 3mm изнад површине из безбедносних разлога. Чекира се „Adaptive Stepdown“ а затим на ОК.



Слика 4.8 Обрада жлебова

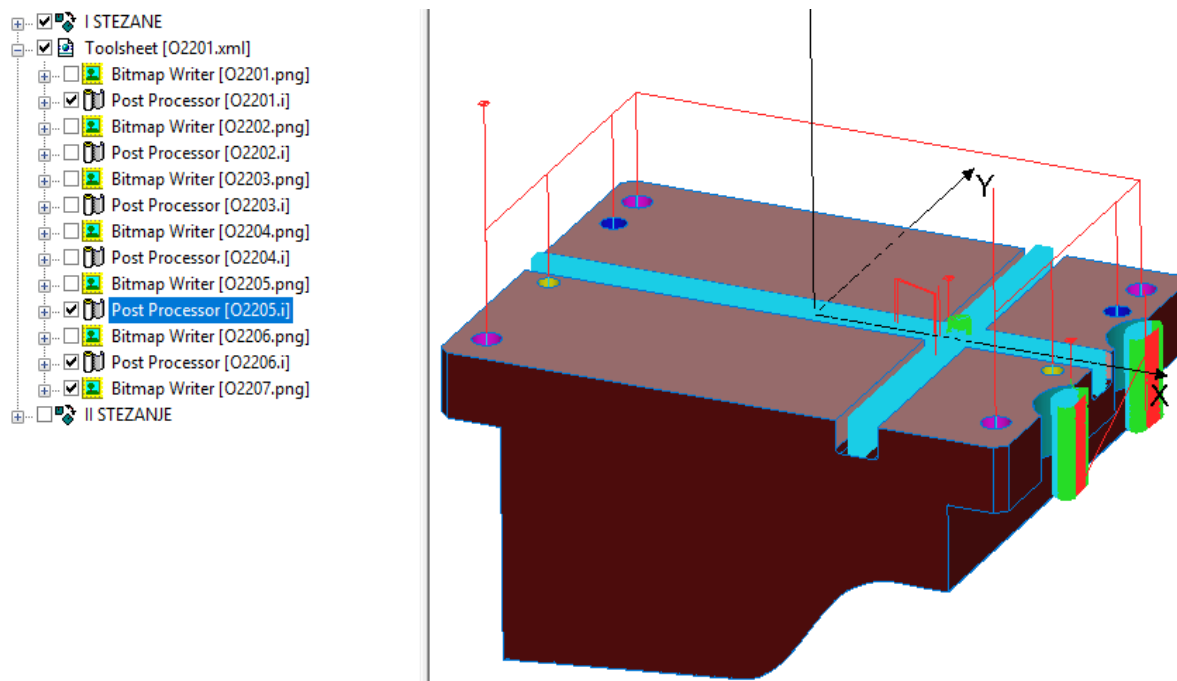
Вишак материјала са десне стране комада уклања се резним алатом $\varnothing 16$ R4 користећи исти модел са заштићеним површинама као у претходном примеру али са другачијим

границама кретања алата које су ручно нацртане (слика 4.9), такође за ову обраду је лакше користити команду „Waterline”.



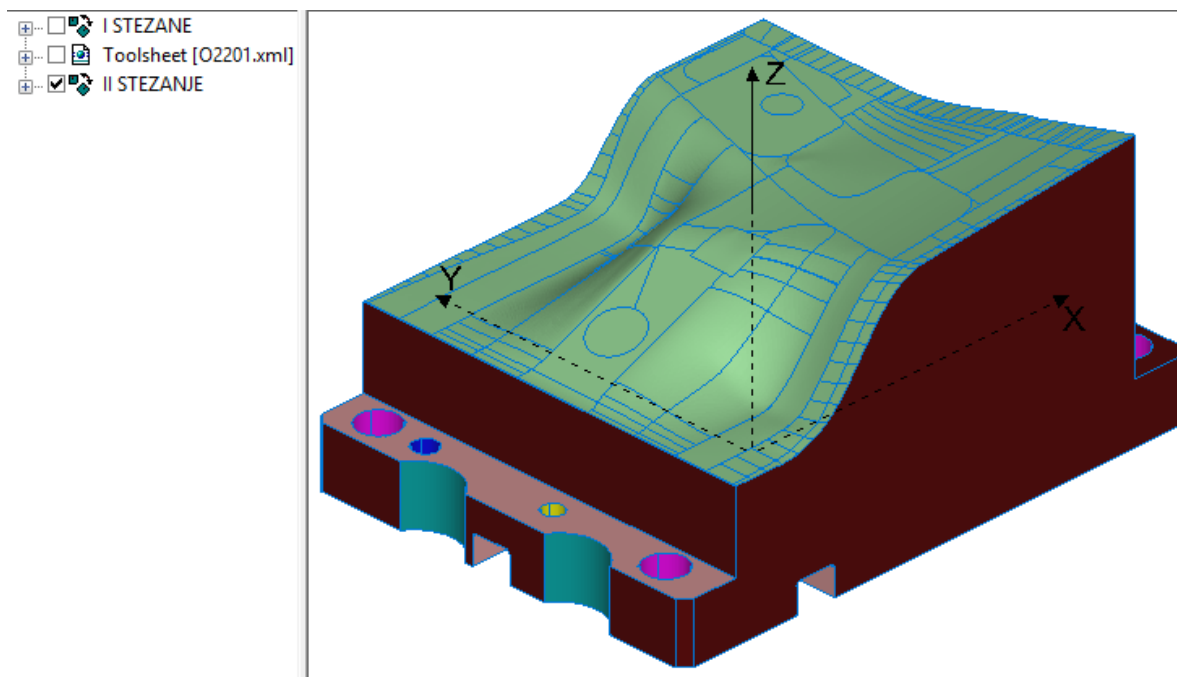
Слика 4.9 Уклањање вишка материјала са десне стране комада

На крају све што је непотребно у стаблу се брише и остављају се само команде које обрађују комад ради боље прегледности. Десни клик на све програме појединачно и „Link“-ујемо их. Одмах после тога ће се приказати путање алата односно у овом случају путање бургија и глодала (слика 4.10). После линковања куцају се параметри обраде за сваки програм појединачно и постпроцесују се.



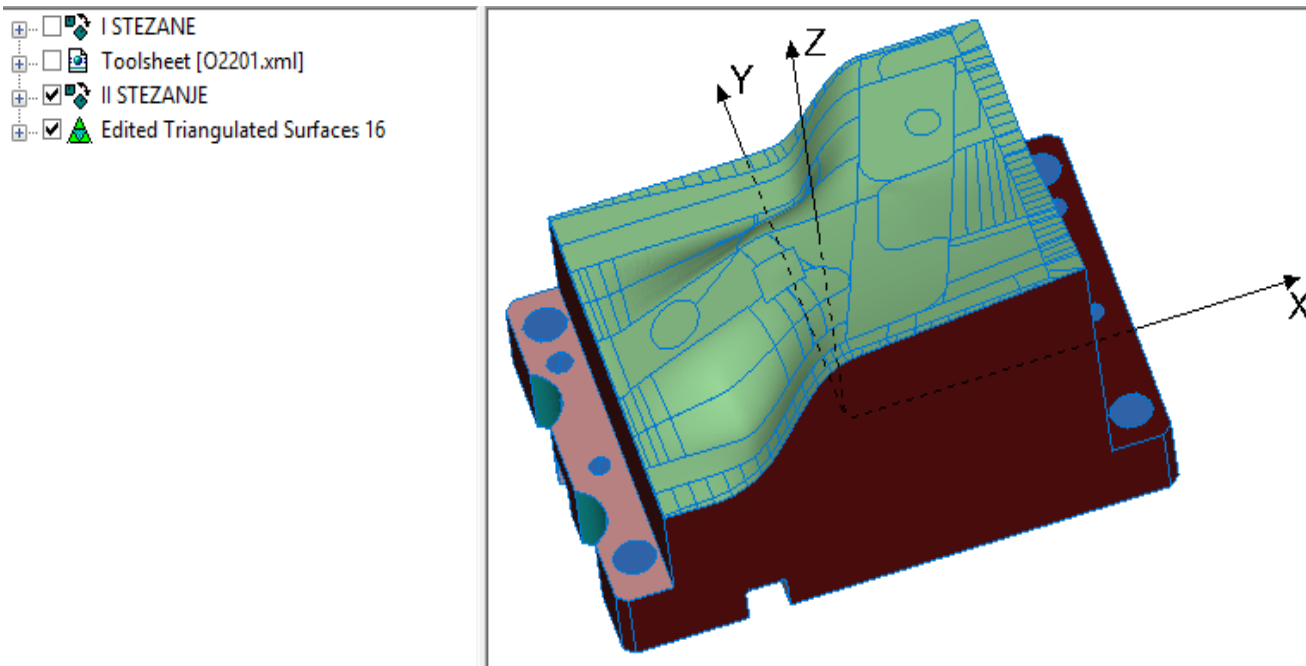
Слика 4.10 Путање алата коришћених у првом стезању

Да би се направили програми за другу страну комада, неопходно је окренути комад за 180° по Y оси (слика 4.11). Када се то уради преименује се комад у „II STEZANJE”. Сада треба водити рачуна о висини припрема пошто се сада почетак координатног система налази на доњој површини.



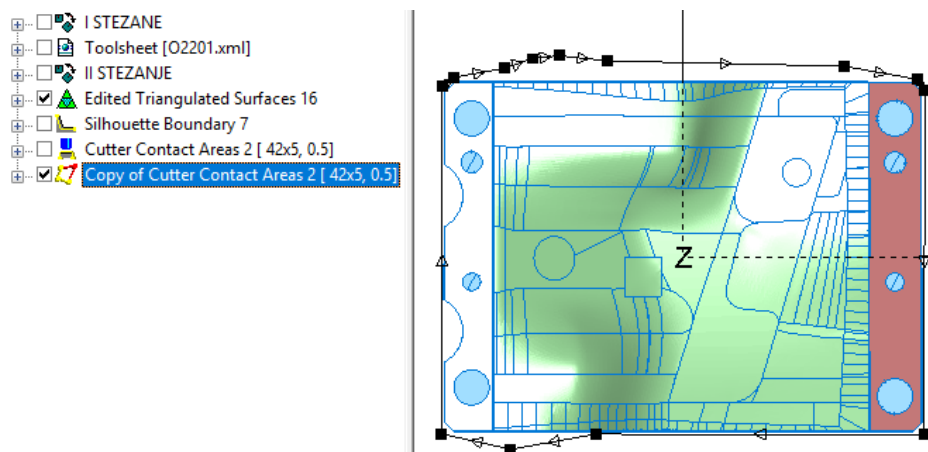
Слика 4.11 Друго стезање

Код другог стезања прво што се ради јесте да се затворе рупе на моделу како глодало не би њих обрађивало (слика 4.12). Рупе са ове стране се накнадно обрађују када се уклони вишак материјала. Да би се затвориле рупе користи се команда „Cap Holes“.



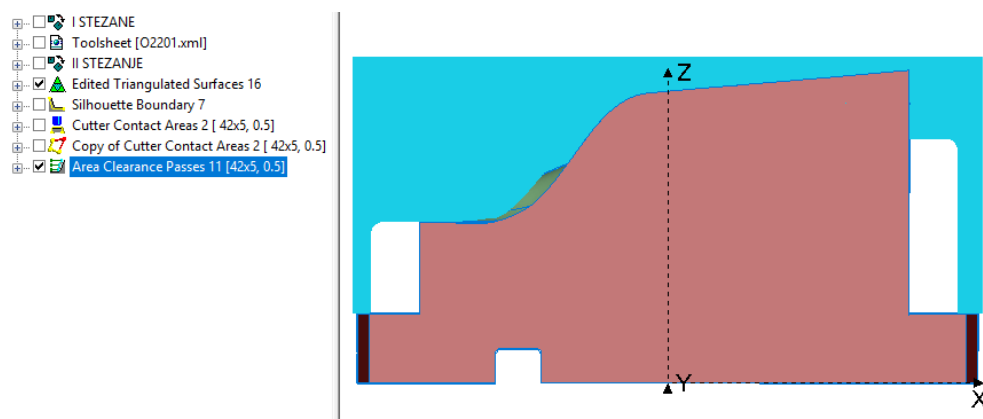
Слика 4.12 Затворен модел

Сада кад је модел спреман за обраду бира се алат којим ће се обрађивати. У нашем случају користиће се више алата. За почетак треба да се одреди граница по којој ће се алат кретати. Да би се одредила граница селекује се модел и иде се десним кликом на „Silhouette Boundary“. Када се то уради, кликне се на модел и границу и иде се „Cutter Contact Areas“. Ту се бира алат $\varnothing 42$ R5, у картици „boundaries“ за x, y i z thickness уписује се 0,5 односно све површине ће бити обрађене +0.5 до мере. Када се притисне ОК рачунар ће сам да прорачуна границу за изабрани алат која се мало и ручно коригује.



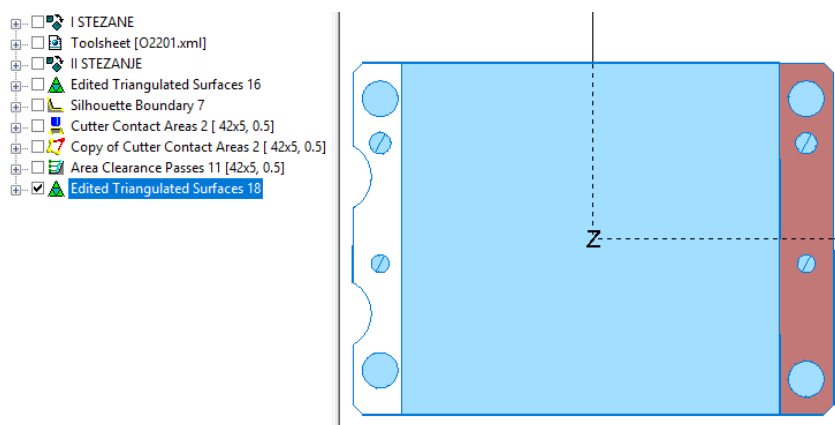
Слика 4.13 Граница обраде за алат $\varnothing 42\text{ R5}$

Када је коригована граница онда се иде на команду “Area Clearance“, такође се бира резни алат $\varnothing 42\text{ R5}$ и за x и z thickness се уписује 0,5. Овде највише треба водити рачуна са које висине ће програм почети да ради тако да обавезно треба премерити висину комада. У нашем случају највиша тачка 3D модела јесте 136.5 mm, припремак је висине 140 mm тако да ће за наш случај први пролаз програма бити на висини од 142 mm што је за 2 mm више од висине припремка из сигурносних разлога (слика 4.14).



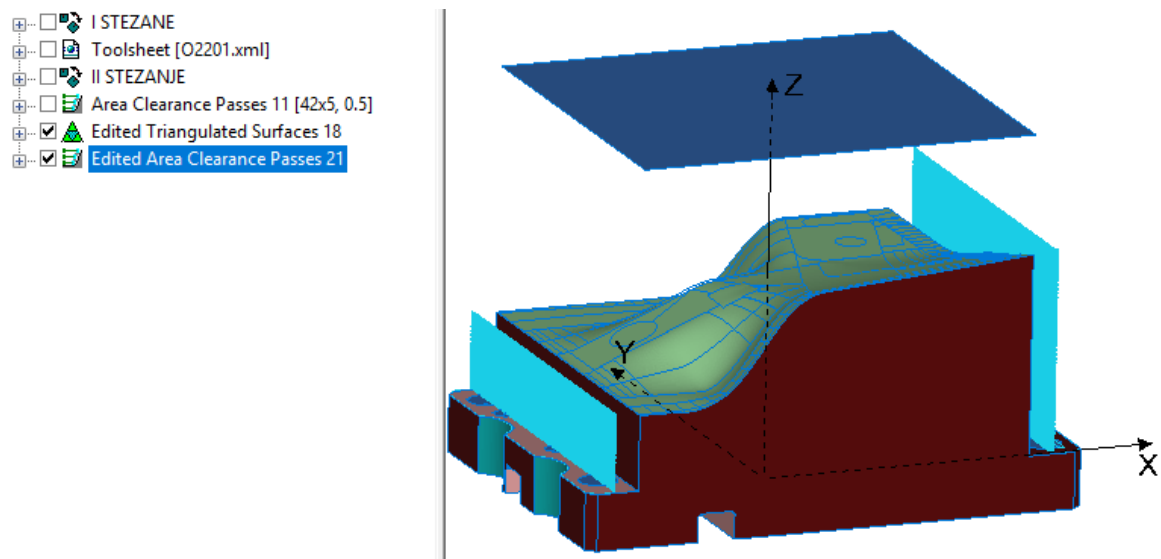
Слика 4.14 Уклањање вишка материја са горње стране комада

Пошто је на моделу најважнија зелена боја, она се селекује и заштити како би се обрадиле све површине са стране на нулу и рупе. Да би се то извело користи се команда „Planar Patch“ за заштиту површина и резни алат $\varnothing 25\text{ R5}$. Модел ће тада игледати као на слици 4.15.



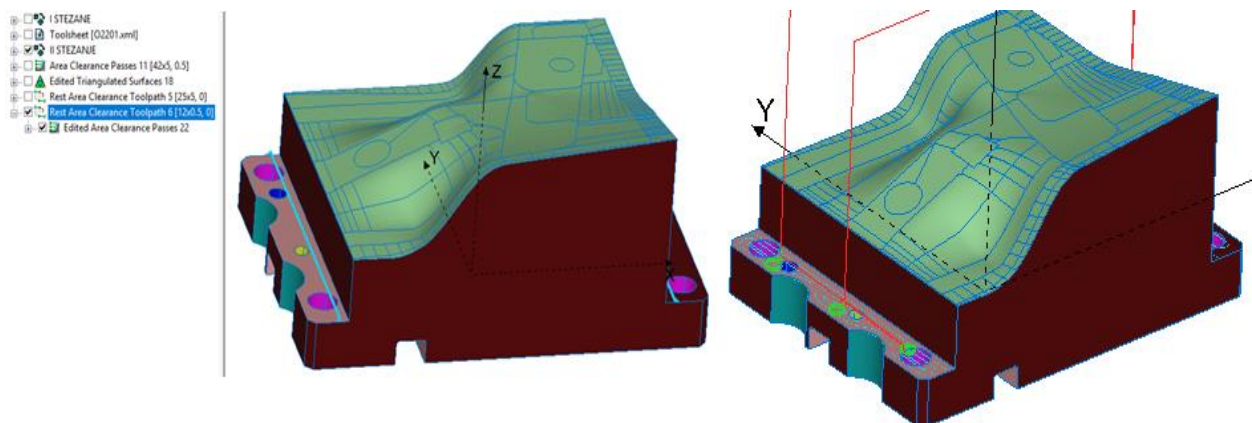
Слика 4.15 Обрада површина са леве и десне стране комада

Након заштићене најбитније површине на комаду једноставно се обележе површине које желимо да обрадимо, направи се граница и обраде се овога пута на меру без остављања додатака (слика 4.16).



Слика 4.16 Обрада површина са стране

После обраде резним алатом $\varnothing 25$ R5 праве се радијуси R5. Како је нама на претходној површини направљен радијус R5 потребно га је уклонити неким равним глодалом. У нашем случају користићемо глодало $\varnothing 12$ R0.5 ради уклањања непотребног радијуса. Такође када се већ бира глодало $\varnothing 12$ R0.5 искотистиће се и за додатно поравнавање површина командом „Horizontal Passes” (слика 4.17).

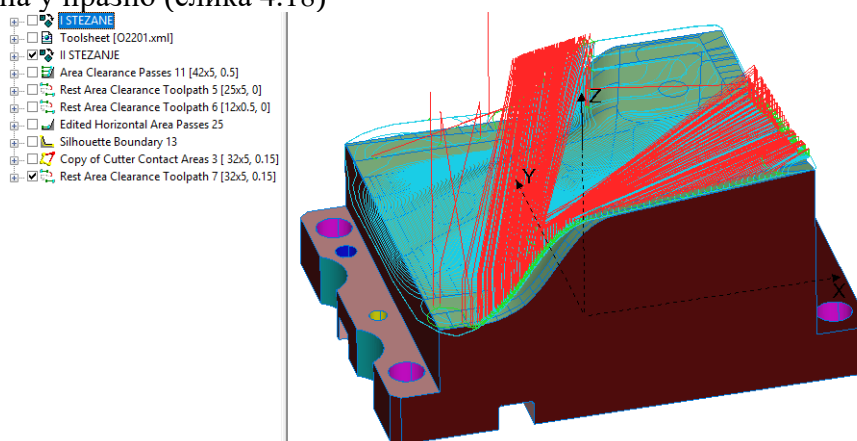


Слика 4.17 Уклањање радијуса и поравнавање површина

Кључна ствар код овог комада је зелена површина. Она представља 3D форму и у већини случајева мора бити најфиније обрађена. Први корак при њеној обради јесте да се она доведе на $+0,15$ mm до мере. То се ради резним алатом $\varnothing 32$ R5 за који ће претходно бити направљене границе кретања алата као и прошли пут за алат $\varnothing 42$ R5. Након тога следи завршна обрада кугличним глодалом.

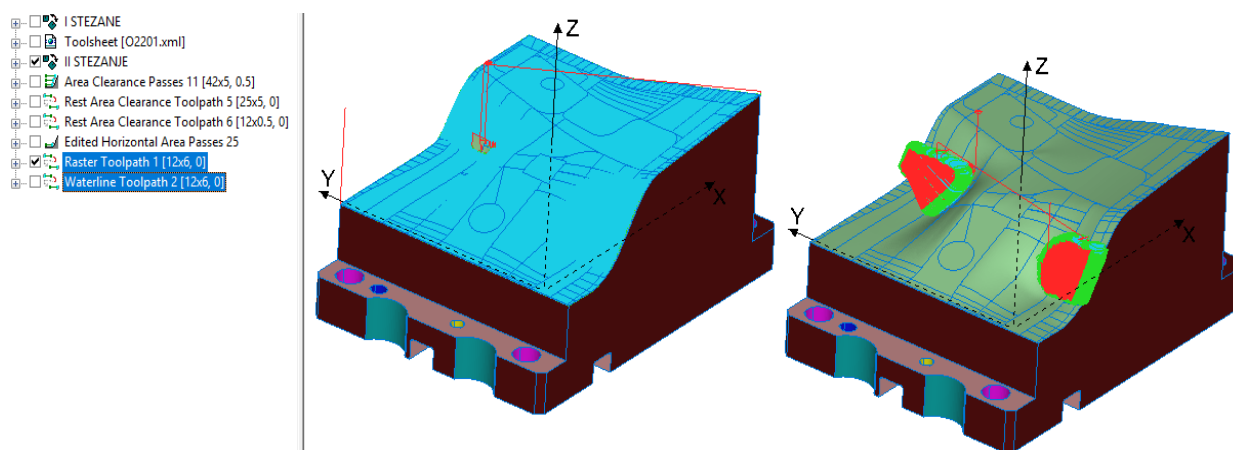
За креирање границе селектују се зелене површине и иде се десним кликом на „Silhouette Boundary“. Када се то уради кликне се на модел и на границу и иде се десни клик на „Cutter Contact Areas“, изабере се алата да буде $\varnothing 32$ R5 и у thickness се уписује вредност 0.15 како би се оставило веома мало додатак за завршну обраду куглишним глодалом. После ручог кориговања границе кликне се на границу и на модел, затим десним кликом се бира команда „Area Clearance Passes“, остављају се додаци 0,15 mm за

завршну обраду. Наравно програм се едитује да крене од 0.5mm до мере да не би радио већину времена у празно (слика 4.18)



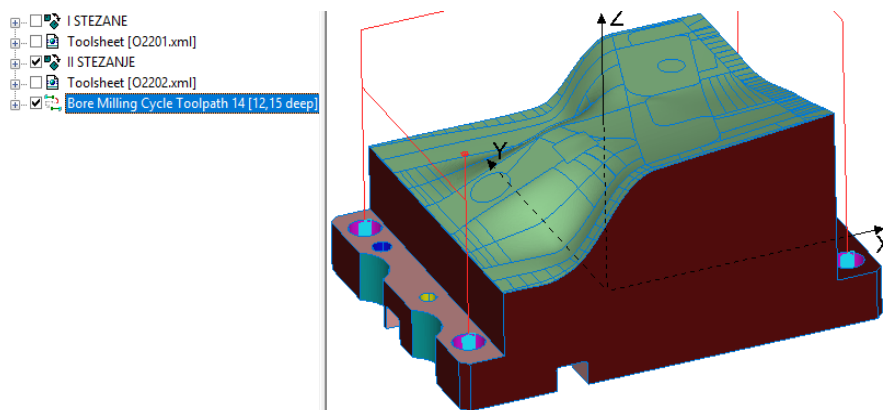
Слика 4.18 Довођење површине пред завршну фазу

Након тог програма следи завршни програм фине обраде за који ће се користити куглично глодало $\varnothing 12$ R6. За креирање завршног програма иде исти поступак као и са претходним програмом само што се у овом случају не остављају додаци већ се све ради на меру. Такође команда која се користи за завршно обликовање је „Raster Passes” који фино обрађује површине од 0° до 60° и „Waterline” који обрађује површине од 50° до 90° (слика 4.19).



Слика 4.19 Завршна обрада командом Raster и Waterline

На крају остаје да се прошире рупе које су урађене у првом стежању. У овом случају користиће се команда „Bore Milling” за проширивање рупа на комаду (слика 4.20).

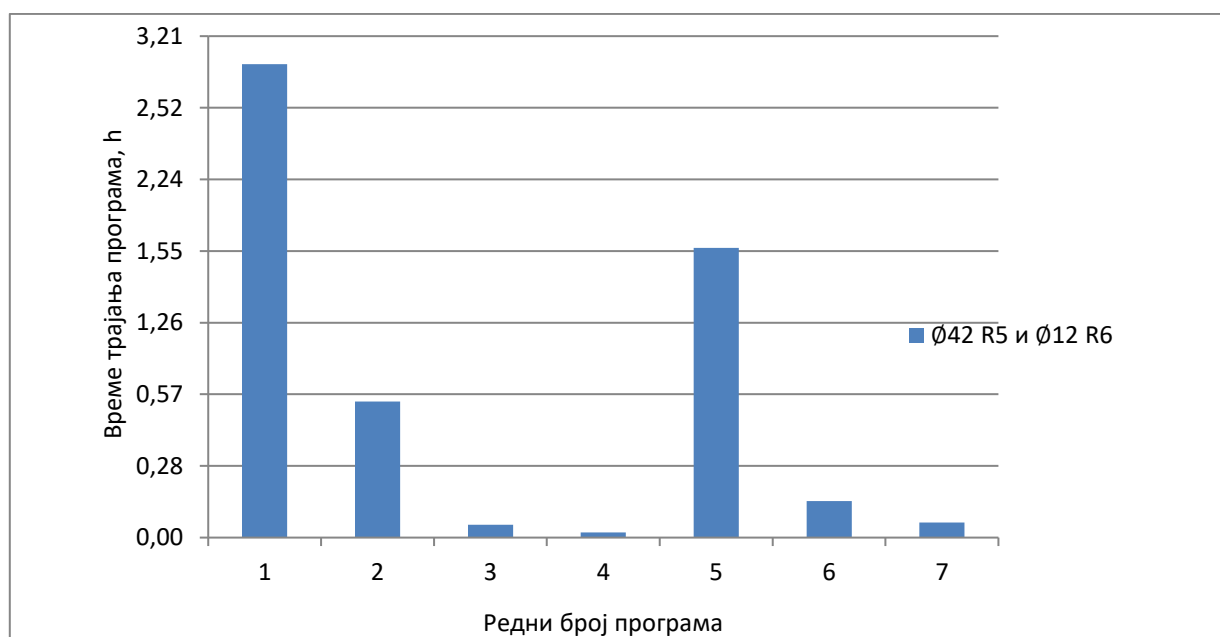


Слика 4.20 Проширивање рупа командом Bore Milling

После направљених свих програма креира се листа програма на којој пише свака операција која је рађена на комаду за друго стезање. Листа се креира тако што се селекују сви програми и иде се десни клик на „Toolsheet“ затим програм нуди три врсте различитих листа од којих бирамо једну а то је „Classic Toolsheet“ (слика 4.21).

Op No.	Name	Strategy	Tool No.	Tool	Thickness	Spindle speed	Feedrate		Coolant	Min Z	Tapefile	Toolpath length	Estimated Time
							Rapid	Cutting					
1	Area Clearance Toolpath 9 [42x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	42x 5	0.15	1400	8000	3500	Off	30.169	O2207.i	672511.436	03:10:24
2	Rest Area Clearance Toolpath 5 [25x5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	25x 5	0	2500	8000	2500	Off	30.005	O2208.i	204560.406	00:54:44
3	Rest Area Clearance Toolpath 6 [12x0.5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30.005	O2209.i	11014.342	00:05:08
4	Horizontal Area Toolpath 1 [12x0.5, 0]	Horizontal Area Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30	O2210.i	3422.417	00:02:04
5	Raster Toolpath 1 [12x6, 0]	Raster Toolpath	1	12x 6	0	6000	8000	2500	Off	69.502	O2211.i	291399.799	01:56:26
6	Waterline Toolpath 2 [12x6, 0]	Waterline Toolpath	1	12x 6	0	6000	8000	2500	Off	73.268	O2212.i	46245.565	00:14:41
7	Bore Milling Cycle Toolpath 14 [12,15 deep]	Bore Milling Cycle Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	15	O2213.i	8583.315	00:06:04
Total time													06:29:31

Слика 4.21 Листа програма за друго стезање са алатом Ø42 R5 и Ø12 R6

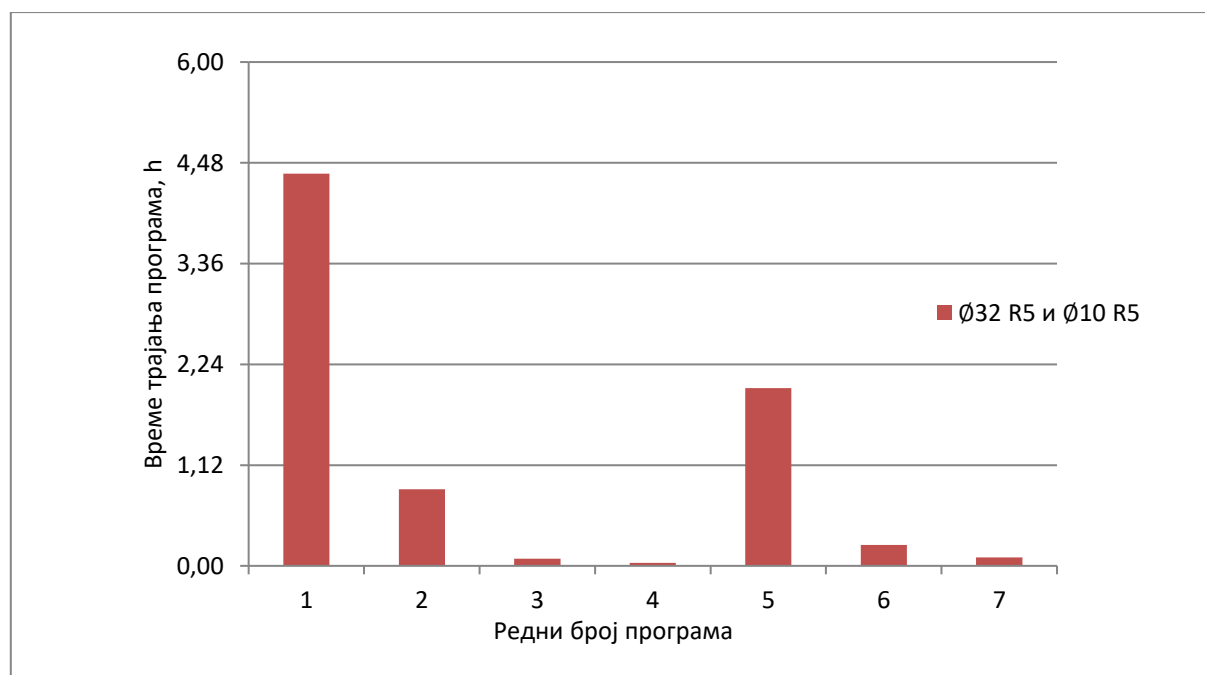


Слика 4.22 Шематски приказ односа времена трајања програма и редног броја програма код другог стезања са алатом Ø42 R5 и Ø12 R6

У наставку се за друго стезање праве још два програма где ће уместо резног алата Ø42 R5 за ослобођење површина бити коришћен Ø32 R5 (слика 4.23) а затим још један где ће се користити резни алат Ø25 R5 (слика 4.25). Такође ће се за завршни програм где је коришћено куглично глодало Ø12 R6 бити направљена још два програма где ће се користити куглично глодало Ø10 R5 а затим Ø8 R4 и упоредити времена израде. Резултати мерења биће приказани графички.

Op No.	Name	Strategy	Tool No.	Tool	Thickness	Spindle speed	Feedrate		Coolant	Min Z	Tapefile	Toolpath length	Estimated Time
							Rapid	Cutting					
1	Area Clearance Toolpath 10 [32x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	32x 5	0.15	1800	8000	3000	Off	30.169	02215.i	842758.844	04:40:17
2	Rest Area Clearance Toolpath 5 [25x5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	25x 5	0	2500	8000	2500	Off	30.005	02208.i	204560.406	00:54:44
3	Rest Area Clearance Toolpath 6 [12x0.5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30.005	02209.i	11014.342	00:05:08
4	Horizontal Area Toolpath 1 [12x0.5, 0]	Horizontal Area Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30	02210.i	3422.417	00:02:04
5	Raster Toolpath 2 [10x5, 0]	Raster Toolpath	1	10x 5	0	6500	8000	2300	Off	69.505	02217.i	292859.854	02:07:04
6	Waterline Toolpath 3 [10x5, 0]	Waterline Toolpath	1	10x 5	0	6500	8000	2300	Off	73.559	02218.i	44308.87	00:14:53
7	Bore Milling Cycle Toolpath 14 [12,15 deep]	Bore Milling Cycle Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	15	02213.i	8583.315	00:06:04
Total time													08:10:15

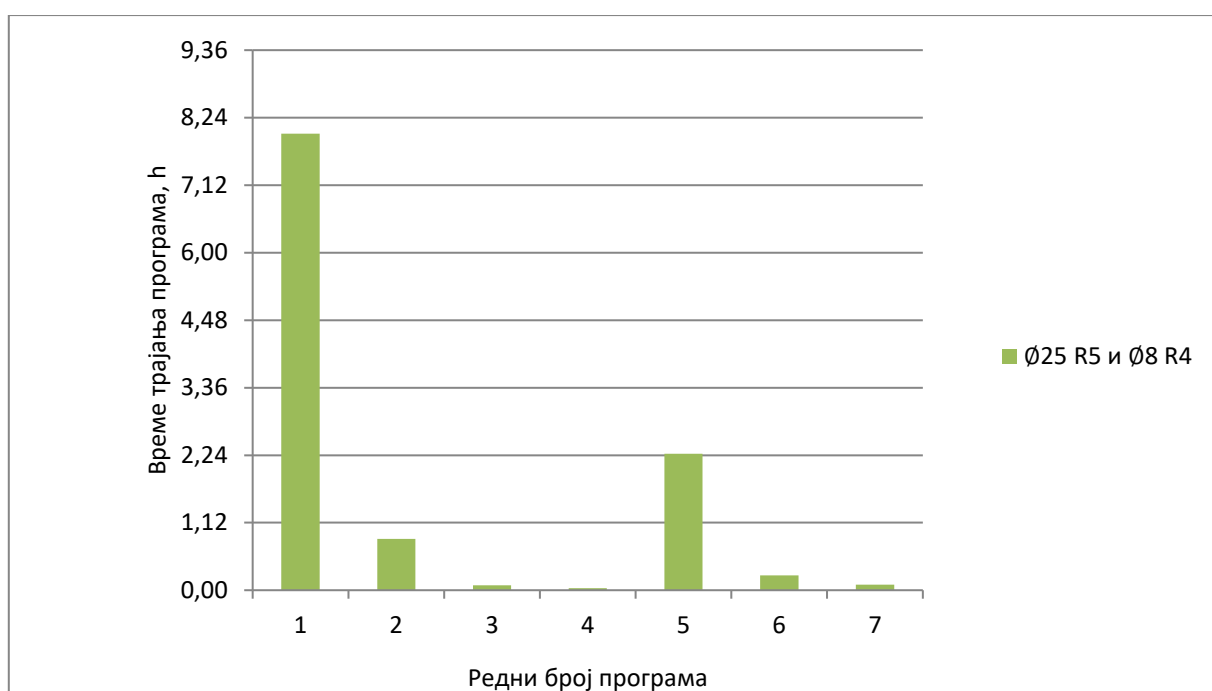
Слика 4.23 Листа програма за друго стезање са алатом Ø32 R5 и Ø10 R5



Слика 4.24 Шематски приказ односа времена трајања програма и редног броја програма код другог стезања са алатом Ø32 R5 и Ø10 R5

Op No.	Name	Strategy	Tool No.	Tool	Thickness	Spindle speed	Feedrate		Coolant	Min Z	Tapefile	Toolpath length	Estimated Time
							Rapid	Cutting					
1	Area Clearance Toolpath 11 [25x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	25x 5	0.15	2500	8000	2500	Off	30.177	Q2216.i	1219611.615	08:06:49
2	Rest Area Clearance Toolpath 5 [25x5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	25x 5	0	2500	8000	2500	Off	30.005	Q2208.i	204560.406	00:54:44
3	Rest Area Clearance Toolpath 6 [12x0.5, 0]	Area Clearance Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30.005	Q2209.i	11014.342	00:05:08
4	Horizontal Area Toolpath 1 [12x0.5, 0]	Horizontal Area Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	30	Q2210.i	3422.417	00:02:04
5	Raster Toolpath 3 [8x4, 0]	Raster Toolpath	1	8x 4	0	7500	8000	2000	Off	69.503	Q2219.i	291304.967	02:25:28
6	Waterline Toolpath 4 [8x4, 0]	Waterline Toolpath	1	8x 4	0	7500	8000	2000	Off	73.988	Q2220.i	42219.428	00:15:48
7	Bore Milling Cycle Toolpath 14 [12,15 deep]	Bore Milling Cycle Toolpath	1	12x 0.5	0	2000	8000	1200	Off	15	Q2213.i	8583.315	00:06:04
												Total time	11:56:06

Слика 4.25 Листа програма за друго стезање са алатом Ø25 R5 и Ø8 R4



Слика 4.26 Шематски приказ односа времена трајања програма и редног броја програма код другог стезања са алатом Ø25 R5 и Ø8 R4

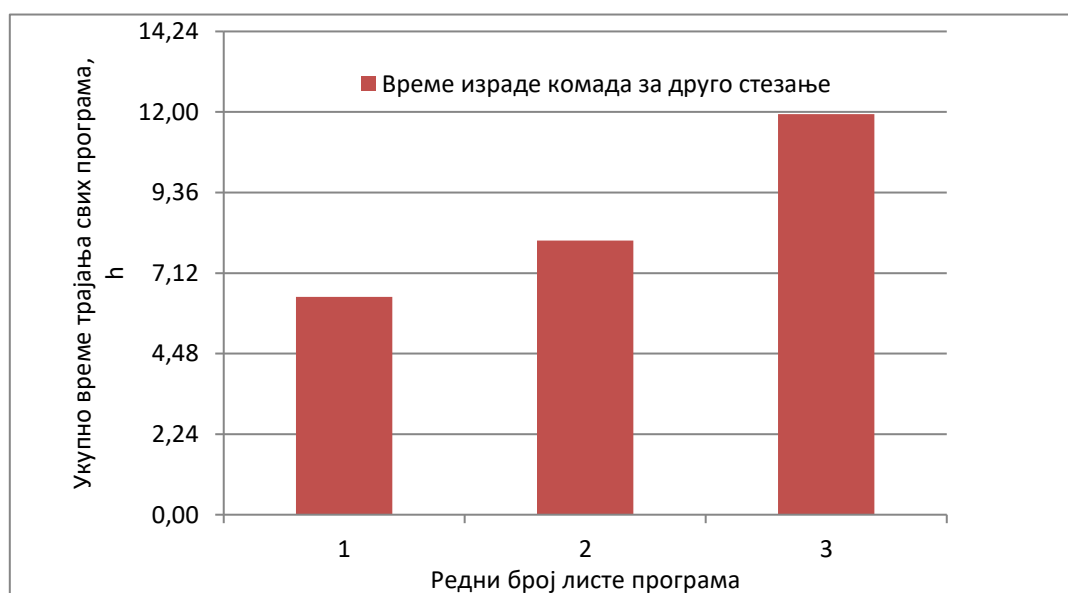
Op No.	Name	Strategy	Tool No.	Tool	Thickness	Spindle speed	Feedrate		Coolant	Min Z	Tapefile	Toolpath length	Estimated Time
							Rapid	Cutting					
1	Area Clearance Toolpath 9 [42x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	42x5	0.15	1400	8000	3500	Off	30.169	02207.i	672511.436	03:10:24
2	Area Clearance Toolpath 10 [32x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	32x5	0.15	1800	8000	3000	Off	30.169	02215.i	842758.844	04:40:17
3	Area Clearance Toolpath 11 [25x5, 0.15]	Area Clearance Toolpath	1	25x5	0.15	2500	8000	2500	Off	30.177	02216.i	1219611.615	08:06:49
4	Raster Toolpath 1 [12x6, 0]	Raster Toolpath	1	12x6	0	6000	8000	2500	Off	69.502	02211.i	291399.799	01:56:26
5	Raster Toolpath 2 [10x5, 0]	Raster Toolpath	1	10x5	0	6500	8000	2300	Off	69.505	02217.i	292859.854	02:07:04
6	Raster Toolpath 3 [8x4, 0]	Raster Toolpath	1	8x4	0	7500	8000	2000	Off	69.503	02219.i	291304.967	02:25:28
7	Waterline Toolpath 2 [12x6, 0]	Waterline Toolpath	1	12x6	0	6000	8000	2500	Off	73.268	02212.i	46245.565	00:14:41
8	Waterline Toolpath 3 [10x5, 0]	Waterline Toolpath	1	10x5	0	6500	8000	2300	Off	73.559	02218.i	44308.87	00:14:53
9	Waterline Toolpath 4 [8x4, 0]	Waterline Toolpath	1	8x4	0	7500	8000	2000	Off	73.988	02220.i	42219.428	00:15:48

Слика 4.27 Листа програма и алата који су мењани код другог стезања комада

На следећој слици приказани су експериментални резултати укупног времена израде комада за друго стезање где је за први случај коришћен резни алат Ø42 R5 за уклањање највећег дела вишка материјала док је за фину обраду површине која је означена зеленом бојом коришћено куглично глодало Ø12 R6.

За други случај је уместо резног алата Ø42 R5 за уклањање вишка материјала коришћен резни алат Ø32 R5 и за фину обраду зелене површине на моделу коришћено је куглично глодало Ø10 R5.

У трећем случају приказани су резултати где је коришћен резни алат Ø25 R5 и куглично глодало Ø8 R4



Слика 4.28 Шематски приказ односа укупног времена трајања програма за друго стезање и редног броја листе програма код другог стезања

5. Закључак

Аутоматизација рада и препуштање послова машинама процес је који се развија деценијама. На овај начин се убрзава процес рада, избегавају људске грешке, али и подиже ниво безбедности на раду. Прве машине са нумеричком контролом уведене су средином 20. века. Ове машине могу извршавати команде попут глодања, тестерисања, ротирања, заваривања, бушења итд. Већ на основу операција јасно је да CNC програмирање има своју примену пре свега у класичним индустријама, које су окренуте масовној производњи [8].

Машине могу да изведу велики број радњи, али је потребно да се напишу детаљне инструкције. Оне се у случају модерних машина уносе у компјутер који даље издаје наређења. Раније су се инструкције издавале коришћењем картица и бушених трака. Касније су уведени модерни начини писања инструкција. Процес је потребно комплетно описати како би рад био у потпуности аутоматизован. У том случају посао човека јесте да надгледа процес производње [8].

Треба имати на уму да машине могу да користе више врста алата за рад. Зато је важно дати детаљне инструкције, тј. када и на који начин треба да се користи одређени алат. Када се све детаљно испланира и обради у неком CAD софтверу, приступа се програмирању, тј. претварању инструкција у језик разумљив машини.

Главна обележја NCG CAM-а су лагано коришћење са његовим снажним CAM функционалностима, прилагођеним постпроцесорима који генеришу готови код за CNC машину. NCG CAM се користи у машинству, електроници, медицини, широкој потрошњи, аутомобилској индустрији, алатницама и прототипним радионицама.

Већина успешних производних фирми данас користе интегрисане CAD/CAM системе да би брже изашле на тржиште и смањиле трошкове. Пре неколико година прелаз на интегрисани CAD/CAM систем био је изван дохвата већине фирми.

NCG CAM данас има велику употребу у индустрији и едукацији, користи се и продаје широм света, брзо се развија и усавршава.

6. Литература

- [1]. Богдан Недић, *Вишеосне CNC машине*, Крагујевац, 2016.
- [2]. Haas Automation Inc, *Приручник за руководеља глодалицом*
- [3]. Силво Песек, *Приручник за 3D обраду у софтверу DEPO CAM 11.0*, Горење алати д.о.о
- [4]. <https://www.teximp.com/sr/brands/haas/> (8.2.2020.)
- [5]. <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/mold-machines/models/vm-3.html>
(8.2.2020)
- [6]. <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/vf-series/models/large/vf-6-50.html>
(8.2.2020)
- [7]. <https://www.tajmac-zps.cz/mcv-1220-en> (8.2.2020.)
- [8]. <https://www.it-akademija.com/cnc-programiranje> (25.2.2020)