



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 359/2016

Никола Д. Стојановић

Утицај избора алата на квалитет и време обраде

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да представи историјски развој CNC технологије CNC машина и да изврши поређење NC и CNC машина. Након тога је потребно описати машину Hyundai HIT20M. У следећем делу потребно је да опише врсте програмирања. Затим треба да детаљно опише управљачку јединицу као и њихове главне и помоћне функције. У крајњем делу треба да се изврши поређење већег броја алата и да се на основу добијених параметара одреди који је алат најпогоднији за дату обраду.

Препоручена литература:

1. Ковачевић Радован, Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање, Научна књига, Београд, 1987.
2. Haas Automation, Mill Operator's Manual, 2010.
3. Siemens Sinumeric 840D, Кратко упутство за програмирање

У Крагујевцу,
март 2019. године

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

Резиме

У раду је описан развој машина алатки од почетних нумерички управљаних машина (NU) до компјутерски управљаних машина (CNC). Дата је спецификација машине Hyundai HIT20M. Описане су и основне функције потребне за програмирање наведене машине. И на крају је упоређен већи број алата за одређену обраду и проказано је који је од тих алата најпогоднији за ту обраду. То је урађено у програму CATIA.

Кључне речи: CNC, програмирање, функције, алати.

Summary

This paper describes the development of machine tools from initial numerically controlled machines (NU) to computer controlled machines (CNC). The specification of the Hyundai HIT20M is given. The basic functions required for the programming of this machine are also described. Finally, a number of tools for processing are compared and it is revealed which of these tools is best suited for this processing. Is done in the CATIA program.

Key words: CNC, programming, functions, tools.

У Крагујевцу,
март 2019. године

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

Садржај

1. Увод	1
2. CNC технологија и CNC машине	3
3. Машина Hyundai HIT20M.....	9
4. Програмирање CNC машина	12
<i>4.1 Врста програмирања</i>	<i>12</i>
4.1.1 Ручно програмирање	13
4.1.2 Полу-аутоматизовано програмирање	14
4.1.3 Аутоматизовано програмирање	16
5. Управљачка јединица SINUMERIC 840D	18
<i>5.1 Полазне основе код управљачке јединице SINUMERIC 840D.....</i>	<i>18</i>
5.1.1 Командна табла.....	18
5.1.2 Референтне тачке	18
5.1.3 Премештање координатног система	19
5.1.4 Координатни системи.....	20
<i>5.2 Програмирање на управљачкој јединици.....</i>	<i>21</i>
5.2.1 Опис главних функција („G“ – функције)	21
5.2.2 Карактеристике појединих G – функција	24
5.2.3 Помоћне M – функције.....	30
5.2.4 Технике потпрограма и фиксни циклуси.....	31
6. Утицај избора алата на квалитет и време обраде	33
7. Закључак	50
8. Литература.....	51

1. Увод

Машинска обрада метала постаје актуелна у време индустријске револуције. Године 1818. Eli Vitni (Eli Whitney) у Америци је направио прву глодалицу. Иновација је коришћена за израду пушака. Касније је основа Витнијеве машине од хоризонталне постала вертикална тако да је било могуће померати и обрађивати материјал у X, Y и Z координатним осама. Године 1952. Džon Parsons (John Parsons) приказује прву NC (Numeric Control) глодалицу. Он је поставио серво моторе на X и Y осу, контролисане путем компјутера који је читао бушене картице. Тако је рођена NC технологија односно прва NC глодалица.

Основни захтеви савременог тржишта, који у основи усмеравају производне и организационе активности, везани су за висок квалитет производа, скраћено време од идеје до реализације, ниске цене, производњу у серијама прилагођеним потребама тржишта, велики асортиман производа и сл. Да би томе одговорили, савремени производни системи треба да поседују високу конкурентску способност која им може омогућити да адекватно одговоре на постављене захтеве и изборе се са све већом конкуренцијом. Неке од карактеристика, које у том смислу треба да поседују савремени производни системи односе се на: ефикасност, флексибилност, аутоматизацију, постојан квалитет, рачунарски интегрисане активности итд.

Нумерички системи управљања су изменили концепцију израде алатних машина тако да су добијене машине високе производности. Смањењу командног времена за око 50% и повећању удела активног времена израде претходио је читав низ технолошко - организационих мера и концепција, које омогућавају висок степен искоришћења расположивог фонда обраде на машини. Те концепције омогућују смањење допунских и припремних времена скоро до њиховог елиминисања. Створени су нови системи резних алата, држача алата и уређаја за претходно подешавање комплета алата изван машине.

Производни трошкови у малосеријској производњи применом нумерички управљаних машина знатно се смањују, јер њиховом применом: опадају конструкција и израда специјалних стезних алата и прибора, краћи су производни циклуси, мање су залихе материјала и алата, краћи су рокови испорука поруџбина, остварује се велика флексибилност у производњи, смањује се време израде производа, могуће је истовремено опслуживање више машина, могућа је нижа квалификација послужеоца, смањује се шкарт, производи су униформни, расипање мера је номинално, а квалитет производа бољи, штеди се на трошковима техничке контроле и интерног транспорта, време обраде не зависи од послужеоца и веће су могућности планирања производње и искоришћење постојећих капацитета.

Данашње модерне машине (глодалице, стругови, обрадни центри...) користе технологију CNC (Computer Numeric Control). Микропроцесор у свакој машини чита програм, написан у G - коду, који креира корисник и изводи задате операције. Персонални компјутери се користе за дизајн делова и писање програма. Програми се пишу мануелним укуцавањем G - кода или коришћењем CAM софтвера (Computer Aided Manufacturing).

Завршни рад се састоји из увода, пет поглавља, закључка, резимеа и литературе.

У првом поглављу **CNC технологија и CNC машине** приказан је основни историјски развој тих машина и технологија, дате су предности CNC машина у односу на конвенционалне NC машине, приказане су карактеристике, област примене и основни делови од којих је састављена CNC машина.

Друго поглавље се односило на **Машина Hyundai HIT20M** где је приказана спецификација и основне карактеристике дате машине која се налази у Чачку у фирми „Машинац“.

У трећем поглављу **Врсте програмирања** објашњен је поступак програмирања, а затим је дата подела по степену аутоматизованости. Приказане су карактеристике, као и предности и мане појединачних начина програмирања.

Управљачка јединица **SINUMERIC 840D** детаљно је описана у четвртом поглављу. Дате су полазне основе ове управљачке јединице као што су: командна табла, референтне тачке, координатни системи као и премештање координатног система. Такође је приказан преглед главних и помоћних функција, као и технике потпрограма и фиксни циклуси. Детаљније су описане неке од главних функција које се најчешће користе.

Завршно пето поглавље носи назив **Утицај избора алата на квалитет и време обраде**. Ту је приказано моделирање дела и симулација процеса обраде у програмском пакету CATIA. Извршено је упоређивање већег броја алата, све у циљу проналажења алата који ће имати најбоље карактеристике као што су: квалитет и брзина обраде, економичност, продуктивност.

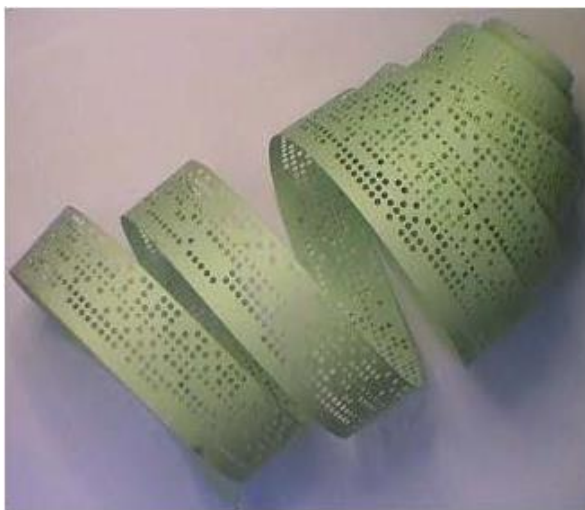
На крају је дат закључак и преглед коришћене литературе.

2. CNC технологија и CNC машине

CNC је скраћеница изведена из енглеског језика (Computer Numerical Control) и означава компјутерско нумеричко управљање. Она је опште прихваћена у машинству и означава машине управљане од стране рачунара. Рачунар контролише и управља радом машине "читајући" инструкције у облику кодова.

Технологија CNC машина, у данашњој индустрији, има широку примену. Могло би се рећи да се CNC машине данас користе у свим производним делатностима. Због своје поузданости и прецизности CNC технологија је постала стандардна и незаменљива.

Управљање NC машинама алаткама одвија се путем рачунарског програма унетог у управљачку јединицу машина. Програм је скуп шифрованих геометријско-технолошко-функционалних наредби којима се путем различитих физичких медија дају управљачкој јединици нумерички управљане машине унапред замишљене радње. Прве управљачке јединице биле су без компјутера и носиле су назив NC управљачке јединице (Numerical Control), а будући да се програм састојао од бројева и слова, отуда назив нумеричко управљање. Првобитне верзије NC машина захтевале су уношење програма преко бушене траке (слика 2.1). Програмери су писали програме помоћу рачунара, пребацивали их на бушене траке уз помоћ тзв. бушача, а затим носили до машине и читавали их у управљачку јединицу помоћу читача [1].



Слика 2.1 Изглед бушене траке за NC машине

Временом, дошло је до развоја NC технологија, а тиме и нових система управљања. Компјутерски нумерички управљаним машинама алаткама, CNC машинама, управља се помоћу рачунара, односно компјутеризоване управљачке јединице на самој машини. Данашње управљачке јединице грађене су на принципу коришћења микропроцесора, тј. малог рачунара који се може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице зову CNC (Computer Numerical Control) управљачке јединице. Овим је учињен велики напредак у ефикасној припреми, организацији и извођењу производних операција. Како управљачка јединица садржи у себи рачунар, програми се могу меморисати, модификовати и дограђивати, а резултати таквих интервенција могу се одмах симулирати и проверити, пре него што производња почне. Програмирање CNC машине алатке изводи се, како је наведено, помоћу рачунара, а у управљачку јединицу се преноси путем оптичких дискова, USB меморијских уређаја и путем рачунарске мреже.

Како управљачке јединице поседују сопствену тастатуру и екран, програмирање је могуће извршити и директно на CNC машини.

Предности CNC система у односу на конвенционалне NC системе су:

- повећање флексибилности,
- смањење хардверских компоненти,
- повећање тачности рада избацивањем читача траке,
- лакше кориговање грешака у програму дела,
- могућност коришћења периферије рачунара за испитивање и кориговање програма дела, нпр. коришћење плотера.

Најзначајније карактеристике CNC машина су:

- могућност обраде најсложенијих машинских делова,
- висока продуктивност,
- велика брзина рада због повећаних режима рада,
- робуснија конструкција машине,
- боље вођење (нпр. куглично навојно вретено), што резултира већом прецизношћу (0.001 mm),
- обилно подмазивање и хлађење алата (до 100 l/min и више) чиме се продужава век трајања алата,
- коришћење најквалитетнијих алата са резним елементима од тврдих метала и керамике.

Примена CNC машина даје бројне предности у областима:

- продуктивности,
- квалитета,
- смањењу залиха,
- боље обраде комплексних облика,
- бољег управљања.

Највећа предност CNC машина је побољшана аутоматизација као и флексибилност. CNC машине имају велику тачност и велику могућност поновљивости, тако да се може произвести велики број делова исте тачности, прецизности и квалитета.

Израда новог дела на CNC машини се своди на учитавање новог програма. Овим машинама је врло лако управљати па се са производњом може кренути врло брзо што представља један од захтева модерних пословних филозофија. CNC машине се не препоручују за производњу једноставних делова у малим серијама, већ њихова економичност долази до изражаја у производњи сложенијих производа у великим серијама, што захтева више инвестиције, квалитетно одржавање као и додатне обуке запослених.

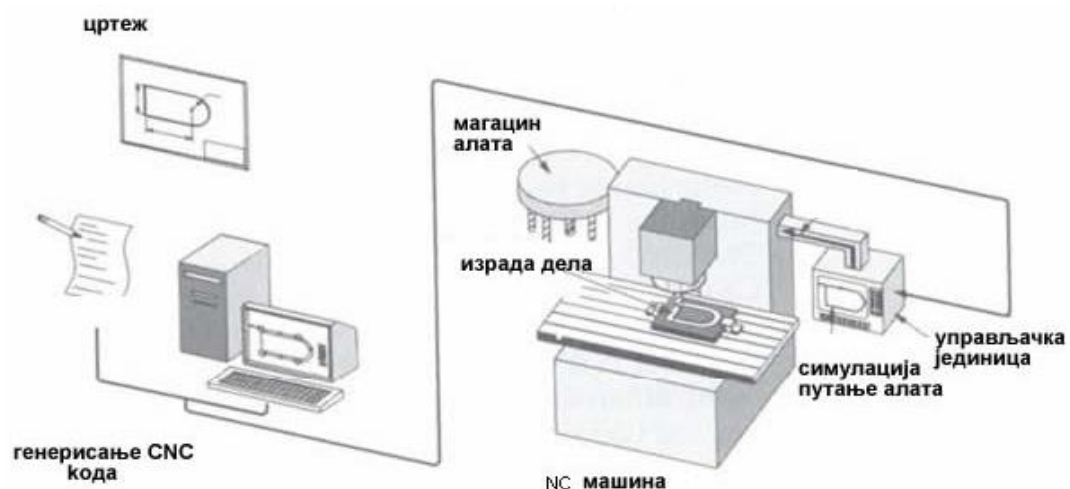
Постоје основни и допунски услови које треба да испуни свака CNC машина алатка. Основни услови подразумевају, да CNC машина алатка мора остварити првенствено одговарајућу тачност обраде и квалитет обрађене површине, а при томе остварити висок ниво продуктивности и економичности. Допунски услови обухватају већи спектар функционалних карактеристика CNC машина алатки, па се наводе само најважније:

- велике брзине резања, са алатима велике постојаности којима треба остварити високу површинску производност,
- "тешка" обрада - обрада са великим попречним пресеком струготине или обрада тешко обрадивих материјала са великом снагом резања, када треба остварити високу запреминску производност,
- велика погонска снага - одређена с обзиром на шири интервал вредности елемената режима обраде,
- велика крутост (статичка и динамичка) машинског система, која обезбеђује високу производност и тачност при великим брзинама резања,
- велики степен механизације и аутоматизације у манипулационим процесима измене алата и обрадака,
- измењивост модула и функционалних склопова.

Типични CNC систем се састоји од следећих елемената (слика 2.2) [2]:

- програма,
- улазног уређаја за учитавање програма, најчешће су то тастатура, RS 232 серијски порт, дискетна јединица и мрежа,
- управљачке јединице машине - Machine Control Unit (MCU) је кључни део и он извршава следеће функције: чита кодиране инструкције, имплементира интерполацију и генерише команде за покретање оса,
- погонског система који се састоји од појачавачког споја, степмотора и вретена,
- алатних машина,
- система за повратну спрегу кога чини мерни систем.

Стални развој рачунарских и комуникационих система за индустријску примену, омогућио је и развој DNC система (DNC - Distributed Numeric Control) машина алатки. DNC системи су омогућили да се NC програми могу писати у технолошким бироима на рачунарима - радним станицама, који су локацијски одвојени од машина алатки, а путем рачунарске мреже могу се дистрибуирати уз помоћ мрежних протокола NC управљачким системима машина алатки у производном погону.



Слика 2.2 Компоненте савремених CNC система [2]

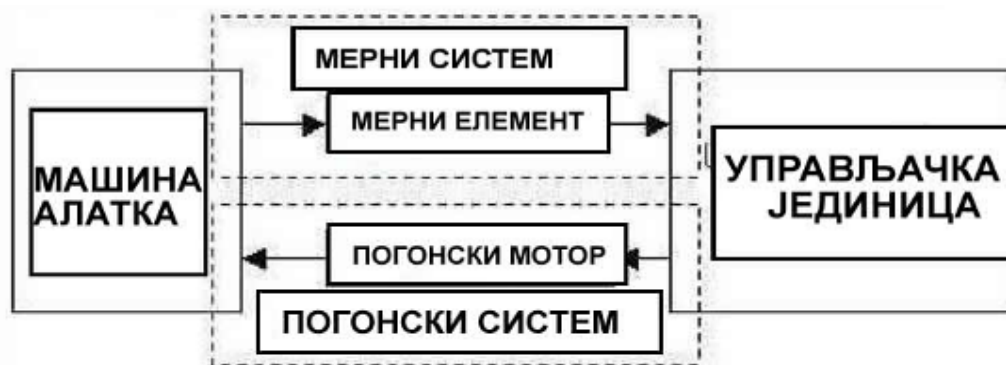
Класификација нумерички управљаних система се може извести према четири критеријума, и то према:

- врсти управљања,
- структури управљача,
- методи програмирања и
- врсти управљачке петље.

Нумерички управљана машина алатка представља систем састављен од четири подсистема (слика 2.3.) [2]:

- алатне машине,
- мерног система,
- погонског система и
- управљачке јединице

Погонски систем, мерни систем и управљачка јединица се, у ужем смислу, посматрају као систем управљања машином.



Слика 2.3. Структура NC система [2]

Погонски систем има задатак да реализује програмом дате инструкције. Мерни систем прати вредност померања и, у тренутку постизања жељене позиције, даје сигнал управљачкој јединици за заустављање покретних делова машине.

Обрада информација о померању врши се на основу задатих вредности померања, унетих преко програма и смештених у меморију 1, и стварног померања, чија се вредност налази у меморији 2. Ова вредност се мора кориговати због:

- померања нулте тачке,
- промене дужине алата,
- промене радијуса врха алата итд.

Подела управљачких јединица на типове заснива се на њиховој прилагођености за:

- управљање путањом,
- врсту обраде,
- броју управљаних оса и
- управљање машинским функцијама.

Управљачке јединице се израђују на модуларном принципу, који омогућује да се практично сви типови управљачких јединица граде из истог фонда модула.

Управљачка јединица даје, у кодираном облику, све неопходне наредбе за остваривање релативног кретања алата у односу на предмет обраде, којим се остварује процес резања. Поред овога потребно је дефинисати и:

- режим обраде,
- укључивање и искључивање СХП-а,
- измену алата итд.

Ово се дефинише преко информација укључивања (помоћне функције).

Управљачка јединица има задатак да прими улазне информације, изврши њихову обраду и омогући добијање одговарајућих излазних информација. Улаз информација може бити преко тастатуре (ручни улаз), преко рачунара и других носача информација.

CNC управљачка јединица састоји се од читавог низа конструктивних делова. Језгро управљачке јединице представља рачунар, помоћу кога се обављају сва израчунавања и логичка повезивања. Како је управљачка јединица изграђена на модуларном принципу, могуће је да једна управљачка јединица има више микропроцесора чија је функција подељена, нпр. управљачка јединица садржи три микропроцесора: централни, за израчунавање контурних задатака и за интерполацију. Из шематског приказа управљачке јединице (слика 2.4) види се да између послужиоца и алатне машине постоје два карактеристична места [3]:

- прво – окренуто према послужиоцу, које се састоји од командне табле и разних прикључака за: штампач, бушач/читац траке, диск јединицу, надређени рачунар, итд. Ти прикључци су саставни делови модула (eng.-interface-a) за комуникацију са периферном опремом.
- друго – окренуто према алатној машини, које углавном чине систем за прилагођавање укључивања осних кретања и део за напајање.



Слика 2.4 Саставни делови CNC управљачке јединице

Улаз у CNC систем је изворни програм који се смешта у меморију за податке тзв. RAM меморију. На основу програма који је смештен у другој, тзв. PROM меморији, централна јединица за обраду података одређује управљачке сигнале, који преко јединице за управљање прилагођавањем (PLC), омогућавају реализацију задатих функција управљања. Веза између CNC и PLC се може остварити на различите начине. Код конвенционалних CNC машина, PLC систем има ниже перформансе, за разлику од трансфер система и

флексибилних производних система, где PLC систем преузима и функцију управљања, манипулацију и транспорт [3].

Централна јединица за обраду података обавља различите логичке и аритметичке операције. Врста и редослед функција које обавља централна јединица дефинисане су програмом који је смештен у PROM меморији. Концепција CNC система је хардверско-софтверска на модуларном принципу.

У општем случају CNC систем чине:

- микропроцесор,
- RAM и PROM меморија,
- генератор импулса,
- интерфејс за екстерну измену података и
- интерфејс за алатну машину,

као хардверски елементи, и програми за:

- читавање у PROM меморију,
- меморисање,
- обраду, послуживање и
- интерну обраду података.

У RAM меморији, тј. меморији са директним приступом, смештене су константе (брзина празног хода, референтне тачке машине, алата, померање нулте тачке итд.), изворни програм који се уноси преко одговарајућег медијума, корекције алата итд.

У PROM меморији смештен је системски софтвер за одговарајући тип управљања (нпр. управљање за 3 или 4 осе, резање навоја, аналогни израз броја обртаја, потпрограми итд.)

Преко модула за управљање осама шаљу се управљачки сигнали погонском систему и упоређују са сигнаlima добијеним преко мрежног система.

Командна табла служи за улаз и излаз инструкција, задавање почетка и завршетка обраде, избор и показивање података за време обраде итд. Да би се поједноставило опслуживање, командна табла је подељена у функцијске зоне са распоредом који највише одговара са аспекта управљања. Измена појединих инструкција у изворном програму може се вршити ручним уносом.

3. Машина Hyundai HIT20M

Компанија Hyundai WIA се бави производњом алатних машина. Та компанија је консолидована и реструктурирана 2005. године. Од позиције технологије и водеће позиције у продаји на корејском тржишту, одсек за алатне машине сада предводи експанзију у глобално тржиште. Већа продуктивност и практичност радника су приоритети дизајна алатних машина. Ови алатни стројеви воде корејско тржиште од 2000. године. Компанија континуирано улаже у развој најновије технологије како би произвела врхунске производе.

Обрадни центри компаније Hyundai WIA развили су се као одговор на захтеве купаца за обрадним центрима који су у стању да истовремено раде више процеса. Захваљујући вишедеценијском искуству и знању, Hyundai WIA нуди комплетну машинску обраду која задовољава потребе наших купаца, укључујући и Hyundai -Kia Automotive Group. Као друго, Hyundai WIA алатне машине су синоним за висококвалитетне и брзо се развијају уз револуцију информацијске технологије. Компанија снабдева клијента комплетним решењима тако што укључује прилагођена инжењерска решења у било којој мери да би задовољила њихове потребе.

Од јединственог дизајна до производног и постпродајног сервиса, алатне машине Hyundai WIA су производи који пружају већу продуктивност и већу прецизност.

Hyundai WIA је изградио темеље за глобалну аутомобилску индустрију производећи разне ауто-делове као што су мотори, аутомобилски модули, турбо пуњач и C.V Joint и производе прецизне алатне машине укључујући и Factory Automations Systems [4].

У оквиру овог рада разматран је технички систем машине Hyundai HIT20M која се налази у Чачку у фирми „Машинац“ (слика 3.1). Прегледом техничке документације, утврђене су основне карактеристике и подаци о разматраном техничком систему коју су дати у следећој табели (табела 1) [5].

Машина	Hyundai HIT20M
Година производње	2001
Управљачка јединица	Siemens Sinumerik 840D
Максимални пречник ротације испод осовине	500 mm
Максимални пречник окретања по дужини	254 mm
Максимална удаљеност између осовине и _	620 mm
Максимална дужина окретања	480 mm
Капацитет _	70 mm
Ротација	40-4000
Снага мотора	18,5 Kw
Димензије машине	2900 x 1700 mm
Тежина	4600 kg

Табела 1. Основне карактеристике масине Hyundai HIT20M [5]



Слика 3.1 Машина Hyundai HIT20M

Неки од основних делова ове машине су:

- стезна глава машине (слика 3.2),
- носач алата машине (слика 3.3),
- управљачка јединица машине.

На овој машини могу се обрађивати предмети са највећим пречником до 500 mm и дужине 254 mm.

Носач алата може истовремено да носи дванаест алата, који се свакога тренутка одговарајућом командом која се уноси у управљачку јединицу могу позвати и користити.

Управљачка јединица ће бити детаљније описана у даљем току рада.



Слика 3.2 Стезна глава машине Hyundai HIT20M

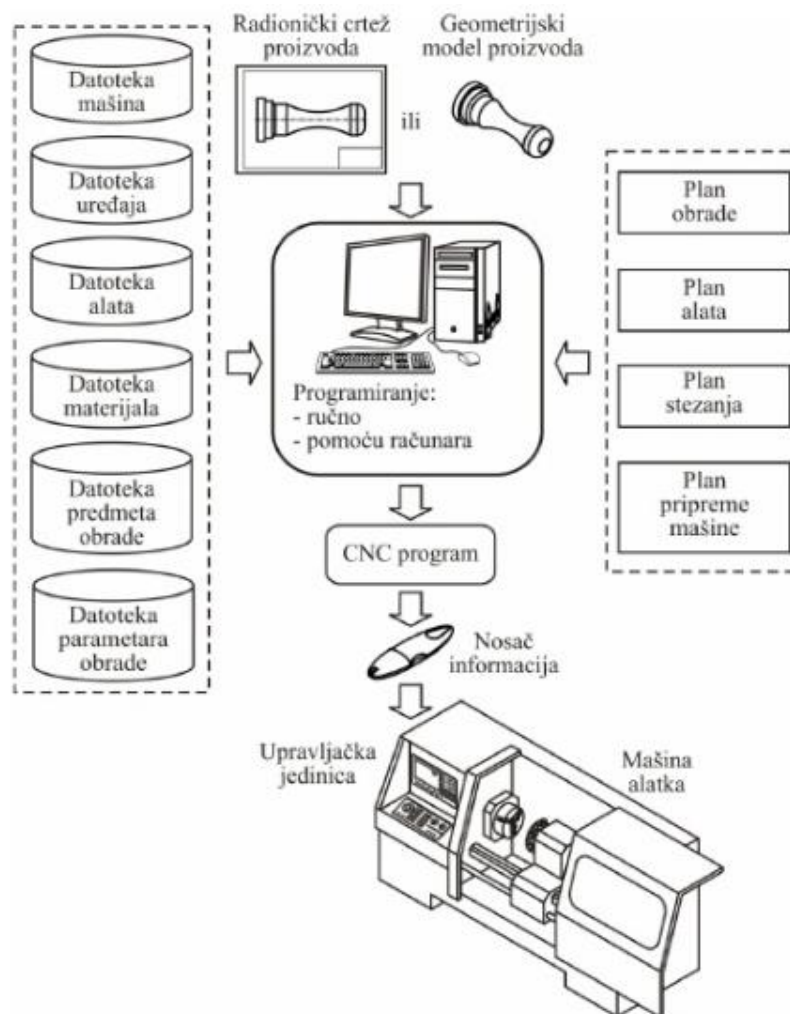


Слика 3.3 Носач алата машине Hyundai HIT20M

4. Програмирање CNC машина

4.1 Врста програмирања

Програмирање обрадних процеса на CNC машинама обухвата низ захвата на систематизацији обрадних информација, њиховом исписивању одређеним редоследом и кодом по правилима програмског језика у форми управљачког програма (слика 4.1) [6].



Слика 4.1 Основни принцип програмирања обрадних процеса на CNC машинама [6]

Након детаљне анализе радионичког цртежа, односно геометријског модела производа, методологији израде CNC програма одвија се кроз:

- израду плана обраде,
- израду плана стезања,
- израду плана алата,
- израду плана припреме машине и
- исписивање програмских инструкција.

Постоје три начина програмирања ових машина и то:

1. Ручно програмирање,
2. Полу-аутоматизовано – користећи рачунар и специјализоване програмске језике и
3. Аутоматизовано – програмирање помоћу CAD/CAM система

Без обзира о ком облику програмирања је реч, CNC машине морају добити путем података и на одређени начин кодиране, све неопходне информације за аутоматску обраду неког елемента.

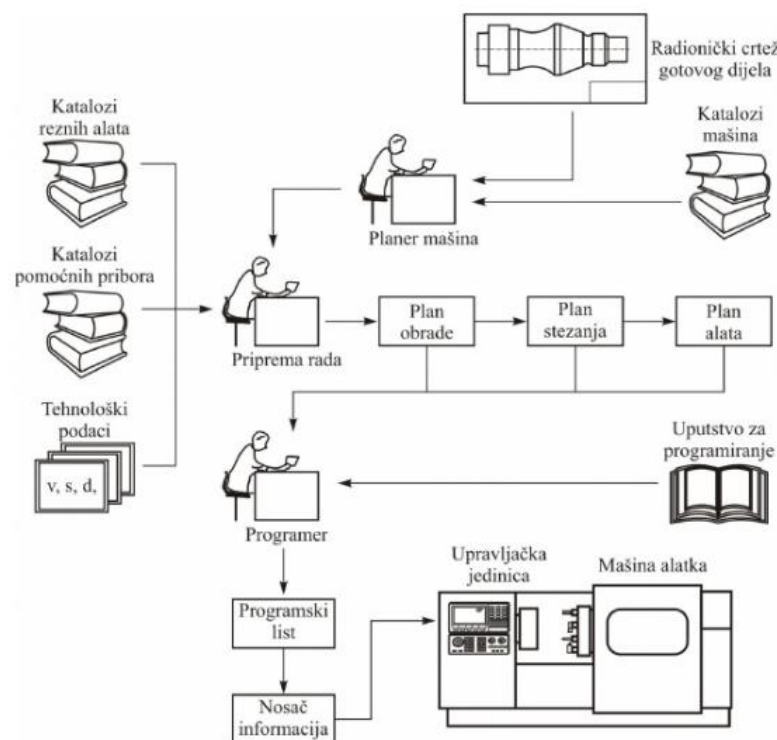
Управљачки системи CNC машина су развијени на начин да програмске инструкције прихватају само ако су задате у одговарајућем коду. То значи да треба примењивати правила писања и презентације података према међународним стандардима и каталозима CNC машина.

4.1.1 Ручно програмирање

Ручно (мануелно) програмирање CNC машина обухвата обраду геометријских и технолошких информација које програмер, применом кодираних правила, ручно уписује у текст програма у облику блок реченица [6].

Поступак ручног програмирања обухвата следеће активности (слика 4.2):

- Дефинисање плана обраде, плана стезања и плана алата,
- Превођење геометријских информација са радионичког цртежа на програмски лист, те њихово уређивање у блокове према току обраде,
- Кодирање информација и
- Пренос информација са програмског листа на носач информација.



Слика 4.2 Ток активности код ручног програмирања [6]

Управљачка јединица NUMA има задатак да преко погонских система машине позиционира алат у дефинисану тачку и да га води дуж путање којом је одређено релативно кретање алата и предмета обраде у радном простору машине. Радни простор машине је дефинисан максималним величинама линеарних или угаоних померања у правцу одговарајућих оса координатног система машине. Релативно кретање алата дефинише се полазном (стартном) и завршном (крајњом) тачком, чије координате се дају у координатном систему предмета обраде.

Услови пута између стартне и крајње тачке, зависе од идентификованих сегмената контуре радног предмета, који могу имати различите облике, али се при нумеричком управљању интерполирају са:

- Правим линијама (линеарна интерполација)
- Кружним линијама (кружна интерполација)
- Параболичним линијама (параболична интерполација)
- Кривим линијама (NURBS интерполација)

Технолошке подлоге ручног програмирања садрже:

- Техничке карактеристике NUMA,
- Податке о резним алатима,
- Податке о помоћним приборима,
- Податке о материјалима и
- Препоруке о режимима обраде.

Карактеристике ручног програмирања:

- Немогуће је програмирање врло сложених делова,
- Један технолог-програмер не може програмирати више од 4-5 машина,
- Отежана провера програма,
- Данас има смисла у прототипској производњи (тамо где је мало CNC машина) и кад су у питању боља управљања.

4.1.2 Полу-аутоматизовано програмирање

Програмирање CNC машина у проблемски оријентисаним језицима представља аутоматизовани облик програмирања обрадних процеса, а обавља се уз помоћ рачунара, који преузима мноштво рачунских операција у случају предмета обраде сложене геометрије и послова са великим бројем корака, ослобађајући на тај начин програмера мноштва математичких операција и рутинских послова.

У односу на ручно, овај начин програмирања има следеће предности:

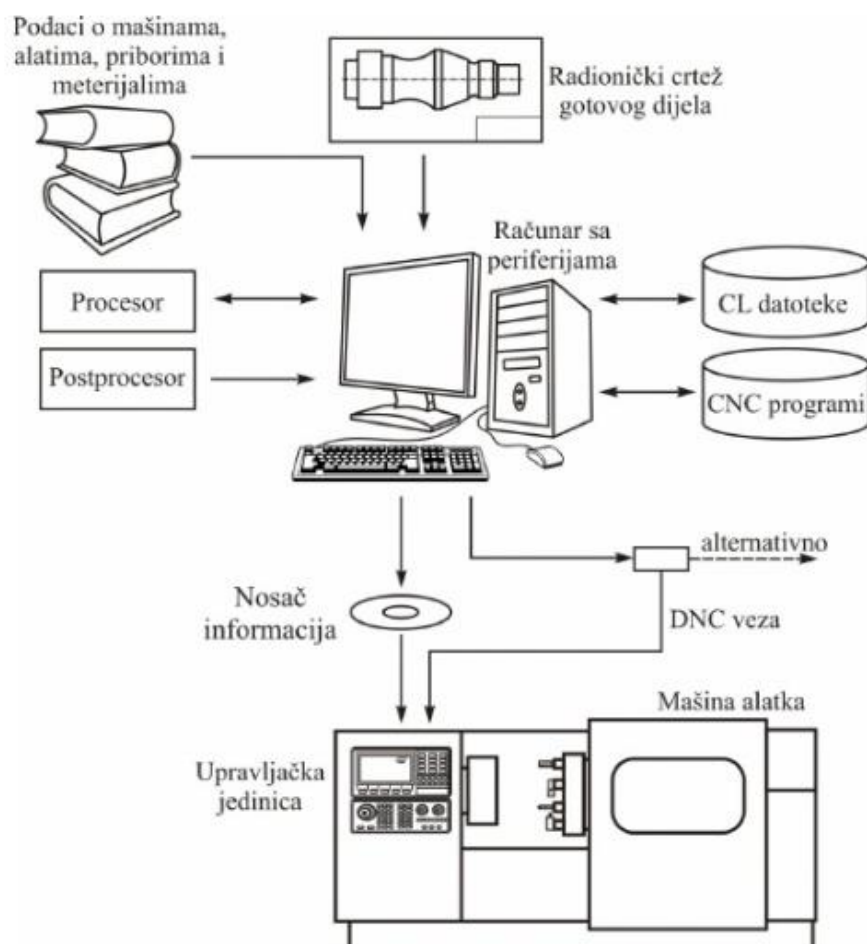
- Знатно се поједностављује процедура програмирања,
- Убрзава се израда програма,
- Рачунар израчунава координате путање алата чиме се знатно повећава тачност програмирања,
- Програм се преводи тачно и ефикасно у код који одговара комбинацији машина-систем управљања,
- Смањење трошкова и времена програмирања.

Програмирање у проблемски орјентисаним језицима обавља се уз помоћ рачунара, а по логици програмског језика одговарајућег програмског система. Применом програмских језика и рачунара аутоматизован је поступак дефинисања геометрије радног предмета и програмирање релативног кретања између алата и радног предмета.

Развијени су многи проблемски орјентисани језици у циљу остваривања једноставнијег поступка израде програма за CNC машине. До данас је развијен велики број програмских система, а најчешће спомињани су: APT, AUTOPRINT, COMPACT II, EASYPROG, ELAN, EXAPT, INDEX H-200.

За ове програмске системе карактеристичне су четири фазе (слика 4.3):

1. Прикупљање и обликовање улазних информација,
2. Обрада информација на рачунару уз помоћ одговарајућег програма-процесора, који формира стандардну CL (Cutter Location) датотеку,
3. Прилагођавање CL датотеке одређеном типу управљачког система помоћу рачунарског програма – постпроцесора и
4. Презентација излазних информација [6].



Слика 4.3 Принцип програмирања у проблемски орјентисаним језицима [6]

Карактеристике програмирања у CNC језицима:

- Кодирање се проводи у јеном од више програмских језика, проблемски орјентисаних (APT, COMPACT, EXAPT, TC APT), тако креиран програм вреди за све комбинације CNC машина за посматрану обраду (универзалност),
- Могуће је програмирање најсложенијих делова,
- Један технолог-програмер може програмирати низ машина,
- Лагана провера програма (симулација путање алата)
- Могућност интеграције у сложеније облике СА апликација.

Појавом CAD/CAM система нагло пада значење процесора и њихова примена. Може се рећи да овај начин аутоматизованог програмирања није у употреби као самостално решење.

4.1.3 Аутоматизовано програмирање

Претходно одрађени поступци програмирања обрадних процеса на CNC машинама су аутономни, штап значи да не постоји програмска веза са пројектовањем предмета обраде, не користе се базе геометријских и технолошких информација, које се развијају у процесу пројектовања (CAD), него се генеришу према раније описаним процедурама у облику изворног програма.

Обрадом тако систематизованих геометријских и технолошких информација у процесору, те њиховом прилагођавању одређеном типу управљачког система, долази се до NC програма.

Тежња интеграције процеса пројектовања производа применом рачунара CAD (Computer Aided Design) и пројектовања технологије применом CAM (Computer Aided Manufacturing) довела је до развоја CAD/CAM система за програмирање обрадних процеса.

Суштина програмирања помоћу CAD/CAM система састоји се у томе, што се при процесу програмирања интерактивно користе информације развијене у CAD систему. CAD/CAM системи не подржавају друге функције пројектовања технолошких процеса осим дефинисања геометрије у NC програму, па се остале технолошке информације попут захвата, базирања и стезања, резних алата, режими обраде и сл. додају у интерактивном дијалогу (слика 4.4).

Дакле CAD/CAM је интерактивно, графички базирано нумеричко програмирање, којим се повећава квалитет и поједностављује сам ток програмирања. Кориснику је омогућено једноставно дефинисање геометрије дела, обезбеђена му је тренутна повратна спрега, као и визуелизација резултата, тако да се евентуалне промене могу урадити брзо и ефикасно.

Предности овог вида програмирања су:

- скраћује се време потребно за израду програма,
- смањује се могућност појаве грешке при дефинисању геометрије (технолог – програмер не дефинише геометрију, већ је преузима у електронској форми од конструктора),
- омогућује се коришћење база података о алатима, препорученим режимима обраде, као и преузимање карактеристика материјала садржаних у базама

програмских пакета – они се по потреби могу мењати, а сам програм може да сугерише њихов избор,

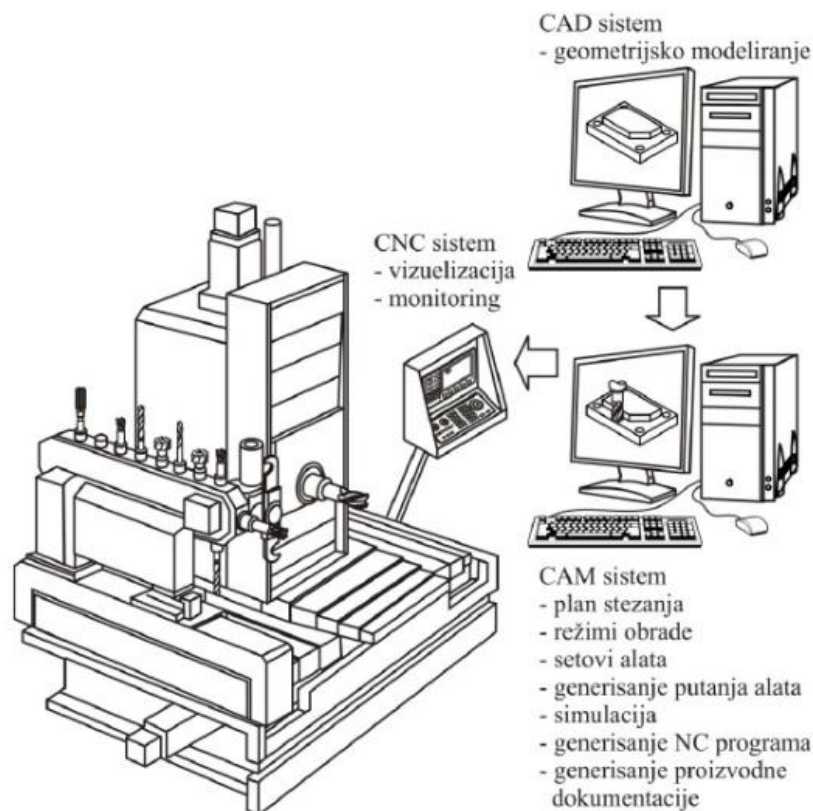
- постоји могућност верификације и симулације програма на рачунару.

Недостаци овог вида програмирања су:

- висока цена hardware -а и software -а,
- програм не генерише увек најкраћу – оптималну путању алата, па самим тим је главно време израде делова дуже, и
- велика дужина програма

Циљеви аутоматског програмирања уз помоћ рачунара су:

- аутоматски прорачун путање алата на основу што краћег и једноставнијег описа задате контуре обратка,
- аутоматско дефинисање захвата обраде и њиховог редоследа,
- проблем програмирања дефинисати описно коришћењем правила посебно развијеног симболичког језика,
- аутоматско одређивање режима обраде,
- аутоматски избор резног алата и помоћног (стежног) прибора,
- аутоматско прерачунавање координатног система [6].



Слика 4.4 Функционални принцип аутоматског генерисања NC програма [6]

5. Управљачка јединица SINUMERIC 840D

5.1 Полазне основе код управљачке јединице SINUMERIC 840D

5.1.1 Командна табла

Командна табла машине (слика 5.1) се састоји из три дела:

- екрана са промењивим функцијским тастерима
- алфа-нумеричког и функцијског дела тастатуре
- тастатуре за управљање машином



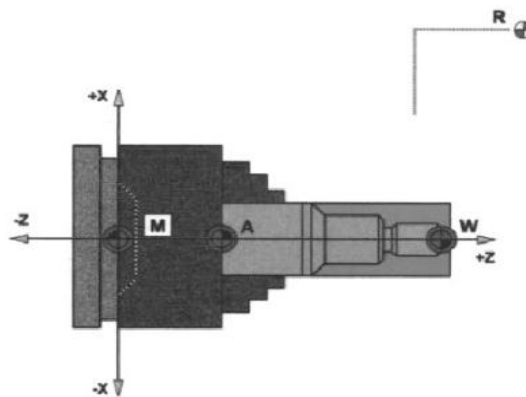
Слика 5.1 Командна табла за машину Hyundai HIT20M [7]

5.1.2 Референтне тачке

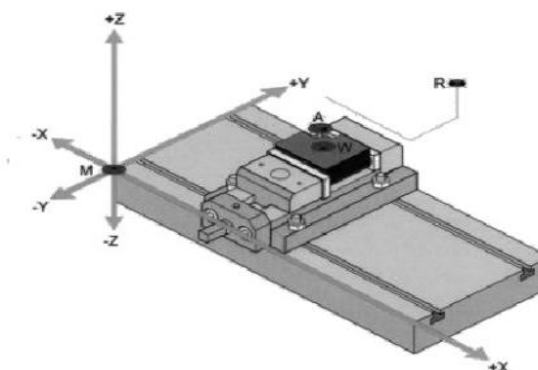
Карактеристичне тачке на машини (слика 5.2), (слика 5.3):

- М- Нулта тачка машине. Непромењива референтна тачка постављена од стране произвођача машине. Почевши од ове тачке цела машина је мерена.
- R- Референтна тачка. Позиција у радном подручју машине која је тачно одређена граничним прекидачима. Позиција носача пријављује се управљачком систему са доласком носача у „R“. То је потребно после сваког искључења машине са напона.

- N- Референтна тачка постављања алата. То је стартна тачка за мерење алата. Тачка „N“ се налази на погодном месту у систему носача алата и њу одређује произвођач машине.
- W- Нулта тачка радног предмета. Почетна тачка за димензионисање у програму и потпрограму. Може бити слободно одређена од стране програмера и померена по жељи кроз програме и потпрограме [8].



Слика 5.2 Референтне тачке струга у радном положају [8]



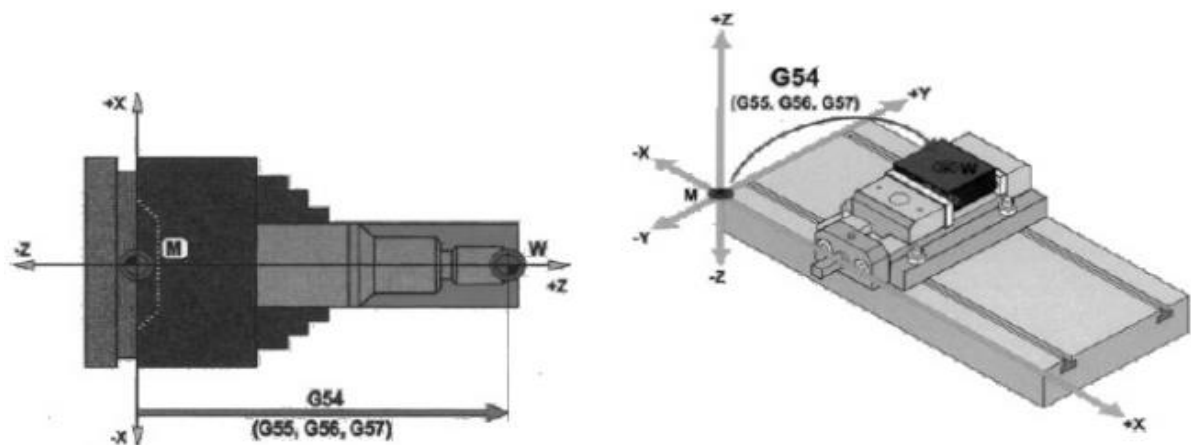
Слика 5.3 Референтне тачке глодалице у радном положају [8]

5.1.3 Премештање координатног система

На стругу нулта тачка „M“ лежи на осни обртања и на унутрашњој страни стезне главе, док код глодалице тачка „M“ се налази на левом предњем крају радног стола машине. Ове позиције су неприкладне као почетне тачке за димензионисање. Из тог разлога се врши премештање координатног система, у прикладнију тачку радног простора машине (слика 5.4).

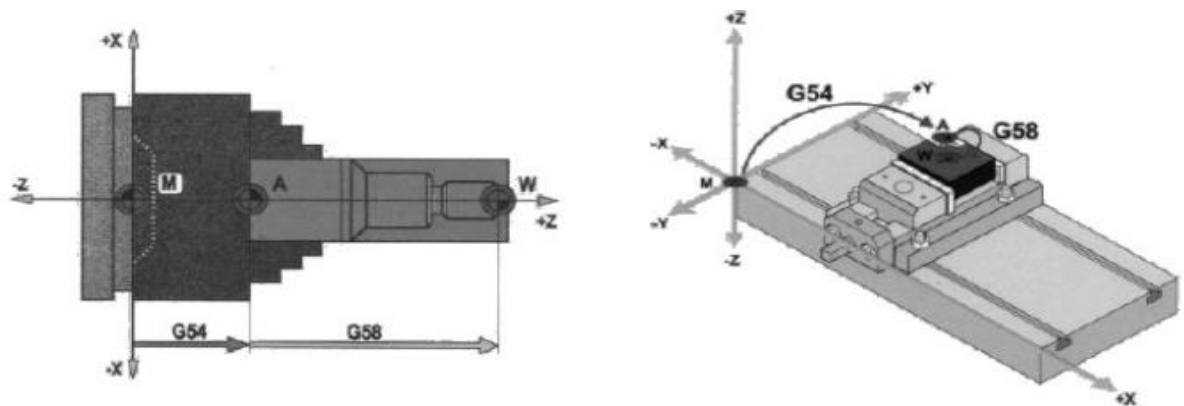
Могуће је подесити четири крајње тачке координатних система у почетним подацима. Те вредности се меморишу у регистру SETTING DATA дате наредбе, и када се позове у програму (функцијама G54-G57) координатни систем ће бити премештен из тачке „M“ у дату унапред подешену тачку.

Премештање почетне тачке координатног система у нулту тачку предмета могуће је и без претходног подешавања, у току самог програма са две функције (G58 и G59) при самом програмирању.



Слика 5.4 Премештање координатног система код струга (лево) и код глодалице (десно) [8]

5.1.4 Координатни системи



Слика 5.5 Координатни систем код струга (лево) и код глодалице (десно) [8]

Струг: X оса се налази у смеру попречног кретања носача алата, Z – оса је у смеру уздужног помака носача алата (оса обртања). Координате са минус предзнаком (негативне вредности) означавају смер кретања система алата према предмету обраде, а вредност са позитивним предзнаком су у смеру одмицања од предмета обраде.

Глодалица: X – оса је паралелна предњој страни радног стола машине, Y – оса је паралелна бочној страни машине док је Z – оса вертикална у односу на радни сто машине. Z – координата са минус предзнаком означава смер кретања система алата према радном предмету, док позитивна вредност означава одмицање од предмета обраде.

Као што се види на слици (слика 5.5), апсолутни координатни систем односи се на фиксну тачку, а релативне координате на тренутну позицију алата.

Апсолутни координатни систем: Крајњи положај апсолутног координатног система је у нултој тачки машине „М“ или, након програмирања функције премештања координатног система у нултој тачки предмета „W“ (или некој другој тачки по потреби). Све остале тачке се израчунавају у односу на крајњи положај координатног система са вредностима удаљеним по X, Y и Z координатама за глодање, односно X и Z координата за струг. За програмирање струга вредност X координате се уноси као пречник тј. као што је означено на цртежу.

Релативни координатни систем: Крајњи положај координатног система је у референтној тачки постављања алата „N“ или на врху резне оштрице после позива алата у програму. Релативним програмирањем се описује стварна путања алата (од тачке до тачке). У случају струга X координата ће бити уношена као радијус [8].

5.2 Програмирање на управљачкој јединици

CNC програм се састоји од програмских реченица које су уčitане у управљачку јединицу. Са машинском обрадом радног комада ове реченице ће се читати и проверавати на рачунару по програмираном редоследу. Одговарајући управљачки сигнали ће бити послати на машини.

CNC програм се састоји од:

- Броја програма (назив)
- Блокова (реченица)
- Речи
- Адреса (ознака)
- Комбинације бројева (са или без предзнака).

Програмске адресе (ознаке):

- % - број програма 1÷9999,
- L – број потпрограма 1÷9999,
- N – број блока (реченице) 1÷9999,
- G – главна функција (функција путање),
- M – помоћна функција,
- A – угао,
- B – радијус (позитиван предзнак), оборена ивица (негативан предзнак), радијус круга (U – за глодалицу),
- D – корекција алата 1÷99,
- F – посмак, временско стајање,
- I,K – параметри круга, кораци навоја,
- P – број понављања потпрограма,
- R – промениви параметри циклуса,
- S – брзина обртања, брзина резања,
- T – позив алата (позиција у револверском носачу алата),
- X,Z – позиција,
- LF – крај реченице [8].

5.2.1 Опис главних функција („G“ – функције)

G - функције, или како се називају, услови пута, одређују кретање алата током обраде. Пуна адреса G - функције обележава се са Gx, где X представља неки број који дефинише дату функцију. На пример: G1, G28, G110 итд. Функције су дефинисане одговарајућим упутством за руковање одређеном машином. Како постоји разлика између појединих

управљачких јединица, тако постоји и разлика у значењу главних функција. Произвођач глодалице HAAS Toolroom Mill TM-1 даје списак свих речи G функције, као и упутства за њихово коришћење. Главне функције су приказане у (табели 2.). G - функције се деле на функције једноставног кретања и функције сложеног кретања тзв. ``циклусе``. Једноставне функције су оне помоћу којих машина изводи једно кретање или операцију (линеарно, кружно, чекање у месту, одлазак у референтну тачку). Сложене функције или циклуси су оне помоћу којих машина извршава низ кретања и радњи у оквиру једне области – циклус дубоког бушења, циклус обраде жљебова, циклус резања навоја, итд.

Да би машина извршавала оно што хоћемо, уз одређену G-функцију морају стајати и атрибути који одређују позиције алата или неку другу радњу, зависно од врсте G функције. G01 X100 Y100 Z100; G04 P5; G43 X01 Z1

Модалне функције су оне које важе кроз више блокова, све док се не укину неком функцијом из исте класе. То значајно убрзава програмирање јер се дозвољава прескакање писања функција и координата које су у претходним блоковима дате, а нису укинуте неком функцијом из своје класе.

Функције чије значење вреди само унутар једног блока нису модалне, а то су помоћне функције и G - функције из модалне класе 0. У прегледу G – функција (табела 2), поред значења одређене функције, дата је и припадност модалној класи [9].

Редни број	Речи G функције	Значење речи	Модална класа
1.	G00	Брзи ход, позиционирање	01
2.	G01	Линеарна интерполација	01
3.	G02	Кружна интерполација у смеру казаљке на сату (CLW)	01
4.	G03	Кружна интерполација у супротном смеру казаљке на сату(CCLW)	01
5.	G04	Време чекања	00
6.	G09	Тачно заустављање	00
7.	G10	Програмско задавање коректуре алата и нулте тачке	00
8.	G12	Кружно глодање цепова (CW)	00
9.	G13	Кружно глодање цепова (CCW)	00
10.	G17	Избор равни обраде XY	02
11.	G18	Избор равни обраде XZ	02
12.	G19	Избор равни обраде YZ	02
13.	G20	Програмирање у инчном систему	06
14.	G21	Програмирање у метричком систему	06
15.	G28	Одлазак у машинску референтну тачку	00
16.	G29	Одлазак у међуположај пре референтне тачке	00
17.	G31	Функција прескока	00
18.	G35	Аутоматско мерење пречника алата	00

19.	G36	Аутоматско мерење нулте тачке	00
20.	G37	Аутоматско мерење дужине алата	00
21.	G40	Поништавање коректуре пречника алата	07
22.	G41	Корекција пречника алата – лева	07
23.	G42	Корекција пречника алата – десна	07
24.	G43	Компензација дужине алата – позитивна	08
25.	G44	Компензација дужине алата – негативна	08
26.	G47	Гравирање текста	00
27.	G49	Поништавање функција G43 и G44	08
28.	G50	Поништавање функције G51	11
29.	G51	Скалирање	11
30.	G52	Постављање координатног система	00
31.	G53	Опозив текућег координатног система	00
32.	G54- G59	Нулте тачке од 1. до 6.	12
33.	G60	Позиционирање увек из истог смера	00
34.	G61	Тачно заустављање	15
35.	G64	Укидање функције G61	15
36.	G65	Позив макро потпрограма	00
37.	G68	Ротација	16
38.	G69	Поништавање G68	16
39.	G70	Обрада отвора по кругу	00
40.	G71	Обрада отвора по кружном луку	00
41.	G72	Обрада отвора по правцу	00
42.	G73	Дубоко бушење	09
43.	G74	Урезивање навоја – леви навој	09
44.	G76	Фино разбушивање	09
45.	G77	Разбушивање борштанглом дна рупе	09
46.	G80	Поништавање затворених циклуса	09
47.	G81	Циклус бушења	09
48.	G82	Циклус бушења са задржавањем на дну рупе	09
49.	G83	Циклус дубоког бушења са извлачењем струготине	09
50.	G84	Циклус урезивања навоја - десни	09
51.	G85	Циклус разбушивања, развртања са повратним радним ходом	09

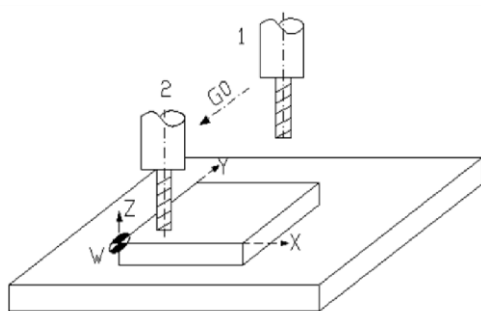
52.	G86	Циклус разбушивања, развртања са заустављањем радног вретена	09
53.	G87	Циклус разбушивања, развртања са ручним повратком	09
54.	G88	Циклус разбушивања са задршком на дну рупе и ручним повратком	09
55.	G89	Циклус разбушивања са задршком на дну рупе	09
56.	G90	Програмирање у апсолутним координатама	03
57.	G91	Програмирање у инкременталним координатама	03
58.	G92	Задавање радног координатног система променом вредности	00
59.	G94	Помоћно кретање дато као померај у минути	05
60.	G98	Повратак алата у стартну тачку циклуса	10
61.	G99	Повратак алата у референтну тачку циклуса	10
62.	G100	Поништавање функције пресликавања око осе	00
63.	G101	Активирање функције пресликавања око осе	00
64.	G102	Програмирање излаза RS- 232	00
65.	G103	Лимитирање прегледа блокова унапред	00
66.	G110- G129	Нулте тачке од 7. до 26.	12
67.	G150	Опште решење глодања џепова	00
68.	G154	Координатни системи (нулте тачке) P1-P99	12
69.	G187	Контрола тачности обраде углова	00

Табела 2 Списак G – функција [9]

5.2.2 Карактеристике појединих G – функција

G0 – Брзи ход, позиционирање

Позиционирање је кретање у брзом ходу (m/min) од тренутне позиције до програмиране позиције (слика 5.6). Програмира се са условом пута G00 и крајњом позицијом алата X, Y, Z. Ова крајња позиција може бити програмирана у апсолутним координатама (у односу на координатни почетак) или инкременталним мерама (у односу на претходну позицију). Кретање по X, Y и Z осе од једне до друге тачке контролисано је линеарним интерполатором. Преваљени пут је правац и све три осе достижу истовремено крајњу позицију.

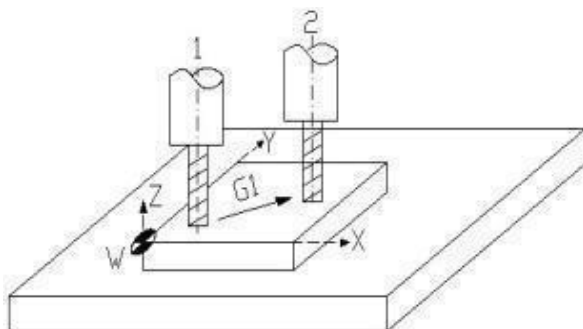


G00 X50. Y60. Z73.
X, Y, Z – координате тачке која се
достиге

Слика 5.6 Брзи ход [9]

G01 – Линеарна интерполација

Кретање са програмираним посмаком. Алат се креће по правој линији одређеном брзином до програмиране тачке (слика 5.7). Све осе достижу истовремено крајњу тачку. Програмира се са условом пута G01, крајњом позицијом алата X, Y, Z и величином F која представља брзину помоћног кретања или посмак.

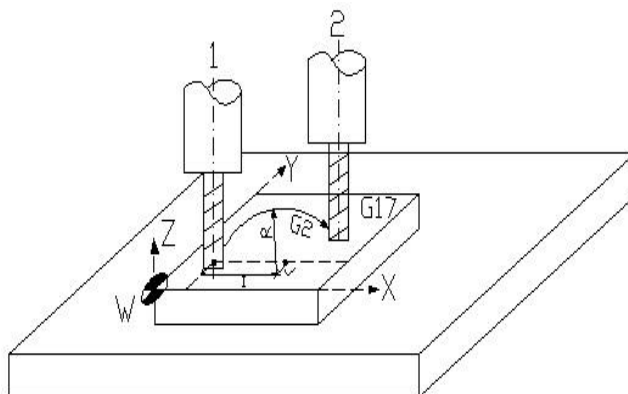


G01 X50. Y60. Z73. F80
X, Y, Z – координате тачке која се
достиге
F – брзина кретања алата-посмак
(mm/min)

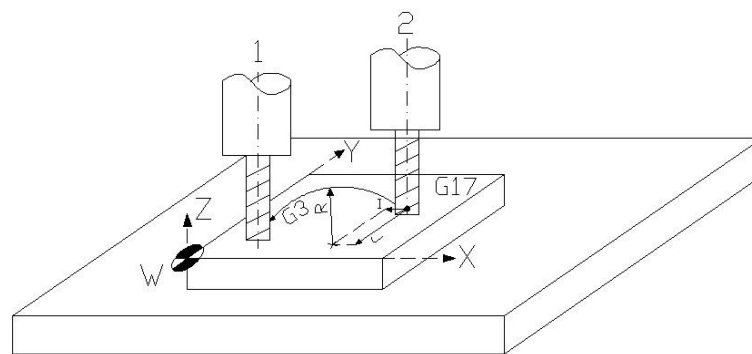
Слика 5.7 Линеарна интерполација [9]

G02/G03 – Кружна интерполација

Кружна интерполација се може изводити у два смера (у смеру казаљке на сату (слика 5.8)/ у супротном смеру од казаљке на сату (слика 5.9).



Слика 5.8 Кружна интерполација (у смеру казаљке на сату, G02) [9]

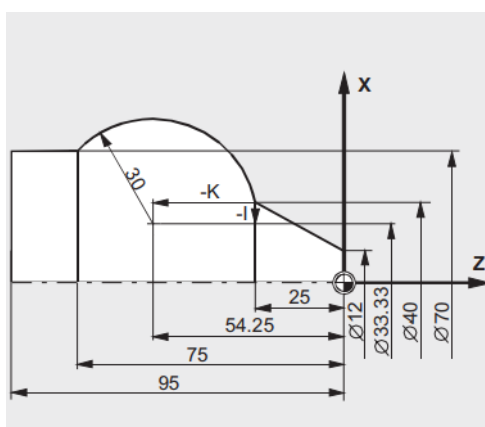


Слика 5.9 Кружна интерполација (у супротном смеру од казаљке на сату, G03) [9]

Кретање са програмираним посмаком. Алат се креће од почетне тачке по једном кружном луку одређеном брзином до крајње тачке. Кретање се изводи у смеру казаљке на сату (слика 5.8), или у смеру супротном од казаљке на сату (слика 5.9). Програмира се са условом пута G02/ G03, крајњом позицијом алата X, Y, Z, радијусом кружног лука R или положајем центра кружног лука I, J, K и величином F која представља брзину помоћног кретања или посмак. Врло је важна чињеница у којој равни се изводи кружна интерполација (XY, XZ или YZ). По укључивању машине важи наредба G17 (раван XY), тако да се не мора наглашавати ако се обрада изводи у равни XY. У колико се обрада врши у некој од две преостале равни (XZ или YZ), потребно је у реченици са G02/ G03 дати и радну раван (G18 или G19).

Постоје две могућности да се програмира кретање по кружници. Прва је да се да полупречник кружног лука R по којем се креће алат (слика 5.11). У том случају нулта тачка мора бити у центру кружнице. Друга могућност, и уједно најсигурнија, је да се дају растојања почетне тачке кретања алата од центра кружнице I, J, K. У овом случају кретање је независно од нулте тачке. Предзнаци растојања I, J, K су врло битни и одређују се смером оса по којима се мери, а у правцу почетне тачке кретања ка центру кружнице (слика 5.10) [10].

Примери програмирања.

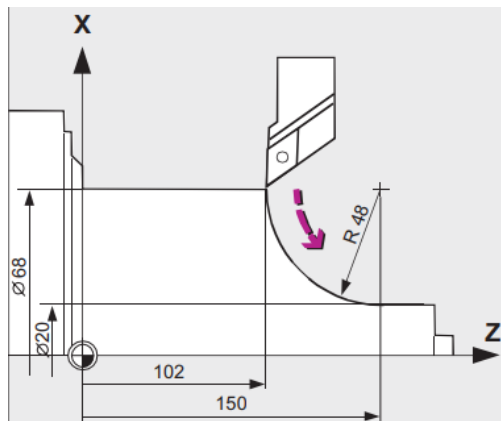


Слика 5.10 Кружна интерполација [10]

```

N10 G0 X12 Z0
N20 G1 X40 Z-25 F0.2
N30 G3 X70 Z-75 I-3.335 K-29.25
X,Y,Z – Координате тачке круга
I,K – Интерполациони параметри (правци: I
у X, K у Z) за одређивање тачке центра круга.

```



N20 G90 G0 X68 Z102
 N30 G90 G3 X20 Z150 CR=48 F300 LF
 CR – Радијус круга
 X... Z... - Дефинисање крајње тачке

Слика 5.11 Кружна интерполација [10]

G10 Програмско задавање коректуре алата и нулте тачке

Функцијом G10 можемо пре или у току радног програма подесити нулту тачку и параметре алата. Треба обратити пажњу на:

L – одабир дужине и пречника алата (корекција дужине и пречника алата, или нулте тачке)

P – одабир редног броја алата или нулте тачке

R – вредност offset за дужину и пречник алата

X, Y, Z, A – померање нулте тачке по X, Y, Z, A (опционо) оси

Да би се исправно дефинисала наредба G10, потребно је придржавати се појединих правила за параметре:

L2 – постављање нулте тачке за G52, G54-G59

L10 – за дужину алата (H код)

L1 или L11 – за коректуру дужине алата (трошење алата, H код)

L12 – за пречник алата (D код)

L13 – за коректуру пречника алата (трошење алата, D код) L20 – постављање нулте тачке за G110-G129.

Параметар се користи за додељивање вредности offset:

P1-P100 – користи за референце offset кодова H или D L10, L13

P0 – G52 референце координатног система L2

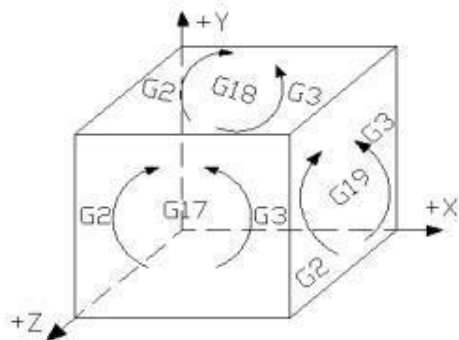
P1-P6 – G54-G59 референце координатних система L2

P1-P20 – G110-G129 референце координатних система L20

G17, G18, G19 – Избор равни обраде XY, XZ, YZ

Наредбе G17, G18 и G19 користе се за назначавање радне равни при кружном кретању. Функције G17 (XY), G18 (XZ) и G19 (YZ) су модалне и поништавају се променом избора

равни (слика 5.12). По укључивању машине активна је раван XY (G17). Компензација радијуса алата G41 и G42 активна је само у XY (G17) равни.



G17 G2 X15. Y20. R12.

формат записа функција G17, G18 и G19 је:

Слика 5.12. Могуће равни обраде [9]

G33 Резање навоја

Функција G33 се користи за операцију резања навоја (слика 5.13). Десни или леви навој се програмирају специфичним смером окретања вретена функцијама M3/M4. Ротација и број обртаја вретена морају да се програмирају пре функције G33.

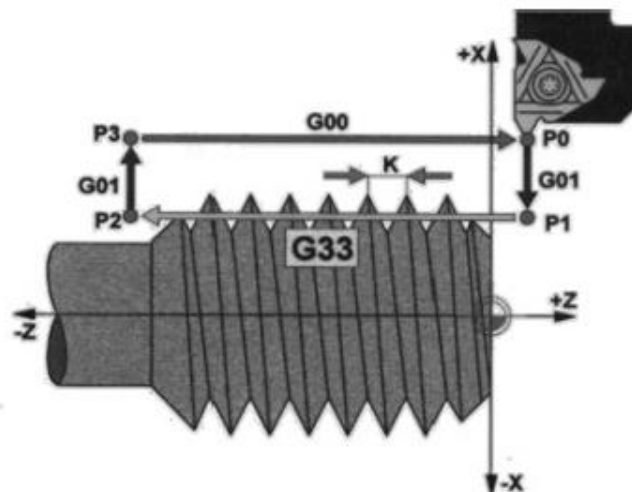
За програмирање коничних навоја уносе се X и Z координате са функцијом G33. Вишеструки навоји могу да се програмирају са *offset* почетним тачкама (SF=...).

N20 G33 Z22 K2 LF

Z, X – последња тачка навоја,

K – корак навоја за цилиндрични навој,

SF – почетна тачка *offset-a* у степенима [10].



Слика 5.13. Резање навоја на стругу [10]

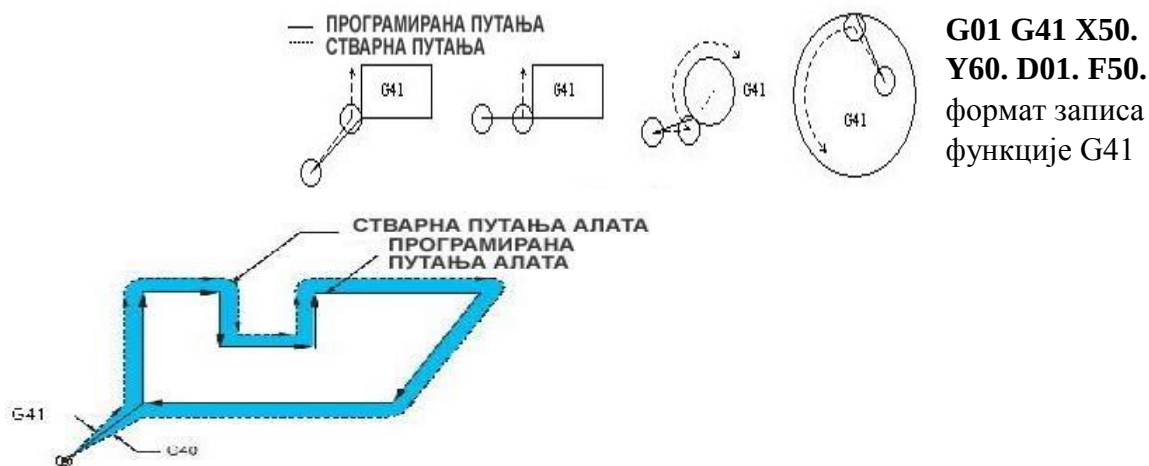
G40 Поништавање коректуре пречника алата

Функцијом G40 се поништава актуелна компензација алата G41 или G42. Такође, програмирањем адресе D0 укидају се компензације. То је модална функција и важи све док се не промени са G41 или G42.

G41 – Корекција пречника алата (2D) – лева

Наредба G41 је модална функција и важи до укидања са G40 или промене са G42. Важи само у једној равни (2D). При коришћењу чита вредност адресе D из офсета меморије машине, а употребом негативне вредности за D понаша се као G42.

Компензација пречника се најлакше одређује посматрањем кретања алата. Ако се посматрач постави у положај алата и креће се датом путањом обраде, алат се налази са леве стране у односу на материјал (слика 5.14). Компензација се може укључити само у оквиру линеарног кретања G00 или G01.

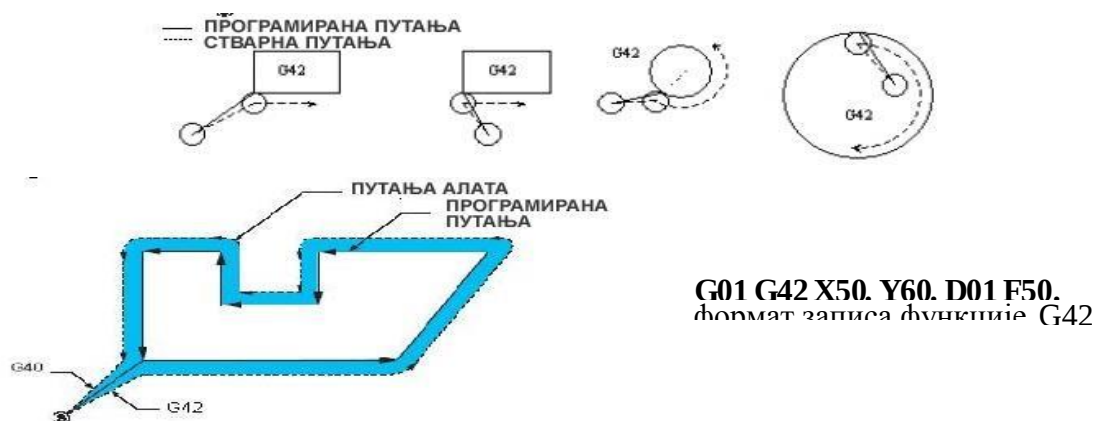


Слика 5.14 Корекција пречника алата – лева и њена примена [9]

G42 Корекција пречника алата (2D) – десна

Наредба G42 је модална функција и важи до укидања са G40 или промене са G41. Важи само у једној равни (2D). При коришћењу чита вредност адресе D из офсета меморије машине, а стављањем негативне вредности за D понаша се као G41.

Компензација пречника се најлакше користи посматрањем кретања алата. Ако се постави у алат положај и креће датом путањом обраде, алат се налази са десне стране у односу на материјал (слика 5.15). Компензација се може укључити само у оквиру линеарног кретања G00 или G01.



Слика 5.15 Корекција пречника алата – десна и њена примена [9]

G54-G59 – Нулте тачке од 1. до 6.

Ове функције представљају меморисане позиције корисничких координатних система који се могу позивати по потреби. Модалне су функције и активне су све док се не замене другом из исте групе. Једноставним уписивањем позиције тачке (X, Y, Z координате) у OFFSET меморији машине постају расположиве за коришћење. Коришћење различитих нултих тачака у оквиру једног програма има веома битну улогу код машина са могућношћу аутоматске измене алата, код више радних делова на палети, а посебно код машина са обртним столовима (А и В осе) [9].

G90 / G91- Апсолутне и инкременталне координате

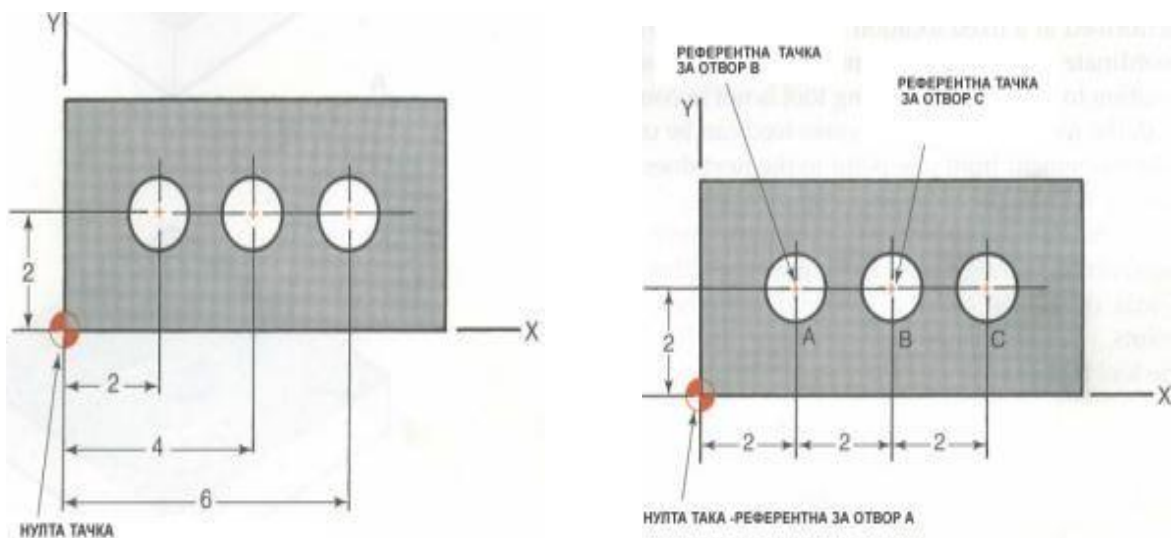
При програмирању димензије обратка се могу узети за координатни систем у апсолутном или релативном облику, те тако настају два облика програмирања, апсолутно и инкрементално.

Код апсолутног система програмирања (G90) све наредбе кретања се односе на једну референтну тачку (нулту тачку). Позиције се дефинишу као апсолутна растојања од нулте тачке (слика 5.16).

Код инкременталног система програмирања (G91) референтна тачка сваког новог кретања је завршна тачка претходног кретања (слика 5.16).

Функција G90 је модална. Код програмирања у овом моду вредности за све координате су апсолутне. Ова наредба је активна по укључењу машине.

Функција G91 је модална. Код програмирања у овом моду вредност за све координате су инкременталне (релативне).



Слика 5.16 Апсолутни и инкрементални систем програмирања [9]

5.2.3 Помоћне М – функције

Помоћне функције искључиво служе за давање инструкција машини алатки. Број помоћних функција је различит, што зависи од управљачке јединице, од намене машине алатке, од обима помоћних инструкција, додатних уређаја и сл. Дефинисане су као и главне функције, адресом, словним симболом М и двоцифреним бројем (табела 3).

Редни број	Речи М функције	Значење речи
1.	M00	Обавезан прекид програма
2.	M01	Опциони прекид програма
3.	M02	Крај програма и заустављање машине
4.	M03	Обртање радног вретена у негативном математичком смеру
5.	M04	Обртање вретена у позитивном математичком смеру
6.	M05	Заустављање вретена
7.	M06	Измена алата
8.	M08	Укључивања СХП средстава
9.	M09	Искључивање СХП средстава
10.	M19	Оријентација вретена
11.	M30	Крај програма са повратком на почетак
12.	M31	Активирање система за одвођење струготине
13.	M33	Деактивирање система за одвођење струготине
14.	M34	Позиционирање уређаја за програмабилно хлађење на доле
15.	M35	Позиционирање уређаја за програмабилно хлађење на доле
16.	M39	Обртање магацина алата
17.	M41	Нижи степен преноса
18.	M42	Виши степен преноса
19.	M76	Гашење дисплеја
20.	M77	Активирање дисплеја
21.	M82	Алат отпуштен
22.	M83-M84	Аутоматски ваздушни пиштољ укључен-искључен
23.	M86	Стезање алата
24.	M88	Укључивање хлађења кроз вретено
25.	M89	Искључивање хлађења кроз вретено
26.	M97	Позивање локалног потпрограма
27.	M98	Позивање потпрограма
28.	M99	Повратак из потпрограма или петље

Табела 3 Списак М – функција [9]

5.2.4 Технике потпрограма и фиксни циклуси

Потпрограми и фиксни циклуси се користе ради лакшег писања програма, и имају за циљ да убрзају тај процес. Раван обраде (G17,G18,G19) и режими резања (помак и број

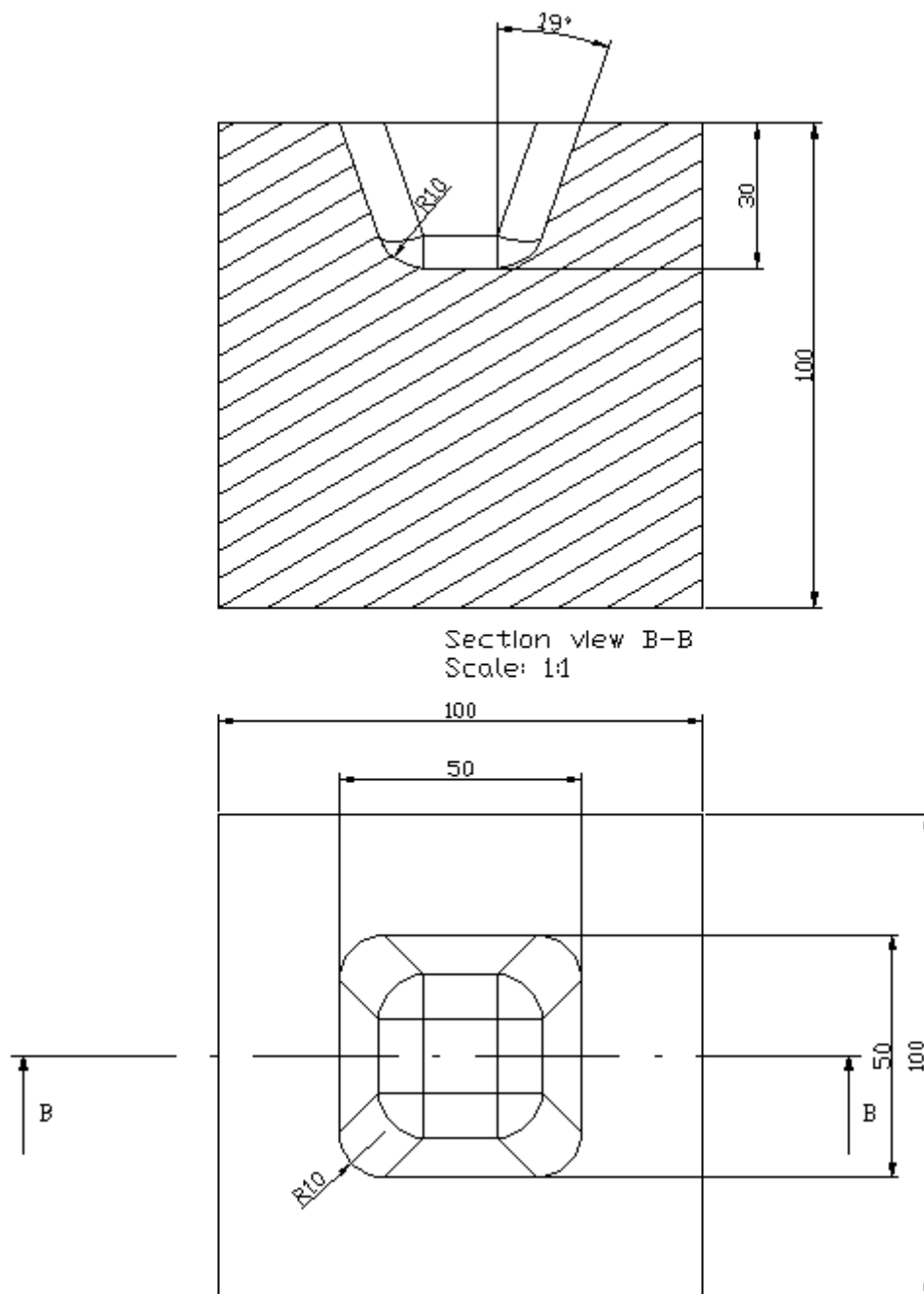
обртања вретена) морају да се дефинишу пре позивања фиксног циклуса. Циклус мора увек да буде у одвојеном блоку. Програмски едитор у управљачкој јединици нуди функцију програмске помоћи за генерисање позива фиксних циклуса. У следећој табели (табела 4) приказани су основни циклуси који се користе.

Редни број	Називи циклуса	Значење речи
1.	CYCLE81	Бушење, центрирање
2.	CYCLE82	Бушење, проширивање
3.	CYCLE83	Дубоко бушење
4.	CYCLE84	Круто урезивање навоја
5.	CYCLE840	Урезивање навоја са пливајућим стезачем
6.	CYCLE85	Бушење (ножем) 1
7.	CYCLE86	Бушење (ножем) 2
8.	CYCLE87	Бушење (ножем) 3
9.	CYCLE88	Бушење (ножем) 4
10.	CYCLE89	Бушење (ножем) 5
11.	HOLES1	Низ рупа
12.	HOLES2	Рупе по кругу
13.	LONGHOLE	Продужене рупе по кругу
14.	SLOT1	Жлебови по кругу
15.	SLOT2	Жлебови по ободу круга
16.	POCKET1	Глодање правоугаоног џепа
17.	POCKET2	Глодање кружног џепа
18.	CYCLE90	Глодање навоја
19.	CYCLE93	Циклус за усеке
20.	CYCLE94	Циклус за израду жлеба
21.	CYCLE95	Циклус за уклањање материјала
22.	CYCLE96	Жлеб код навоја
23.	CYCLE97	Резање навоја
24.	CYCLE98	Низ навоја

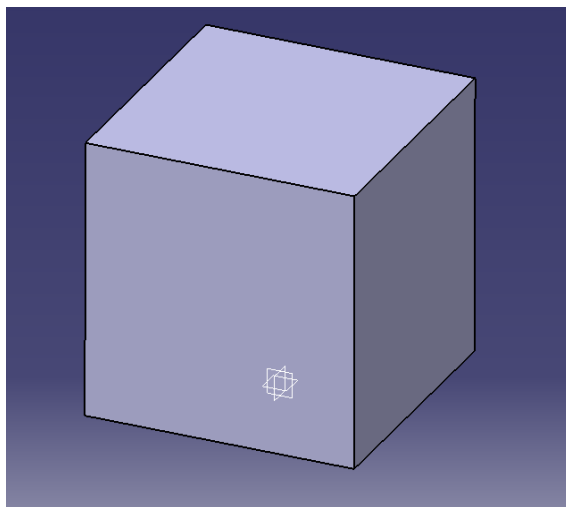
Табела 4 Списак циклуса [10]

6. Утицај избора алата на квалитет и време обраде

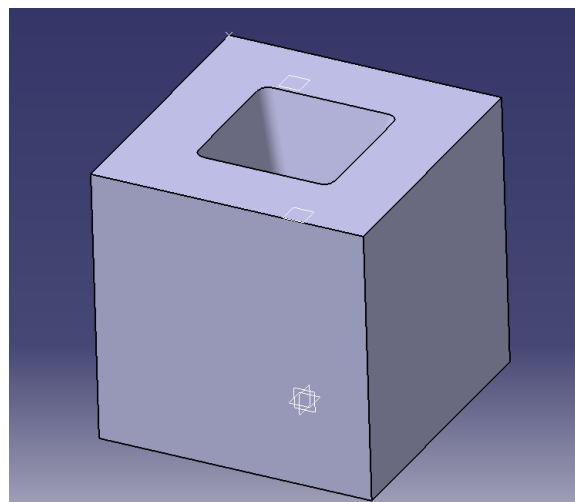
У овом поглављу приказано је моделирање дела као и симулација обраде дела у софтверском пакету **CATIA V5R21**. Цртеж дела дат је на следећој слици (слика 6.1). Извршено је поређење већег броја алата, и како њихов избор може заједно са параметрима обраде да утиче на време и квалитет готовог дела. Део се састоји из припремка (слика 6.2) и обрадка (слика 6.3).



Слика 6.1 Цртеж дела

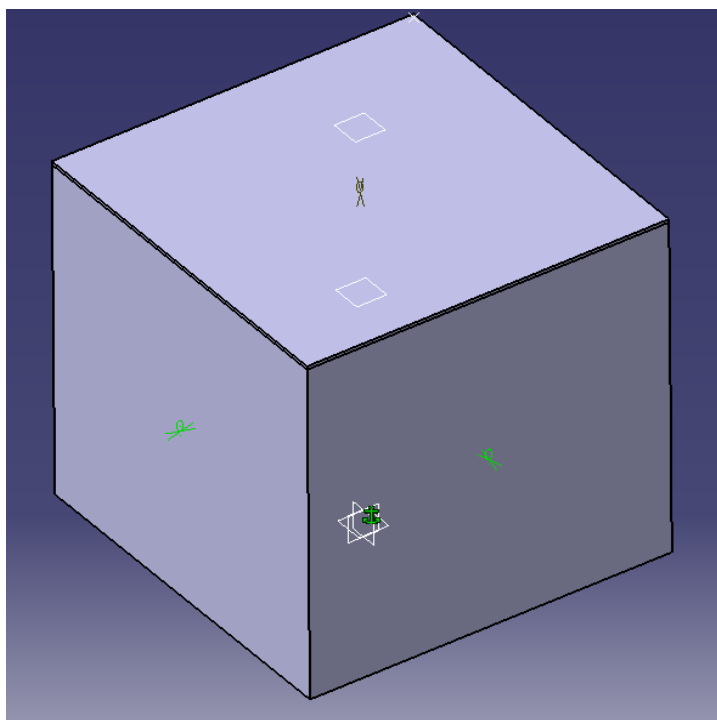


Слика 6.2 Припремак



Слика 6.3 Обрадак

Након тога извршено је спајање припремка и обрадка (слика 6.4).

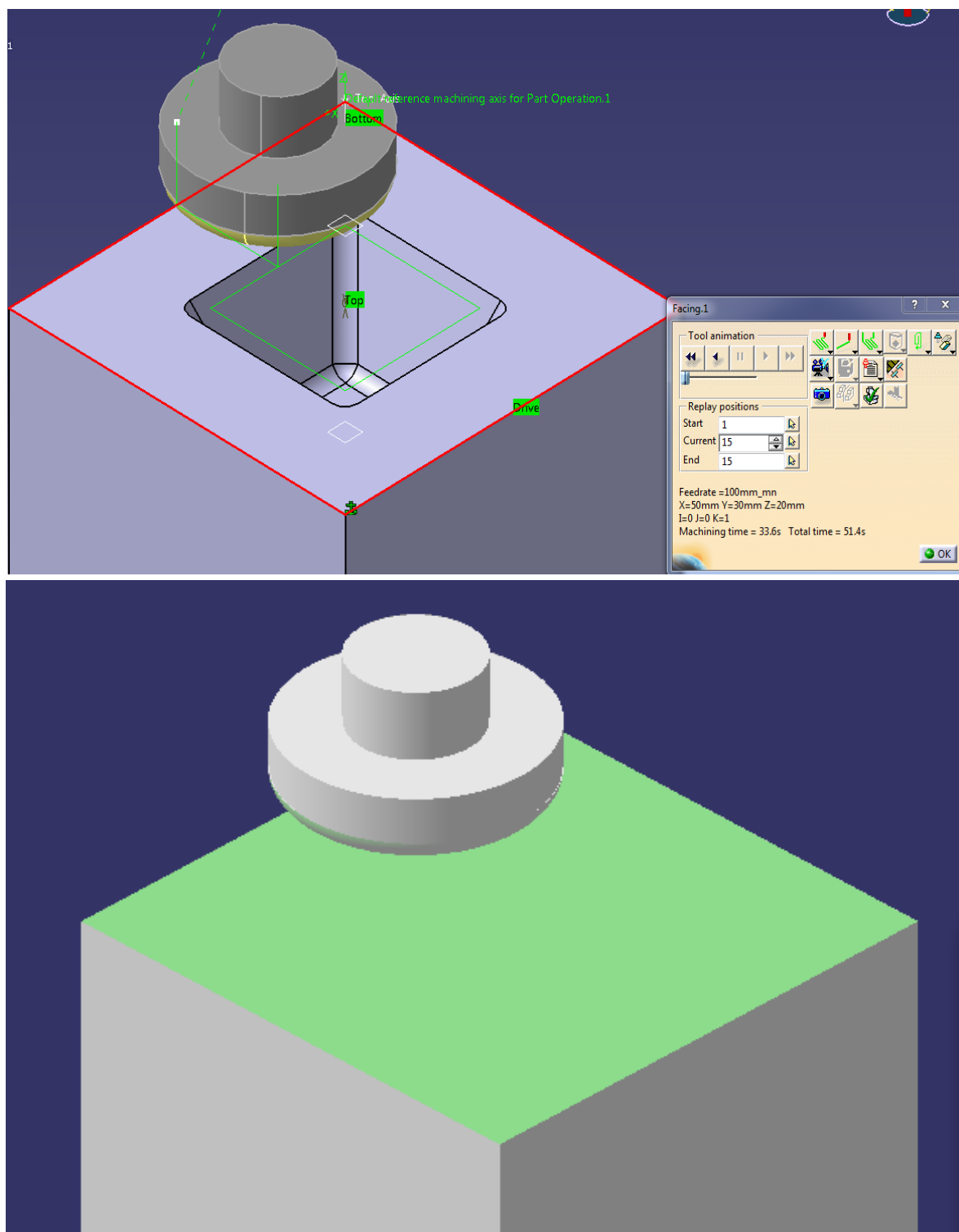


Слика 6.4 Склоп припремка и обрадка

Обрада се састоји из три операције:

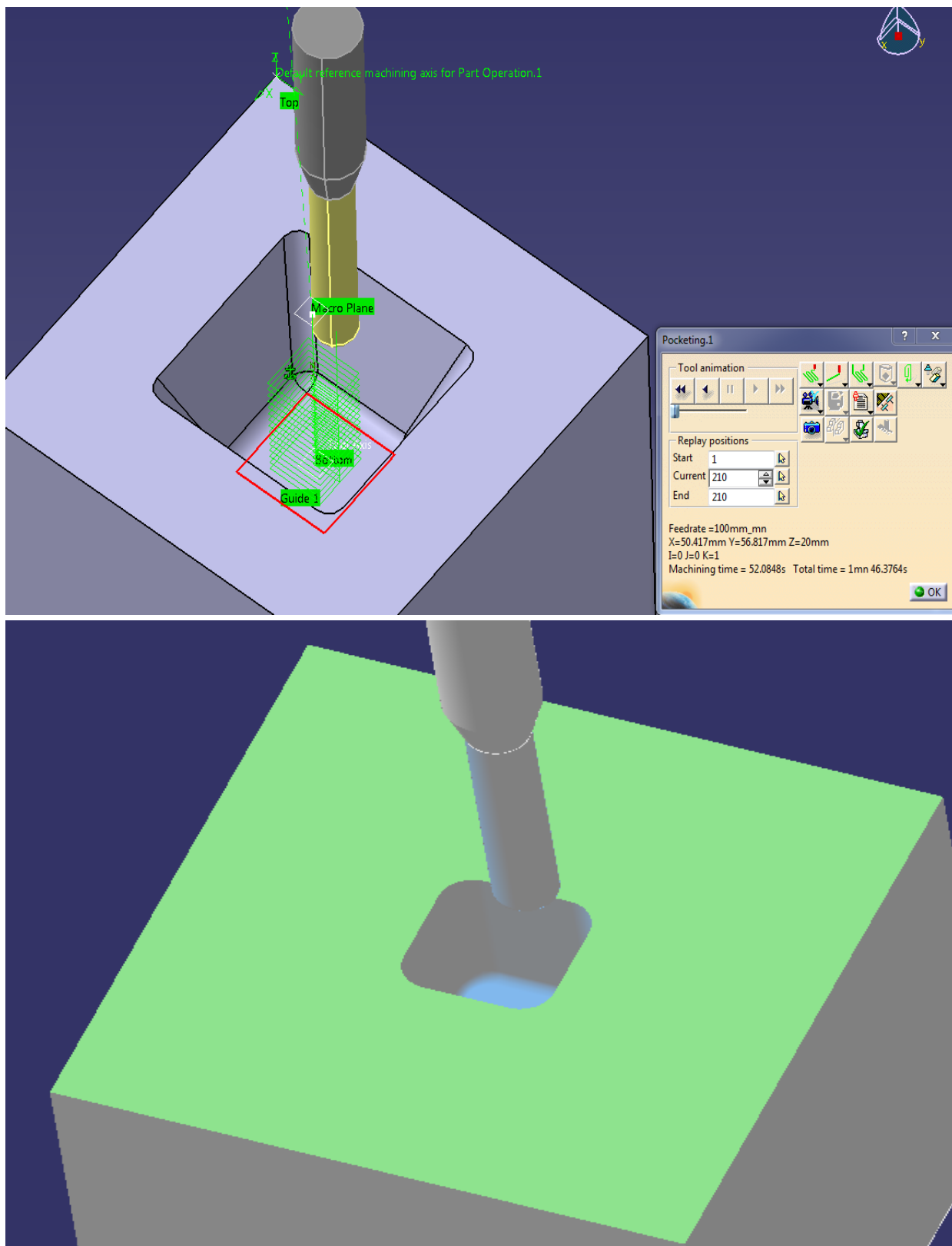
1. Чеона обрада
2. Израда острва
3. Израда закошења

Прва операција је чеона обрада (слика 6.5) која се изводи са чеоним глодалом пречника 50 mm.



Слика 6.5 Чеона обрада

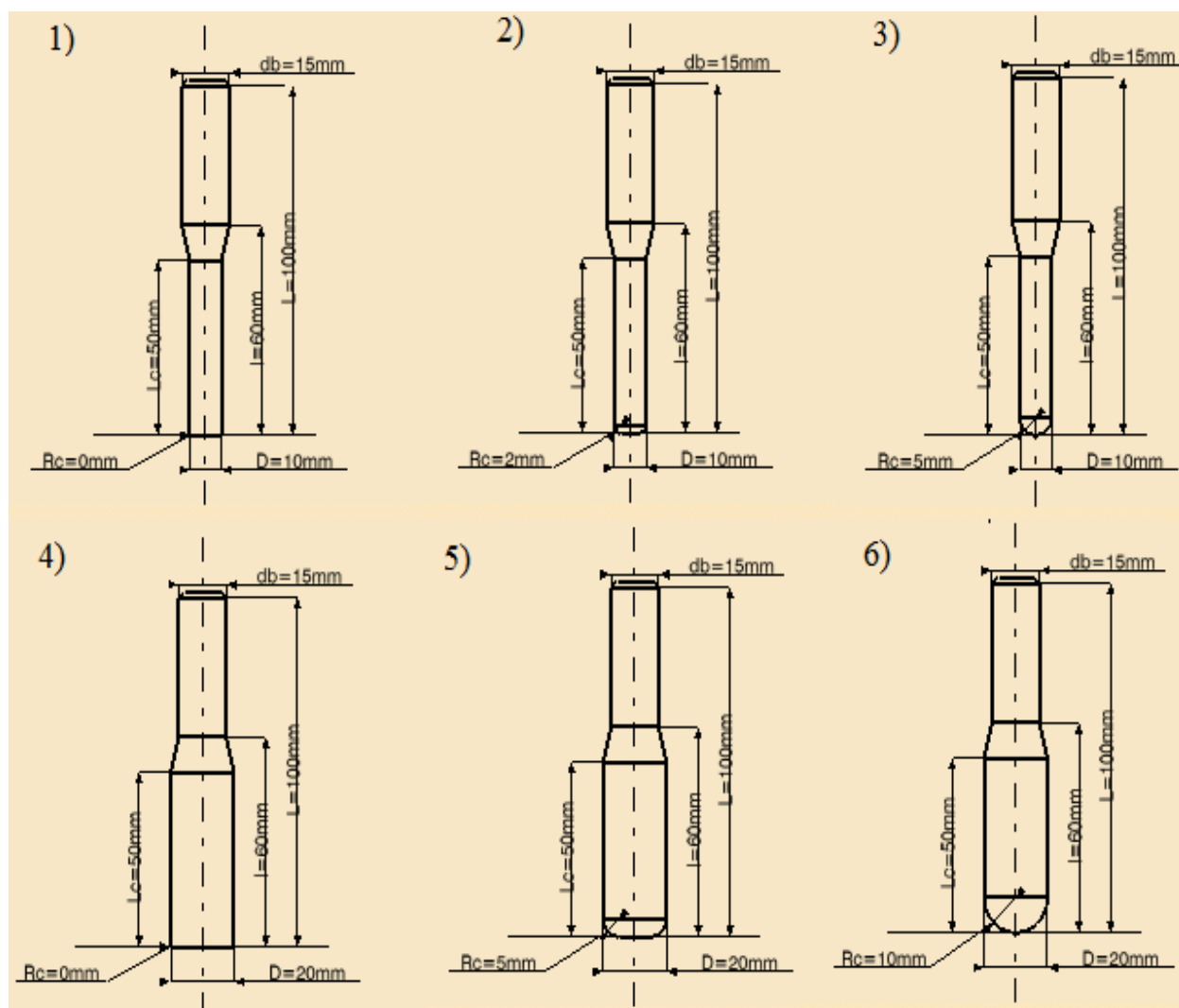
Друга операција је израда острва (слика 6.6) која се изводи са глодалом пречника 10 mm.



Слика 6.6 Израда џепа

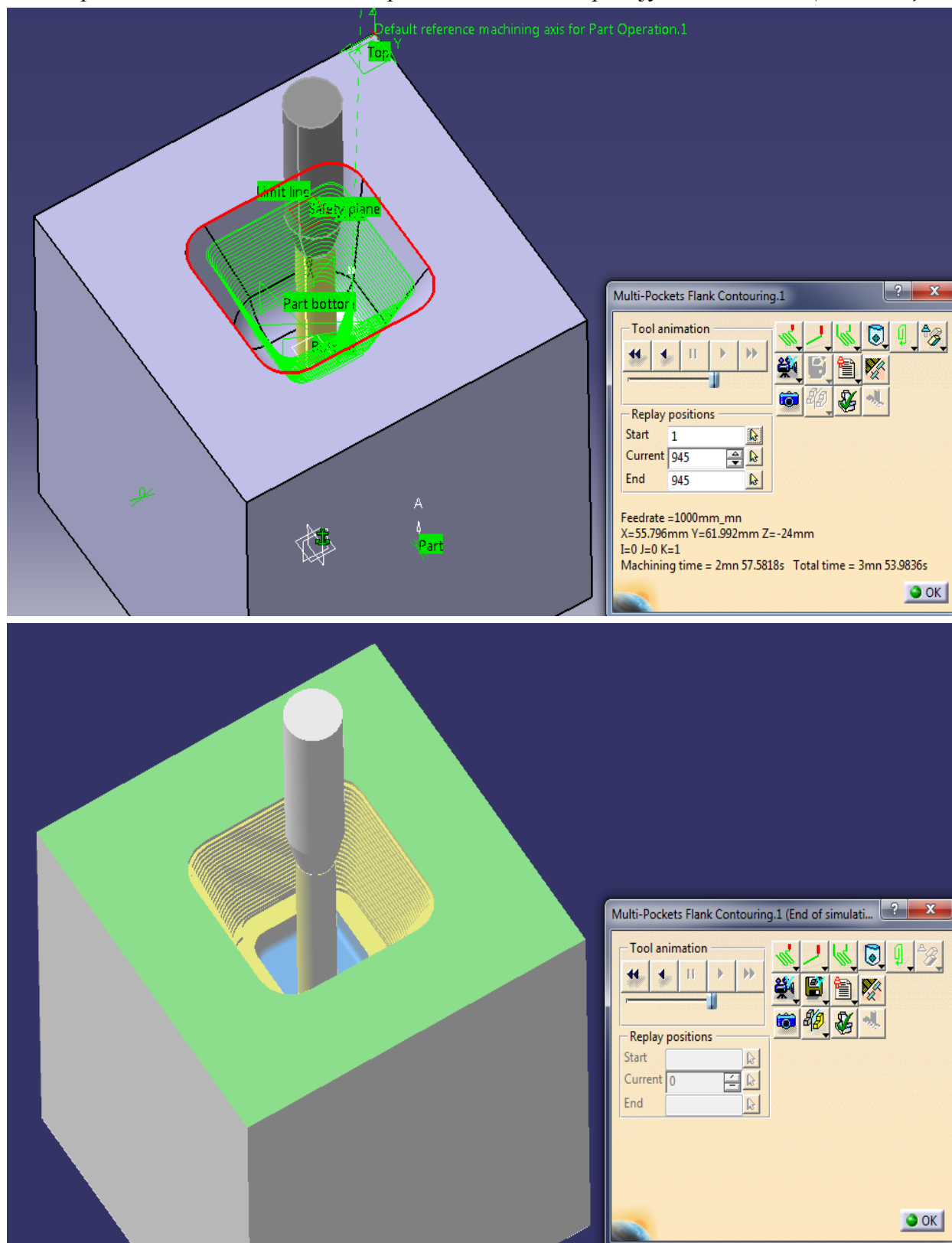
Трећа операција је израда закошења, која је урађена са већим бројем различитих алата. Алати употребљени за израду закошења су (слика 6.7):

1. глодало пречника 10 mm без радијуса на ивицама
2. глодало пречника 10 mm са радијусом од 2 mm
3. глодало пречника 10 mm са радијусом од 5 mm
4. глодало пречника 20 mm без радијуса на ивицама
5. глодало пречника 20 mm са радијусом од 5 mm
6. глодало пречника 20 mm са радијусом од 10 mm



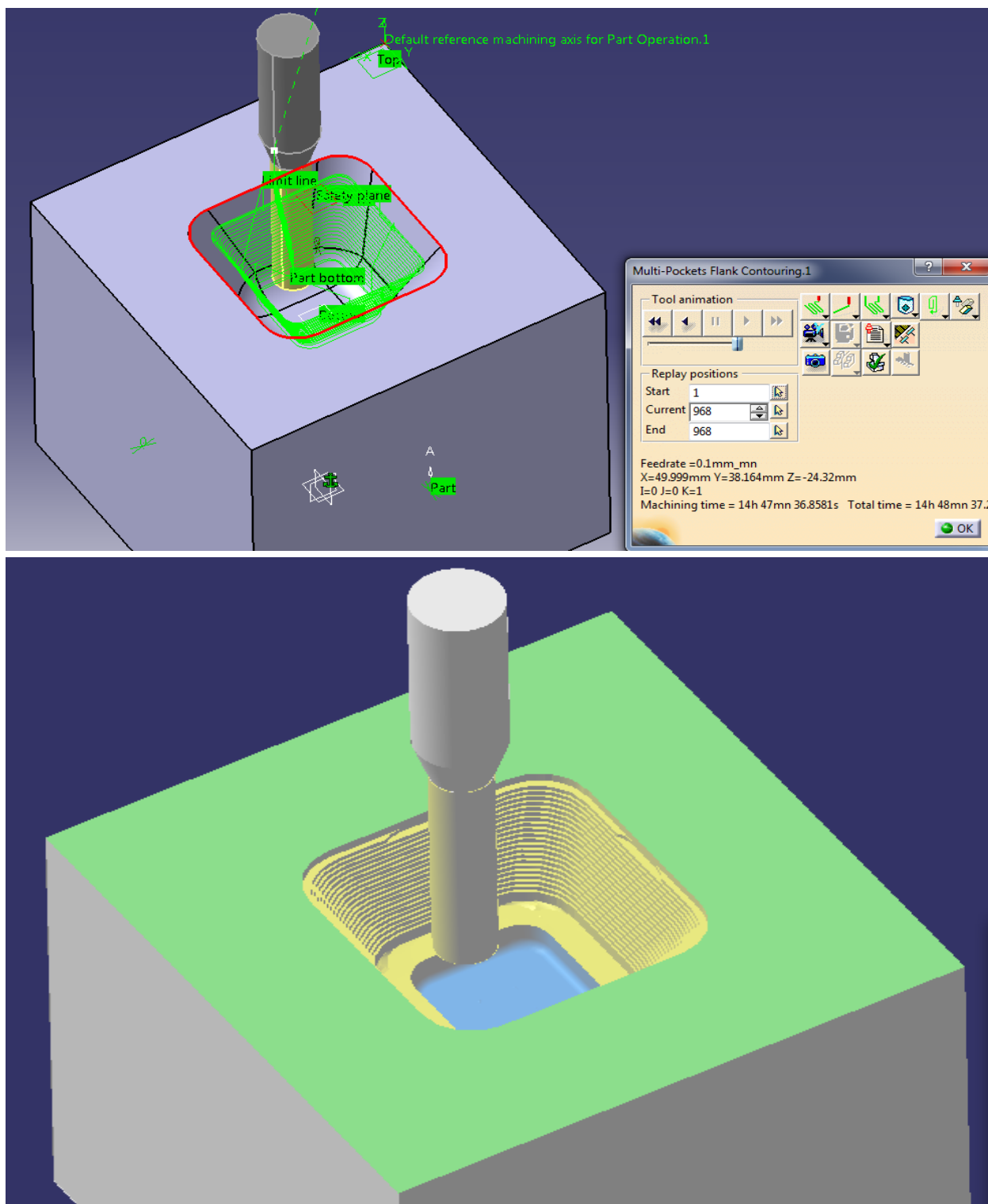
Слика 6.7 Алати употребљени за израду закошења

Израда закошења са глодалом пречника 10 mm без радијуса на ивицама (слика 6.8).



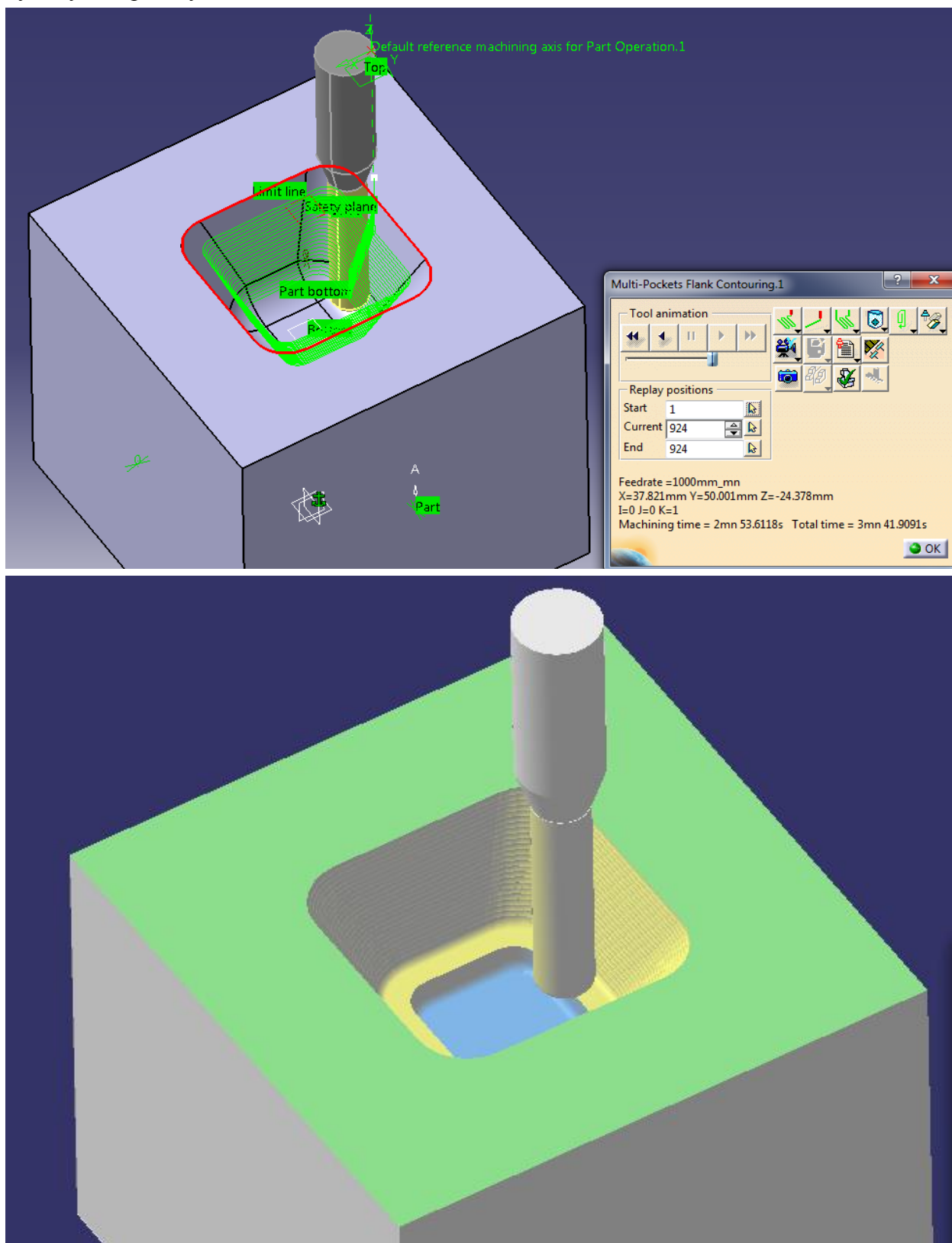
Слика 6.8 Израда закошења глодалом пречника 10mm без радијуса на ивицама

Израда закошења са глодалом пречника 10 mm без радијуса на ивицама са фином завршном обрадом (слика 6.9). Овај алат није погодан за овакву врсту обраде, и код њега би дубина по пролазу требала да буде минимална. Бољи квалитет стране се добија када се придода и завршна обрада, али се време израде повећава вишеструко и то није економски исплативо.



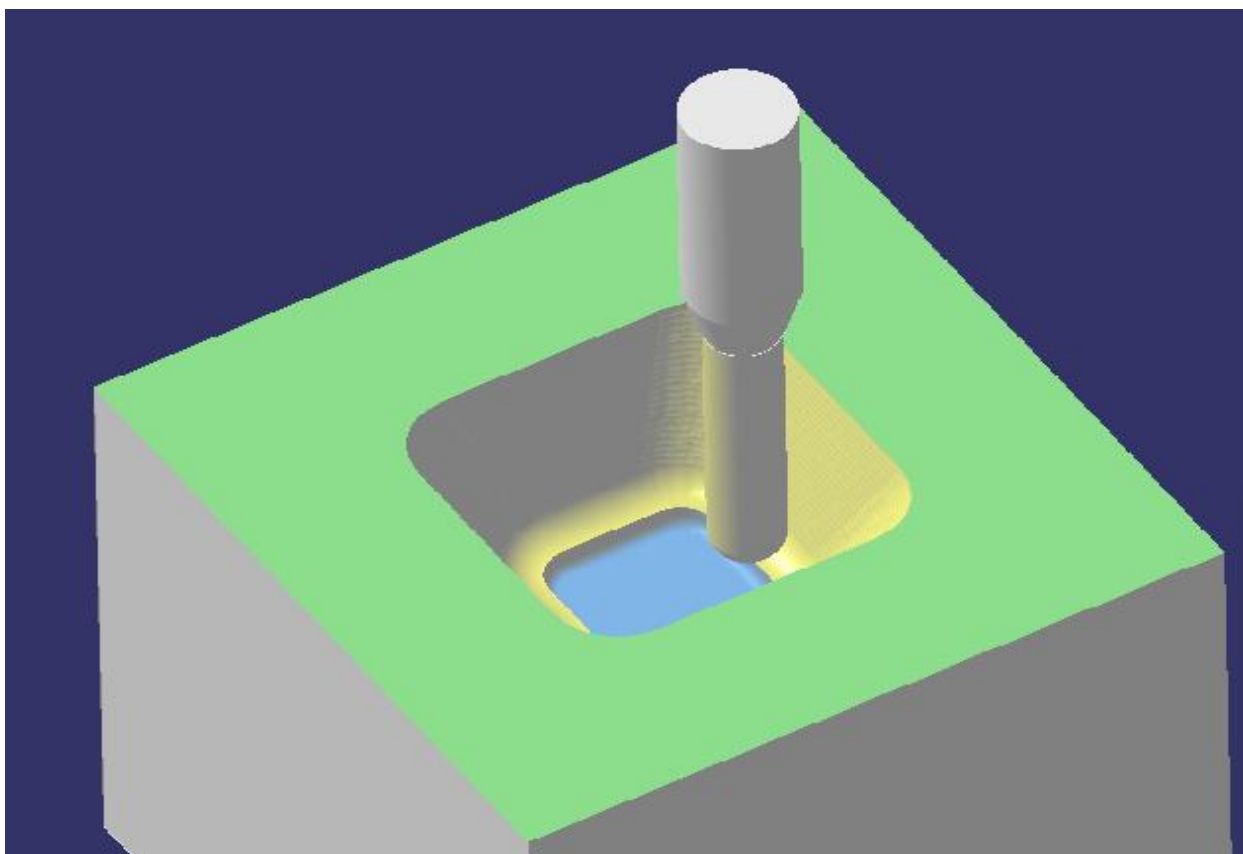
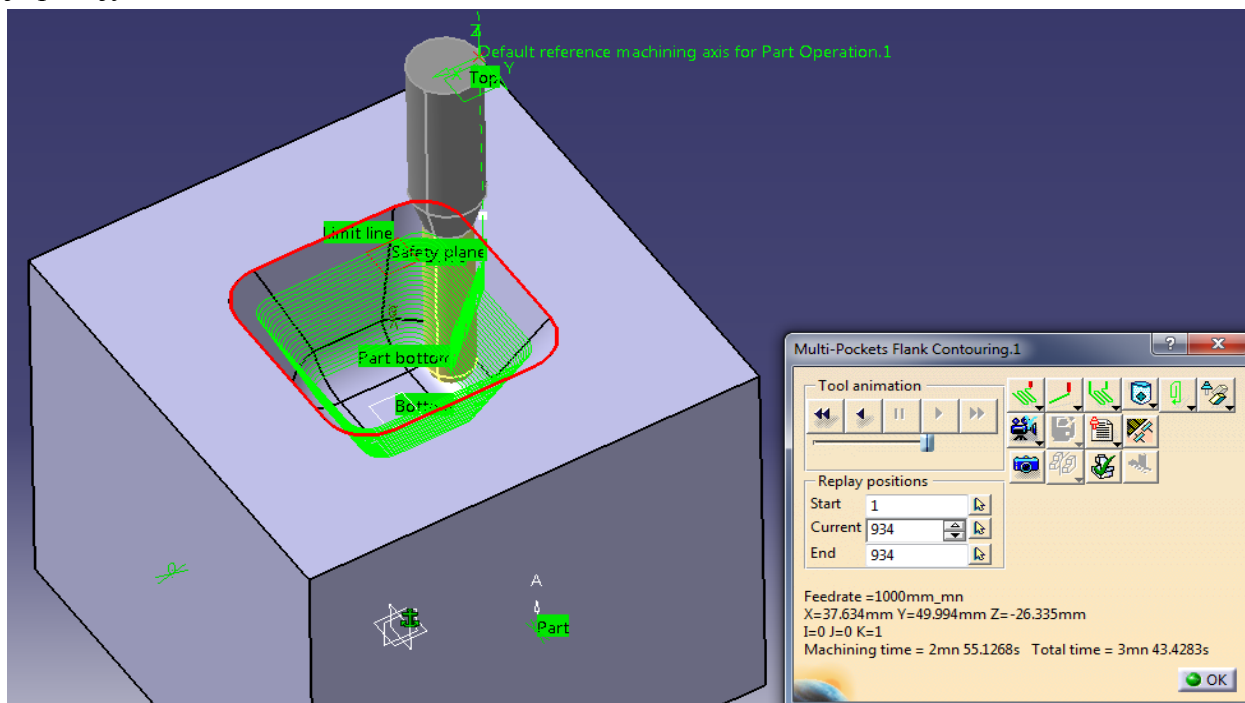
Слика 6.9 Израда закошења глодалом пречника 10 mm без радијуса на ивицама са фином завршном обрадом

Израда закошења са глодалом пречника 10 mm и радијусом од 2 mm (слика 6.10). У односу на претходни алат, квалитет израде је нешто бољи, за исто време обраде и исту дубину по пролазу од 1 mm.



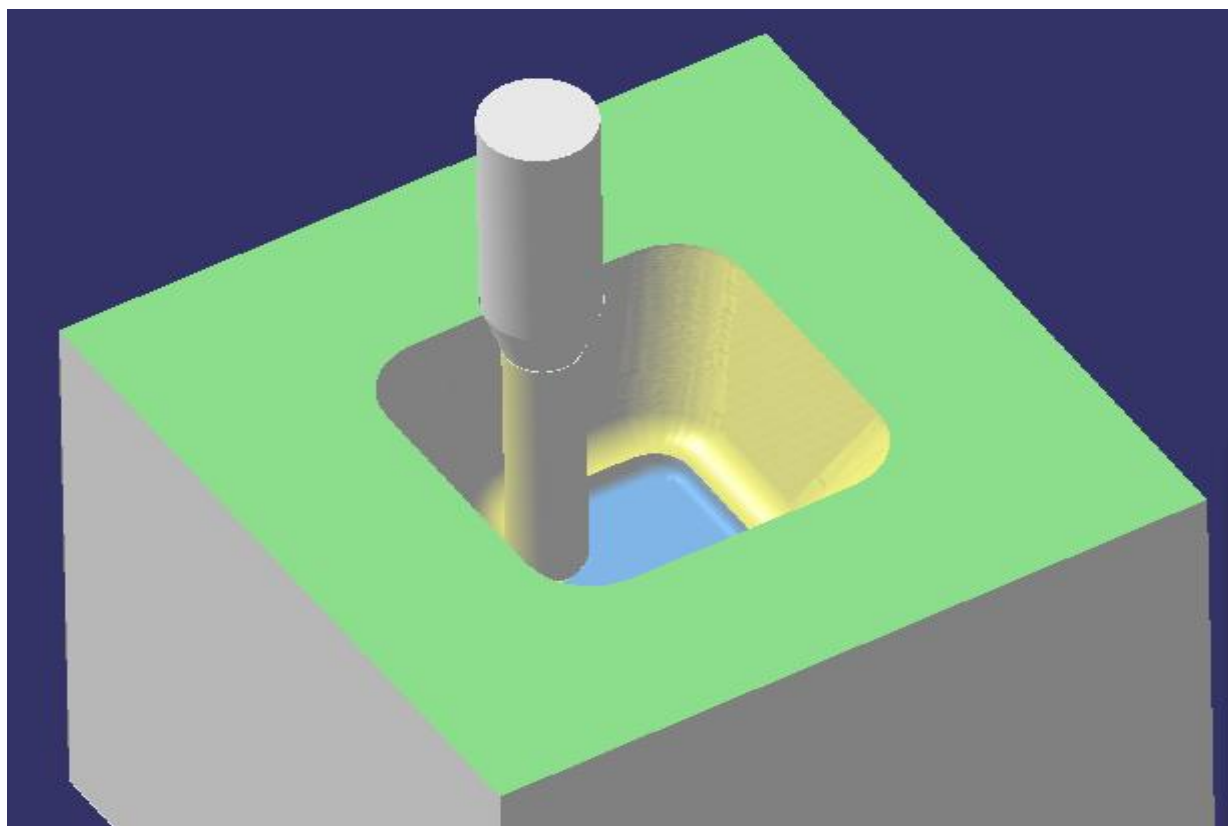
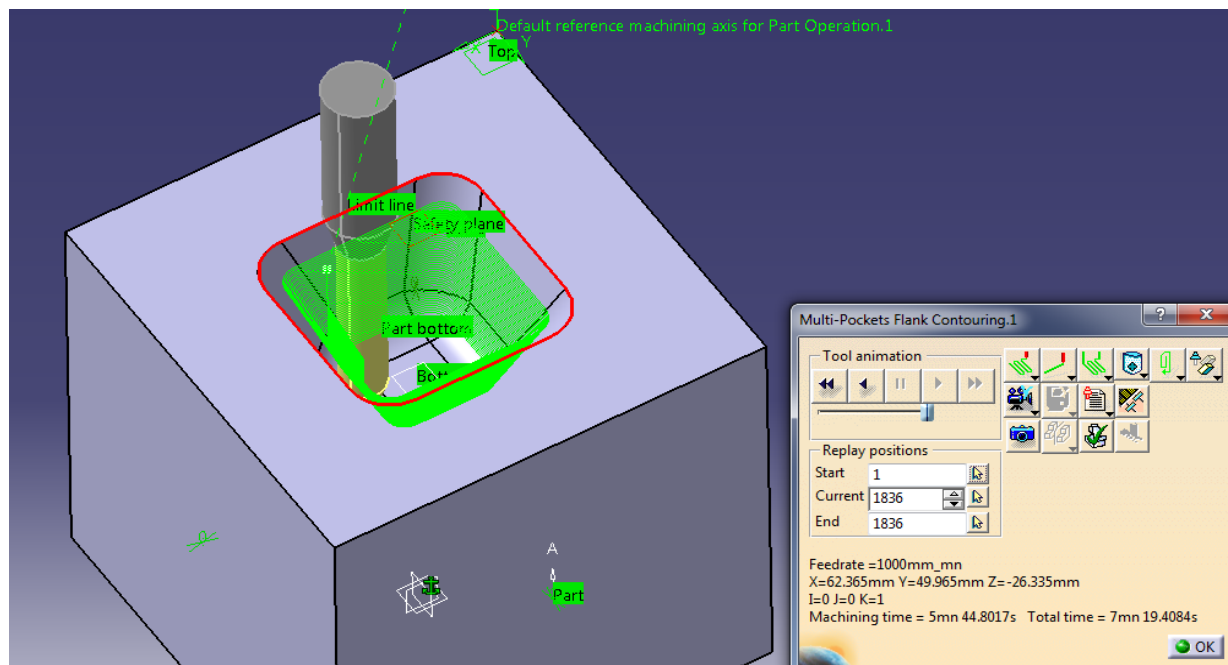
Слика 6.10 Израда закошења глодалом пречника 10 mm са радијусом од 2 mm

Израда закошења са глодалом пречника 10 mm и радијусом од 5 mm (слика 6.11). Од свих алата пречника 10 mm, овај алат се показао најбоље. Добија се најбољи квалитет површине и долази се до закључка да ће обрада са истим пречником глодала бити боља ако је радијус већи.



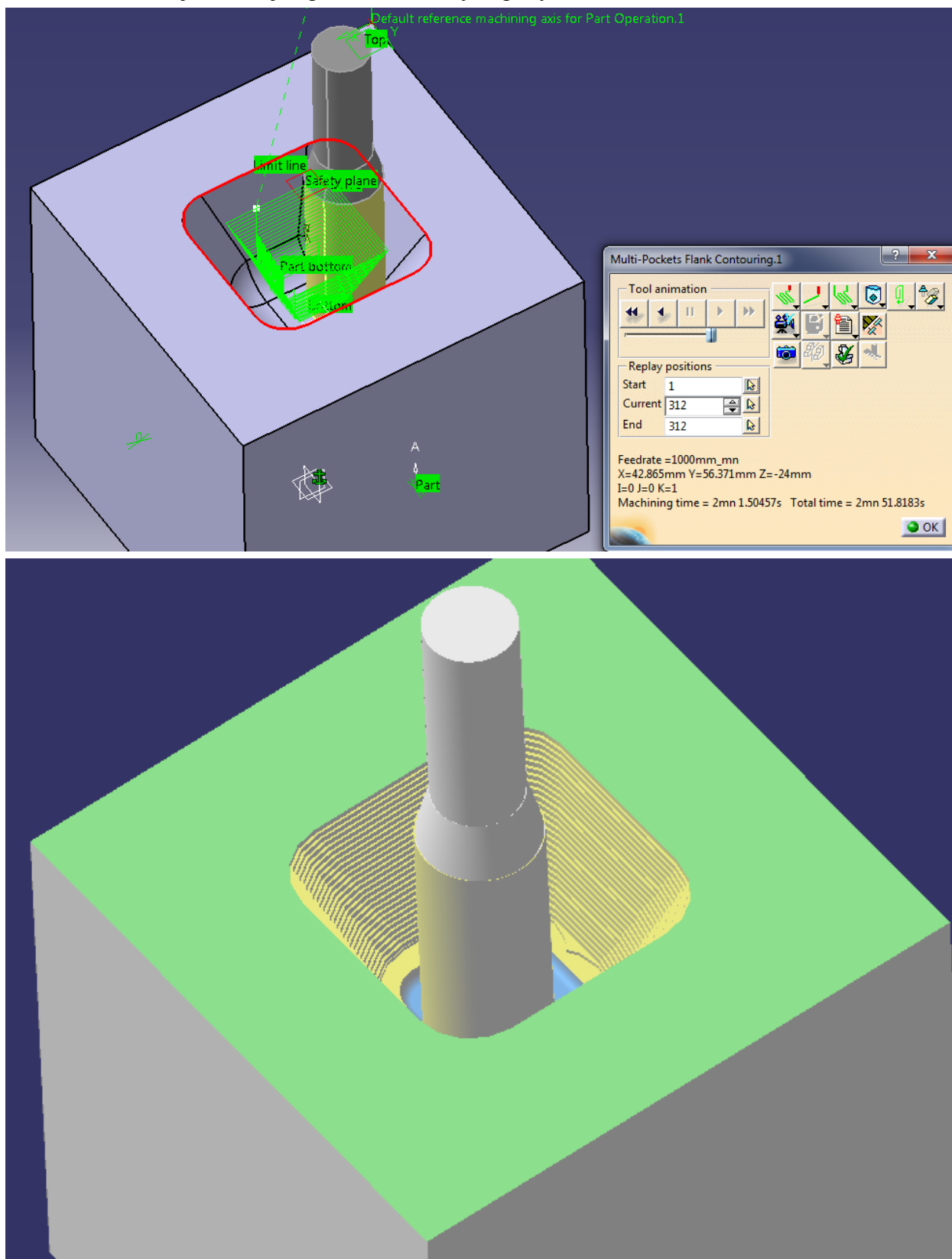
Слика 6.11 Израда закошења глодалом пречника 10 mm са радијусом од 5 mm

Израда закошења са глодалом пречника 10 mm и радијусом од 5 mm на глодалу са мањом дужином по пролазу. (слика 6.12). За разлику од претходних слика, овде је приказана обрада са истим алатом али је смањена дужина по пролазу на 0,5 mm. Време обраде се повећава али је то оправдано, зато што се добија жељени квалитет површине.



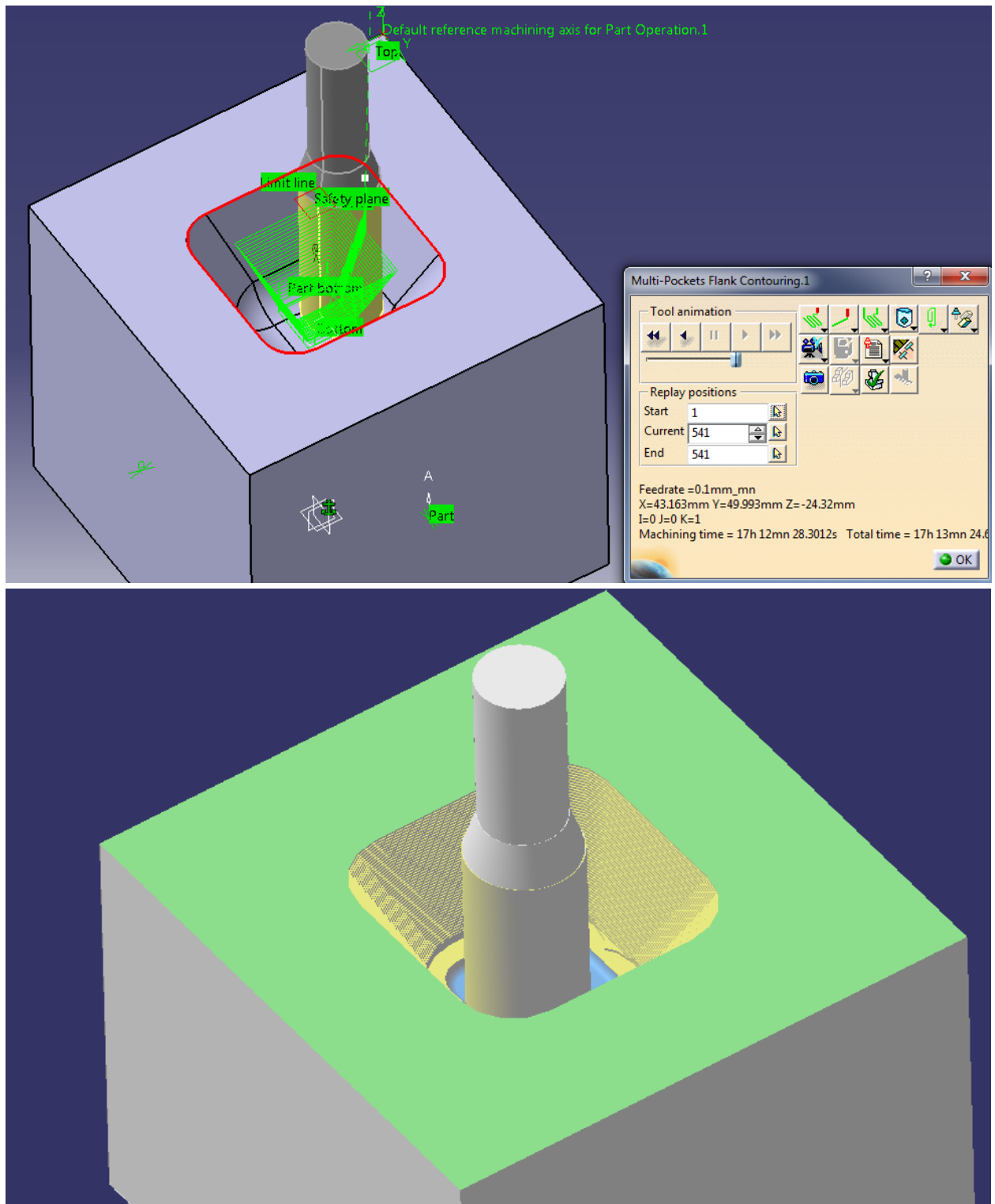
Слика 6.12 Израда закошења глодалом пречника 10 mm са радијусом од 5 mm са мањом дужином по пролазу

Израда закошења са глодалом пречника 20 mm без радијуса на ивицама (слика 6.13). Као и у претходном случају, код алата без радијуса добија се степенаста ивица закошења, што значи да овај алат није практичан за ову обраду.



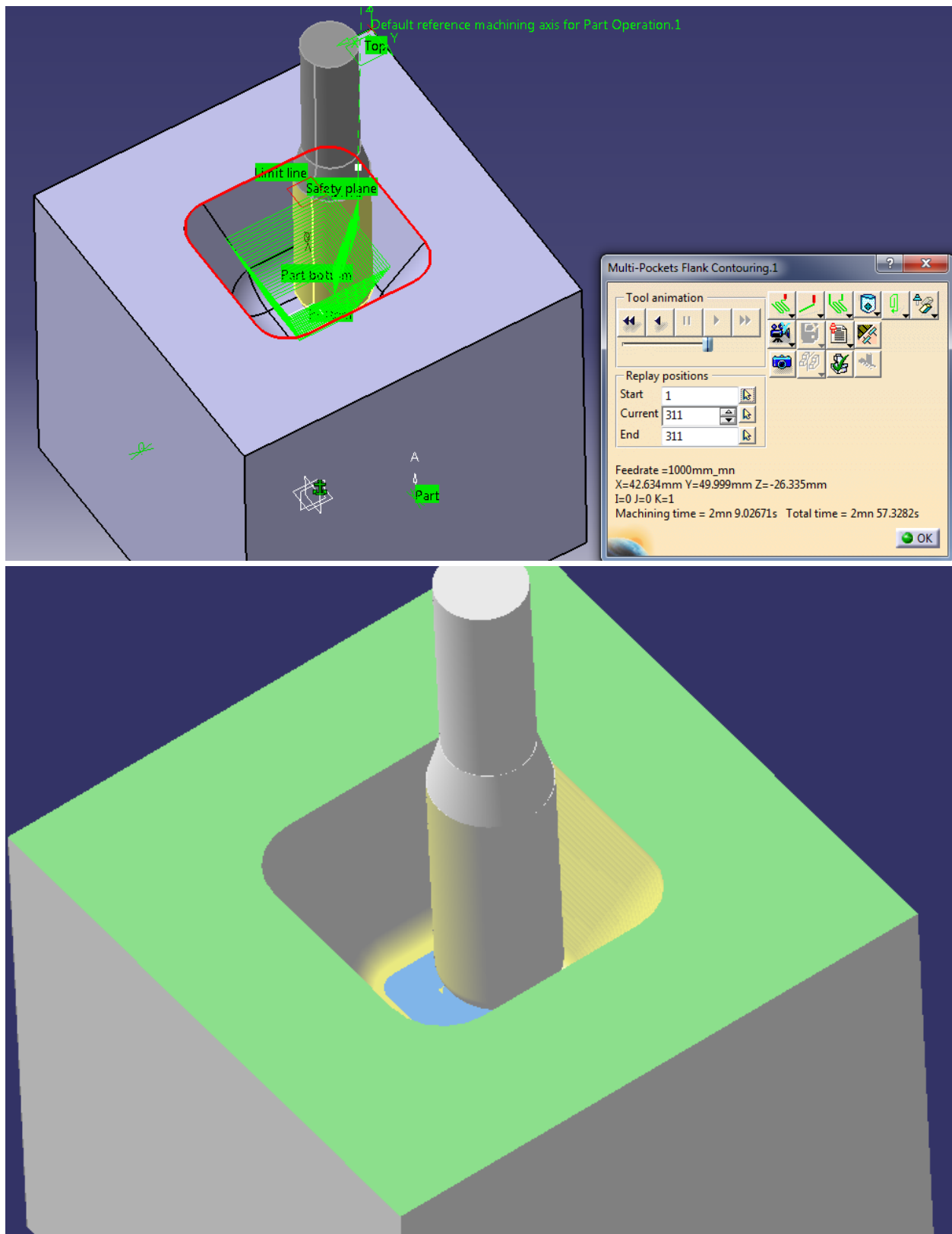
Слика 6.13 Израда закошења глодалом пречника 10 mm без радијуса на ивицама

Израда закошења са глодалом пречника 20 mm без радијуса на ивицама са фином завршном обрадом (слика 6.14). Завршна обрада служи да се добије већи квалитет површине. У овом случају време израде као што је приказано на слици је повећано са неколико минута на неколико сати, тако да се овај начин са овим алатом не препоручује.



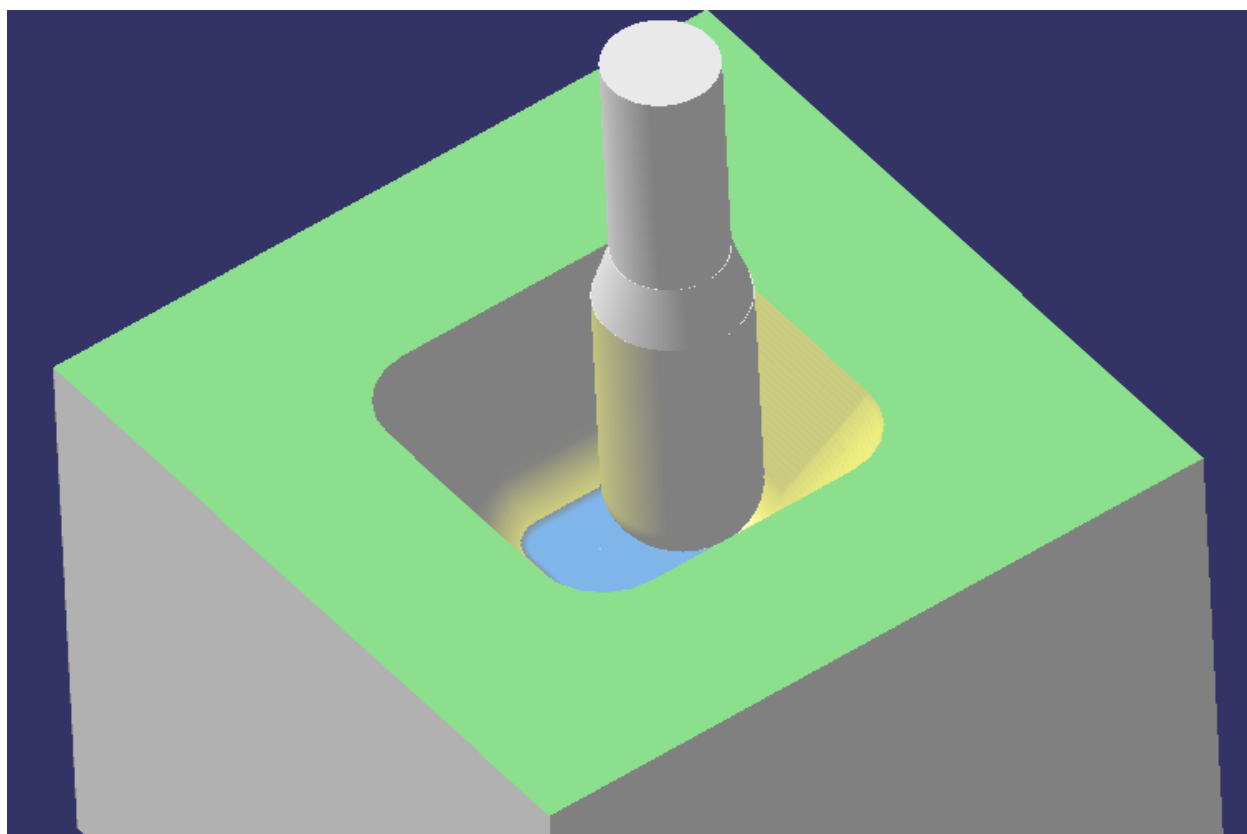
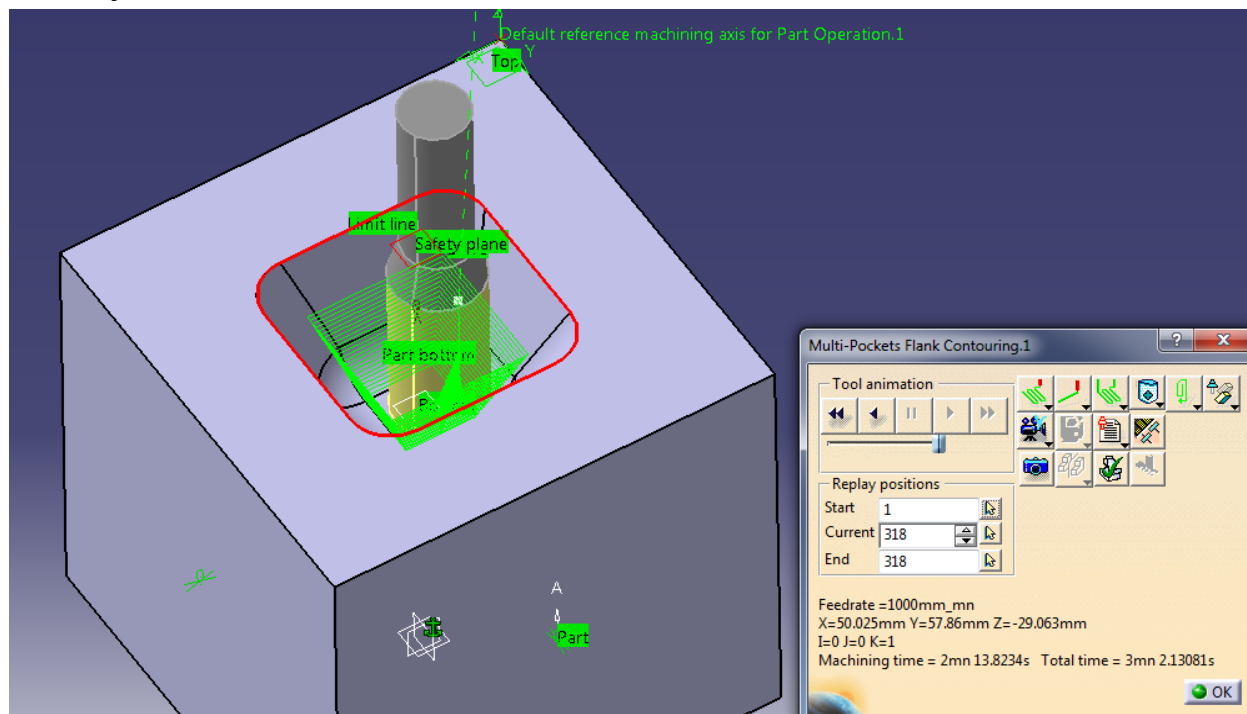
Слика 6.14 Израда закошења глодалом пречника 10 mm без радијуса на ивицама са фином завршном обрадом

Израда закошења са глодалом пречника 20 mm и радијусом од 5 mm (слика 6.15). Време израде у овом случају је исто као и код истог пречника алата без радијуса и без завршне обраде, али је закошена ивица много већег квалитета.



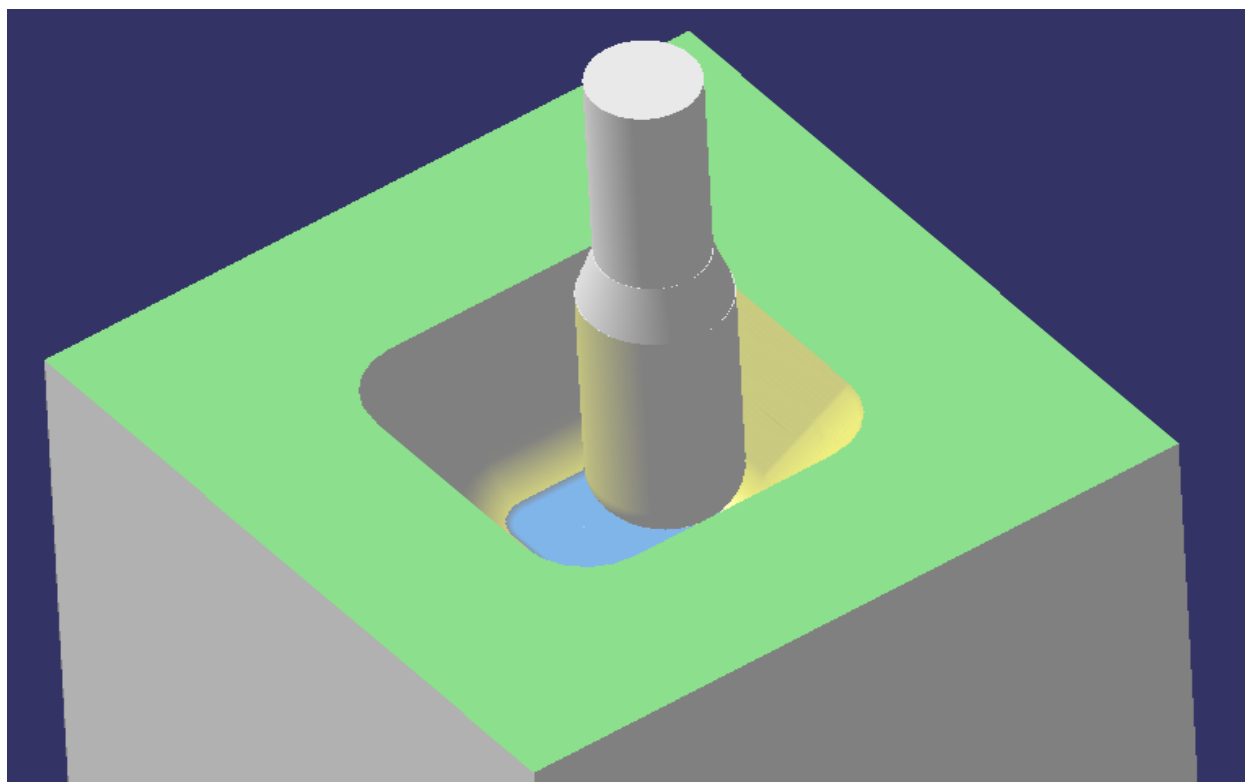
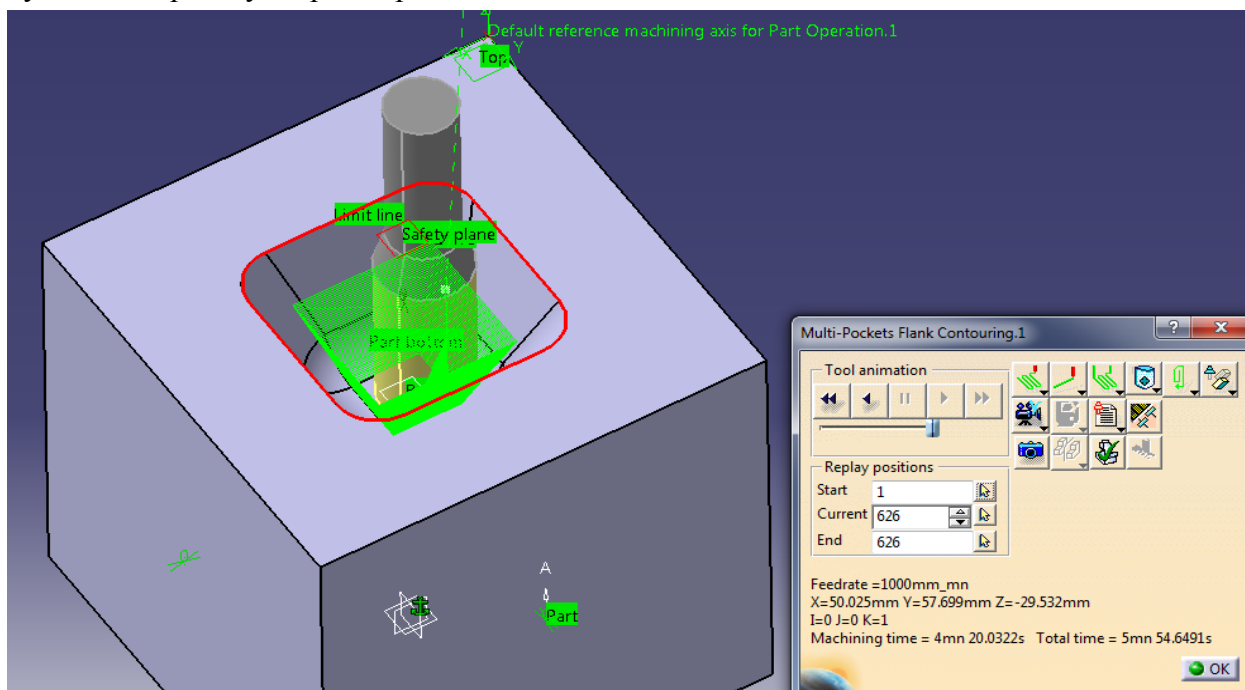
Слика 6.15 Израда закошења глодалом пречника 20 mm са радијусом од 5 mm

Израда закошења са глодалом пречника 20 mm са радијусом од 10 mm (слика 6.16). Као и у претходна два случаја, време обраде је исто али је квалитет обраде код овог алата највећи. Од свих алата који су овде коришћени, најбоље експлоатационе карактеристике има овај алат.



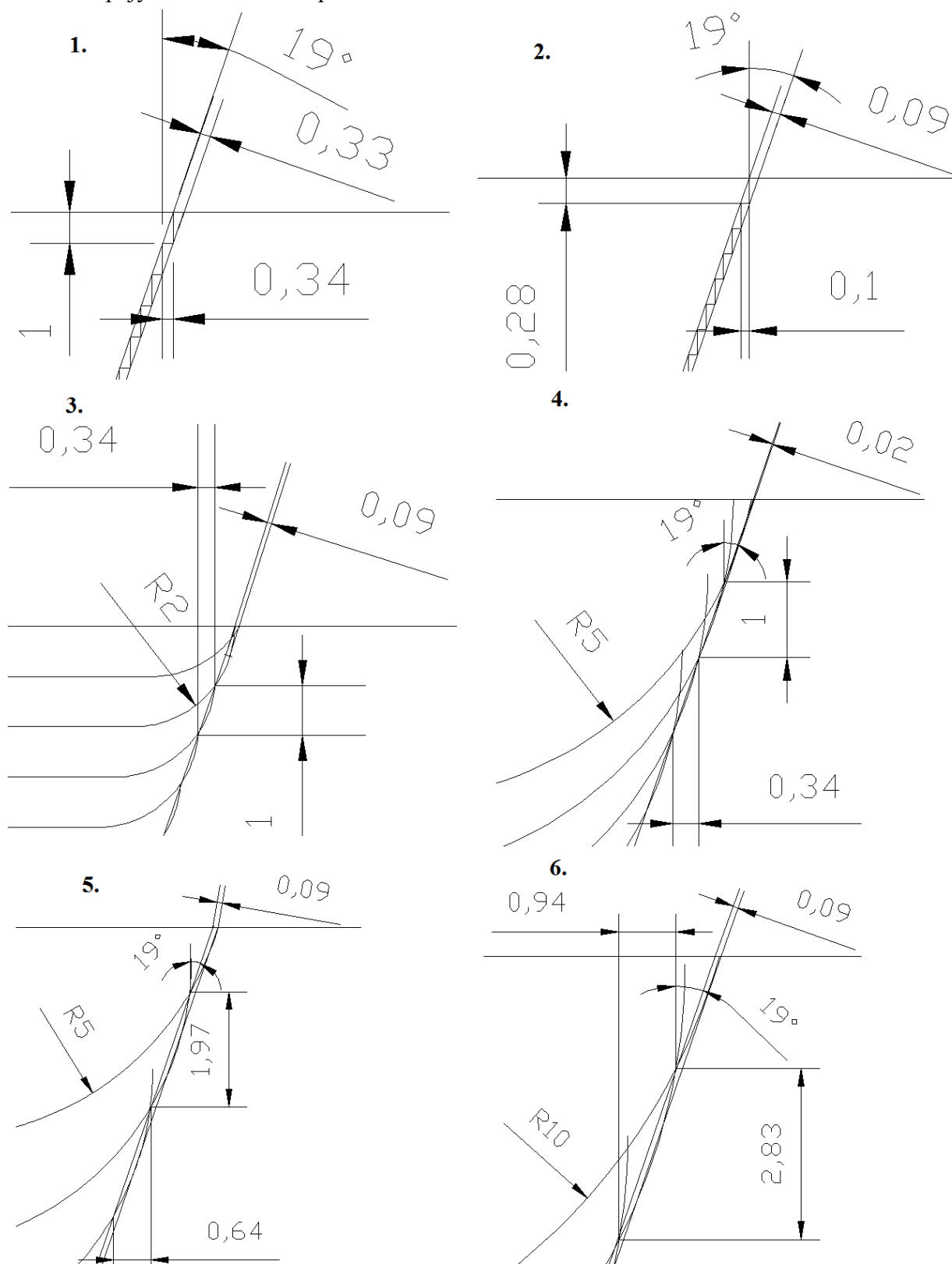
Слика 6.16 Израда закошења глодалом пречника 20mm са радијусом од 10mm

Израда закошења са глодалом пречника 20 mm и радијусом од 10 mm и мањом дужином по пролазу (слика 6.17). У односу на претходну слику, овде је смањена дужина по пролазу. Време обраде се мало повећава али незнатно. Као што је већ речено, овај алат је најпогоднији за ову обраду, а у зависности од потребног квалитета површина бира се дужина по пролазу и брзина резања.



Слика 6.17 Израда закошења глодалом пречника 20 mm са радијусом од 10 mm и мањом дужином по пролазу

На следећој слици (слика 6.18) дате су скице путање алата. Помоћу тих скица одређене су вредности параметара који су промењиви, све у циљу да се добије најкраће време израде за одговарајући квалитет површине.



Слика 6.18 Скице за добијање потребних параметара

У следећем делу извршено је упоређивање коришћених алата и дат је приказ параметара добијених у горе наведеним скицама (табела 5).

Редни број	Алат	Радијус	Дубина по пролазу	Rmax	Корак по пролазу	Време
1.	Ø10	0	1 mm	0,33 mm	0,34 mm	2 min 57 s
2.	Ø10	0	0,28 mm	0,09 mm	0,1 mm	10 min 41s
3.	Ø10	2 mm	1 mm	0,09 mm	0,34 mm	2 min 53 s
4.	Ø10	5 mm	1 mm	0,02 mm	0,34 mm	2 min 55 s
5.	Ø10	5 mm	1,97 mm	0,09 mm	0,64 mm	1 min 26 s
6.	Ø20	10 mm	2,83 mm	0,09 mm	0,94 mm	51 s
7.	Ø20	10 mm	1 mm	≈ 0	0,34 mm	2 min 13 s

Табела 5 Карактеристике алата и добијени параметри

Као основни параметар узета је дубина по пролазу која износи 1 mm. На основу тога, одређена је храпавост Rmax, као и корак по пролазу. За први алат добијене су нешто веће вредности храпавости која не задовољава тражени квалитет површине. Оптимална храпавост која је задовољавајућа износи приближно Rmax = 0,09 mm. Други алат је исти као и први, само што је код овог алата узета оптимална храпавост и на основу ње је добијена дубина по пролазу као и корак по пролазу. Може се приметити да су и корак и дубина знатно мањи него код првог алата, што доводи до значајног повећања времена израде. Трећи алат, за разлику од прва два има радијус који износи 2 mm. Код овог алата са основном дужином по пролазу добијена је тражена храпавост. Време израде је знатно краће у односу на други алат. Четврти алат има радијус од 5 mm. Овај алат за основну дужину по пролазу даје много већи квалитет површине и мању храпавост него што је потребно. Време израде је приближно као и код претходног алата. Због тога је код петог алата који има исти радијус повећана храпавост, да би се утврдило која би дубина по пролазу била задовољавајућа за тај параметар. Дубина се повећава скоро два пута, што доводи до смањења времена које је преполовљено. Шести и седми алат имају већи пречник у односу на претходне, и он износи 20 mm. Код шестог као почетни параметар је узета храпавост која нам је потребна. На основу тога добијена је дубина по пролазу која је већа него у претходним случајевима. Са тим параметрима добија се најкраће време израде. Дубина код седмог алата је 1 mm, а Rmax је приближно једнака нули. Овај алат са датим параметрима даје највећи квалитет обрађене површине, и у случајевима када је потребна изузетно велика тачност препоручује се коришћење овог алата.

Упоређивањем ових алата, као и коришћењем различитих параметара, може се уочити разлика у квалитету површине и у брзини обраде. Избором одговарајућег алата као и параметара могуће је значајно уштедети на времену, што доводи до повећања економичности и продуктивности. Алат који би за дате услове био најпогоднији је алат који се у табели налази под бројем 6, који има пречник 20 mm, радијус 10 mm.

7. Закључак

Данашњи свет није могуће замислити без модерних и савремених CNC машина. CNC машине су нам увелико олакшале процес производње, израду и обликовање компликованих предмета. Одступање од димензија (толеранција) свела се на минимум, а економичност је порасла, као и продуктивност. Производња алатним машинама има задатак да производи тачније, прецизније и економичније од ручне обраде, али је важан задатак ових машина да се смањи посао који би радник морао ручно да изводи. Како се стално тежи за побољшањима, тако су и ове машине усавршаване. Напредак у овој индустрији се може видети свакодневно. Постоји много програма који олакшавају израду делова, они нам омогућавају аутоматски приказ готовог производа, који се лако могу повезати са машином и тај програм пренети на саму машину.

Програмски пакет CATIA садржи велики број опција као што су: широка палета програмских алата за моделирање, приказ процеса скидања материјала, вршење симулација, израда техничке документације, омогућава и да се параметризују сви геометријски објекти, укључујући запремине, површине, жичане моделе и конструктивне елементе, а са циљем да се осигура већа флексибилност у развоју, тако што се у току развоја производа димензије могу у сваком тренутку додавати, мењати и уклањати са модела.

Избор алата у многоме може утицати на време и квалитет обраде. Применом одговарајућег алата може се добити већи квалитет израде и при томе се уштедети на времену, што води до повећања економичности и продуктивности. При изради делова највише пажње се поред избор алата обраћа и на режиме обраде од којих у многоме зависи продуктивност израде.

8. Литература

- [1] Ковачевић Радован, Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање, Научна књига, Београд, 1987.
- [2] Блажевић Здравко, Програмирање CNC струга и глодалице, скрипта, Вировитица, 2004.
- [3] Панић Стјепан, Нумерички управљане машине, Писана предавања, Високо пословна техничка школа Ужице, 2009.
- [4] <http://www.hyundai-wiamachine.com/> (7.12.2018)
- [5] <https://utemac.eu/eng/wp-content/uploads/2017/01/HYUNDAI-mod.-HIT-20M-1.pdf> (15.12.2018)
- [6] <https://www.scribd.com/document/200313511/2-Postupci-programiranja> (25.12.2018)
- [7] <https://www.cottandco.com/en/lots/hyundai-hit-20m-cnc-lathe> (3.01.2019)
- [8] Есад Мехмедовић, Технологија резања 2, Полазне основе за Sinumeric, (5.01.2019)
- [9] Haas Automation, Mill Operator's Manual, 2010. (10.01.2019)
- [10] Simens Sinumeric 840D, Кратко упутство за програмирање (12.01.2019)