

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Дипломске академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Производне технологије 1

Број индекса: 58/2003

Марковић М. Петар

**Специфичности израде алата за делове добијене технологијом
дувања епрувета од пластичних маса**

-Дипломски рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

Размотри карактеристике процеса CNC израде алата за добијање делова од пластичних маса технологијом дувања епрувета. Потребно је извршити пројектовање боце од пластичне масе, калупне шупљине и сачинити NC код за CNC машину.

Дипломски рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Основи процеса израде делова дувањем епрувета,
3. Карактеристике алата за дување епрувета,
4. Пројектовање боце алата за њену израду,
5. Израда NC кода за израду пројектоване боце,
6. Резни алат,
7. Закључци,
8. Литература.

Препоручена литература:

- [1] **Недић, Богдан**, *Технологије прераде пластичних маса*, Машински факултет Крагујевац, 2007.
- [2] **Недић Богдан**: *Пластичне масе*, Машински факултет Крагујевац 2004.

У Крагујевцу, октобар 2015.

Ментор:

Проф. Др Богдан Недић

Садржај

1. Увод	3
2. Основи процеса израде делова дувањем епрувета	5
2.1 Начин добијања пластичних маса	5
2.2 Производња „РЕТ“ амбалаже.....	6
2.3 Дување пластике	8
2.3.1 Екструзионо дување	9
2.3.2 Инјекционо бризгање са дувањем.....	10
2.3.3 Дување пластике истезањем.....	12
3. Карактеристике алата за дување епрувета	13
3.1 Основни елементи алата.....	13
3.1.1 Основни елементи калупне шупљине.....	14
3.1.2 Систем за вођење и центрирање калупа	15
3.1.3 Систем за одвођење вишка ваздуха	16
3.1.4 Систем за темперовање калупа.....	17
4. Пројектовање боце и алата за њену израду.....	19
4.1 Поступак моделирања флаше	19
4.2 Поступак моделирања алата флаше 0,25L	33
5. Машинирање тела алата за дување флаше 0,25L и генерисања NC кода.....	37
5.1 Уводно разматрање NC програмирања.....	38
5.2 Моделирање тела алата за дување флаше 0,25L	38
5.3 Креирање координатног система.....	41
5.4 Креирање блока	42
5.5 Режији обраде.....	43
5.6 Сигурносне равни.....	43
5.7 Позиционирање алата	44
5.8 Избор резног алата	45
5.9 Стратегије обраде.....	48
5.9.1 3D Area Clearance.....	48
5.9.2 Finishing	51
5.10 Креирање Stock модела.....	53
5.11 Креирање Level-a.....	55

5.12	Генерисање NC кода	56
6.	Резни алат	60
7.	Закључак	62
8.	Литература.....	63

1. Увод

Европска индустрија пластике била је у прошлим годинама изложена наглом расту цена ка растућој светској конкуренцији у подручју пластичних производа и делова. Истовремено, с обзиром на резултате које је ова индустријска грана остварила, чини се како је много стабилнија и бележи више стопе раста него у САД-у или Јапану. Из ових резултата се може закључити како се ова индустријска грана прилагодила ситуацији и омогућила даљи раст, развој нових подручја примене и нових тржишта.

Последњих деценија дошло је до праве експанзије индустрије за прераду пластичних маса и изради производа од пластике. Готово да нема индустријске гране која у већој или мањој мери нема сталну потребу за овим производима.

Захтеви који се постављају пред производе од пластичних маса стално се повећавају и са аспекта квалитета и са аспекта скраћења времена испоруке. Проблеми повезани са самим процесом дувања епрувета, могу узроковати значајна кашњења у производњи, повећане трошкове, губитак тржишне позиције и конкурентности.

Сам процес дувања епрувета је тешко описати због утицаја низа фактора, почевши од карактеристике материјала, комплексности геометрије производа, карактеристика машина и процеса, искуства оператера, итд.

Све ово намеће потребу за инжењерским алатом који би инжењерима пружио подршку у свим фазама развоја производа, од дефинисања геометрије производа, преко развоја алата до коначног процеса производње.

Применом савремених CAD/CAM програмских пакета (CATIA, Pro/ENGINEER, Solid Works...итд) омогућена је потпуна аутоматизација процеса пројектовања алата, односно, доноси скраћење времена пројектовања алата, смањење трошкова, побољшање квалитета обезбеђујући притом конкурентност на тржишту. Инжењери имају могућност креирања и анализе сложених површина, анализе мерних ланаца и других карактеристичних елемената алата обезбеђујући технологичност конструкције још у раној фази пројектовања [4].

CAD/CAM технологије се примењују приликом решавања различитих инжењерских, истраживачко – развојних и индустријских проблема. Њихова примена одређује квалитет производних фирми. Резултат њихове примене се огледа у повећању ефикасности, продуктивности и квалитета самих производа.

Захваљујући овим програмским пакетима омогућено је:

- Једноставно креирање калупних шупљина, уметака, у потпуности користећи

асоцијативност са геометријским моделом производа

- Провера технологичности делова намењених за израду поступком дувања епрувета
- Непосредно коришћење геометријског модела производа при дефинисању гнезда.
- При дефинисању димензија гнезда узима се у обзир и фактор скупљања.
- Конструкција алата са једним или више гнезда
- Аутоматско креирање равни растављања калупа
- Израчунавање запремине и површине и сл.
- Сви елементи алата су солид модели и као такви се могу користити за генерисање програма за обраду на CNC машинама и др.

Програми садрже и базе геометријских података (отвори, навоји, канали, итд) помоћу којих се детаљно дефинише 3D модел. На овај начин могуће је формирати и 3D документацију о одређеном производу која се у том облику може штампати и чувати на папиру. Програми омогућују и израду склопова и по потреби растављање истих на саставне елементе или подсклопове.

Прва поглавља обухватају опис и анализу процеса израде делова дувањем епрувета и карактеристика алата за дување епрувета. Затим следи пример пројектовања боце и алата за њену израду . У наредном поглављу је дат пример израде NC кода за израду кокиле на CNC глодалици. У задњем поглављу су дати алати са којима је вршена машинска обрада.

2. Основи процеса израде делова дувањем епрувета

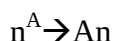
2.1 Начин добијања пластичних маса

Пластичне масе су материјали који се састоје из основне компоненте и додатка. Основна компонента је полимер а додаци, у зависности од потребних карактеристика производа, могу бити: пластификатори, пунила, боје, мазива, стабилизатори и очвршћивачи.

Полимери су материје које се састоје од макромолекула. Могу бити природни и синтетички. Природни полимери се налазе у биљкама и животињама (целулоза, скроб, беланчевине, каучук, итд.), а синтетички се добијају хемијским путем (синтезом мономера). Основне методе синтезе мономера су:

- Полимеризација
- Поликондезација и
- Полиадиција.

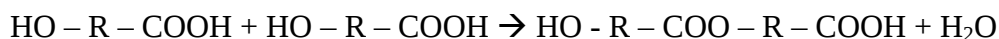
Полимеризација је процес стварања макромолекула спајањем већег броја мономера, при чему се не издвајају споредни продукти и не врши се прегруписавање атома у молекулу. Карактеристично је и то да се не сме прекинути процес полимеризације (не може се наставити), и да се особине полимера битно разликују од особина мономера. Овај процес се може приказати једначином:



мономер $\rightarrow$ полимер

n – број поновљених јединица у полимерном ланцу

Поликондезација је процес синтезе већег броја мономера у макромолекуле уз издвајање споредних производа. То је најчешће вода или амонијак. Поликондезација се може изводити ступњевито па и са прекидима, а представља се формулом:



мономер

мономер

полимер

вода

Полиадиција је поступак спајања већег броја мономера у макромолекуле без издвајања споредних производа. Изводи се у ступњевима. Добијени полимери имају сличну структуру као и полимери добијени поликондезацијом. Овај поступак је негде између полимеризације и поликондезације [2].

2.2 Производња „РЕТ“ амбалаже

Пластика је вештачки материјал који се не може наћи у природи. Ствара се хемијским процесом полимеризације. Полимеризација је хемијска реакција којом се молекули неког једноставног споја (мономера) међусобно спајају тако да настане спој (полимер) истог процентуалног састава, али веће молекулске тежине.

Једна од основних производа од пластике је „РЕТ“ (Polyethylene terephthalate, $C_{10}H_8O_4$) амбалажа, а њена основна примена је у производњи боца за безалкохолне напитке, пиво, течности за испирање уста, зачине и др. **Polietilen tetratafat (PET)** је јак али лаган полимер који се састоји од дугих ланаца понављајућих јединица које садрже угљеник, кисеоник и водоник. Повећањем молекулрне масе, која се обично креће од 100-200 мола, побољшавају се својства овог полимера. То је материјал који је неломљив, отпоран на механичка оштећења, изузетно лаган, што га чини врло повољним материјалом за дизајнирање. Управо својство јакости допринело је великом успеху „РЕТ“ амбалаже. Тако РЕТ боца с газираним пићем може издржати релативно велики унутрашњи притисак који неће деформисати боцу или проузроковати експлозију.

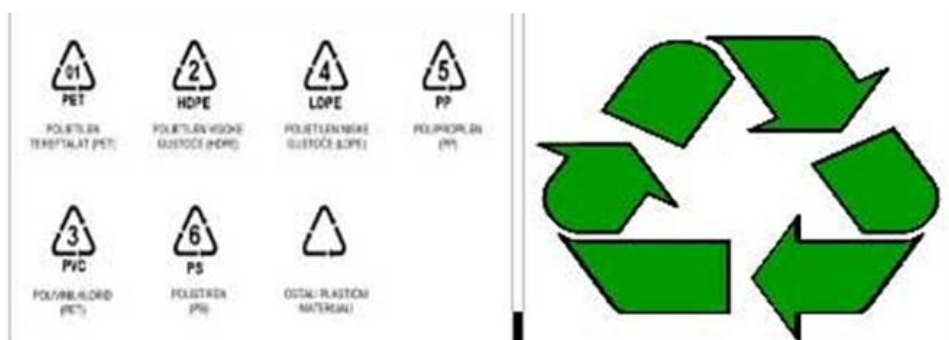


Слика 1. Изглед РЕТ амбалаже

PET боце израђују се поступком дувања. Сировина се добија инјекционим пресовањем, разврстава се и поставља у пећ како би се термички припремила. Такав припремак убацује се у калуп за дување, а затим нагло растегне. За развлачење се најчешће користи шипка у комбинацији с високим притиском ваздуха. Двоструким развлачењем повећавају се својства производа; чврстоћа, прозирност, жилавост и др.

Параметри који утичу на поступак развлачења су: температура, степен и брзина развлачења те брзина хлађења. Уобичајене дувалице имају учинак од 200 до 850 кг PET-а на сат, а у једном циклусу може израдити и 96 боца. За производњу амбалажних боца од PET-а употребљава се 84% укупне PET сировине, док мањи део отпада на индустријска влакна (10%), рециклиране производе (3%) и неке друге производе (3%). Током година PET индустрија је значајно смањила количину сировине потребне за израду PET амбалаже. Тако данас 1,5L PET боца тежи само 50g. (20 000 боца чини тону). Научници су доказали да се у PET амбалажи налази читав низ хемикалија, попут хексанона, октана, нанона, бензене, тоулена. Неки сматрају да је, под утицајем светлости и температуре, могуће да се структура PET полимера разгради и отровним продуктима загади течни садржај у боци. Ипак, светски стручњаци доказали су на темељу експеримента у контролисаним лабораторијама да је могућност таквог загађења готово немогућа. Иако PET није потпуно безопасан за човека и његову околину, светска потражња за PET-ом континуирано је у порасту. Разлог је пробој све већег броја различитих произвођача пића на тржиште. У Србији се то најбоље одликује у производњи нпр. воде за пиће („Zlatiborska“, „Aqua Viva“) и др. Највећа мана PET амбалаже је у томе што заузима велики запремински удео у домаћинству, а одложена на депонијама заузима огроман користан простор. У комуналном отпаду Србије, удео амбалажног отпада PET-а заузима 1-4% масеног удела, а 20-30% запреминског, што свакако представља велико оптерећење за одлагалишта отпада. Ипак, то не значи да треба престати с коришћењем PET-а. Уколико би се укинула PET амбалажа, запремина отпада, порасла би за око 150%, док би потрошња енергије у индустрији порасла за 100%. То је заправо парадокс. Иако је PET амбалажи највећа мана велики запремински удео у отпаду, коришћењем било које друге врсте амбалаже, запремински удео био би још већи.

Такође треба подсетити да се у Србији не производи PET сировина, а увезене количине су значајно премашиле 40000 тона годишње. Идентификација PET амбалаже од велике је важности у процесу сортирања и рециклирања. Због тога је Америчко удружење пластичне индустрије развило дизајн, који је данас постао стандард: три стрелице које лове једна другу. Овај симбол, удружен с бројчаним саставом, који идентификује природу материјала, омогућује тачну идентификацију PET-а[1].



Слика 2. Ознака за рециклажу

2.3 Дување пластике

Enoch Ferngren и William Koritke били су први људи који су користили процес дувања пластике. Принцип производње произилази из идеје дувања стакла. Enoch Ferngren и William Koritke произвели су машину за дување пластике и продали је Hartford Empire Company 1938 године. Ово је био почетак комерцијалног процеса дувања пластике. Током 1940 године разноврсност и број производа су још увек били ограничени и због тога дување пластике није било прихваћено већ тек касније. Када су разноврсност и обим производа порасли, број производа је након тога порастао. У US индустрији пића, број пластичних паковања је порастао од 0 у 1977 до 10 000 000 комада у 1999 години. Данас, је и већи број производа и очекује се константно повећање [3].

Дување пластике је производни процес у ком се обликују шупљи делови од пластике. Генерално постоје три основна типа дувања пластике:

- Екструзионо дување пластике
- Инјекционо бризгање са дувањем
- Дување пластике истезањем

Процес дувања пластике почиње топљењем пластике и формирањем у масу за обликовање. Маса за обликовање је комад пластике налик на цев са рупом на једном крају у који се може убацити компримовани ваздух. Маса за обликовање је ухваћена у калуп и у њега се убацује ваздух. Притисак ваздуха тада потискује пластику да належе у калуп. Једном када је пластика охлађена калуп се отвара и обликовани део се избацује.

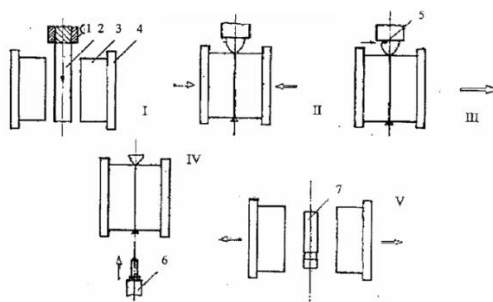
2.3.1 Екструзионо дување

Екструзионо дување се може посматрати као двокорачни процес. Први корак обухвата производњу полупроизвода екструдирањем, а други корак дување у коначан облик и хлађење готовог производа у алату. Као полупроизвод се користи епрувета добијена при сталној екструзији. У специјалним случајевима су корисније екструзионе фолије са широким разрезом, или пар фолија.

Технологија производње шупљих тела техником дувања је подељена у две велике области. Прва садржи производњу шупљих тела до 5 L запремине или око 0,5 кг тежине, друга производњу већих и тежих тела. За обе области, познати процеси омогућују израду шупљих тела запремине између неколико милиметара и 2000 L, односно тежине од неколико грама и 72кг.

У области до 5 L запремине користи се екструзија са измичућим агрегатом за дување (компресором), циркулационим делом (са климајућим екструдером), транспортом полупроизвода или двостраначним системом са покретним (повлачење и извлачење) алатом за дување. Користе се и двостранични системи са скретницом. Данас се највише користе системи са више глава и компјутерски управљањем трна за уравнотежење дувнотехнички условљене разлике у дебљини зида у правцу осе и коректуре дужине за изједначавање дебљине зида на обиму. Код дувнотехничких неповољних пресека, полупроизвод (црево) је одвојен или је испод дизне или се кроз систем за сечење са хладним или врелим ножем доводи ваздух. Неопходна брзина ножа при овом процесу износи преко 4 m/s. На неким системима транспортују се међусобно ланчано повезана шупља тела.

Упрошћен приказ процеса дувања дат је на слици 3. Кретање покретних делова машине за дување као и међусобни положај тих делова се разликују од машине до машине, зависно од њене концепције.



Слика 3. Фазе процеса дувања

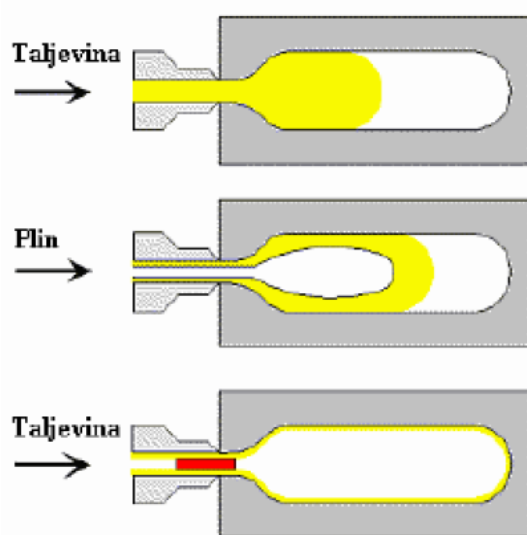
1-дизна, 2-епрувета, 3-алат, 4-основна плоча, 5-нож за сечење, 6-дуваљка, 7-готов производ

На слици 3 су приказане основне фазе процеса дувања. По екструдирању полупроизвода (фаза 1), затвара се алат (фаза 2), и ножем се сече полупроизвод (фаза 3), да би се затим алат померио ка дуваљци и дуваљка пришла алату (фаза 4). Након дувања и хлађења пластике у алату, алат се отвара и излази готов производ (фаза 5) [2].

2.3.2 Инјекционо бризгање са дувањем

Инјекционо бризгање са дувањем се користи за производњу шупљих производа, често се поистовећује са поступком екструзионог дувања, међутим, дебљина зида коју је могуће постићи овим поступком знатно је већа, док шупљи део износи 30 – 40% запремине отпреска (код делова начињених дувањем шупљине износи и до 80% запремине). Овај поступак у литератури се означава скраћеницом GIT (*gas-assisted injection mold ing technology*).

Код инјекционог бризгања са дувањем, као и код конвенционалног, растоп се убризгава у калупну шупљину путем пужног ваљка, растоп почиње очвршћавати на релативно хладним зидовима калупне шупљине и обликује шупљину унутар отпреска (слика 4). Све се одвија врло брзо, гас својим високим притиском 40 – 400 bara, делује као накнадни притисак.



Слика 4. Приказ инјекционог бризгања са дувањем

Конструктори алата морају врло пажљиво конструисати и производ и млазницу како би оптимизирали смер течења гаса. У противном ће се путања гаса усмерити ка местима мањег отпора и према тањим деловима отпреска.

Највећа предност инјекционог бризгања са дувањем је могућност израде отпреска са каналима и другим шупљинама чији зидови имају појачану крутост али без повећања масе отпреска. На овај начин се могу производити велики отпресци, врло великих пресека и различитих захтевних дебљина појединих зидова. Ту су још и смањење времена производног циклуса, смањење масе отпреска, мања улегнућа на површини израдка, уједначеније попуњавање калупне шупљине са смањеним напрезањима, смањење деформације отпресака итд. У зависности од конструкције уштеде у материјалу крећу се и до 50 %.

При инјекционом бризгању са дувањем, гас се уводи у средину калупне шупљине и на тај начин се постижу шупљине, или на спољашњем зиду отпреска, потискујући растоп да би се добили жељени канали на отпреску.

Инјекционим бризгањем са дувањем најчешће се производе кућишта кућних апарата, машина и телевизора, палета за материјал, столице и столови, ручке, аутомобилски одбојници и резервоари за гориво, палице за голф, итд.

На слици 5 је приказана шупља ручка начињена инјекционим бризгањем са дувањем којим је постигнут виши ниво квалитета и смањени трошкови у односу на конвенционално решење којим су израђиване две шупље лјуске деловањем подпритиска и затим вршено спајање [2].



Слика 5. Ручка уређаја за чишћење високим притиском

2.3.3 Дување пластике истезањем

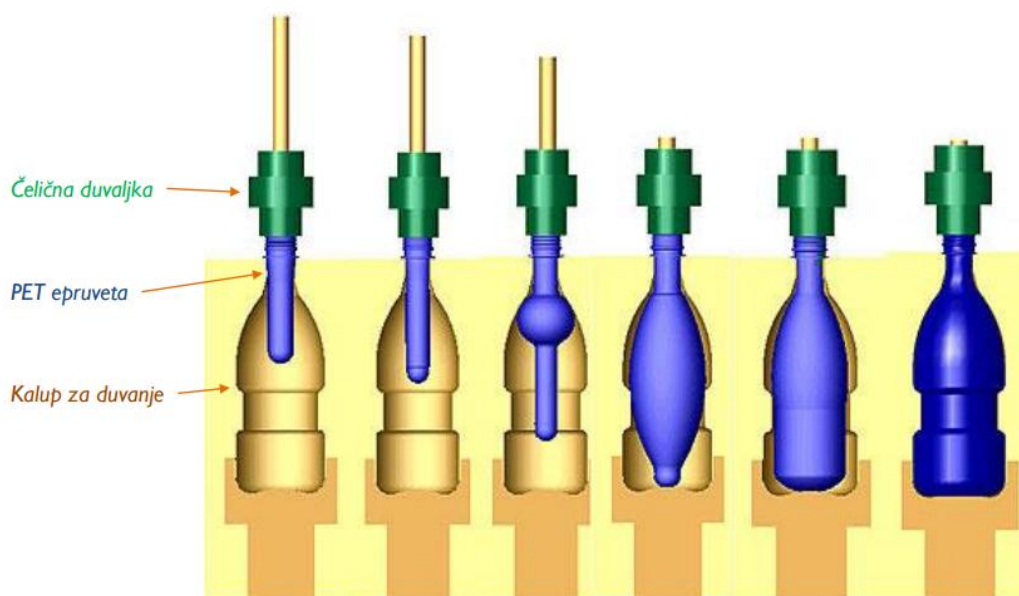
У процесу дување пластике истезањем (слика 6) пластика се прво обликује у првобитни облик користећи инјекциони процес бризгања. Ови првобитни облици се праве са вратом боце и навојем (односно завршетком) на једном крају. Ови првобитни облици (предформе) се пакују и пуне (након хлађења) у поновно загрејану машину за дување пластике. У процесу дувања пластике истезањем првобитни облик се греје (обично коришћењем ИС грејача) изнад температуре њиховог стакластог прелаза, тада се ваздух високог притиска дува у боце користећи металне калупе за дување. Првобитни облик се увек истеже помоћу дивног врха као део процеса. У једностепеном процесу оба и првобитни облик и дување боце се изводе на истој машини. Истежање појединих полимера као што је PET резултира у каљењу напона смоле, дозвољавајући боцама да буду отпорне на деформацију надпритиском који настаје код газираних пића, који обично достижу вреднос од 4,14 bara. Главна примена је производња боца, канистера и других контејнера.

Предност дувања пластике укључује:

- Ниске трошкове алата и главе,
- Брза производње,
- Могућност обликовања комплексних делова,
- Производња делова који се могу рециклирати.

Мане дувања пластике укључују:

- Лимитираност на шупље делове,
- Тешко је контролисати дебљину зида.



Слика 6. Дување пластике истезањем [5]

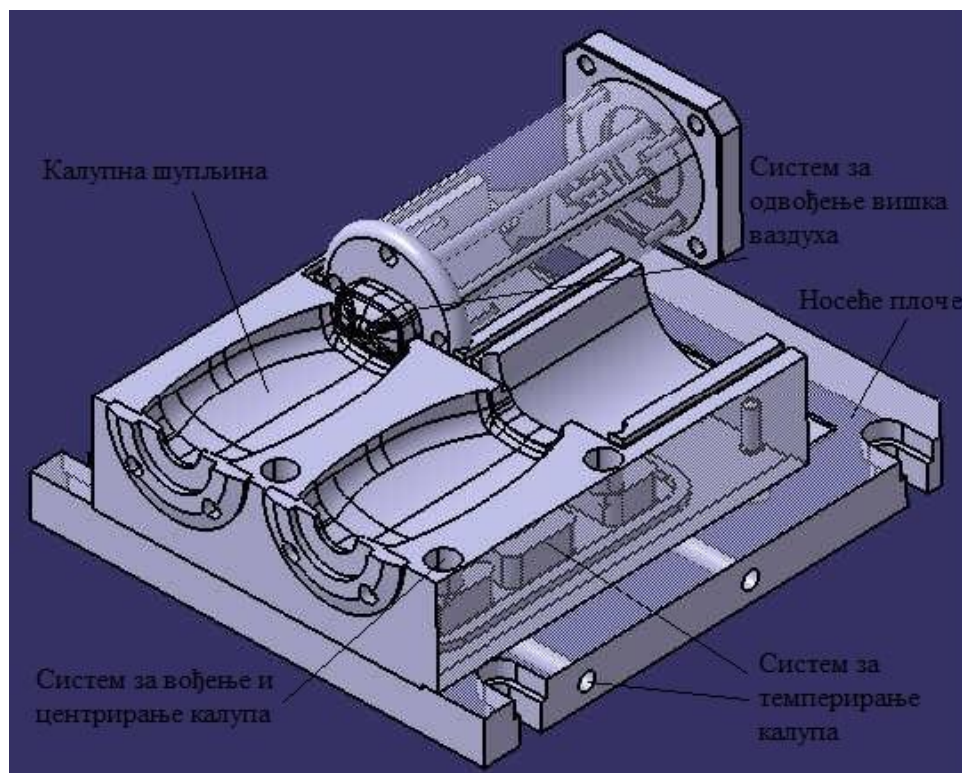
3. Карактеристике алата за дување епрувета

Алат (калуп) је наменски део система за дување пластике истезањем и по правилу је намењен за производњу једног производа. Основни задаци алата су: прихватање епрувете (предформе), обликовање епрувете у калупној шупљини, потискивање отпреска из калупне шупљине и циклусни рад система за дување пластике истезањем.

3.1 Основни елементи алата

Да би алат извршио постављене задатке неопходне за несметан рад треба имати следеће елементе (слика 7):

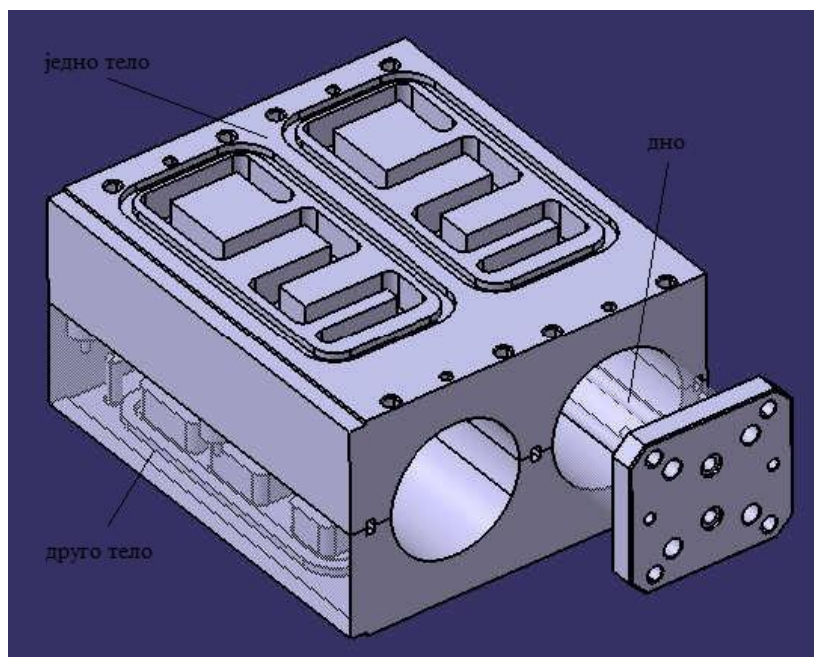
- Калупну шупљину,
- Систем за вођење и центрирање калупа,
- Систем за одвођење вишка ваздуха,
- Носеће плоче,
- Систем за темперирање калупа.



Слика 7. Алат за дување ПЕТ боце 0,25L

3.1.1 Основни елементи калупне шупљине

Сваки алат (калуп) за дување из епрувете било са једном или више калупних шупљина (гнезда) састоји се из најмање два или три елемента (најчешће су то два „тела“ и једно „дно“) (слика 8) у које је утиснут облик жељеног пластомера. Облик и захтеви који се постављају на производ у њиховој коначној примени условљавају сложеност калупне шупљине.



Слика 8. Алат за дување ПЕТ боце 0,25Л

Подела алата за дување пластике истезањем може се извести на више начина, а један од њих је:

- Према броју калупних шупљина:
 - ◆ Калупи са једном калупном шупљином,
 - ◆ Калупи са више калупних шупљина.
- Према броју подеоних равни:
 - ◆ Калупи са једном подеоном равни,
 - ◆ Калупи са две подеоне равни.
- Облику калупних шупљина:
 - ◆ Калупи за једноставне облике,
 - ◆ Калупи за сложене облике,
 - ◆ Калупи са умецима.

Конструктор радног предмета од пластомера мора добро познавати технологију обликовања – попуњавања калупне шупљине како би могао предвидети евентуалне неправилности предмета од пластомера и исте прилагодио технологији дувања пластике истезањем ради бољег изгледа и особина траженог пластомера. Лошим избором долази до појаве нежељених последица као што су изразито јаке линије спајања што има за последицу смањење чврстоће на тим местима. Лошим избором се могу смањити оптичне особине пластомера ако се оне посебно захтевају, осим тога је могућа и појава деформације услед „заробљавања“ и сабијања ваздуха који се налази у калупној шупљини при њеном попуњавању.

3.1.2 Систем за вођење и центрирање калупа

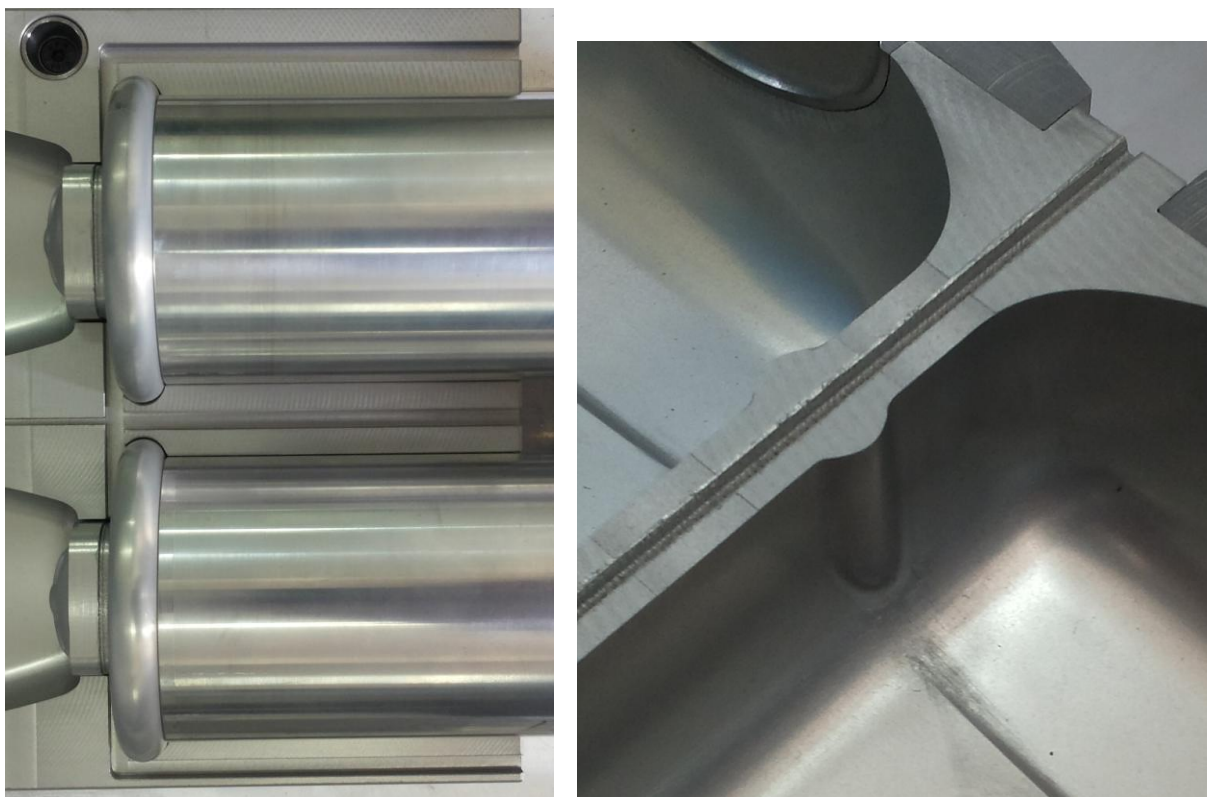
Задатак система за вођење је да центрира и обезбеди паралелност хода покретних делова калупа као и одржање тачног положаја плоча у равни отварања калупа (слика 9). У супротном може доћи до оштећења производа, а врло често до оштећења и до лома калупа. Водећи стубови и клизне чауре имају задатак да центрирају и осигурају паралелност хода унутар равни отварања, пре него што гнезда калупа дођу један до другог. Водећи стубови морају имати дужину која је довољна да осигура захватање и улажење пре него што језгра калупа дођу у захват. Материјал за израду водећег стуба и канала је алатни челик, термички обрађен на тврдоћу 58-60 HRC за стуб и 56-58 HRC за површину канала.



Слика 9. Систем за вођење и центрирање калупа

3.1.3 Систем за одвођење вишка ваздуха

Сваки алат било са једном или више калупних шупљина мора да има систем за одвођење вишка ваздуха. То је један од основних елемената сваког алата. Од правилног избора и извођења система одвођења вишка ваздуха у високој мери зависи функционалност и експлоатација калупа, квалитет пластомера и циклус дувања пластике истезањем. Под системом се подразумева један или више канала, један или више отвора, један или више зазора повезаних у једну целину која треба што лакше, брже и без турбуленција спроведу вишак ваздуха у жељени правац (слика 10).

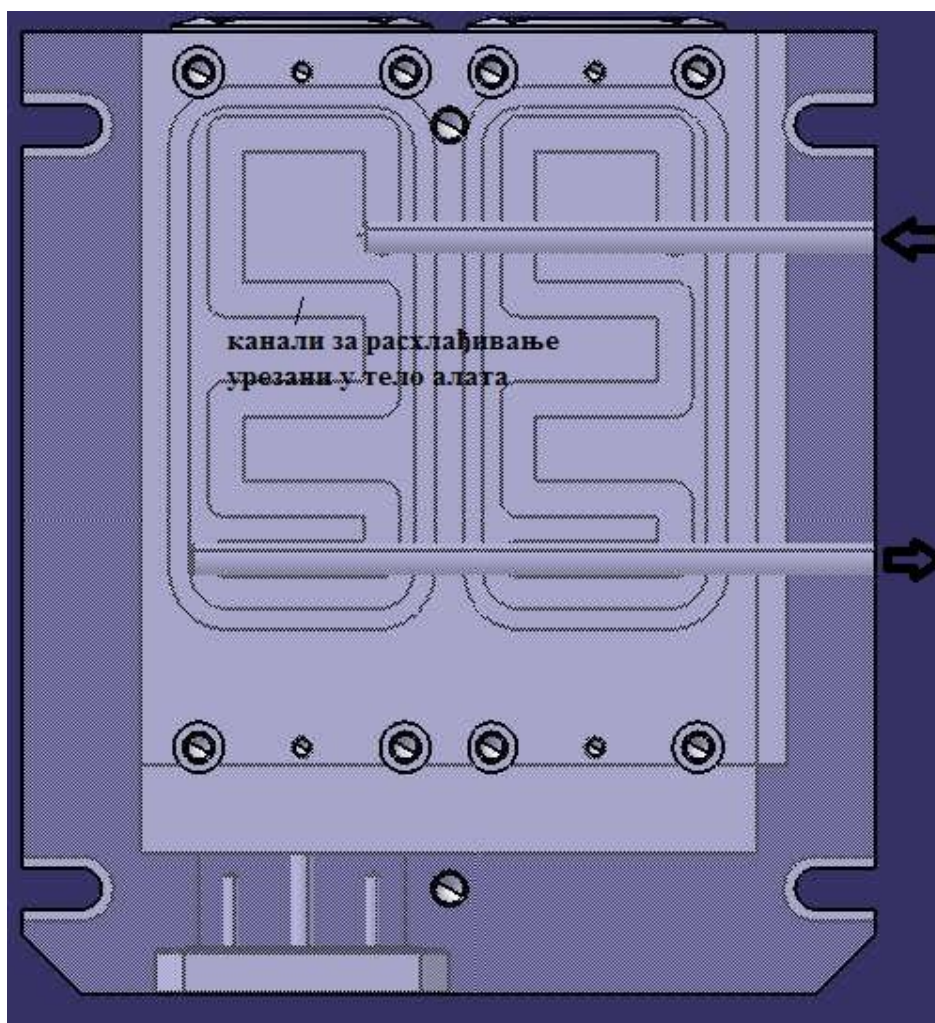


Слика 10. Систем за одвођење вишка ваздуха из калупа

Неправилно димензионисани или постављени канали за одвођење вишка ваздуха могу да отежају рад, а у неким случајевима и да га потпуно онемогуће.

3.1.4 Систем за темперовање калупа

Темперовати калуп значи одржавати одређену температуру калупа у границама дозвољеног одступања (слика 11 и 12). Температура калупа има велики утицај на квалитет производа, укупно време трајања циклуса и продуктивност. Загрејана епрувета, при процесу дувања пластике истезањем, преноси топлоту на зидове калупне шупљине и у релативно кретком времену загрева калуп. Насупрот томе, одвођење топлоте расхладним медијем траје знатно дуже. Као медијум за темперирање служи вода, најчешће из водоводне мреже или затвореног система за хлађење, где се вода прохлађује на жељену температуру. Поред воде користе се и уља, а ређе ваздух. Темперирање је оптимално када зидови гравуре калупа достигну потребну минималну температуритек пред почетак новог пуњења. Различити термопласти захтевају различите температуре калупа.



Слика 11. Систем за хлађење и расхлађивање тела алата



Слика 12. Систем за хлађење и расхлађивање dna алата

Услови од којих зависи температура калупа су:

- Врста термопласта: топлотне проводљивости, подручја отврдњавања растопи и могуће температуре избацивања из калупа.
- Производа: од величине и облика, дебљине зидова производа и разлике у дебљини, захтеване тачности димензија, захтеваних механичких особина и квалитета површина производа,
- Калупа: предвиђеног времена експлоатације – броја производа, способност одвођења топлотематеријала калупа и извођења и димензија система за хлађење,
- Технолошких параметара: температуре епрувете, брзине притиска дувања и накнадног притиска.

Услови од којих зависи време хлађења калупа су:

- Величине активне површине калупне шупљине,
- Број гнезда алата
- Распоред и пресек канала за хлађење,
- Улазна температура средста за хлађење.

4. Пројектовање боце и алата за њену израду

Тема овог рада је израда алата за дување боца из епрувете. Као пример биће приказан алат који је конструисан у фирми „УНИПЛАСТ“ д.о.о. Фирма се налази у Врњачкој Бањи и бави се израдом алата за дување и бризгање пластике.

Пре него што започнемо са израдом алата, потребно је осмислити концепт истог. Притом је потребно изабрати најадекватније решење алата које ће бити најекономичније и најисплативије.

У великој мери конструкција алата за дување боца из епрувете зависи од само облика и намене боце.

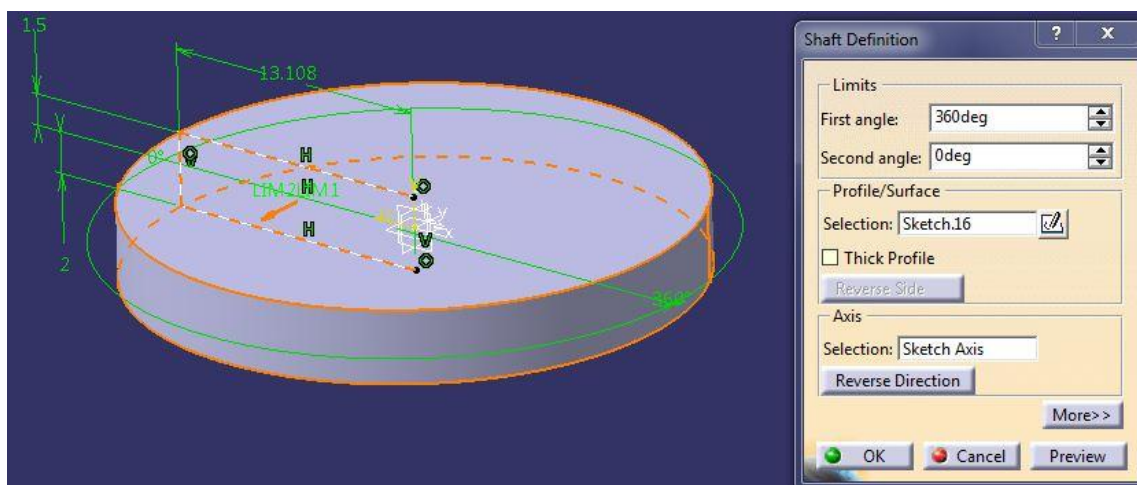
4.1 Поступак моделирања флаше

Модел флаше је израђен у програмском пакету CATIA V5 R20 и у даљем раду следи краatak опис поступка моделирања.

Активира се модул за креирање модела командом *start – Mechanical Design – Part Design*. У пољу *Enter Part name* прозора *New Part* уписује се назив модела. Моделирање компликованијих делова изискује рад у више модула тако да ће повремено радити у модулу *Generative Shape Desing*.

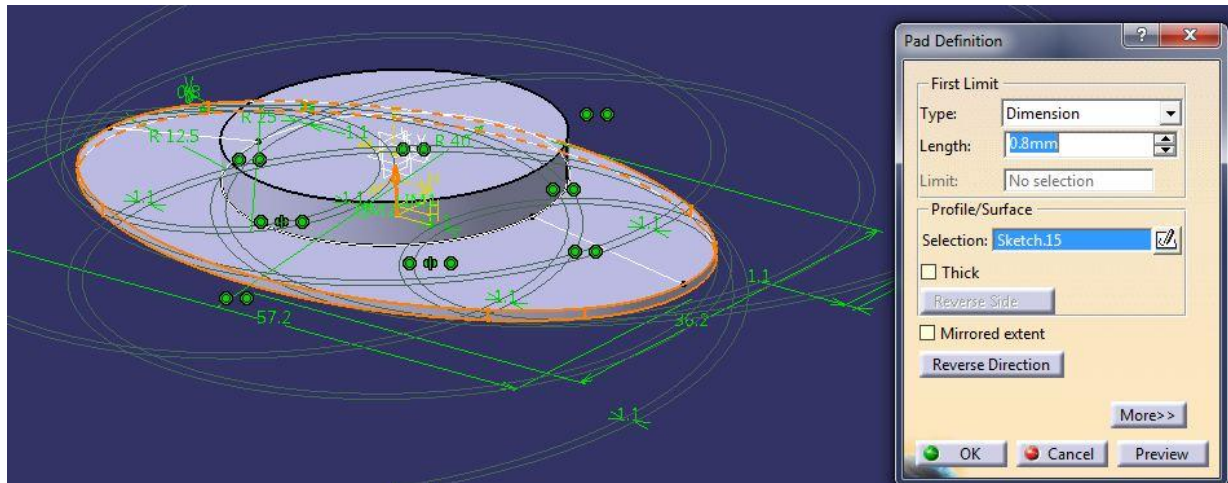
У жељеној равни нацрта се скица која ће да послужи као основа за даље моделирање флаше.

Грло флаше се моделира командом *Shaft*, односно ротацијом скице око вертикалне осе (слика 13).



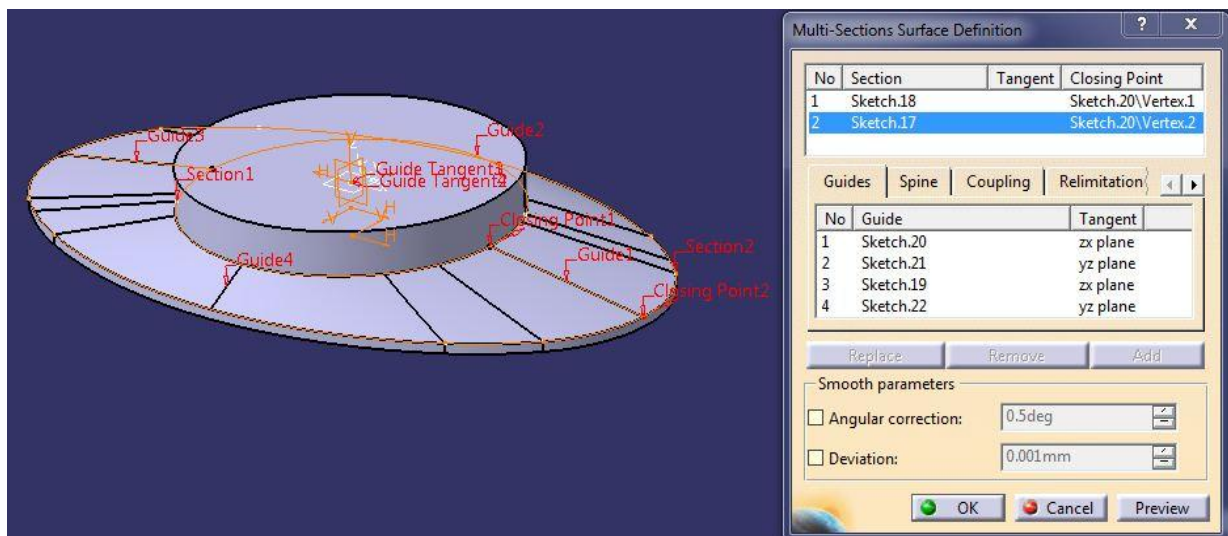
Слика 13. Цилиндрични део грла флаше

Следећи корак је израда дела тела боце где долази венац затварача. Овај корак подразумева израду скице у равни која је паралелно офсетована за неку номиналну вредност, а затим опцијом *Pad* формирана запремина (слика 14).



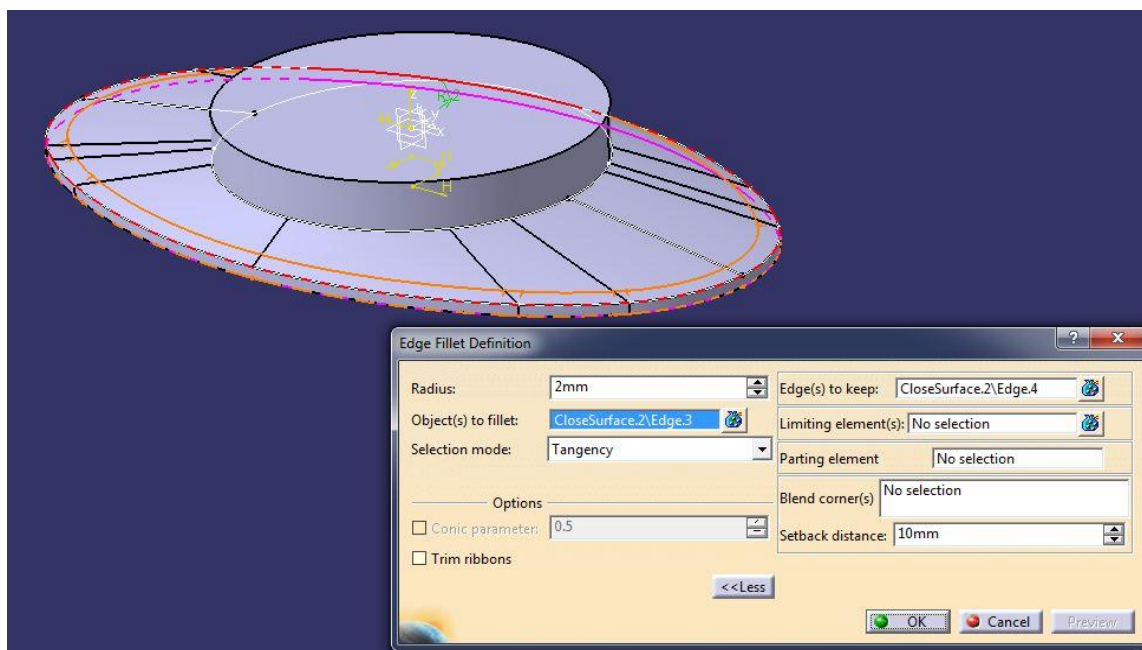
Слика 14. Грло флаше

Командом *Multi-sections Surface* солидом спаја се грло флаше са делом тела боце где се налази венац затварача (слика 15). Да би спајање било што боље цртају се изводнице у XZ и YZ равни.



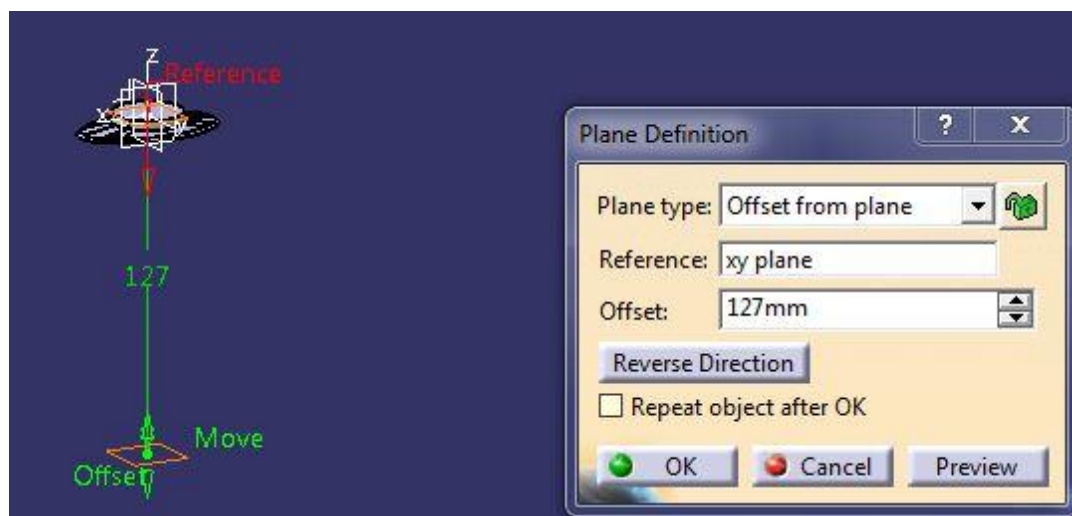
Слика 15. Изводнице и профили

Потребно је креирати заобљења на појединим оштрим ивицама. Селектују се жељене ивице, активира се команда *EdgeFillet* и унесе жељена вредност радијуса (слика 16).



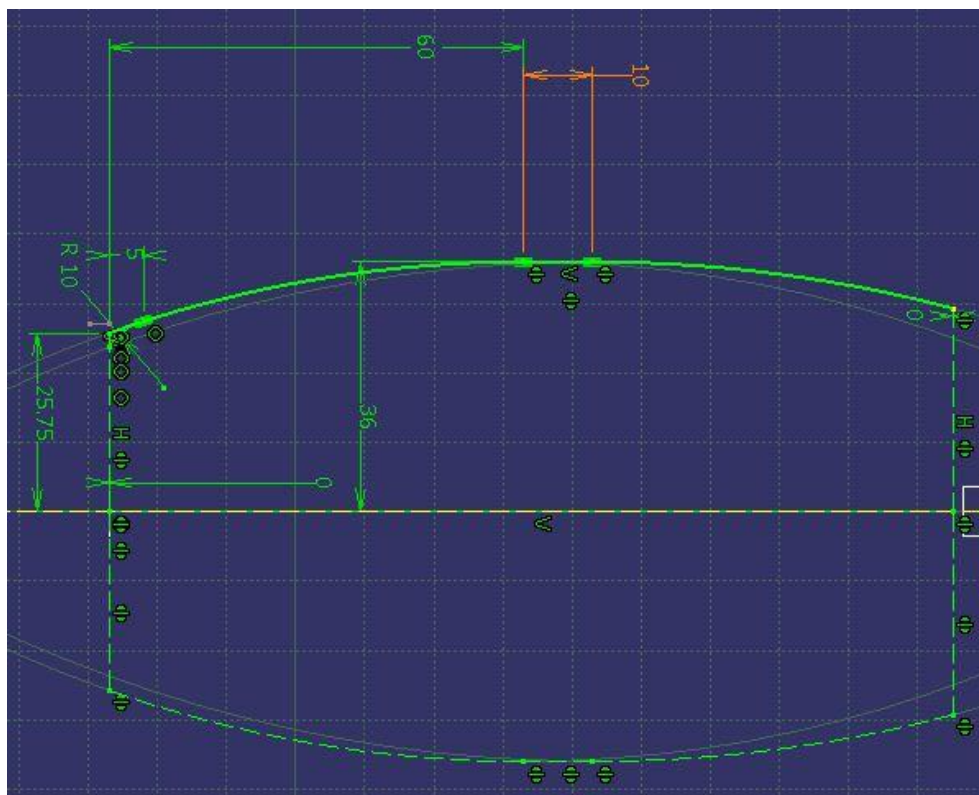
Слика 16. Селектовање граничне контуре

Када се завршило са моделирањем горњег дела флаше који користи и као база за наставак моделирања прелази се на цртање изводница тела флаше по ширини, дебљини и висини. Пре тога се офсетовањем равни XY ограничити укупну дужину фласе (слика 17). Све битније ствари би најбоље било да се ограничавају са равнима јер је део који моделирамо доста флексибилнији и подложнији променама.



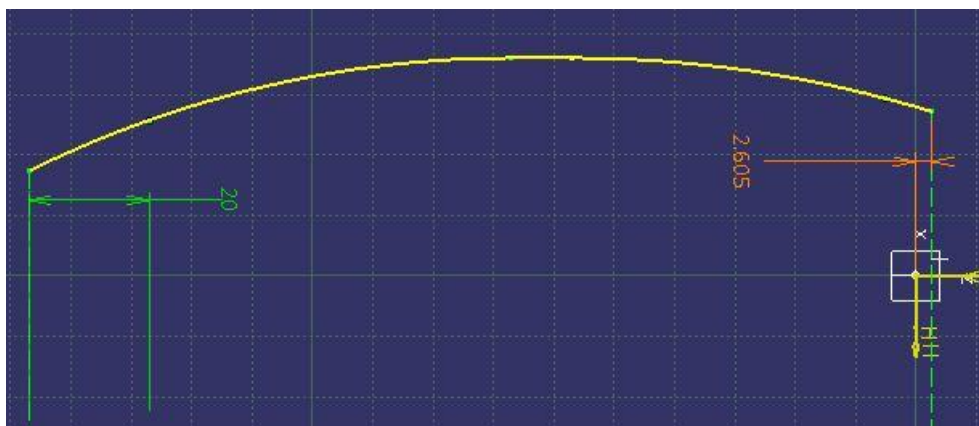
Слика 17. Офсетовање равни

Активацијом команде *Sketch* и одабиром жељене равни цртају се изводнице или крајње контуре флаше (слика 18). *Sketch* који се црта мора бити у потпуности дефинисан у супротном може доћи до нежељених померања у самом *Sketch*-у што даље може резултирати да се добије нека неправилна и напола дефинисана геометрија.



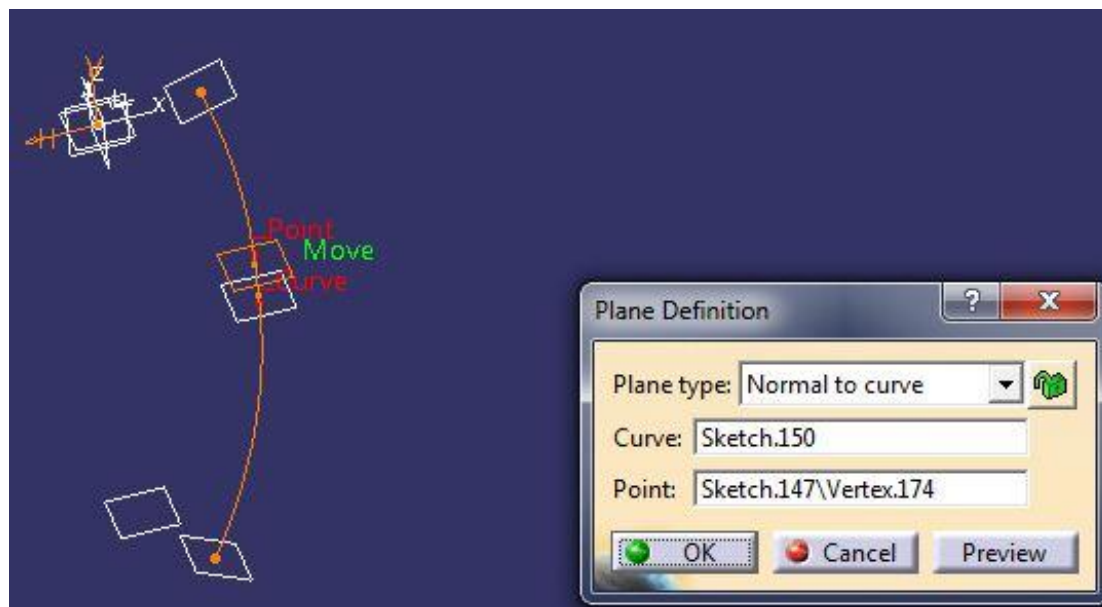
Слика 18. Изводнице тела флаше

Сада се формира нови *Sketch* који ће бити у истој равни као и *Sketch* са слике 17. У новој скици командом *Project 3D elements* пројектују се линије из прошлог *Sketch*-а и продужавају изводнице за неку одређену вредност у крајњим тачкама (слика 19). Ове изводнице се продужавају због профила који пролази дуж ове изводнице.



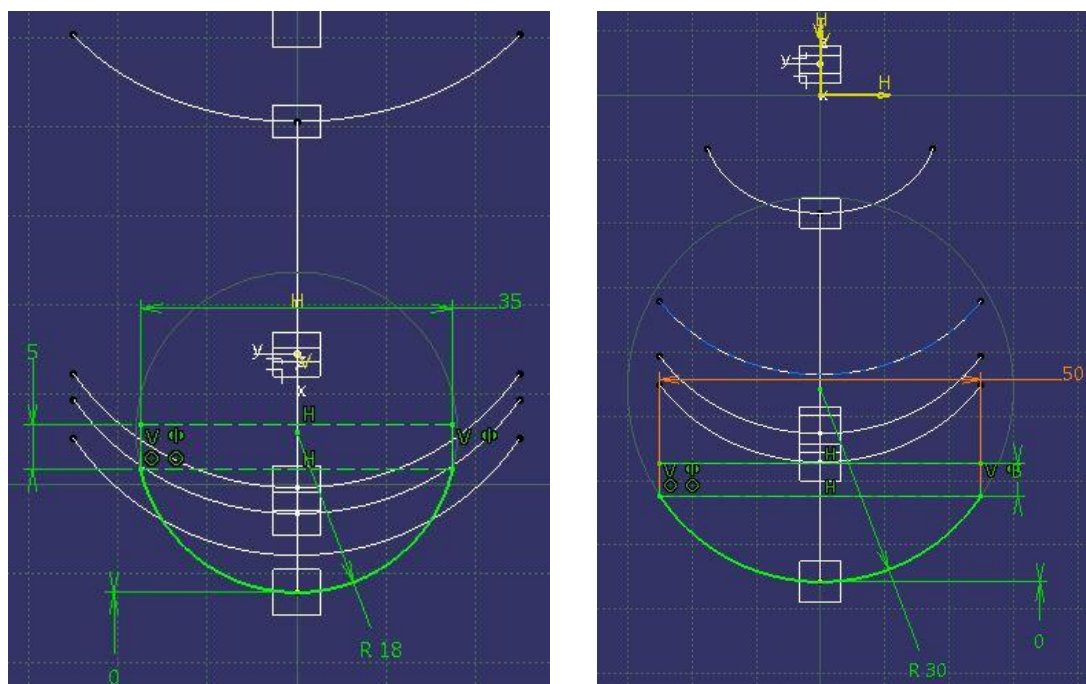
Слика 19. Пројектована изводница

Командон *Plane* и опцијом *Normal to curve* формирају се равни нормалне на изводницу која служи као путања кретања одређених профила (слика 20). Равни које дефинишемо, формитамо их у свакој крајњој тачки и у тачама прелаза из радијуса у праву линију и обратно.



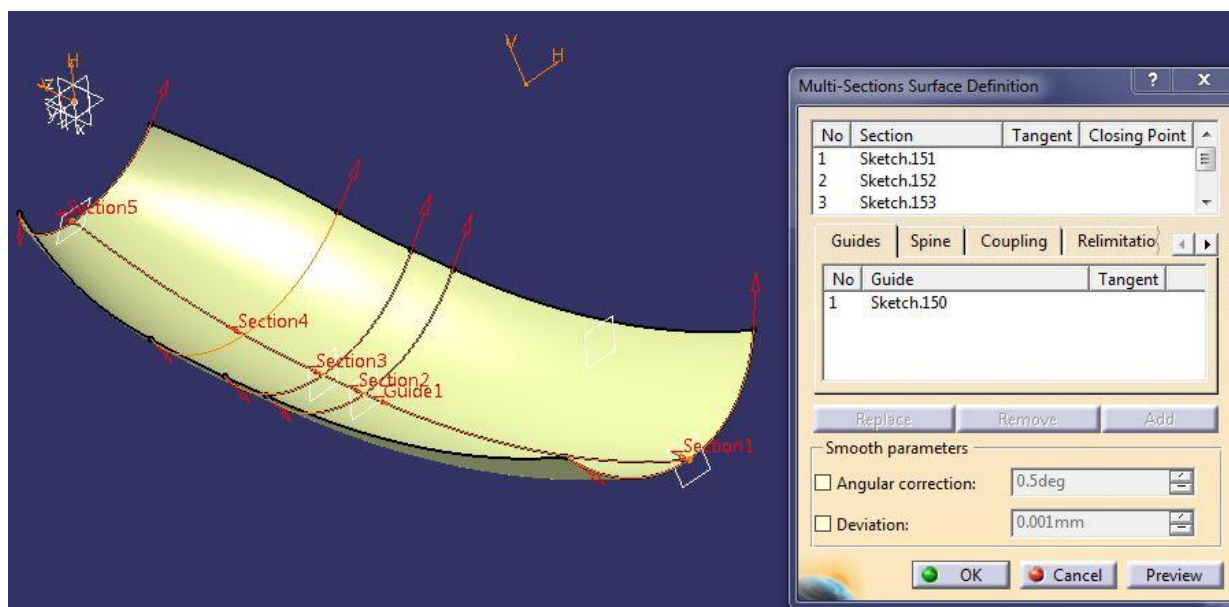
Слика 20. Дефинисање равни

У овим равнима се цртају жељени профили који ће дефинисати бочни облик фласе (слика 21). Профили који се цртају у овим равнима се разликују један у односу на други али морају имати бар једну заједничку тачку са изводницом.



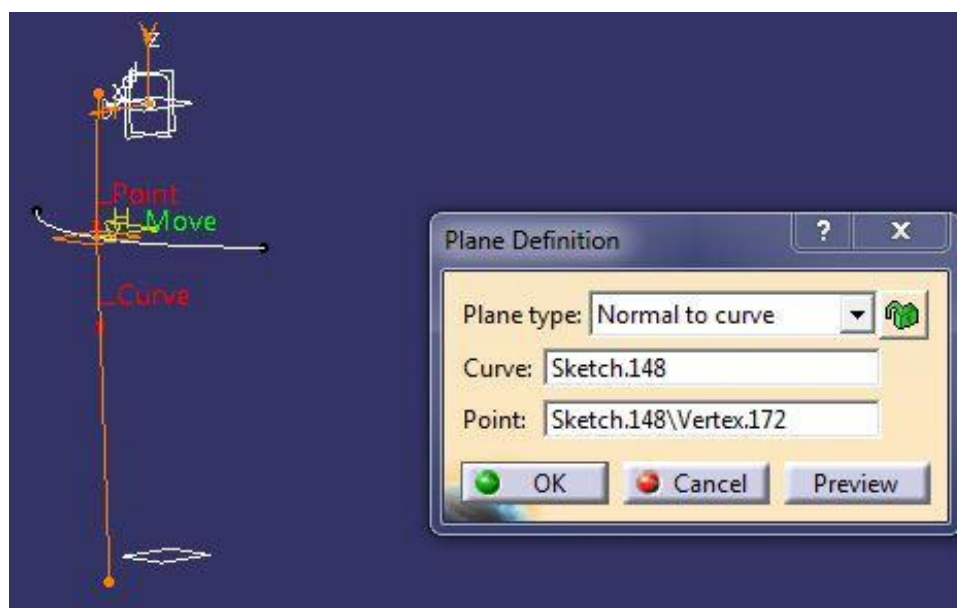
Слика 21. Скица профила бочне стране фласе

Активирати команду *Multi-sections Surface*. Након тога селектовати линије које образују базни облик профила и линије водиле тих профила(слика 22). Уколико се примети да профил није нормалан или паралелан са неким равнима у самој команди може се и то дефинисати.



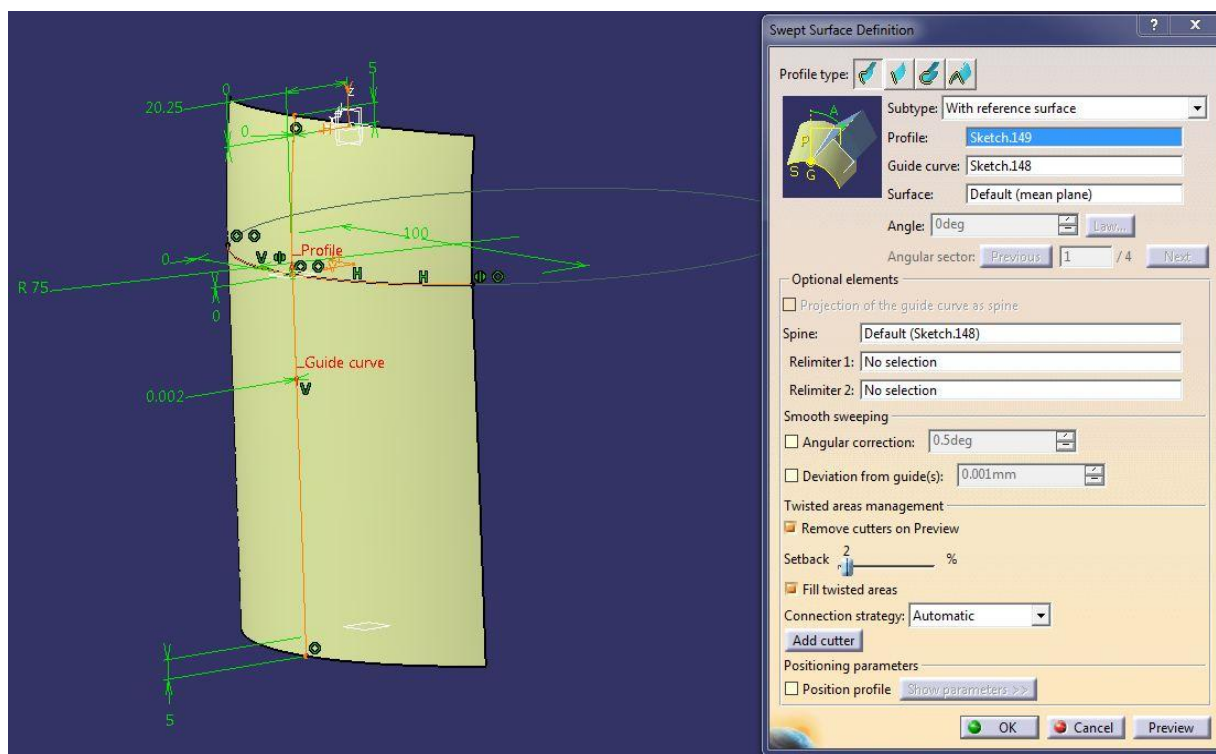
Слика 22. Креирање моделске форме *Multi-sections Surface*

Код моделирања чеоне површине профила флаше поступак је сличан са поступком моделирања бочне површине. Формирају се граничне равни, црта се изводница, дефинише се раван која је нормална на изводницу и црта се један профил који у тој равни и има једну заједничку тачку са изводницом (слика 23).



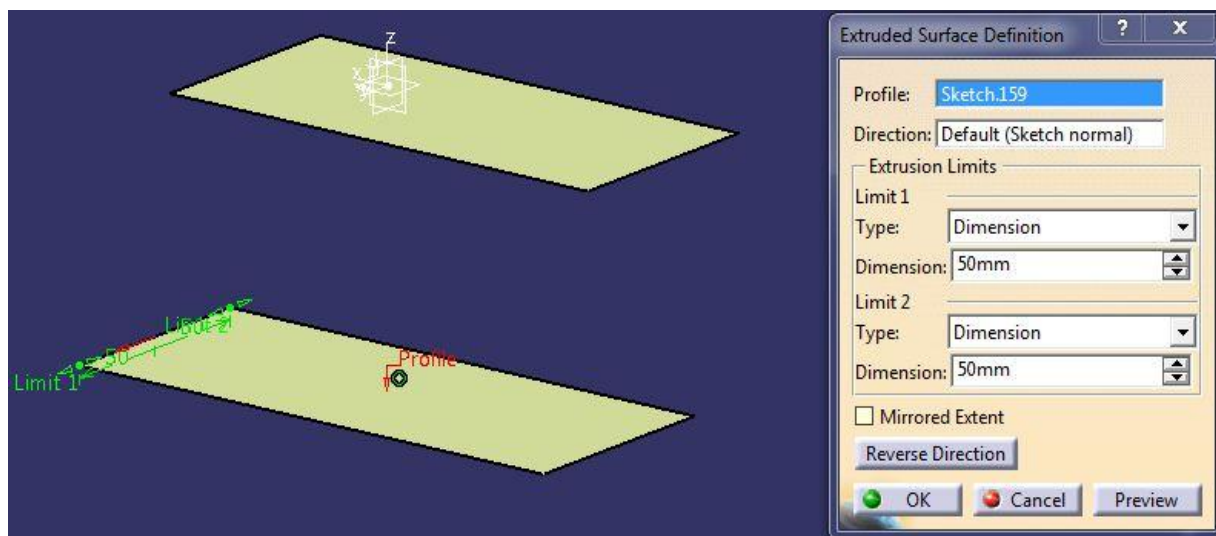
Слика 23. Цртежи изводнице и профила

Активира се команда *Swept Surface Definition* у којој се селекује профил и изводница по којој ће тај профил да се креће (слика 24). Команда *Swept Surface Definition* је доста атрактивна и заступљена код моделирања површина. Због својих могућности и функција сврстава се у једну од основних функција при моделирању површина.



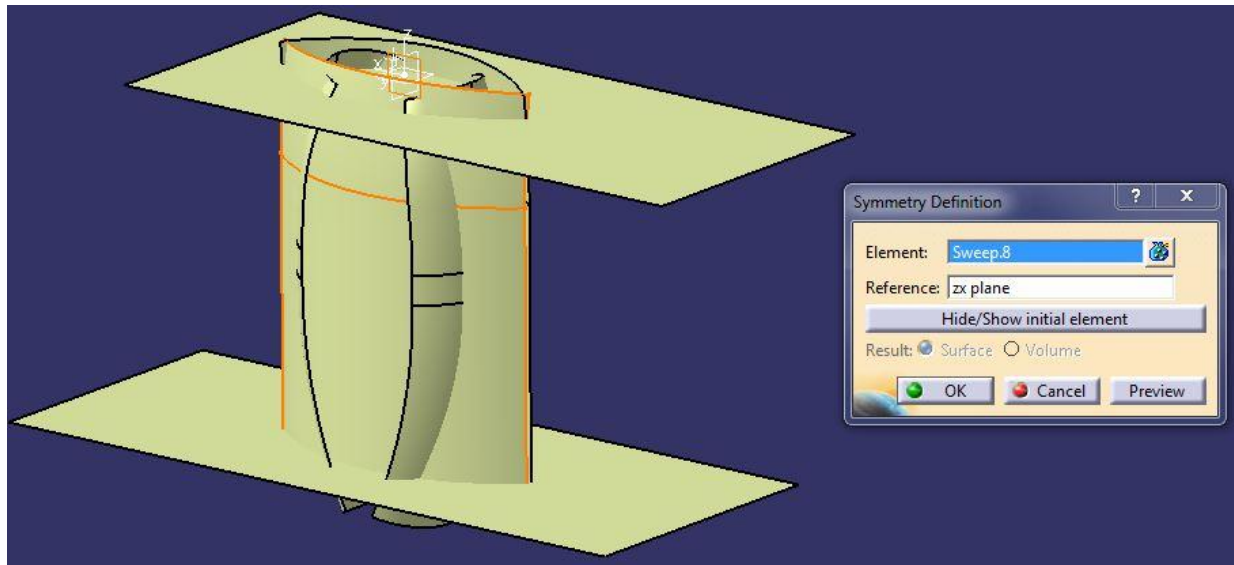
Слика 24. Креирање моделске форме *Swept Surface Definition*

Дефинишу се површине у крајњим тачкама изводнице са слике 18 које су паралелне са равном XY где се цртају праве линије у крајњим тачкама и командом *Extrude* се даље дефинишу (слика 25).



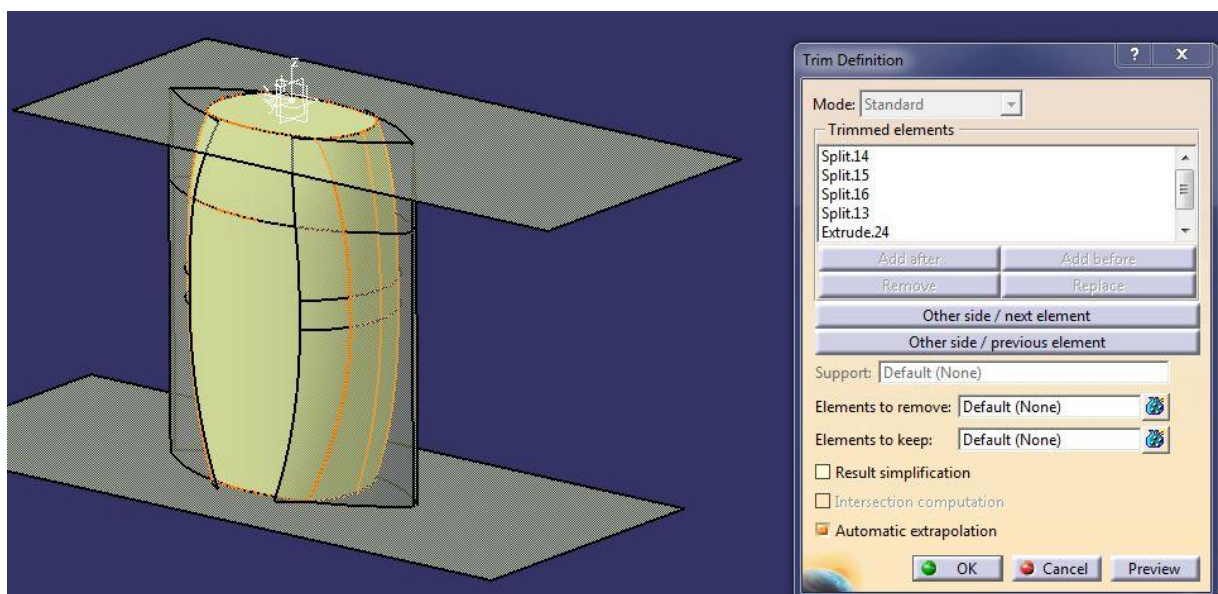
Слика 25. Граничне површине добијене командом *Extrude*

Командом *Symmetry* ће се површине са слике 22 и 24 мироровати око равни XZ odnosno YZ (слика 26).



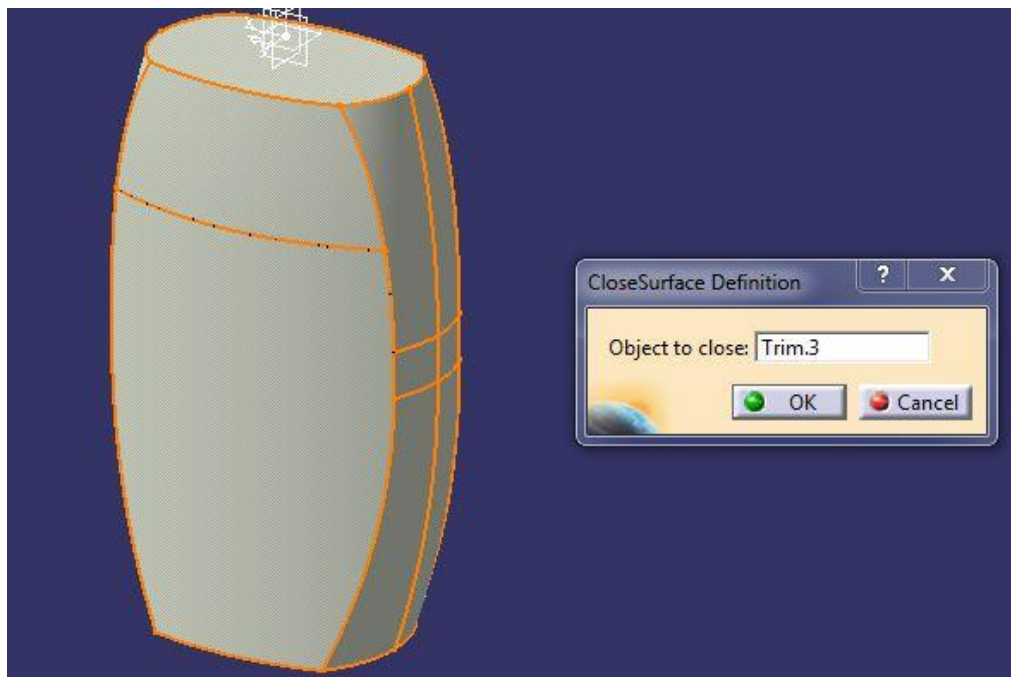
Слика 26. Креирање моделске форме командом *Symmetry*

Команде *Trim* и *Split* се користе за одсецање вишка површина (слика 27). Командом *Trim* се неке две површине које имају линију пресека формира површина у целини без дела површине који се означаи као вишак. Командом *Split* се неке две површине које имају линију пресека, сече једна која је назначена као вишак и код њих је карактеристично да те две површине чине две различите целине.



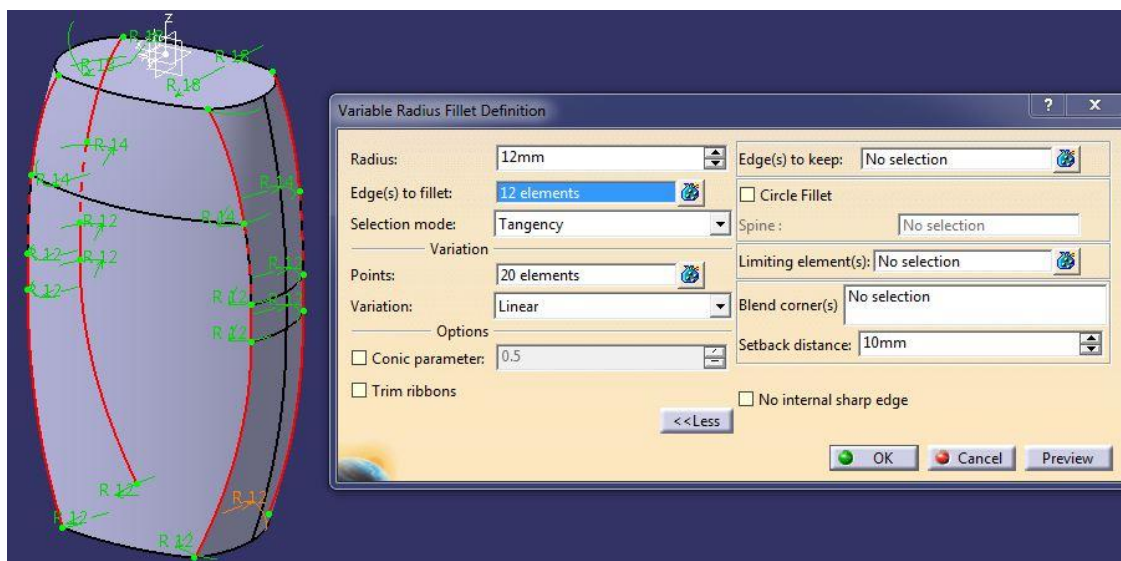
Слика 27. Креирање моделске форме командом *Trim*

У наредном кораку се прелази у модул за рад са запреминама (*Part Design*). Површине које се тримују могу се направити као једна целина тако да нема потребе да се користи команда *Join*. Командом *Close Surface* се од тримованих површина направи запремински модел који ћемо даље користити и радити са њим као са солидом (слика 28).



Слика 28. Основа тела флаше

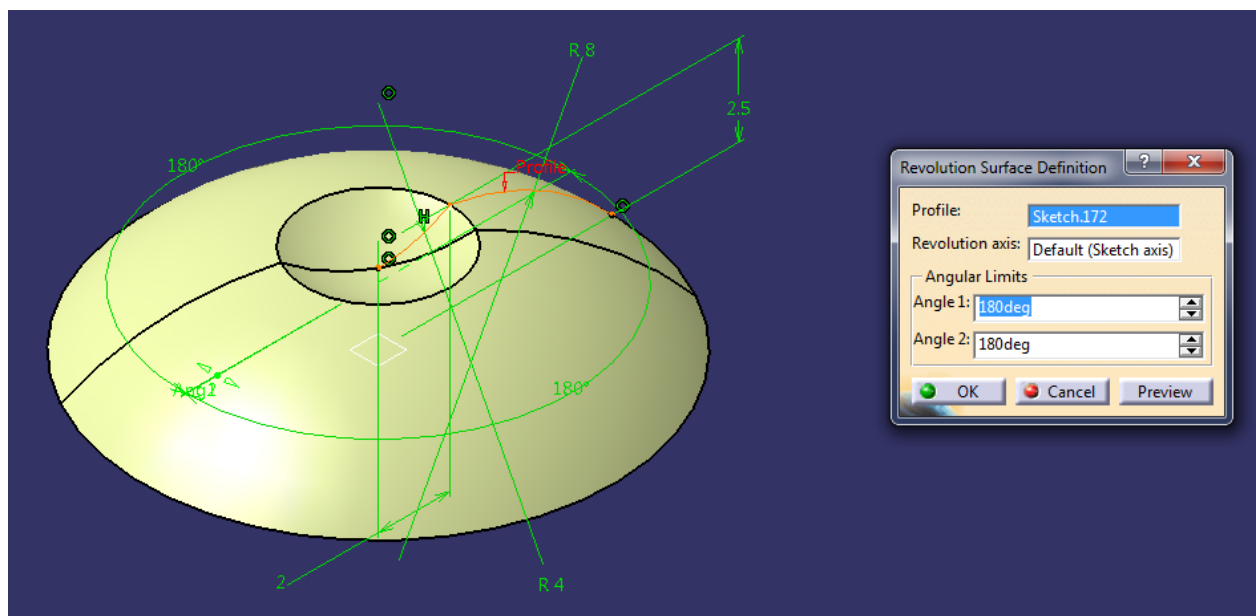
Потребно је креирати варијабилна линеарна заобљења на појединим оштрим ивицама. Селектују се жељене ивице, активира се команда *Variable Radius Fillet Definition* и унесе жељена вредност радијуса на карактеристичним местима (слика 29).



Слика 29. Дефинисање заобљења

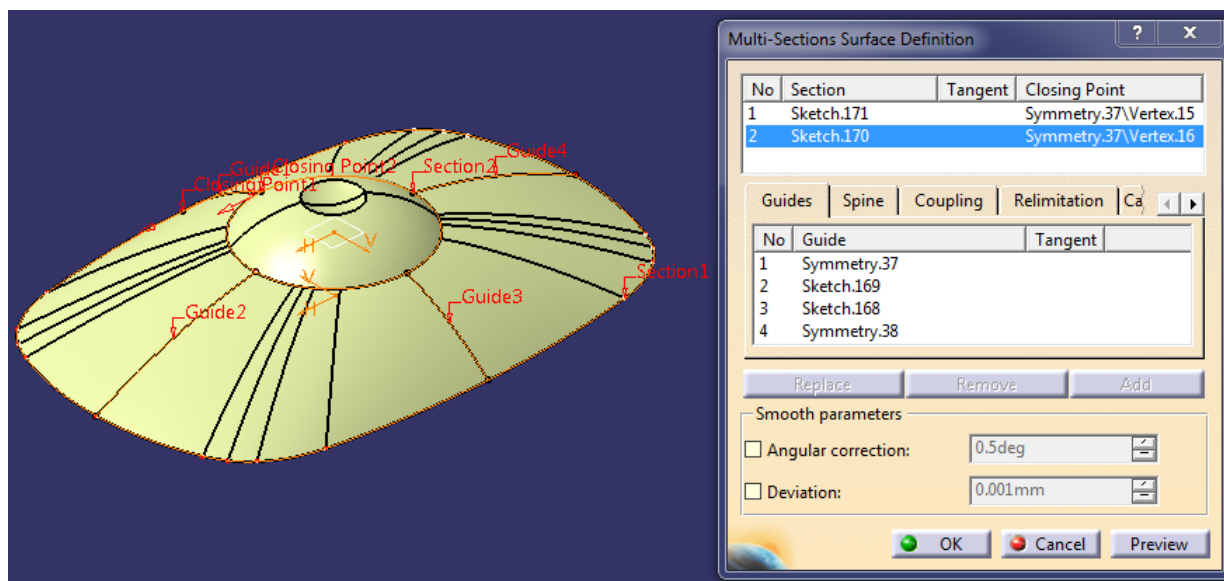
Сада се прелази на моделирање доњег дела боце. Слично као и у прошлом кораку, командом *Variable Radius Fillet Definition* креира се варијабилно заобљење на дну флаше.

Активацијом команде *Sketch* и одабиром жељене равни црта се „пупак“ флаше. Ту скицу командом *Revolute* ротирамо око вертикалне осе (слика 30).



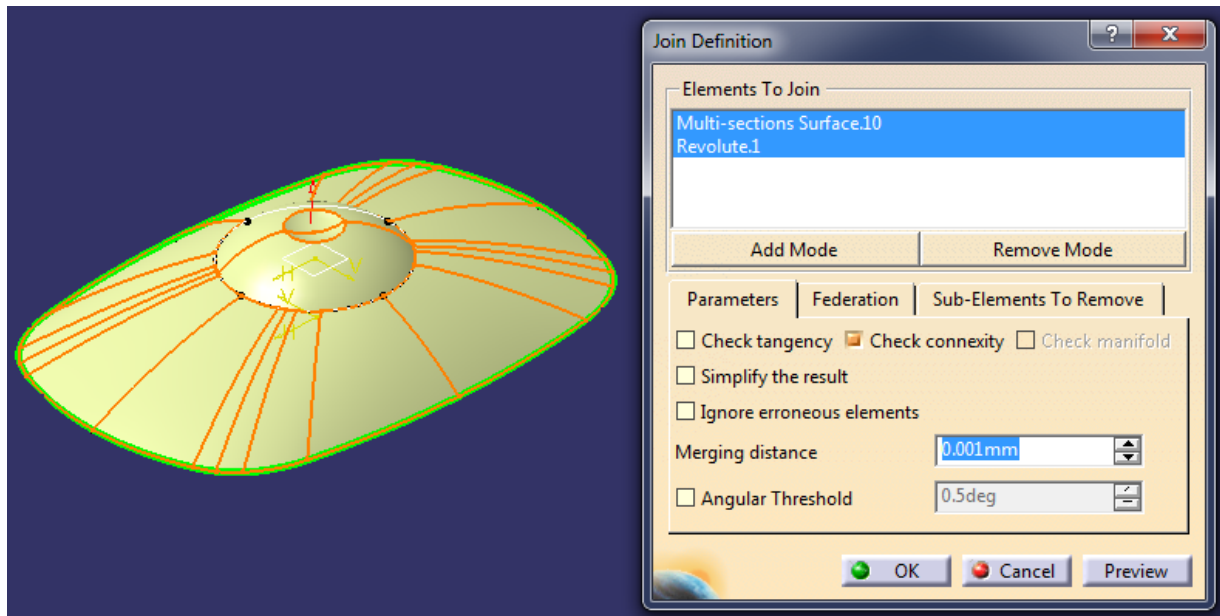
Слика 30. Дефинисање моделске форме *Revolute*

Сада се цртају одговатајући профили и изводнице које су неопходне да би се командом *Multi-sections Surface* формирали одговарајућу површину (слика 31).



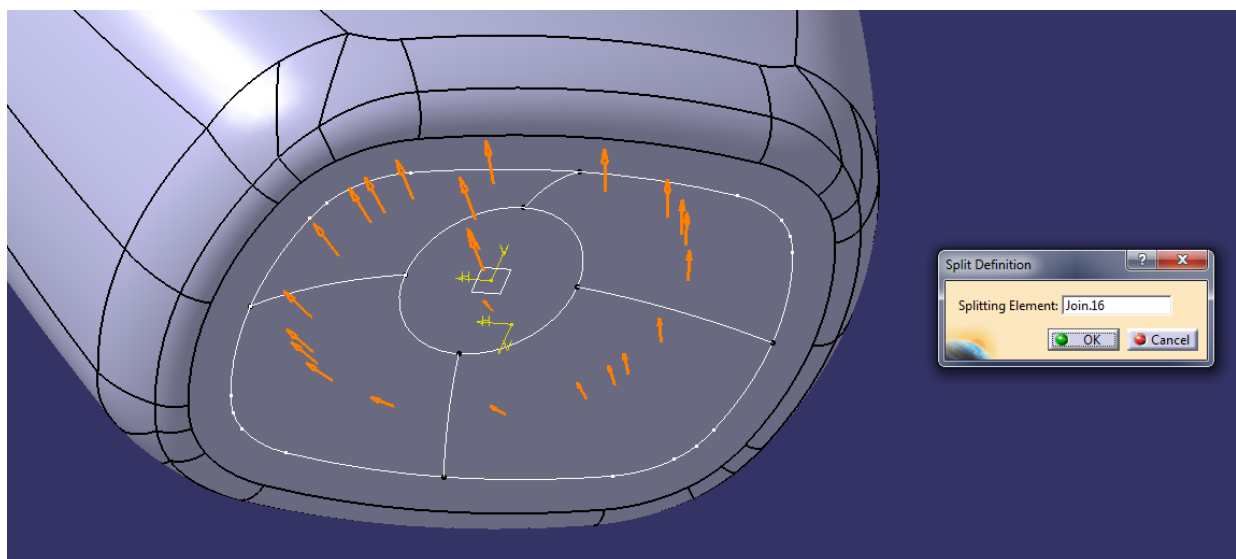
Слика 31. Креирање моделске форме *Multi-sections Surface*

Површину добијену ротацијом (слика 30) и површину добијену командом *Multi-sections Surface* (слика 31) би требало спојити у једну целину. То се може урадити командом *Join* тако што се селекују жељене површине и активира тастер ОК (слика 32). Површине које се спајају овом функцијом требало би да имају додирних тачака.



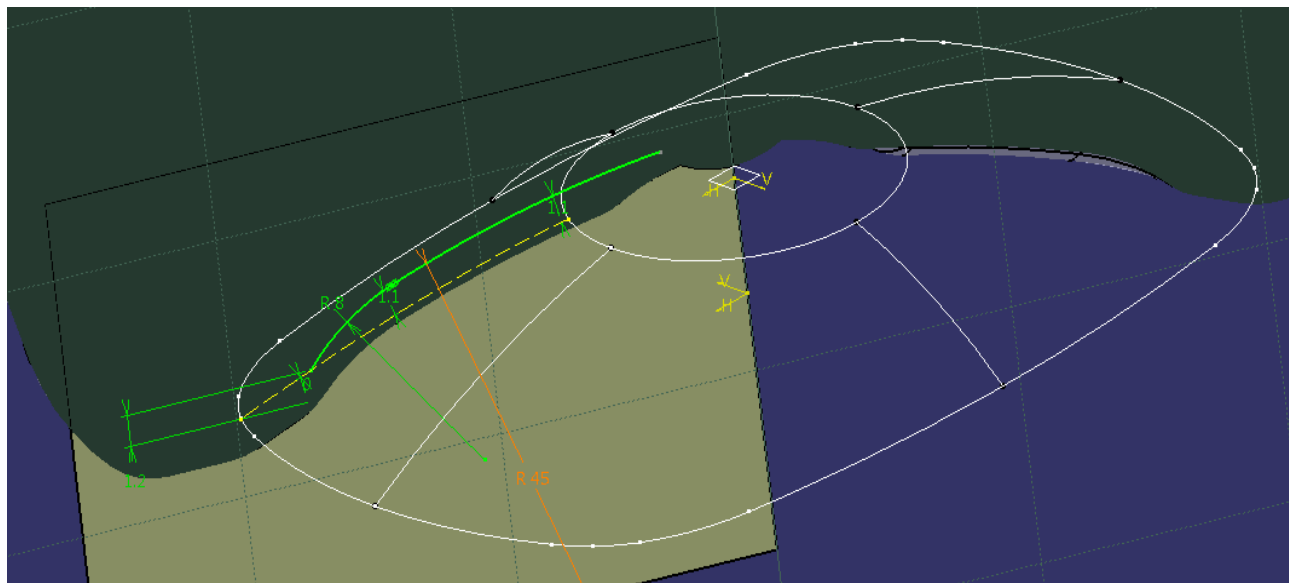
Слика 32. Креирање моделске форме *Join*

Командом *Split* врши се одсецање солида са неком површином. У овом случају одсеца се тело фласе са површином из претходне тачке (слика 33).



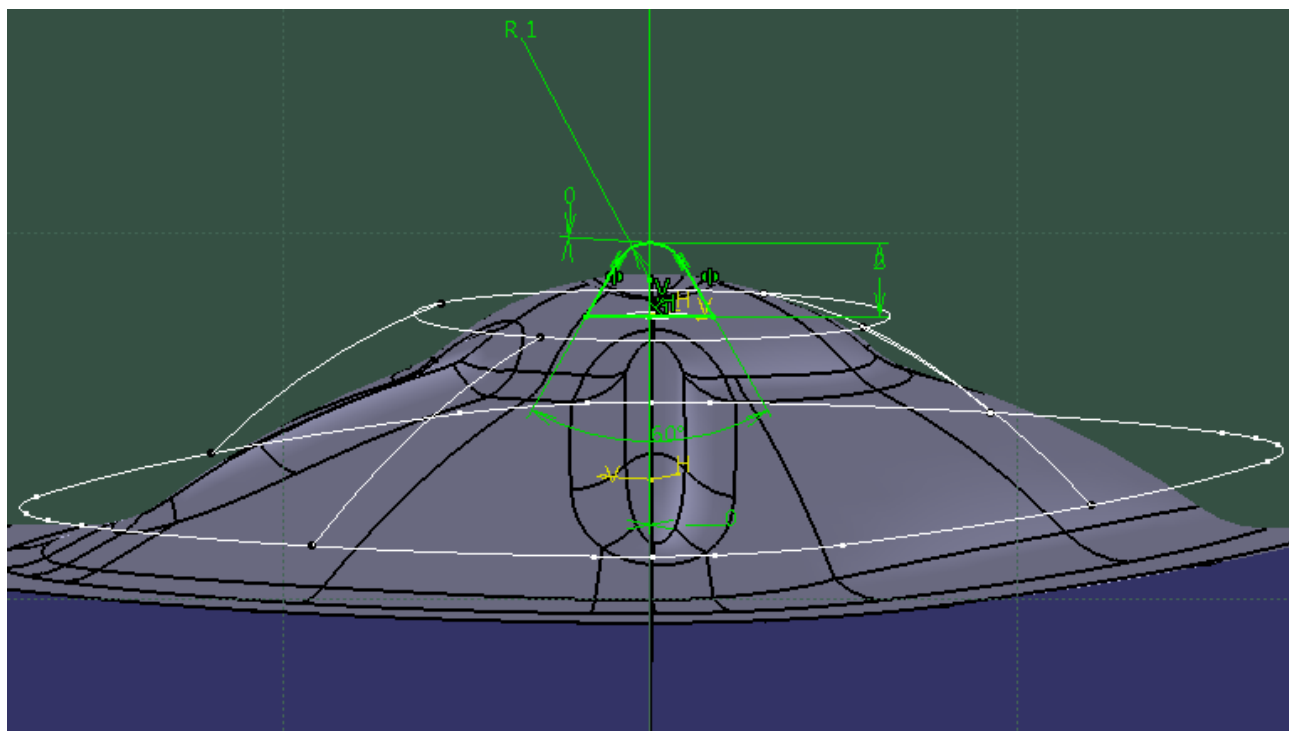
Слика 33. Креирање моделске форме *Split*

Командон *Plane* и опцијом *Angle/Normal to plane* формирају се равни под неким углом у односу на жељену осу. У тој равни се црта изводница која служи као путања кретања одређеног профила (слика 34).



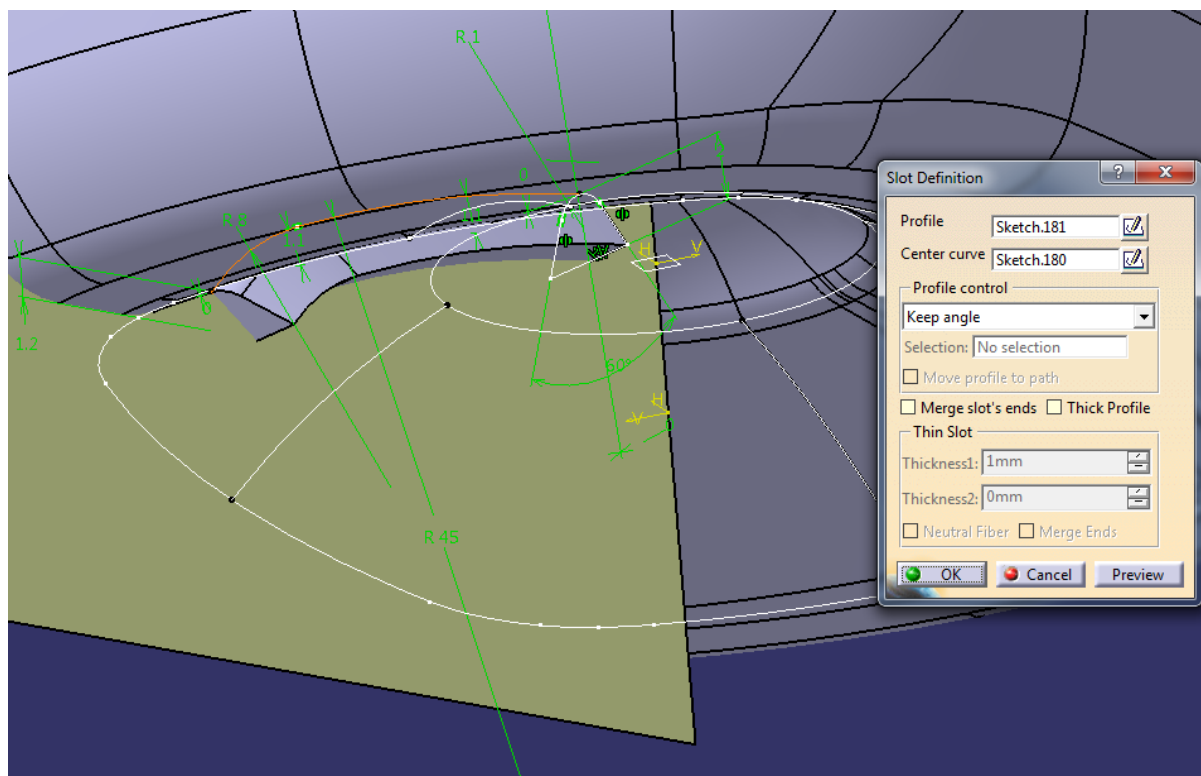
Слика 34. Изводница профила ојачања дна флаше

Активирањем команде *Plane* и избором опција *Normal to curve* формира се раван нормална на изводницу која служи као путања кретања одређених профила. У тој равни се цртају профили ребара ојачања дна флаше (слика 35).



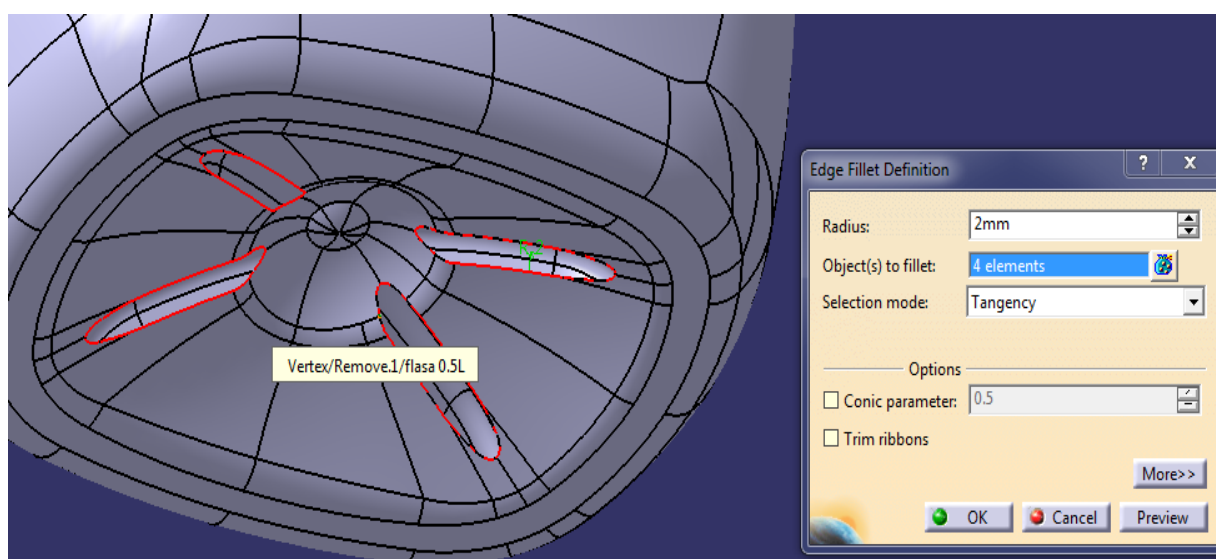
Слика 35. Профил ојачања дна флаше

У наредном кораку се активира команда *Slot* у којој се селекује изводница по којој ће неки профил да се креће и селекује се жељени профил (слика 36).



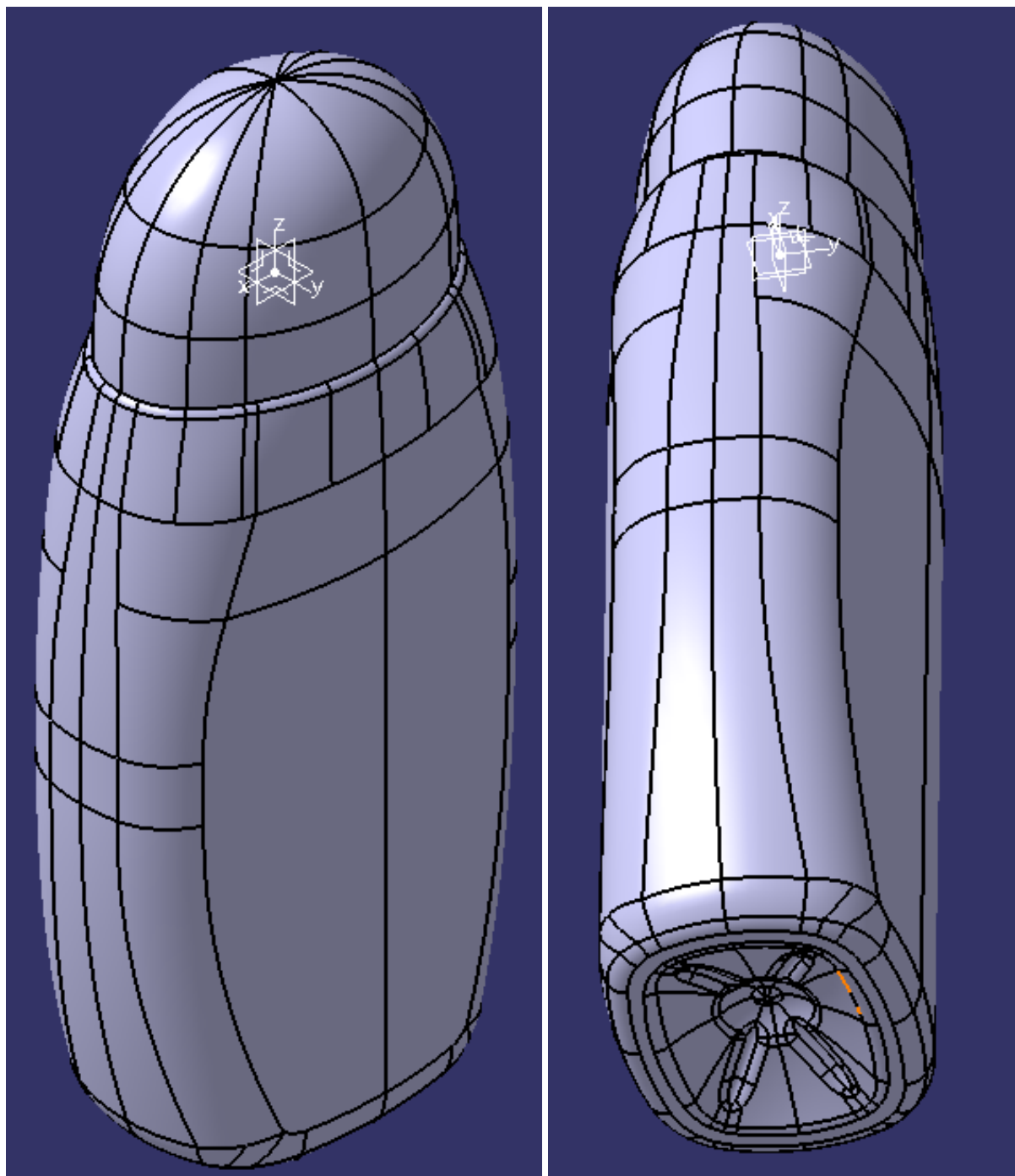
Слика 36. Креирање моделске форме *Slot*

Командом *Symmetry*, *Slot* из претходне тачке умножава се преко XZ odnosno YZ равни. Потребно је креирати заобљења на оштрим ивицама. Селекују се жељене ивице, активира се команда *EdgeFillet* и унесе се жељена вредност радијуса (слика 37).



Слика 37. Дефинисање радијуса

Овим кораком се завршава моделирање флаше 0,25Л. Ради бољег прегледа дизајна боце нацртан је неки импровизовани затварач (слика 38).



Слика 38. Крајњи модел флаше 0,25Л

4.2 Поступак моделирања алата флаше 0,25L

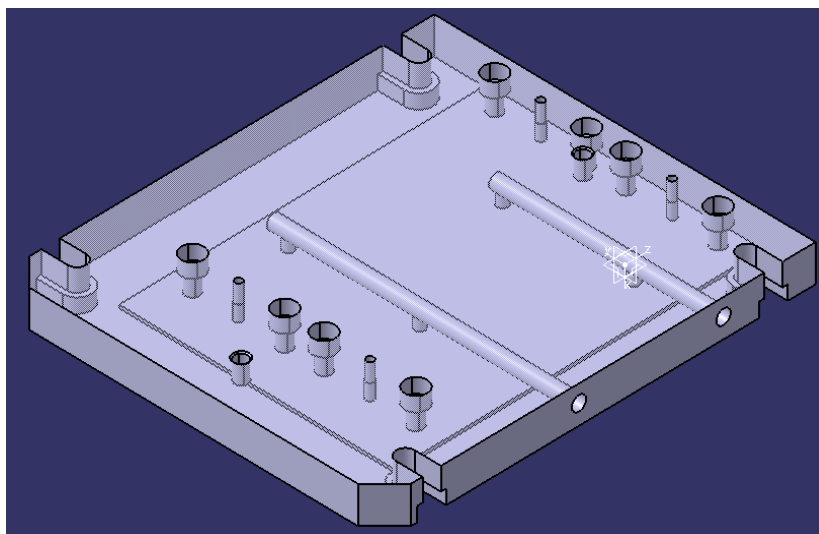
Један од задатака у овом раду јесте пројектовање алата за дување пластике истезањем. Алат је наменски део система дувања пластике истезањем и по правилу је намењен за производњу једног производа. Конструкција алата за дување пластике најпре зависи од произвођача машине (дуваљке) што код алата за бризгање пластике није случај. Зависи још и од величине, облика, намене боце, броја гнеза, материјала алата, врсте и грамаже епрувете и тд.

Алат који је конструисан је намењена за масину SIPA-у са два гнезда чији је капацитет неких 1400-2200 боца по сату. Алат се састоји из три подсклопа, два дела чине тела алата са носећим плочама, а трећи носач данцета са данцетом и подданцетом. Овакав један склоп чине алат за дување пластике истезањем комплетним.

Осно растојање између боца је 100 mm. Основни делови алата се раде од алуминијума, а остали делови од алатних челика са одговарајућом термичком обрадом. Алат се састоји из једног пара носећих плоча, једног пара тела са по две форме за обликовање профила, два данцета за обликовање дна боце, два наставка данцета, две плочице за везивање данцета, вођица и хватача епрувета.

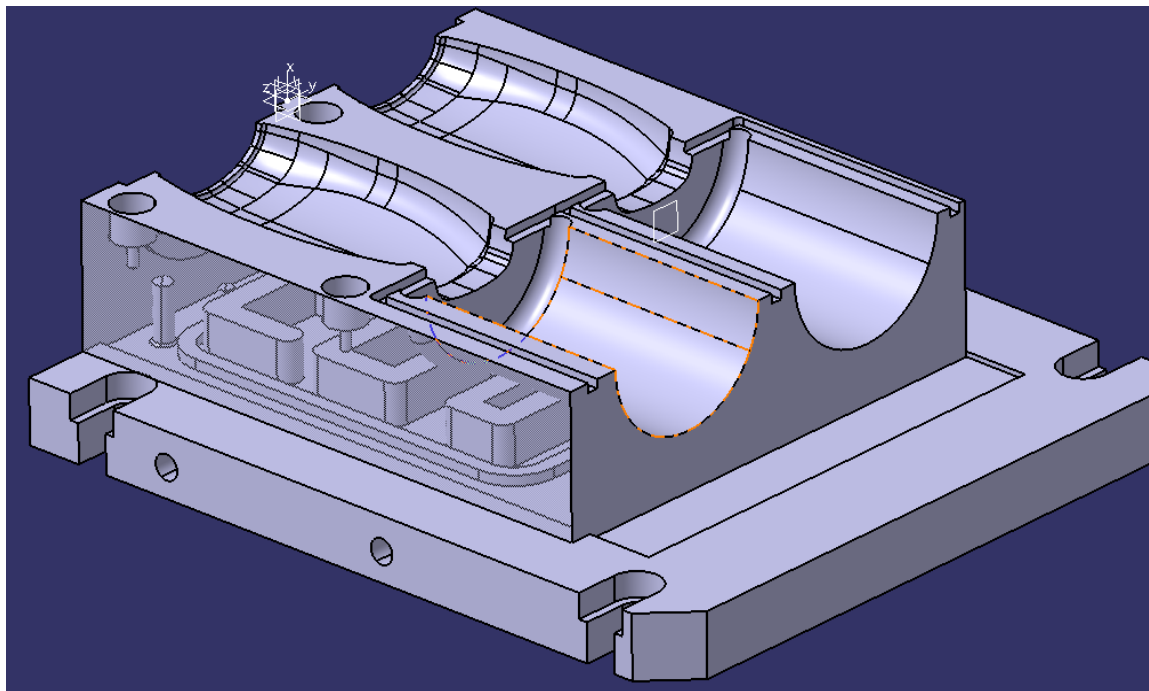
Прво шта би требало да се уради је да се равнима ограниче укупни габарити алата (ширину, висину и дужину) јер је то фиксно.

Наком тога се прелази на моделирање носећих плоча које на себи имају чивије уз помоћ којих се алат у тачно одређеном положају позиционира у односу на машину, жљебове на којима долазе завртњи за причвршћивање, чивије са којима се позиционира тело алата, упусти за навоје и рупе са навојима где улази односно излази вода за хлађење самог тела алата (слика 39).



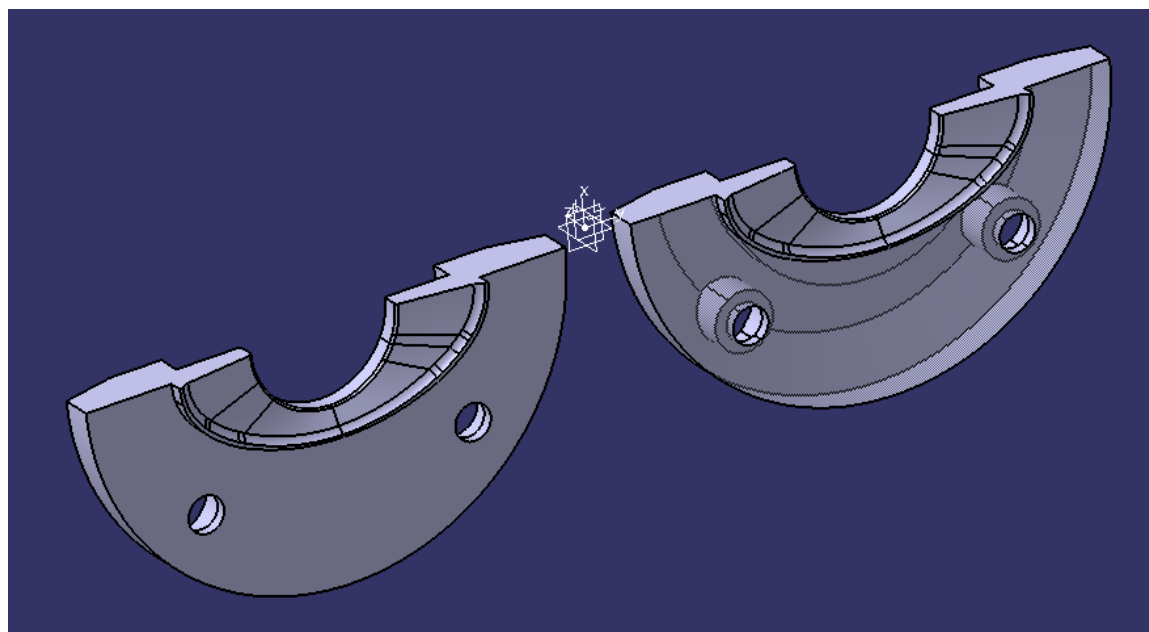
Слика 39. Носећа плоча тела алата

Прелази се на моделирање тела алата које на себи има канал за хлађење, навоје за везивање са носећом плочом канале за гумице, рупе за вођице чивије за позиционирање у односу на носеће плоче и канале за одвод вишка ваздуха. Након тога се увози моделирана флаша, увећава се за проценат скупљања, умножава се на растојању од 100мм које је у ствари осно растојање између две флаше и *Booleans Operations* се „одузима“ од тела алата (слика 40).



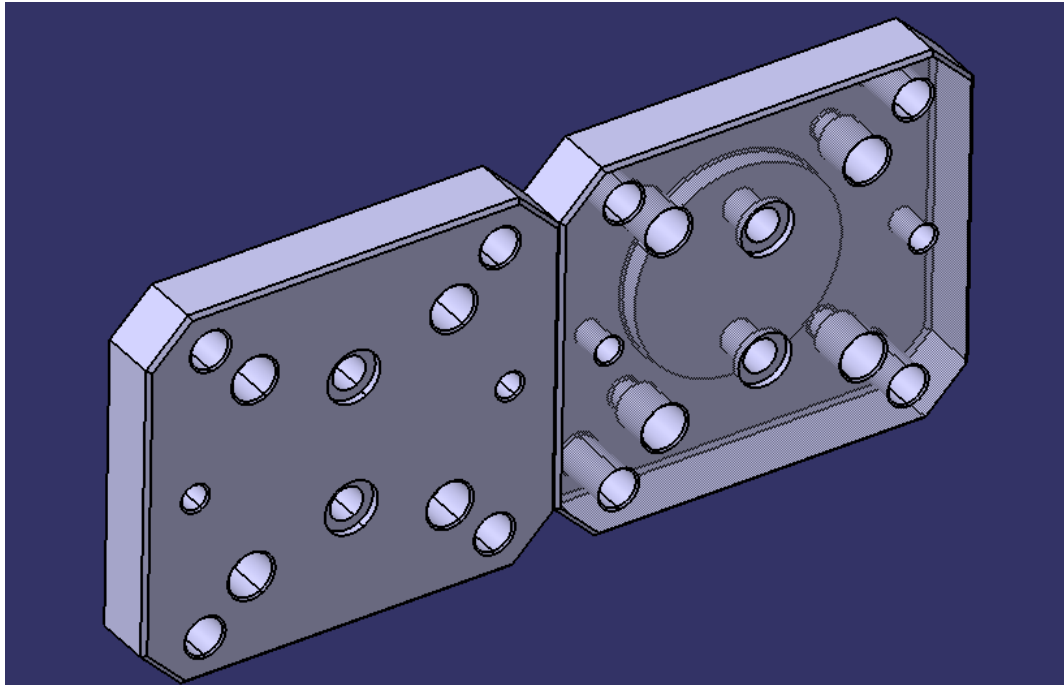
Слика 40. Тело флаше

Моделира се хватач епрувета цији је пречник за 0,2мм већи од пречника епрувете. Због модела саме флаше на њему се налази мањи део профила флаше (слика 41). На њему се налазе и упусти за навоје за везивање са телом алата.



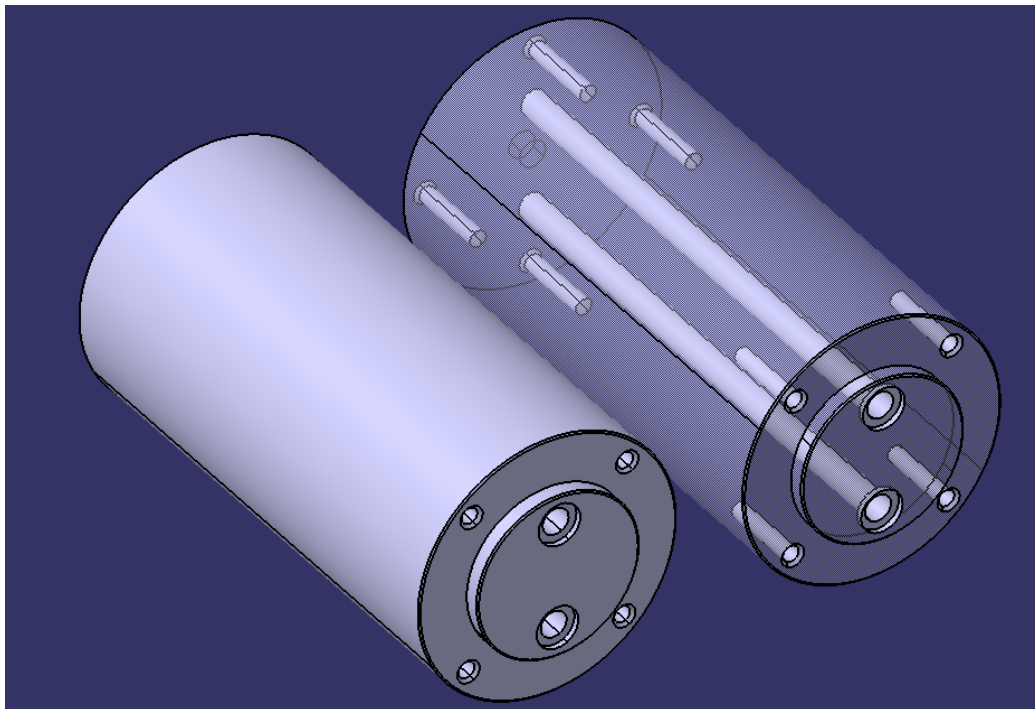
Слика 41. Хватач епрувета

Сада се моделира везивна плоча данцета која служи да повеже данце са машином. На њој се налазе отвори за хлађење са упустима за гумице, отвори за везивање са машином и упуштени отвори за везивање подданцета са везивном плочом (слика 42).



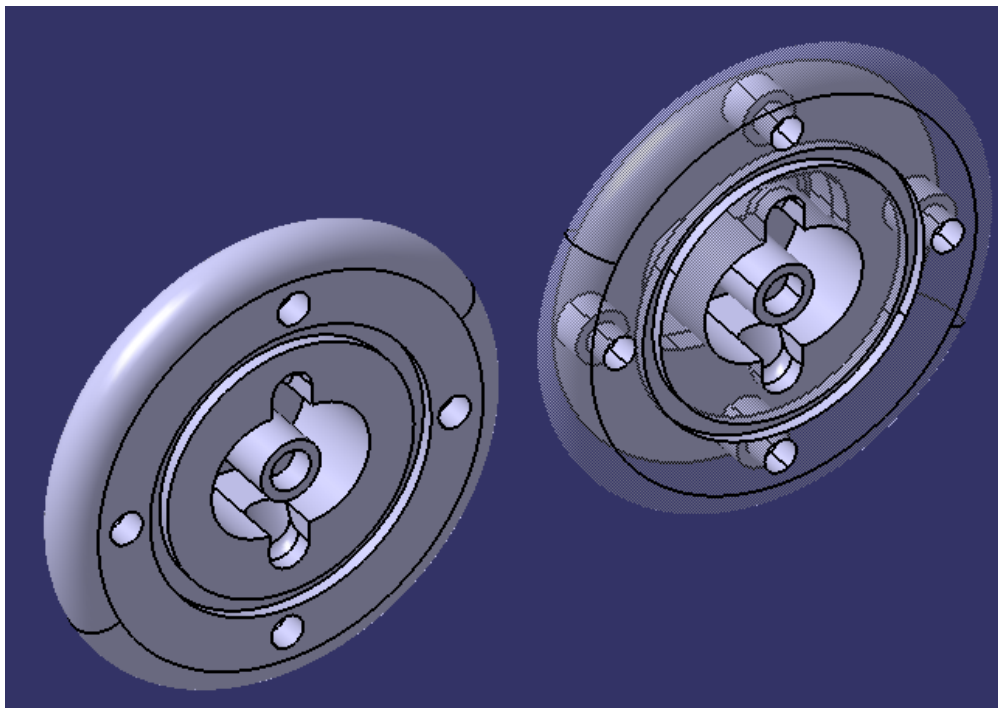
Слика 42. Везивна плоча данцета

Прелази се на моделирање подданцета, дела који служи као веза између данцета и везивне плоче данцета. На њему се налазе навоји за везивање и отвори за хлађење и упустима за гумице (слика 43).



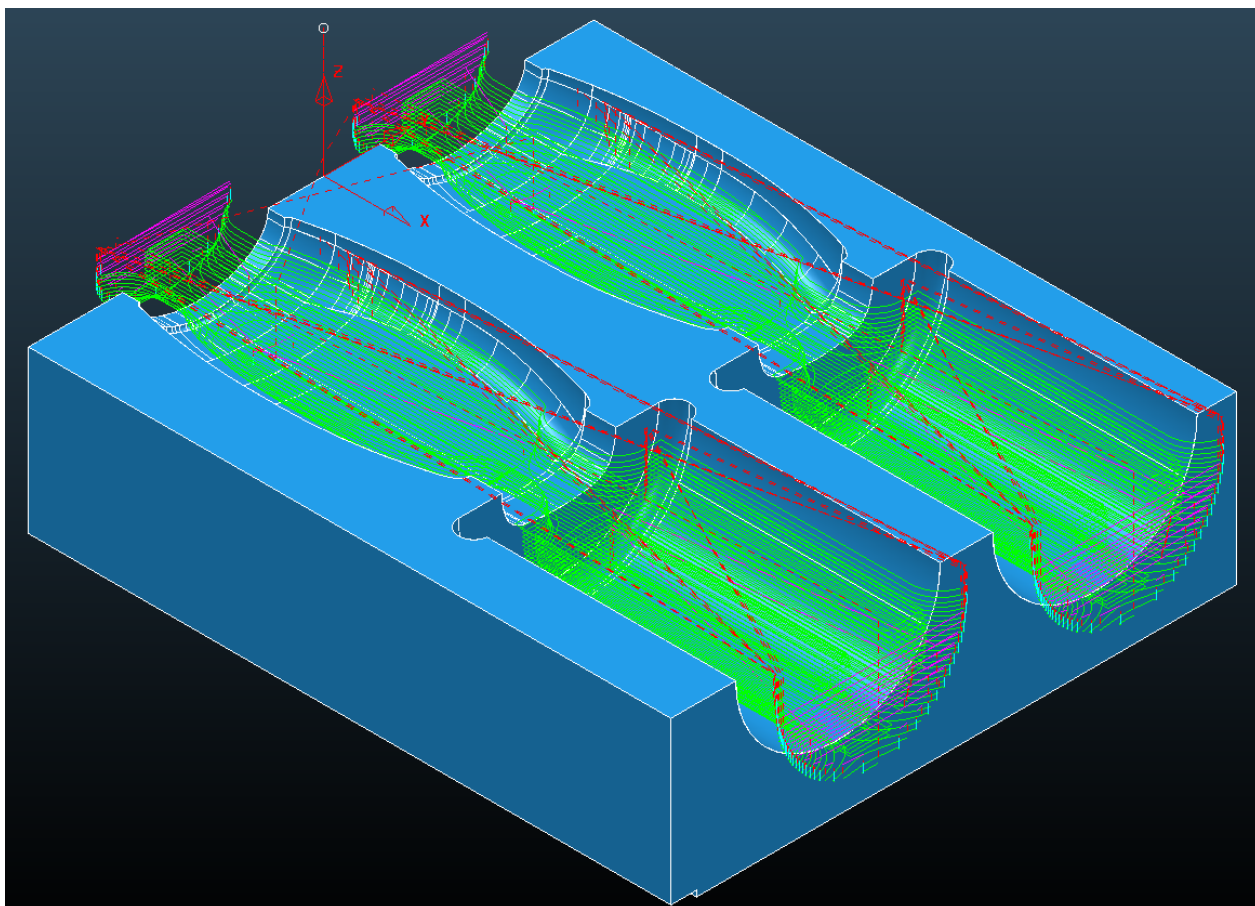
Слика 43. Подданце

Моделира се данце које на себи има систем за хлађење, отворе са упустима за главу завртња, систем за позиционирање и канале за одвођење ваздуха. Након тога *Booleans Operations* се „одузма“ од данцета профилни облик дна флаше (слика 44).



Слика 44. Данце

5. Машинирање тела алата за дување флаше 0,25L и генерисања NC кода



Слика 45. Машинирање тела алата

5.1 Уводно разматрање NC програмирања

NC програмирање је процес креирања сета инструкција за аутоматско управљање машинама алаткама или другим производним уређајима. НЦ програмом се управља свим кретањима нумерички управљане машине алатке и операцијама које изводи алат.

Највећи број савремених CAD/CAM система, базираних на запреминском моделирању, подрђжава аутоматско генерисање NC кода, за читав низ врста обрада (обрада резањем, просецањем, електроерозија и тд.). NC програмирање се примењује и за управљање осталом производном опремом, као што су нумерички управљане мерне машине, роботи, транспортна средства и тд.

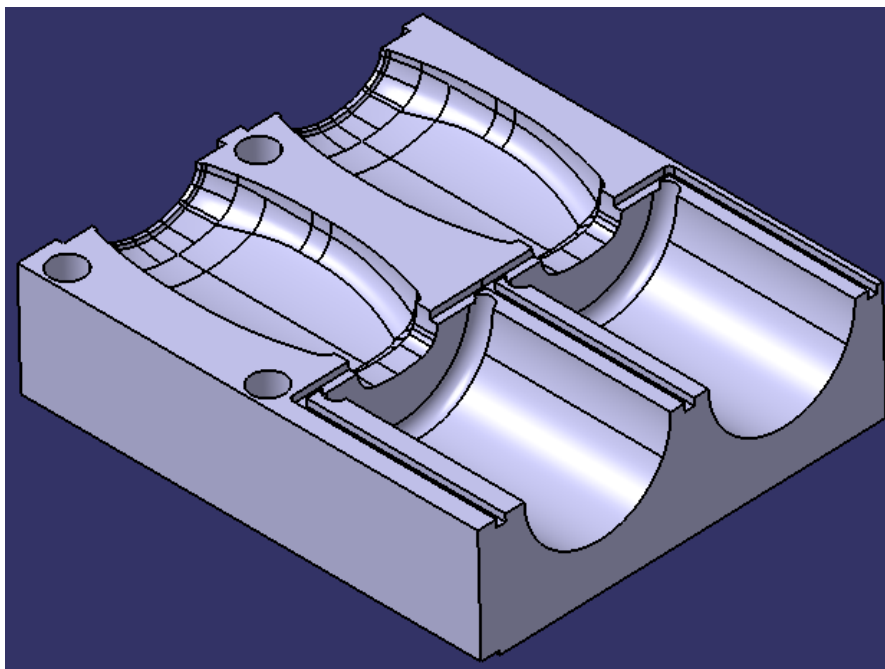
Основа за аутоматско генерисање NC кода је виртуални модел генерисан у одређеним софтверским пакетима (CATIA, SOLIDWORKS, INVENTOR...). Најмодернији CAD/CAM системи имају уграђене посебне модуле за генерисање NC кода за све врсте CNC управљачких јединица, у поступку пост-процесирања, када се програмски код CAD/CAM система преводи у посебни програмски код који препознаје расположива управљачка јединица.

Посебна погодност савремених CAD/CAM система је да се пре употребе аутоматски генерисаног CNC кода, може извршити његова провера, виртуално, кроз симулацију процеса NC машинирања. Ту се могу уочити евентуални проблеми у машинирању.

Један од основних софтверских пакета за симулацију процеса NC машинирања и генерисања NC кода је **DELCAM PowerMILL**.

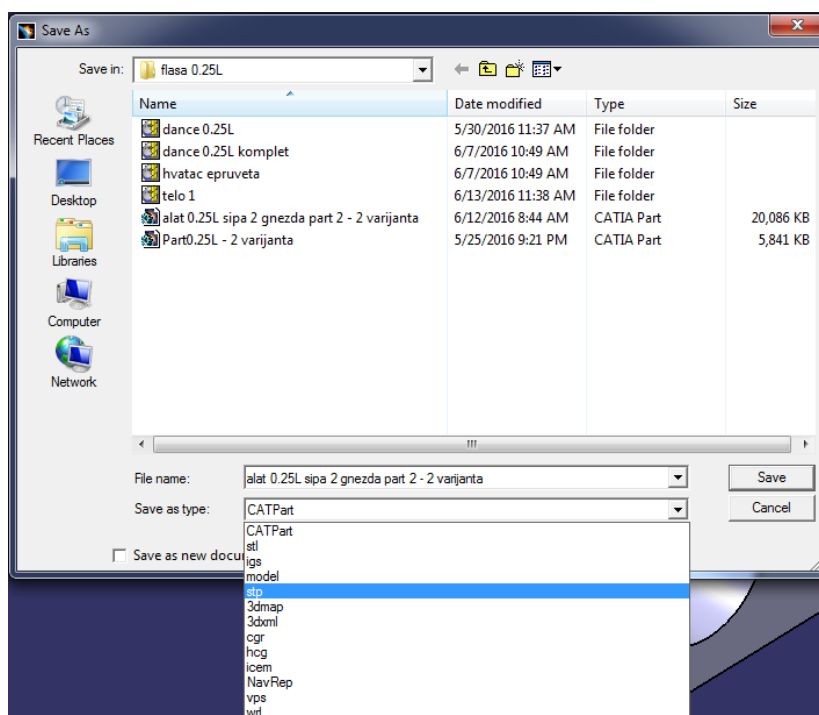
5.2 Моделирање тела алата за дување флаше 0,25L

Моделирање тела алата за дување флаше 0,25L је моделиран у софтверском пакету CATIA као што је и показано у претходном делу (слика 46).



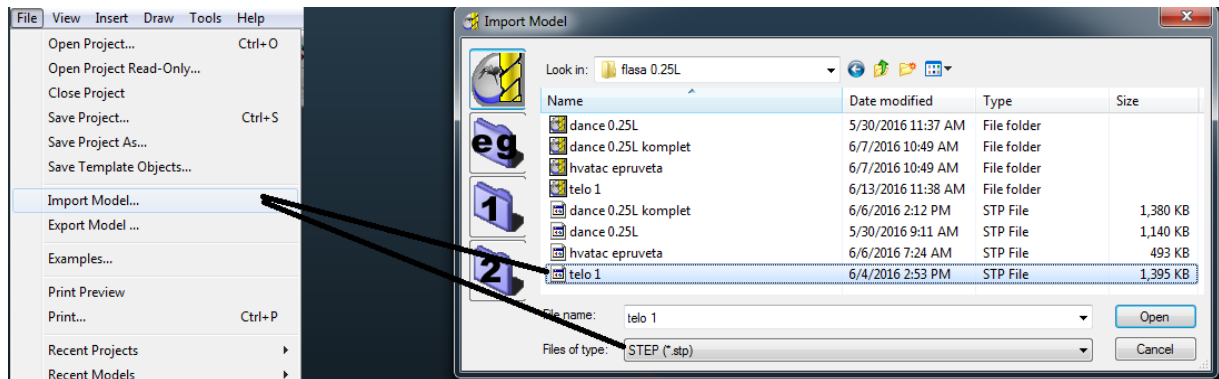
Слика 46. Модел тела алата

Модел тела алата за дување флаше 0,25L је извезен из програмског пакета CATIA као STEP формат (слика 47).



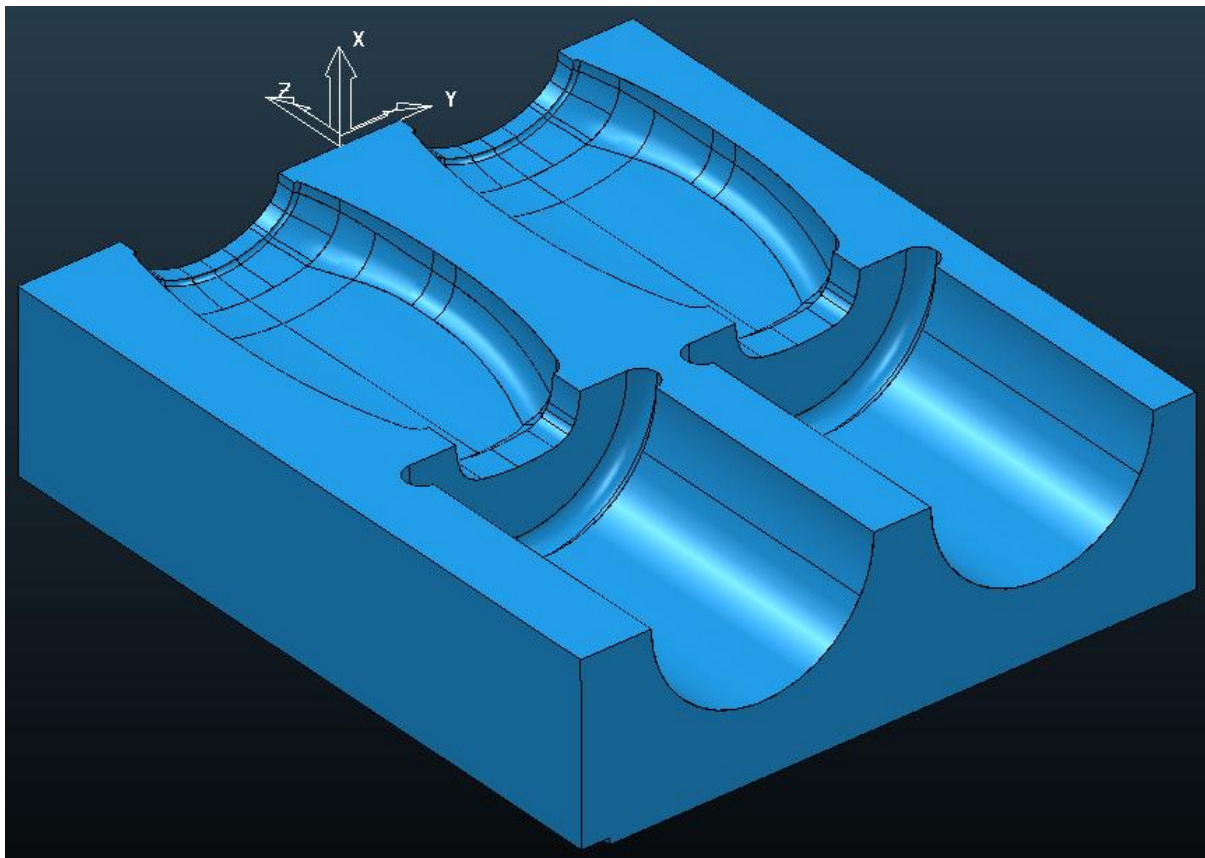
Слика 47. Модел тела снимљен као STEP

Стартовањем програмског пакета PowerMILL уводи се медел тела алата за дување флаше 0,25L у одговарајућем STEP формату (слика 48).



Слика 48. Увоз STEP модела у PowerMILL

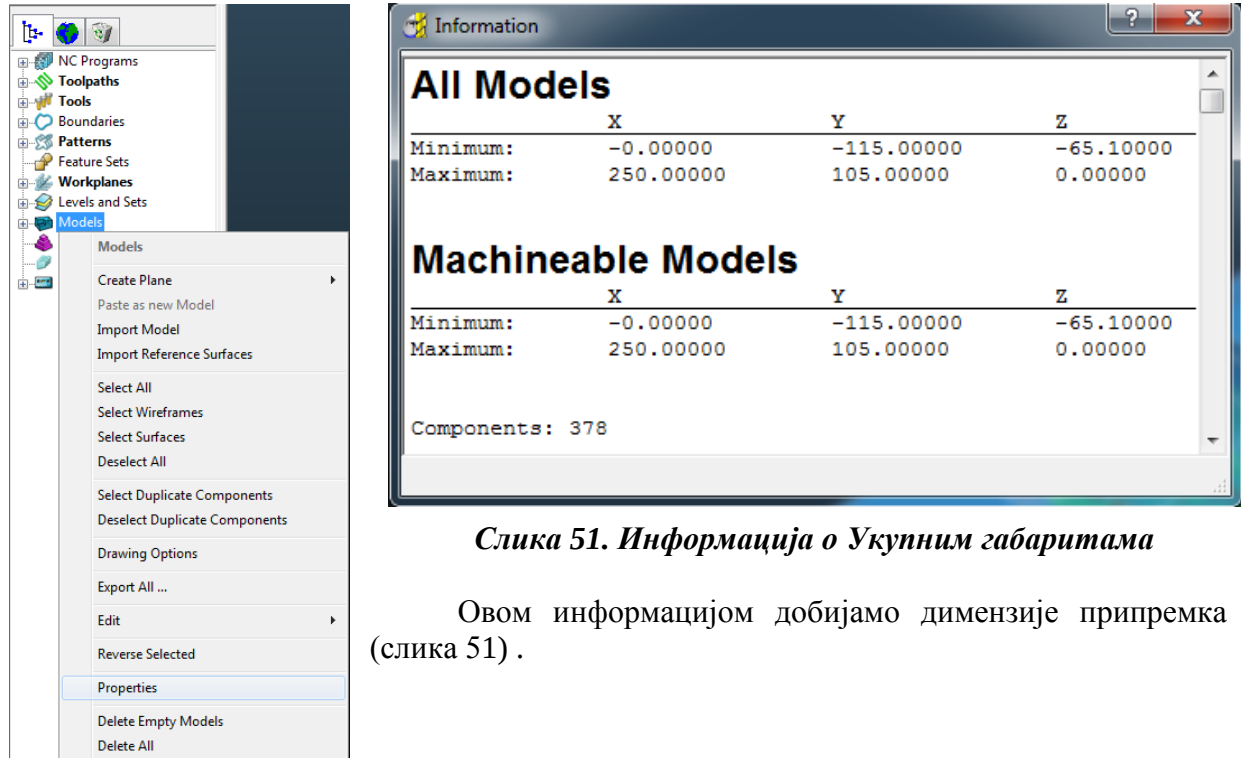
На овај начин се уводи модел тела алата за дување флаше 0,25L који је приказан сликом (слика 49).



Слика 49. Модел за машинирање

5.3 Креирање координатног система

У оквиру палете алата изабере се опција *Models*. Активирањем десног тастера на *Models* отвара се падајући мени и изабере се опција *Properties* (слика 50).

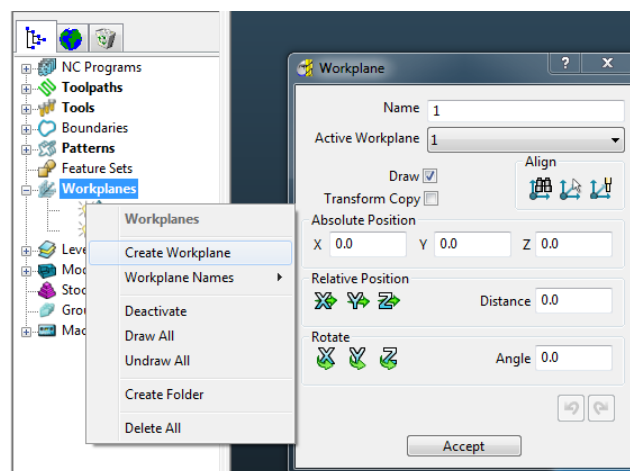


Слика 51. Информација о Укупним габаритама

Овом информацијом добијамо димензије припремка (слика 51).

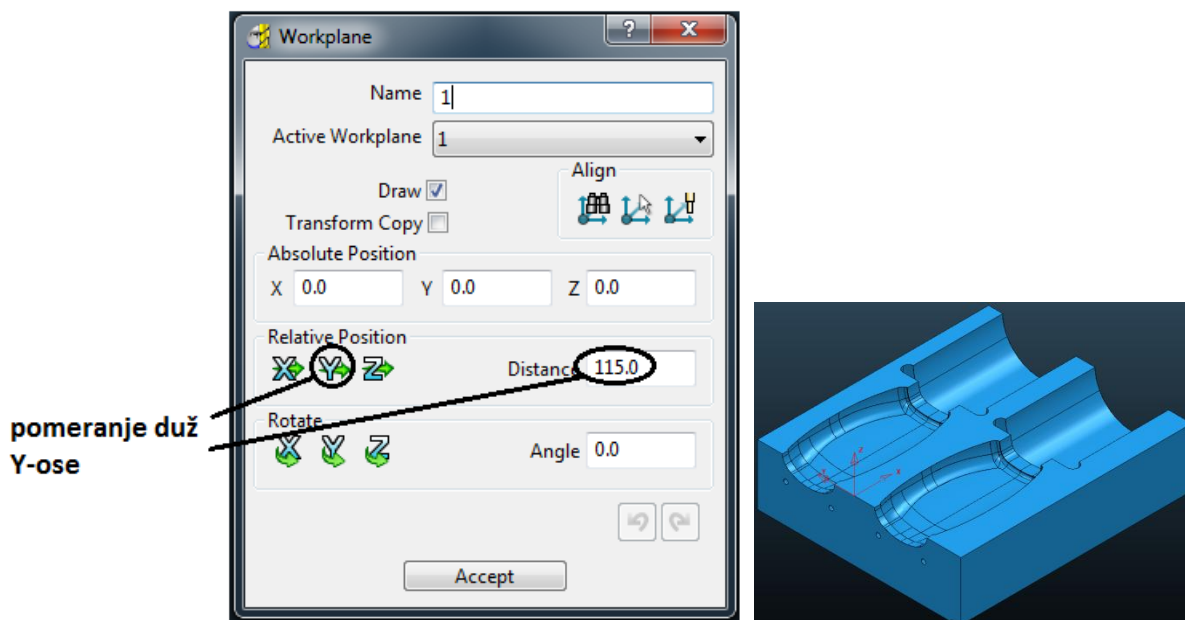
Слика 50. Активирање *Properties*

Треба дефинисати нама прилагодљив координатни систем. У овом случају ће то бити на средини између два профила и на челу самог профила. У оквиру палете алата изабере се опција *Workplanes*. Активирањем десног тастера на *Workplanes* отвара се падајући мени и стартује се *Create workplane* (слика 52).



Слика 52. Активирање команде *Workplanes*

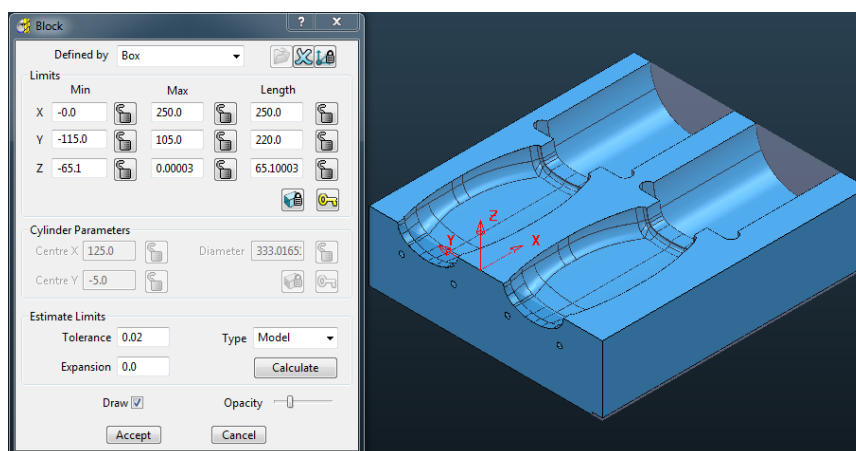
На основу опције *Models* и димензија припремка ствара се могућност креирања координатног система у жељеној позицији. У овом случају то ће бити на средини између два профила дуж X осе и на челу профила дуж Y осе. На врху припремка дуж Z осе. Након уношења жељених података кликне се на асерпт. Овим ссе дефинише координатни систем приказан сликом (слика 53).



Слика 53. Дефинисање координатног система

5.4 Креирање блока

Селекује се икона *Block* . Дефинисањем блока дефинише се облик и димензије припремка од кога се машинира жељени део. Облици припремка могу бити различити. Командом *calculate* дефинише се блок око модела. Након унетих података активира се *асерпт* (слика 54).



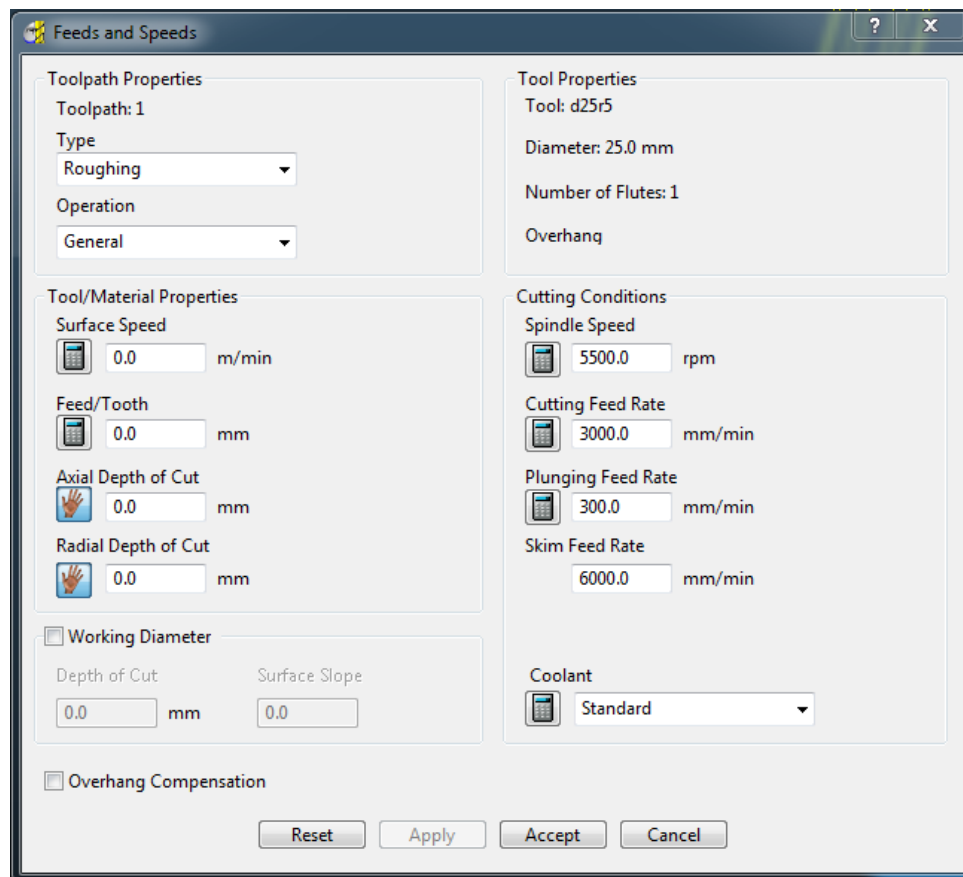
Слика 54. Дефинисање припремка

5.5 Режи́ми обраде

Командом *Feeds and Speeds*  дефинишу се режими обраде.

Spindle Speed – број обртаја,
Cutting Feed Rate – брзина резања,
Plunging Feed Rate – брзина продирања,
Skim Feed Rate – брзина брзог хода,

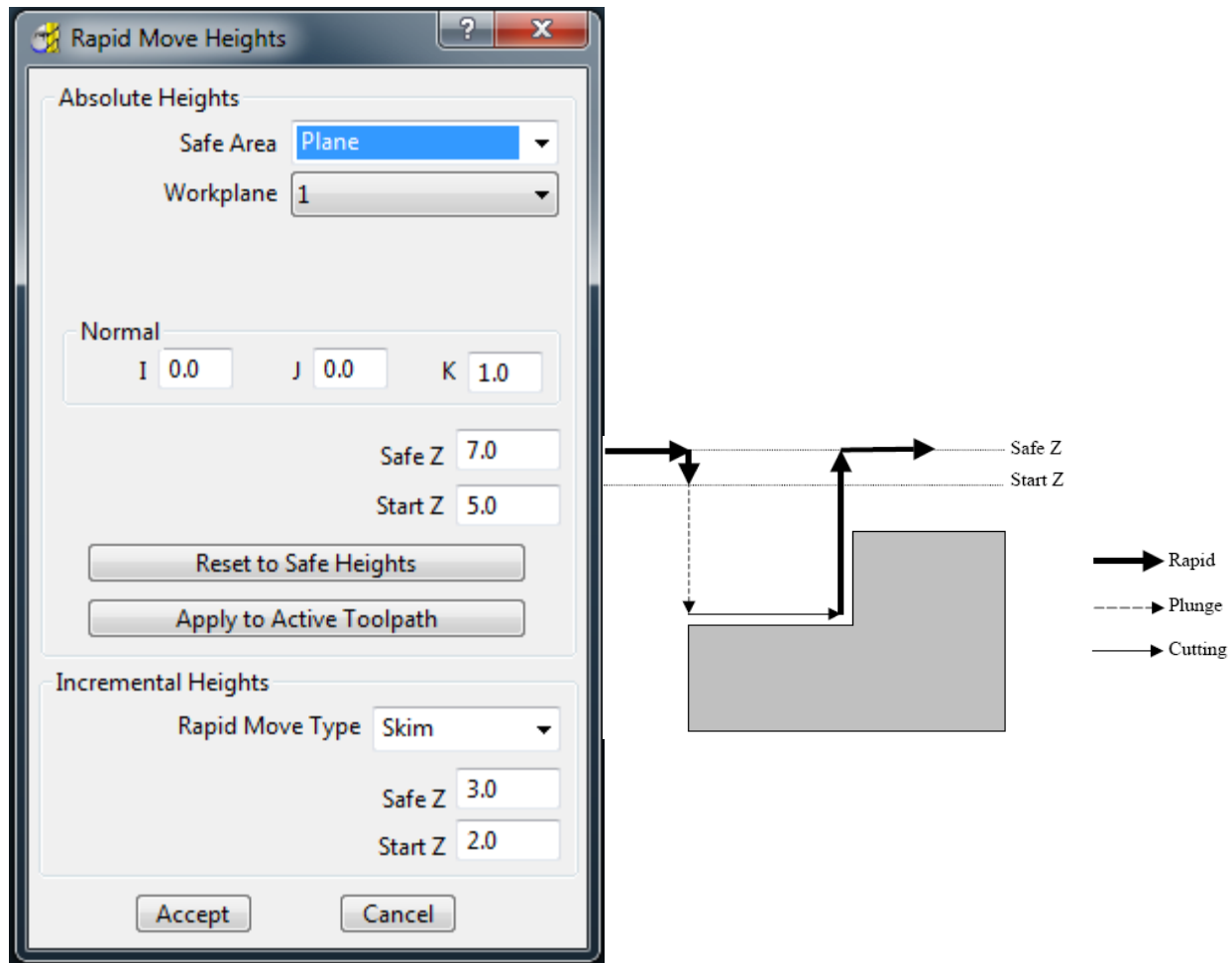
Након унетих података активира се *apply* па *accept* (слика 55).



Слика 55. Дефинисање режима обраде

5.6 Сигурносне равни

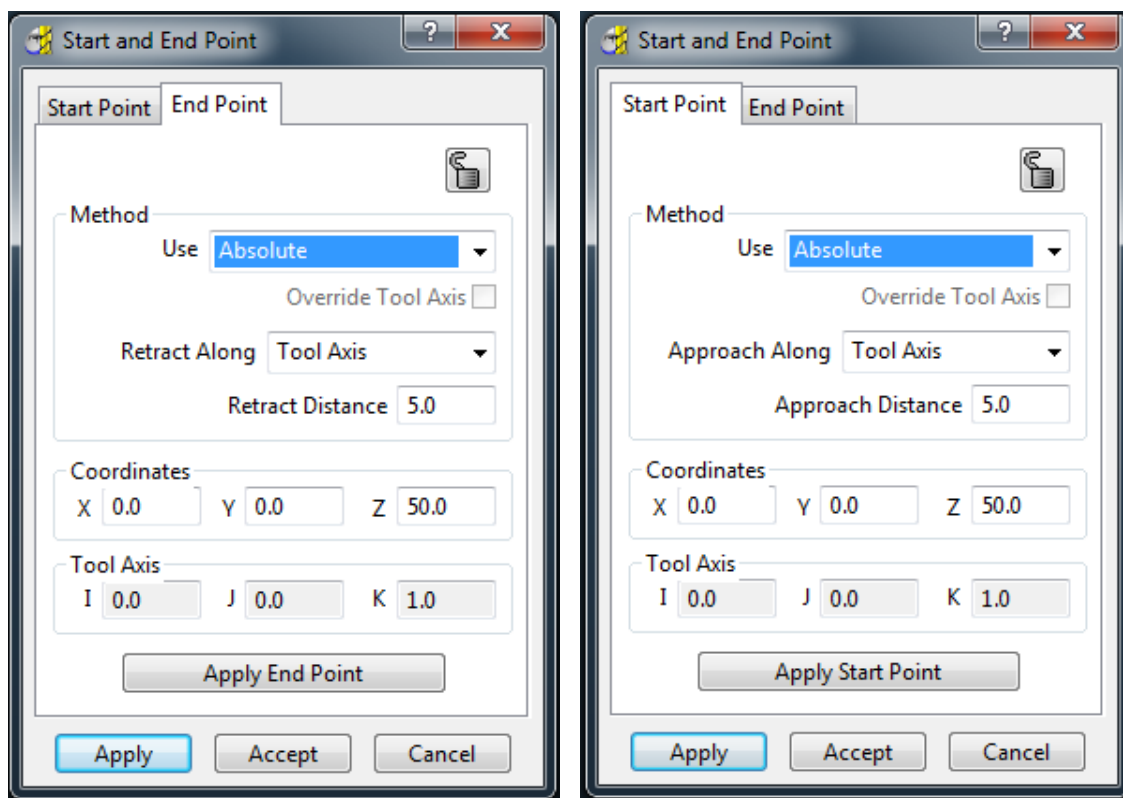
Командом *Rapid Move Heights*  дефинише се сигурносна раван у којем ће глодало моћи да се креће брзим кретањем и раван од које почиње обрада. Након унетих података активира се *accept* (слика 56).



Слика 55. Дефинисање сигурносних равни

5.7 Позиционирање алата

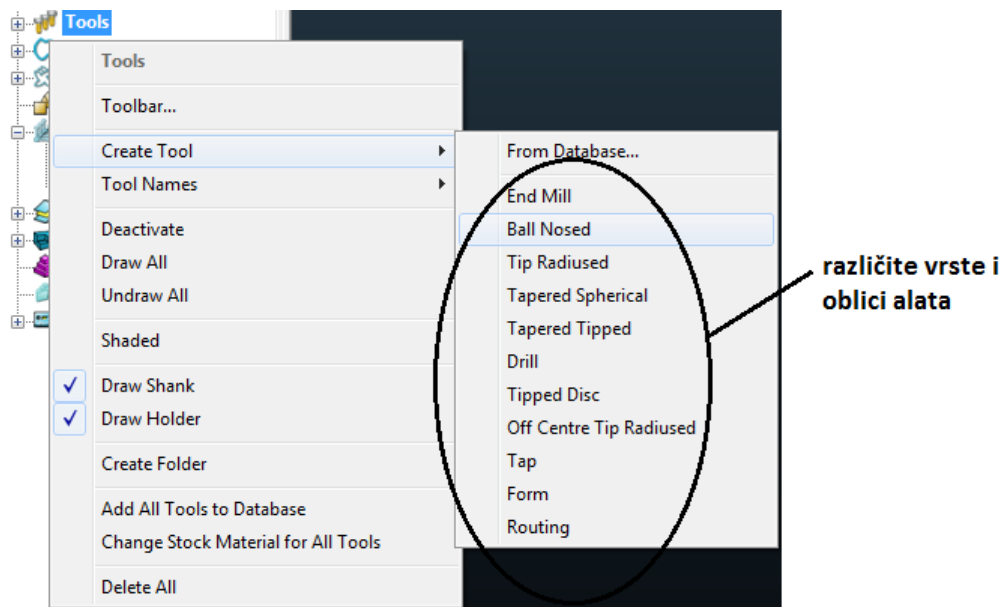
Командом **Start and End Point**  дефинише се почетна и крајња тачка алата. Позиционирање стартне тачке најчешће се врши у односу на координатни систем или у односу на центар блока (припремка). У овом случају дефинисан је у односу на координатни систем. Дефинисање крајње тачке се изводи на сличан начин у односу на активан координатни систем (слика 56). Након унетих података активира се *apply* па *accept*. Алат се налази на 50мм од блока по Z оси. То је почетна и крајња тачка.



Слика 56. Дефинисање почетне и крајње тачке

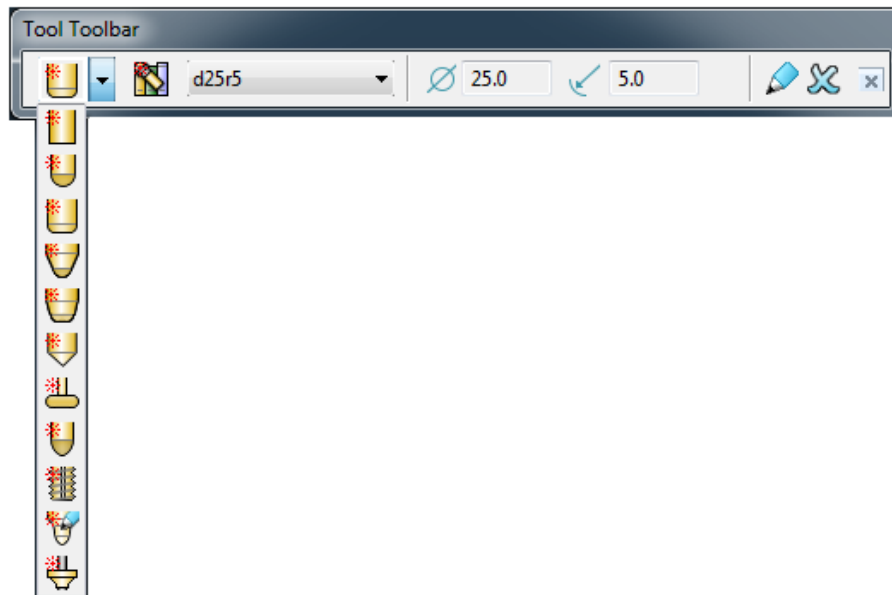
5.8 Избор резног алата

Сада дефинишемо облике и димензије алата са којима се од унапред дефинисаног блока добити жељени део. У оквиру палете алата изабере се опција *Tools*. Активирањем десног тастера на *Tools* отвара се падајући мени и изабере се опција *Create Tool* где се појављује падајући мени са листом алата (слика 57).



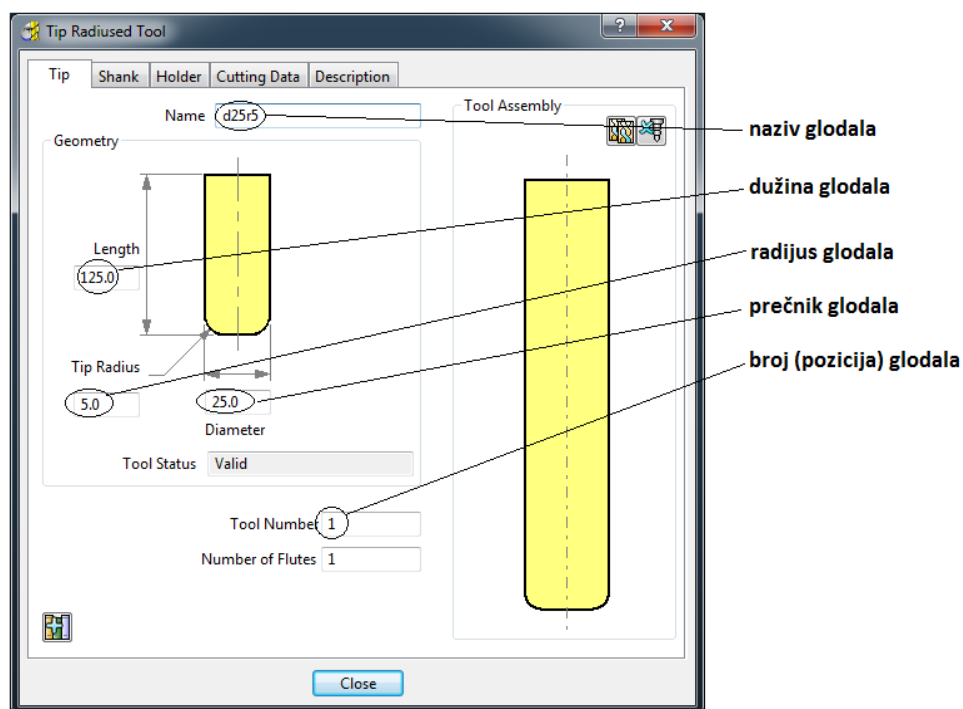
Слика 57. Избор резног алата

Код оваквог начина избора алата нема визуелног приказа алата. У оквиру палете алата изабере се опција *Tools*. Активирањем десног тастера на *Tools* отвара се падајући мени и изабере се опција *Toolbar* и појављује се нова палета алата где може да се види алат (слика 58).



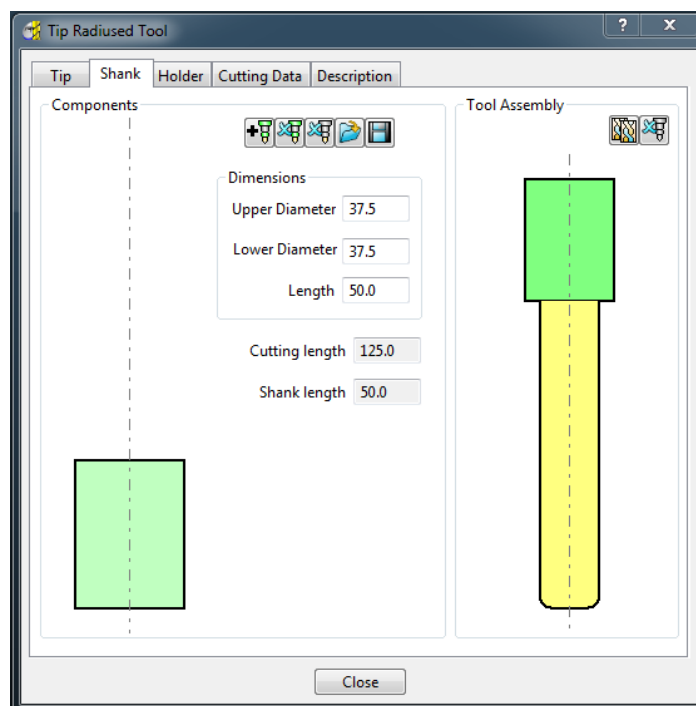
Слика 58. Сливовити приказ алата

Изабере се један од понуђених алата једноставном активациом на исти. Отвара се прозор где се дефинише геометрија изабраног алата (слика 59).



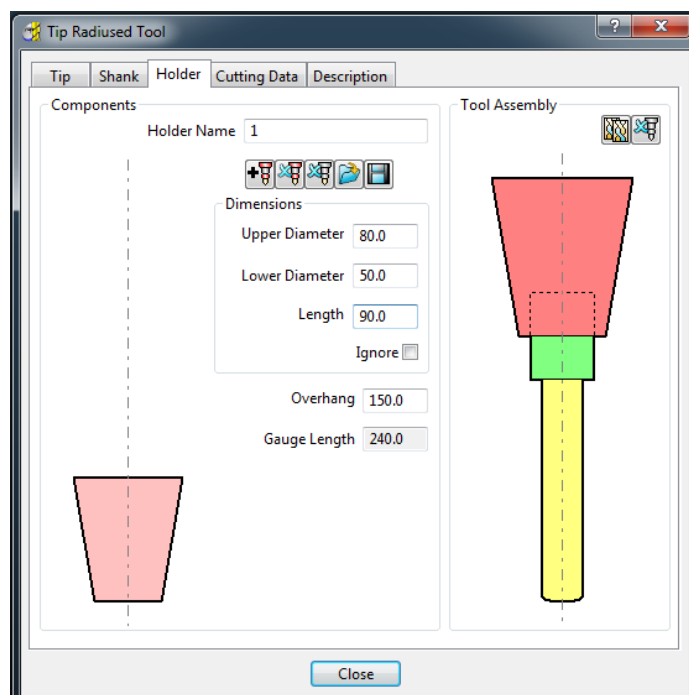
Слика 59. Дефинисање резног алата

Преласком у другу фасциклу (*Shank*) може се дефинисати дршка алата уколико је то из неког разлога потребно (слика 60).



Слика 60. Дефинисање дршке алата

На истом прозору само у другој фасцикли (*Holder*) такође се може дефинисати и носач алата. Може се и измоделирати у неком другом софтверском пакету и увести у програм уколико је специфичног облика (слика 61).

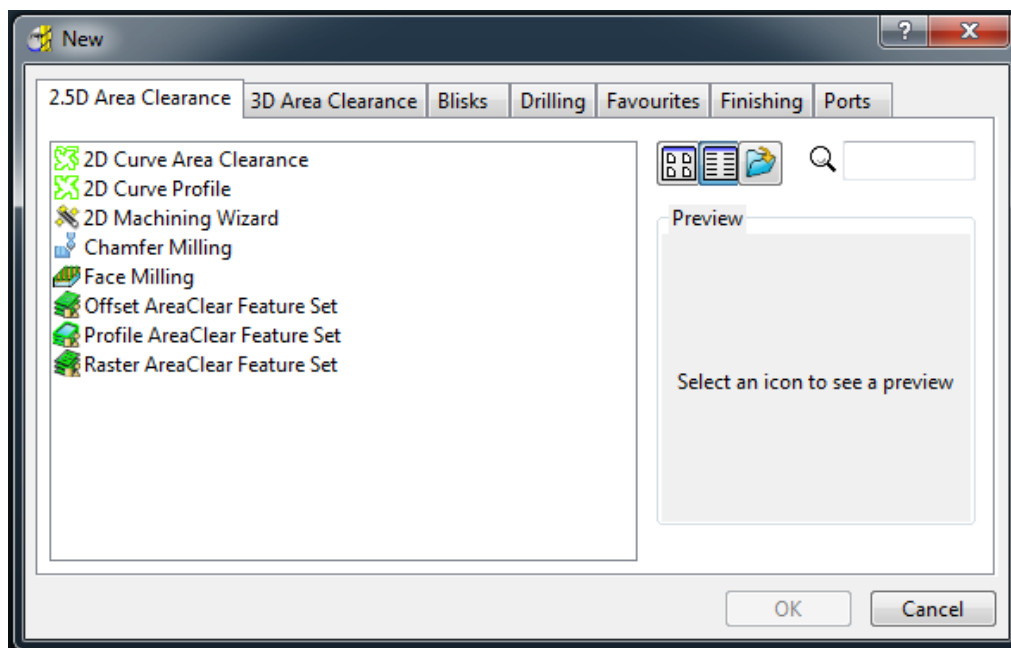


Слика 61. Дефинисање носача алата

5.9 Стратегије обраде

Селектовањем иконе *Toolpaths*  отвара се прозор са фасциклама које представљају различите врсте обраде (слика 62).

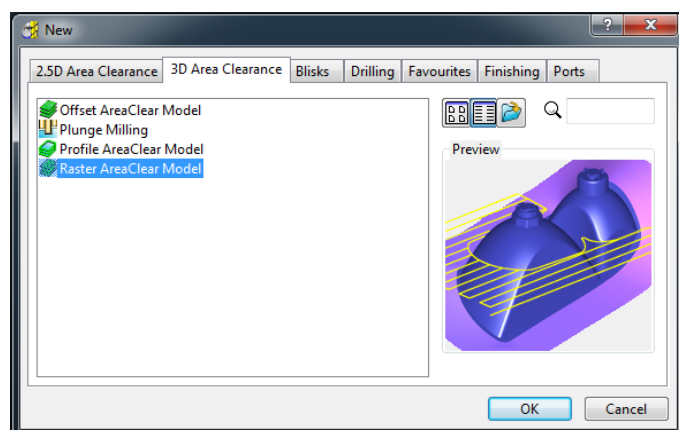
- Стратегије 2.5D грубе обраде,
- Стратегије 3D грубе обраде,
- Стратегије обраде пера турбине,
- Стратегије обраде бушењем,
- Стратегије fine обраде,
- Стратегије обраде кривих отвора, канала, шупљина.



Слика 62. Различите врсте и стратегије обраде

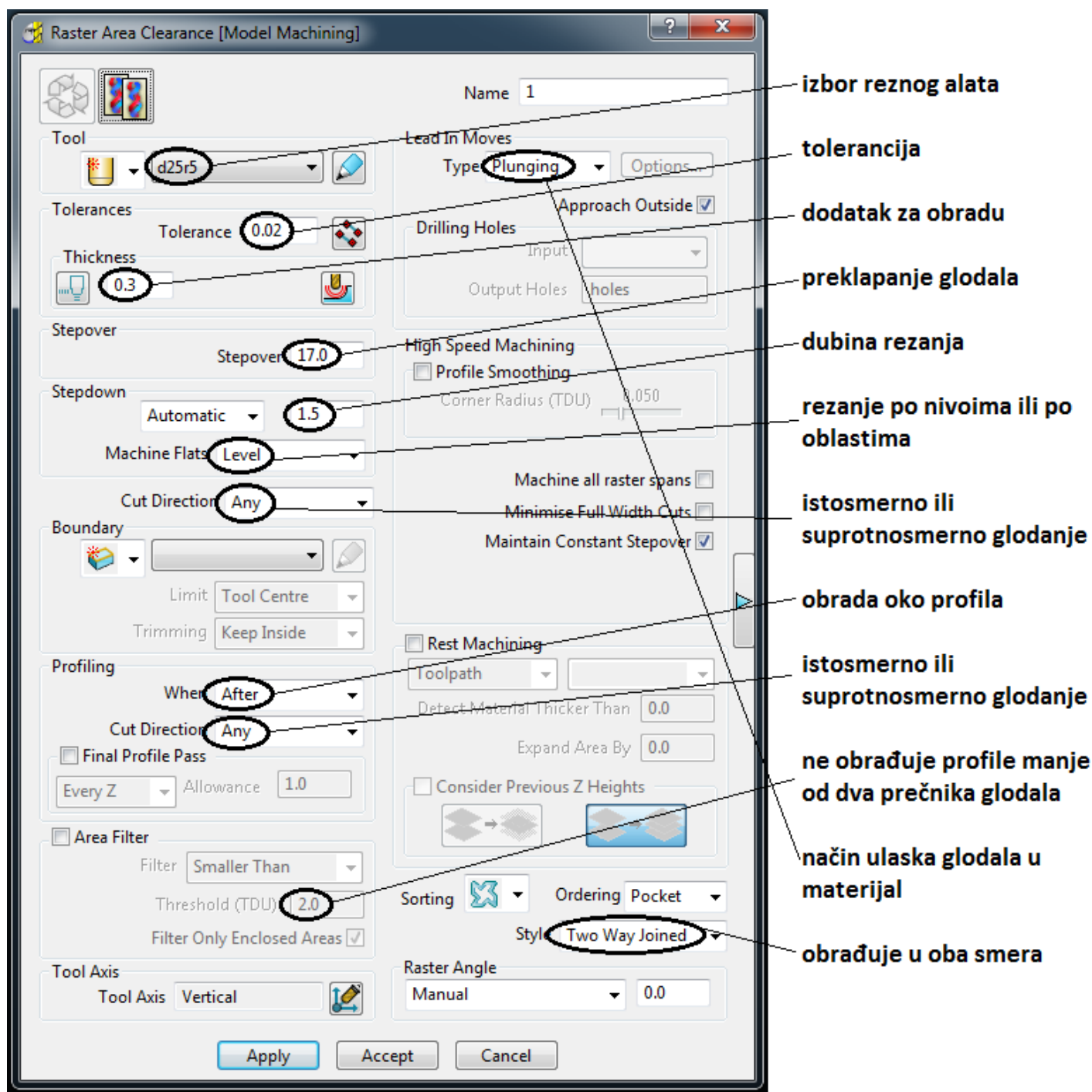
5.9.1 3D Area Clearance

Разликујемо четири стратегије грубе обраде. Маркира се жељена стратегија и активира се ОК (слика 63).



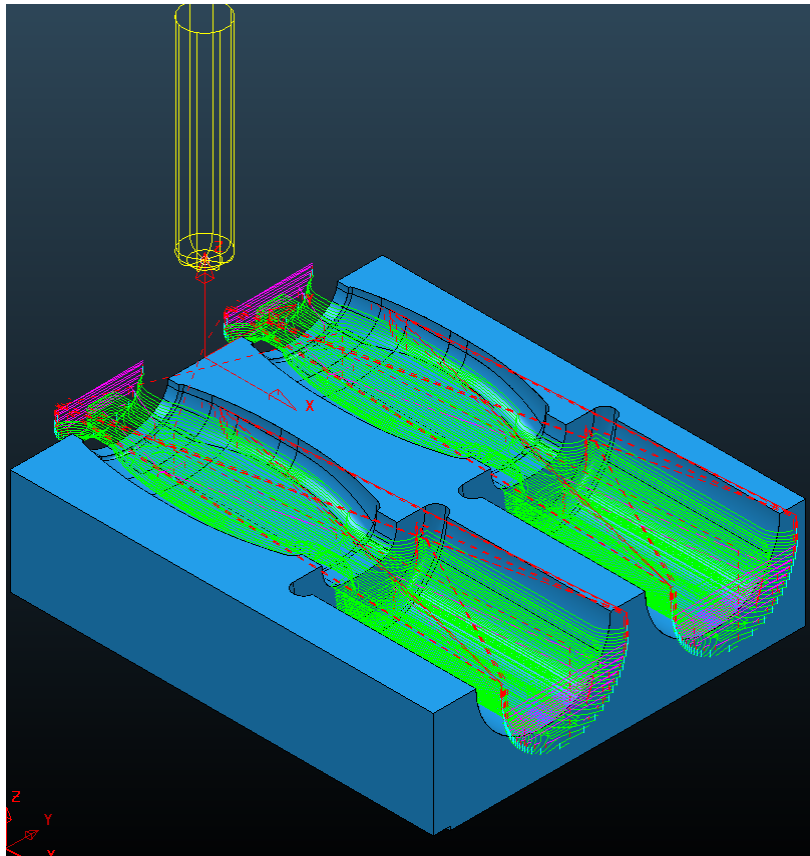
Слика 63. Избор стратегије грубе обраде

Отвара се прозор у којем се изабере врста глодала, толеранција обраде, додаток до мере, преклапање глодала и тд. Након унетих параметара активира се *Apply* па *Accept* (слика 64).



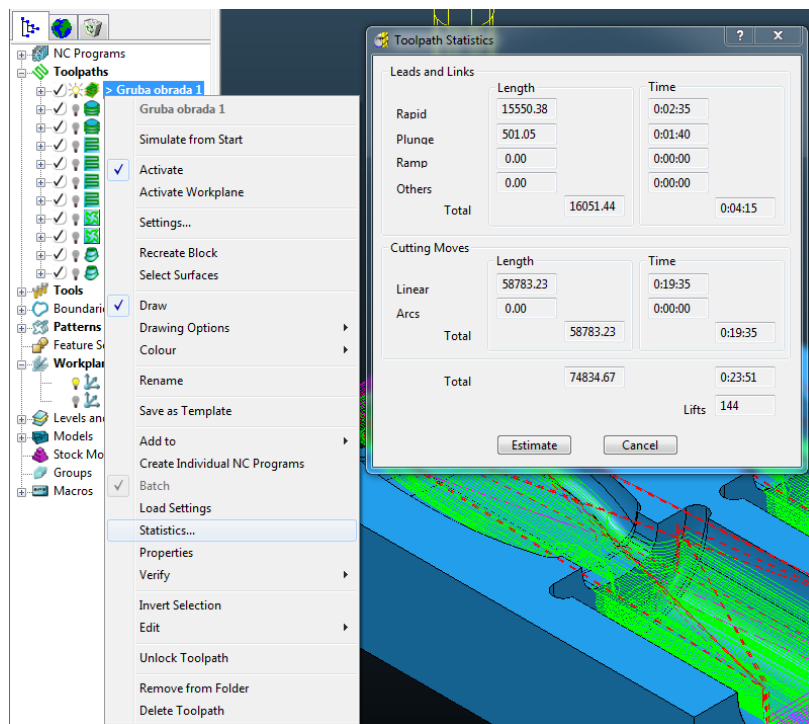
Слика 64. Стратегија грубе обраде

Добијају се путање кретања алата за задату стратегију. Зелене линије представљају помоћна кретања алата или брзину резања, плаве линије представљају брзину продирања, црвене и лила линије представљају брза кретања (слика 65).



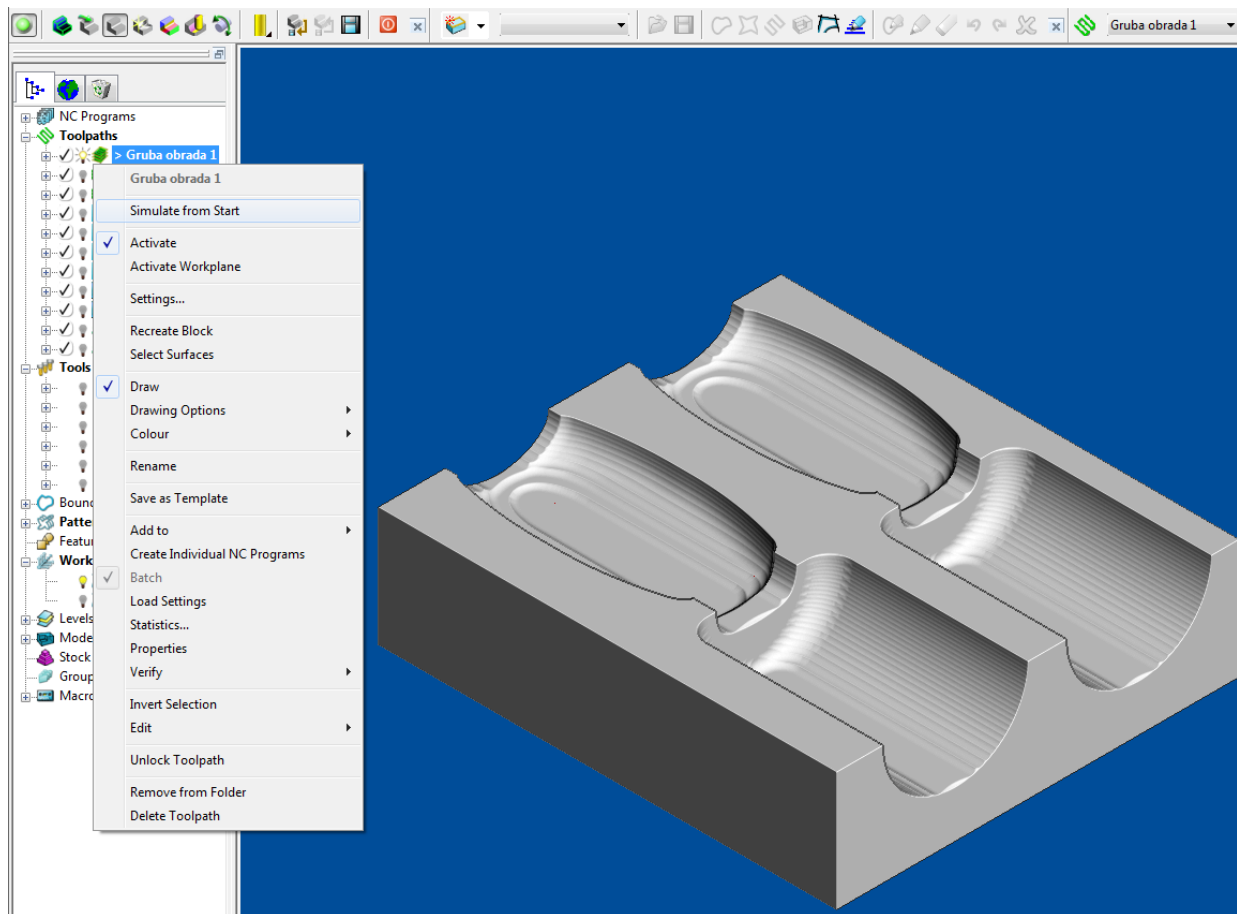
Слика 65. Путање грубе обраде

У оквиру палете алата изабере се опција *Toolpaths*. Активирањем десног тастера на *Груба обрада 1* отвара се падајући мени и изабере се опција *statistics* где може да се види време утрошено на обраду као и на помоћно кретање (слика 66).



Слика 66. Статистика и времена утрошена на обраду

У оквиру палете алата изабере се опција *Toolpaths*. Активирањем десног тастера на *Груба обрада 1* отвара се падајући мени и изабере се опција *Simulate from Start*. Отвара се нова палета алата на којој се може видети симулација процеса обраде (слика 67).

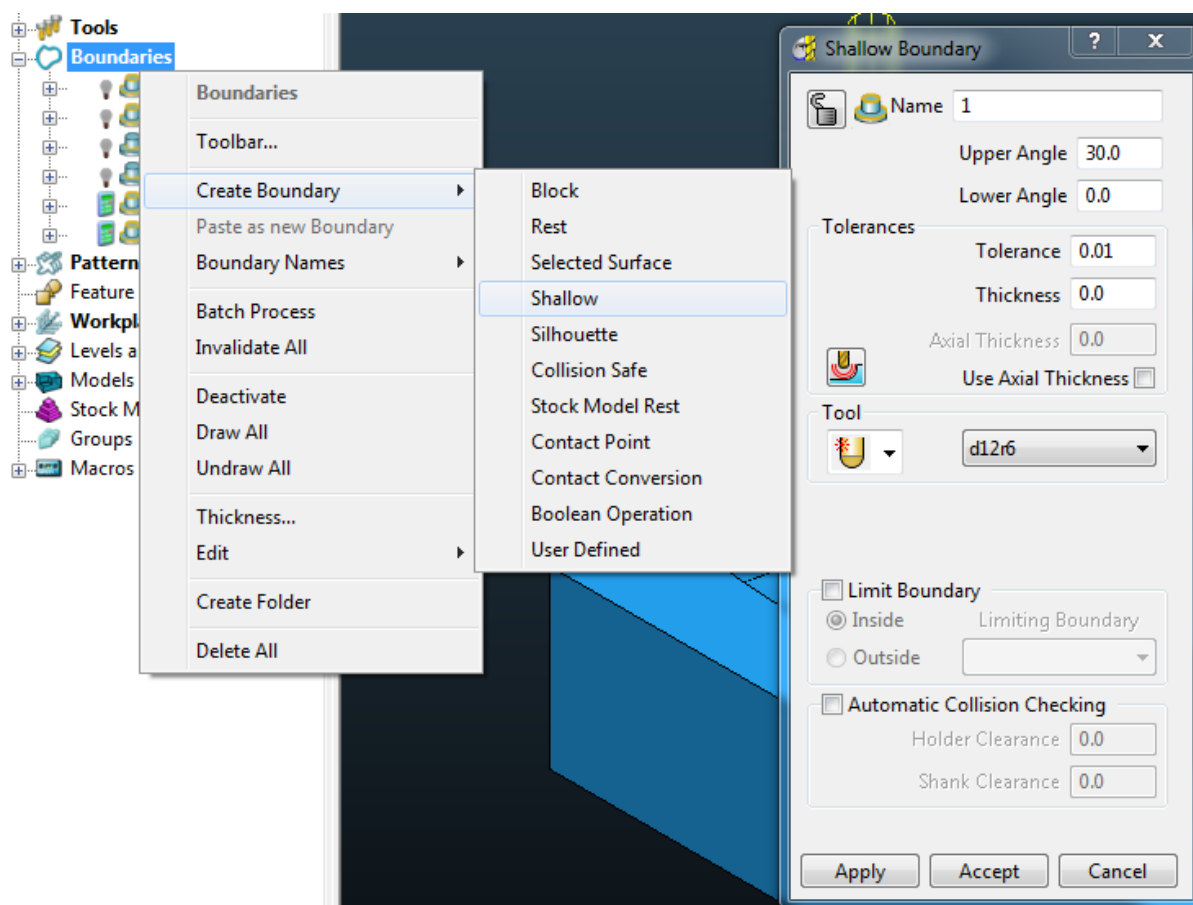


Слика 67. Симулација процеса обраде

5.9.2 Finishing

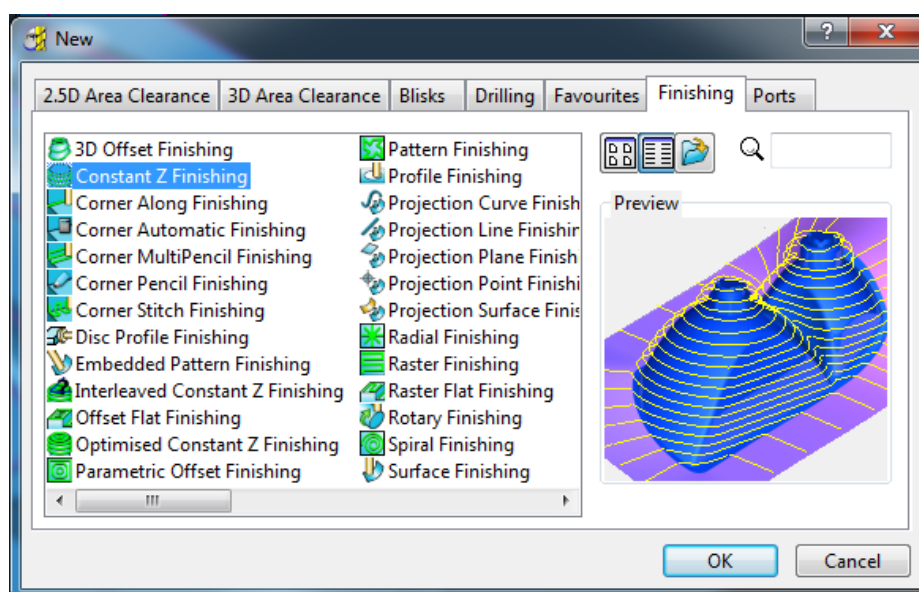
За завршну обраду тела алата за дување флаше 0,25L, због саме конструкције комада, потребно је ограничити области која се обрађују.

У оквиру палете алата изабере се опција *Boundaries*. Активирањем десног тастера на *Boundaries* отвара се падајући мени и изабере се опција *Create Boundaries* где се појављује нови падајући мени са различитим начинима креирања области (слика 68).

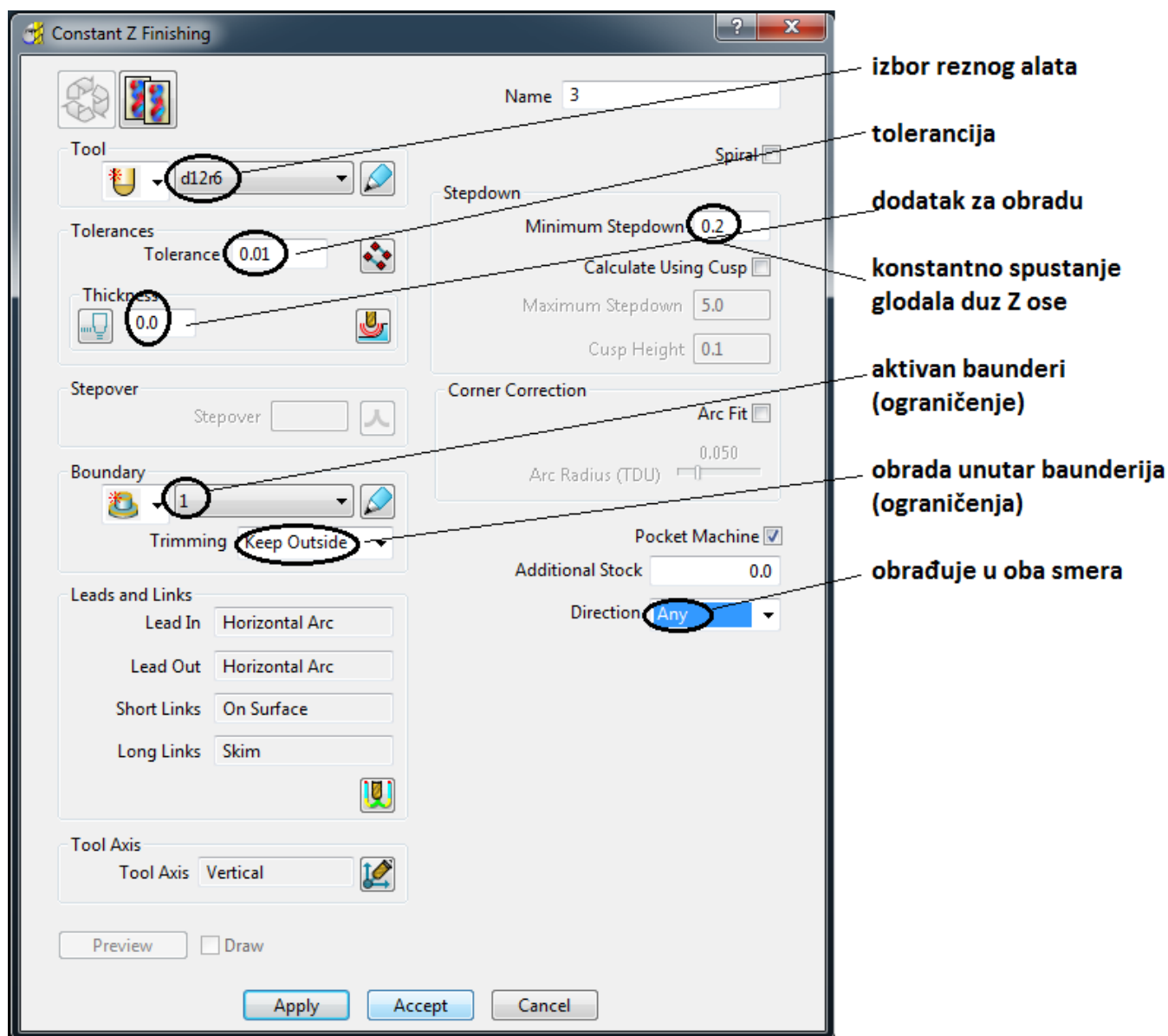


Слика 68. Ограничавање области обраде

Селектује се икона *Toolpaths*  и иде се на фасциклу за одабир стратегија fine обраде (слика 69). Изабере се стратегија *Constant Z Finishing* за завршну обраду унутар ограничене области (слика 70).



Слика 69. Различите врсте и стратегије обраде



Слика 70. Стратегија грубе обраде

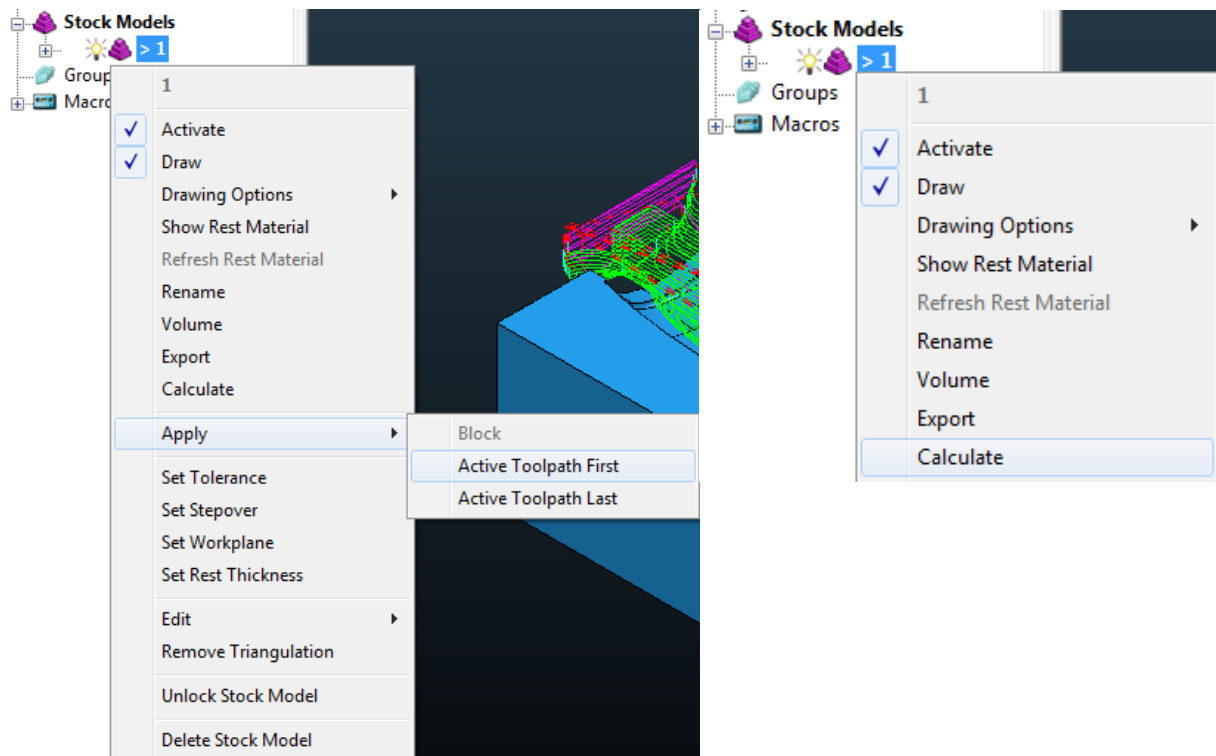
Након унетих параметара активира се *apply* па *Accept*.

5.10 Креирање Stock модела

Уколико не може најбоље да се оцени или не може са сигурношћу да се каже је глодало скинуло вишак материјала на неким специфичним местима, малим радијусима, оштрим ивицама пожељно би било да се направи *stock* модел.

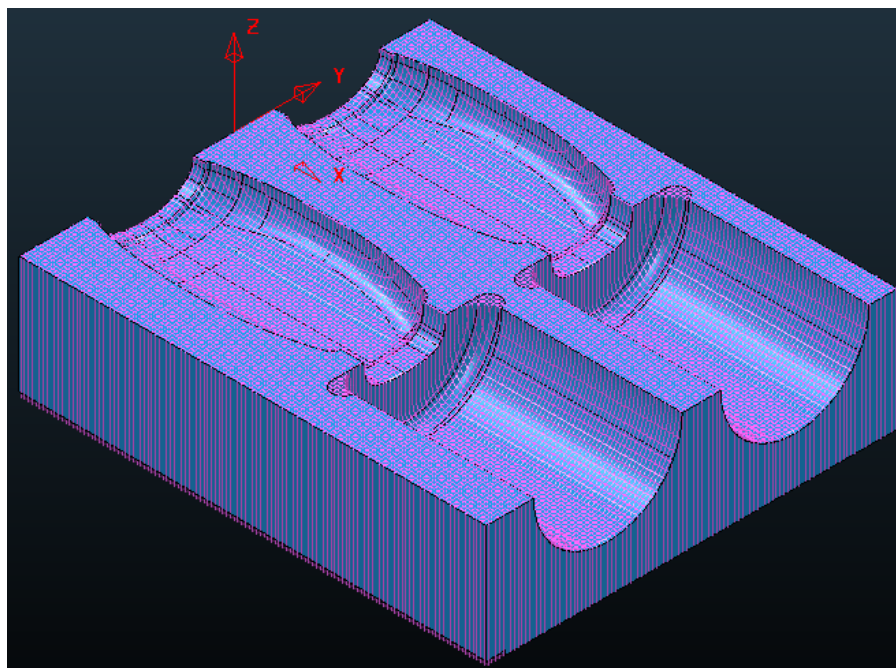
У оквиру палете алата активира се опција *Stock Models*. Активирањем десног тастера на *Stock Models* отвара се падајући мени и изабере се опција *Create Stockmodels*. Обрада за коју се креира *stock* модел мора бити активна.

У оквиру палете алата изабере се опција *Stock Models*. Активирањем десног тастера на *Stock Models* отвара се падајући мени и изабере се опција *Apply* где се поново појављује падајући мени и изабере се опција *Active toolpath First*. Након тога се активира *Calculate* (слика 71).



Слика 71. Дефинисање *Stock Models*

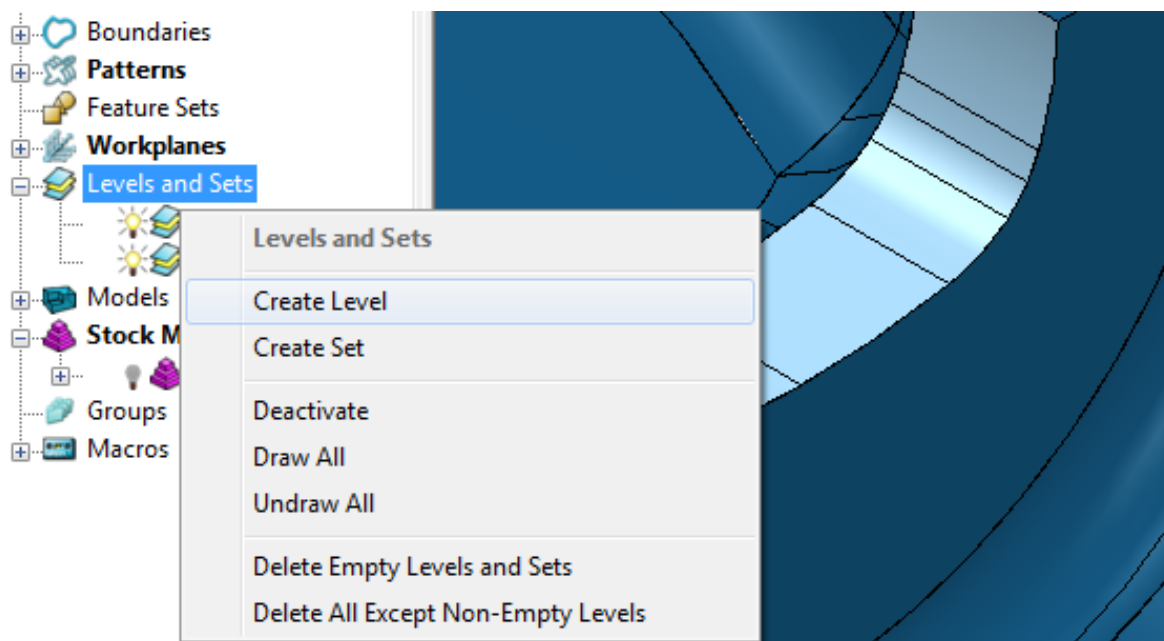
Након тога се активира *Show Rest Material*.



Слика 72. Визуални приказ *Stock Models*

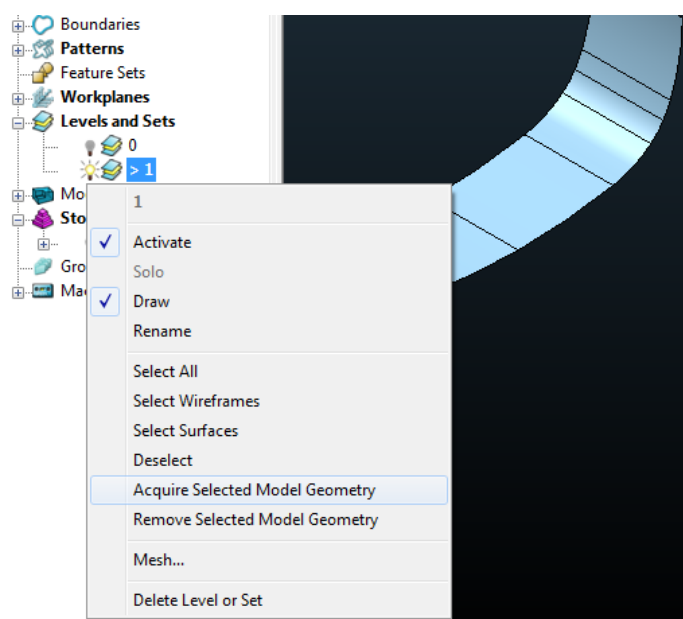
5.11 Креирање Level-a

Ради лакшег прегледа неких ситних детаља или делова који се обрађују креирају се Level-и. Активирањем десног тастера на *Levels* отвара се падајући мени и изабере се опција *Create Levels*. Затим се селекутују жељене површине (слика 73).



Слика 73. Селектовање жељених површина

На истом падајућем мениу после селектовања површна селекутује се *Acquire Selected Model Geometry* (слика 74).

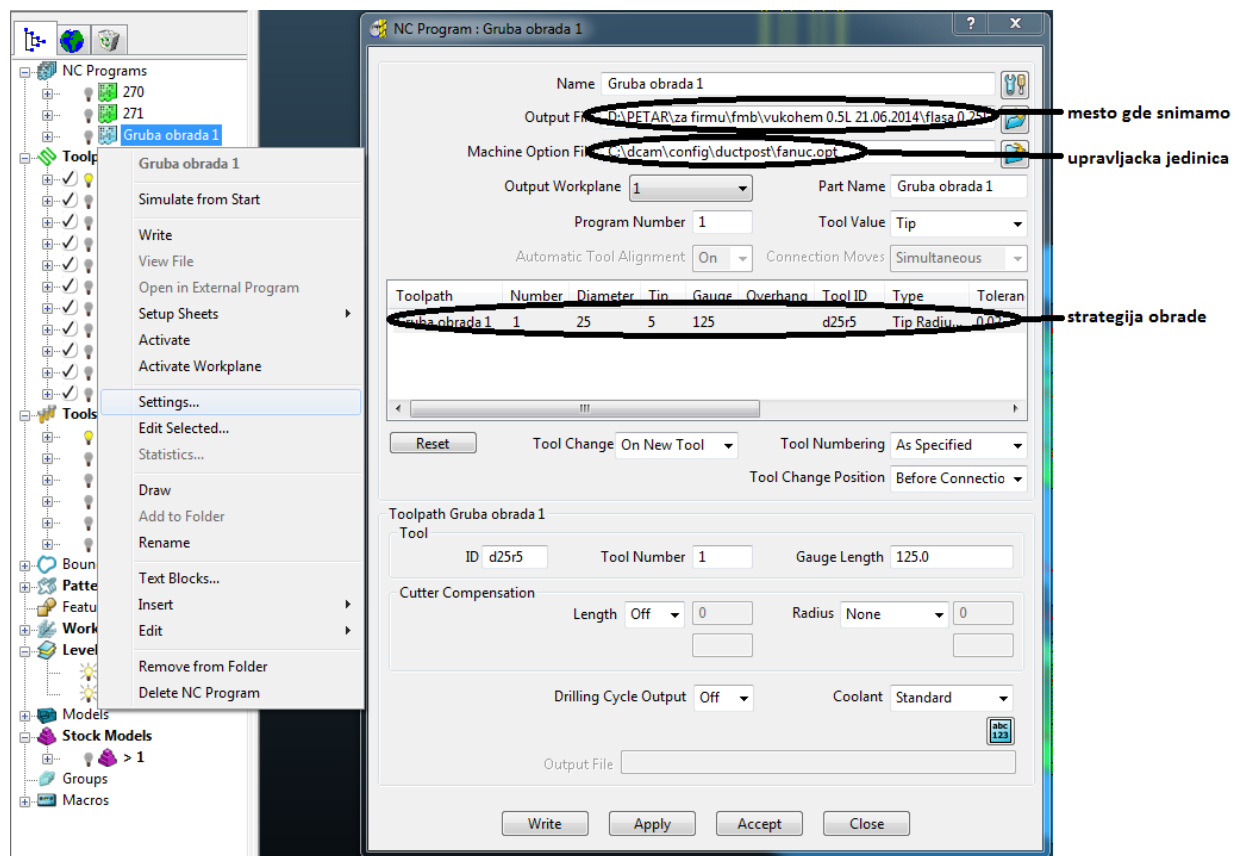


Слика 74. Дефинисање Level-a

5.12 Генерисање NC кода

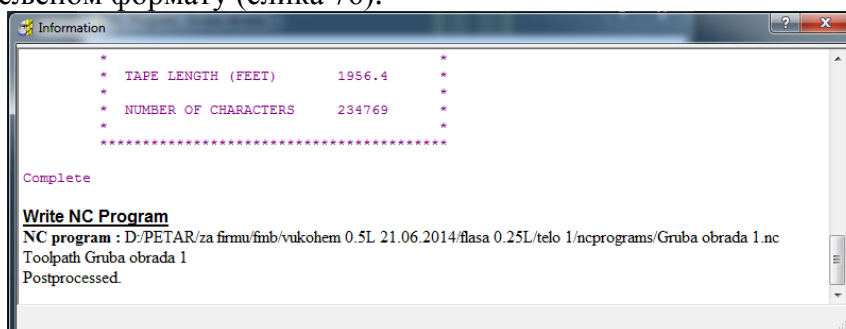
Сврха машинирања јесте генерисање NC кода који у ствари представља скуп команди које управљају CNC машином. Генерисање NC кода се изводи тако што се на дефинисану стратегију обраде активирањем десног тастера добије падајући мени и активира се команда *Create Individual NC Programs* (слика 75).

У оквиру палете алата изабере се опција *NC Programs*. Активирањем десног тастера на *Груба обрада 1* отвара се падајући мени и изабере се опција *settings* (слика 75).



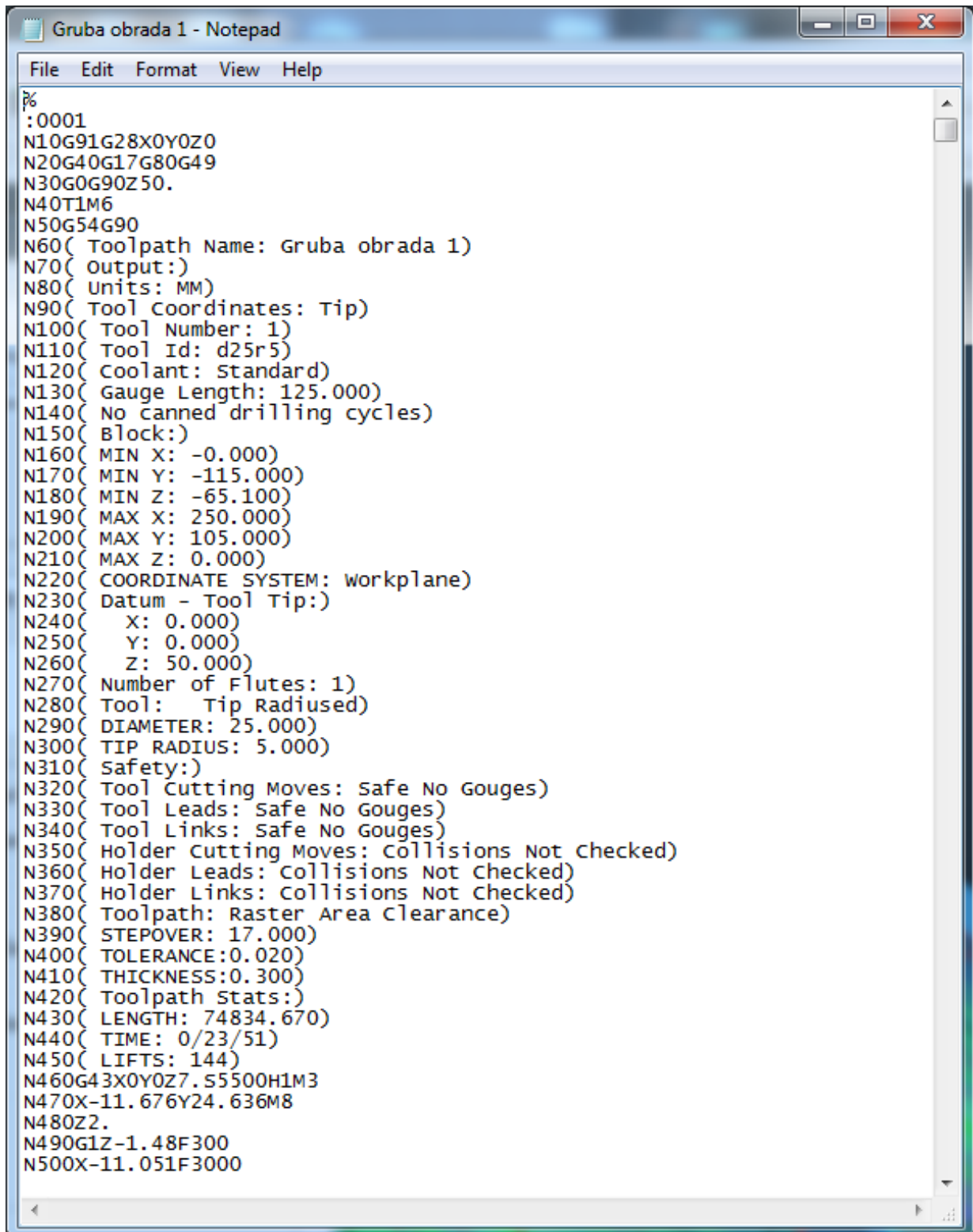
Слика 75. Дефинисање NC програма

Активира се *Write* и одпочиње се са исписивањем реченица на неком жељеном месту и у жељеном формату (слика 76).



Слика 76. Процес процесирања

Након што заврши активира се *Accept*. Реченице се могу видети у Notepad-у (слика 77).



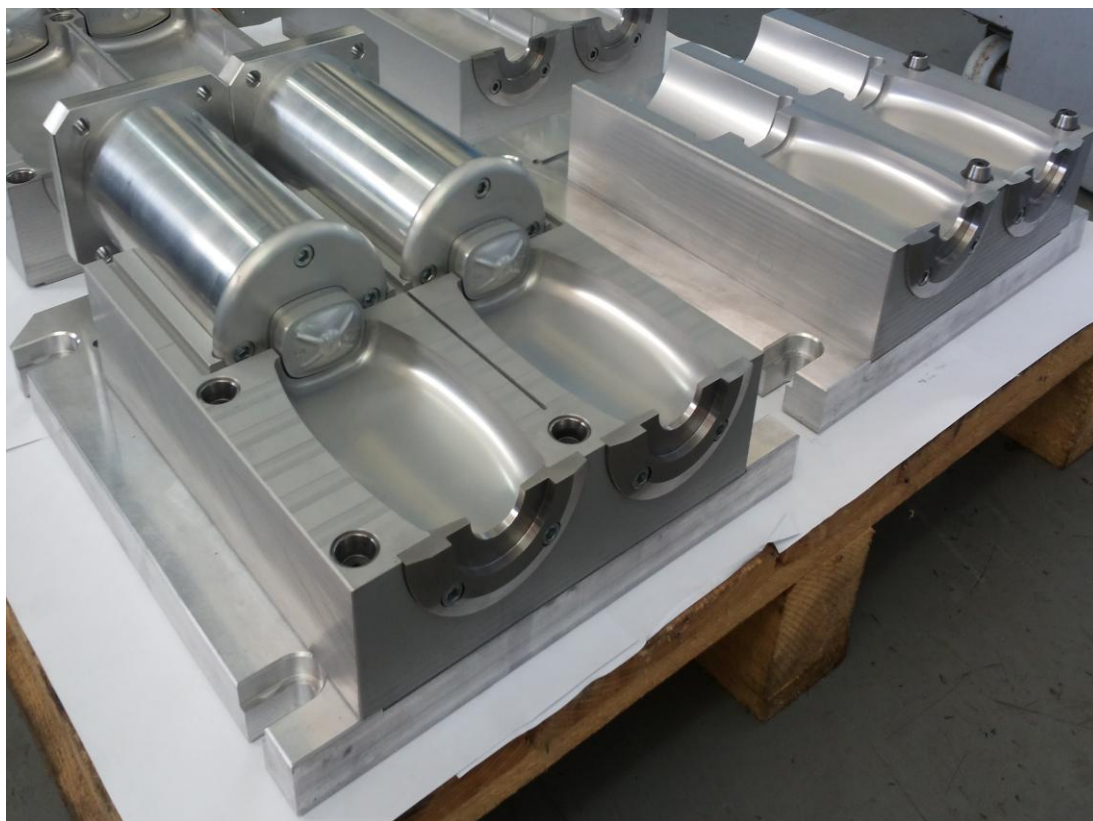
```
%  
:0001  
N10G91G28X0Y0Z0  
N20G40G17G80G49  
N30G0G90Z50.  
N40T1M6  
N50G54G90  
N60( Toolpath Name: Gruba obrada 1)  
N70( Output:)  
N80( Units: MM)  
N90( Tool Coordinates: Tip)  
N100( Tool Number: 1)  
N110( Tool Id: d25r5)  
N120( Coolant: Standard)  
N130( Gauge Length: 125.000)  
N140( No canned drilling cycles)  
N150( Block:)  
N160( MIN X: -0.000)  
N170( MIN Y: -115.000)  
N180( MIN Z: -65.100)  
N190( MAX X: 250.000)  
N200( MAX Y: 105.000)  
N210( MAX Z: 0.000)  
N220( COORDINATE SYSTEM: workplane)  
N230( Datum - Tool Tip:)  
N240( X: 0.000)  
N250( Y: 0.000)  
N260( Z: 50.000)  
N270( Number of Flutes: 1)  
N280( Tool: Tip Radiused)  
N290( DIAMETER: 25.000)  
N300( TIP RADIUS: 5.000)  
N310( Safety:)  
N320( Tool Cutting Moves: Safe No Gouges)  
N330( Tool Leads: Safe No Gouges)  
N340( Tool Links: Safe No Gouges)  
N350( Holder Cutting Moves: Collisions Not checked)  
N360( Holder Leads: Collisions Not checked)  
N370( Holder Links: Collisions Not checked)  
N380( Toolpath: Raster Area Clearance)  
N390( STEPOVER: 17.000)  
N400( TOLERANCE:0.020)  
N410( THICKNESS:0.300)  
N420( Toolpath Stats:)  
N430( LENGTH: 74834.670)  
N440( TIME: 0/23/51)  
N450( LIFTS: 144)  
N460G43X0Y0Z7.55500H1M3  
N470X-11.676Y24.636M8  
N480Z2.  
N490G1Z-1.48F300  
N500X-11.051F3000
```

Слика 77. NC код приказан у Notepad-у

На сликама 78-81 је приказан изглед алата добијен након машинске, термичке и хемијске обраде.



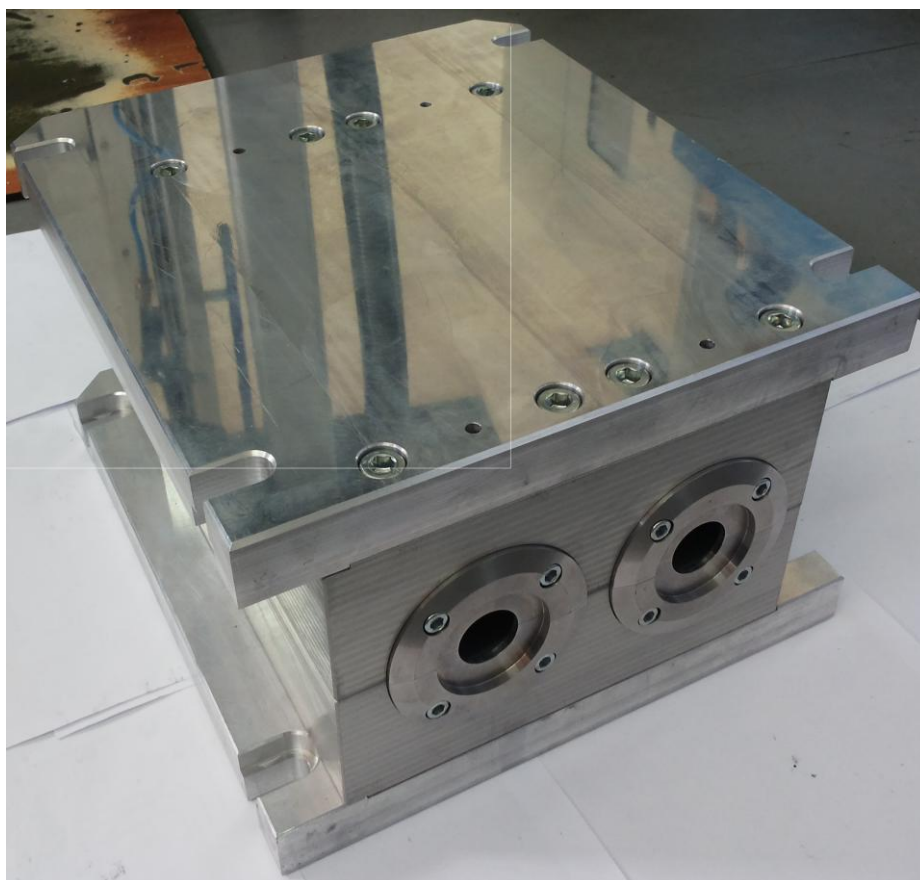
Слика 78. Алат након машинске, термичке и хемијске обраде



Слика 79. Алат након машинске, термичке и хемијске обраде



Слика 80. Алат наком машинске, термичке и хемиске обраде



Слика 81. Алат наком машинске, термичке и хемиске обраде

6. Резни алат

У машинској обради су коришћени резни алати:

Глодачка глава Ø25 TeaguTec са округлом плочицом од тврдог метала за обраду алуминијума (2ххх 1003-Al K10). Алат има три плочице. Радијус плочице r5,0.	
Глодачка глава Ø32 TeaguTec са троугластим плочицом од тврдог метала за обраду алуминијума. Алат има три плочице са по три резне ивице. Радијус плочице r0,8.	
Вретенасто глодало Ø12 са радијусем r1,0. Алат је намењен за обраду Al има два зуба чије су резне површине полиране.	
Кугла Ø12r6,0. TeaguTec глодало из генерације Alu-Power са три зуба.	
Кугла Ø5r2,5. TeaguTec глодало HSSCo8 са два зуба за обраду алуминијума.	
Вретенасто глодало Ø16. Алат има четри зуба са варијабилним резним ивицама од брзорезног челика	

Вретенасто глодало Ø8 са радијусем r1,0. Алат је намењен за обраду Al има четири зуба.	
Завојна бургија Ø10 која буши рупе и отворе у толеранцији Ø10H7.	
Урезник за резање навоја М8	
Обарање ивица Ø12	

7. Закључак

У модерним условима производње јавља се све већа потреба за деловима од пластичних маса. Не постоји привредна делатност у којој делови од пластичних маса нису нашли своју примену: аутомобилска индустрија, електронска индустрија, телекомуникације, медицина, проиводи широке потрошње и тд.

Данас је производња алата за дување епрувета масовна. Њихова структура и принцип рада нису никаква тајна. Корисник алата одабере тип алата, према врсти и моделу боце и величини серије. Алати за дување епрувета се користе за прављење PET амбалаже која је распрострањена широм света. Приликом моделирања треба водити рачуна да се модел флаше састоји од више делова, конкретно од данцета, тела и грла.

Кроз овај дипломски рад је приказана израда модела флаше, конструкција алата за дување епрувета као и процес креирања NC кода за израду калупа на CNC машинама, такође су описане карактеристике алата за дување епрувета. Моделирање се вршило у оквиру програмског пакета CATIA V5R20, а машинирање у DELCAM PowerMILL-у

8. Литература

- [1] **Мирослав Нађ:** *Полимерни материјали*, Загреб 1991.
- [2] **Недић Б:** *Технологија прераде пластичних маса*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2008.
- [3] <http://www.scribd.com/doc/100910991/Duvanje-Plastike-Procesi-srpski>
Пристапљено 02.06.2016.
- [4] **Милица Ј:** Мастер рад, *Рачунарско пројектовање алата за прераду пластичних маса*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2011.
- [5] <http://www.ekof.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2014/05/Obra%C4%8Dun-i-upravljanje-tro%C5%A1kovima-po-aktivnostima.pdf>
Пристапљено 08.03.2016.