

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Техничко цртање са компјутерском графиком

Број индекса: 65/2014

Жељко А. Грабовац

Израда конструкционе документације

2D CNC машине за гравирање

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Лозица Ивановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- опише основне карактеристике техничке документације,
- опише поступак моделирања машинских делова и склопова применом савремених софтвера за конструисање подржано рачунаром,
- представи примену софтвера у моделирању машинског склопа и генерисање његове конструкционе документације.

Препоручена литература:

[1] Ивановић, Л., Ерић, М., Техничко цртање са компјутерском графиком - практикум, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011,

[2] Зоран Милојевић, Милан Рацков, Синиша Кузмановић, Иван Кнежевић, Слободан Навалушић, Лозица Ивановић, Мирослав Вереш, Биљана Марковић, Израда конструкционе документације, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, 2015.

Крагујевац, јун 2018. године

Ментор:

Др Лозица Ивановић, редовни професор

Садржај

РЕЗИМЕ.....	5
ABSTRACT	5
УВОД.....	6
1.1 Намена и карактеристике машине	8
1.2 Принцип рада машине	9
1.3 Значај степ мотора за рад машине и његов опис	10
1.4 Материјал за израду машине и заштита	12
2.0 SolidWorks - основни појмови.....	13
2.1 Режим <i>Part</i>	14
2.2 Режим <i>Assembly</i>	15
2.3 Режим <i>Drawing</i>	15
3.0 Моделирање засновано на елементима.....	16
3.1 Параметарско моделирање.....	16
3.2 Двосмерно повезивање	16
3.3 Физичка симулација	17
4.0 ИЗРАДА КОНСТРУКЦИОНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ВИТАЛНИХ КОМПОНЕНАТА 2D CNC МАШИНЕ ЗА ГРАВИРАЊЕ	18
4.1 Израда модела (<i>Part</i>) И радионичког цртежа (<i>Drawing</i>) зупчасте ременице T5	23
4.2 Прорачун зупчато каишних преносника	24
4.3 Израда модела (<i>Part</i>)	25
4.4 Израда конструкционе документације	33
5.0 ЗАКЉУЧАК.....	39
6.0 ЛИТЕРАТУРА.....	40

РЕЗИМЕ

У оквиру овог завршног рада је описан принцип рада 2D CNC машине за гравирање, као и значај појединих компонената на функционалност склопа. Посебан осврт дат је моделирању виталних делова машине у програму *SolidWorks*, као и начин генерисања конструкционе документације, коришћењем ортогоналних пројекција, водећи рачуна о правилима техничког цртања.

Кључне речи: 2D CNC машина, *SolidWorks*, конструкциона документација, ортогонална пројекција, техничко цртање.

ABSTRACT

Within this final paper, the working principle of the 2D CNC engraving machine, as well as the importance of individual components on the functionality of the assembly, is described. Special emphasis is placed on modeling vital parts of the machine in SolidWorks, as well as the way of generating technical documentation, using orthogonal projections, taking into account the rules of technical drawing.

Keywords: 2D CNC machine, SolidWorks, technical documentation, orthogonal projection, technical drawing.

1.0 УВОД

Један од основних задатака машинских инжењера је израда документације, при чему треба разликовати израду две врсте документације, прву, која је везана за изградњу објеката у грађевинарству, чија израда је дефинисана Правилником о садржини и начину израде техничке документације за објекте високоградње („Службени гласник РС” бр. 47/03 и 34/06) и другу, која је везана за израду производа у машинској индустрији. Овде ће се разматрати само израда ове друге врсте докумената. [1]

У оквиру развоја производа машински инжењери врше израду тзв. техничке документације, дела комерцијалне документације, као и документације везане за квалитет и организацију рада, тј. менаџмент. [1]

У оквиру техничке документације израђује се пројектна, конструкциона и технолошка документација, као и низ разних упутстава и инструкција везаних за испитивање, конзервацију, паковање, складиштење, транспорт, отпакивање, деконзервацију, уградњу, пуштање у погон и уходавање, употребу, надзор, рекламацију, сервис, одржавање, ремонт, поступање са производом након његовог искоришћења и рециклажу.

У оквиру пројектне документације, када је пројектовање фаза која претходи конструисању, а обавља се у оквиру развоја производа, израђује се технички предлог, идејни пројекат и технички пројекат. [1]

У оквиру конструкционе документације израђују се радионичка документација за прототип, нулту серију, пробну серију и главну серију, која се састоји од склопног цртежа склопа, саставнице, радионичких цртежа, разних прорачуна и упутстава.

У оквиру технолошке документације дефинишу се технолошки поступци израде и монтаже појединих компонената, спискови стандардних и специјалних алата и прибора, спискови потребних машина и сл. На основу списка потребних специјалних алата у служби алатнице, врши се конструкција специјалних алата, разрађује се технологија њихове израде и испитивања. Поред тога, дефинише се технологија испитивања компонената, спискови потребне мерне и испитне опреме и сл. [1]

У оквиру дела комерцијалне документације израђују су флајери, проспекти, каталози, албуми, брошуре, ревије и разне интернет презентације.

У оквиру докумената везаних за квалитет израђује се пословник о квалитету, планови квалитета, процедуре квалитета, радне инструкције, спискови и форме

записа о квалитету, као и поступци верификације квалитета и поступци поступања у случају појаве неусаглашености.

У оквиру израде докумената везаних за организацију рада дефинишу се рокови, термини, редослед и обим производње поједених компонената и склопова, дефинишу се рокови и термини монтаже, испитивања, фарбања, конзервације, паковања, испоруке и слично. [1]

На овом месту разматраће се само поступак израде конструкционе документације.

У техници се, као језик споразумевања, најчешће користи цртеж, или тачније, технички цртеж. Под техничким цртежом се подразумева прецизно израђен цртеж неког предмета са свим његовим техничким карактеристикама. Радионички цртеж представља посебну врсту техничког цртежа на којем је потпуно дефинисан облик само једног машинског дела, његове димензије, толеранције, квалитет површинске обраде, термо и хемијска обрада (ако су предвиђене), врста боје (ако је део предвиђен да се фарба), материјал од којег треба да се изради, све ознаке посредством којих ће се идентификовати предмет (ИДШ – идентификациона шифра и КЛШ – класификациона шифра) и ознака броја цртежа, посредством којег ће се идентификовати сам цртеж. Наравно, радионички цртеж мора да садржи и назив дела који је приказан, размеру у којој је нацртан, као и имена конструктора и лица која су прегледала, усагласила, означила и уопште одобрила коришћење цртежа. [1]

Технички цртежи не представљају машински део у облику слике - то јест, они не показују објекат на исти начин као што га види око посматрача. Они служе да преносе идеје конструктора на једноставан начин и због тога се у изради техничког цртежа, користи метод познат као ортогонална пројекција, или једноставно пројекција. Многи технички цртежи необученом посматрачу не дају праву представу о објекту, они не изгледају као објекат, као што би на пример била фотографија. То је из разлога што су поједини начини представљања машинских делова усвојени, помоћу њих се цртежи могу урадити много брже, а тачан облик и димензије могу бити означене прецизније него код егзактног приказа – нпр. перспективом. На пример, завртањске везе се не цртају на начин како их око види, већ се користи усвојен/договорен начин за њихово много лакше и брже представљање. Технички цртеж треба јасно и недвосмислено да покаже облик и димензије дела који је представљен. Свака коришћена линија, симбол, скраћеница или напомена мора да буде потпуно јасна наредним корисницима цртежа без неких допунских инструкција. [1]

Технички цртеж се може израдити, тј. нацртати, слободном руком, када се назива скица, затим, сада истина веома ретко, прибором за цртање и, што је данас

најчешћи случај, рачунаром. Цртеж може бити нацртан “у оловци” оловком, хемијском оловком и фломастером, или “у тушу” прибором за туширање, тј. рапидографом, а може бити и одштампан на штампачу. Цртеж, нацртан рачунаром, може бити приказан на монитору (тзв. софт цопу), или може бити одштампан (испринтан), уколико је реч о мањим форматима папира, или се може исцртати (исплотовати), уколико је реч о већим форматима папира (тзв. хард цопу). Цртежи могу бити нацртани на обичном папиру, тзв. банкпост папиру, или на паус папиру (када се ти цртежи називају оригиналима), мада се могу израдити и као копије цртежа, на обичном папиру, озолід папиру (папиру за копирање са паус папира) и, данас веома ретко, транспарент паусу (паусу за копирање са паус папира који служи за израду нових оригиналних цртежа). [1]

При изради цртежа, треба имати у виду да цртежи могу приказивати изглед предмета у равни, тј. у две димензије (2D), или у простору, у три димензије (3D). До појаве рачунара цртежи су обично цртани у 2D, а само изузетно у 3D јер је израда таквих цртежа прилично сложена. Данас се цртежи израђују рачунаром у 3D, а на основу тих цртежа (тј. геометријских модела предмета) цртају се њихове пројекције у 2D. Цртежи урађени у 3D много су једноставнији за сагледавање изгледа нацртаног предмета у простору, док су цртежи урађени у 2D много једноставнији за котирање, тј. приказивање карактеристичних димензија нацртаног предмета. [1]

Уколико се цртежи израђују у 3D треба имати у виду да се могу нацртати у различитим формама: у тзв. солид моделу (када се предмет приказује као да је израђен од пуног материјала) или у тзв. жичаном моделу, када се цртају само ивице предмета и када се предмет практично провиди (овакав начин цртања данас се веома ретко користи). [1]

1.1 Намена и карактеристике машине

Машина је систем отпорних тела тако подешених да се помоћу њих нека механичка сила користи да обавља неки рад праћен неким одређеним кретањем. *Galeks G-30* је 2D + CNC машина мобилног типа намењена за гравирање на тврдим материјалима типа: камен, стакло, керамика и сл. Машина се састоји из алуминијумског правоугаоног рама који на себи има два линерно вођена супорта са радним ходом 700 X 380 mm. Машина има и главу за резање која на себи има погонски мотор DC типа снаге 90 W са ког се преко еластичног каиша преноси снага на радно вретено које носи дијамантски алат. Радно вретено се налази на малом супорту који је контролисан електро магнетом типа кретни калем. На раму се налази и кућиште за електронику у коме се налазе: напајање 12 V, снаге 350 W,

два степмотор драјвера, драјвер за главу и погонски мотор, мини рачунар као и *LCD* монитор, као пратећи прекидачи и тастери.

Супорте покрећу два степ мотора типа *NEMA32* који на својим вратилима имају зупчасте ременице које преко зупчастог каиша гурају супорте. Уздужни супорт се преко линеарних лежачева и линеарних вођица са ослоном ослања на рам.

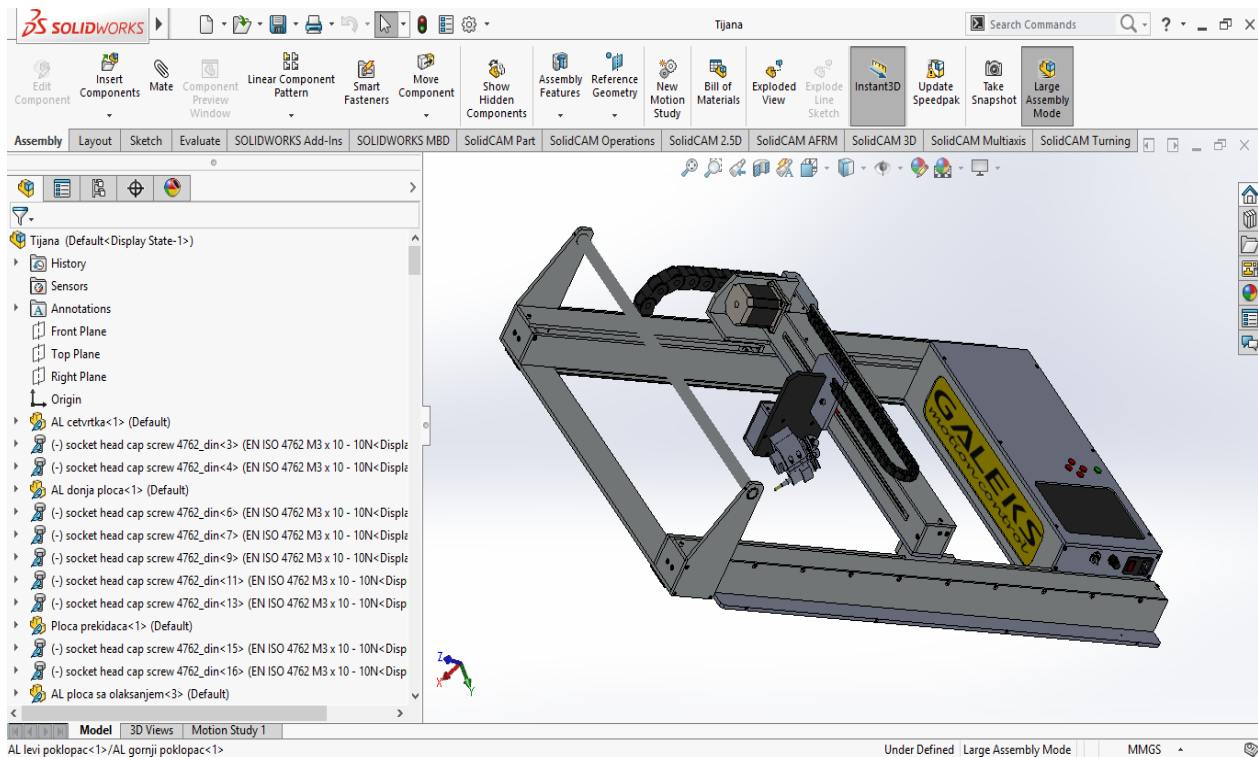
Попречни супорт се ослања преко четвороредних линеарних колица на линеарну шину. Електро инсталације су провучене кроз зглобне шлеп каблове тако да могу пратити померање супорта.

1.2 Принцип рада машине

Дизајн онога што се гравира се ради у неком од *softwer*-а типа *CORELDRAW* или што је најчешће из *GALEKS EDITORA*. То што спреми снима се на *USB* флеш меморију. Мини рачунар на машини има свој *USB* конектор у који се стави флеш меморија и на *LCD* екрану отвора се рад.

Softwer на машини омогућава подешавање параметара гравирања типа дубина резања, густина резања, брзина резања и сл. Мини рачунар податке са флеш меморије пренеси у своју рам меморију и када се стартује рад она их ишчитава обрађује и преко свог централног порта шаље на драјвере.

Драјвери покрећу степмоторе и главу. Комбинацијом тих кретања остварује се резање материјала. Машина (слика 1) се поставља на материјал који је потребно да се гравира, после дефинисања основних параметара типа величина, формат, брзина резања, дубина резања, густина резања... може да се почне са радом.



Слика 1- Модел 2D CNC машине за гравирање

1.3 Значај степ мотора за рад машине и његов опис

Степ мотори налазе највећу могућу примену у компјутерском управљању. Ови мотори се деле у две групе и то: униполарне и биполарне степ моторе. Код оба типа мотора један доведени импулс узрокује померање за један корак чија величина у степенима зависи од врсте примењеног степ мотора. [2]

У табели 1 дате су вредности најчешће примењиваних углова ротације за један корак.

Табела 1. Најчешће примењивани углови за ротацију за један корак. [2]

Угао за 1 корак	Број корака за 360°
0,9°	400
1,8°	200
3,6°	100
7,5°	48
15°	24

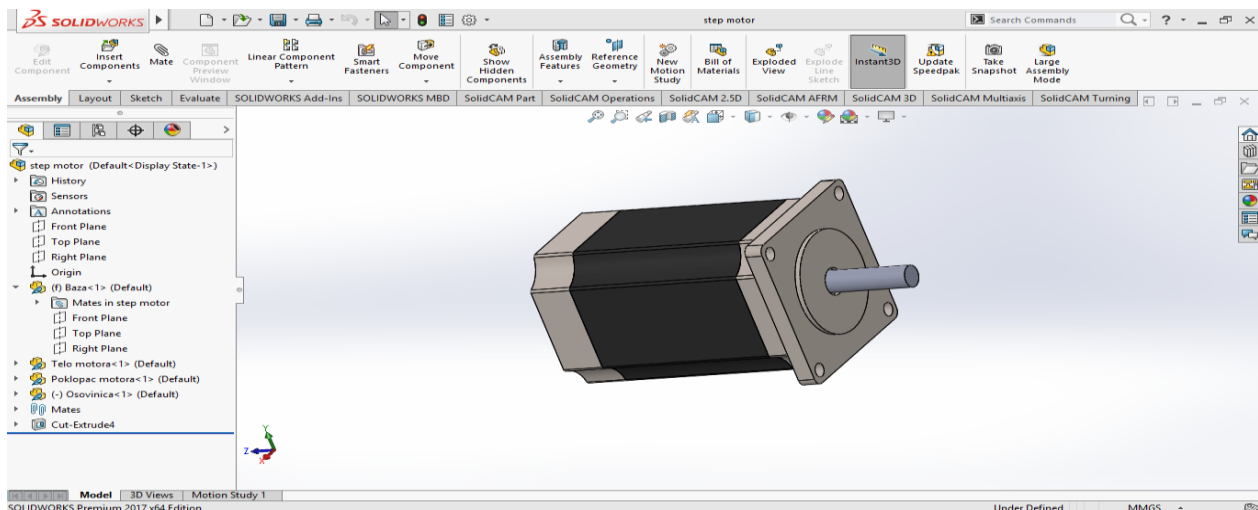
Степ моторе карактерише ниско напајање као и мала струја потрошње. Овај мотор се састоји од ротора произведеног од немагнетног челика и статора који се састоји од већег броја полова. Мотор се управља тако да се на одређени пар полова доводи напајање и који привлачи поларизоване делове ротора. Степ мотори могу да раде у три различита режима и то:

- Монофазном моду
- Двофазом моду
- Моду полукорака.

Ако се претпостави да има степ мотор са четири намотаја, у монофазном моду за сваки корак доводи са напон само на један намотај. Тај процес се понавља онолико пута колико се жели да се има корака. Будући да се напаја само један намотај то је и мали обртни момент мотора. [2]

У двофазном моду напајају се по два намотаја истовремено. Ово је и најчешћи поступак који се примењује јер је тада највећи обртни момент мотора. У моду полукорака се смењује двофазно са монофазним напајање мотора и тако наизменично. На овај се начин постиже двоструко већи број корака степ мотора. Међутим његова је очигледно главна мана променљиви обртни момент. [2]

Да би се добио тражени квалитет слике или слова неопходан је степ мотор (слика 2) као део погонске управљачке јединице за врло прецизно померање супорта, што је главни предуслов за гравирање.



Слика 2-Приказ степ погонског мотора 2D CNC машине за гравирање

1.4 Материјал за израду машине и заштита

Како би се добиле жељене механичке особине: чврстоћа, тврдоћа, жилавост, за све нестандартне делове које се израђују на конвенционалним машинама потребних за констркцију машине користи се алуминијум и његове легуре. Комбинацијом добрих механичких особина као и мале специфичне тежине постиже се мобилност машине ,као и отпорност на ударе и вибрације.

Да би се постигла заштита од корозије сви претходно направљени делови морају се пластицифирати чиме се повећава постојаност машине.

2.0 SolidWorks - основни појмови

SolidWorks, софтвер који је произвела компанија *SolidWorks Corporation*, један је од најпопуларнијих програма за моделирање пуних тела. То је параметарска алатка за моделирање заснована на елементима (својствима), која не само да обједињују тродимензионална (3D) параметарска својства с дводимензионалним (2D) алаткама, већ обухвата и све процесе у циклусу од пројектовања до производње. Овај алат за моделирање пуних тела прилагођен је кориснику и омогућава да се оствари висока продуктивност рада. 2D прикази цртежа компонената лако се генеришу у режиму за цртање (*Drawing*). На располагању су детаљни, изометријски, ортографски и помоћни прикази, прикази пресека итд. За добијање различитих приказа цртежа могу да се користе било који стандардни документи са цртежом. Из приказа цртежа могу да се виде мере модела, приказима се могу додавати референтне мере и друге ознаке, параметарску саставницу и облачиће са објашњењима.[3]

Ако се компонента склопа замени, уклони, или се склопу дода нова компонента, измена ће се одмах одразити и на саставницу смештену у документу цртежа.

Због двосмерне повезаности овог софтвера, свака промена модела аутоматски се одражава на приказе цртежа, а свака промена мера на приказу цртежа аутоматски се преноси на модел.

Програм *SolidWorks* америчке компаније *SolidWorks Corporation*, служи за машинско пројектовање и аутоматизацију процеса који су засновани на параметарском моделирању пуних тела. *SolidWorks* је стандард у области 3D пројектовања и први CAD пакет који користи графичко окружење *Microsoft*-овог *Windows*-а.

Windows-ово графичко корисничко окружење омогућава да машински инжењери разрађују своје нове идеје и реализују их у облику виртуалних прототиова или модела пуних тела, великих склопова, подсклопова, детаља и цртежа.

SolidWorks је само један од производа компаније *SolidWorks Corporation*, који је део групације *Dassault Systemes*, који служи и као платформски софтвер за бројне програме. То значи да унутар прозора програма *SolidWorks* могу да се користите и други компатибилни програми.

SolidWorks Corporation производи многе програме који се могу користити као додатни модули за *SolidWorks*. [3]

2.1 Режим *Part*

Режим *Part* је параметарско окружење засновано на елементима, у коме могу да се праве модели пуних тела. На располагању су подразумеване равни означене са *Front Plane* (предња раван), *Top Plane* (горња раван) и *Right Plane* (десна раван). Прво се бира раван на којој се црта скица основног елемента. Када се изабере раван, прелази се у окружење за скицирање у коме се алатком цртају скице модела.[3]

Након цртања, скице могу да се у истом окружењу котирају и да се на њима примене потребне релације (логичке операције).

У режиму *Part*, на располагању је стандардна библиотека отвора - позната под именом чаробњак за отворе (енгл. *Hole Wizard*), која омогућава да се праве обични отвори, отвори са навојем (енгл. *Tapped Holes*), равно упуштени отвори (енгл. *Counterbore Holes*), конично упуштени отвори (енгл. *Countersink Holes*) итд.

Отвори могу да одговарају било ком стандарду, у овом режиму може да користи површинско моделирање да би се направиле сложене површине. Ознаке као што су симболи заваривања, толеранције, датуми и симболи завршне обраде површина могу да се додају моделу у режиму *Part*.

Стандардни елементи који се често користе могу да се сачувају као елементи библиотеке одакле се читавају по потреби. *SolidWorks* нуди и библиотеку елемената која садржи одређен број стандардних машинских делова и елемената.

Употребом одговарајућих алатки, у режиму *Part* могу се направити и компоненте од лима. Може се анализирати отпорност модела дела на различита напрезања која ће се на модел примењивати у стварно, физичком окружењу. То помаже да се смање трошкови и скрати поступак испитивања пројекта у реалним условима испитивања (деструктивна испитивања).

Компонета се може анализирати током моделирања у прозору *SolidWorks*-а. Осим тога, режим *Part* омогућава да се моделирају варови тако што се направе челичне конструкције и додају заварени спојеви. На располагању су све стандардне врсте варова и услова заваривања. Може се издвојити језгро и шупљина помћу алатки за пројектовање калупа.[3]

2.2 Режим *Assembly*

У режиму *Assembly* састављају се компоненте склопа, претходно моделиране у режиму *Part* помоћу одговарајућих алатки. Може се почети од готових компонената и затим направити остале компоненте потребне за склоп. Дозвољено је позивање не елементе неких компонената склопа да би се извеле мере за друге компоненте.[3]

Опција *Smart Mates* омогућава да се све компоненте склопе помоћу једног дугмета. Док се склапају компоненте, може се анимирати склоп тако што ће се повлачити мишем. Осим тога, може се проверити функционалност склопа, и открити интерференце (преклапања) између појединих елеманата склопа.

Реалистично кретање склопа види се захваљујући томе што се за динамичко приказивање користи физичка симулација при којој се узима у обзир дејство мотора, опруга и земљине теже на склопове.[3]

2.3 Режим *Drawing*

Режим *Drawing* користи се за техничку документацију раније направљених делова или склопова, тако што се генеришу или праве технички цртежи различитих пројекција и детаља.[3]

У *SolidWorks*-у постоје два начина цртања :

- Генеративно цртање
- Интерактивно цртање.

Генеративно цртање је процес генерисања техничких цртежа раније направљеног дела или склопа.

Параметарске мере и ознаке које су додате компонентама у режиму *Part*, могу се генерисати на техничким цртежима. Генеративно цртање по природи омогућава двосмерну повезаност на тај начин ако се додају толеранције облика и положаја на радионичком цртежу дела то ће се аутоматски одразити на модел који је креиран у режиму *Part*. [3]

При интерактивном цртању, технички цртежи се цртатају помоћу уобичајних алатки за скицирање, а затим се додају мере.[3]

3.0 Моделирање засновано на елементима

Елемент (*енгл. feature*) дефинише се као најмањи градивни блок који се може појединачно мењати. У *SolidWorks*-у, модели пуних тела (*енгл. Solid model*) праве се спајањем тих градивних блокова. Модел направљен у *SolidWorks*-у представља комбинацију одређеног броја појединачних елемената, при чему је сваки елемент повезан са другим елементом - директно или индиректно. Елементи схватају своју улогу и функционишу исправно, па се могу модификовати у било ком тренутку процеса пројектовања. Ако се при изради модела одржава пројектантско решење, елементи се у свакој промени аутоматски прилагођавају, што повећава флексибилност пројектовања.[3]

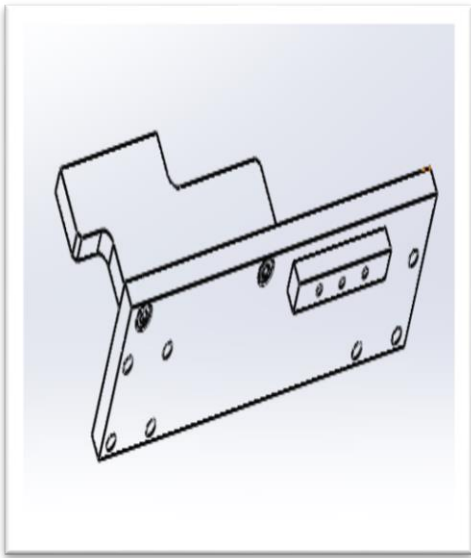
3.1 Параметарско моделирање

Параметарска природа неког софтверског пакета дефинише се као његова способност да користи стандардна својства (параметре) при дефинисању облика и величине геометријских објекта. Основна функција ове могућности јесте да може аутоматски да промени величину или облик изабраног геометријског објекта, без обзира на његове првобитне мере. Облик и величину сваког елемента изменити у свакој фази процеса пројектовања. Ова особина значајно олакшава пројектовање.[3]

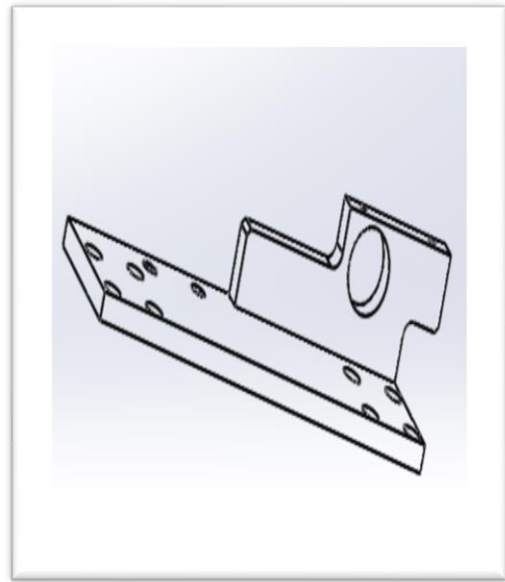
3.2 Двосмерно повезивање

Као што је и раније речено, *SolidWorks* има различите радне режиме - *Part*, *Assembly* и *Drawing*. Између свих тих режима постоји двосмерна повезаност која обезбеђује да се све измене које су направљене на моделу у било коме од тих режима, аутоматски одмах одражавају и на другим режимима.

Ако се увиди да модел у ово случају носач моста и шпанера машине (слика 3), није потпун и има нежељена преклапања може се модификовати захваљујући двосмерној повезаности овог програма, што ће се после одразити и на израду техничке документације (слика 4).[3]



Слика 3- Модел пре модификовања



Слика 4- Модел после модификовања

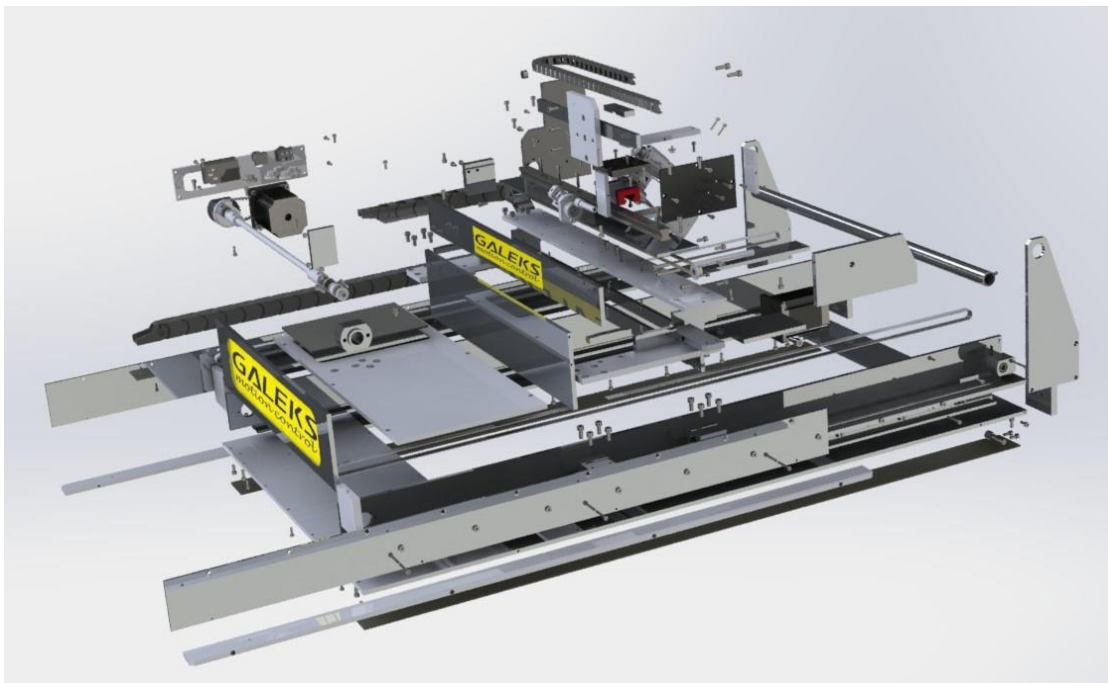
3.3 Физичка симулација

Алатка *Physical Simulation* служи за симулирање склопова направљених у окружењу *Assembly*. Склоповима се могу доделити различити елементи симулације - као што су линеарно кретање, обртни мотори и гравитација - да би се симулирали њихове утицаје на склоп. [3]

4.0 ИЗРАДА КОНСТРУКЦИОНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ВИТАЛНИХ КОМПОНЕНАТА 2D CNC МАШИНЕ ЗА ГРАВИРАЊЕ

Машина се састоји из преко 50 нестандартних компонената које се израђују на конвенцијалним машинама. Посебан значај имају виталне компоненте које су основа за дефинисање облика и геометрије свих осталих компонената, и подсклопова. Свака од компонената се моделира посебно у режиму *Part-u* програма *Solidworks*, после моделрања компонената потребних за склапање машине прелази се на склапање компонената у режиму *Assembly*, у коме се склапају претходно направљене компоненте. Ако се увиди да постоје преклапања између компонената, компоненте се могу изоловати и њих модификовати да би се уклонила преклапања између компонената. На крају се прелази на израду техничке документације у режиму *Drawing*, у коме се аутоматски генеришу технички цртежи делова који ће се користити у процесу израде.

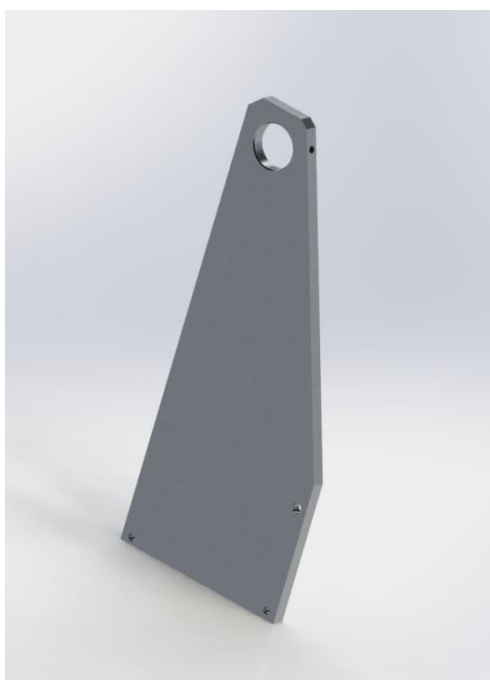
У овоом поглављу су дати експанзиони приказ (слика 5), рендеровани приказ склопа машине (слика 6), као и модели виталних елемената, неопходних за правилан рад и функционисање машине за гравирање (слике 7-20).



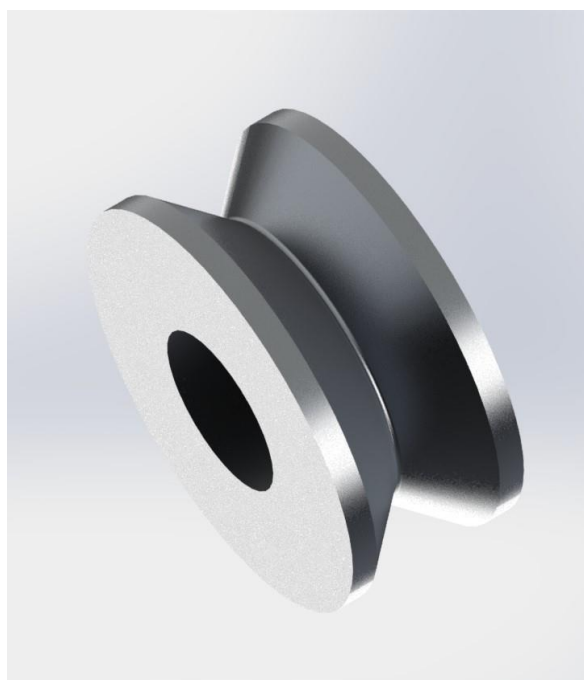
Слика 5- Експанзиони приказ CNC машине за гравирање



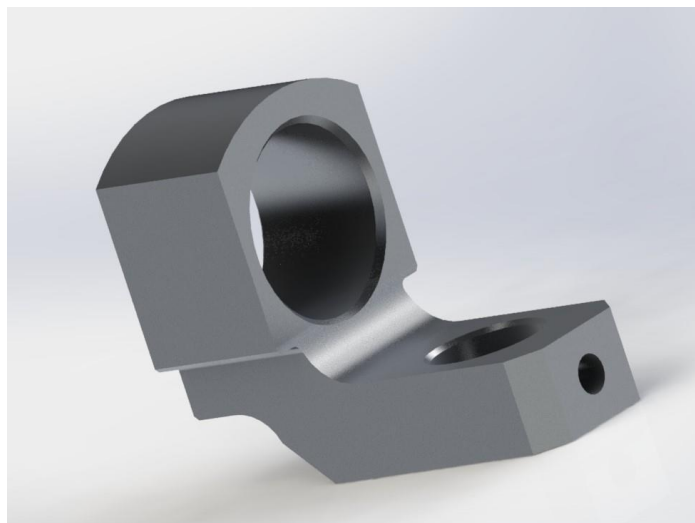
Слика 6- CNC машина за гравирање склоп



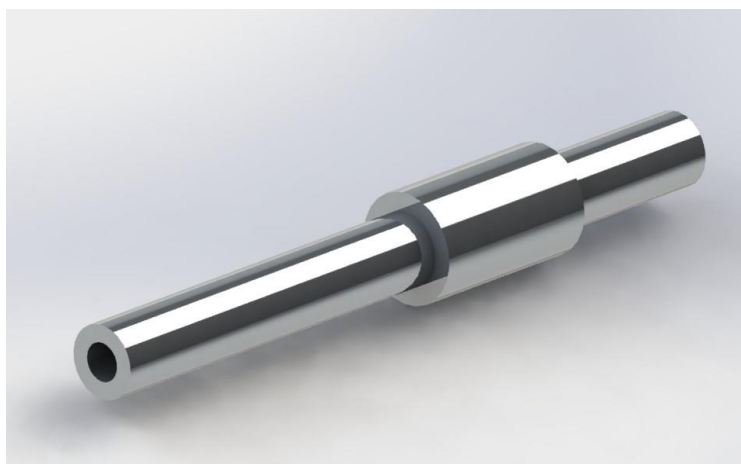
Слика 7 – Al носач ручице



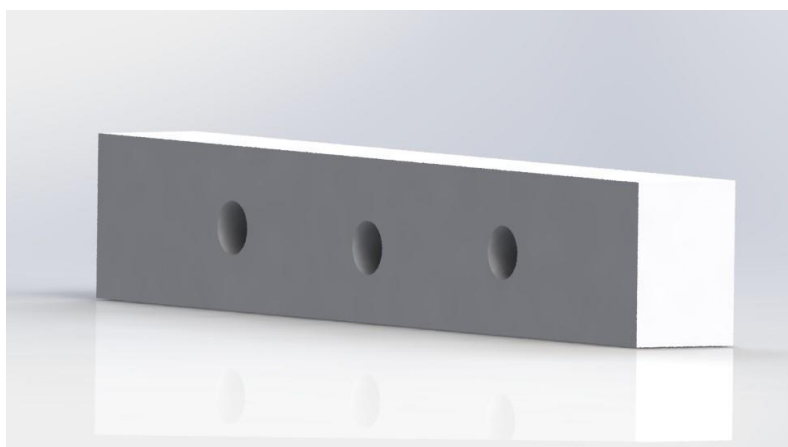
Слика 8- Фрикциона ременица



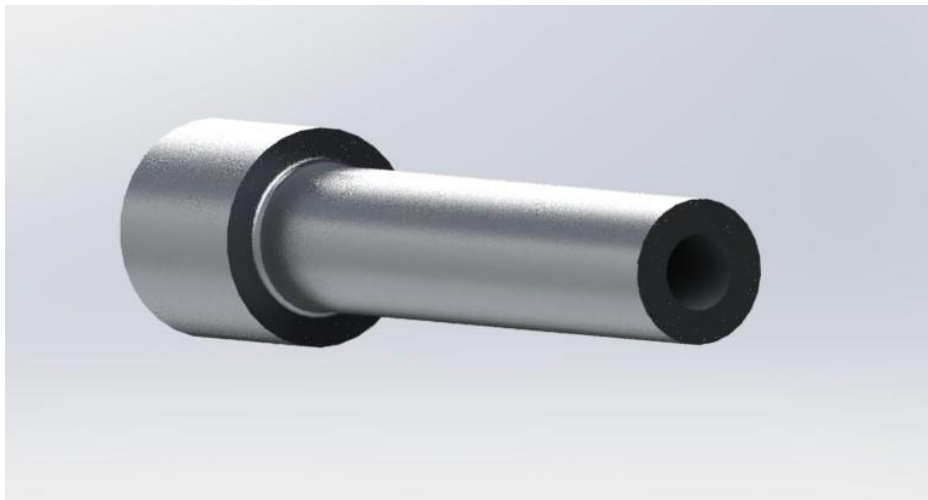
Слика 9- *AL носач дијаманта*



Слика 10- *Осовиница са средишњим гнездом*



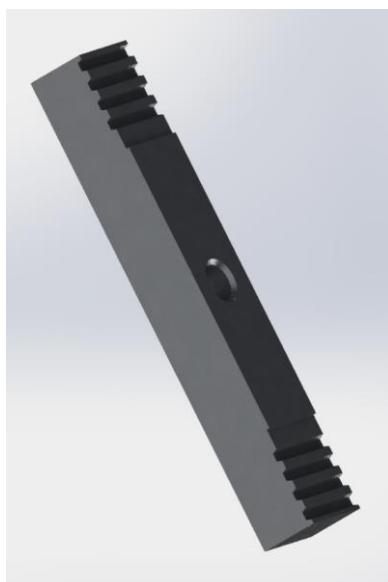
Слика 11- *Плоча шпанера*



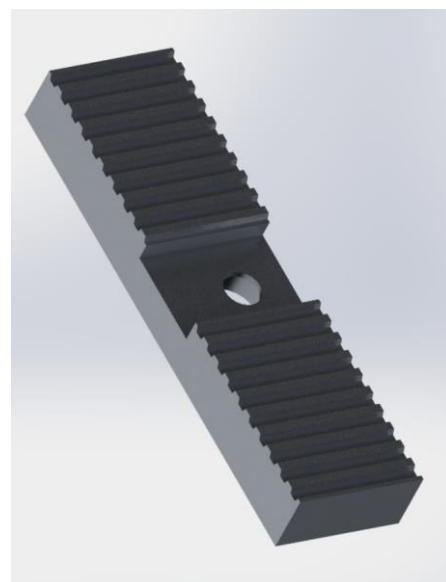
Слика 12- Осовиница дијаманта



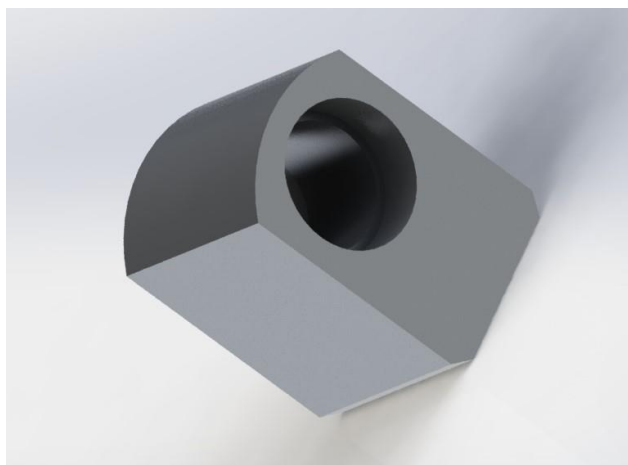
Слика 13- Плоча за
колица лева



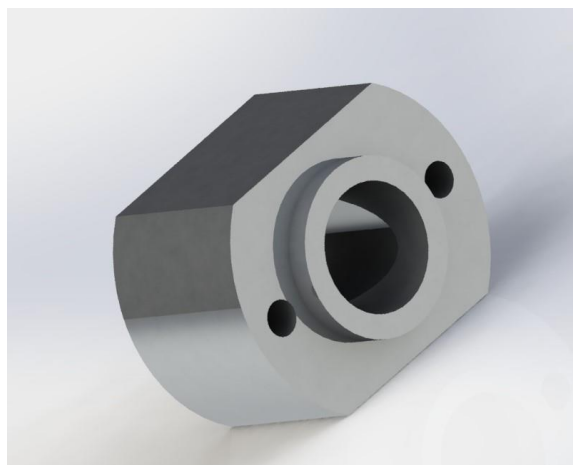
Слика 14- Шпанер за
уздужно вођење



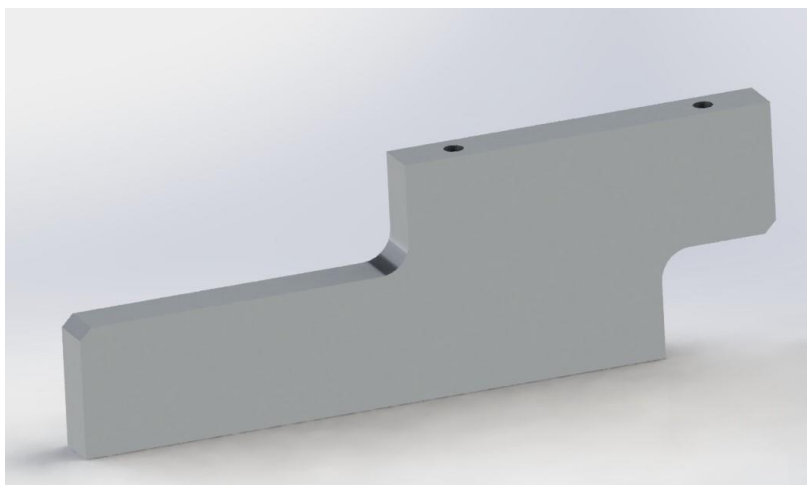
Слика 15- Шпанер



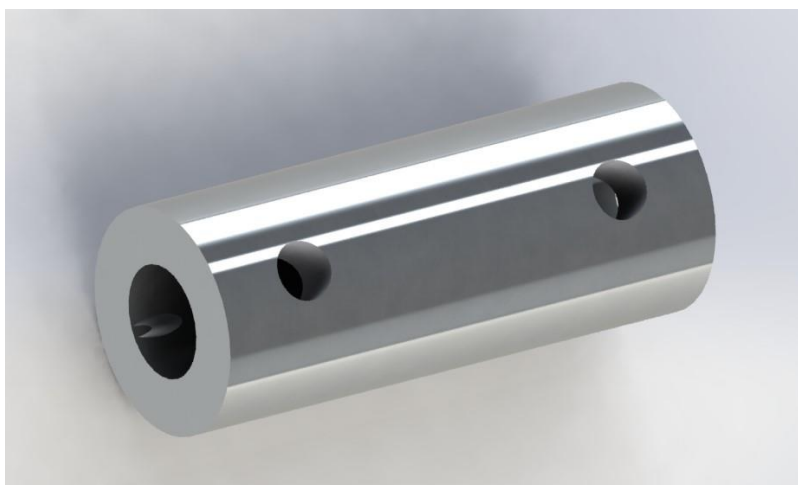
Слика 16- *Al кућиште лежаја*



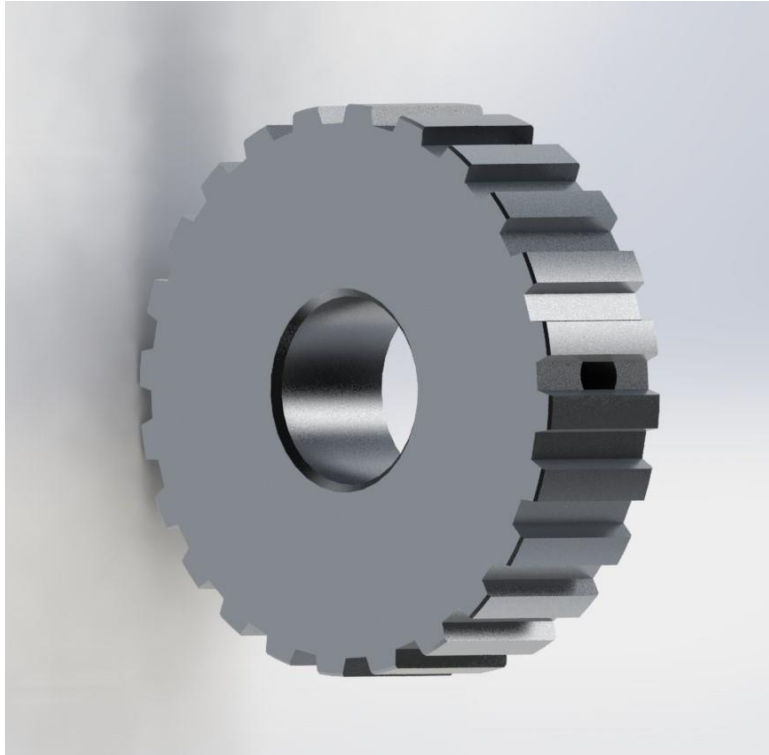
Слика 17- *Al кућиште лежаја за уздужно вођење*



Слика 18- *Основа моста*



Слика 19- *Спојница*



Слика 20- Ременица T5 већа

4.1 Израда модела (Part) и радионичког цртежа (Drawing) зупчасте ременице T5

Пре саме израде модела и радионичког цртежа зупчасте ременице корака 5mm, морају се дефинисати основне димензије зупчасте ременице: [4]

- Корак,
- Подеони пречник
- Темени пречник и
- Ширина ременице.

У табели 2 дате су вредности основних података зупчастих ременица трапезног профила, а то су следећи: корак - p , модул - m , ширина зупца - k , висина зупца - h , темени зазор - s , минимални и максимални број зуба ременице - $Z_{\min}$ и $Z_{\max}$, респективно.

Табела 2- Подаци зупчастих ременица трапезног профила.[4]

Тип ременице	p mm	m mm	k mm	h mm	c mm	Z_{min}	Z_{max}
T2.5	2,5	0,976	1,0	0,7	0,27	12	114
T5	5	1,592	1,8	1,2	0,42	10	114
T10	10	3,183	3,5	2,5	0,92	12	114
T20	20	6,366	6,5	5,0	1,42	15	114

4.2 Прорачун зупчasto каишних преносника

Пошто је познат број зуба погонске ременице $Z_2=12$, да би се повећао обртни момент на излазу мора де се врши редукација, зато што уздужни супорт носи знатно већу масу у одосу на попречни. Из искуства је усвојено да преносни однос $i=2$, када се зна колики је преносни однос лако се могу одредити основне димензије зупчaste ременице.[4]

Подеони пречник (d_w) се поклапа са кинематским пречником. Он је имагинарна величина, већа од теменог пречника и може се изразити као

$$d_w = m \cdot z = \frac{p \cdot z}{\pi}$$

$$d_w = 1,592 \cdot 24 = 38,208 \text{ mm}$$

Темени пречник (d_a) је основна производна мера зупчастих каишника. Може се дефинисати као:

$$d_a = d_w + 2c$$

$$d_a = 38,208 + 2 \cdot 0,42 = 39,048 \text{ mm}$$

Подножни пречник (d_f) се одређује помоћу израза:

$$d_f = d_w - 2h$$

$$d_f = 38,208 - 2 \cdot 0,92 = 36,368 \text{ mm}$$

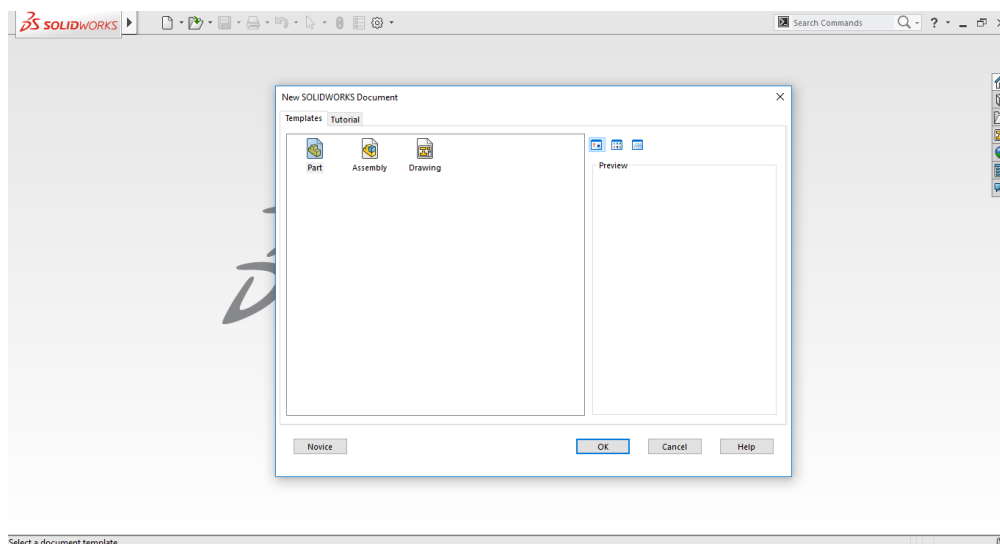
4.3 Израда модела (*Part*)

Позивањем програма *SolidWorks* отвара се његово радно окружење у коме треба активирати иконицу *File* а затим *New* (*Create new document*), (слика 21).[5]



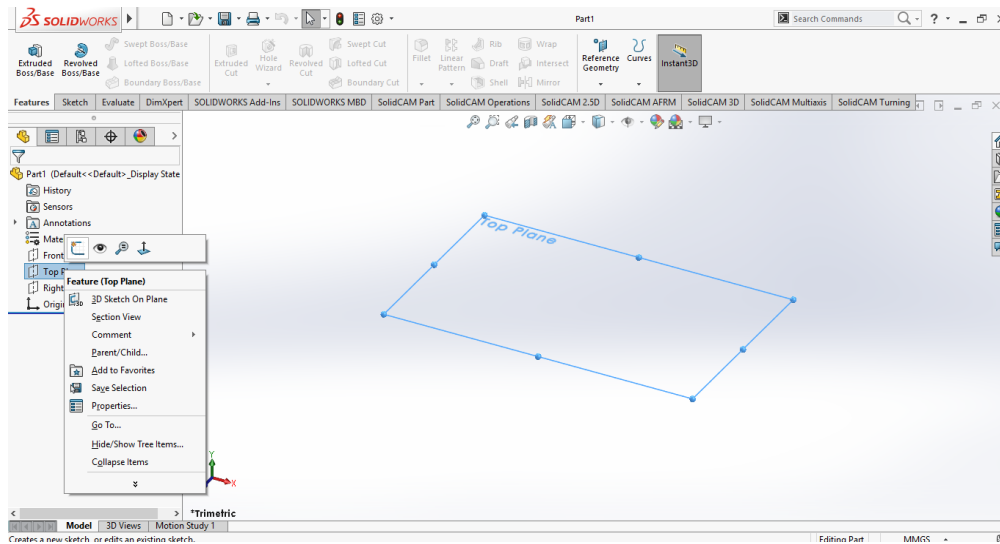
Слика 21- радно окружење програма *SolidWorks* [5]

Активирањем иконице *New* отвара се прозор са могућношћу одабира једне од три врсте моделирања: *Part*, *Assembly* или *Drawing* .Одабрати *Part (Model)* и то потврдити са *OK*. (Слика 22). [5]



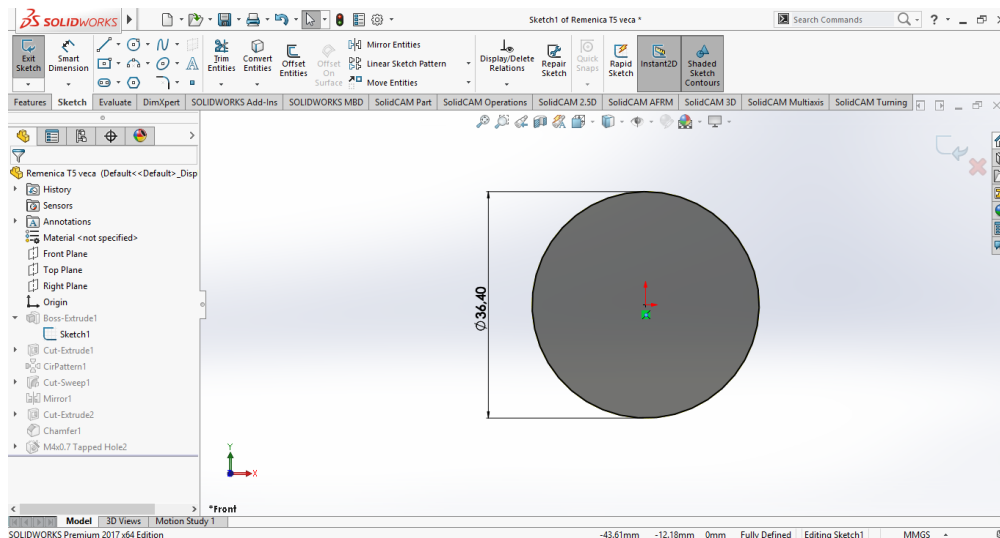
Слика 22- Основни режими програма *Solidworks* [5]

У Part-у се отвара радно окружење у коме се са леве стране бира хоризонтална раван (*Top plane*), а потом са стандардне палете са алаткама активирањем иконице *Standard View* одабрати хоризонтални поглед (*Top*) чиме се добија хоризонтална раван за цртање модела, (Слика23). [5]



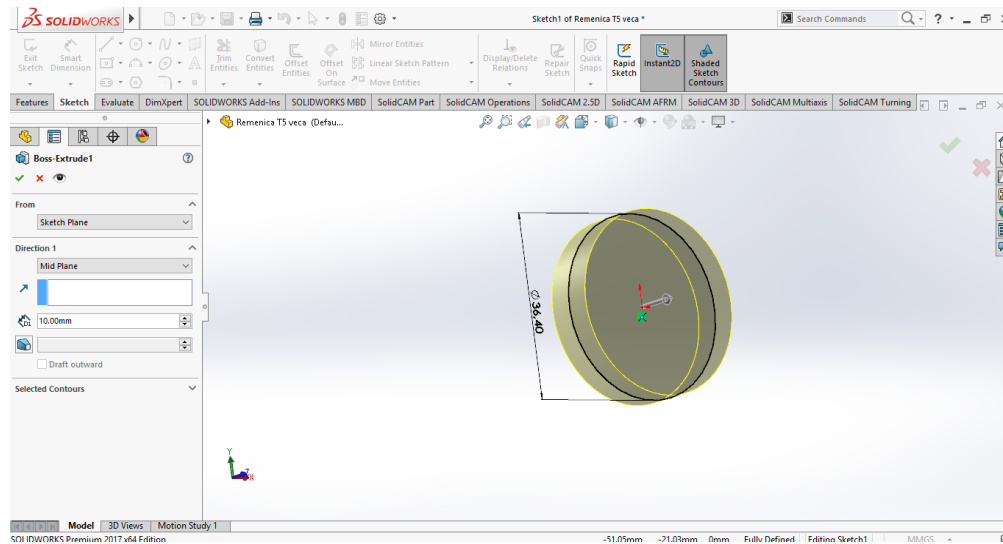
Слика 23- Хоризонтална раван (*Top plane*) [5]

Након одабирања равни за цртање указаће се команда за цртање (*Sketch*). Командом *Circle* црта се почетна контура у облику круга при чему се курсор доводи у координатни почетак и кликом на исти црта се круг и котира пречник.(Слика 24).[5]



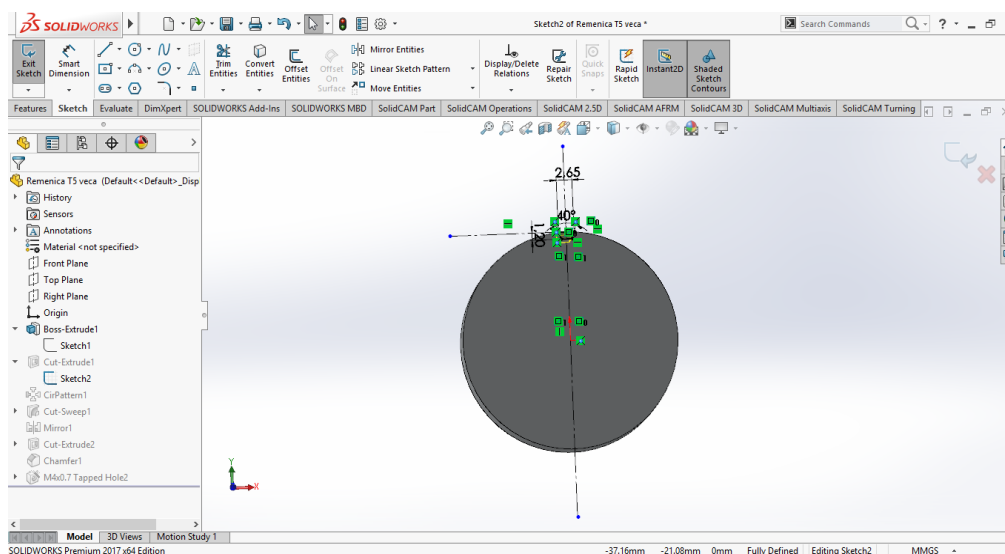
Слика 24- Почетна скица круга [5]

За екструдирање позва се команда *Extrude Boss/Base* и уноси дебљина ременице. Као референца бира се *Mid plane* да би се модел равномерно екструдирао у оба правца у односу на раван цртежа. (Слика 25). [5]



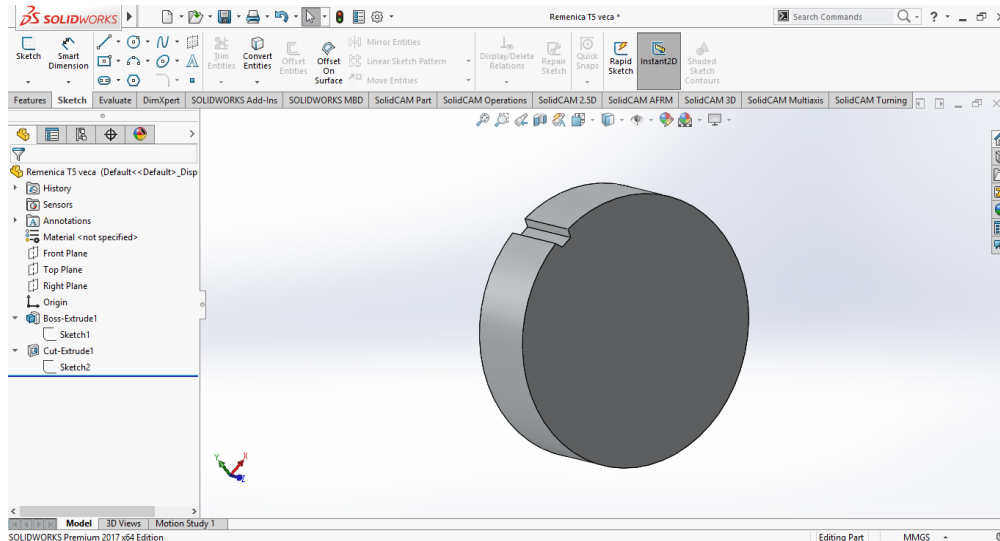
Слика 25- Екструдирање почетне скице [5]

Потом се селекује чеона раван модела и улази у скицу, на којој се помоћу алата за цртање црта профил међузубља у односу на темени пречник ременице, који је трапезног облика под углом од 40 степени. При цртању трапез води се рачуна о одговарајућом релацијама и логичким операцијама: симетричност, управност, паралерност, саосност...(Слика 26). [5]



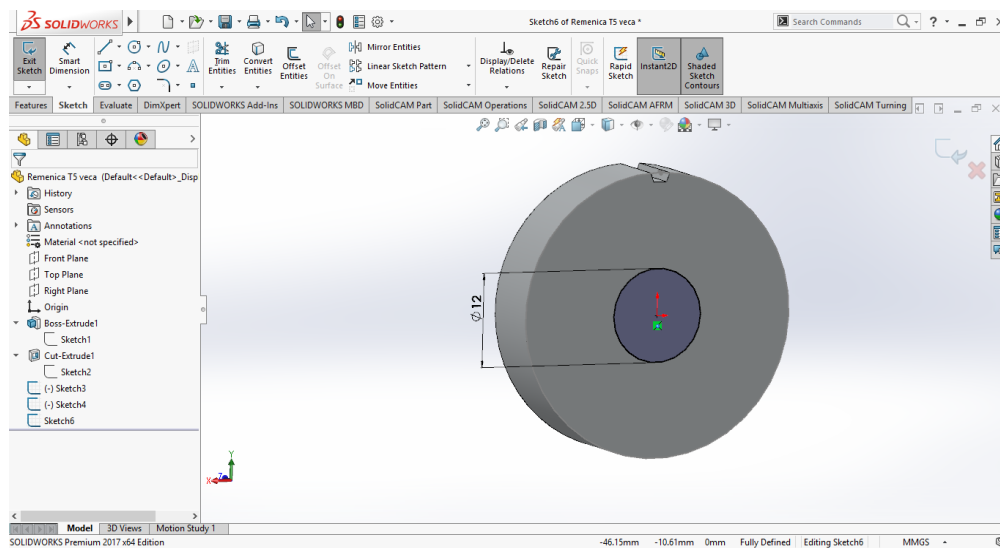
Слика 26- Профил међузубља [5]

После дефинисања профила међузубља ременице у одговарајућој чеonoј равни, позива се команда *Extrude Cut*, одабира поглед у изометрији и у отвореном прозору са леве стране, у пољу *Direction 1* селекује опција *Through All* (Слика 27). [5]



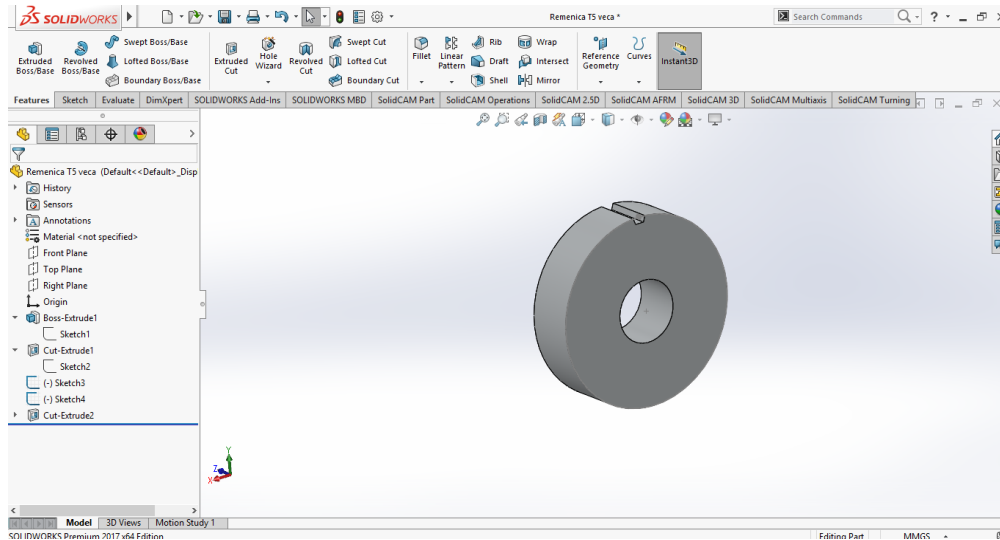
Слика 27- Израда међузубља [5]

Прелази се на цртање отвора за осовину, тако што се селекује предња чеона раван и уђе у скицу у којој се црта кружница која је концентрична у односу на темени пречник ременице и чији пречник одговара пречнику осовине (Слика 28).



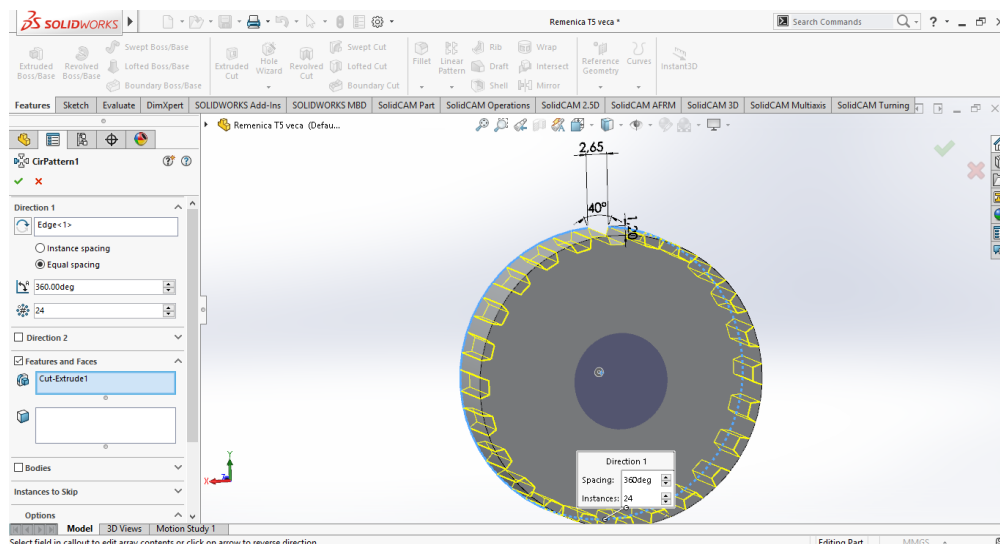
Слика 28- Скица отвора за осовину [5]

Када се заврши цртање кружнице позивама се команда *Extrude Cut* , чекира опција *Through All* (Слика 29). [5]



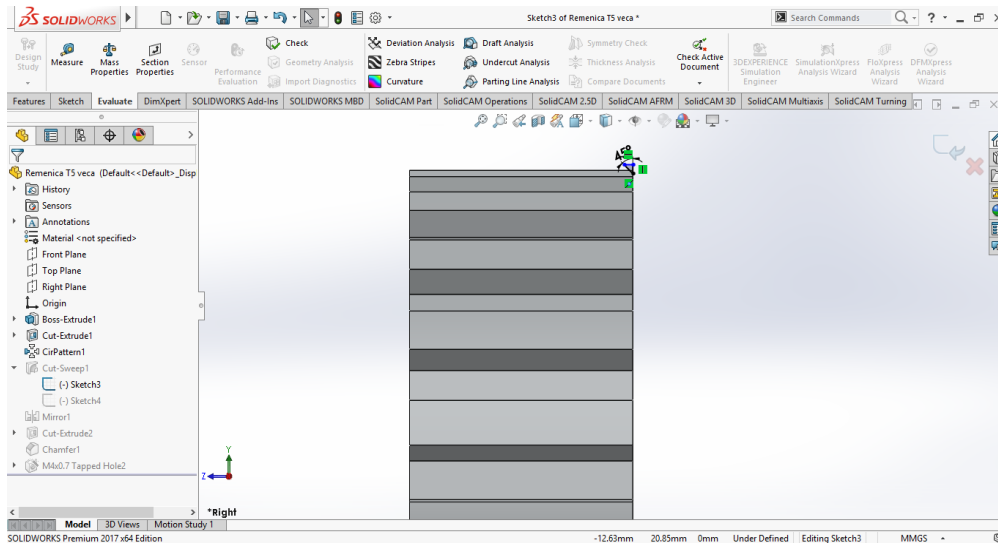
Слика 29- Израда отвора за осовину командом *Extrude Cut* [5]

Након што се направи отвор за осовину у хијерархији стабла модела чекира се команда *Cut-Extrude 1*, а потом позива команда *Cir Pattern*. У отвореном прозору са леве стране, у пољу *Direction 1* селекује се спољашњи пречник и чекира *Equal Spacing*. (Слика 30). [5]



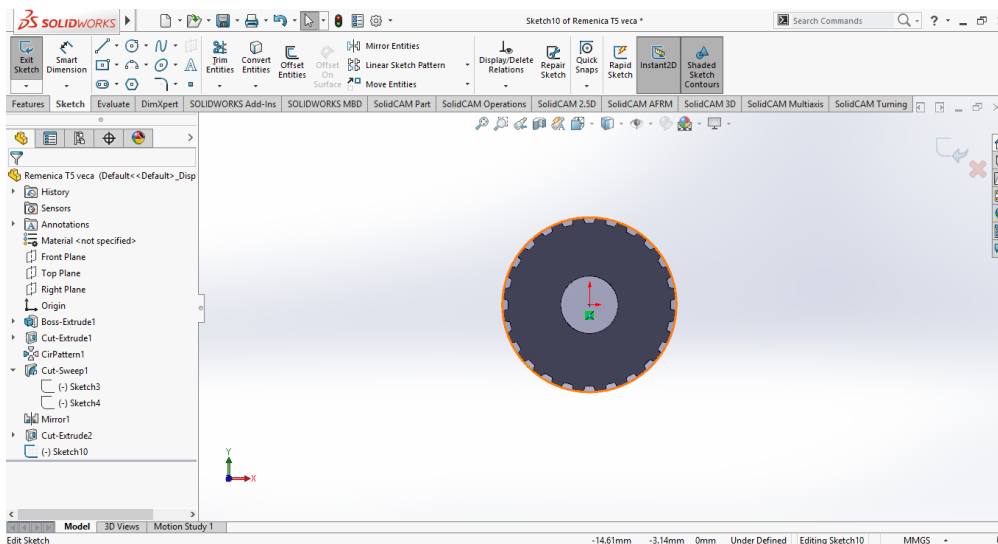
Слика 30- Венац са зубима [5]

Пошто је направљен венац са зубима, селекује се раван која је управна на раван осе ременице. У тој равни, црта се троугласти профил чија је хипотенуза под углом од 45 степени у односу на друге две стране правоуглог троугла (Слика 31). [5]



Слика 31- Скица троугла за обарање ивица

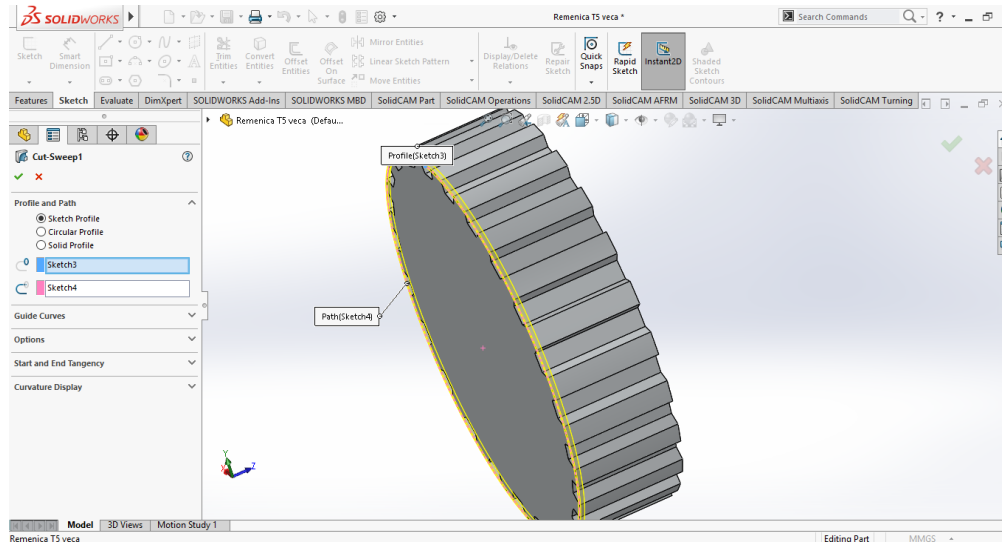
После скице правоуглог троугла, црта се скица круга у предњој чеоној равни чији пречник одговара теменом пречнику ременице и који је концентричан у односу на темени пречник ременице (Слика 32). [5]



Слика 32- Скица круга у предњој чеоној равни [5]

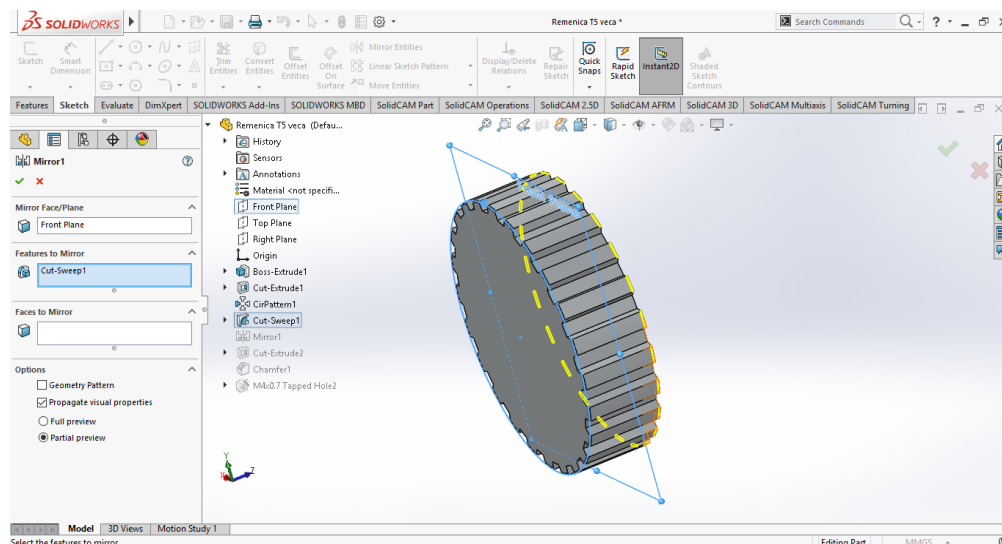
Када се направи скица правоуглог троугла и кружнице у две међусобно управне равни, позва се команда *Cut-Sweep*. У пољу са леве стране *Profile and Path*,

чекира опција *Sketch Profile*, као прва референца селекује се правоугли троугао, а као друга кружница која је претходно нацртана (Слика 33). [5]



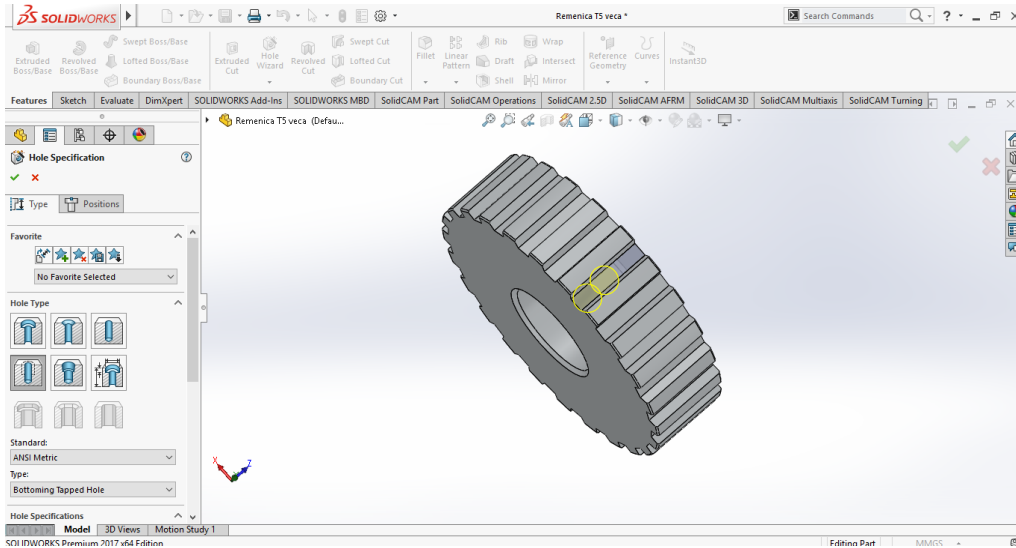
Слика 33- Обарање ивица командом *Cut-Sweep* [5]

После извршеног обарања ивице на зубима ременице са једне стране, потребно је то урадити и са друге стране, да се не би поново цртале скице троугла и кружнице. Поступак се може поједноставити тако што се селекује команда *Cut-Sweep* у стаблу модела и позова команда *Mirror* у којој се селекује *Front Plane*, која сече тежиште модела (Слика 34). [5]



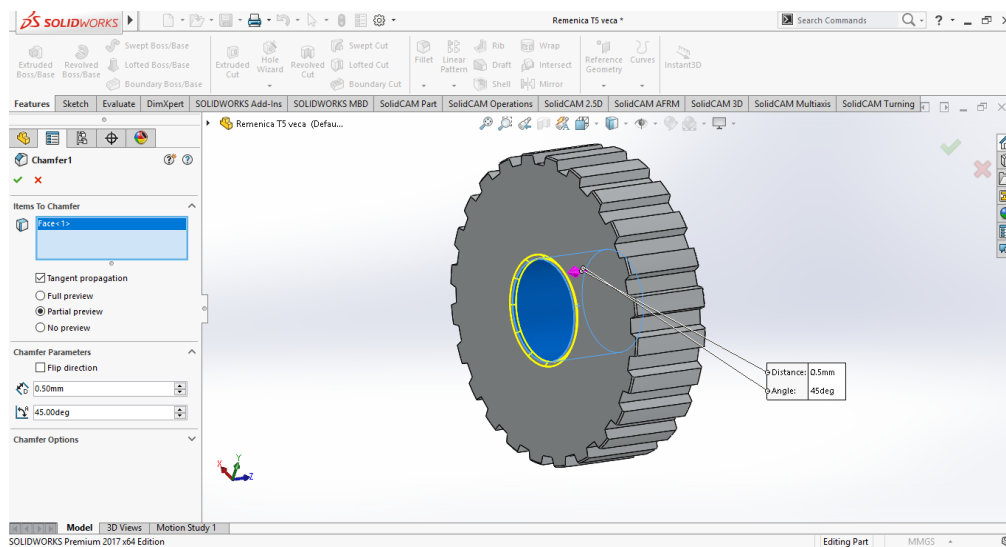
Слика 34- Пресликавање обарања ивице командом *Mirror* [5]

После тога позива се команда *Hole Wizard*, у којој се у прозору са леве стране селекује тип навоја за модел *Straight Tap*. Потребно је да навој буде M4, а за дубину навоја у пољу *End Condition* селекује се опција *Up To Next*. После дефинисања навоја одређује се његов положај у простору, селекује језичак *Position*, унесе координате тако да навој буде управан на осу ременице и да се налази у равни симетрије модела (Слика 35). [5]



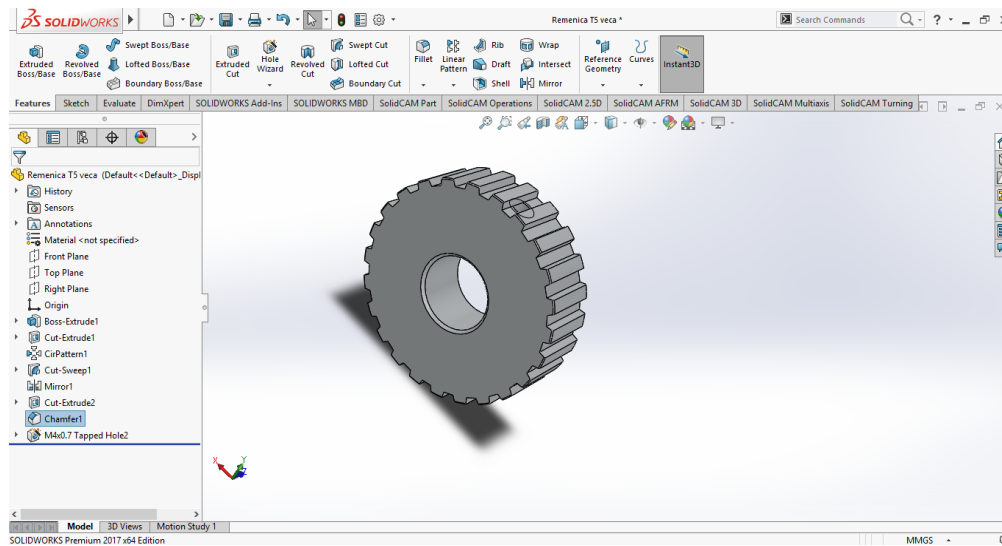
Слика 35- Израда навоја командом *Hole Wizard* [5]

Да би модел био комплетан обарају се ивице отвора за осовину, позивањем команде *Chamfer* и селектовањем унутрашње површине отвора (Слика 36). [5]



Слика 36-Обарање ивице отвора за осовину [5]

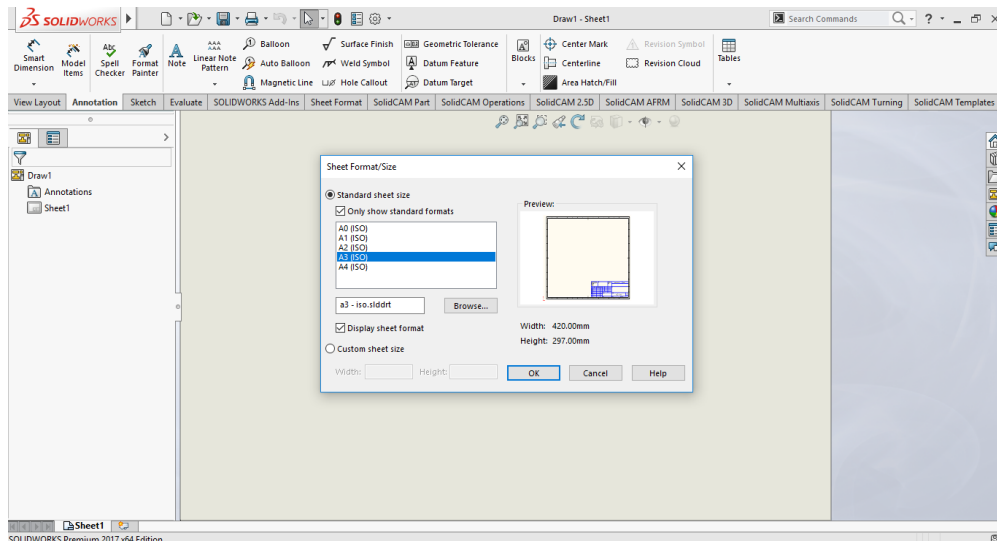
Све се потврђује са ОК чиме и добија коначан изглед модела у изометричкој аксонометрији (Слика 37). [5]



Слика 37- Крајњи изглед модела [3]

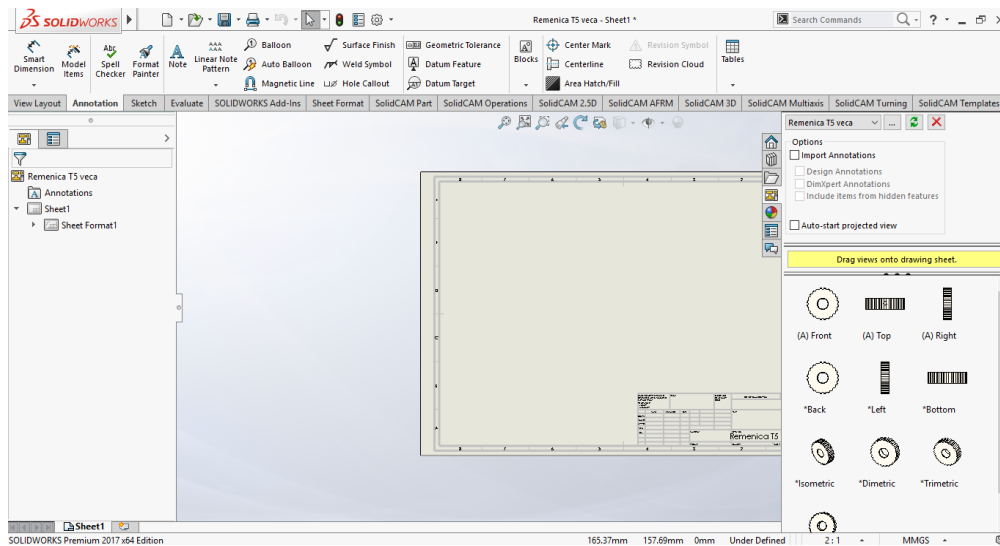
4.4 Израда конструкционе документације

За цртање радионичког цртежа, при чему се не излази из програма *SolidWorks* са линије менија позива се команда *File* и опција *Make Drawing From Part* при чему се отварају понуђени формати цртежа. (Слика 38). [5]



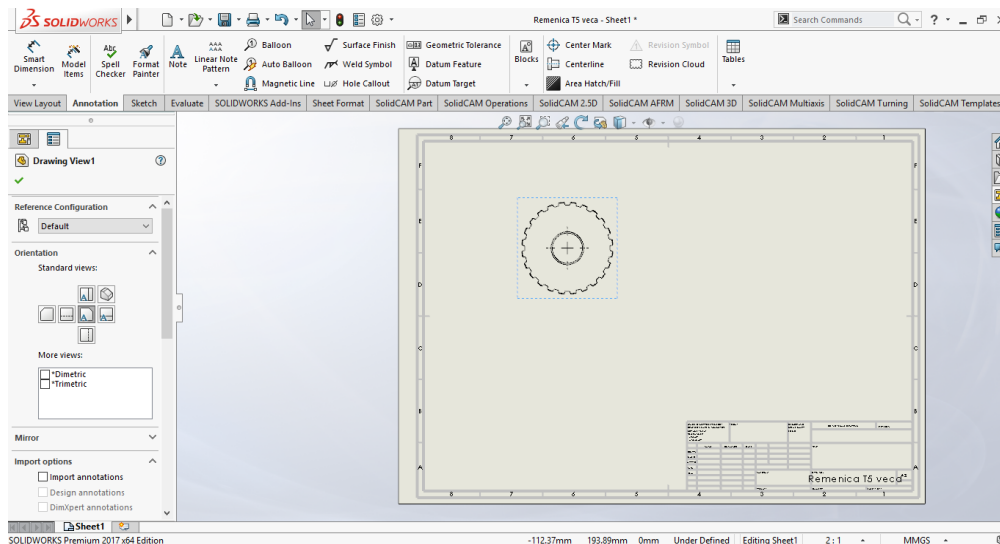
Слика 38- Режим *Drawing* [5]

Одабере се А3-формат, селекује и потврђује са ОК, при чему се отвара простор за цртање радионичког цртежа (Слика 39). [5]



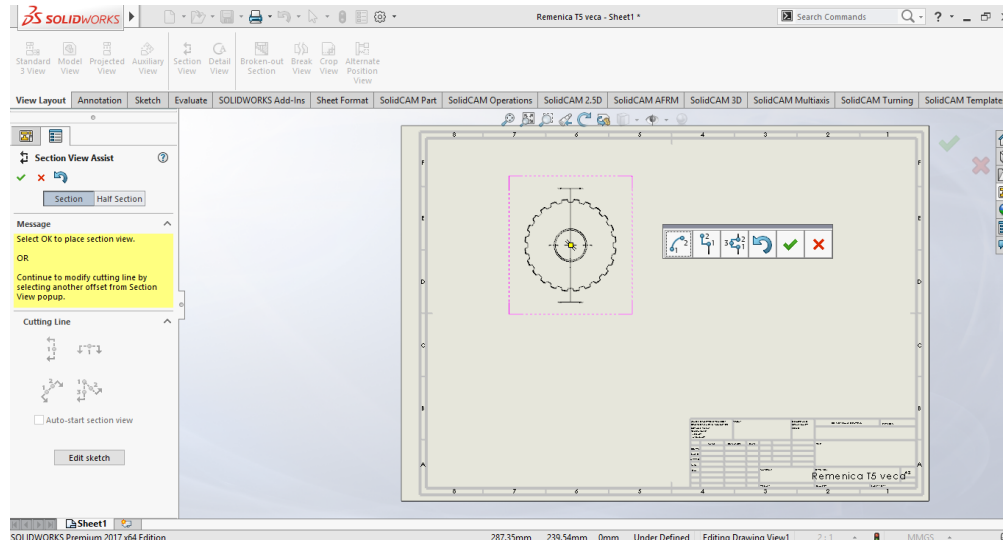
Слика 39- Простор за цртање радионичког цртежа

Са десне стране се појављује изглед модела у свим равнинама као и тродимензионални изгледи. Левим тастером миша се превлачи изглед који је приказан у *Top plane* (погледу одозго) (Слика 40). [5]



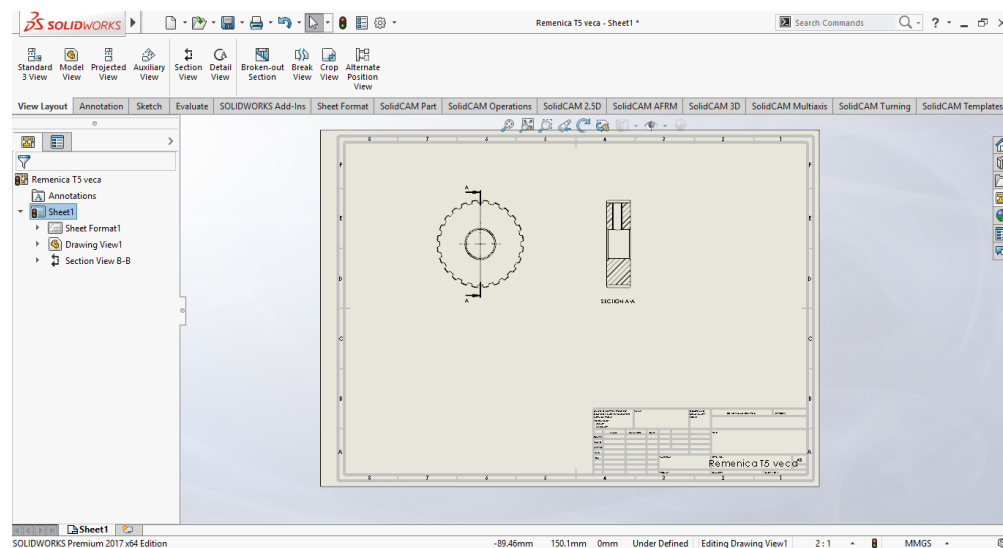
Слика 40- Приказ пројекције из хоризонтале равни [5]

За приказивање пресека у профилној равни црта се линија пресека на изгледу у хоризанталној равни. Селекује се вертикална линија, избором из горње палете картице *View Layout* затим и командом *Section View* црта се потребан пресек (Слика 41). [3]



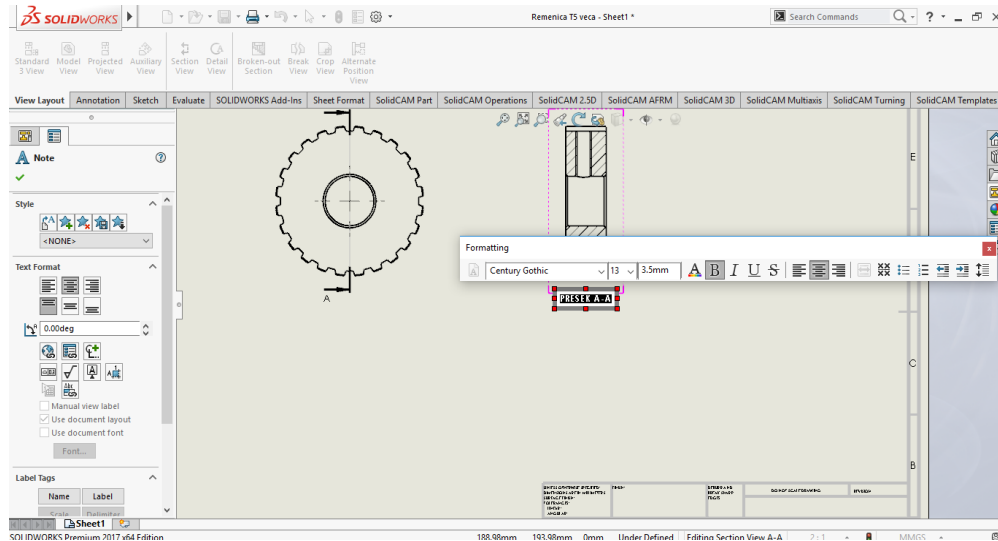
Слика 41- Цртање пресека у хоризонталној равни [3]

Аутоматски добијен пресек се поставља у профилној равни непрекидним стиском на *Ctrl* на тастатури и позиционира левим кликом миша. Смер пресека се може мењати, чекирањем или анчекирањем опције *Flip Direction*. Из команде се излази левим кликом миша, чиме се добија пресек *SECTION A-A* (Слика 42). [5]



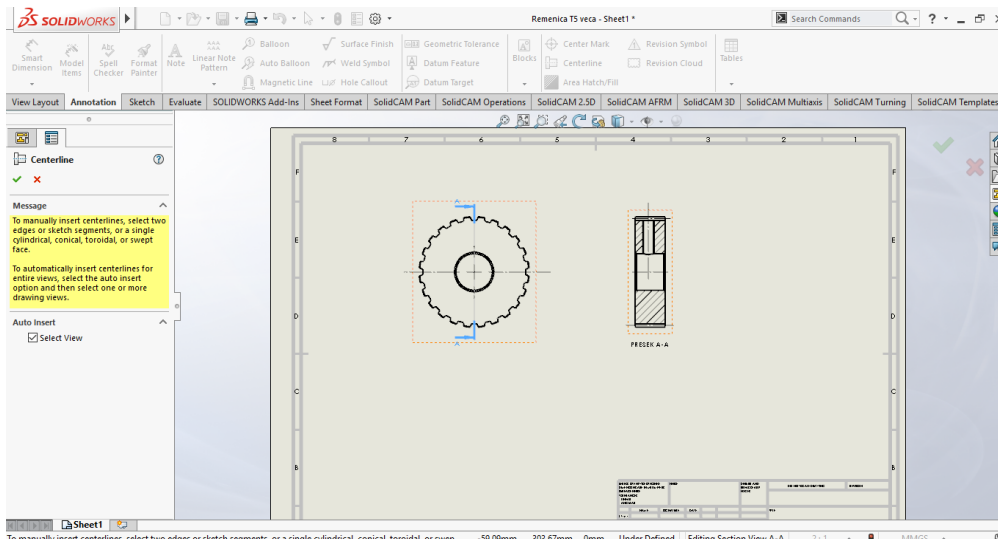
Слика 42- Приказ пресека у профилној равни [5]

Добијени исписани пресек *SECTION A-A* је потребно променити у *ПРЕСЕК А-А*. То се чини левим дуплим кликом миша на исти при чему се отвара *Formating* и куца *ПРЕСЕК А-А* (Слика 43). [5]



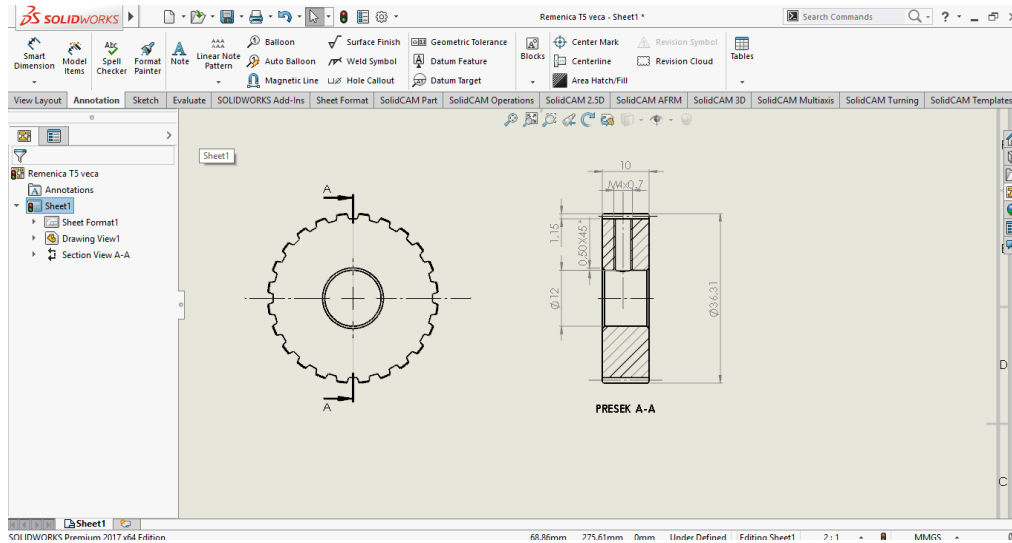
Слика 43- Преименовање пресека командом *Formatting*

Потребно је додати осу пресеку A-A , тако што се селекује пресек који је направљен [6]. Позива се команда *Centerline*, која се налази у картици *Annonation* (Слика 44). [5]



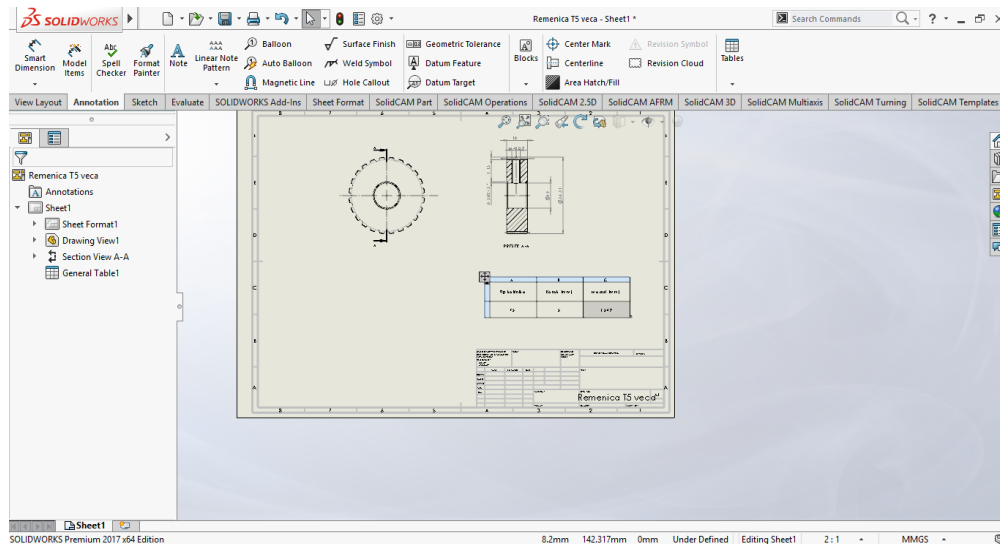
Слика 44- Додавање осе командом *Centerline* [5]

После додавања осе пресеку цртеж може да се искотира, позивањем команде *Smart Dimension*. Котира се све што је потребно да би цртеж био дефинисан и мора се водити рачуна да се цртеж не предимензионише (Слика 45). [5]



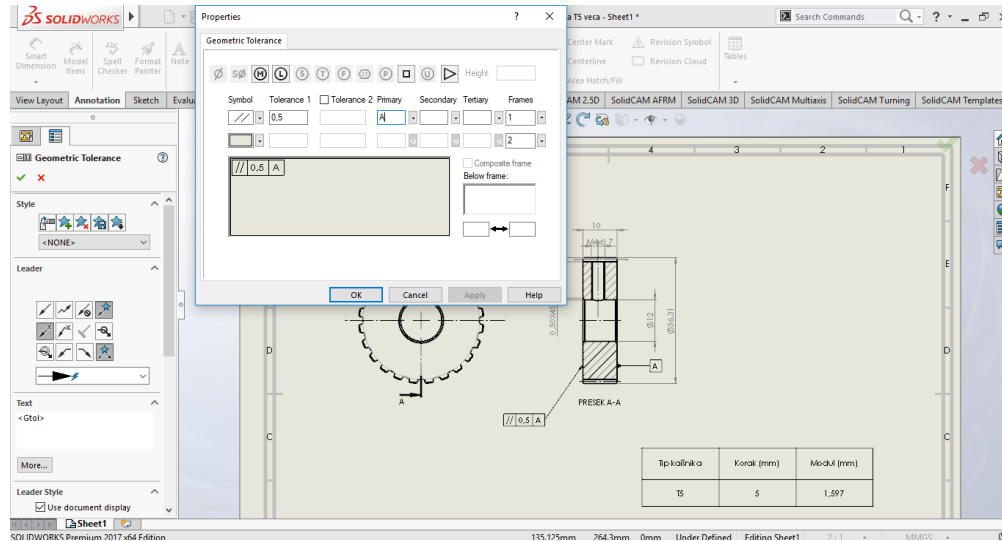
Слика 45- Котирање цртежа командом *Smart Mates* [5]

После котирања цртежа, потребно је да се позове команда *Tables*, чиме се добија падајући мени из кога се бира опција *General Table*, изабере се жељени број врста и колона и унесе параметри ременице за цртеж (Слика 46). [5]



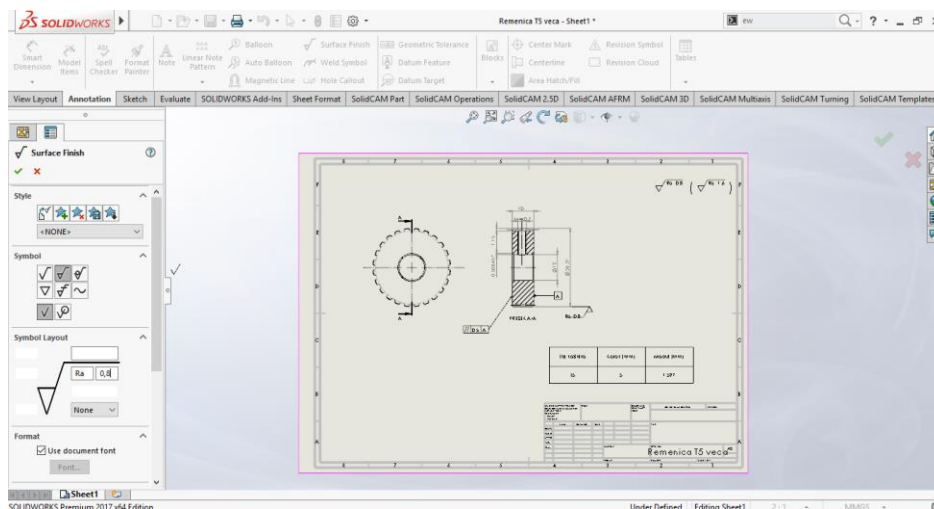
Слика 46- Уношење табеле командом *General Table* [5]

Да би цртеж био дефинисан прописују се толеранције облика и положаја.[7] Позива се команда *Datum Feature*, када се отвара прозор у коме у пољу *Label Settings* треба да се упише се референтно слово (A). У пољу *Leader* бира се симбол за постављање референтног слова . У пољу *Layer* бира се опција *Format*, потом се кликне на референтну површину, усмери се и другим кликом постави знак. Из команде се излази кликом на *OK* (Слика 47). [5]



Слика 47-Постављање толеранција облика и положаја командом *Datum Feature*

Знак за квалитет обрађене површине се поставља командом *Surface Finish*. Позивањем команде отвара се прозор *Surface Finish* у коме се дефинише: -у пољу *Symbol* - знак који се бира, а затим се у пољу *Symbol Layout* упише вредност за квалитет обрађене површине, после дефинисања одговарајућих параметара, поставља се знак на предвиђено место и све потврђује са *OK* (Слика 48). [5]



Слика 48- Постављање квалитета обрађене површине [5]

Описани поступак израде техничког цртежа примењен је и код осталих виталних делова машине за гравирање, чији су модели приказани у оквиру овог поглавља.

Конструкциона документација дата је у прилогу завршног рада.

5.0 ЗАКЉУЧАК

У овом завршном раду је приказан поступак аутоматског генерисања конструкционе документације, склопног цртежа *2D CNC* машине за гравирање и радионичких цртежа њених виталних делова применом *SolidWorks 3D CAD* софтвера.

У првом поглављу наведене су врсте и значај техничке документације. Затим је описан принцип рада *2D CNC* машине за гравирање као и значај појединих компонената на функционалност машине.

У другом поглављу објашњен је значај *CAD/CAM* софтвера и описани су основни режими програма *SolidWorks*, модула *Part*, *Assembly* и *Drawing*, објашњена је улога и значај сваког од режима појединачно.

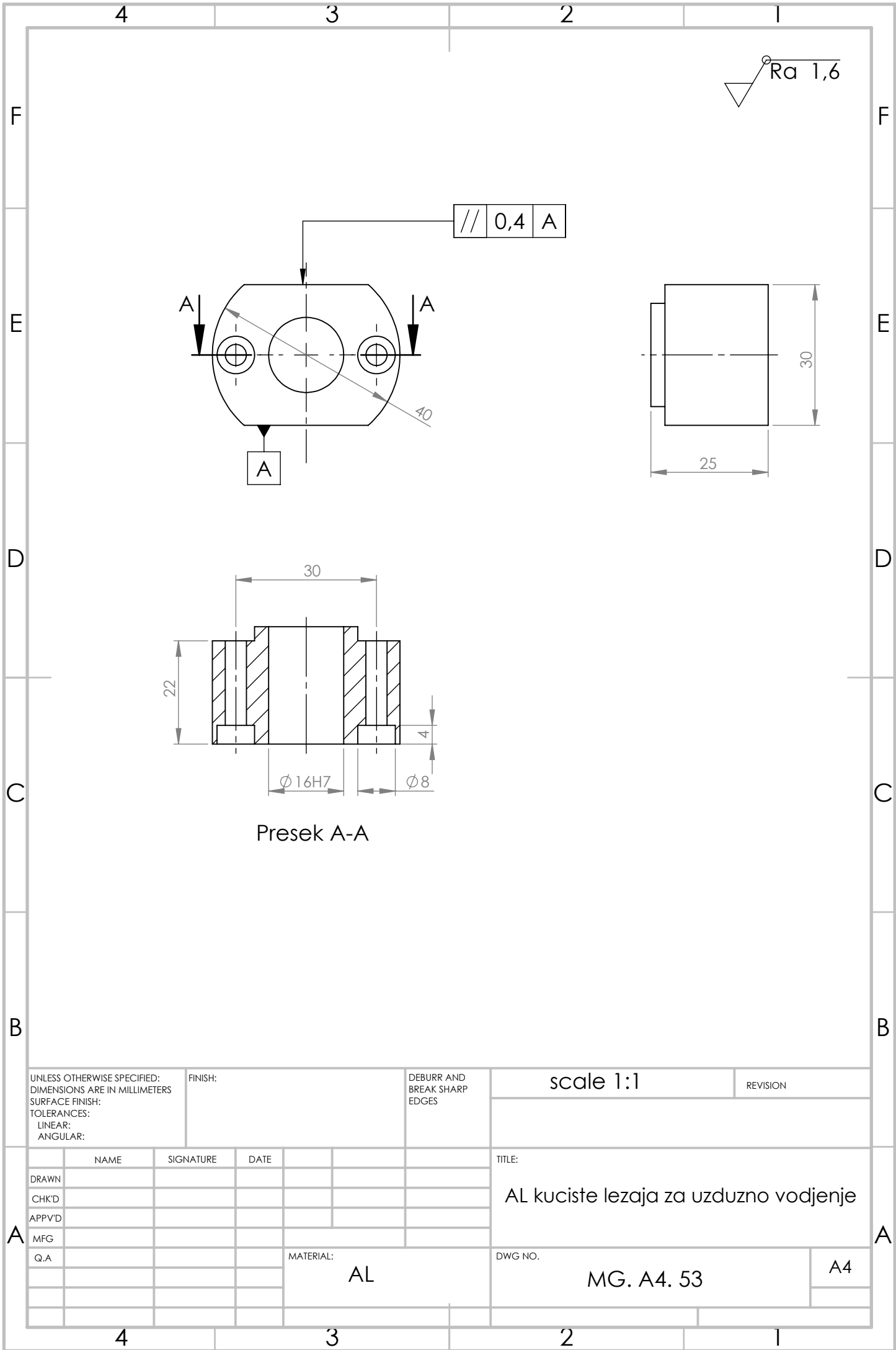
Треће поглавље описује могућности програма *SolidWorks*, како функционише програм, објашњена је улога *features* (елемената) и значај двосмерне повезаности овог софтвера.

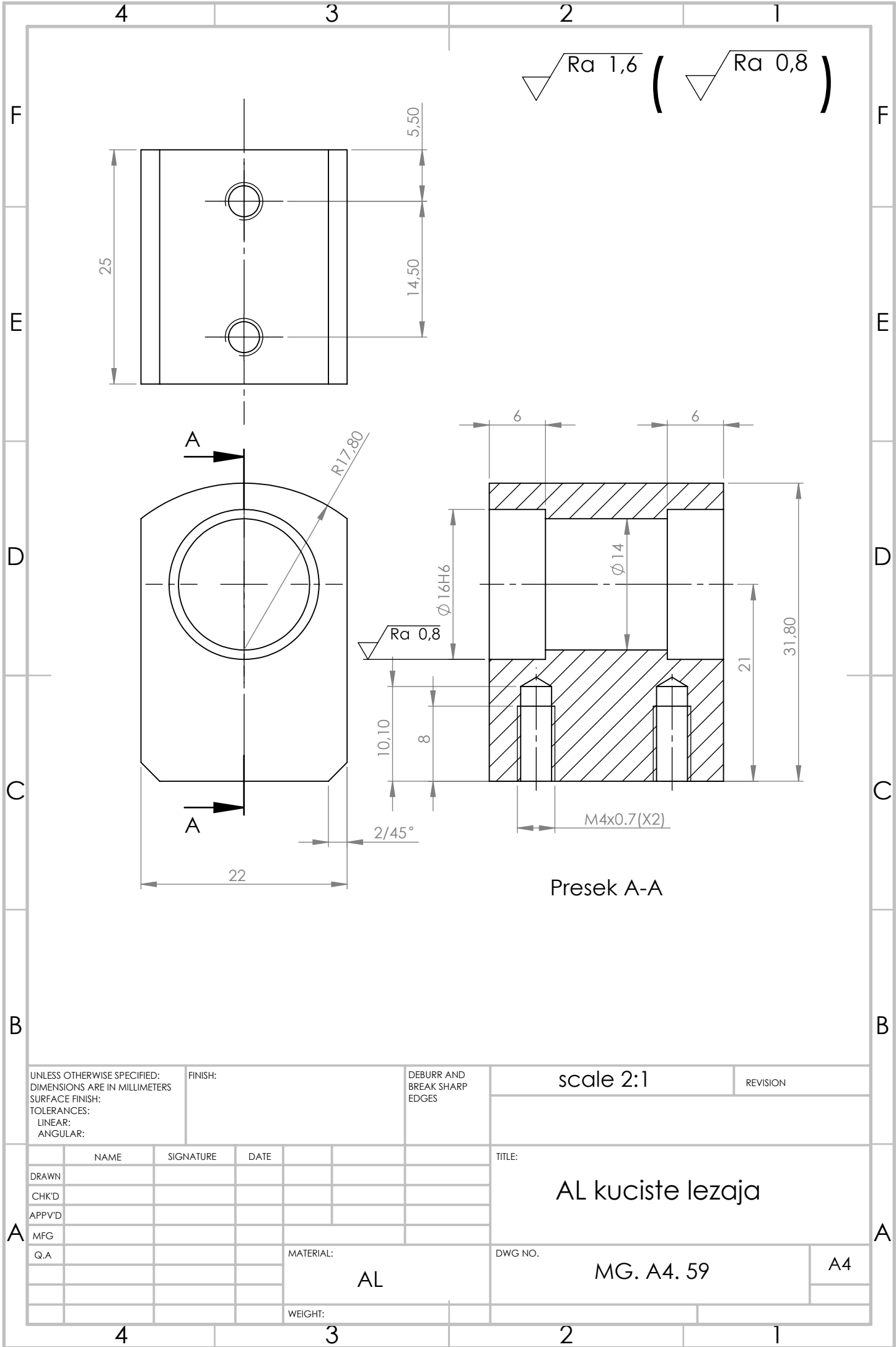
Наредно, четврто поглавље, посвећено је решавању проблема моделирања зупчасте ременице корака 5mm, као и генерисања конструкционе документације раније направљеног модела у режиму *Drawing*.

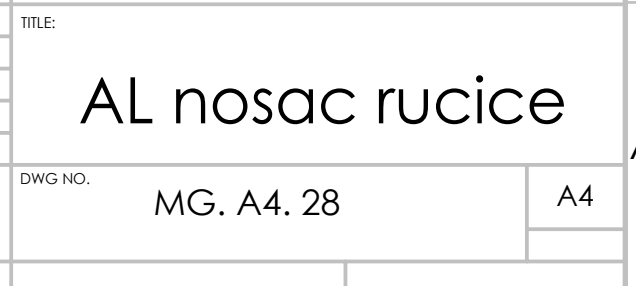
Може се закључити да моделирање *2D CNC* машине за гравирање поједностављује саму израду делова потребних за машину генерисањем *G code* који програм пружа за израду делова на *CNC* машинама, што значајно олакшава процес израде машине. Аутоматизовано креирање ортогоналних пројекција, аксонометријских приказа, пуних и делимичних пресека, додатних погледа и детаља омогућава да се од *3D* модела ефикасно добије документација која ће се користити у процесу израде.

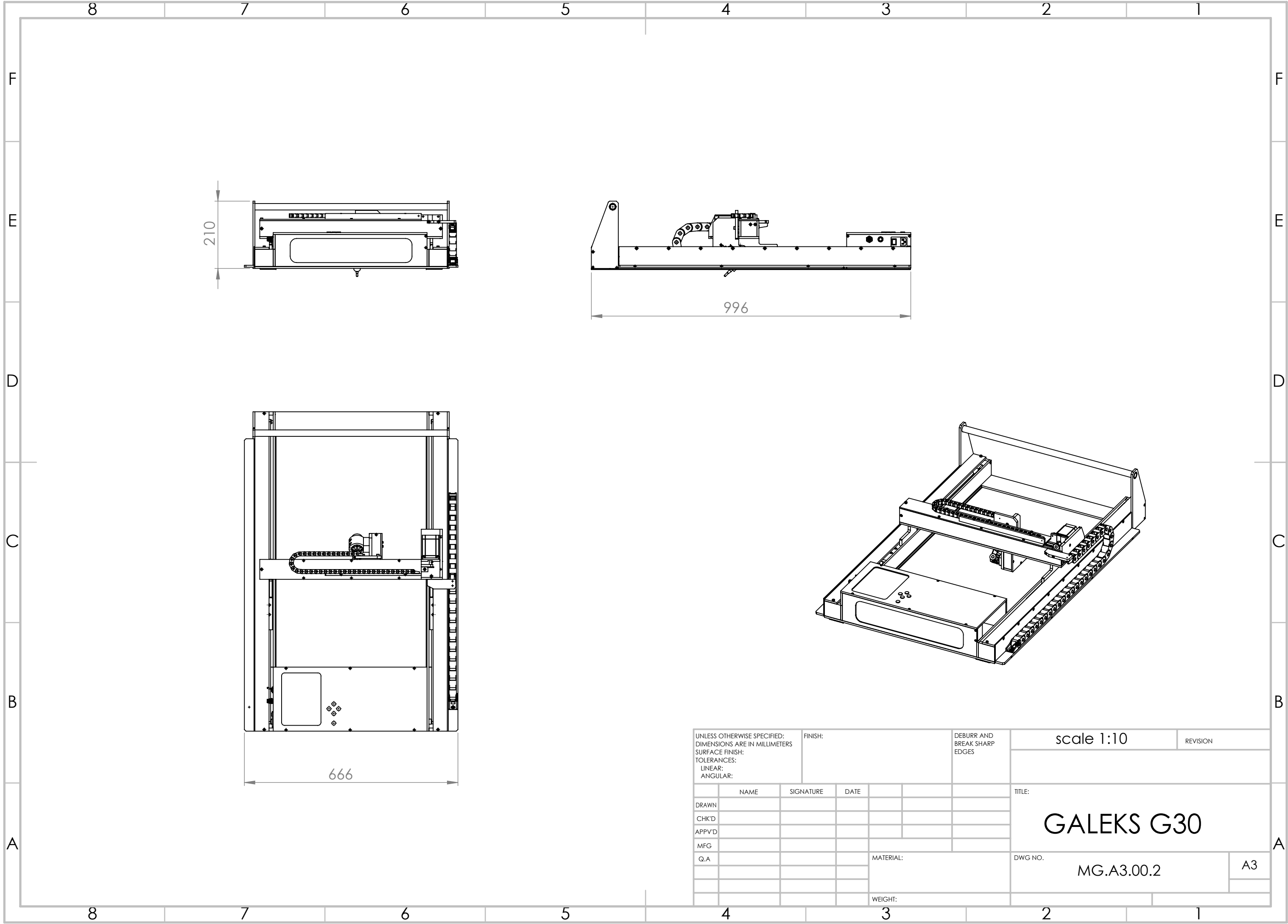
6.0 ЛИТЕРАТУРА

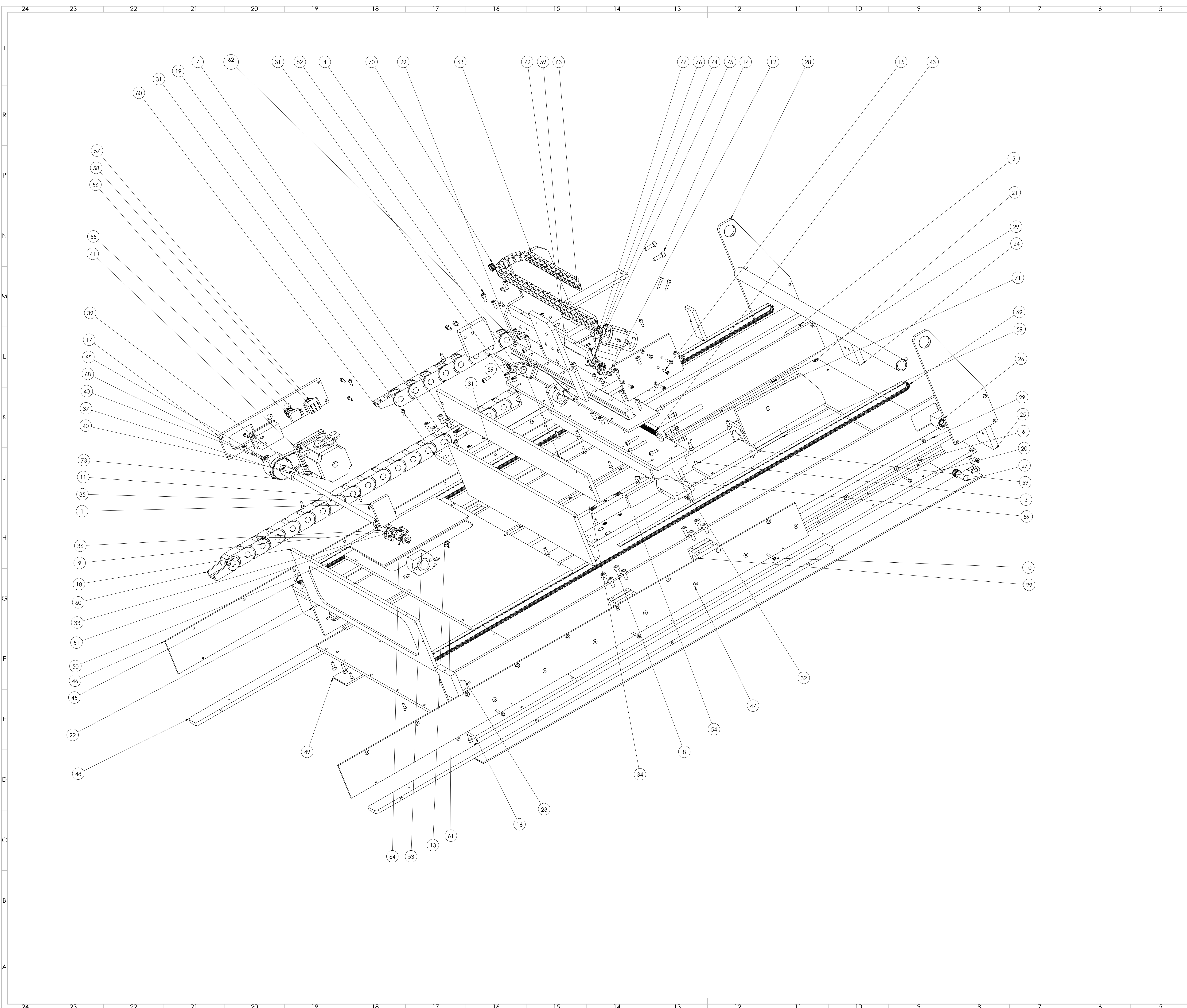
1. Зоран Милојевић, Милан Рацков, Синиша Кузмановић, Иван Кнежевић, Слободан Навалушић, Лозица Ивановић, Мирослав Вереш, Биљана Марковић, Израда конструкционе документације, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, 2015, ISBN 978-86-499-0198-8
2. 7. <http://vojo.milanovic.org/parport/parport-12.htm>, приступљено 04.06.2018
3. Sham Tickoo, Purdue University Calumet, USA, CAD/CIM Technologies, USA, ISBN 1-932709-13-4
4. Блажа Стојановић, Мирко Благојевић, Механички преносници, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац, 2015, ISBN 978-86-6335-018-2
5. Петар Никшић, Мирослав Лучић, Збирка задатака из компјутерске графике, Висока школа техничких струковних студија Чачак, Чачак, 2013, ISBN 978-86-86139-71-9
6. Ивановић, Л., Ерић, М., Техничко цртање са компјутерском графиком - практикум, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011, ISBN 978-86-86663-76-4
7. Светислав Јовичић, Ненад Маријановић, Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, CAD lab, 2011.







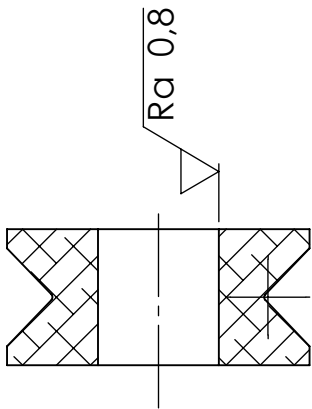
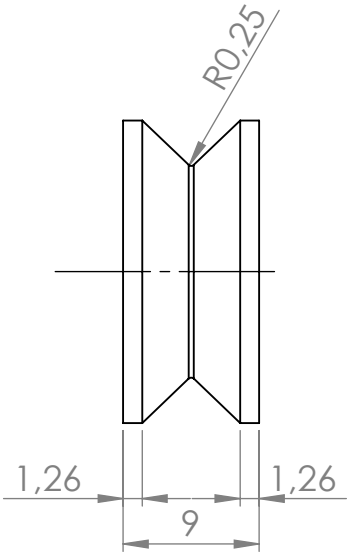
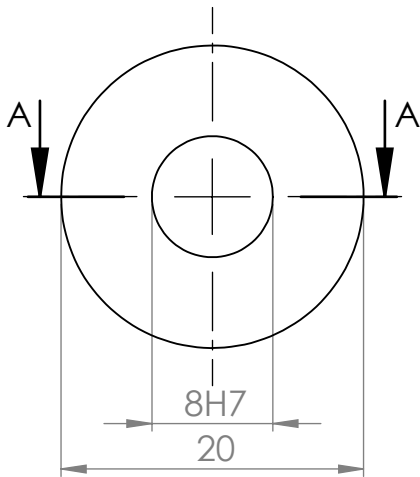




ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	AL celvrtka		1
2	EN ISO 4762 M3 x 10 - 10N		18
3	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N		20
4	EN ISO 4762 M4 x 10 - 10N		24
5	EN ISO 4762 M3 x 20 - 18N		2
6	EN ISO 4762 M4 x 8 - 8N		40
7	EN ISO 4762 M5 x 10 - 10N		8
8	EN ISO 4762 M5 x 12 - 12N		10
9	EN ISO 4762 M4 x 20 - 20N		4
10	EN ISO 4762 M3 x 25 - 18N		8
11	EN ISO 4762 M3 x 8 - 8N		6
12	EN ISO 4762 M3 x 5 - 5N		1
13	EN ISO 4762 M3 x 6 - 6N		1
14	EN ISO 4762 M5 x 16 - 16N		2
15	EN ISO 4762 M3 x 16 - 16N		2
16	AL donja ploca		1
17	Ploca prekidaca		1
18	AL ploca za olaksanjem		1
19	AL ploca za olaksanjem leva		1
20	Ploca rama kraca		2
21	Ploca rama duza		1
22	Vertikalna ploca rama		1
23	Traverza		1
24	Cetrtka desna AL		1
25	celvrtka za vezu remenice		1
26	Kuciste lezaja		2
27	Osovinica kraca		3
28	AL nosac rucice		1
29	Linearno vodjenje		2
30	Linearna sina		2
31	Ploca spanera		1
32	Osnova mosta		1
33	Osovinica sa sredisnjim gnezdom		2
34	Spaner za uzduzno vodjenje		2
35	Puna osovina		1
36	Spajnica		2
37	DIN 913 - M5 x 5-N		4
38	DIN 913 - M4 x 5-N		1
39	Remenica T5 veca		1
40	step motor		1
41	AL poklopac step motora		1
42	Remenica T5 manja		1
43	Obodni prsten 2.5		4
44	DIN 6912 - M4 x 50 --- 19N		2
45	AL poklopac		2
46	AL levi poklopac		1
47	Al desni poklopac		1
48	Nosac cabla duzi		2
49	guma duza		2
50	Poklopac AL		1
51	Ekran		1
52	Osovinica dijamanta		4
53	Al kuciste lezaja za uzduzno vodjenje		1
54	Ploca za kolica leva		1
55	Potenciometer		1
56	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M8 - N		1
57	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M12 - N		1
58	Glavni prekidac		1
59	Al kuciste lezaja		1
60	SLEP kabal duzi		1
61	DIN 6903-A3.3		2
62	Al nosacc dijamanta		1
63	SLEP kabal kraci		1
64	Odstojnik 9.88mm		2
65	Podloska 2mm AL		2
66	Part2*EXPLODE VEW		1
67	Part3*EXPLODE VEW		1
68	Remenica T2.5		4
69	Kais T2.5 suport		2
70	Remenica T2.5 kraca		2
71	KAIS T2.5 poprecni		1
72	spaner		1
73	Belt6-3*EXPLODE VEW		1
74	DC motor		1
75	Frikciona remenica		1
76	Belt7-6*EXPLODE VEW		1
77	Osovinica za dc motor		1

DRAUGHTSMAN'S PREPARED CHECKED BY: _____ DATE: _____			scale 1:2		REVISION
DRAWN: _____ DATE: _____			TITLE: Galeks CNC mašina		
MATERIAL: _____			WEIGHT: _____		
DIA: _____			MG-A0.00.1		
A0					

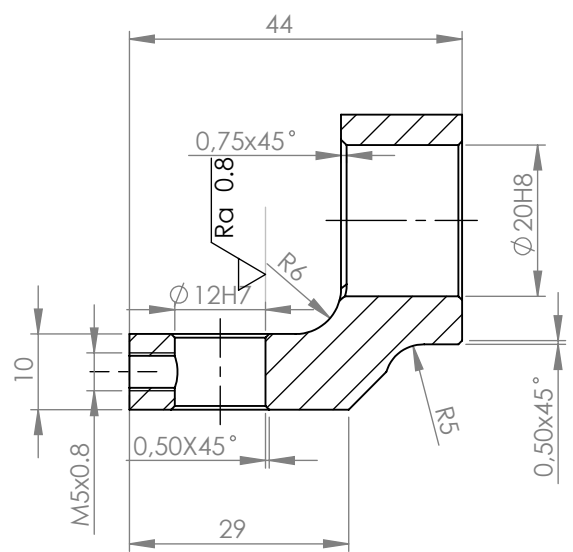
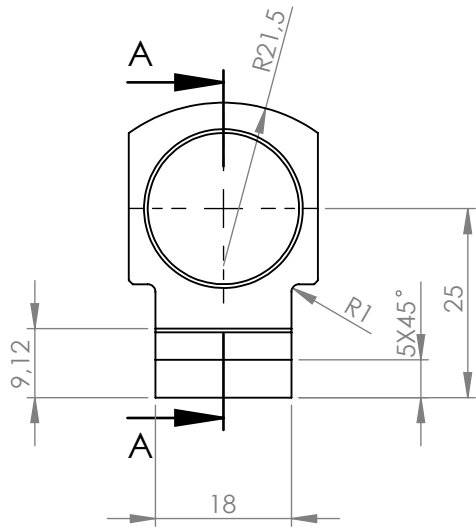
$\sqrt{Ra\ 1,6}$ ($\sqrt{Ra\ 0,8}$)



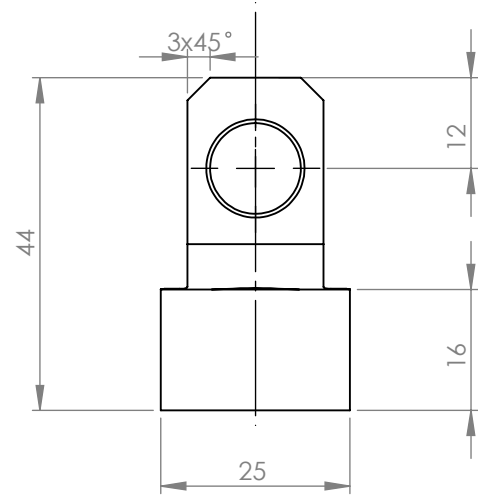
Presek A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		scale 2:1		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:					
DRAWN						Frikciona remenica					
CHK'D											
APPV'D						DWG NO. MG. A4. 75					
MFG											
Q.A						A4					
						MATERIAL: Al					
						WEIGHT:					

$\sqrt{Ra\ 1,6}$ ($\sqrt{Ra\ 0,8}$)



Presek A-A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

scale 1:1

REVISION

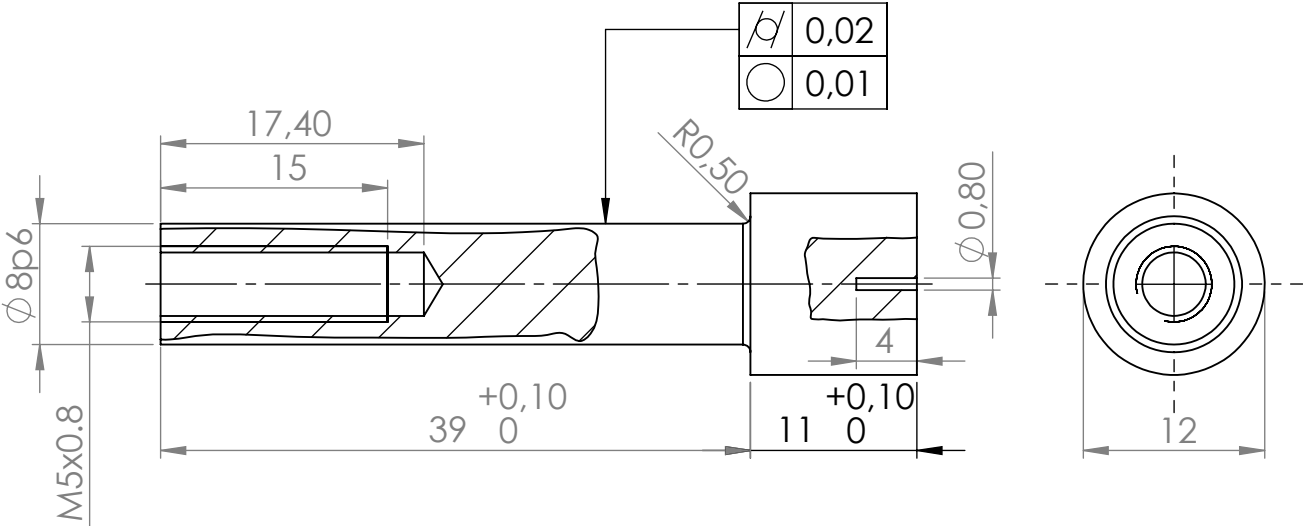
	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:	Al nosac dijamanta
DWG NO.	MG. A4. 62
	A4

MATERIAL:
AL

WEIGHT:

Ra 1,6



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

scale 2:1

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

Osovinica dijamanta

MATERIAL:

AAI

DWG NO.

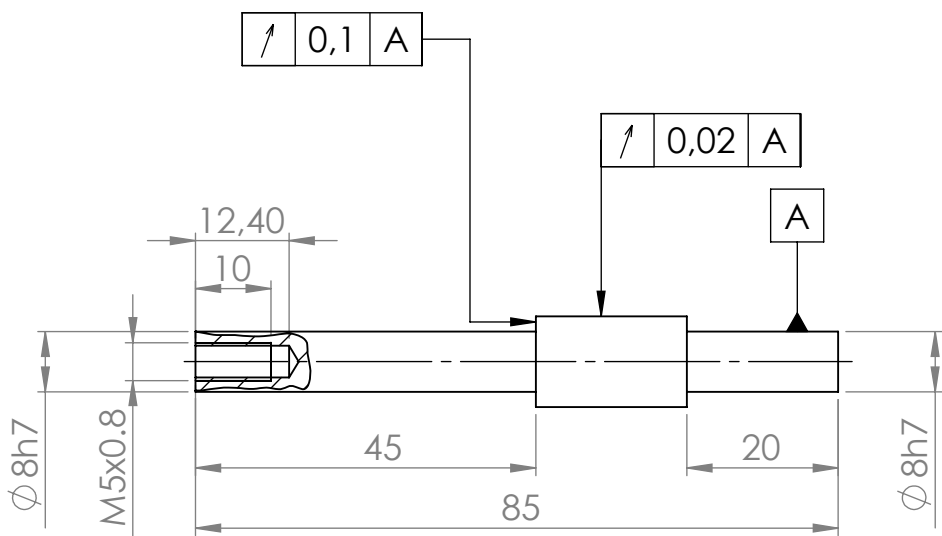
MG. A4. 52

A4

WEIGHT:

SCALE:2:1

Ra 1,6



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

scale 1:1

REVISION

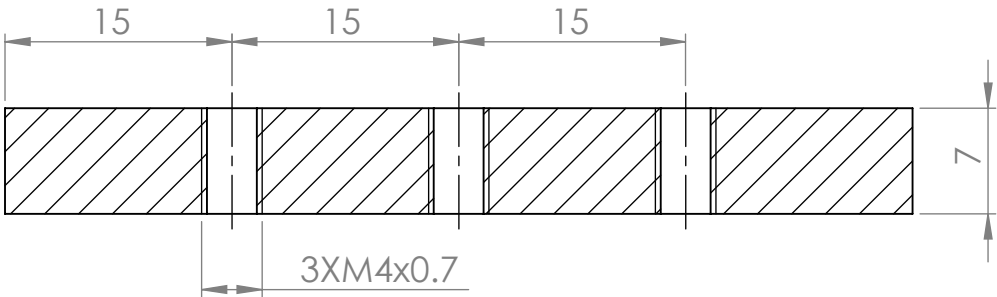
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:	Osovinica sa sredisnjim gnezdom
DWG NO.	MG. A4. 33
	A4

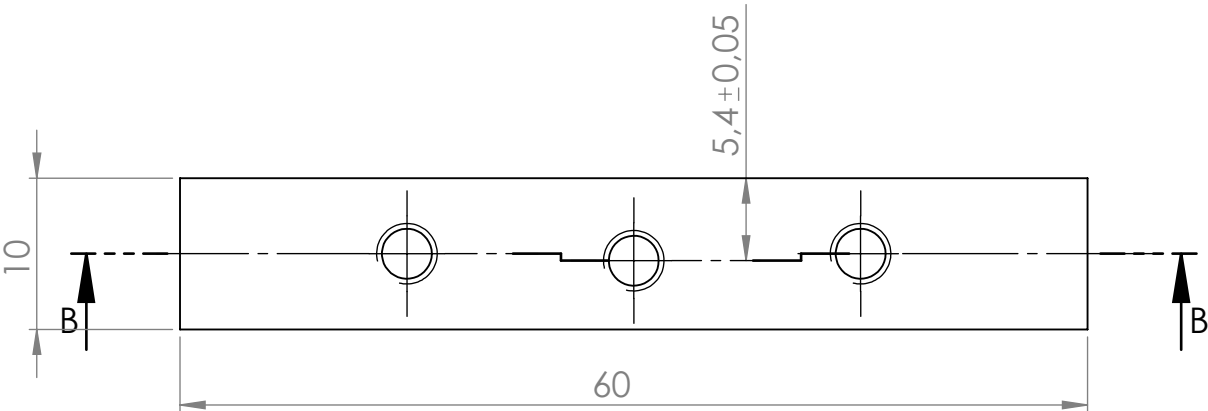
MATERIAL:

Al

Ra 1,6



Presek B-B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

scale 2:1

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

Ploca spanera

DWG NO.

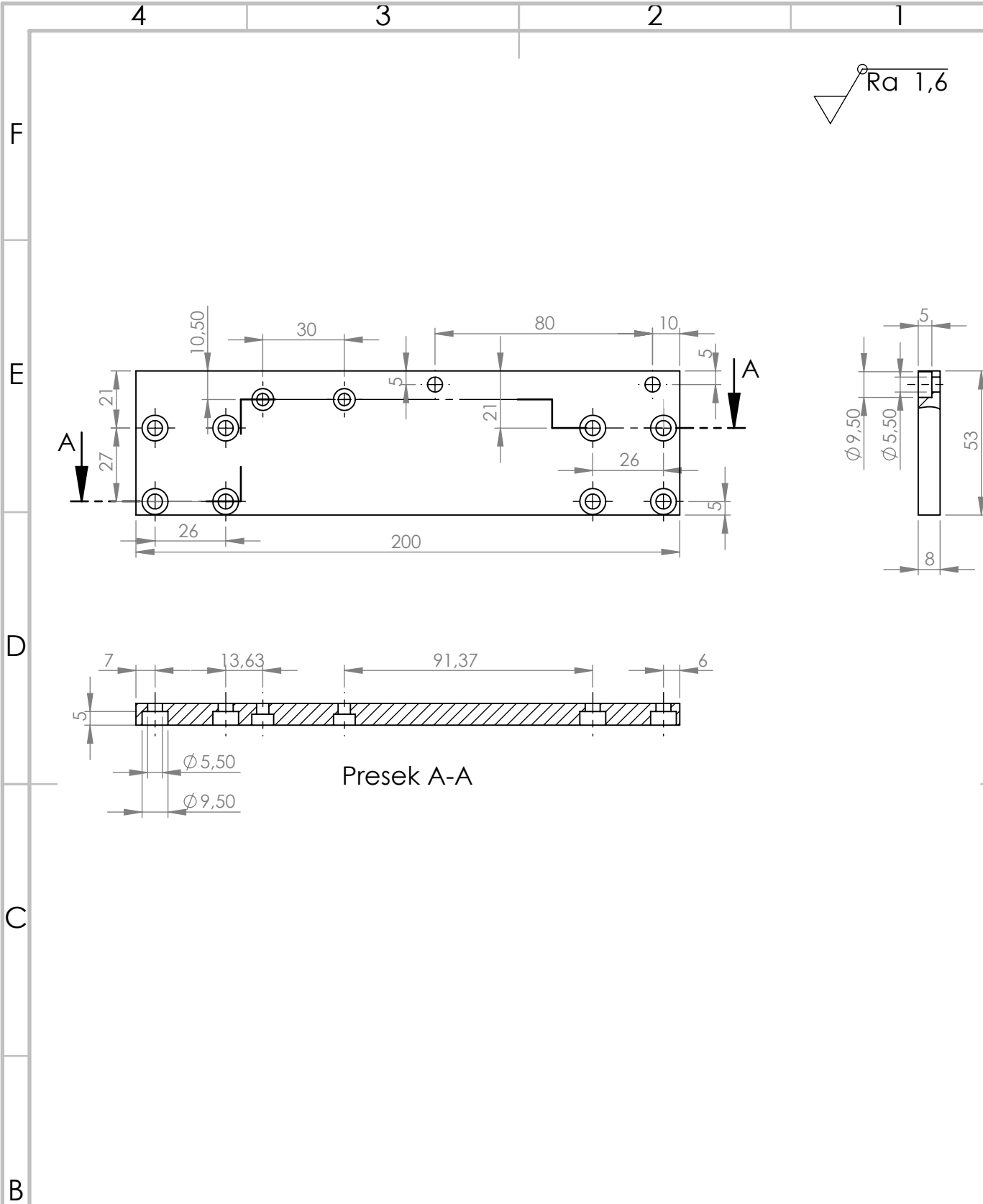
MG. A4. 31

A4

MATERIAL:

Al

WEIGHT:



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

scale 1:2

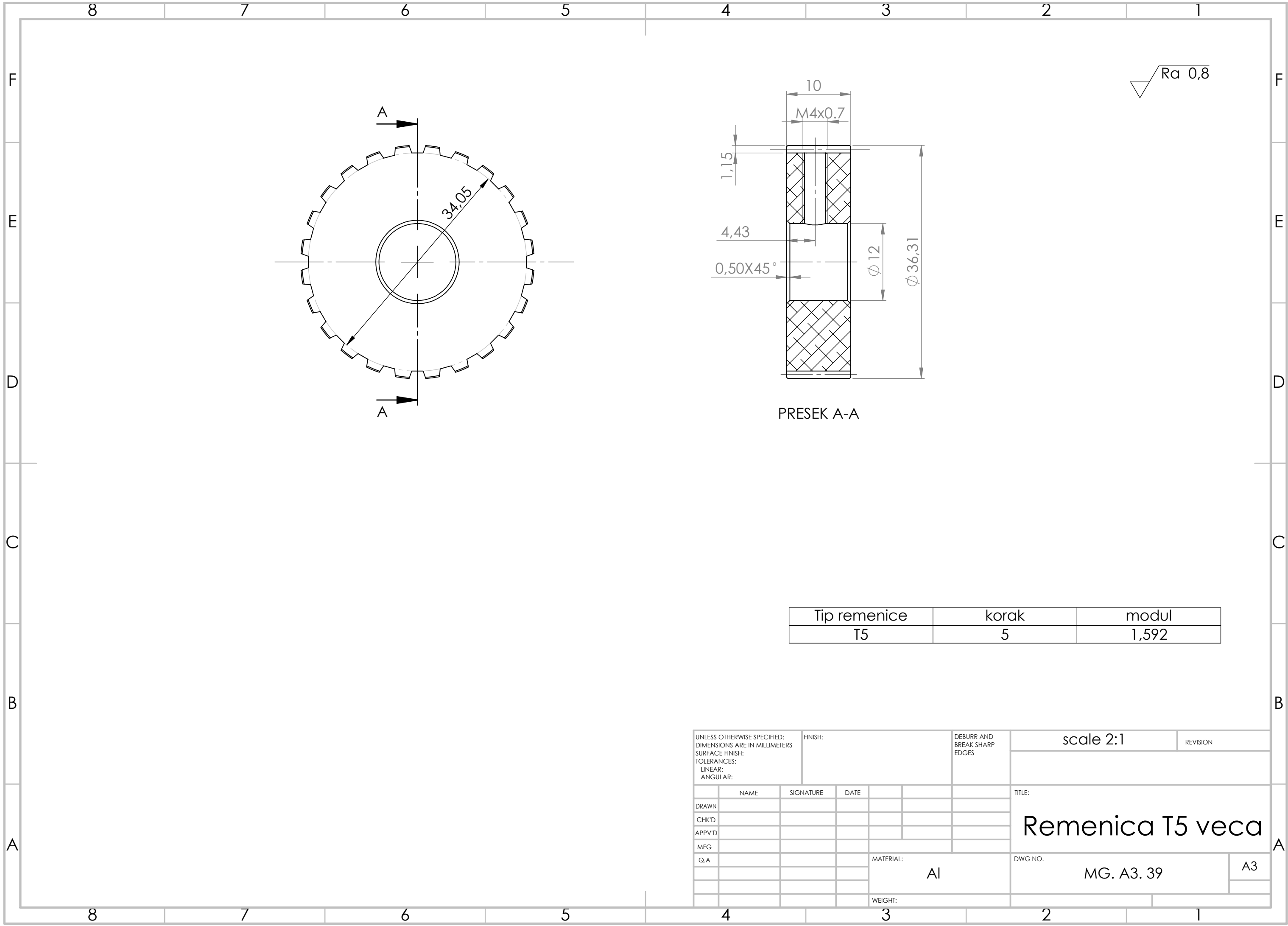
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

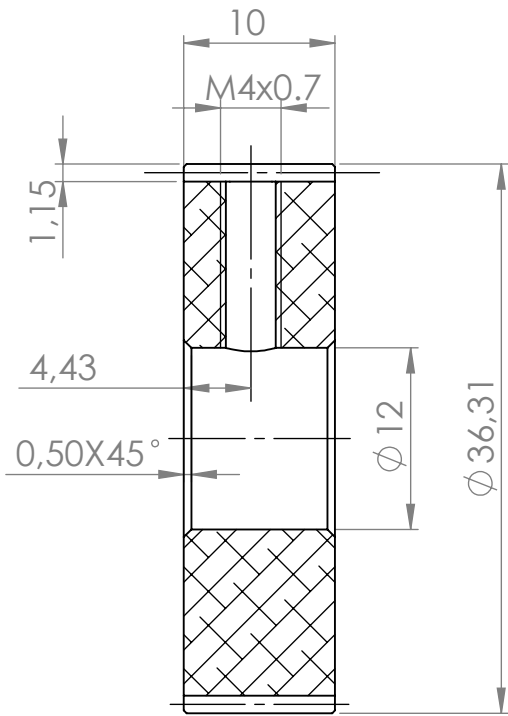
TITLE:	
Ploca za kolica LEVA	
DWG NO.	A4
MG. A4. 54	

MATERIAL:
Al

WEIGHT:



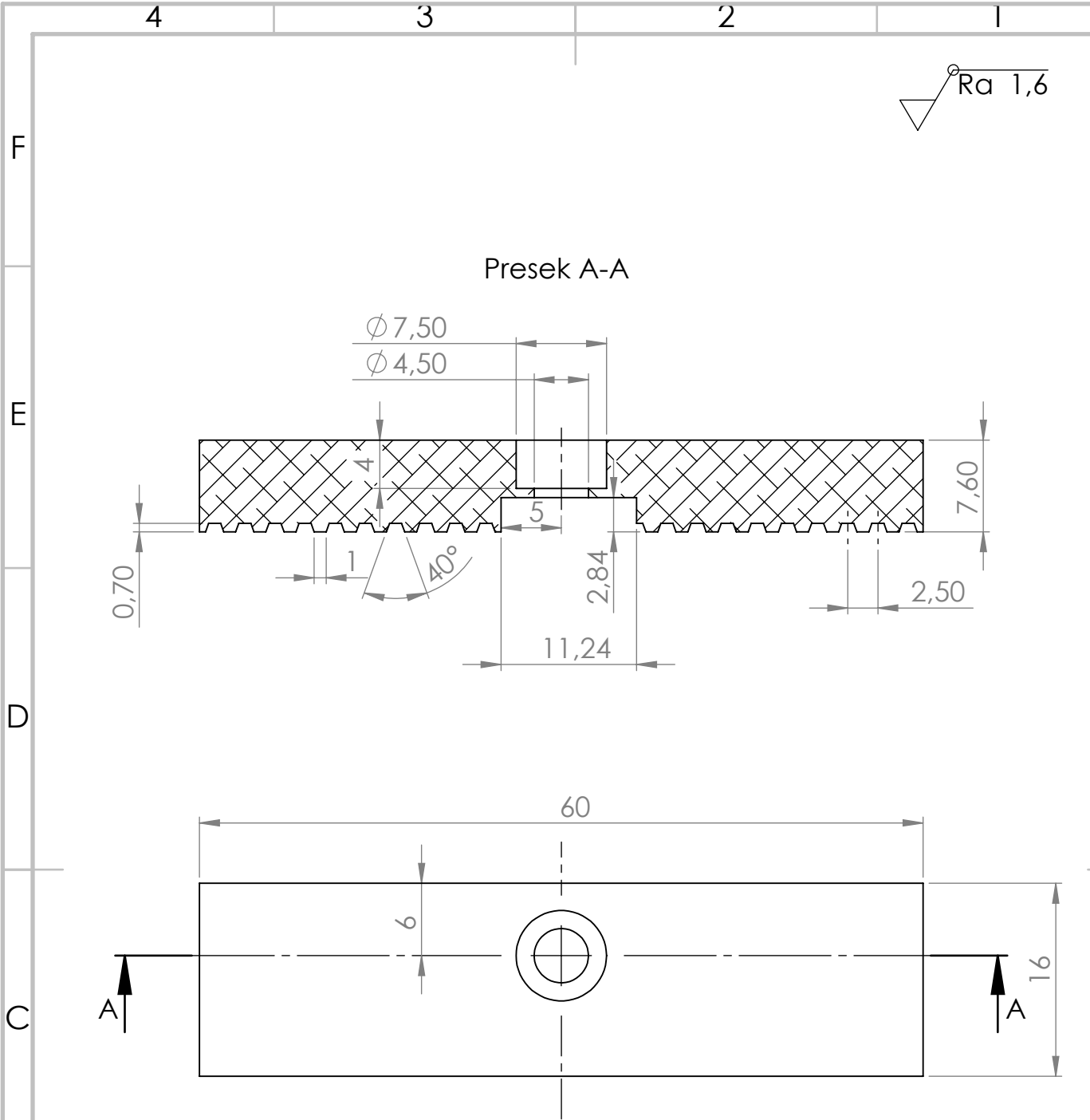
Ra 0,8



PRESEK A-A

Tip remenice	korak	modul
T5	5	1,592

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	scale 2:1		REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:		
CHK'D							Remenica T5 veka		
APPV'D									
MFG									
Q.A									
						MATERIAL:	Al		DWG NO.
									MG. A3. 39
						WEIGHT:			A3



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:						FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		scale 2:1		REVISION			
A		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: Spaner					
	DRAWN														
	CHK'D														
	APPV'D														
	MFG									DWG NO. MG. A4. 72 A4					
	Q.A														
								MATERIAL: AL							
								WEIGHT:							
4				3				2				1			

