

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Трибологија машинских система

Број индекса: 400/2015

Никола В. Костић

**Модификација вођице за позиционирање тачака
на алатима са мануелним клештима**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Блажа Стојановић ван. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да изврши модификацију вођице за позиционирање тачака на алатима са мануелним клештима. Кандидат такође треба да опише и примени савремене алате за препознавање и идентификацију ушених проблема. Поред тога потребно је навести који су основни, тј. главни механизам хабања вођице. На крају рада кандидат треба да прикаже комплетан поступак модификације вођице кроз одговарајућу техничку документацију.

Препоручена литература:

- [1] Јеремић, Б., Тодоровић, П., Мачужић, И., Ђапан, М., Милошевић, Раденковић, М., Вучковић, Ђ. (2013), Основи Леан производње, Крагујевац, Факултет инжењерских наука
- [2] Танасијевић С., Основи трибологије машинских система, научна књига, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 1989.
- [3] Танасијевић С., Триболошки исправно конструисање, монографија, Машинских факултет у Крагујевцу, 2004.

Крагујевац, децембар 2019.

ментор:

Др Блажа Стојановић, ванр. проф.

Резиме

У оквиру рада извршена је анализа оштећења вођице за позиционирање мануелних клешта за тачкасто заваривање. За индентификацију проблема коришћени су различити алати из групе WCM. Помоћу алата који су објашњени у раду индентификован је узрок, као и решење проблема. У раду је представљен и Каизен поступак идентификације и решење проблема. Такође је објашњен и теоријски узрок који доводи до оштећења вођице. У другом делу рада урађен је детаљни поступак модификације вођице у софтверском програму *Catia V5 R21*, па затим и генерисање Г- кода у софтверском програму *EspritCAM*. На крају дати су основни подаци машине која се користила за физичку израду вођице за позивионирање мануелних клешта за тачкасто заваривање, као и *cost benefit* који остварује компанија Фиат помоћу ове модификације.

Кључне речи: хабање, модификација, вођица, кајзен, *catia*

Apstract

As part of the work, an analysis of the damage of the guide for positioning of manual pliers for spot welding was performed. Different tools from the WCM group were used to identify the problem. Using the tools explained in the paper, the cause was identified as well as the solution to the problem. The paper also presents the Kaizen identification procedure and how the problem WAS solved. The theoretical cause that leads to the damage of the driver is also explained. In the second part of the paper, a detailed procedure of the modification of the guide in the software program *Catia V5 R21*, followed by the generation of G-code in the software program *EspritCAM* is made. Finally, the basic data of the machine used to physically manufacture the guide for the positioning of manual pliers for spot welding are given, as well as the cost-benefit to Fiat of this modification.

Key words: wear, modification, guide, kaizen, *catia*

Садржај:

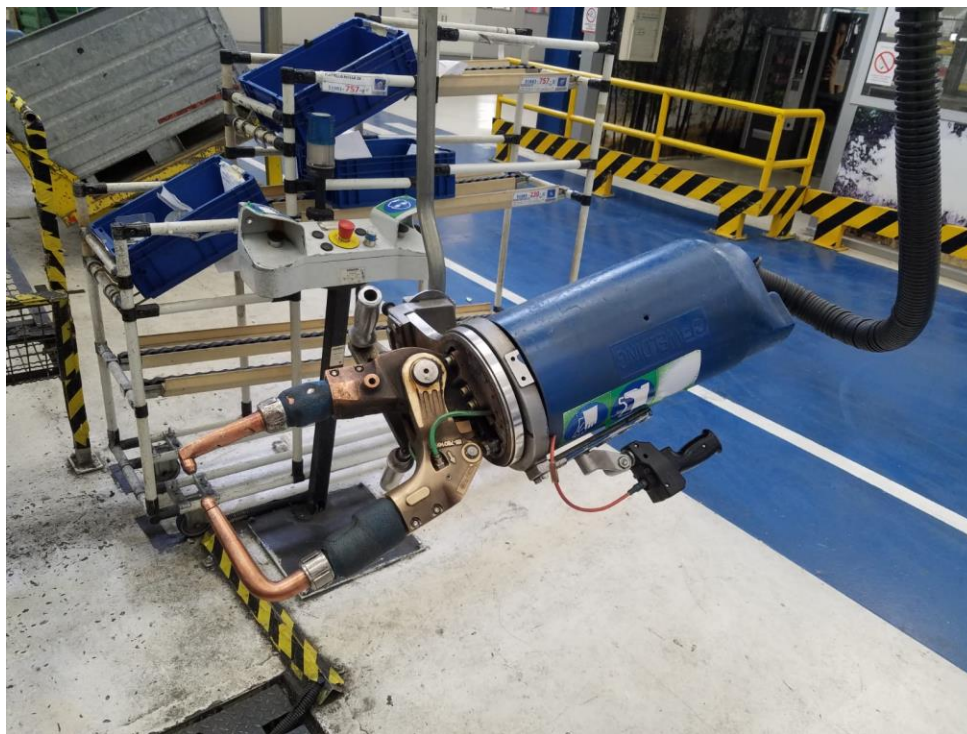
Резиме	4
1. Увод	7
2. Алати за препознавање и идентификацију проблема	9
2.1. Алат <i>5W + 1H</i>	9
2.2. Алат <i>4M</i>	11
2.3. Алат – Стандард Каизен	13
2.4. Стандард Каизен.....	15
3. Најчешћи механизми хабања (вођице)	16
3.1. Механизми трења и хабања.....	17
3.2. Механизми трења при клизању	18
3.3. Фазе почетка релативног клизања два контратела	19
3.4. Врсте хабања.....	19
3.5. Абразивно хабање	20
3.6. Адхезивно хабање	21
3.7. Заморно хабања	22
4. Трибологија у конструисању.....	23
4.1. Системски приступ конструисању	24
4.2. Методе конструисања	25
4.3. Ток процеса конструисања	26
4.4. Конципирање конструкције	27
4.5. Трибомеханички системи (ТМС).....	28
4.6. Триболошке карактеристике трибомеханичких система	30
5. Идентификација и поступак модификације вођице	32
5.1. Идентификација техничке документације оштећене вођице.....	32
5.2. Формирање контрукције.....	33
5.3. Циљ модификације.....	35
5.4. Начин модификације.....	36
5.5. Поступак модификације вођице у софтверском програму <i>Catia V5 R21</i>	40
5.6. Модел и моделирање	40
5.7. Израда техничке документације	53
5.8. Израде NC- кода у софтверском програму <i>EspritCAM</i>	54
6. Израде вођице на Haas CNC глодалици	61

7.	<i>Cost Benefit</i>	62
8.	Закључак.....	63
9.	Литература.....	64

1. Увод

Хабање делова машинских система је један од главних узрока отказа техничких система. У Каросерији (*Body shop*) се користи 156 мануелних клешта (слика 1.) која се користе за тачкасто заваривање компонената шасије возила. Број тачака које се завајају мануелним клештима је 5058. Све заварене тачке на шасији се позиционирају помоћу тзв. вођица. Вођице се израђују од полиамида ПА6 и служе да тачно позиционирају тачку заваривања код сваке компоненте односно на шасији аутомобила.

Заваривање мануелним клештима је процес који се разликује од других процеса за заваривање који се виђају у свакодневном животу. Процес тачкастог заваривања користи топлоту која настаје услед разлике у отпору, те се врши заваривање тачкастим спајањем. Мануелна клешта користе челик високе чврстоће као циљ који треба заварити. Електронски модови за подешавање доводе до тога да се веома лако спроводи процес заваривања. Електронски контролери служе да се подешавања заваривања мануелног типа сведу на минимум, док се програмирање заваривања своди на лакше механичке радње. Ова клешта су веома лака за коришћење иако су мало тежа својом масом, такође представљају најпогоднију опрему за заваривање каросерије када је у питању аутомобилска индустрија.



Слика 1. Изглед мануелних клешта за тачкасто заваривање

Све вођице које се користе у каросерији су одређене стандардом који су прописани унутар компаније. Пројектовање вођица врши развојни центар Фиат компаније који се налази у Торину (Италија). Фиат компанија поседује техничку документацију свих вођица, па се на

основу техничке документације врши поручивање од екстерних компанија које врше израду. Све модификације које се врше на вођицама потребно је послати на верификацију у развојни центар.

Проблем који се јавља код вођица јесте учестано оштећење појединих делова вођица на фреквентним местима. Обзиром да мануелна клешта проводе струју и да су вођице израђене од полиамида ПА 6 долази до хабања и лома вођица. Због учестане употребе одређених вођица (две смене), долази до оштећења (хабања, слика 2.) зида вођице због температуре коју проводе мануелна клешта, а затим и до лома вођица услед оштећења. [1]



Слика 2. Изглед оштећене вођице

У даљем раду биће детаљно описан поступак идентификације проблема, врсте хабања које утичу на оштећење вођице као и поступак модификације вођице на алатима за мануелна клешта.

2. Алати за препознавање и идентификацију проблема

World Class Manufacturing је менаџмент систем за континуално побољшање, у првом реду производно-логистичких процеса и постизање оперативне изврсности. Припада породици Lean- six sigma (LSS) методологија и обједињује најбоље од обе. Повећава брзину и флексибилност процеса елиминацијом некорисних активности. [2-5]

Алати који се користе у *World Class Manufacturing*, могу се поделити у три групе:

1. Алати који служе за дефинисање и детаљно описивање проблема.
2. Алати који омогућавају да се нађе корен узрока проблема.
3. Алати који служе за стандардизовање стечених знања и резултата.

У овом делу биће описани само алати који омогућавају да се идентификује и одреди узрочни настанак проблема. Основни алати су:

1. Алат $5W + 1H$,
2. Алат $4M$.

2.1. Алат $5W + 1H$

Алат $5W + 1H$ представља акроним 6 упитних речи (на енглеском језику) које почињу на слово W (пет речи) односно на слово H (једна реч). $5W + 1H$ је популаран и једноставан алат за описивање проблема.

WHAT (Шта) – Шта је производ / предмет који је погођен проблемом?

Опис проблема. Производи, машине, материјали,... који су погођени проблемом. Питања која треба поставити су следећа:

- Који је производ био на машини?
- Који материјали су били коришћени?

WHEN (Када) – Када се појавио проблем?

Потребно је одредити време односно период када се јавља проблем. Да ли је до проблема дошло у току процеса рада, на почетку рада, у нормалном раду, при стартовању или гашењу машине, подешавању и др. питања која треба поставити су следећа:

- Када се појавио проблем?
- Да ли се проблем јавља у току рада?
- Да ли се проблем јавља на почетку рада?
- Да ли се проблем јавља пре или после смене?

WHERE (Где) – Где је проблем детектован?

Потребно је одредити где се налази проблем у процесу производње или производна линија где је проблем детектован. Питања која треба поставити су следећа:

- Где је уочен проблем (линија, машина, локација)?
- На тачно ком делу је уочен проблем?

WHO (Ко) – Да ли је проблем настао људском грешком?

Људи који могу да узрокују проблем. Њихов однос према, појединцима, тиму и радницима на линији односно целој смени. Да ли се проблем односи на знање и вештине радника. Питања која треба поставити су следећа:

- Да ли је проблем у вези са стручношћу радника?
- Да ли је проблем проузроковано радник:
 - Да ли је само тај оператер видео проблем, а нису видели остали?
 - Да ли су радници једне смене уочили проблем, а нису радници других смена?
 - Да ли су проблем регистровали само инжењери, а нису радници?

WHICH (Који) – Тренд проблема.

Тренд проблема. Да ли се проблем понавља или не? Да ли је у питању случајна појава? Питања која треба поставити су следећа:

- Који тренд појављивања има проблем?
- Да ли се проблем појављује случајно, или има неку тенденцију појављивања?

HOW (Како) – Тренутна ситуација у односу на идеалну ситуацију

Услови у којима се обавља процес производње, односно какав је однос између услова у којима тренутно ради машина према идеалним условима за рад. Питања која треба поставити су следећа:

- Како се променило стање опреме у односу на оптималан рад опреме?
- Колико пута се појављује проблем?

На слици 3. приказан је образац који је формиран на основу коришћења алата *5W + 1H*. Образац садржи основе податке који су уочени код насталог проблема, као и место где је проблем настао:

- Линија,
- Машина,
- Време (датум када је настао проблем),
- Узроци настанка проблема.

Linija: _____
 Mašina: _____
 Datum: _____

ANALIZA 5W & 1H - OBRAZAC

INICIJALNI DOGAĐAJ (OPIŠI SKICA - ako može)		
ŠTA	Kako se događaj manifestuje? Šta se od proizvoda, mašina, materijala koristilo? Koja veličina?	
KADA	Kada se događaj pojavio? U kojem delu operacije: startovanje, gašenje, u procesu rada ili u remontovanju?	
GDE	Gde ste videli događaj? Gde ste na mašini ili materijalu primetili događaj?	
KO	Na koga utiče događaj? Na sve? Ili je to događaj koji se odnosi na individualce ili timove? (Ako je tako koje informacije oni mogu da nam daju) Da li je događaj povezan sa stručnošću?	
KOJI	Koji je trend pojavljivanja događaja? Npr. Da li se najčešće pojavljuje poneđeljom ujutru ili prilikom smena ili promena? Da li je slučajne prirode? NAPOMENA: NAJČEŠĆE NISU SLUČAJNE PRIRODE	
KAKO	Kako se menja stanje opreme u odnosu na optimalno? Koliko puta se problem pojavljuje?	
PONOVI OPIS DOGAĐAJA		

Слика 3. Анализа 5W + 1H – образац [1]

2.2. Алат 4М

Уз помоћ алата 4М анализирају се и објашњавају односи између проблема и његових потенцијалних узрока, класифицирајући их у 4 основне области (МАШИНА, МАТЕРИЈАЛ, МЕТОДА, ЧОВЕК). Ово је алат који се користи за анализу проблема правећи листу могућих фактора који утичу на настајање проблема и затим их разврстава у категорије. [5,6]

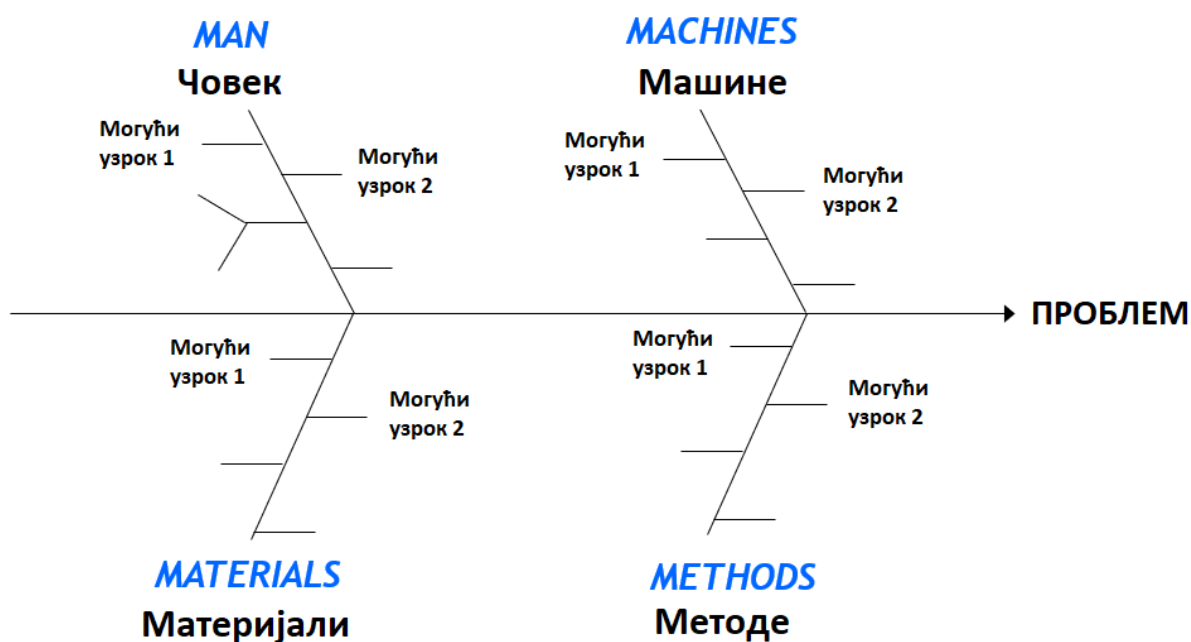
Најчешће употребљавана 4М техника је она коју је развио Ишикава (*Ishikawa*, дијаграм рибља кост). Да би класификовао узроке проблема, Ишикава (*Ishikawa*) предлаже 4М као генерални метод:

Метода – Материјал – Човек – Машине

4М техника је алат који потпомаже окупљање више радних тимова и може се користити у свим фазама PDCA (*plan-do-check-adjust*) циклуса:

- у дијагностичкој фази, да генерише могуће теорије у погледу узрока проблема,
- у фази доношења одлука, да генерише могућа решења и да процени ризик тих решења,
- у фази планирања, да предвиди потенцијалне проблеме.

На слици 4. приказан је Ишикава (*Ishikawa*) дијаграм. Ишикава (*Ishikawa*) дијаграм је алат који се користи за разматрање и приказивање односа између дате последице и њених потенцијалних узрока. Дијаграм узрока и последица се користи за: анализу односа узрока и последица, повезивање односа узрока, последица и олакшавање решавања проблема од настанка узрока до решења.



Слика 4. 4М – Ишикава (*Ishikawa*) дијаграм [1]

Ишикава (*Ishikawa*) дијаграм је алат који је пронашао *Kaoro Ishikawa* који се, због свог изгледа назива дијаграм рибље кости. Циљ алата, односно методе је да систематизује знање и да омогући узрочно-последичну анализу (слика 4.). У даљем тексту биће објашњен сваки сегмент Ишикава (*Ishikawa*) дијаграм.

Човек

- Да ли радници раде према прописаном стандарду користе мануелна клешта?
- Да ли су радници свесни проблема?
- Да ли су радници добро обучени за коришћење мануелних клешта?

Машине (и алати)

- Да ли мануелна клешта и алати раде у складу са стандардима операције?
- Да ли су поступци прегледани према плану контроле?
- Да ли је ниво рада одговарајући за мануелна клешта или алат?

Материјали

- Да ли су коришћени прописани материјали за израду вођица?
- Да ли материјали одговарају техничким захтевима вођица?
- Да ли снабдевач ради у складу са стандардима производње вођице који су прописани развојном центру?

Методe

- Да ли су упутства за рад јасна, комплетна и редовно ажурирана?
- Да ли постоји методологија „доказа грешке“?
- Да ли услови околине (температура, осветљење, чистоћа, безбедност) дозвољавају раднику да ради несметано ? [3,4]

2.3. Алат – Стандард Каизен

Каизен је јапанска филозофија која се фокусира на континуално побољшавање не само у привреди већ и у реалном животу. Реч каизен потиче од две Јапанске речи „каи“ што значи промена и реч „зен“ што значи увидети или стећи мудрост.

Каизен се фокусира на елиминисање штетних активности у току пословања, како би применили Каизен алате мора се: почети од чињеница, имплементацији привремених решења, нађених корака узрока, провером решења која су пронађена и на самом крају стандардизовање поступка и проширење побољшања на целу фабрику.

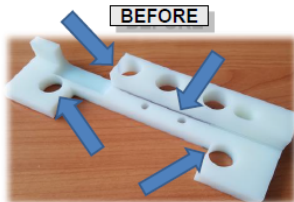
На слици 5. приказан је стандардизован образац Стандард Каизен-а који се користи за представљање анализе узрока проблема, начина решавања проблема, као и насталог бенифита на основу добијених резултата. У самом Стандард Каизену су јасно представљени алати коју си детаљно описани у претходном поглављу. [7,8]

FAPS		STANDARDNI KAIZEN / PDCA (Hronični problemi)				Grupa / UTE			
Fabrika:						Mašina:			
Proizvodna Jedinica:						Projekat Broj:			
Tema:								Mesto troška:	
Kate gorište:	☐ S(Sigurnost na radu) ☐ OC(Kontrola kvaliteta) ☐ EBN(Izno upravljanje opremom)	☐ WD(Organizacija radnih mesta) ☐ L(Logistika)	☐ AN(Automatizacija) ☐ PO(Upravljanje ljudima)	☐ PH(Profesionalno odzivanje) ☐ S(Strategija)					
PLAN Opis 5W+1H KRATAK OPIS PROBLEMA KOJI SU GUBICI ZBOG PROBLEMA SKICA / fotografija problema SKICA PROBLEMA		Koren uzroka NAĆI KOREN UZORKA 4M RAZMOTRITI REŠENJA Postavljanje ciljeva POSTAVITI CILJEVE		Kontramere DATI KONTRAMERE Plan aktivnosti DATI PLAN AKTIVNOSTI		DO / URADI			
Standardizacija DA LI SU POTREBNE DRUGE AKCIJE ZA ODRŽIVOST REŠENJA DA LI REŠENJE MOŽE NAĆI PRIMENU U DRUGIM ZONAMA		ACT/PRIMENI		Rezultati / Verifikacija PRAĆENJE REZULTATA		CHECK / PROVERI			
Autor poboljšanja Datum Izvršilac Datum realizacije				Troškovi Ušteda Rezultati B/C Verifikacija					

Слика 5. Темплејт и опис Стандард Каизена [1]

2.4. Стандард Каизен

Стандард Каизен одрађен на основу података који су прикупљени приликом испитивања и побољшавања производног процеса вођица. Детаљно упуство о попуњавању документа Стандард Каизен дат је на слици 5.

STANDARD KAIZEN / PDCA				Grupa / UTE	Maintenance engineering
Shop: Body Shop				Machine:	Guide
				Number of project :	12/2018
Modifikacija vodice za pozicioniranje tačaka na alatima za manuelno zavarivanje					
Kategorija:	SC	☐ S(Sigurnost na radu) ☐ CC(Kontrola kvaliteta) ☐ EM(Rano upravljanje opremom)	☐ MO(Organizacija radnih mesta) ☐ L(Logistika)	☐ ME(Autonomno održavanje) ☒ OK(Upravljanje ljudima)	☒ PE(Profesionalno održavanje) ☐ E(Biologija)
PLAN		DO			
Opis - 5W + 1H analysis 1. What: Vodica za pozicioniranje tačaka na alatima za manuelno zavarivanje, materijal Poliamid PA6 2. Where: Na alatu za pozicioniranje dela, linija TCZ, operacija 10 DX 3. When: Svakih dve nedelje od dana postavljanja nove vodice. 4. Who: Operater na manuelnoj stanici ima uticaj na anomaliju, kao i kvalitet vodice. 5. Which: Anomalija se javlja hronično. 6. How: Prilikom izvođenja operacije, operater manuelnim kleštima udari u vodicu, takođe i prilikom spajanja limova tačkastim zavarivanjem dolazi do oslabljavanja toplote koja utiče na oštećenje vodice.		Opis: Prilikom oštećenja vodice dolazi do loše pozicije tačke a samim tim se dovodi u pitanje i kvalitet zavarenog spoja. Planovi aktivnosti: 1. Analiza slobodnog prostora na alatu 2. Skiciranje modifikovane vodice 3. Izrada 3D modela (Catia) 4. Izrada tehničke dokumentacije 5. Izrada prototipa na 3D printeru BlueTek 6. Postavljanje i provera pozicije tačaka zavarivanja - (prototip) 7. Izrada G-code za CNC mašinu 8. Izrada modifikovane vodice na CNC mašinu 9. Postavljanje vodice			
 BEFORE Napomena: Oslabljeni zidovi na novim vodicama.		  Postavljeni ciljevi 1. Povećanje debljine zidova vodice zbog životnog veka. 2. Smanjenje troškova nabavke (komada) radni sat radnika održavanja (zamena vodice), cena radnog sata.			
ACT/ PRIMENA		CHECK/ PROVERA			
Ovu aktivnost (analizu i modifikaciju) primeniti na svim frekventnim vodicama na alatima za poziciju tačaka za spajanje dva ili više lima zavarivanjem manuelnim kleštima.		Proverom je utvrđeno da modifikovana vodica ima duži radni vek u odnosu na vodicu pre modifikacije i u potpunosti garantuje idealnu poziciju tačka zavarenog spoja. Izvršenom modifikacijom smanjili smo frekvenciju zamene vodice sa dve nedelje na šest nedelja.			
* Poslovna politika FCA group ne dozvoljava javno iznosenje cost benefit. Dovoljno je reći da bi se kroz godinu dana isplatila kupovina nove CNC mašine i u sledećoj godini bi bio ostvaren totalni benefit.					
Authors of improvement:	Date:	Realised by:	Date:	Cost:	Benefit:
Nikola Kostic Maggio 2007	10.12.2018.	Nikola Kostic	10.12.2018.		
		03 P1 Standard Kaizen Rev0.xls			
				Result:	B/C
					Verification:
					Uso Interno 11

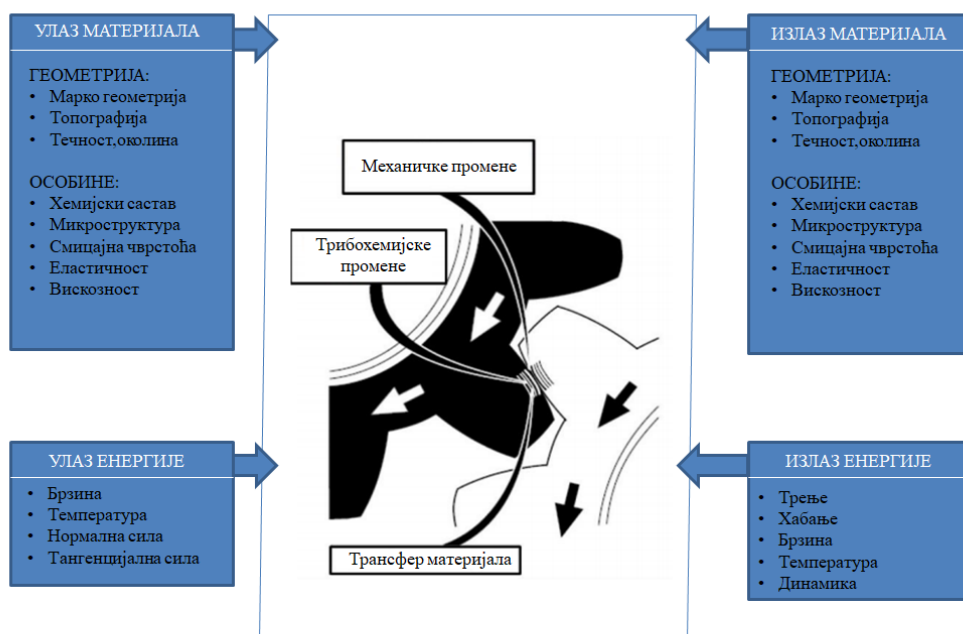
Слика 6. Стандард Каизен [1]

3. Најчешћи механизми хабања (вођице)

Један од главних проблема модерне индустрије представља хабање машинских елемената при контакту са другим елементима у машинама и уређајима. Дуг временски период улажу се велики напори како би се ефекти трења и хабања смањили на најмању могућу меру. [9,10]

Триболошки процеси одвијају се при међусобном кретању две површине при чему зависно од улазних параметра настају физичке и хемијске промене на тој површини. Током времена триболошки процеси доводе до промене у геометрији, саставу материјала и енергетским излазним параметрима: трење, хабање, брзина, температура и динамичко понашање.

У улазне податке убрајају се геометрија контакта, особине материјала (хемијски састав, структура елемената у контакту, параметри околине, радне карактеристике (нормално оптерећење, брзина, тангенцијална сила, температура), слика 7.



Слика 7. Промена у триболошком процесу [11]

У трибологији се срећемо са феноменима трења и хабања. Трење представља тангенцијални отпор релативном кретању два тела која су у међусобном контакту. Хабање је дефинисано као прогресиван губитак или добитак супстанце на површини хабања која се дешава као последица релативног кретања површина. Трење и хабање су резултат триболошких процеса који се одвијају у контакту два тела.

3.1. Механизми трења и хабања

Триболошки процеси су веома сложени и обухватају различите видове трења, хабања и деформације на различитим нивоима (макро, микро). Како би се оптимизовале особине површина у контакту, потребно је систематско разумевање механизма који се јављају у трибо-контакту. Познавање триболошког процеса од суштинског је значаја при избору материјала, врсте површинског третмана и врсте превлаке.

Макромеханички триболошки механизми описују феномене трења и хабања узимањем у обзир:

- распоред напона и деформације у целој зони контакта,
- резултујуће еластичне и пластичне деформације,
- динамику формирања честица.

Када се две површине налазе у контакту, а при томе је једна или су обе површине са превлакама, триболошко понашање одређено је са четири параметра:

1. тврдоћа превлаке,
2. дебљина превлаке,
3. храпавост површине,
4. величина и тврдоћа (отпадака) у контакту.

У зависности од односа ових параметара могу се дефинисати различити механизми трења и различити механизми хабања.

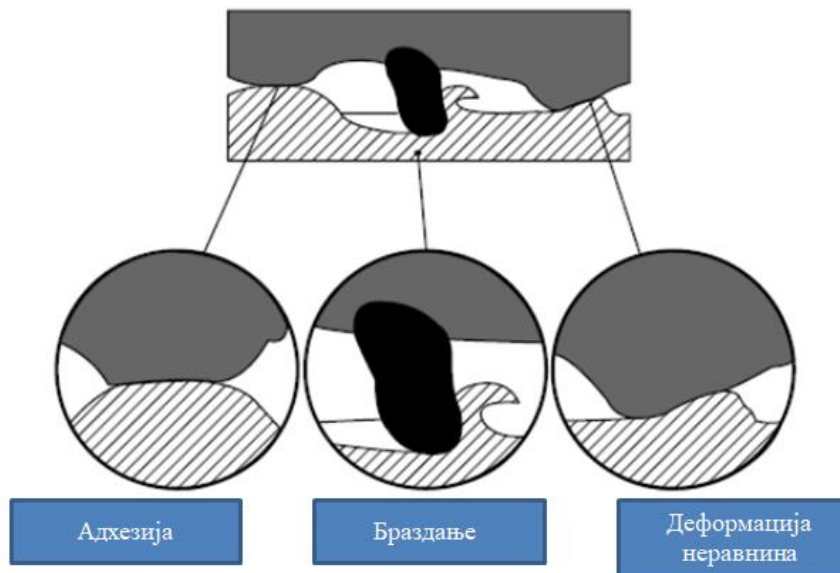
Порекло феномена трења и хабања на макро нивоу одређују механизми који делују на микро нивоу. Микромеханички триболошки механизми описују феномене трења и хабања узимањем у обзир:

- напона и деформација на нивоу неравнина,
- стварање и ширења пукотина,
- одвајање материјала који се јављају на нивоу неравнина површине.

При триболошком контакту, две површине могу да се крећу једна у односу на другу клизањем, котрљањем и ударним кретањем. Интеракција између површина у контакту и настале промене у материјалу одређују начин трења и хабања. Трење настаје услед адхезије, браздања и деформације неравнина, (слика 8.). Уколико је реч о котрљању, трење настаје услед еластичног хистерезиса материјала у контакту.

3.2. Механизми трења при клизању

Три основна микромеханизма делују истовремено, слика 8:



Слика 8. Компоненте трења клизања [11]

Адхезија – када две неравнине дођу у контакт оне се могу заварити једна за другу услед адхезије између два материјала. Када се један од два материјала помери тангенцијално у односу на други доћи ће до кидања микрозаварених делова. Коефицијент трења услед адхезије има вредност $\mu = 0 \div 0,4$. Високе вредности коефицијента трења су за површине од истог материјала које немају контаминирајућег или оксидног слоја између.

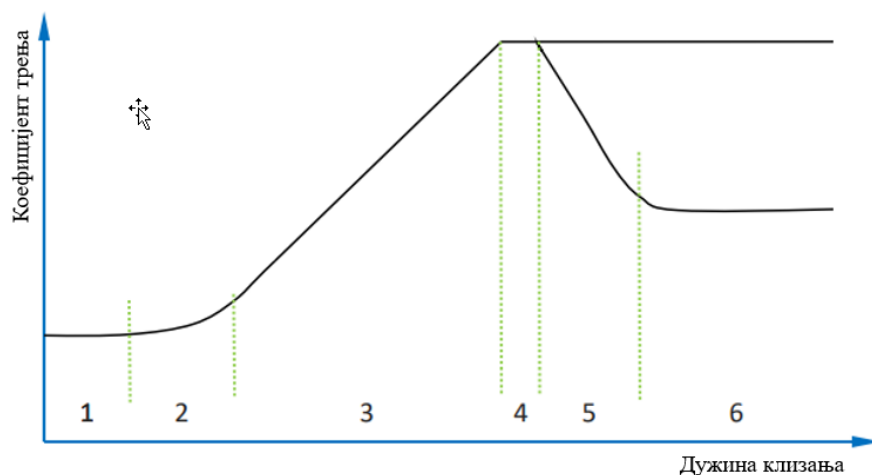
Браздање – када се тврда неравнина или тврда честица утисне у мекши материјал ствара се бразда у мекшем материјалу која ствара отпор кретању. Коефицијент трење услед браздања има вредност $\mu = 0 \div 0,4$ (мах. 1,0). Ниже вредности се односе на одсуство честица из контакта или за клизање мекане површине по тврдој површини са веома малом храпавошћу. Тада је мало вероватно трајно утискивање абразивних честица у тврђе контратело.

Деформација неравнина – отпор кретању настаје услед рада при пластичном деформисању неравнина које клизе једна по другој. Коефицијент трење услед деформисања неравнина достиже вредност $\mu = 0 \div 0,43$ (мах. 0,75). Ова компонента највише утиче на величину статичког коефицијента трења. Након што неравнине буду деформисане, утицај међусобног захватања и деформисања неравнина знатно опада. Ова компонента доприноси коефицијенту стационарног трења у случају да долази до контринуираног настајања нових.

3.3. Фазе почетка релативног клизања два контратела

На слици 9. је приказан график на коме је дефинисано шест фаза релативног клизања два тела у контакту:

1. интеракција неравнина – оксидни и/или контраминирани слој још нису похабани, тако да адхезија нема знатног утицаја, такође нема ни продукта хабања;
2. контраминирани и оксидни слој бивају похабани;
3. Коефицијент трења расте услед наглог повећања броја продукта хабања у контакту, од којих многи продиру у материјал изазивајући запаравање. Деформисање неравнина се наставља, а због одсуства међуслоја адхезија има све већи утицај;
4. количина хабајућих честица које улазе и излазе из контакта су у равнотежи. Удео адхезије је такође константан. Деформације неравнина је такође константна, пошто услед деламинације долази до стварања нове хrapаве површине;
5. јавља се у случају комбинације веома тврдог и меканог контратела. Неравнине на тврдом контрателу бивају укоњене, што ствара заглеђену површину. Због тога се смањује удео деформисања неравнина;
6. коефицијент трења достиже стационарну вредност, када су површине и тврђе и мекшег контратела заглеђене.



Слика 9. Фазе почетка релативног клизања два контратела [11]

3.4. Врсте хабања

У зависности од параметара материјала и процеса (тврдоћа превлаке, дебљина превлаке, хrapавост површине и величина и тврдоћа продукта хабања у контакту) делују различити механизми трења и хабања. Детаљнијом анализом макромеханичких механизма хабања може се увидети да у тим системима постоји више појединачних механизма који делују симултано.

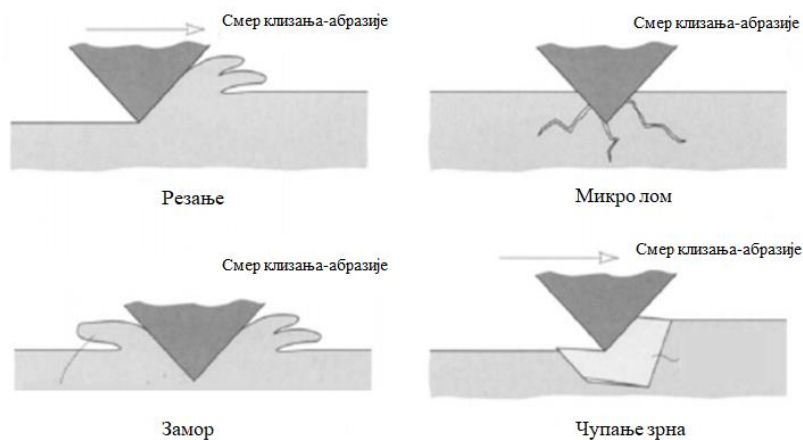
У наставку биће објашњени најтипичнији триболошки механизми хабања који се јављају у конкретном примеру. [9-11]

3.5. Абразивно хабање

Абразивно хабање се јавља код контакта где је једна површина знатно тврђа у односу на другу или у случајевима где осим два тела у контакту долази до настанка или уношења тврдих честица.

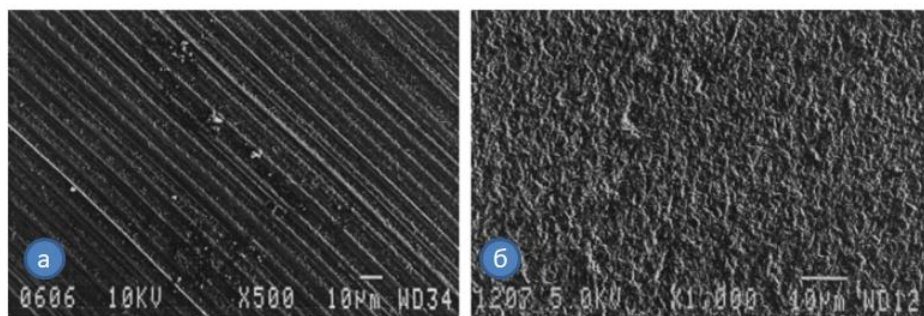
Уклањање материјала може имати више облика: микрорезање, микро лом, чупање појединих зрна и замор услед понављање деформације, (слика 10.).

Резање настаје када тврда неравнина или оштра честица оштећује мекшу површину. Микро лом: уколико је материјал крт може доћи до појаве пукотина у површини. Замор: уколико је честица тупа, мала је вероватноћа да ће доћи до резања, те је она изложена поновљивим деформацијама. Чупање зрна: јавља се углавном код керамике уколико је слаба граница зрна. [9]



Слика 10. Механизми абразивног хабања [11]

Разликују се два начина абразивног хабања: хабање по систему два тела и хабање по систему три тела. Пример похабаних површина су дати, слика 11.



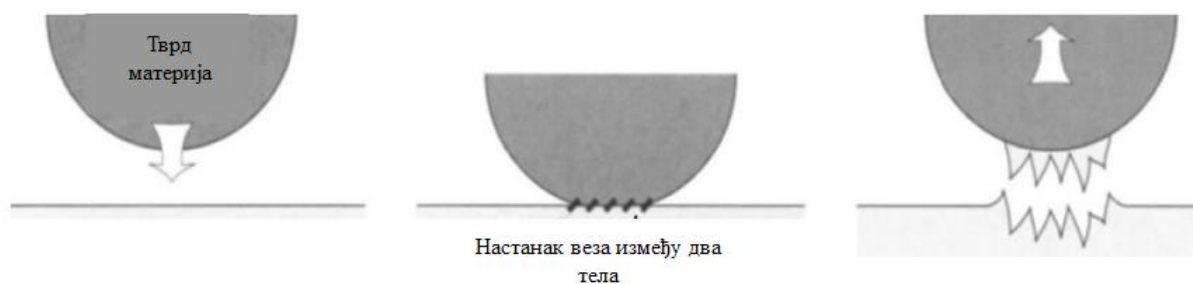
Слика 11. Трагови абразивног хабања по систему [11]

На (слици 11. а) могу се видети два тела, где се јављају трагови абразивног хабања када је једно контратело знатно тврђе. На слици (слици 11. б) могу се видети два тела, која се јавља при котрљању абразивне честице између два контратела.

3.6. Адхезивно хабање

Када неравнине једне површине дођу у контакт са неравнинама контратела, може доћи до снажног адхезивног везивања (спајање неравнина).

Услед релативног кретања површина, ако је чврстоћа једног материјала (мекшег) мања од адхезивне везе, неравнине се одвајају, и на тај начин долази до одстрањивања материјала. Пример трансфера материјала дат је на слици 12.

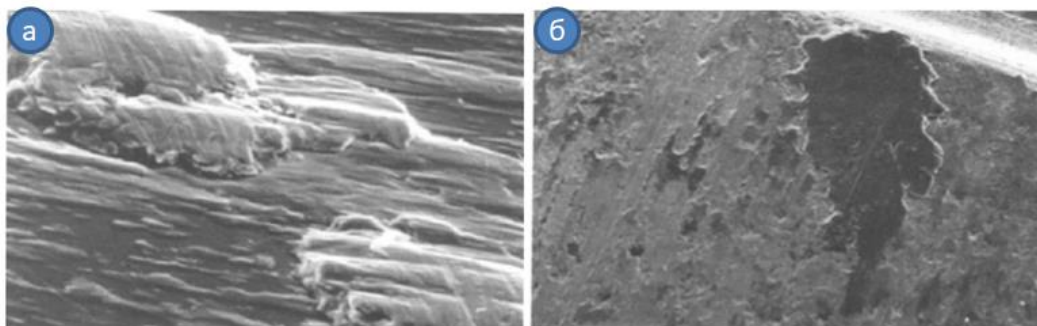


Слика 12. Процес трансфера материјала услед адхезије [11]

Адхезивно хабање је веома озбиљан вид хабања који се карактерише великим степеном хабања и високим, нестабилним коефицијентом трења. Адхезија се повећава са повећавањем тврдоће и храпавости површина у контакту.

Адхезивно хабање се смањује или избегава применом мазива или постојањем контраминирајућих филмова. Често величина адхезије није већа од чврстоће материјала па

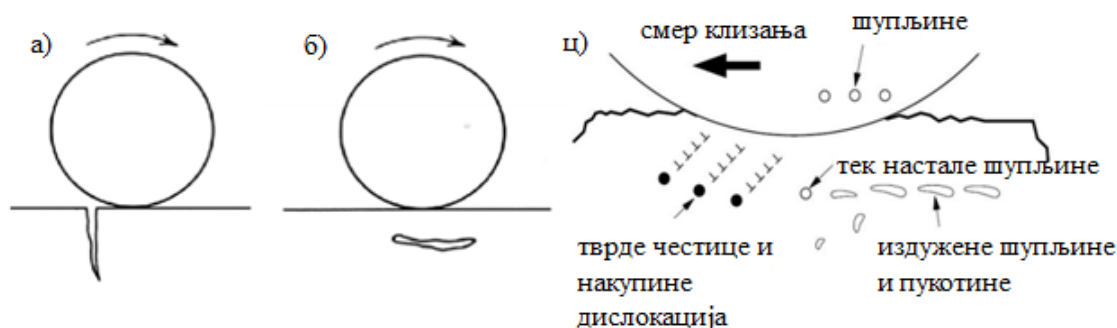
не доводи до оштећења. На слици 13. су приказани случајеви код којих је велика концентрација нечистоћа и грешака у зони контакта смањује адхезија. [10,11]



Слика 13. Пример трансфера метала: (слика а), трансфер месинга на алуминијум, (слика б), трансфер алуминијума-силицијум легуре на карику аутомобилског мотора [11]

3.7. Заморно хабања

Овај механизам хабања настаје услед феномена који се јављају при оптерећењу и растерећењу површинског слоја. Материјали могу поднети одређени ниво напона када су једном оптерећени или са малом учестаношћу оптерећења и растерећења, али не и при учесталој промени оптерећења, (слика 14.).

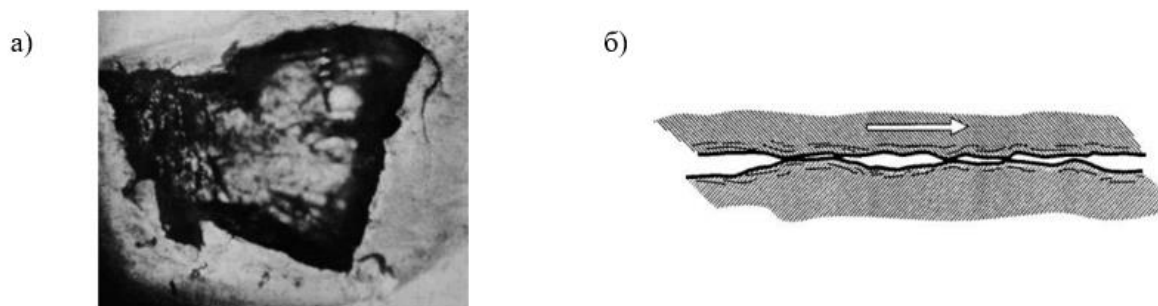


Слика 14. Замор прслине у површинском слоју настале као последица: а) затезних напона на задњој страни контакта, б) тангенцијалних напона, ц) почетни стадијум деламинације издуживањем шупљина у површинском слоју и њиховим спајањем [11]

Као последица заморног хабања при котрљању јављају се велики продукти (делићи) хабања, дијаметра 1 до 2 mm (тзв. питинг), након чега долази до брзог разарања површине, (слика 15.).

Код клизања, на самој површини влада троосни притисак, тако да прслине излазе напоље тек пошто су се претходно прошириле паралелно површини толико да су створиле веће деламинарање површине, (слика 15.).

Обично се хабање услед котрљања назива заморно, а услед клизања деламинарајуће. Заправо, оба хабања су заморна.



Слика 15. а) Заморни лом челичне кугле (питинг), б) деламинарајуће хабање [11]

4. Трибологија у конструисању

Историјски развој сваке науке је различит али у коначном збиру циљ је увек био један: развој новог и бољег производа. Развој сваке науке је увек подразумевао неопходан скуп високо интелектуалних подухвата преузетих у циљу даљег напретка друштва и заједнице у целини. [12]

Постојање и развој техничких наука био је тесно везан са производњом техничких система, усавршавања, обнављањем и израдом. Тако су се у раном стадијуму развоја машинства развијале техничке науке као: теорија резања, наука о металима, машинке алатке, технологија машиноградње итд. Конструисање и методе конструисања настале су касније. Пример тесне везе производње и науке је разрада, стварање и освајање електронских рачунарских машина, али и развој космичке науке и технике.

Примена трибологије у пројектовању и конструисању техничких система и у развоју машинских система сасвим је заостајала за применом других техничких наука. Конструктори су стремили повећању поузданости рада и искључењу отказа, а хабање су разматрали као преостале захтеве. Дуго времена конструктори су рачунали да прорачун машинских елемената на статичку, трајну чврстоћу и крутост може бити неопходан гарант поузданог и ефикасног рада сваке машине. За појединачне услове рада машина то је реално било тако. Али након више година технички прогрес упорно је захтевао увећање снаге, брзине и оптерећења, да би се повећала продуктивност рада.

Проблеми повећања отпорности на хабање машинских елемената и склопова постали су нагло актуелни. Тај проблем се и надаље решавао обезбеђењем чврстоће. У појединим случајевима, проблем повећања отпорности на хабање решаван је избором челика веће тврдоће. Дуги временски период челик је разматран као аналогија отпорности на хабање,

односно већи значај дат је мазивима, па су се проблеми смањења хабања дуго времена решавали подесним избором мазива.

Суштина трибологије као нове научне дисциплине је такав да су се од почетка њоме бавили: инжењери, хемичари, технолози, металурзи, физичари и други, свако са свог аспекта. Овако широка могућа примена интересовања је свакако важна карактеристика трибологије, баш због тога она је и дуго времена била и непримењива јер су информације истраживања слабо задовољавале практичне потребе пројектовања и конструисања. Други аспект недовољног коришћења трибологије у машинству је одсуство кординације у спровођењу триболошких испитивања, регуларном плану издавања триболошких информација, итд. Из тих разлога показало се да је врло мало триболошких информација примењиво у практичном пројектовању и конструисању, посебно у виду приручне литературе. Већа пажња трибологији и њеној примени у машинским елементима и системима уопште, почиње почетком 70-их година са наглим порастом експлоатационих режима машина.

Данас је трибологија веома значајна област у науци о конструисању. Најбољи пример за то је да и најновије ИСО препоруке за прорачун носивости зупчаника од четири критеријума за прорачун три у основи имају критеријуме хабања: критеријум чврстоће бокова зубаца, прорачун носивости на скоринг, прорачун носивости у односу на хабање. Такође трибологија је дубоко продрла и у машинске системе најсложенијих конструкција и највиших технологија.

Очигледно да време које долази захтева све већу примену трибологије у конструисању, а триболошки исправна конструкција постаје значајан показатељ квалитета конструисања и техничког нивоа производње.

4.1. Системски приступ конструисању

Индустријски производ као технички или машински систем је својеврсно одређен али и ограничен део стварности са одређеним односом према околини, са структуром и својом функцијом (техничком и употребном). Потреба за системским приступом процесу развоја индустријских производа јавила се као последица сложености проблематике истраживања, развоја, реализације и употребе истих. При томе се проблематика самог развоја производа може разматрати са више аспекта (друштва, тржишта, производње). Током времена уочена је опасност скретања са извесног полазишта, првенствено се то односи на чињеницу да су сва методолошка достигнућа на подручју развоја метода конструисања оријентисана готово у потпуности на сам процес конструисања. [12]

Системски приступ конструисању развијао се на основима опште теорије система или тачније речено на основима теорије техничких система, која пак са своје стране развија специјалне теорије појединих класа, типова или видова техничких система. Системом се назива целина, образована по одређеним правилима из коначног мноштва елемената везаних међусобно одређеним релацијама.

Третирање индустријског производа као система омогућило је теорији техничких система образовање дефинисаних оквира, али и увођење одређеног реда у многе инжењерске дисциплине везане за конструисање, израду, испитивање, одржавање производа. Теорија техничких система заснована на третирању сваког техничког производа као целине даје у руку инжењера оријентисани приступ ка коначном циљу, такав приступ посебно је важан за конструкторе чиме се објашњава интерес ка системском приступу конструисању.

При конструисању најнижи ниво разматрања су машински елементи, од којих се сваки са своје стране може разматрати као целина геометријских тела простије форме. Са аспекта трибологије, при конструисању се разматрају проблеми на нивоу мактрибологије (трење, хабање, еласто-хидродинамичко подмазивање...).

Системски приступ конструисању, као нов прилаз процесу конструисања омогућило је изучавање и разраду бројних метода конструисања, а све у циљу бржег, ефикаснијег и успешнијег конструисања.

4.2. Методе конструисања

Метода као грчка реч (*methodos*) у свом изворном значењу означава начин мишљења, истраживања стварности ради стицања што истинитијих сазнања. У науци се обично схвата као начин на који се долази до сазнања о предмету проучавања. Методе конструисања означавају пут и начин долажења до конструкционог решења индустријског производа.

Временом су и захтеви постајали све сложенији тако да данас свака метода треба да:

- омогући проналажење оптималних решења,
- омогућу примену рачунара,
- лако се учи,
- омогући поједностављење и олакшање при раду,
- штеди време,
- смањује могућност погрешних решења,
- омогући сагледавање, праћење и реидирање у свакој фази процеса конструисања,
- омогући објективно вредновање у појединим фазама процеса конструисања, итд.

Посебан нагласак на методолошки приступ, постојање одређене методике, процедуре и редоследа, од момента постављања техничког задатка па до разраде свих детаља и радионичких цртежа, имају различите методе. Њих треба посматрати као ток одвијања процеса методичког конструисања, али и као радни план који конструктор треба да испуни у реализацији конструкције индустријског производа.

Анализа радних планова и процедура у методичком конструисању показује очекивану разлику али и очигледне сличности у дефинисању редоследа у процесу конструисања. Разлике су последица различитог размишљања у налажењу пута и начина долажења до

што ефикаснијег конструисања, а методолошки приступ и постојање одређене методолошке уређености.

Сprovedена анализа радних планова и токова одвијања процеса методичког конструисања показује да постоји у основи сличност у начину размишљања и редоследу одвијања фаза конструисања. Оно о чему се најпре може дискутовати то је питање номенклатуре појединих фаза, али не само са аспекта терминологије већ у ширем и битнијем смислу у коме номенклатура дефинише процес који треба реализовати.

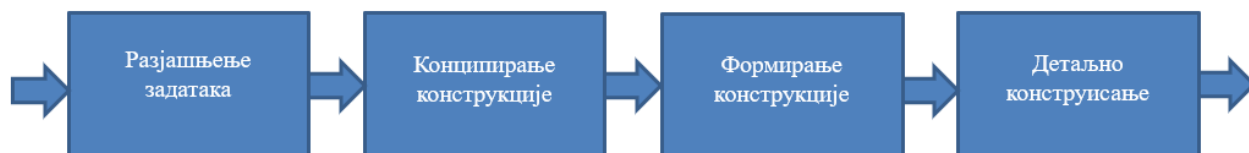
„Пројектовање“ по свом терминолошком значењу више одговара процесу компоновања комплексних система од већ развијених или готових целина. Термину пројектовање својствен је поступак у коме се сложени машински системи компонују коришћењем готових компонената без обзира да ли су то унифицирани машински делови или модели. Тако се данас уместо „претходног пројектовања“ више користи термин „конципирање“ као почетак фазе трансформисања задате апстракције у начелу решења задатка. Термин „пројектовање“ се најчешће замењује термином „формирање конструкције“ или „обликовање“.

Радови на развоју метода настављају се и данас и углавном су усмерени у три правца:

- проналажење нових метода,
- развијање нових метода комбинацијом познатих,
- побољшавање ефикасности познатих метода.

4.3. Ток процеса конструисања

Методички приступ конструисању и анализа постојећих метода конструисања упућује на поштовање одређеног редоследа којим се одвија процес конструисања. Од момента постављања техничког задатка па до разраде свих детаља и радних цртежа, процеса конструисања пролази кроз основне фазе које се шематских могу приказати на слици 16.



Слика 16. Основне фазе конструисања [12]

Све почиње разјашњењем постављеног задатка, прикупљањем података и доступних информација, а све у циљу прецизног дефинисања постављених захтева и ограничења која у себи садржи постављени конструкциони задатак.

Фаза конципирање конструкције обухвата формирање функционалне структуре, разлагање опште на працијалне и елементарне функције, формирање принципских решења. Ова фаза представља формирање концепцијских варијанти и избора концепције решења.

Фаза формирања конструкције обухвата претходно прорачуне, полазне димензије, могуће варијанте склопова и подсклопова, материјал и све друге неопходне чиниоце за обликовање и формирање конструкције, а на основу одабране концепције. Најчешће се изводи у два корака, при чему се најпре добија прелиминарни, а затим и дефинитивни пројекат.

Фаза детаљног конструисања је фаза детаљне разраде дефинитивног пројекта у коме се врши коначни избор распореда, облика, димензија, материјала, контактних површина, претходно усвојених склопова, подсклопова и елемената.

У конкретним случајевима могућа су прескакања поједних фаза или активности или обрнуто, укључивање додатних активности у појединим фазама процеса конструисања. Тако се често при комбиновању, варирању, избору и одлучивању посеже за додатним активностима (моделирање, симулирање, експеримент), а све у циљу најоптималнијих решења. [12]

4.4. Конципирање конструкције

Конципирање је значајна фаза процеса конструисања у којој се од наметнуте апстракције долази до глобалне конкретизације. Након анализе и расчлађавања свих захтева постављеног задатка, проналажењем одговарајућих принципа решења, утврђује се у овој фази, начелно решење задатка. Конципирање начелног решења будуће машинске конструкције је својеврсно утврђивање глобалног размештаја делова и компонената који ће реализовати исправно функционисање жењене конструкције.

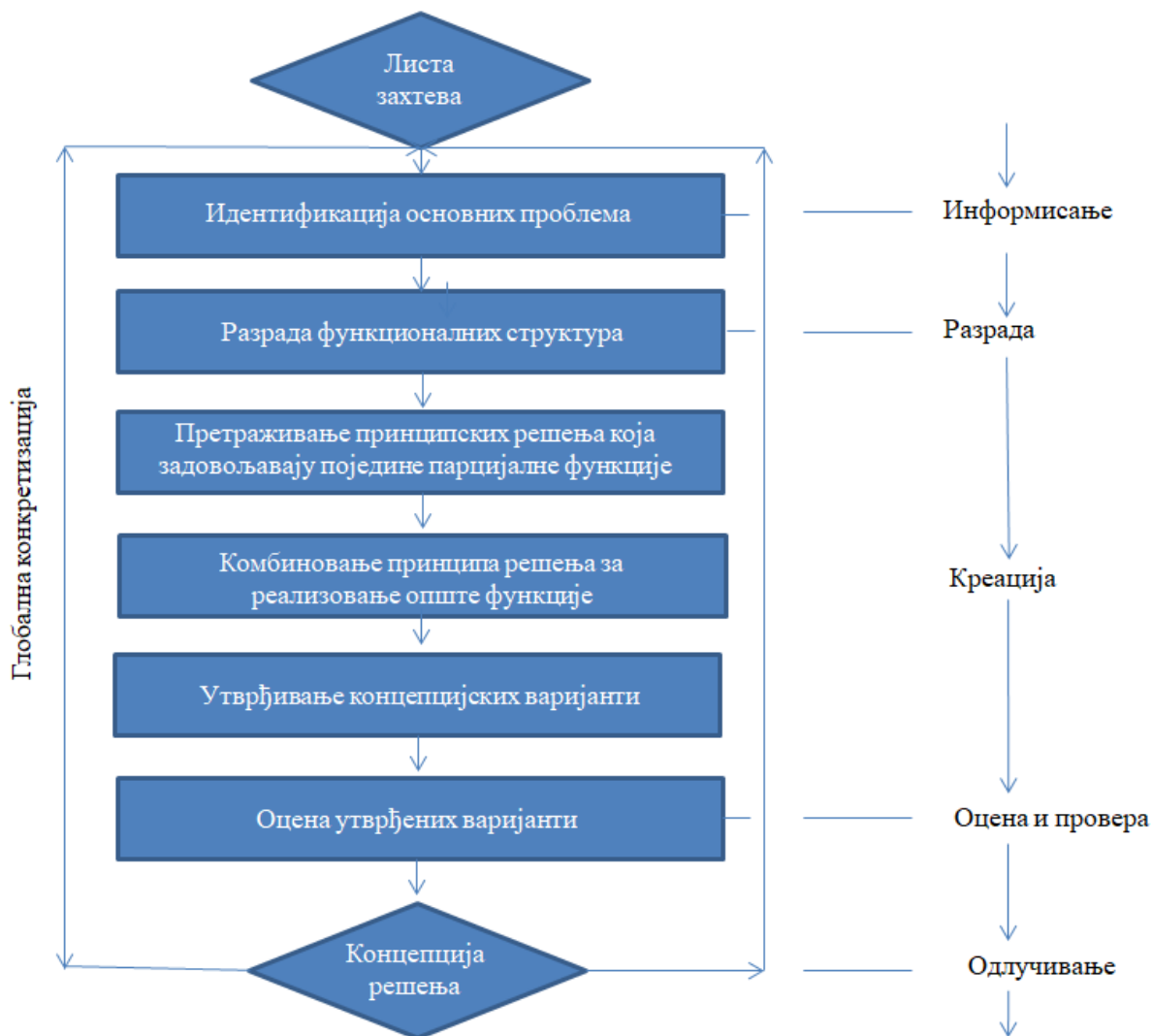
Конципирање се може спровести на више начина, са циљем да се на крају ове фазе усвоји оптимални концепт решења. Приказан редослед је само један од могућих заснован на већ приказаној шеми фаза процеса конструисања. [12]

Почетак конципирања је идентификација основних проблема. Процес се наставља апстрактивним решењем функционисања система. Под функционисањем подразумевамо стабилну способност ка одређеним деловањима, задржавајући предзнак правилног деловања. Функционисање система је заправо правилно „понашање“ система.

Заједно са функционисањем, структура је најважније својство система. Структура је карактеристика унутрашње организације, реда и грађе система, то је целокупност елемената и односа међу њима. Функционисање система задаје се структуром. Оваква веза између функционисања и структуре система, условљава да се у фази конципирања заснива више функционалних структура, како за општу функцију тако и за парцијалне функције система. Решења су алтернативна и најчешће принципски могућа.

Претраживањем, комбиновањем и апстрактним размештањем долази се до избора и утврђивања одређених концепцијских варијанти. Оценом утврђених варијанти и одређеном методом вредновања формира се концепт решења. [12]

На слици 17. приказан је један од могућих редоследа у конципирању конструкције, форме „корак по корак“.

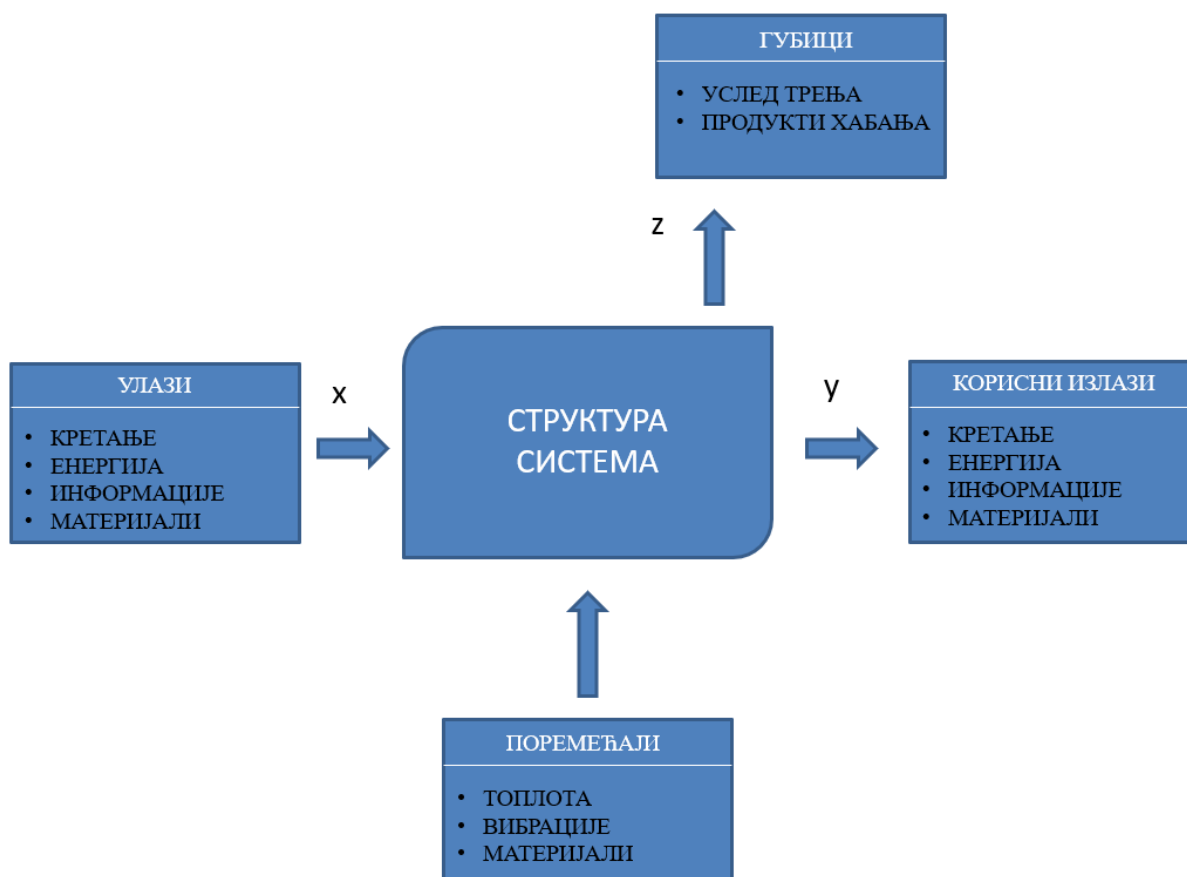


Слика 17. Могући редослед у конципирању конструкције [12]

4.5. Трибомеханички системи (ТМС)

У теорији система системом се назива целина у којој је ред елемената узајамно везан структурно и функционално међусобно одређеним релацијама. Таква дефинициона основа опредељује трибомеханичке системе као целине чије је функционално установљење везано са узајамним контактним деловањем површина у релативном кретању. Сам назив упућује на присуство процеса у елементима система, али и на механичко успостављање функционалних структура. [12]

У техничким, а посебно машинским системима функција система састоји се у преображају улазних $\{X\}$ у излазне $\{Y\}$ величине. У јако упрошћеном опису, функција различитих трибомеханичких система састоји се углавном у преображају улазних величина, на пример: кретање, механичка енергија и материјал, у корисне и употребљиве излазне величине. Функционални узрочно-последични однос између улаза и излаза праћен је губицима механичке енергије и материјала идентификованим као губицима на трење и хабање. Користећи основну методу за истраживање непознатих или врло сложених динамичких система, трибомеханички систем се може разматрати као „црна кутија“ са улазним и излазним величинама, слика 18.



Слика 18. Трибомеханички систем као „црна кутија“ [12]

Функција као један од главних карактеристика трибомеханичких система често се може изразити као однос улазних и корисно излазних величина. Не могу сви улази бити пожељни као што ни сви излази нису пожељни. Поједини улази се могу разматрати као поремећаји који на излазу репродукују и стварају губитке, који не припадају увек истом типу величина као на улазу или корисном излазу.

Са аспекта квалитетног реализовања елементарних функција нама су посебно значајни губици у трибомеханичким системима, а нарочито губици на трење и хабање. Трење као процес супростављања кретању елемената система посебно утиче на механички степен

корисног дејства који је најважнији параметар оцене способности ТМС да очува транспортовану енергију. Хабање као облик одвођења материјала са контактних површина утиче на измену техничких параметара и промене у функционисању система. Деловање поремећајних величина ствара таласно кретање чији се ефекти манифестију и виду вибрација и буке. Вибрације могу бити у виду периодичних померања елемената ТМС са већом или мањом учесталношћу, или у виду променљивих еластичних деформација елемената. Енергија ових таласања преноси се на околину, на тај начин успоставља се однос између утицаја топлоте као поремећајне величине на процес вибрација, трења и хабања.

Кретање је најважнија улазна величина сваког трибомеханичког система. Кретање прати и пренос снаге, материјала или информација. У остваривању задатих елементарних функција, трибомеханички системи могу мењати брзину кретања или је потпуно искључити. Могу ограничавати кретање, тј. смањити број могућих степени слободе елемената конструкције. У другим случајевима материјал не само да се креће већ и мења структуру или облик.

Анализа основних трибомеханичких система је посебно значајна у фази формирања конструкције где се формирају и димензионишу облици склоповба и делова. Квалитетно конструисање, конструисање са аспекта триболошки исправне конструкције обавезује анализу, обликовање и димензионисање сваког основног трибомеханичког система који улази у састав трибомеханичког система вишег нивоа сложености. [12]

4.6. Триболошке карактеристике трибомеханичких система

Трибомеханички системи као динамички извршиоци елементарних функција делују у условима фриксионог контакта и релативног кретања својих елемената. У зони фриксионог контакта настају сложени нестационарни физичко-хемијски и механички процеси праћени трењем и хабањем контактних површина.

Основне триболошке карактеристике трибомеханичких система су трење и хабање, који су главни узрок измене структуре система, губитка енергије и губитка материјала. Као природни процеси, трење и хабање зависи од великог броја различитих фактора: [12]

- структуре система,
- радних услова (брзине и оптерећења),
- механичко-хемијских својстава материјала,
- карактеристике подмазивања,
- агресивности средине,
- температуре,
- топографије контактних површина,
- механичке обраде (претходне и завршне) и других.

Велики број фактора као и њихова комплексна узајамна повезаност, где често промена само једног параметра изазива ланчану промену многих других, отежавају квантифицирање њиховог утицаја.

За триболошки исправно конструисање неопходно је знање и поседовање бројних триболошких информација. Њих конструктор користи не само при избору трибомеханичких система за извршење елементарних функција и конципирање конструкције већ и много више при формирању конструкције и детаљном конструисању.

5. Идентификација и поступак модификације вођице

Идентификација оштећених вођица има прописани процес по коме се врши проналазак техничког цртежа. Након што оператер одређене линије пријави надређеном да је вођица оштећена, оператер започиње процес идентификације.

Надређена особа је задужена да приликом пријаве оштећене вођице има тачан **назив линије, број операције** као и **страну (DX или SX)**. Сва оштећења настала на вођицама пријављују се сектору Одржавања. Након што пријава стигне, ради се класификација приоритета оштећења, по следећем реду: База података се може видети на слици 19.

5.1. Идентификација техничке документације оштећене вођице

На слици 19. је приказана табела која представља базу података вођица у којој се налази назив вођице, број операције, број линије, број цртежа и класификацију вођице за израду.

TRAVERZA SOTTOS ANTERIORE-TSZ					
TSZ-OP10DX					
414	TSZ-OP10DX-01	2	2	1	2
415	TSZ-OP10DX-02	2	2	1	2
416	TSZ-OP10DX-03	4	3	2	3
417	TSZ-OP10DX-04	3	3	2	3
418	TSZ-OP10DX-05	3	3	2	3
419	TSZ-OP10DX-06	3	3	2	3
420	TSZ-OP10DX-07	3	3	2	3
TSZ-OP10SX					
421	TSZ-OP10SX-01	2	2	1	2
422	TSZ-OP10SX-02	2	2	1	2
423	TSZ-OP10SX-03	4	4	3	4
424	TSZ-OP10SX-04	3	3	2	3
425	TSZ-OP10SX-05	3	3	2	3
426	TSZ-OP10SX-06	3	2	1	2
427	TSZ-OP10SX-07	3	2	1	2
TSZ-OP20X					
428	TSZ-OP20DX-01	2	2	2	2
429	TSZ-OP20DX-02	3	3	3	3
430	TSZ-OP20DX-03	3	3	2	3
431	TSZ-OP20DX-04	3	3	2	3
TSZ-OP20SX					
432	TSZ-OP20SX-01	2	2	1	2
433	TSZ-OP20SX-02	3	3	2	3
434	TSZ-OP20SX-03	2	2	1	2
435	TSZ-OP20SX-04	3	3	2	3
PUNTONE SUPERIORE-PUZ					
PUZ-OP10DX					
436	PUZ-OP10DX-01	3	2	1	2
437	PUZ-OP10DX-02	2	2	2	2
438	PUZ-OP10DX-03	2	2	2	2
439	PUZ-OP10DX-04	2	2	2	2
440	PUZ-OP10DX-05	2	2	2	2
441	PUZ-OP10DX-06	3	3	2	3
442	PUZ-OP10DX-07	2	2	1	2
PUZ-OP10SX					
443	PUZ-OP10SX-01	2	2	1	2
444	PUZ-OP10SX-02	2	2	1	2
445	PUZ-OP10SX-03	1	1	1	1
446	PUZ-OP10SX-04	1	1	1	1
447	PUZ-OP10SX-05	2	2	1	2
448	PUZ-OP10SX-06	2	2	1	2
449	PUZ-OP10SX-07	2	1	1	1
PUZ-OP20DX					

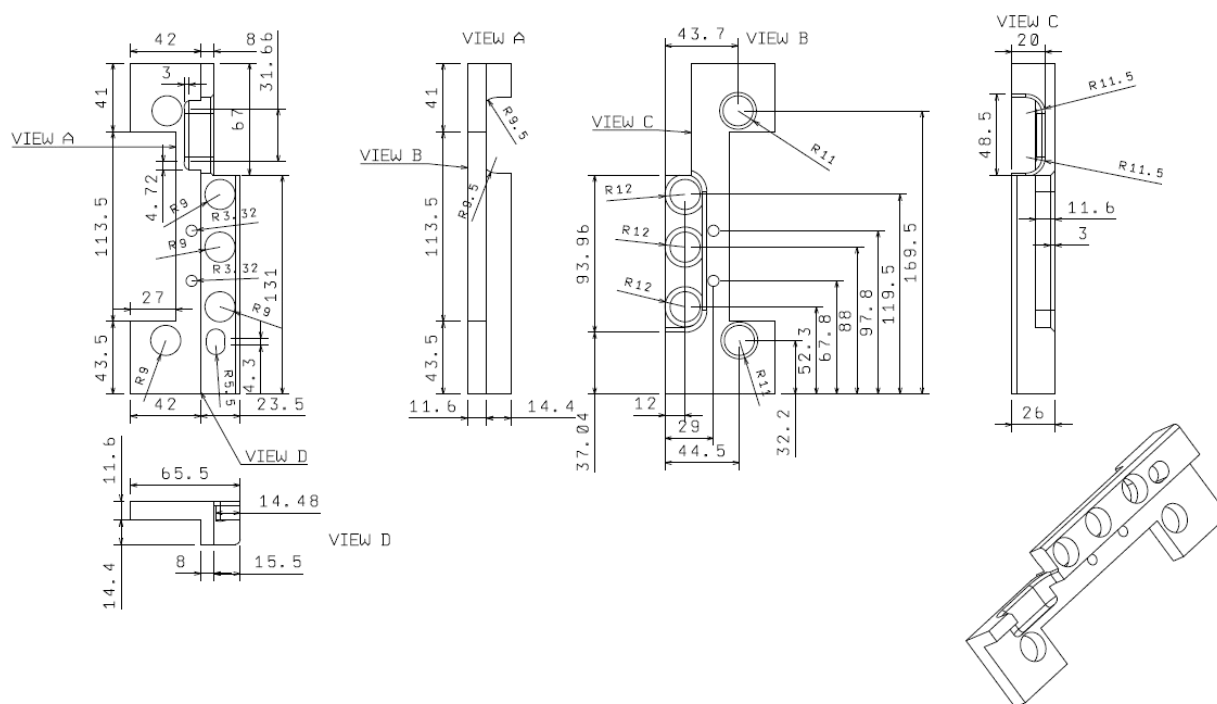
Слика 19. База података вођица [1]

Класификација је извршена на основу габаритних димензија. Класификацију за израду врши екстерни добављач заједно са запосленима у сектору одржавања у Каросерији.

Након што је извршена идентификација вођице у бази података, започиње се поступак модификације вођице. Модификација вођице врши се на следећи начин:

1. Идентификација,
2. Циљ модификације,
3. Начин модификације,
4. Модификација,
5. Израда прототипа,
6. Израда,
7. Постављање.

Пошто је идентификована вођица, проналази се њена техничка документација односно технички цртеж вођице (слика 20.).



Слика 20. Изглед техничког цртежа вођице [1]

5.2. Формирање контрукције

Након проналаска техничке документације прелази се на формирање контрукције је централно позиционирана фаза у којој се усвојена концепција, конструкција и у највећој мери оспособљава за почетак производње. То је веома одговорна фаза у којој је потребно дефинисати следеће фазе:

- облик дела конструкције и конструкције као целине,
- димензије делова конструкције и габаритне мере конструкције, материјала,
- квалитет и тачност, толеранције, храпавост и друге карактеристике делова конструкције,
- начин изграде, величина серије, цена...

Основне смернице у фази формирања конструкције дефинисане су у садржини три основна појма: једнозначност, једноставност, сигурност. [12]

Једначност подразумева тачно дефинисани и поуздан предвидљив однос између опште функције и подфункције, као и улазних и излазних величина, односно поуздано предвиђање деловања и понашања структуре система.

Једноставност је синоним економичности конструкционог решења у коме је садржана тежња реализовања конструкције са што мањим бројем делова и једноставном структуром система.

Сигурност је битно својство конструкције која подразумева сигурност деловања (носивост), сигурност функционисања (поузданост), сигурност рада (безбедност) и сигурност околине (заштита околине). [1]

Формирање конструкције могуће је обавити у два дела. У првом делу се дефинишу оптерећења и врши избор материјала, да би се након формирања облика склопова и делова оптимизацијом дошло до прелиминарног пројекта. У другом делу се анализирају оптерећења, врши завршни прорачун и корекције облика и димензија и тако долази до дефинитивног пројекта. Фаза формирања конструкције реализује се у више корака уз већи број корективних етапа у којима се анализа и синтеза стално смењују и допуњавају. Ова фаза захтева успешно комбиновање прорачуна, димензионисања и дефинисање облика. Често је неопходно понављање исти корака праћеним одговарајућим изменама и допунама.

У овој фази корисна је континуална конструкција са листом захтева за формирање конструкције која се развија на основу општих циљева и ограничења дефинисаних техничким задатком. Формирање конструкције тражи искуство и поседовање великог броја систематизованих информација, у смислу препорука, ограничења и стандарда.

У анализи фазе формирања конструкције решавају се два основна својства конструкције: облик и димензије. Облик је најважније елементарно својство машинског система. Облик је граница или контура конструкције. Општи облик конструкције одређује се наизменично са обликом њених елемената, деловам склопова и подсклопова. Велики број машинских система израђује се од елемената простих геометријских облика (цилиндар, кугла, пирамида, елипсоид...). Код сложенијих производа и машина, елементи се сабирају у производе који опет, како-тако, имају контуру извесних геометријских облика.

Једноставност формирања конструкције подразумева остваривање конструкције са што мањим бројем и што једноставнијим обликом елемената.

Димензије су друго важно својство конструкције до којих се долази димензионисањем делова, поштовањем свих ограничења која поистичу из његове експлоатације и производње. Главна ограничења при димензионисању и избору димензија су радна оптерећења и карактеристике изабраних материјала, а најчешће на основу:

- функције делова и склопова,
- напонских и других стања делова конструкције,
- потребне крутости машинских делова,
- законских и економских ограничења.

Дифинисање димензија делова подразумева задовољење свих критеријума у потребној мери. Облик и димензије су значајна али не и једина елементарна својства конструкције. Успешна конструкција поседује читав низ других својстава: функционална, ергономска, естетска, технолошка, триболошка... Својства су чврсто повезана узајамном зависношћу и интерактивном везом, слика 21: Узајамна повезаност неопходних својстава, особина и карактеристика конструкције, строги захтеви и ограничења, чине фазу формирања конструкције веома значајном, одговорном и компликованом.



Слика 21. Елементарна својства конструкције и њихова узајамна зависност [12]

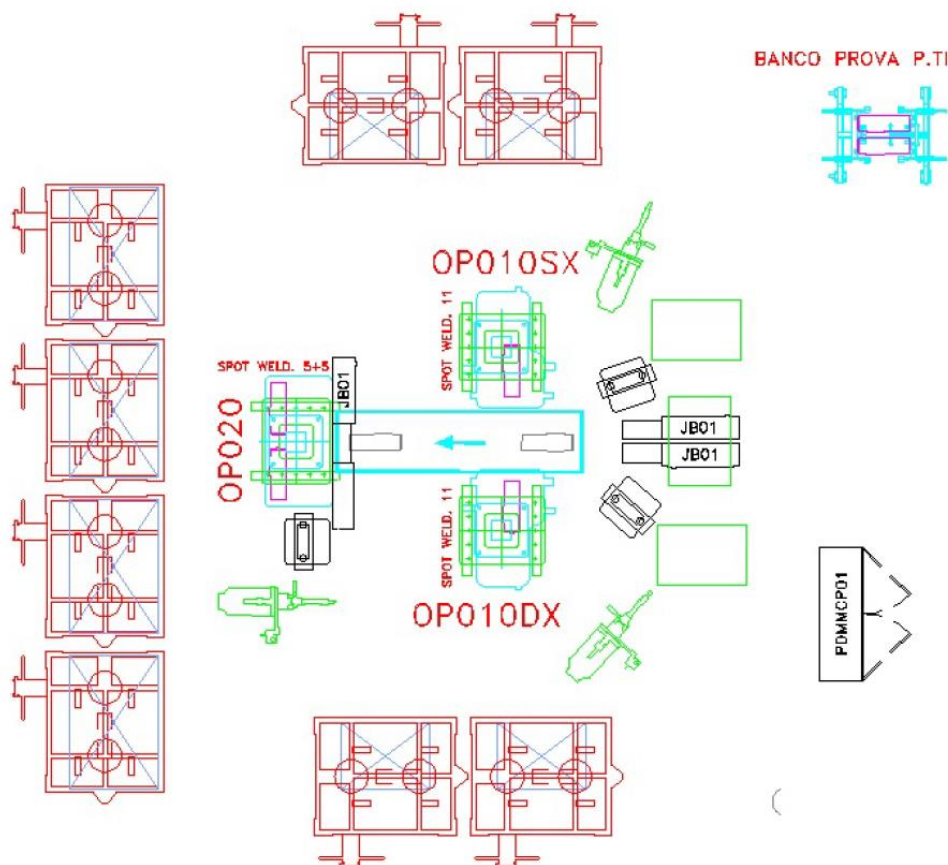
5.3. Циљ модификације

Пре него што се започне процес модификације вођице за позиционирање тачака на алатима за мануелно заваривање потребно је јасно дефинисати проблеме и циљеве модификације. Један од највећих проблема који се јавља јесте фреквентност оштећених вођица, неке вођице не трају дуже од 15 радних дана, па је јасно да је животни век вођица јако битан, како због застоја у производњи тако и могућих потенцијалних губитака.

Конкретно радни век вођице је 15 дана, што је категоризује као веома фреквентну вођицу, јасно је да је основни циљ продужити радни век вођице. До оштећења вођице долази због веома танких зидова вођице. Вођице се израђују од полиамида ПА6. [1]

5.4. Начин модификације

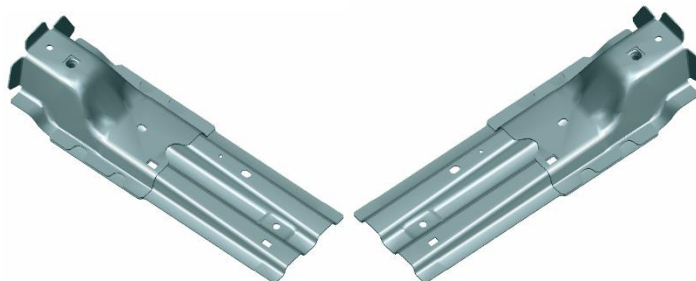
Модификације вођица се може извршити на више начина. Један од основних начина јесте физичка модификација на лицу места приликом постављање вођице на алат. Али у претходном кораку јасно је дефинисан циљ модификације, па је потребно урадити и детаљну анализу, како би знали на који начин је могуће вршити модификацију, слика 22. На (слици 22.), могу се видети две операције и једна симетричност заједно са позицијом мануелних клешта означени зеленом бојом, док се око линије може видети простор где се налазе средства која су означена црвеном бојом.



Слика 22. Распоред операција на линији [1]

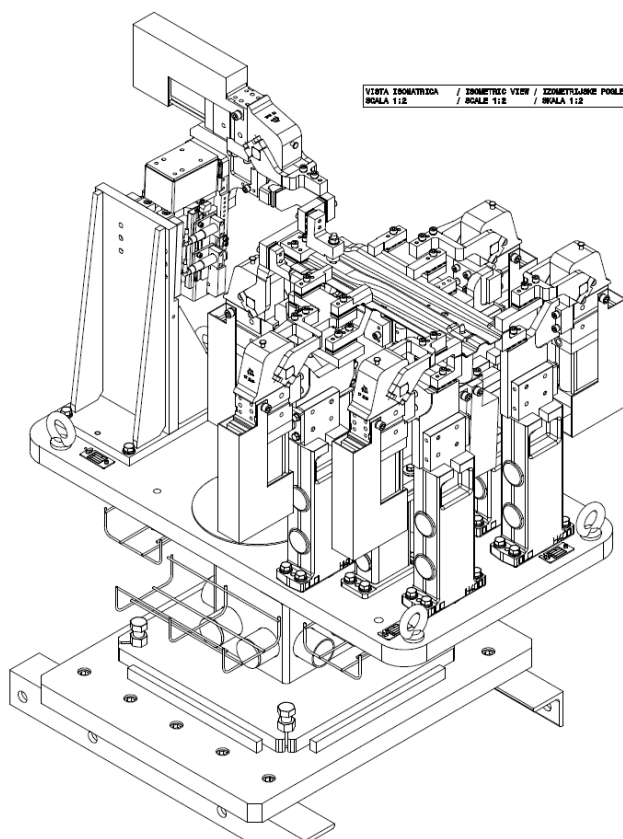
Први корак јесте визуализација линије, прикупљање општих информација о линији. Свака линија поседује више операција, као и симетричност. Линија TCZ поседује 2 операције и једну симетричност, троје мануелних клешта и 8 средстава.

На линији се врши тачкасто заваривање са мануелним клештима два дела под називом „Централна травезна испод седишта Д“ и „Централна травеза испод седишта Л“ који су приказани на слици 23.



Слика 23. Централна травезна испод седишта Д и Л [1]

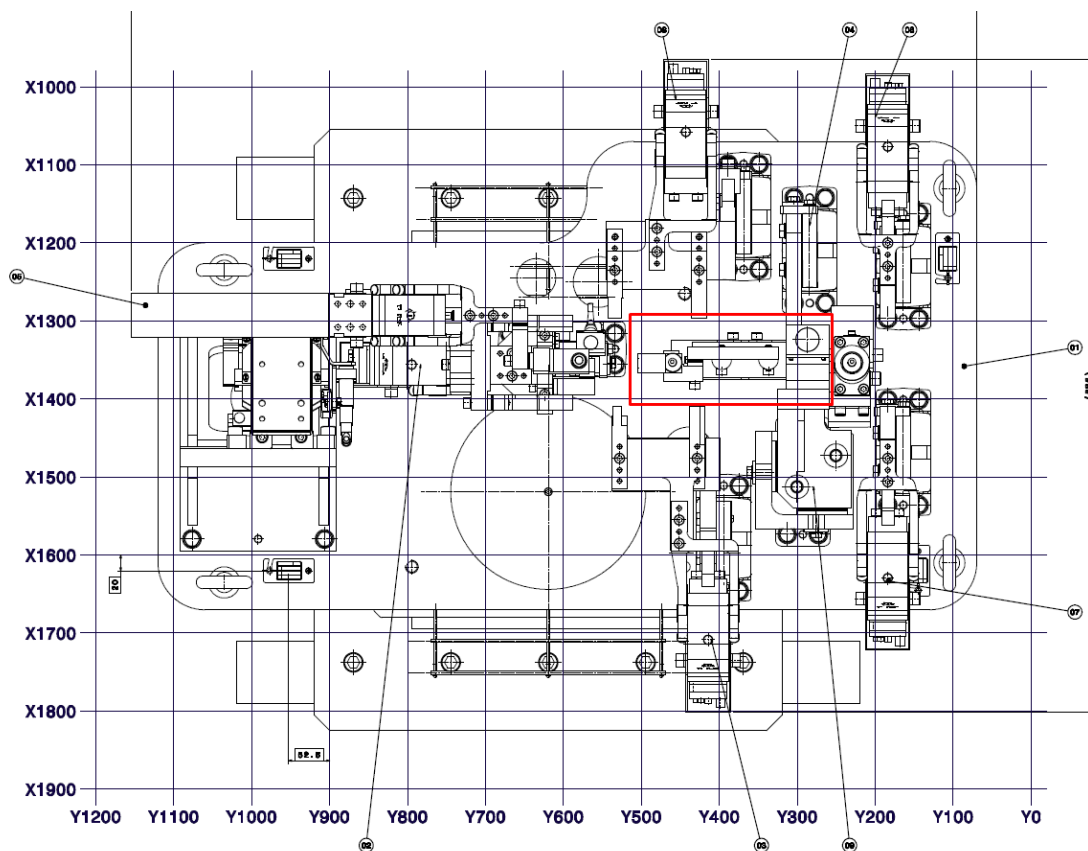
Након визуализације линије следећи корак је визуализације алата TCZ операција 10, слика 24. Приликом визуализације установљено је да постоји слободан простор како би се извршила несметана модификација вођица.



Слика 24. Изглед алата TCZ операција 10 [1]

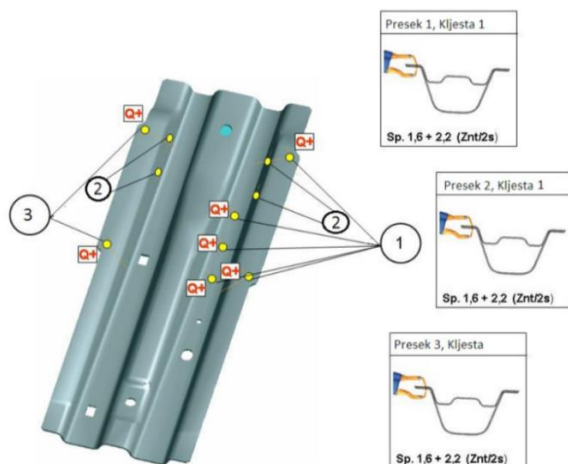
У другом кораку треба установити основни проблем, што је кокретно у овом случају радни век, односно танки зидови на вођици који након одређеног времена коришћења трпе одређене врсте хабања која доводе до оштећења.

На слици 25., приказана је позиција вођице на алату коју је потребно модификовати. Затим пошто је установљено да постоји могућност за модификацију, односно да постоји слободан простор на алату, врши се визуализација позиција тачака на лимовима за заваривање. Геометрија сваке заварене тачке не сме да одступа од задате вредности.



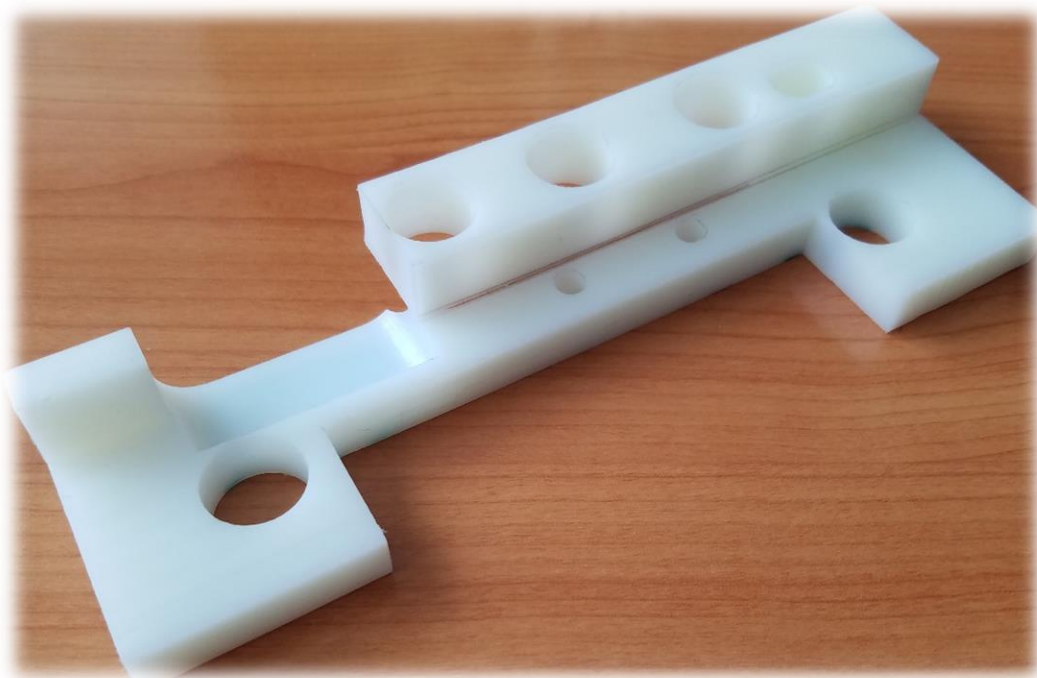
Слика 25. Позиција вођице на алату [1]

На слици 26. приказане су позиције тачака. Пошто је извршена анализа и прикупљање свих потребних информација може се дефинисати начин модификације.



Слика 26. Геометрија тачака на лимовима [1]

У кокретном случају, одлучено је да се ради модификација већ постојеће вођице, односно модификација (ојачање) одређени делова вођице. Израда прототипа вођице извршена је на *Haas CNC* глодалици на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, изглед вођице приказан је на слици 27.



Слика 27. Изглед вођице пре модификације

Модификација вођице као и анализе врше се у лиценцираним софтверима. У кокретном случају користиће се више софтвера: *Catia V5 R21*, *EspritCAM* и *Simplify3D*. Детаљнији опис коришћења софтвера биће у наредним тачкама.

Компанија *FCA group* поседује 3Д принтер за израду одређених прототипова. Након модификације у софтверском пакету *Catia V5 R21* израђен је прототип како би се проверила тачна геометрија тачака, позиције и позиционирање вођице.

Постављање вођице на алату врши сектор одржавања у каросерији.

5.5. Поступак модификације вођице у софтверском програму *Catia V5 R21*

Савремени развој производа и процеса подразумева примену разних софтверских алата и технологија. Алата и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа. Ови софтверски алата и технологије данас се описују скраћеницом *PLM* систем („*Product Lifecycle Management system*“). [13-15]

PLM систем интеграције софтверских алата који се везују за поједине фазе развојног циклуса:

- пројектовање помоћу рачунара,
- рачунаром подржану производњу,
- рачунаром подржан инжењеринг.

Системи за пројектовање помоћу рачунара или *CAD* системи представљају скуп софтверских алата и технологија који инжењерима пружа погодности током рада на развоју конструкције производа. Данашњи *CAD* системи за пројектовање машинских конструкција махом се заснивају на тродимензионалном (3Д) моделирању.

Рад *CAD* система заснива се на:

- креирању модела,
- примени моделских форми,
- параметарском дефинисању моделских форми и модела,
- примени релација,
- примени односа „родитељ-дете“
- асоцијативности модела и
- визуелној комуникацији.

5.6. Модел и моделирање

Код пројектовања помоћу рачунара полази се од раванске дводимензионалне пројекције основног тродимензионалног облика производа који се моделира. У даљем поступку

стварања модела додају се остали геометријско-технолошки делови којима се постиже крајња форма производа. Савремени софтверски пакети поседују модуле за скицирање основних идеја конструктора, које се током рада могу лако мењати и дорађивати. То значи да пројектант није од самог почетка оптерећен димензијама производа, већ стварањем његовог облика, а тек након уводи димензије и ограничења која ће дати производ. Ограничења и димензије могу се модификовати у било ком тренутку током развоја конструкције или дела. Суштина приступа и поступка развоја производа и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. Модел је рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса. [13-15]

Моделирање делова применом моделских форми представља данас најшире распрострањену технологију. Моделске форме обезбеђују креирањем веома сложених модела производа на релативно лак и интуитиван начин. У основи се састоји од следећих корака:

- формирање скица,
- креирање моделских форми, и
- компоновање моделских форми у део.

Формирање скица започиње избором равни скицирања. То може бити нека од системски координатних равни, њихове копије или помоћна референтна раван. Скице се састоје од скупа геометријских делова, параметра и ограничења. У геометријске делове спадају правоугаоници, полигони, специјални профили, кружнице, елипсе, кружни лукови, заобљења, сплајн криве, тачке, координатни системи и осе. Помоћу њих можемо формирати скице најложенијих облика. [13-15]

Креирање моделских форми настаје применом одговарајуће моделске операције над скицом. Оне моделу могу додати или одузети материјал, док се моделске форме моделу увек додају.

Catia V5 R21 је програмски пакет за 3Д запреминско моделирање производа и процеса. Развој *CATIA*-е почео је крајем 70-их година прошлог века за потребе француског произвођача „*Avions Marcel Dassault*”, под називом *CATI*. Назив је промењен 1981. године у *CATIA*. Крајем 90-их година XX века појавила се верзија *V5* која је у потпуности написана за оперативни систем *MS Windows 32-bit* и *64-bit*. Основна намена *CATIA*-е била је за развој борбеног авиона типа *Mirage*, веома брзо је широко прихваћена у индустрији аутомобила, машиноградње, бродоградње, војној, биомедицинској, процесној и осталим индустријама. Данас представља водећи светски софтвер у овој области. Сама *Catia V5* представља преко 150 програмских модела.

Да би корисницима омогућили да применом програмског пакета *Catia V5* и осталих софтверских производа створе потпуно инжењерска решења, сви модули су расположени у оквиру три основне платформе, а то су:

- П1 (пружа основне могућности за пројектовање производа и намењена је фирмама које углавном нису производно/процесно оријентисане),

- П2 (обезбеђује интегрално окружење за развој производа, анализе и пројектовање технолошких и производних процеса),
- П3 (у основи представља платформу П2, али са допунским софистицираним модулима оријентисаним ка ширем коришћењу и управљању конструкторским, инжењерским, технолошким и производним знањима).

Свака платформа дефинише техничке и инжењерске могућности развоја производа и процеса.

Catia V5 се првенствено користи у аутомобилској и авио индустрији, а може се срести у различитим гранама као што су:

- свемирски програм,
- индустријски прибор,
- архитектура,
- грађевинарство,
- производи широке потрошње,
- електротехника,
- медицина, итд...

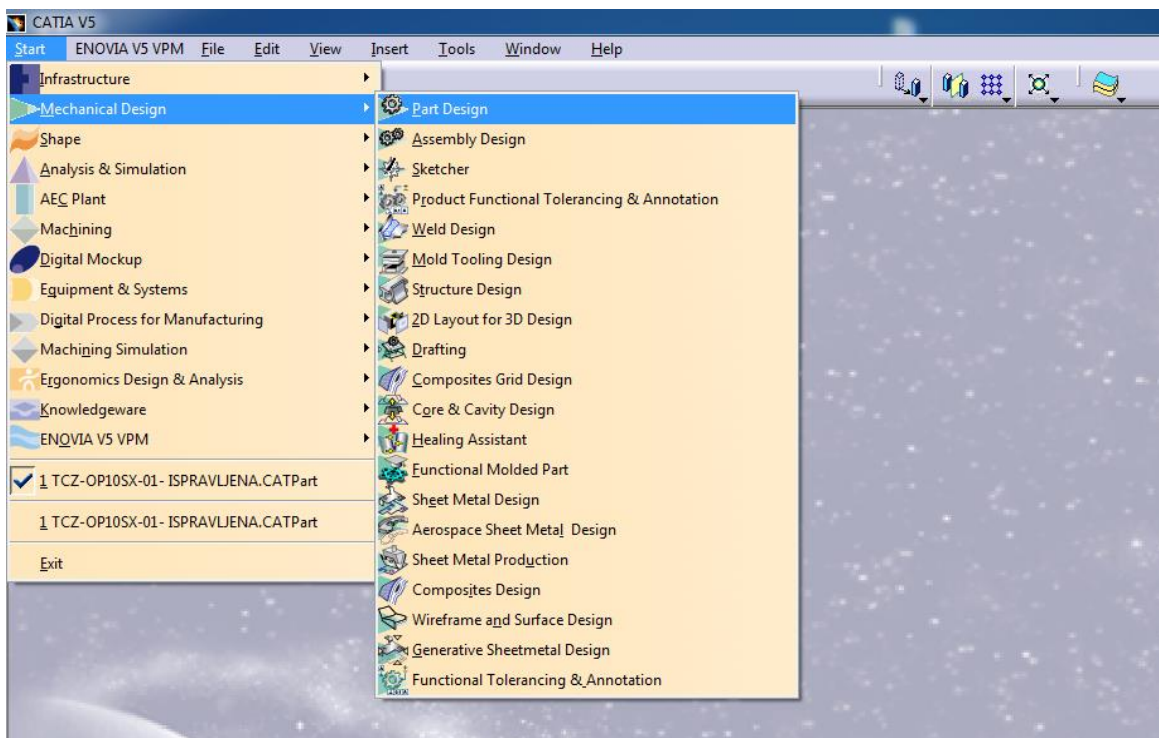
Catia V5 ради у различитим окружењима. Радно окружење (*Workbench*) се дефинише као специфично окружење које се састоји од скупа алата, који омогућавају кориснику да извршава специфичне конструкторске задатке у одређеној области.

Основна радна окружења у *Catia V5* су:

- *Part Design Workbench (Part Design)*,
- *Wireframe and Surface Design Workbench*,
- *Assembly Design Workbench*,
- *Drafting Workbench*.

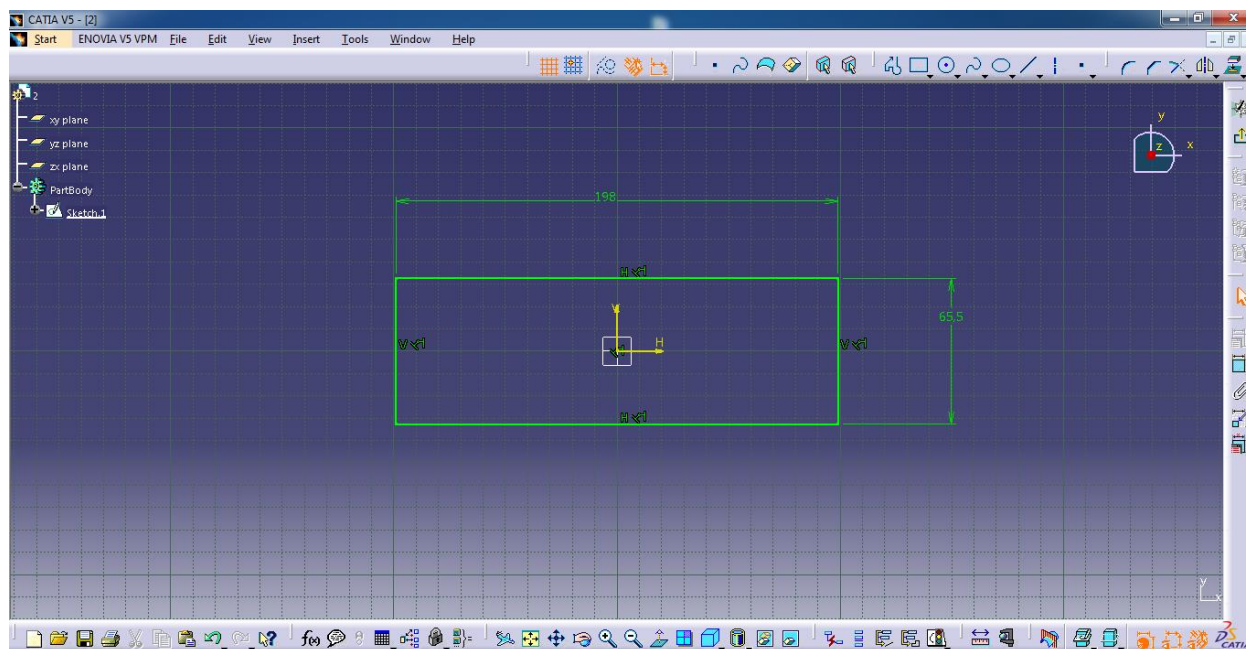
Поступак моделирања вођице *TCZ OP10 DX*:

Први корак је отварање софтверског програма *Catia V5* и радне површине, (слика 28.).



Слика 28. Радна површина

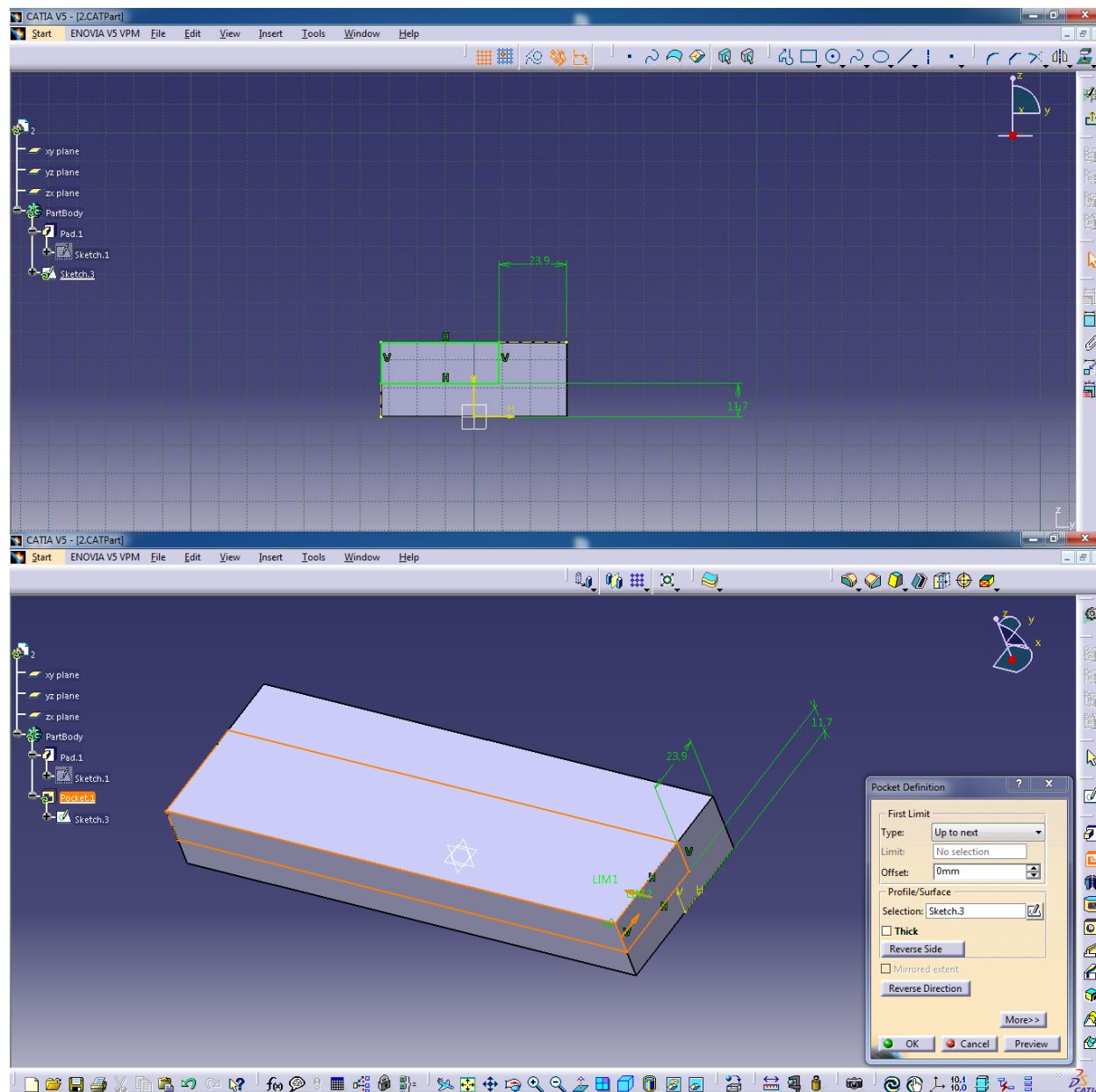
Радно окружење у *Part Design*, односно *Sketch*, други корак (слика 29.).



Слика 29. Скицање у *Sketch*-у

Материјал је додат на основу габаритних мера из техничке документације, као и на основу слободног простора који се анализира на самом прочетку проблема.

Трећи корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 30.).

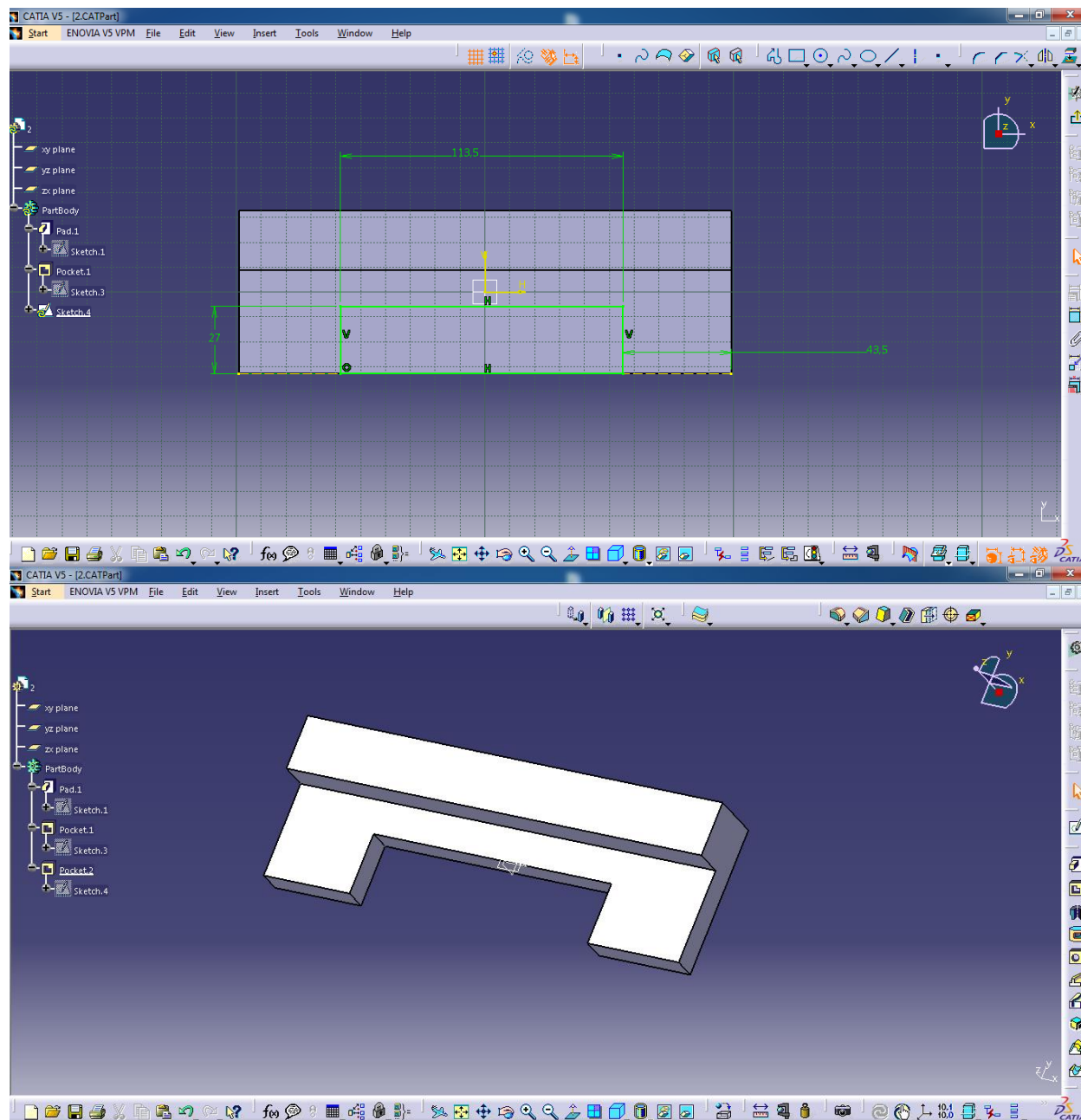


Слика 30. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

У овом делу рада, јасно је приказано како се од додатог материја у претходном кораку, одузимају задате димензије на основу техничке документације и скице која је добијена након анализи слободног простора и проналаска проблема на вођици.

У уводу овог поглавља објашњено је да свака скица мора да има димензије и ограничења, уколико је скица потпуно зелена (контурне линије) то значи да је у потпуности ограничена и димензионисана.

Четврти корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a* (слика 31.).

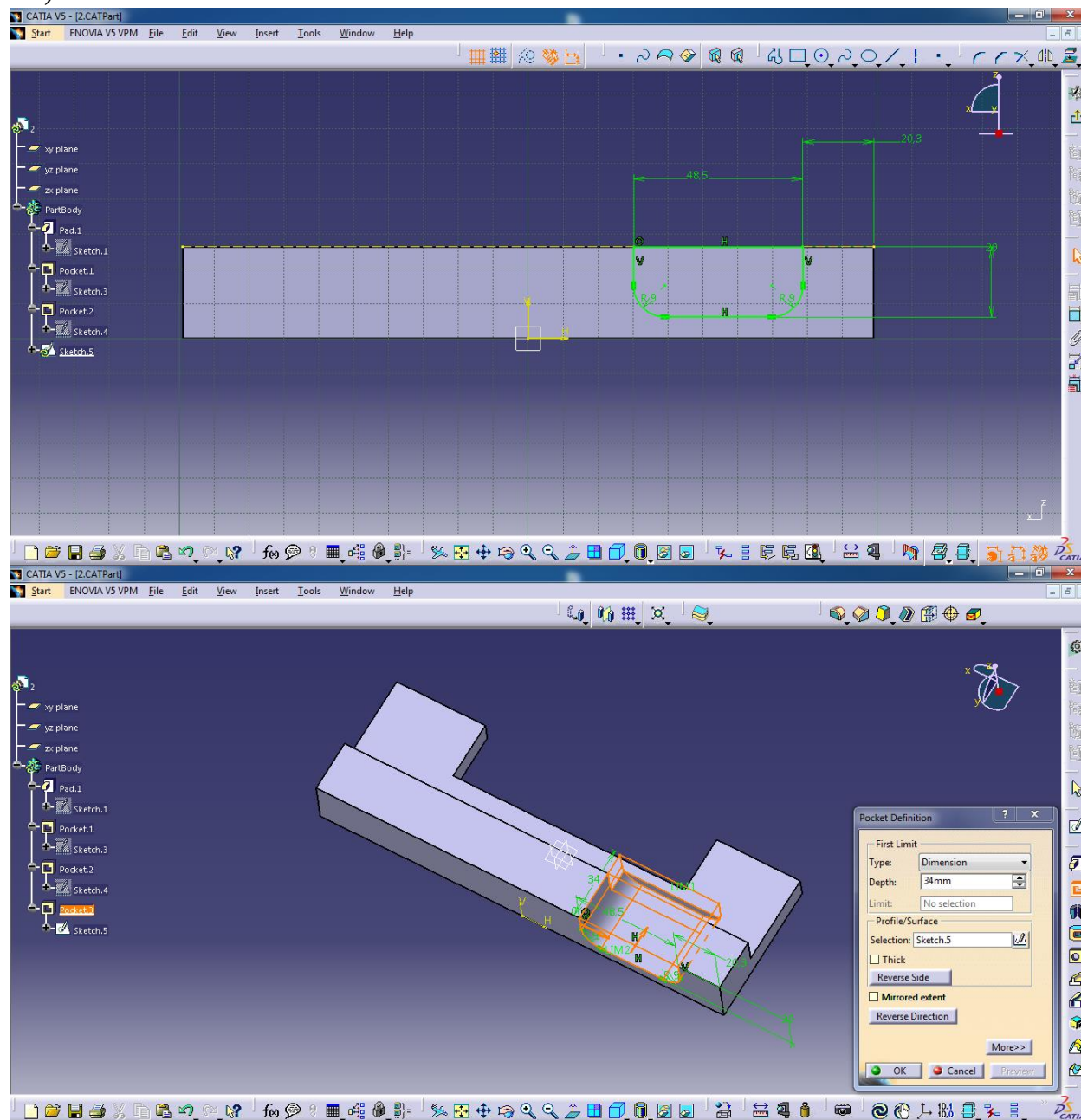


Слика 31. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Као у претходном кораку, приказан је следећи корак који тражи одузимање материјала на основу задатих димензија, помоћу две опције *Sketch-a* и *Pocket-a*.

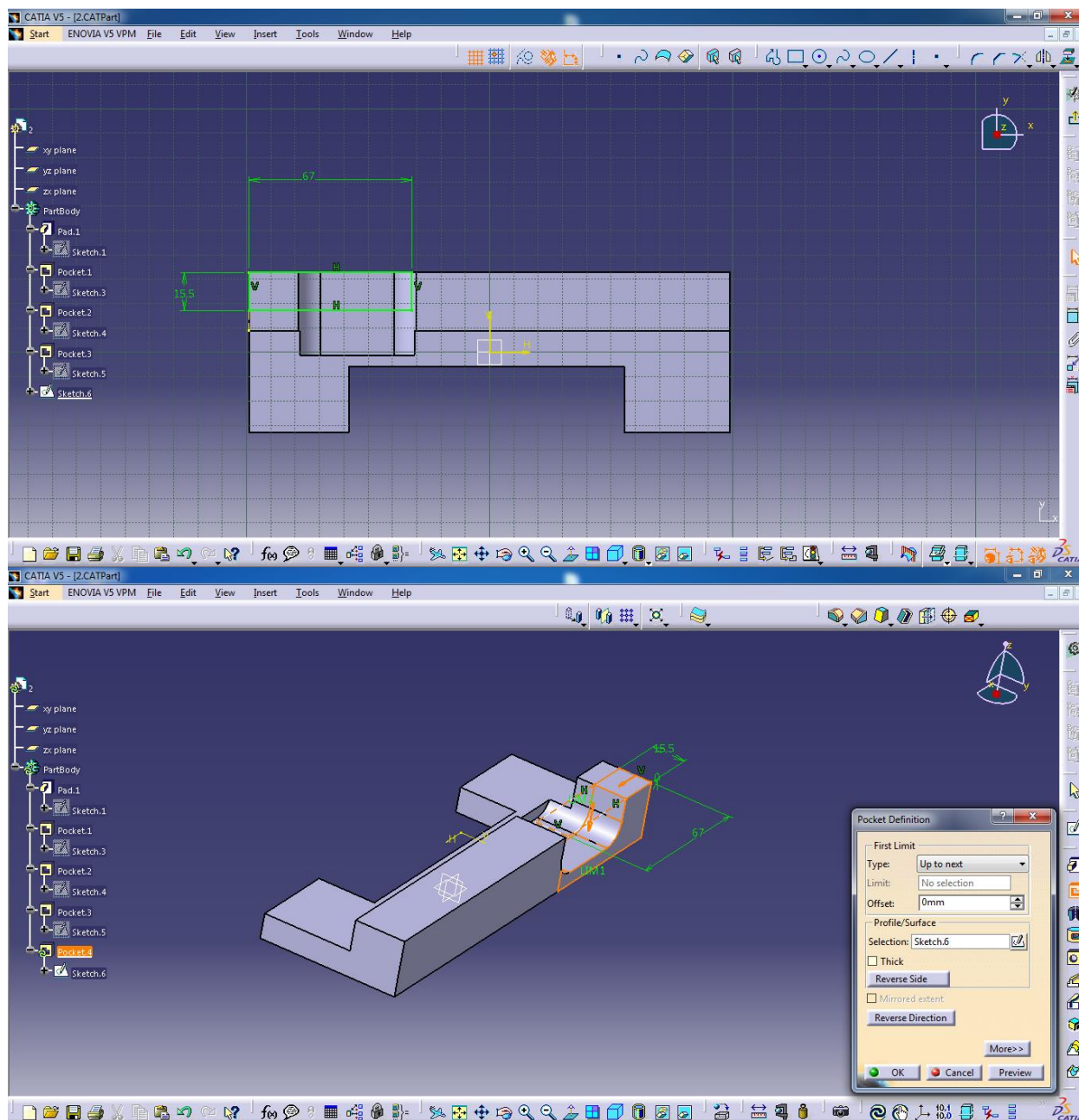
Такође су задовољени сви услови при скицирању, скица је потпуно зелена (контурне линије).

Пети корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-*, (слика 32.).



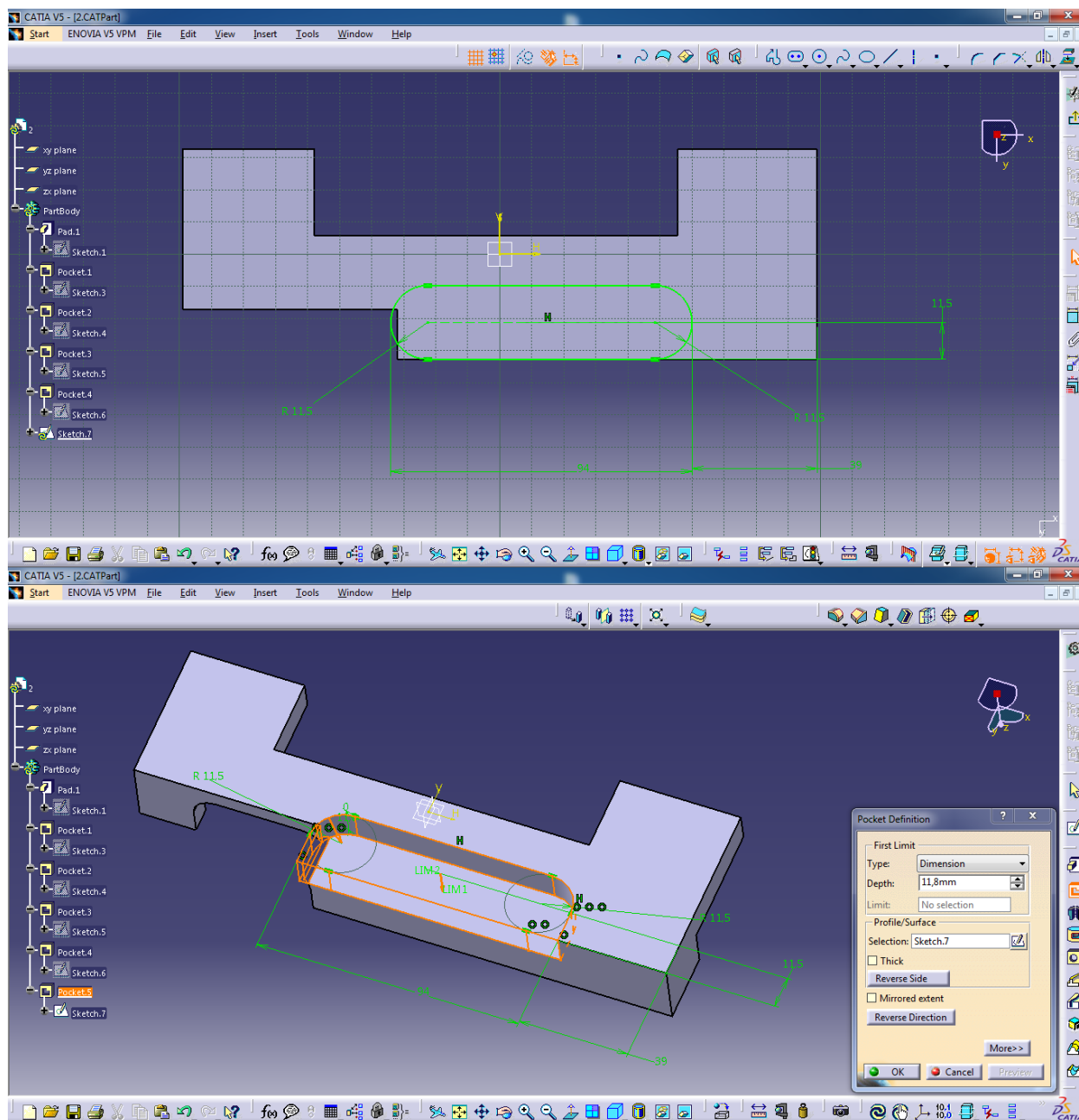
Слика 32. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Шести корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 33.).



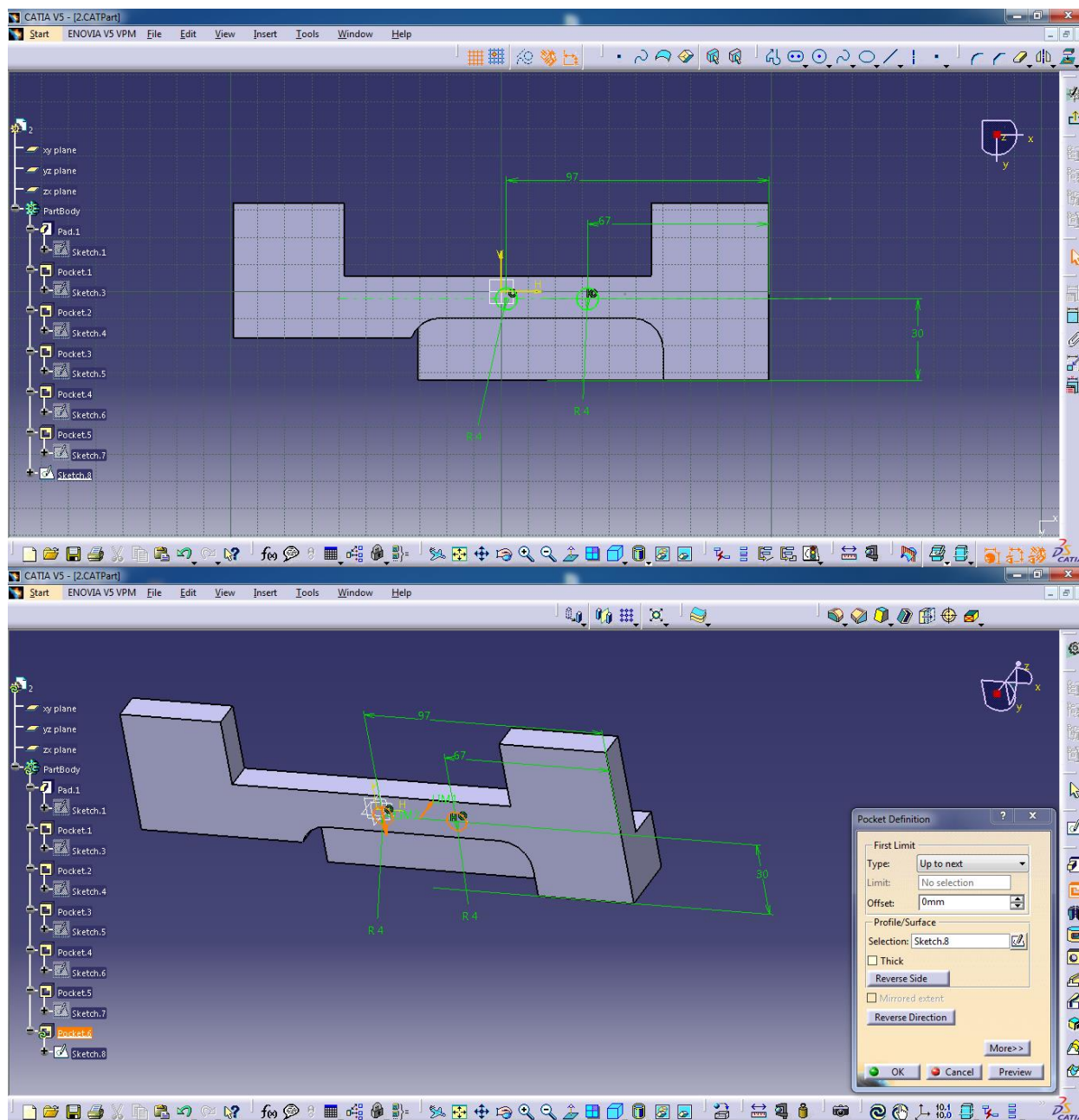
Слика 33. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Седми корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 34.).



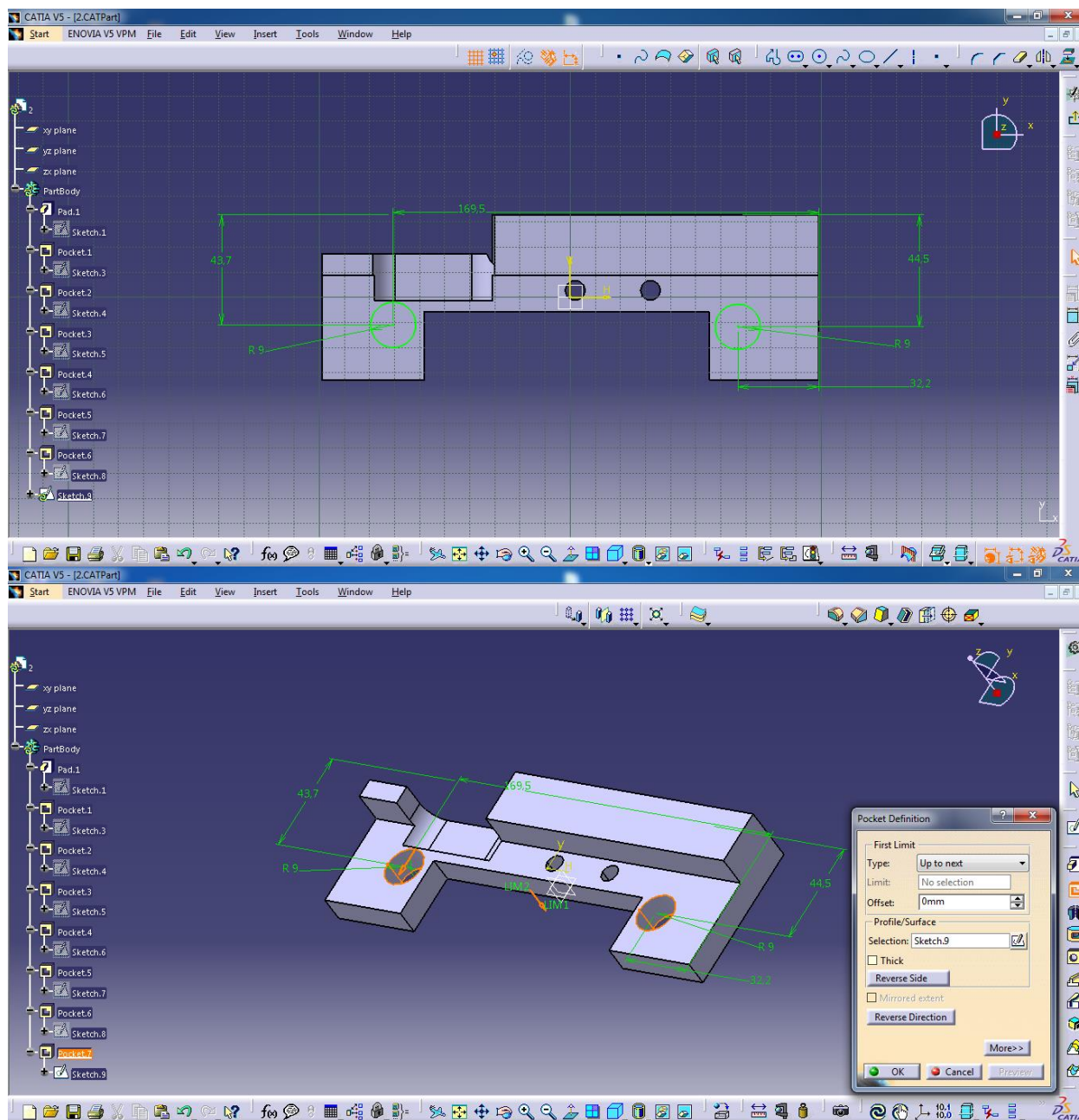
Слика 34. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Осми корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 35.).



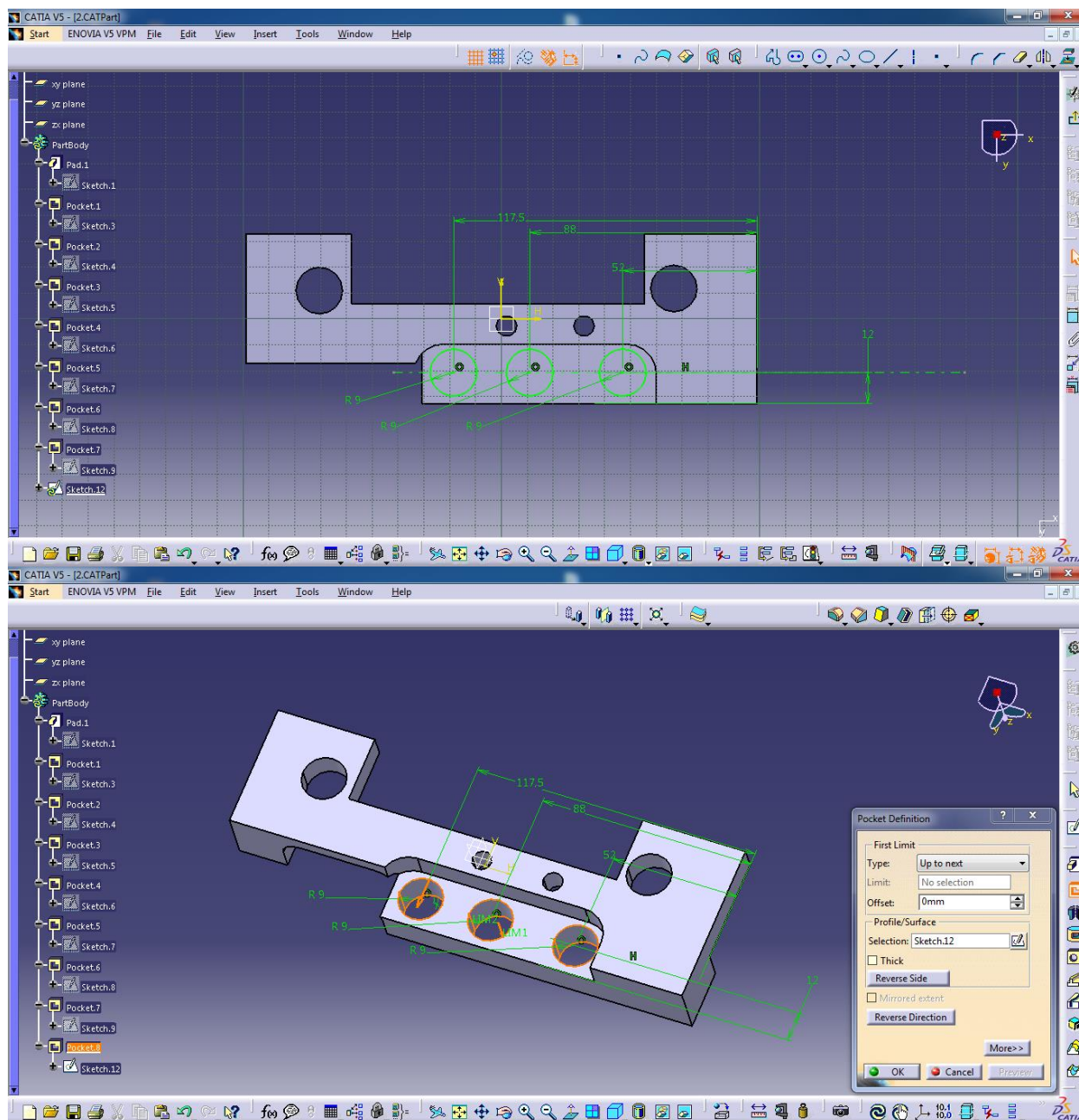
Слика 35. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Девети корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 36.).



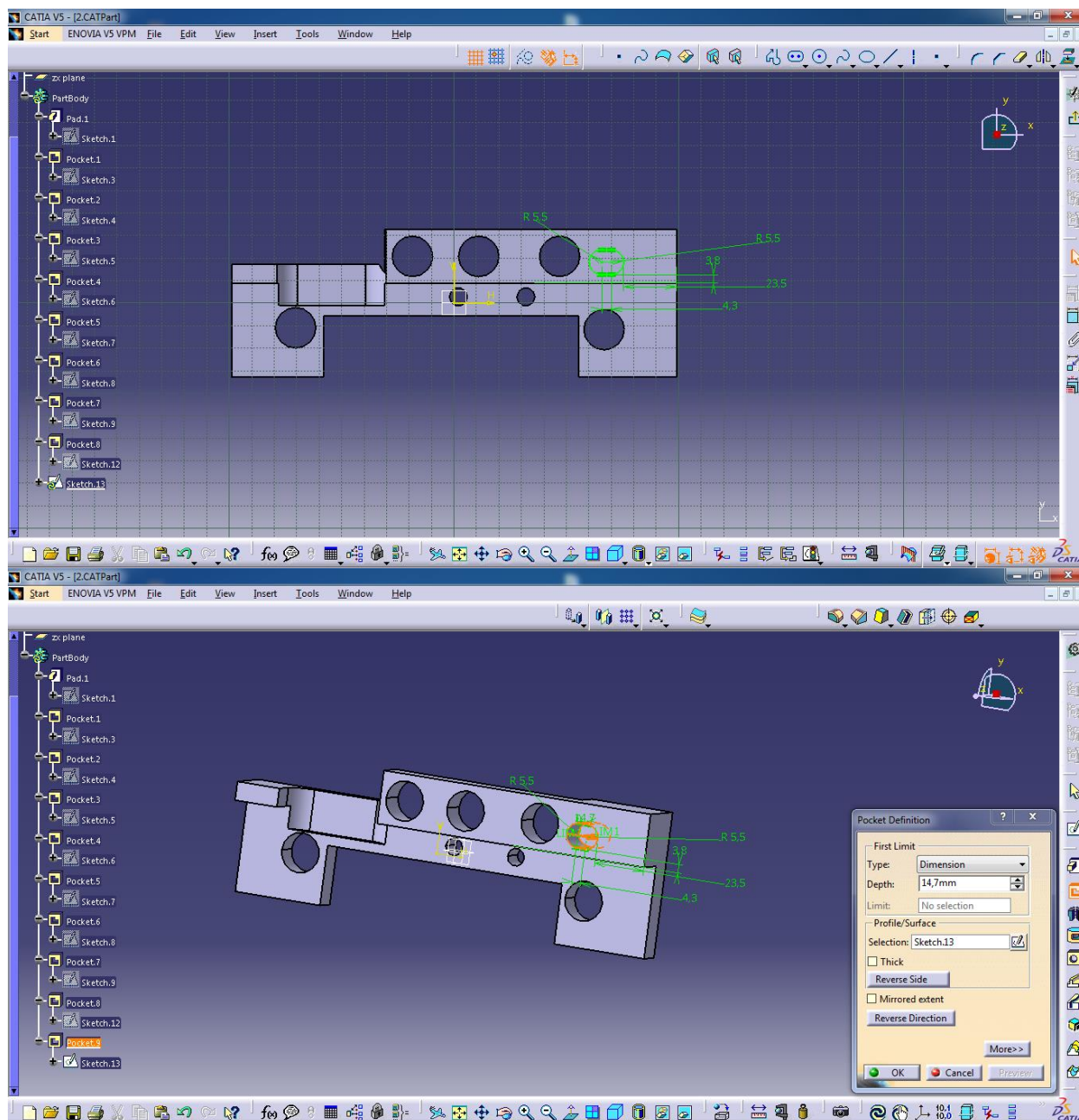
Слика 36. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Десети корак, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 37.).



Слика 37. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

Завршни корак и коначни изглед вођице *TCZ OP10 DX*, коришћење радног окружења *Part Design* и опције *Sketch-a* и *Pocket-a*, (слика 38.).



Слика 38. Коришћење *Sketch-a* и *Pocket-a*

5.7. Израда техничке документације

Технички цртежи у програмском пакету *Catia V5 R21* аутоматски се генеришу на основу модела производа. Карактеристика асоцијативности која одликује све савремене *CAD* софтвере значајно олакшава извођење модификација, како на моделима, тако и на цртежима. Наиме, свака промена учињена на моделу изазваће аутоматску корекцију цртежа, и обрнуто, уколико се модификује цртеж аутоматски ће бити измењен и модел. [13]

Модул *Drafting* обезбеђује алате за генерисање укупне техничке документације, чији један сегмент чине технички цртежи.

Палете алата које су коришћене за генерисање техничке документације могу се видети (слике 39-42.) .



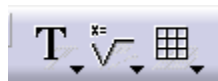
Слика 39. Креирање основног и изометријског изгледа [13]



Слика 40. Креирање дужинске коте, угаоне, радијуса, оборене ивице, пречника, навоја [13]



Слика 41. Креирање ознаке за унутрашњи навој, осне линије, осне линије кружних елемената [13]



Слика 42. Креирање квалитета обрађених површина и текстуалне напомене [13]

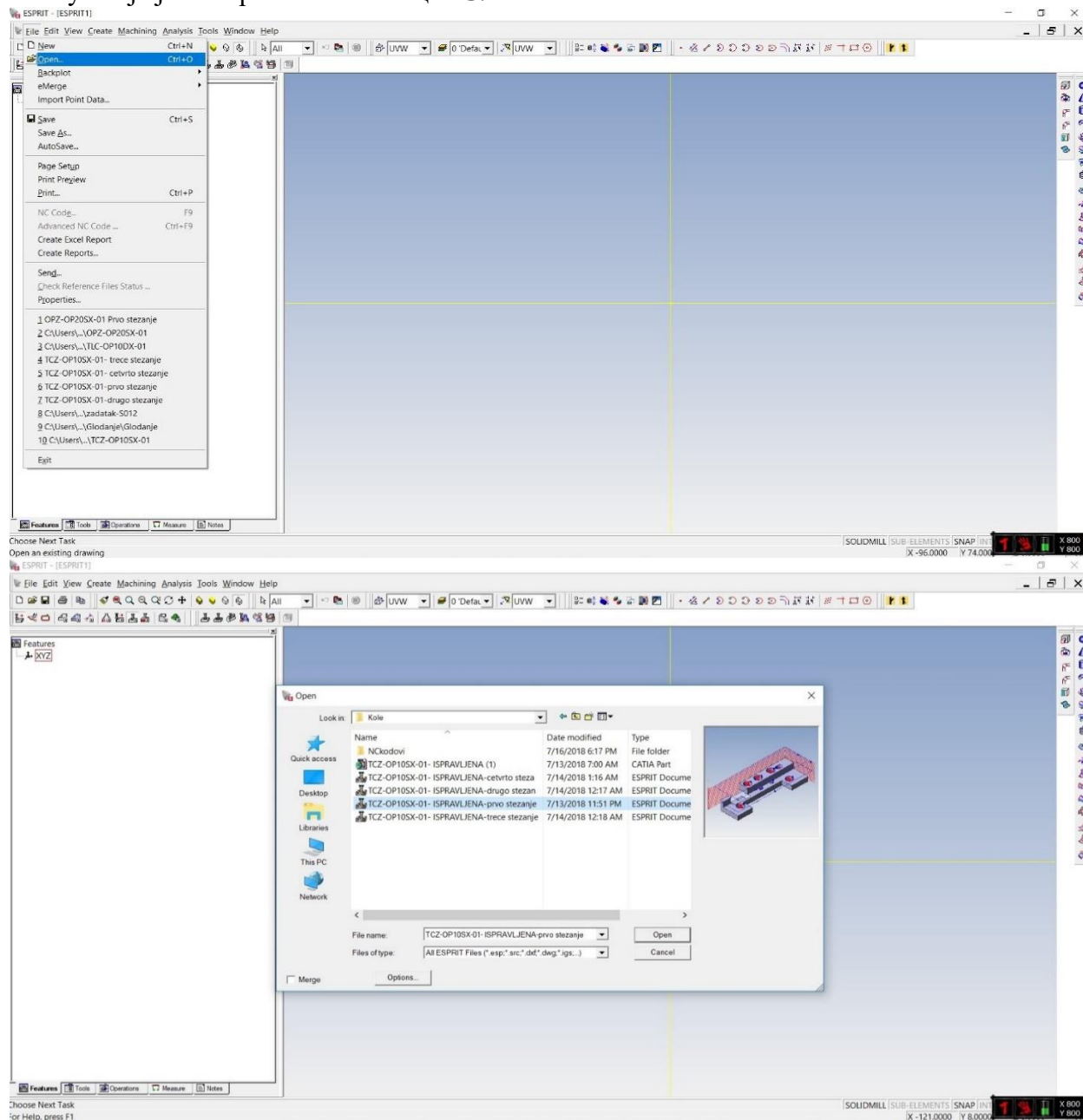
Пошто је завршено генерисање техничке документације, следећи корак је генерисање *NC*-кода.

5.8. Израде NC- кода у софтверском програму *EspritCAM*

Општи поступак покретања програма за машинирање *EspritCAM* се спроводи на следећи начин, (слика 43.):

- Покретање програма *EspritCAM*,
- Увожење 3Д модела.

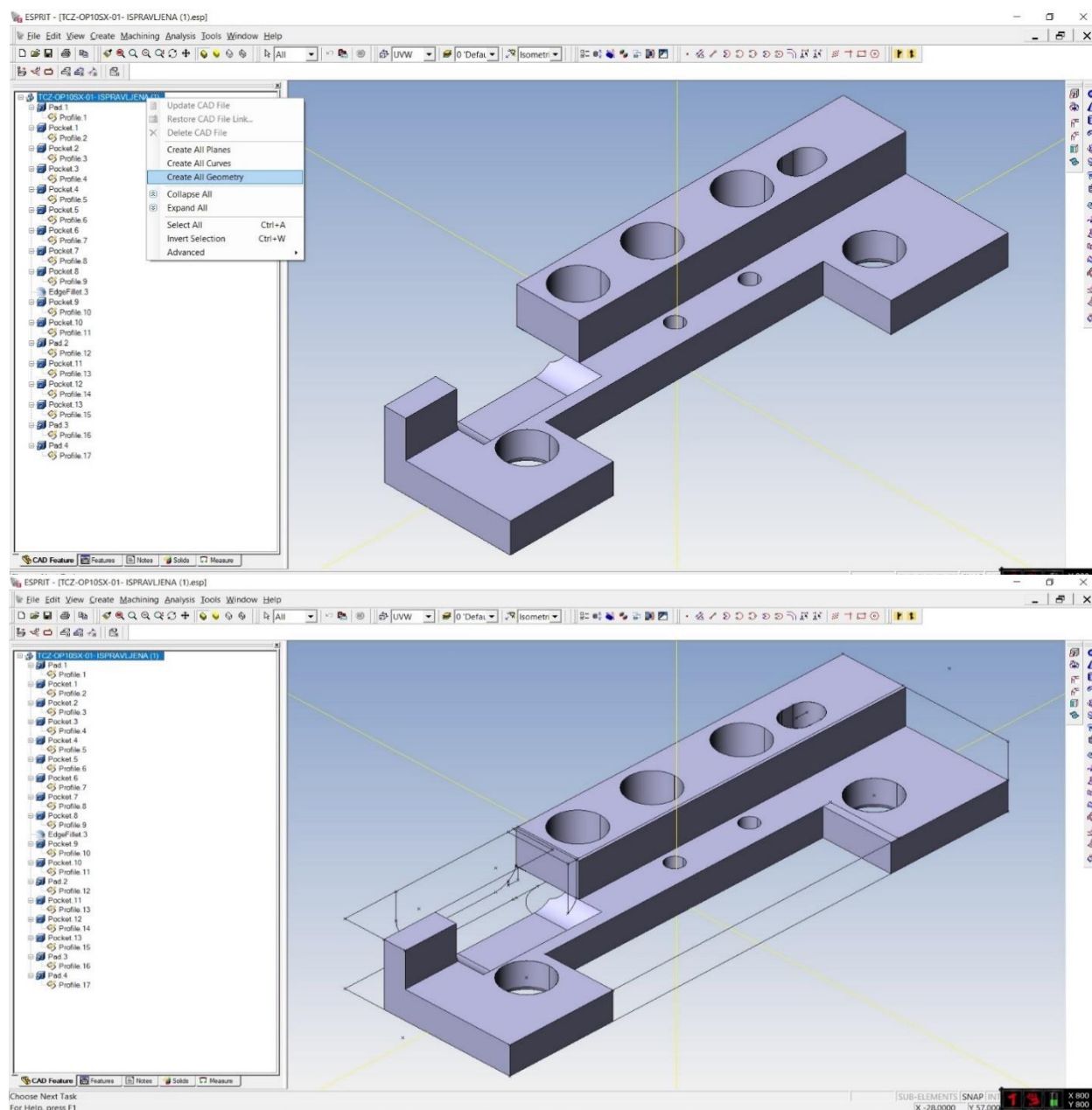
Поступак је јасно приказан на слици 43.



Слика 43. Радна површина у програму *EspritCAM*

Након што се инпортује 3Д модел у радну површину, потребно је да креирати геометрију дела (3Д модела). Геометрија представља габаритне димензије дела по ком ће се накнадно одредити путање кретања алата на *CNC* машини.

Уколико се моделирање врши унутар програма *EspritCAM* геометрија дела који се израђује је аутоматски креирана од стране истог, док уколико увозимо део (3Д модел) из другог софтверског програма, потребно је мануелно креирати геометрију тела, као што је приказано на слици 44.

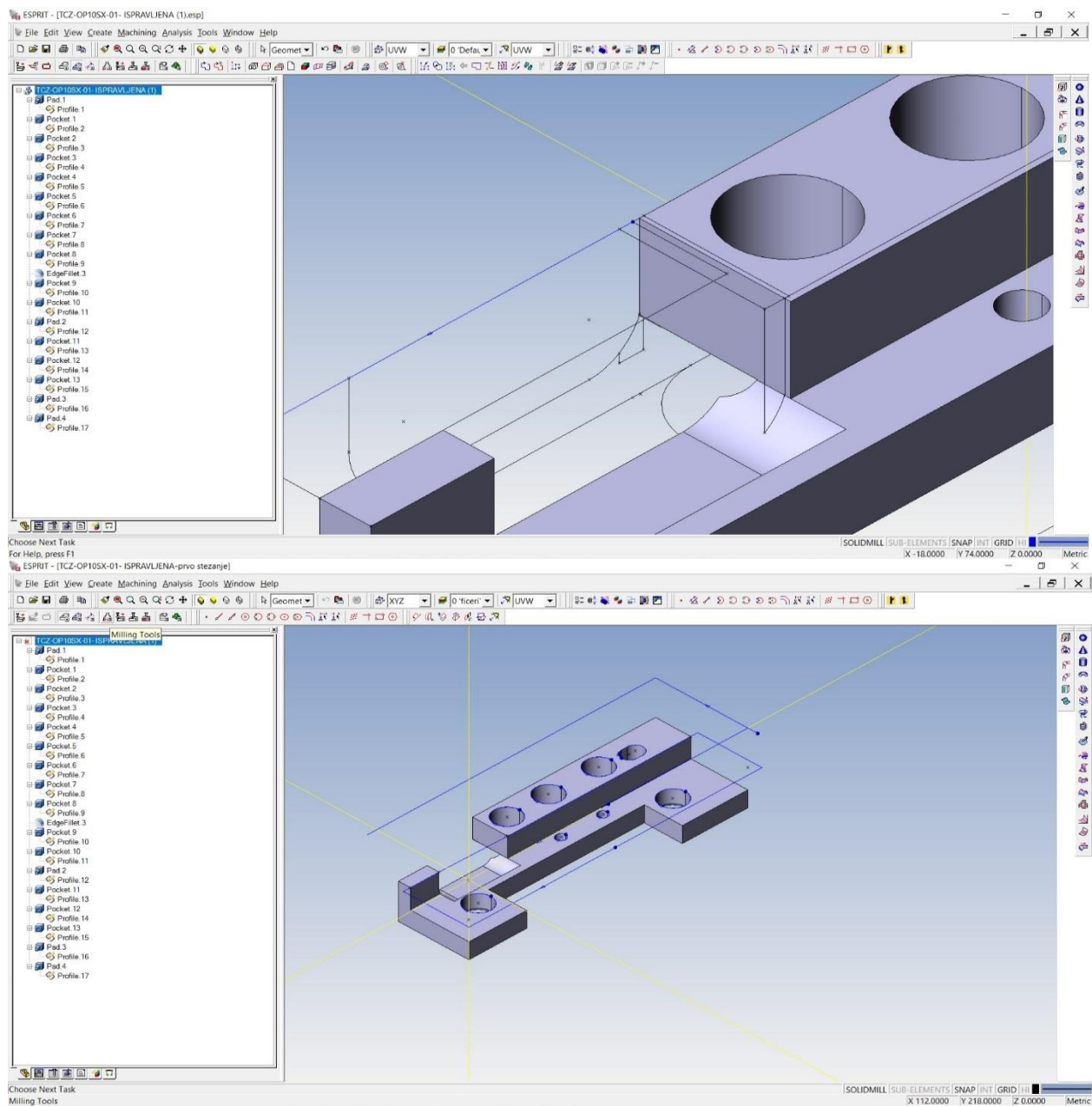


Слика 44. Креирање геометрије дела

Пошто је одређена геометрија дела који се израђује, потребно је одредити *features* који представљају путању кретања алата при обради дела. Помоћу геометријске линије која је одређена у претходном кораку, дефинише се *features*. Поступак је приказан на слици 45.

Постоје различити врсте *features* за различите обраде:

- обрада контура,
- израда отвора и рупа,
- израда „цепова“.



Слика 45. Креирање *features*

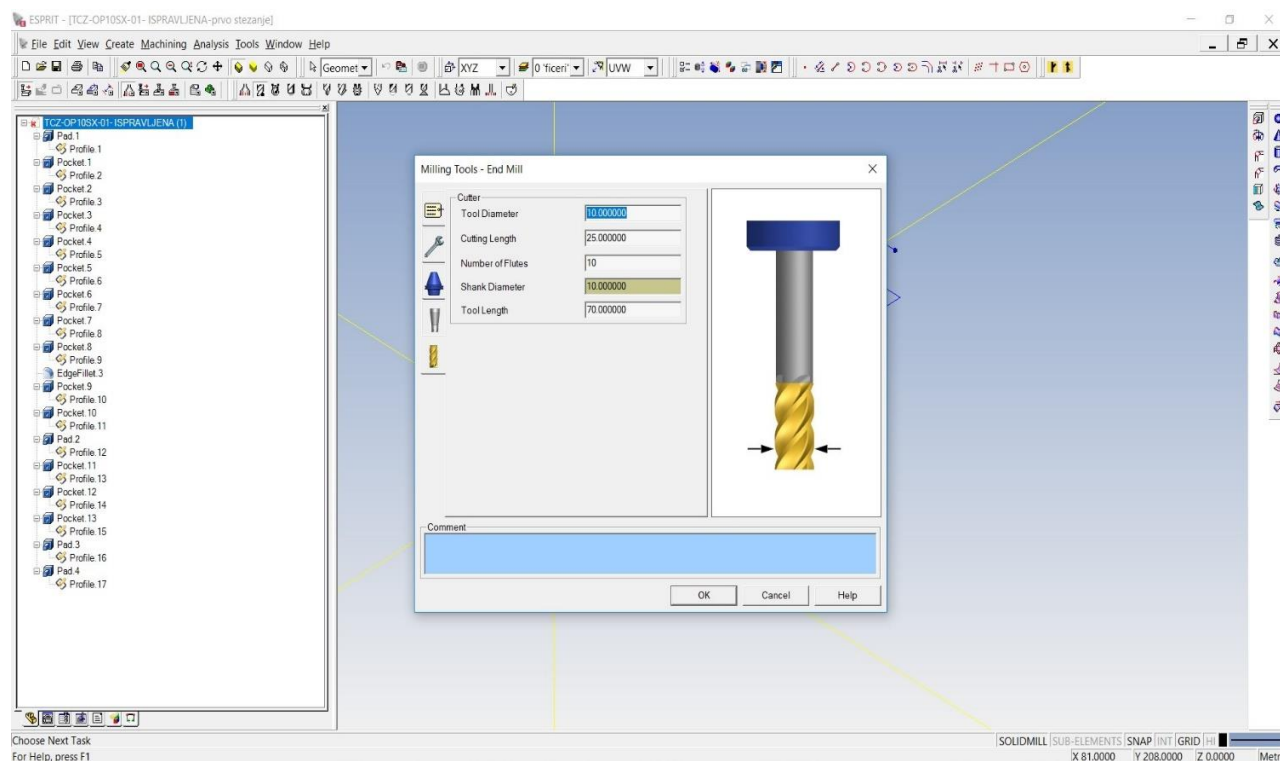
Да би се дефинисао алат, потребно је да се одреди врста обраде дела. Када се одреди врста обраде дефинишу се параметре алата.

Параметри алата су:

- име алата (вртенасто глодало),
- број алата у носачу алата,
- тип носача алата,
- пречник алата,
- дужину резно дела,
- број резних ивица,
- дужину алата.

У овом примеру дефинисани алат је вртенасто глодало, број алата 1, $\text{D}10$, 30 *mm*, две и дужина алата 80 *mm*.

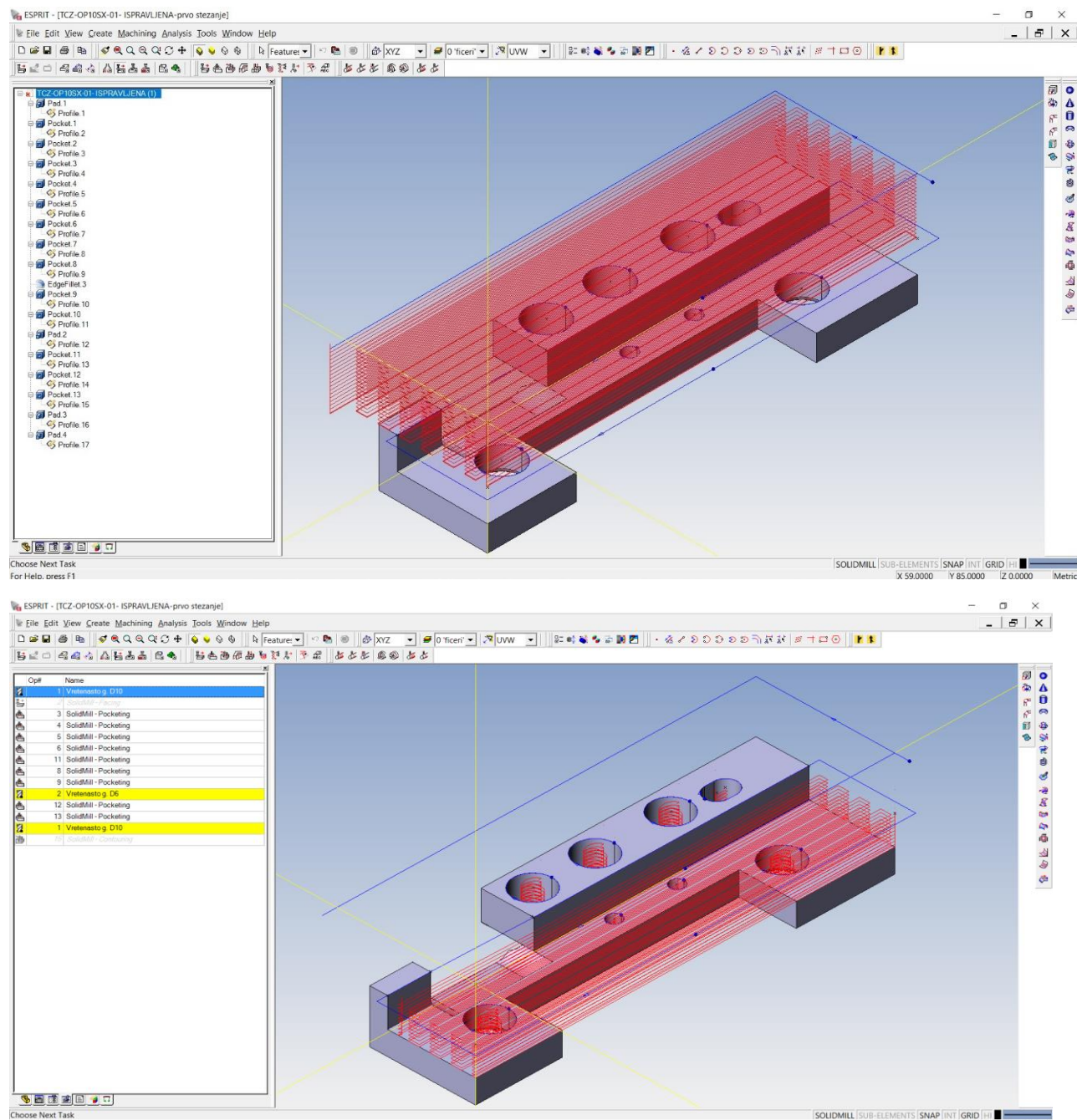
Након што су дефинисани сви параметри, потребно је дефинисати тип обраде. Поступак дефинисања типа обраде приказан је на слици 46.



Слика 46. Дефинисање алата за обраду дела

Приликом дефинисања обраде коришћени су следећи типови:

- чеоно глодање (*facing*),
- израда „џепова“ (*pocketing*),
- контурно глодање (*contouring*).



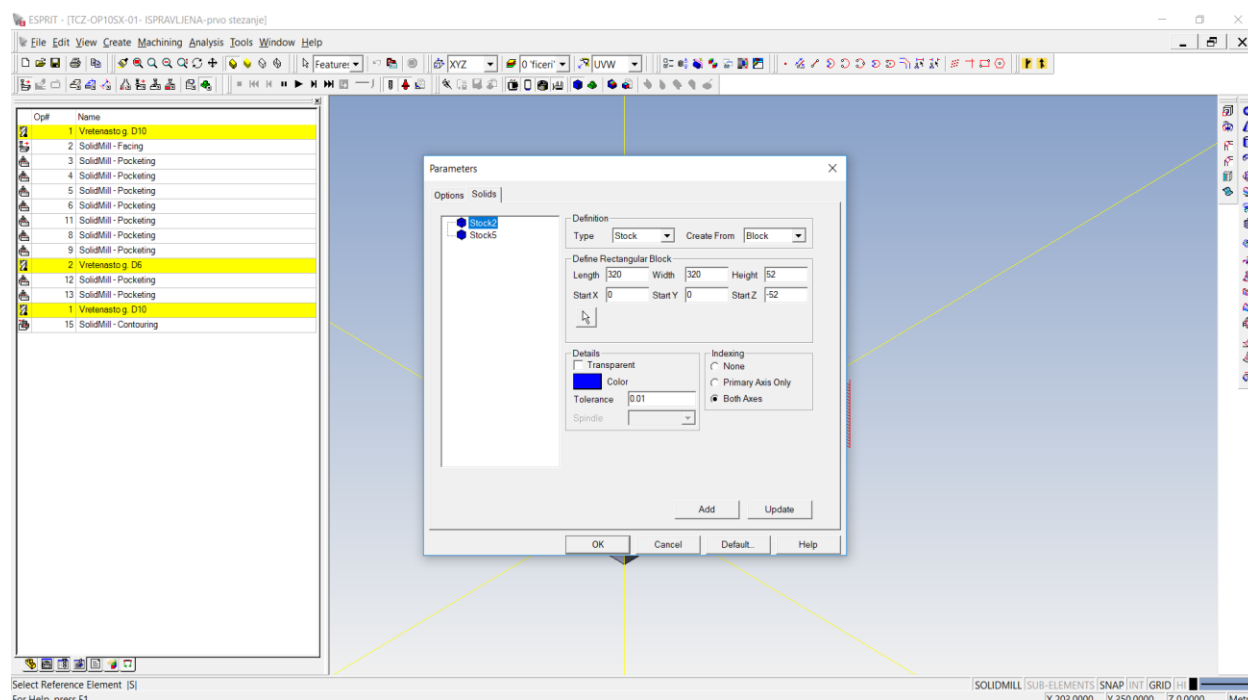
Слика 47. Дефинисање типа обраде

Након што је изабран тип обраде, потребно је дефинисати параметре обраде.

Параметри обраде су:

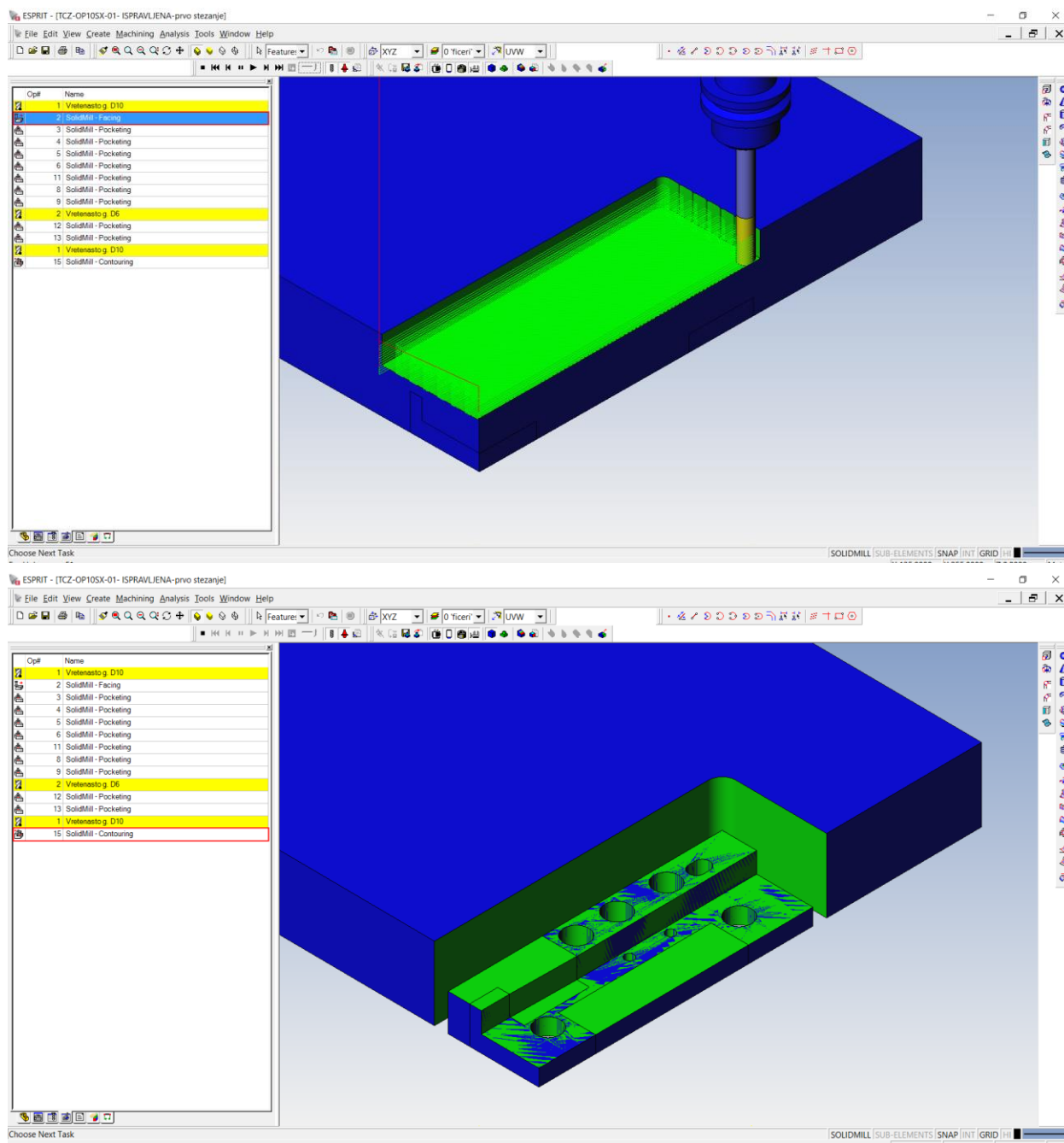
- врста алата,
- брзину вретена,
- брзину кретања по ху оси,
- брзину кретања по z оси,
- дубина обраде,
- дубина обраде по једном пролазу

У овом примеру параметри обраде су вретенасто глода Д10, 3500 О/мин, 1500 *mm* /мин, 500 *mm*/мин, 25.8 *mm*, 1.5 *mm*. Избор параметра обраде приказан је на слици 48.



Слика 48. Дефинисање параметра симулације дела

У параметру за симулацију дела уносе се реалне габаритне димензије припремка, које су у овом случају 320x320x52 *mm*, припремак је достављен од стране *FCA group*. Након што су дефинисани параметри алата, параметри обраде и параметри симулације дела врши се провера израде дела. Провера израде дела, односно провера на основу симулације приказана је на слици 49.



Слика 49. Симулација кретања алата и израде дела

Симулацијом кретања алата и израдом дела проверава се да ли ће доћи до коализије алата са припремком и добија се коначни изглед обрађеног дела.

У конкретном случају постоје 4 стезања и за свако стезање поступак дефинисања је исти, с тим што су параметри другачији у зависности од стезања обрадка.

Пошто се све провери преко симулације кретања алата, следи генерисање NC-кода, који се аутоматски генерише у софтверском програму *EspritCAM*.

6. Израде вођице на Haas CNC глодалици

The TM Series Toolroom Mills су приступачне и једноставне машине за употребу и нуде прецизну контролу са *Haas CNC system*, слика 50. Веома су једноставне за учење и рад, чак и без познавања *NC*- кода. Ове машине су савршена опција за школе и компаније које прелазе на *CNC system*. Раде са једнофазним и трофазним напајањем, користи конверзациони програмски систем, поседује даљинску контролу и прва производња је започета у *USA*. [19]



Слика 50. Изглед Haas CNC глодалице [20]

Основна спецификације машине:

- X – оса – 762 mm
- Y – оса – 305 mm
- Z – оса – 406 mm
- Максимална брзина 4000 rpm
- Максимална тежина припремка 454kg
- Максимални погон мотора за осе 8896 N
- Тежина машине 2042 kg
- Компромовани ваздух

У првом делу рада детаљно је објашњен поступак генерисања *NC*- код у софтверском програму *EspritCAM*. *NC*- код се инпортује у *PC* рачунар, који је повезан са управљачком јединицом *Haas CNC* глодалице, након што је извршено инпортовање кода, врши се симулација, односно провера *NC*- код у управљачкој јединици машине. Пошто се све провери и утврди да не постоје грешке, прелази се на следећи корак. Пре него што се крене у обраду дела, потребно је извршити стезање припремка и нулирање алата. Пошто се све заврши, стартује се програм и започиње физичка обрада дела.

7. Cost Benefit

Напомена:

Политике пословања компаније Фиат, не дозвољава да се јавно износе бенефит који се остварен, као ни финансијске извештаје. Такође основни циљ Стандард Каизен-а јесте јасно приказати све бенефите, у кокретном случају то није урађено због политике пословања.

Бенефит који је остварен кроз овај рад, биће предстаљен илустрацијом.

Предмет	Цена пре модификација	Цена после модификације	Време замене вођице пре модификације	Време замене вођице после модификације
Вођица	1 динар	1 динар	10 дана	30 дана
Радни сат	1 динар	1 динар		

Компаније Фиат на месечном нивоу потроши за пороцбину оштећених вођица 1 динар, док на годишњем нивоу утроши 12 динара.

Цена једне основне *Haas CNC* глодалице износи 14 динара, што значи да би се машина исплатила кроз 14 месеци. Цена радног сата радника у одељењу Одржавања се не мења.

Уколико би се компанија Фиат одлучила за куповину *Haas CNC* глодалицу одељењу Одржавања, након 14-тог месеца остваривала би тотални бенефит од 1 динара по месечном нивоу. Овај део се односио на финансијски извештај бенефита израде вођица само за Каросерију а треба напоменути да се може израђивати и за остале делове компаније.

Компаније Фиат има велики број екстерних фирми које раде различите дораде и израде везане за старе или нове делове и алате у зависности од тренутне потражње. Каросерија поседује две велики производне хале где има велики број делова који би могли да се производе унутар компаније где се радни сат радника не би мењао а остварио би се бенефит од израде и модификације.

Укупан број вођица у Каросерији износи приближно 432, у раду је представљена вођица која је најфреквентнија током производње, односно највећи број пута се мења.

8. Закључак

У уводном делу објашењено је унутрашње пословање компаније Фиат, као и методологија која се користи за свакодневно решавање проблема у производњи. Описан је поступак израде Каизена. Такође урађен је Стандард Каизен како би јасно дефинисали узрок и настанак проблема, као и методологија за решавање насталих проблема.

Помоћу Стандард Каизена и анализе помоћу WCM алата установљено је да је дошло до појаве замора материјала, адхезивног и абразивног хабања. Након што је установљен узрок и настанак хабања вођице, у раду су описане врсте хабања које се јављају као узрочни проблеми оштећења вођице.

Такође у раду је детаљно описан поступак израде 3Д модела (дела) модификоване вођице за позиционирање тачака на алатима са мануелним клештима. Израда 3Д модела извршена је у софтверском програму *Catia V5*.

Након што је завршен 3Д модел, генерисана је техничка документација у истом софтверском програму, у раду су дефинисане палете алата које су коришћене за генерисање техничке документације.

У раду је корак по корак објашњено генерисање NC- кода у софтверском програму *EspritCAM*, затим су дефинисани параметра алата, обраде и број стезања.

У делу под насловом *Cost benefit* изршено је представљање бенефита кроз симулацију бројева, политика компаније *FCA Group* не дозвољава изношење поверљивих ствари који се тичу финансијских извештаја, као ни других поверљивих докумената компаније.

Завршни део рада објашњава основне карактеристике машине на којој је израђена вођица за позицију тачака на алатима са мануелним клештима.

Уколико се детаљно анализира сваки настали проблем овог типа, са дефинисаним циљевима и прикупљеним анализама може се доћи до јасно дефинисаних поступака за њихово решавање, као и уштеда одређене количине финансија на годишњем нивоу.

Треба напоменути да је компанија *FCA Group* усвојила и покренула поступак примене оваквог начина анализе и модификације вођица за све вођице у Каросерији, као и све делове који се могу модификовати на објашњени начин у овом раду.

9. Литература

- [1] Интерна документација Фиат Компанија
- [2] Тодоровић П., Основи одржавања, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, 2016.
- [3] Wilson L. (2009) How to Implement Lean Manufacturing, McGraw-Hill Professional
- [4] QAD Enterprise Applications, (2015) Training Guide Qad Lean Manufacturing
- [5] Vasiljević, D. (2011) Implementacija kaizen poslovne filozofije – program kontinuiranog unapređenja poslovnog procesa. Ekonomski horizonti, 13(2), 25-43
- [6] Јеремић, Б., Тодоровић, П., Мачужић, И., Ђапан, М., Милошевић, Раденковић, М., Вучковић, Ђ. (2013), Основи Леан производње, Крагујевац, Факултет инжењерских наука
- [7] Пешић – Ђокић, С., Ђокић, И. (2009) Каизен пројекти у седам корака, 36. Национална конференција о квалитету, Крагујевац мај 2009.
- [8] Арсовски, С., Ђокић И. (2011) Квалитет и производња свестске класе, 38. Национална конференција о квалитету, Крагујевац мај, 2011.
- [9] Танасијевић С., Основи тибологије машинских система, научна књига, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 1989.
- [10] Танасијевић С., Триболошки исправно конструисање, монографија, Машинских факултет у Крагујевцу, 2004.
- [11] <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/sr/>, пдф, <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/predmeti/Inzenjerstvo%20povrsina/IP%20-%20vezba%207%20-%20tribologija%202017.pdf>, приступио 15.02.2019. године
- [12] Јосифовић Д., Испитивање машинских конструкција, Машинских факултет Универзитета у Крагујевцу, 2000.
- [13] Девеџић Г., Ђуковић С., Петровић С., Максић Ј., 3Д моделирање производа, Методичка збирка задатака, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, 2009.
- [14] Бјековић М., Моделирање машинских елемената, Универзална збирка задатака, Књижевни клуб Моравски токови – Трстеник, 2008.
- [15] Девеџић Г., Ђуковић С., Петровић С., Максић Ј., Практикум за CAD/CAM, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2015.
- [16] <http://www.fink.rs/sr/>, пдф, http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/117056/mod_resource/content/1/WCM%20i%20BZR.pdf, приступио 23.02.2019. године
- [17] софтверски програм, Catia V5 R21

[18] софтверски програм, *EspritCAM*

[19] <https://www.teximp.com/>, пдф, <https://www.teximp.com/sr/CNC-glodaki-centri>,
приступило 25.02.2019. године

[20] <https://www.1stmachineryauctions.com/>, пдф, <https://www.1stmachineryauctions.com/lots/haas-tm-2ce-toolroom-cnc-milling-machine-2006-1>,
приступило 10.03.2019. године

		STANDARD KAIZEN / PDCA				Grupa / UTE		Maintenance engineering		
Shop: Body Shop						Machine:		Guide		
						Number of project :		12./2018		
		Modifikacija vođice za pozicioniranje tačaka na alatima za manuelno zavarivanje								
Kategorija:	SC	☐ S(Sigurnost na radu) ☐ QC(Kontrola kvaliteta) ☐ EEM(Rano upravljanje opremom)		☐ WO(Organizacija radnih mesta) ☐ L(Logistika)		☐ AM(Autonomno održavanje) ☒ PD(Upravljanje ljudima)		☒ PM(Profesionalno održavanje) ☐ E(Ekologija)		
PLAN		Opis - 5W + 1H analysis				Koren uzroka - 4M		DO		
1. What: Vođica za pozicioniranje tačaka na alatima za manuelno zavarivanje, materijal Poliamid PA6						ČOVEK MAŠINA MATERIJAL METODE		Opis:		
2. Where: Na alatu za pozicioniranje dela, linija TCZ, operacija 10 DX								Prilikom oštećenja vođice dolazi do loše pozicije tačke a samim tim se dovodi u pitanje i kvalitet zavarenog spoja.		
3. When: Svakih dve nedelje od dana postavljanja nove vođice.								Planovi aktivnosti:		
4. Who: Operater na manuelnoj stanici ima uticaj na anomaliju, kao i kvalitet vođice.								1. Analiza slobodnog prostora na alatu		
5. Which: Anomalija se javlja hronično.								2. Skiciranje modifikovane vođice		
6. How: Prilikom izvođenja operacije, operater manuelnim kleštima udari u vođicu, takođe i prilikom spajanja limova tačkastim zavarivanjem dolazi do oslabljavanja toplote koja utiče na oštećenje vođice.								3. Izrada 3D modela (Catia)		
								4. Izrada tehničke dokumentacije		
								5. Izrada prototipa na 3D printeru BlueTek		
								6. Postavljanje i provera pozicije tačaka zavarivanja - (prototip)		
								7. Izrada G-code za CNC mašinu		
								8. Izrada modifikovane vođice na CNC mašin		
								9. Postavljanje vođice		
						Postavljeni ciljevi				
						1. Povećanje debljine zidova vođice zbog životnog veka.				
						2. Smanjenje troškova nabavke (komada) radni sat radnika održavanja (zamena vođice), cena radnod sata.				
BEFORE		Napomena: Oslabljeni zidovi na novim vođicama.								
		ACT/ PRIMENA						CHECK/ PROVERA		
Ovu aktivnost (analizu i modifikaciju) primeniti na svim frekventnim vođicama na alatima za poziciju tačaka za spajanje dva ili više lima zavarivanjem manuelnim kleštima.						Proverom je utvrđeno da modifikovana vođica ima duži radni vek u odnosu na vođicu pre modifikacije i u potpunosti garantuje idealnu poziciju tačka zavarenog spoja. Izvršenom modifikacijom smanjili smo frekventnost zamene vođice sa dve nedelje na šest nedelja.				
						* Zbog politike FCA nije mi dozvoljeno da javno iznosim benefit. Dovoljno je reći da bi se kroz godinu dana isplatila kupovina nove CNC mašine i u sledećoj godini bi bio ostvaren totalni benefit.				
Authors of improvement: Nikola Kostic		Date: 10.12.2018.		Realised by: Nikola Kostic		Date: 10.12.2018.		Cost:		
								Benefit:		
								Result:		
								B/C		
								Verification:		