

**Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство**

**Ниво студија: Мастер академске студије**

**Модул: Производно машинство**

**Предмет: Савремени обрадни системи**

**Број индекса: 366/2013**

**Маријана Б. Алексијевић**

**Анализа процеса производње страница воза и  
могућности унапређења**

**Мастер рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. **Др Богдан Недић -ментор**

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

**Резиме:**

У савременој индустрији све је заступљенија CNC обрада резањем као оптималан избор обраде. Наиме, ова обрада се одликује ефикасношћу, брзином, високим квалитетом и тачношћу и лаким управљањем. Индустрија се развија из дана у дан, те је све већа потреба за комплекснијим обрадама, а сложеност машинирања захтева снажне и иновативне машине попут SAHOS-а, 5-осног обрадног центра за резање алуминијума. У овом раду је испраћен ток производње странице воза као комплексан део сложене геометрије и великих димензија, коју је немогуће обрадити једноставним машинама. Део рада је посвећен развијању процеса оптимизације производње страница вагона као додатак овом сложенем процесу.

У овом раду је сажет и детаљно описан процес производње и примењене оптимизације странице вагона од алуминијума у сарадњи са фирмом "Милановић инжењеринг" и Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

**Кључне речи:** процес производње странице воза, обрада алуминијума, 5-осна глодалица, SAHOS обрадни центар.

**Abstract:**

In modern industry, CNC cutting is represented as the optimal choice of processing. Specifically, this processing is characterized by efficiency, speed, quality and accuracy and precise handling. Industry is developing day by day, and its growing need more complex treatments, and the complexity of machining requires both compelling and innovative machines like SAHOS, a 5-axis machining center for cutting aluminum. In this study was escorted flow of a manufacturing complex sites of train as part of a complex geometry and large dimensions that can not be handleed by simple machines. Part of the work is devoted to the development of optimization process of production wagons sites in addition to this complex process.

In this paper is summarized and described in detail the production process and general optimization of wagons site made of aluminum, in cooperation with " Milanović engineering" company and Faculty of engineering in Kragujevac.

**Key words:** manufacturing process of wagons sites, treatment of aluminum, 5-axis milling machine, SAHOS machining center

## САДРЖАЈ :

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| УВОД.....                                                                         | 6  |
| 1. ТЕХНОЛОШКА ПРИПРЕМА ПРОИЗВОДЊЕ КАО ОСНОВА ПРОИЗВОДНОГ СИСТЕМА .....            | 8  |
| 1.1. Производни процес.....                                                       | 10 |
| 1.2. Технолошки процес и његова структура.....                                    | 11 |
| 1.3. Елементи технолошког процеса.....                                            | 11 |
| 2. SANOS POWER TURBO – Обрадни центар.....                                        | 13 |
| 2.1. Опис машине.....                                                             | 14 |
| 2.2. Радни режими машине .....                                                    | 15 |
| 2.3. Обрадив и необрадив материјал.....                                           | 16 |
| 2.4. Радни и улазни простор .....                                                 | 17 |
| 2.5. Заштитна опрема машине .....                                                 | 17 |
| 2.6. Технички параметри.....                                                      | 20 |
| 2.7. Прикључење на енергетске мреже и вентилацију.....                            | 23 |
| 2.8. Управљачки панел.....                                                        | 23 |
| 2.9. Координатни систем машине .....                                              | 25 |
| 2.10. Радни сто .....                                                             | 25 |
| 2.11. Глава за окретање hs710 и hs778 са интегрисаним вретеном es789 и es510..... | 25 |
| 2.12. Измењивач алата.....                                                        | 26 |
| 2.13. Затезање алата – конуси.....                                                | 27 |
| 2.14. Електрично вретено es789/hsk a/f63 .....                                    | 27 |
| 2.15. Стезачи алата hsk и алат .....                                              | 29 |
| 2.16. Садржај графикона .....                                                     | 29 |
| 2.17. Одржавање машине .....                                                      | 30 |
| 2.18. Подмазивање .....                                                           | 30 |
| 2.19. Хлађење машине.....                                                         | 31 |
| 3. ПРОЦЕС ПРОИЗВОДЊЕ СТРАНИЦЕ ВАГОНА .....                                        | 33 |
| 3.1. Место (магацин) за припремке.....                                            | 35 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. Место за припрему страница пред заваривање .....                                     | 35 |
| 3.3. Заваривање .....                                                                     | 37 |
| 3.4. Место за исправљање страница .....                                                   | 38 |
| 3.5. Место за заварене странице.....                                                      | 39 |
| 3.6. Место за странице спремне за CNC обраду .....                                        | 39 |
| 3.7. Место за алуминијумски отпад (шпон и комади алуминијума) .....                       | 40 |
| 3.8. Место за готове комаде скинуте са SANOS глодалице .....                              | 41 |
| 3.9. Место за дораду, завршну контролу и паковање.....                                    | 41 |
| 3.10. Запаковане странице спремне за транспорт.....                                       | 42 |
| 3.11. Додатни процеси.....                                                                | 43 |
| 4. ЗАВАРИВАЊЕ – ОПИС ПРОЦЕСА.....                                                         | 44 |
| 5. ТЕХНОЛОГИЈА ОБРАДЕ СТРАНИЦЕ ВАГОНА.....                                                | 48 |
| 5.1. Технолошки лист .....                                                                | 48 |
| 5.2. Алати и операције које изводе .....                                                  | 50 |
| 6. КОНТРОЛА КВАЛИТЕТА .....                                                               | 60 |
| 7. АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ СТРАНИЦЕ<br>ВАГОНА .....              | 63 |
| 7.1. Унапређење капацитета радног простора коришћењем унифицираног стезног алата<br>..... | 64 |
| 7.2. Унапређење програмирања странице и тачности израде .....                             | 65 |
| 7.3. Унапређење алата за обраду страница .....                                            | 69 |
| 7.4. Побољшање контроле и мерних шаблона.....                                             | 76 |
| 8. ЗАКЉУЧАК.....                                                                          | 78 |
| 9. ЛИТЕРАТУРА.....                                                                        | 79 |

## УВОД

Услед повећања светске популације, напредак индустрије је неминован. Јавља се тежња за све већим бројем продуката, а услед тога и потреба за све комплекснијом производњом. Технологија напредује сваког тренутка, информација застарева за пар секунди, а потражња за продуктима расте из часа у час. Услед велике потражње јавља се и велика конкуренција, тачније трка са временом производње, потребе за све савременијим поступцима обраде, организацијом производње и високо стручним управљачким кадром. Како технологија напредује могуће је направити велике серијске производње што значи ниска цена производа, а исти квалитет. То је оно што једну фабрику чини конкурентном у свом окружењу и шире. Време се изједначава са ценом, а брзина обраде са квалитетом.

Брзину напредовања индустрије је лако показати баш на примеру воза – наиме, прве возове су вукли коњи у 19-том веку и то уз помоћ канапа, почетком 20-тог века јављају се и парне локомотиве, а недуго после њих се јављају и дизел возови. Само 60 година након тога, индустрија еволуира до чувених МАГ-ЛЕВ возова, покретних машина које се крећу брзином од преко 400 км на сат и то посредством електромагнетне левитације!

Најчешће коришћени возови данашњице јесу лаки алуминијумски возови са иновативним електромоторима. Европске државе имају потребу за све већим бројем оваквих видова транспорта.

Фирма "Милановић инжењеринг" у Крагујевцу је адаптирала своју фабрику за производњу нових алуминијумских страница за возове које се извозе у европске земље. У овом раду је описана анализа процеса производње странице вагона у циљу праћења производње и даљих побољшања. Систематизација и детаљан преглед производње алуминијумских страница возова је основа овог рада који има за циљ да да потпору за даљи рад инжењера.

У првом поглављу је дат уопштен преглед технолошке припреме производње као основе производног систем.

У другом поглављу је дат опис SАHOS обрадног центра, са свим спецификацијама, могућностима, режимима обраде, управљањем и другим операцијама. Уједно, овај део представља саму основу, јер једино овим обрадним центром је могуће извести обраду страница возова из разлога њене комплексне геометрије и величине.

У трећем поглављу је приказан процес производње страница вагона. Пропраћене су све позиције почев од магацина до финалне контроле дела и паковања.

Четврто поглавље даје кратак опис процеса заваривања. Процес је аутоматски, при чему се користи МАG/MIG поступак.

Технологија производње страница је представљена у петом поглављу. Процес је детаљно пропраћен почев од технолошког листа. Уједно су описани процеси који се дешавају на SAHOS обрадном центру, односно свака операција понаособ и алати који је прате.

Шесто поглавље описује контролу квалитета странице возова са приказом позиција које се мере као и датим контролним листом.

Основни облици унапређења су показани у седмом поглављу, у сажетом издању услед комплексности процеса побољшања.

На крају самог рада је направљен преглед свега што рад обухвата као и основа за даље унапређење процеса производње странице вагона.

Процес производње странице вагона представља изузетно сложен процес који је неопходно проучавати дуг период, непрестано вршити испитивања и тестирања, унапређивати и оптимизовати. Израда страница представља скуп процес производње који као финални производ имају продукт високог квалитета и тачности.

## 1. ТЕХНОЛОШКА ПРИПРЕМА ПРОИЗВОДЊЕ КАО ОСНОВА ПРОИЗВОДНОГ СИСТЕМА

Производни систем представља скуп основних технолошких система и осталих технички одређених информационих и енергетских структура, уређених на начин да обезбеде извршење постављене функције циља и остварење пројектованих ефеката. Производни систем везује технолошке системе, енергетске и информационе структуре и учеснике у процесу рада везама одређеног степена јачине, правца и смера. Технолошки систем представља најважнији подсистем производног система, пројектован за извођење операција рада на радним местима. У технолошке системе спадају обрадни, монтажни, мерни, транспортни, складишни и управљачки системи. Обрадне системе у оквиру технолошког система чине машине, са свим додатним елементима у које спадају прибори, алати, мерила, обрадци и послужоци. Основна функција сваког система се остварује кроз реализацију одговарајућих процеса. Инжењерски процеси представљају скуп међусобно повезаних активности, помоћу којих се врши трансформација информација, материјала и енергије, при чему се на излазу добијају готови делови или производи од сировина и полуфабриката или припремака. Упоредо са постојањем описаних система, постоје и одговарајући процеси, као што су пословни, производни, технолошки и обрадни процеси, слика 1. Пословни процес представља скуп процеса производних, економских и друштвених подсистема и елемената који повезују тржиште са пословним системима. Производни процес представља скуп међусобно повезаних активности, односно процеса рада, као што су припрема, обрада, транспорт, складиштење, контрола, одржавање, управљање, и др., помоћу којих се врши трансформација сировина и полуфабриката у производе.



Слика 1 – Шема хијерархијских односа у пословним системима [1]

Технолошки процес је део производног процеса који се састоји од скупа међусобно повезаних активности, односно операција рада са циљем трансформације припремака у готове делове, или делова у подсклопове, склопове и готове производе. Обрадни процес је део технолошког процеса који се састоји од скупа активности, које припремак трансформишу у обрадак или готов део, у смислу промена физичко-хемијских карактеристика, облика, димензија, итд. у сагласности са прописаним техничко-технолошким захтевима појединих операција израде које се изводе на одговарајућим обрадним системима.

Функционалну структуру производног система чини скуп функција или подсистема условљених потребама вршења мисије, остварења циљева и спровођења политике производног система. Развијени модели производног система у себи садрже различите класификације и поделе, како функција тако и активности унутар функција. На основу анализе развијених модела може се закључити да су основне функције или подсистеми који фигуришу у већини од њих:

- ☐ Управљање предузећем,
- ☐ Маркетинг,
- ☐ Истраживање и развој,
- ☐ Комерцијални послови,
- ☐ Производња,
- ☐ Управљање економско-финансијским токовима,
- ☐ Општи послови и системска подршка.

Поједини подсистеми или функције као што су конструкциона припрема производње, технолошка припрема производње, планирање и управљање производњом, управљање квалитетом и др., врло често су интегрисане у неку од набројаних функција производног система, што никако не умањује њихов значај у функционалној структури производног система.

## 1.1. Производни процес

Под производним процесима подразумева се оно што се збива са предметима рада од уласка сировина у производњу до изласка готових производа. Производни процеси се састоје из следећих седам елементарних процеса:

- 1) рад на производним радним местима
- 2) контрола квалитета
- 3) унутрашњи транспорт
- 4) ускладиштење у производњи
- 5) превентивна заштита на раду
- 6) превентивно одржавање средстава за рад
- 7) обезбеђење енергије и флуида за производњу.

Пројектовати производни процес значи пројектовати свих седам елементарних процеса производње са нормативима:

- 1) времена
- 2) материјала
- 3) енергије и флуида
- 4) потребних радника и машина
- 5) уређаја и инсталација
- 6) просторија, зграде и круга радне организације
- 7) прилазних путева и зеленила

Подела производних процеса, према подели рада, може бити на:

- 1) главне
- 2) споредне
- 3) помоћне

Главни процеси обухватају непосредну израду готових производа за које сви уређаји, подсклопови или склопови не морају бити урађени у оквиру главних процеса. Ови делови се могу производити у оквиру неког другог производног процеса који такође чини засебну целину и представља споредни производни процес. У оквиру главног и споредног процеса увек су умешани и помоћни процеси који условљавају извођења прва два поменута. У помоћне процесе спадају енергетика, алатница, одржавање, унутрашњи транспорт и слично.

## **1.2. Технолошки процес и његова структура**

Технолошки процес [2] се може дефинисати и као део производног процеса који је везан за редослед и начин обављања технолошких операција у којима се врши промена облика, димензија, механичких и других особина сировина или полупроизвода у циљу добијања готових производа.

Технолошки процеси не постоје само у производњи већ и у другим делатностима, где су у питању односи међу људима и друштва.

Технолошки процес треба да буде тако пројектован да се обезбеди максималан учинак при нормалном напору радне снаге. Режији рада, машине, алати и прибори такође мора да обезбеде максималан учинак уз минималне губитке и улагања.

Пројектовање технолошког процеса укључује следеће активности:

- 1) избор полуфабриката
- 2) избор технолошких база
- 3) утврђивање типа технолошког процеса
- 4) дефинисање поступка и садржај операција
- 5) избор потребне технолошке опреме
- 6) утврђивање режима рада
- 7) дефинисање нормативних елемената процеса
- 8) избор профила и квалификације радне снаге
- 9) избор средстава механизације и аутоматизације и друго.

## **1.3. Елементи технолошког процеса**

При изради једног производа, технолошки процес се рашчлањава на технолошке поступке. Под технолошким поступком се подразумева скуп свих обрада на предмету обраде, који се изводе на одговарајућим машинама уз примену потребног резног, стезног и мерног алата као и режиме обраде. Елементи технолошког поступка су операције.

Под појмом операција подразумева се обрада предмета обраде на једној машини, односно на једном радном месту уз једну припрему машине. У оквиру једне операције може да постоји више подоперација.

Операција представља један положај предмета обраде у односу на машину и стезни алат или прибор. Подоперације се рашчлањавају на захвате.

Под захватом се подразумева истовремено дејство једног или више алата на једну или више обрађиваних површина једног предмета обраде при непроменљивом режиму обраде.

Типизирани захвати израде су:

- 1) стављање предмета обраде на машину

- 2) подешавање предмета обраде
- 3) стезање предмета обраде
- 4) подешавање машине
- 5) заустављање машине
- 6) мерење и контрола
- 7) отпуштање и скидање предмета обраде са машине

Сви поменути захвати имају за циљ да омогуће извршење захвата обраде. Захвати обраде се деле на пролазе.

Пролазом се врши скидање слоја материјала предмета обраде једним алатом. За извршење једног пролаза потребно је више покрета.

Покрет је елемент пролаза и обухвата примицање алата, резање, одмицање алата и слично.

## 2. SAHOS POWER TURBO – Обрадни центар

Обрадни центар за глодање серије POWER TURBO [4] је машина нове генерације која је развијена са усмеравањем на ефикасну, економску, безбедну и комфорну обраду производа. Машина је прецизна и поседује нумеричко управљање, а намењена је за обраде глодањем и бушењем. Овакав вид машина се производи у више модификација у зависности од дужине радног стола, дужине кретања појединих оса, врсте главе за бушење и глодање, врсте вретена, итд. Машина (слика 2) је 5-осна глодалица намењена за јако захтевне индустрије попут авио, свемирске, бродоградње, аутомобилске. Намењена је за обраду великих делова, калупа, шаблона, сечење композита и пластичних делова, као и алуминијумских легура.

Предузеће "Милановић Инжењеринг" Крагујевац поседује обрадни центар оваквог типа са карактеристикама које су дате даље у тексту.



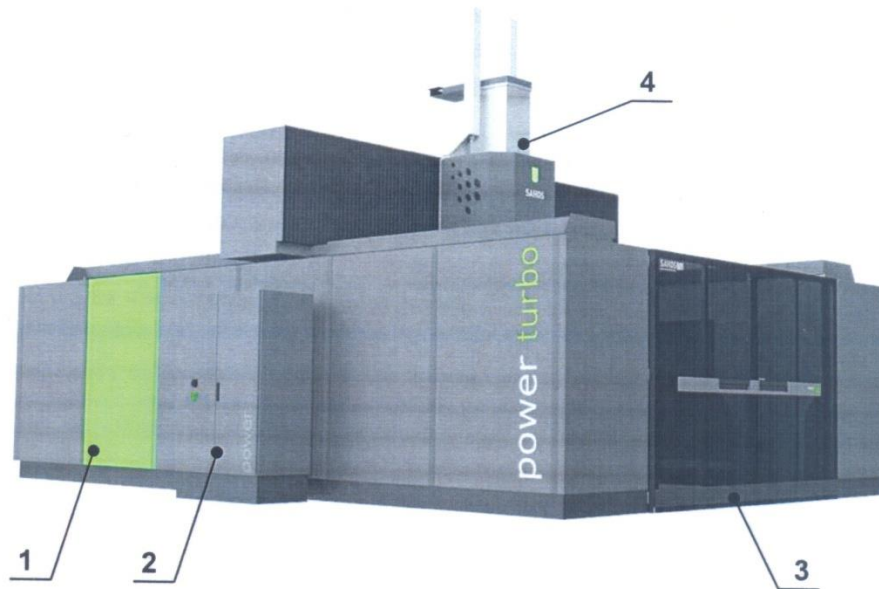
Слика 2 – Изглед обрадног центра 'Power turbo' [6]

## 2.1. Опис машине

Основне конструкционе компоненте машине су шематски приказане на слици 3. Примарно је постављање машине које има различите модификације у зависности од просторног решења производног простора. Основна конструкција машине располаже заштитом радног простора са четири стране ради велике безбедности при радном режиму. Улазни простор за руковање са обрадцима је решен постављањем двоструких врата од непробојног сигурносног стакла с обзиром на заштиту особља за руковођење машином, служе и за добар преглед машине у току обраде и радни комфор током управљања обрадним центром.

Управљачки панел је покретан како би омогућио лакше опслуживање оператеру и његова локација се може потпуно променити и прилагодити. Стандардна опрема радног стола је од:

- Ливеног гвожђа
- Пластичне заштитне опреме



**Слика 3 – Главне позиције машине [4]**

Позиције машине (слика 3):

1. Заштитне странице машине
2. Електрични разводник
3. Улазна врата
4. Покретни портал

## 2.2. Радни режими машине

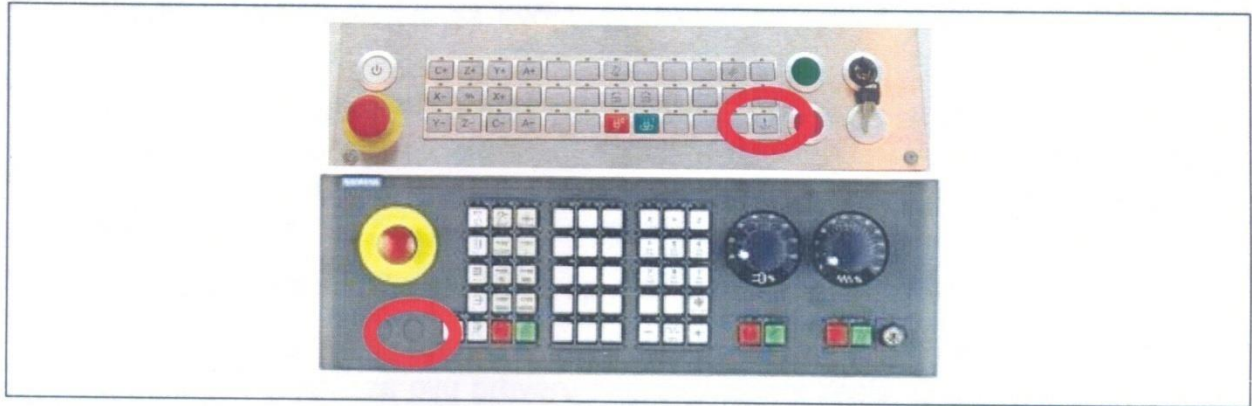
Постоје три радна режима машине. Сваки режим захтева унапред утврђено и одговорно лице за рад на истом, које мора бити адекватно упознато и обучено за коришћење обрадног центра као и обавештено о мерама безбедности на раду.

Режими су следећи:

1. Нормалан рад
2. Подешавање, одржавање
3. Транспорт, монтажа

**1. Нормалан рад** је режим у коме машина обавља активност за које је машина предвиђена, односно операције за које је конструисана и прилагођена. У овом режиму долази до различитих производних операција. Приликом активирања овог типа режима, радни простор је закључан и забрањено је кретати се и уопште налазити се унутар њега. Одговорно лице је дужно да претходно изврши правилно затварање радног простора, провери сигурност и да нема људског фактора унутар радног простора машине. Овај режим је могуће покренути у било ком тренутку путем управљачког панела, након потребне контроле.

**2. Подешавање, одржавање** је режим у коме долази до прилагођавања, модификације, подешавања, поправке, испитивања и покретања нових производа. У овом режиму се извршава процена и промена дотрајалих алата и испостављање средстава за стезање. На слици 4 је приказан део управљачке јединице – контролни панел намењен за уношење команди и управљање покретним функцијама машине. Након притиска тастера са слике 4, машина улази у овај режим и ако се до 7 секунди отворе улазна врата и мала врата, онда и остаје у овом режиму. Уколико се врата не отворе за 7 секунди, машина се аутоматски враћа у нормалан режим рада. У режиму подешавања и одржавања није дозвољен рад вретена и брзина кретања је смањена. Повратак у нормалан режим се обавља аутоматски након затварања улазних врата у радни простор.



**Слика 4 – Контролни панел [4]**

**3. Транспорт, монтажа** је режим у коме се машина налази за време транспорта на жељену позицију. У овом режиму се машина налази док се не изврши позиционирање на предвиђени радни простор, прикључује на електричну мрежу итд.

### **2.3. Обрадив и необрадив материјал**

Обрадним центром могуће је обрадити следеће материјале:

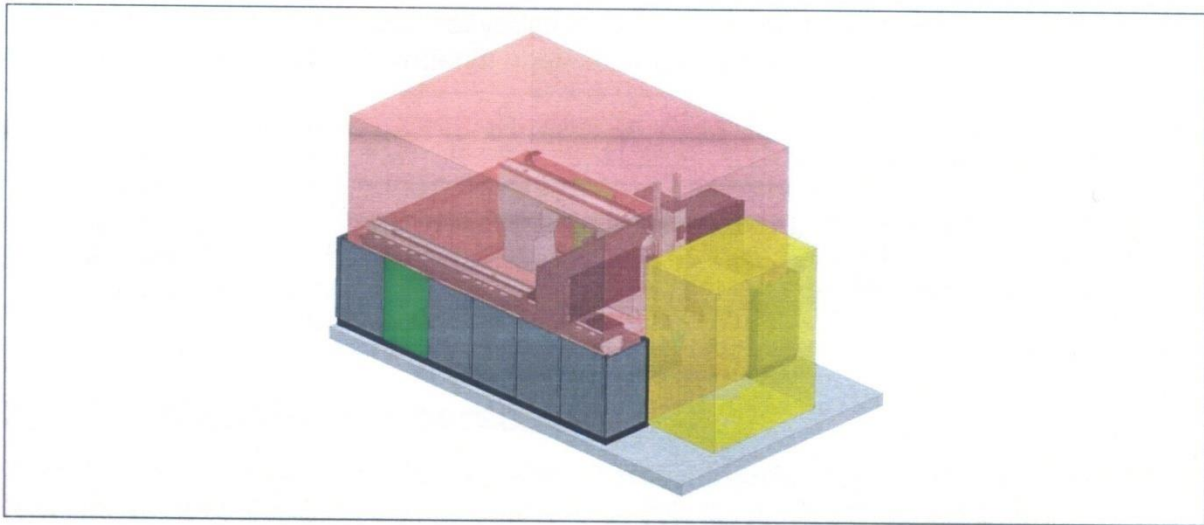
- Дрво
- Иверицу
- Шперплоче
- Плоче МДФ
- Пластику
- Композитне материјале
- Алуминијум
- Епоксидну смолу
- Полистирен
- Друго

Не обрађује се:

челични маатеријал

## 2.4. Радни и улазни простор

**Радни простор** машине је стандардно ограничен са четири стране заштитном оградом са инсталираним специфичним улазним вратима. По висини, радни простор је ограничен највишом радном тачком вертикалног портала. Делимичну заштиту је могуће заменити у зависности од потражње и могућности хале у којој се центар налази, а мења се преградним зидом. На слици 5 је приказан цео радни простор квадром транспарентне црвене боје.



Слика 5 – Радни и улазни простор обрадног центра [4]

**Улазни простор** се налази испред улаза, на улазним вратима у радном простору. Овај простор мора бити широк довољно да врата неометано могу да се отварају у ограниченем простору предвиђеном за то. Овај простор је висок најмање 3 м. Улазни простор мора да буде приметно обележен ради лакшег манипулисања истим, и то обележавање врши оператер. На слици 5, улазни простор је обележен транспарентно жутиим квадром.

## 2.5. Заштитна опрема машине

Ради повећане безбедности на раду, машина је опремљена различитим заштитним уређајима. Уређаја има неколико, на различитим местима. Одређени се налазе унутар машине или разводног ормара и нису доступни. Такође, ту су и уређаји који су ван машине и играју велику улогу у безбедности. То су:

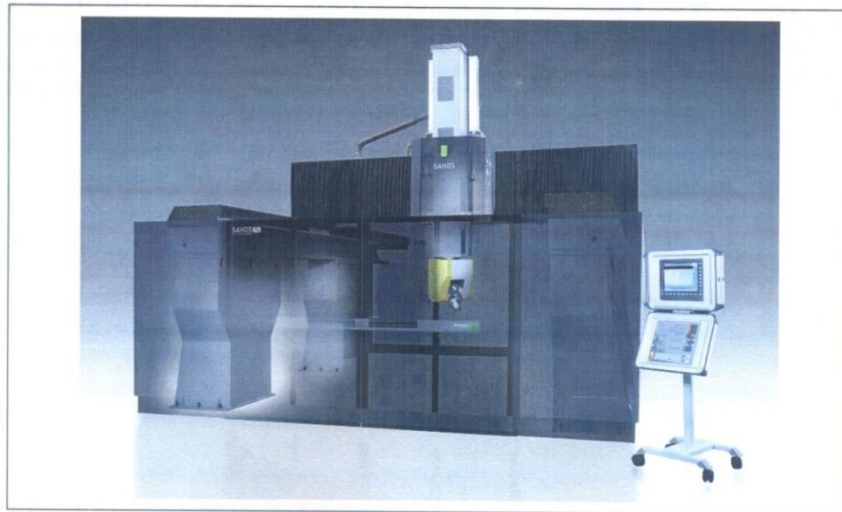
1. Ободна заштита машине са вратима са могућношћу закључавања

2. Спрега принудног заустављања машине

3. Тастер принудног заустављања машине

### 2.5.1. Ободна заштита машине

Оквир машине је у стандардној конструкцији ограничен ободном заштитом која се састоји од појединачних металних плоча које су у ствари спољна заштита опреме машине. Ова заштита има за циљ заштиту оператора и околног подручја током обраде. На челу заштитне баријере се налази улазни простор склопљен од врата. Панели врата стварају метални оквир и на њему је постављено безбедоносно стакло у пуној величини врата које служи, између осталог, за лако и сигурно управљање процесима. Обезбеђење врата се одвија аутоматским путем електронске браве на вратима која морају да буду затворена код нормалног режима рада. Уколико су врата отворена, безбедносне функције су ограничене током одржавања или приликом замене материјала за обраду. У овом тренутку, машина је искључена или преусмерена у други режим. За преусмерење машине назад у нормалан рад, оператор мора да потврди безбедност радног простора и након тога се врата затварају (слика 6).

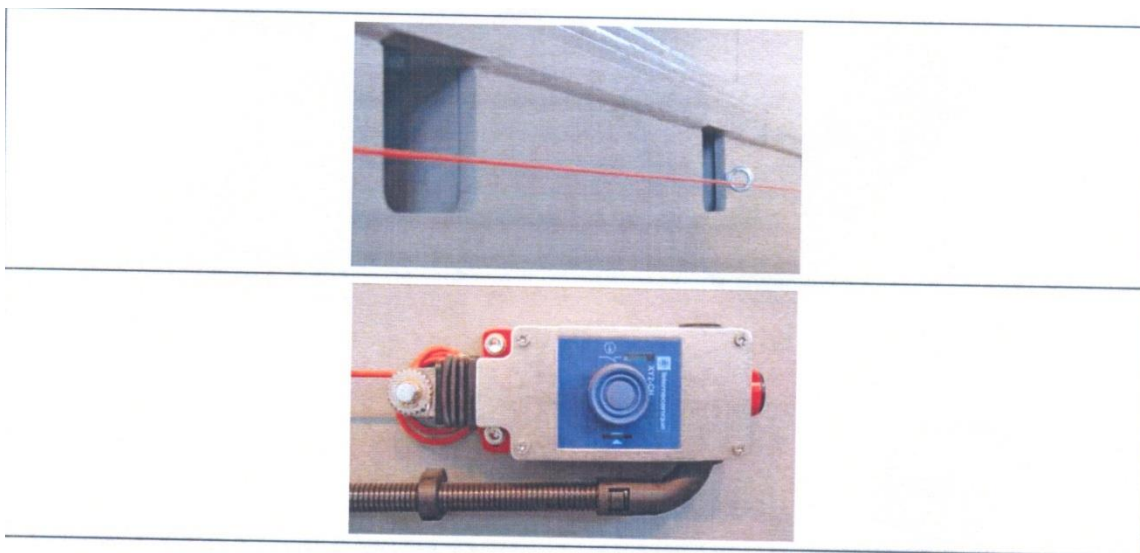


Слика 6 – Приказ заштите обрадног центра [4]

### 2.5.2. Спрега принудног заустављања машине

Спрега за принудно заустављање је инсталирана у машинској просторији дуж унутрашњег оквира. У случају било каквог непредвиђеног догађаја или у случају грешке оператора, глодање се хитно искључује затезањем сајле у правцу на доле (слика 7). Електронски

прекидач искључује струјно коло и долази до заустављања целог система исто као код притискања Emergency/ Total STOP.



**Слика 7 – Спрега за принудно заустављање машине [4]**

### **2.5.3. Тастер принудног заустављања машине**

Тастер принудног заустављања (Emergency / Total STOP) се користи за хитно заустављање машине. Налази се на главном управљачком панелу и на ручно подесивом точкићу (слика 8). Притисак на тастер за нужни стоп изазива заустављање свих покрета и вретена по рампи. Одмах након заустављања кретања долази до искључења главног конектора. Након активирања тастера, остаје потпуно функционални систем за контролу и круг за подешавање. Након отклањања узрока, главни конектор се пушта и обрада се наставља.



Слика 8 – Тастери за принудно заустављање система [4]

## 2.6. Технички параметри

### 2.6.1. Основне техничке карактеристике

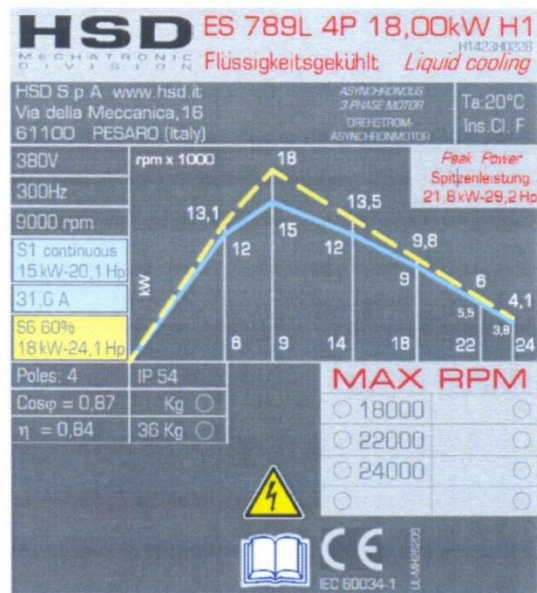
Основни техничке карактеристике који садрже спецификације глава вретена HS710 и HS778 су приказани у табели 1 и табели 2, а на сликама 9 и 10 је приказ плочица са ознакама на којима се налазе основне спецификације доступне оператеру.

**Табела 1 – Техничке карактеристике за главу HS710 [4]**

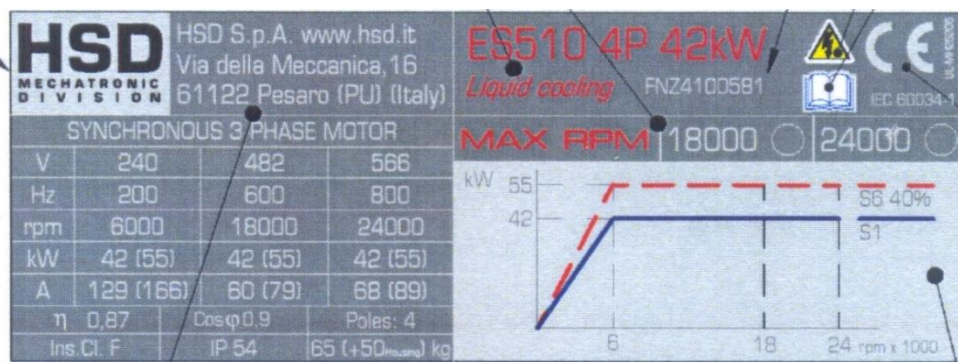
| Глава HS710 са електричним вретеном ES789 |         |            |
|-------------------------------------------|---------|------------|
| Радно подизање у оси С                    | °       | ±400       |
| Радно подизање у оси А                    | °       | -110/+110  |
| Максимална брзина у оси С/А               | °/min   | 13000/9000 |
| Серво мотор оса С/А                       | Nm      | 5,2/1,5    |
| Конус за стезање                          |         | HSK F/A 63 |
| Радно окретање (брзина)                   | okr/min | 0-22000    |
| Снага вретена S1(S6)                      | kW      | 15 (18)    |
| Окретни момент                            | Nm      | 17,5       |

**Табела 2 – Техничке карактеристике за главу HS778 [4]**

| Глава HS778 са електричним вретеном ES510 |         |            |
|-------------------------------------------|---------|------------|
| Радно подизање у оси С                    | °       | ±262       |
| Радно подизање у оси А                    | °       | ±100       |
| Максимална брзина у оси С/А               | °/min   | 5400/5400  |
| Серво мотор оса С/А                       | Nm      | 900/900    |
| Конус за стезање                          |         | HSK F/A 63 |
| Радно окретање (брзина)                   | okr/min | 0-22000    |
| Снага вретена S1(S6)                      | kW      | 42 (55)    |
| Окретни момент                            | Nm      | 67         |



**Слика 9 – Плоча која приказује спецификације главе ES789 [4]**



**Слика 10** - Плоча која приказује спецификације главе ES789[4]

Табела 3 садржи допунске техничке параметре, док табела 4 садржи најбитније техничке параметре измењивача алата. У табели 5 су описани битнији фактори околине.

**Табела 3** – Приказ допунских техничких параметара [4]

| Допуњујуће техничке карактеристике |                 |         |
|------------------------------------|-----------------|---------|
| Осигурање прикључака               | A               | 40-50   |
| Напон према IEC 60439-1            | V               | 400     |
| Повезивање пресека проводника      | mm <sup>2</sup> | 6-10    |
| Фреквенције                        | Hz              | 45/60   |
| Прикључак компресованог ваздуха    | MPa             | 0,6-1,0 |
| Промер прикључака ваздуха          |                 | 1/ 4"   |
| Потрошња компресованог ваздуха     | l/min           | 250     |

**Табела 4** – Приказ техничких параметара измењивача алата [4]

| Техничке карактеристике измењивача алата AVN12 |    |       |
|------------------------------------------------|----|-------|
| Број лежаја                                    |    | 12    |
| Максимални промер алата                        | mm | 190   |
| Максимална теежина алата                       | kg | 3 (5) |
| Максимална тежина свих алата                   | kg | 30    |
| Време потребно за измену                       | s  | 10    |
| Време потребно за измену (стр-стр)             | s  | 18    |

**Табела 5** – Приказ битних фактора околине [4]

| Назив                               | јединица |            |
|-------------------------------------|----------|------------|
| Размак радних температура у околини | °C       | +12 до +28 |
| Размак температура за складиштење   | °C       | -5 до +30  |
| Максимална надморска висина         | m        | 1000       |

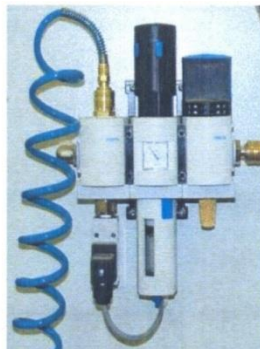
## 2.7. Прикључење на енергетске мреже и вентилацију

### 2.7.1 Прикључење на енергетске мреже

Центар за глодање има главни део електричне инсталације смештен у посебном разводном ормару који није чврсто повезан са машином. Покретно повезивање машине са разводним ормаром је преко каблова, који су вођени флексибилним цревом. Црево за повезивање се мора водити ка машини, тако да су каблови заштићени од механичких оштећења. Напон мреже мора да буде у складу са етикетом на централи. Такође, уземљење мора да буде адекватно и укључење машине на заштитни проводник чији минимални пречник мора да буде попречног пресека од 10 мм<sup>2</sup>. Повезивање се врши доводним изолационим каблом. Кабл за напајање мора бити ван разводног ормара, потпуно заштићен од механичких и хемијских оштећења.

### 2.7.2. Компримовани ваздух

Прикључење компресованог ваздуха се обавља уз помоћ одређеног црева са минималном светлошћу од 8мм. Улазно црево мора да буде заштићено од механичких оштећења и мора да буде постављено тако да не омета оператера при подешавању. Компресовани ваздух мора да буде филтриран и осушен. Не сме да садржи чврсте честице, уље, воду и мора бити у складу са стандардом. Третман ваздуха смањује притисак на 0,6 МПа. У посуди не сме да се појави прљавштина или вода (слика 11).



Слика 11 – Регулатор притиска [4]

## 2.8. Управљачки панел

Управљачки систем центра за глодање је по стандарду опремљен покретним модерним панелом. Панел је опремљен аретацијом тачкова против покрета. За лако и флексибилно

подешавање, машина има ручни котаџ који има главне елементе машине. Сви управљачки панели поседују сигурносни тастер Emergent / Total Stop.

Позиције панела су приказане на слици 12 и то су:

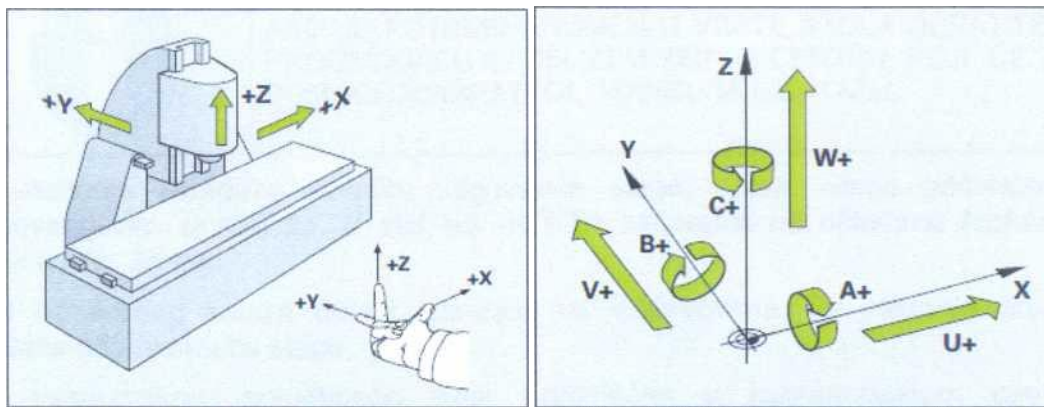
1. TotalSTOP (тастер принудног заустављања)
2. Ручни котаџ
3. Тастер за укључење снажних кола
4. Дисплеј (екран)
5. START радног циклуса
6. STOP радног циклуса



Слика 12 – Управљачки панел (позиције) [4]

## 2.9. Координатни систем машине

Код обраде се користи правоугаони координатни систем. Слика 13, на левој страни показује координатни систем који је прикључен на одвојене осе машине. Као лакше визуелно помагало служи правило са три прста десне руке : ако средњи прст показује у правцу осе алата обрадка ка алату, он приказује у правцу  $Z+$ , палац у правцу  $X+$  и кажипрст у смеру  $Y+$ . Поред главне осе  $Y$  и  $Z$  постоје и додатне осе  $U$ ,  $V$  и  $W$ . Ротационе осе су означене као  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Слика 13 на десној страни приказује додатне ротационе осе до главне осе.



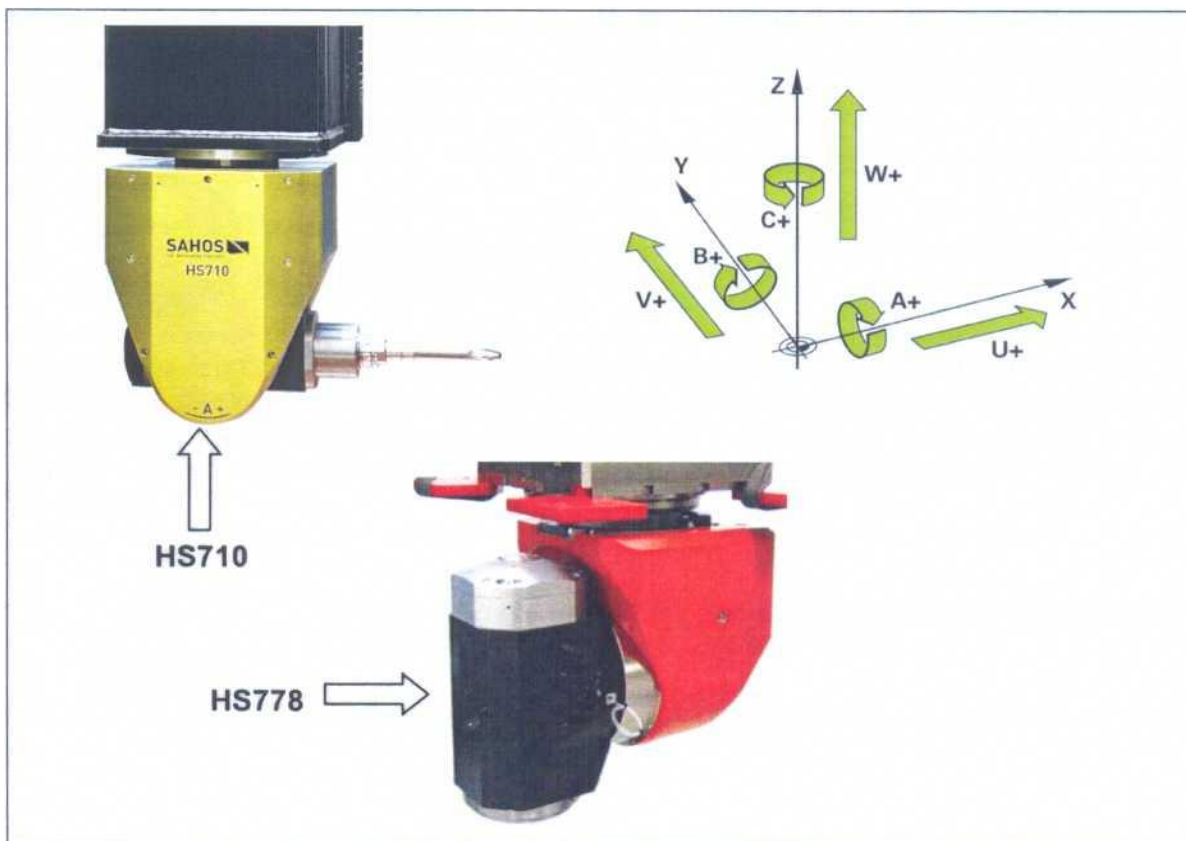
Слика 13 – Приказ координатног система машине [4]

## 2.10. Радни сто

Машина се испоручује са неколико типова затезне плоче или са покретним гредама. Столови могу бити од картита са распоном од 50 x 50 или 100 x 100 и картитни фиксни сто са дистрибуцијом вакуума од ливеног гвожђа, алуминијума и разних других. За затезање обрадка се користе одговарајуће стеге.

## 2.11. Глава за окретање hs710 и hs778 са интегрисаним вретеном es789 и es510

Склапајућа глава са дуплом осом HS710 (HS778) укључује вретено са високом брзином окретања ES789 (ES510), које је дизајнирано за стезање алата опремљених конусом HSK A / F63 (HSK A63). То је глава у облику виљушке са стандардном кинематиком. Обртне осе су назване C и A. На  $C = 0,000$  и  $A = 0,000$  је оса ротације осе A паралелна са осом X и оса ротације C паралелно са осом Z. Кинематика је приказана на следећој слици (слика 14):



Слика 14 – Кинематика глава са вретенем [4]

## 2.12. Измењивач алата

За потпуну аутоматизацију процеса производње машина је опремљена 12-позиционим измењивачем алата приказаног на слици 15.



Слика 15 – Измењивач алата [4]

Управљачки систем је опремљен алатним менаџером (TOOL MANAGER) како би управљао са и до 1000 алата и позиционим таблом које дефинише позиције сваког алата. TOOL MANAGER омогућава и рад са алатима који нису инсталирани у измењивачу. Постављање измењивача се обавља само уз надзор овлашћеног лица које је адекватно

обучено. Учитавање алата се обавља у режиму прилагођавања, одржавања. У овом режиму је могуће ући у радни простор машине и убацити алат у главу која га поставља даље у измењивач.

### **2.13. Затезање алата – конуси**

Вретено је опремљено конусном шупљином HSK A / F63 са пнеуматским пуштањем алата за стезање. Алат за стезање ослобађа стега под притиском или притиском тастера који се налази изнад главе HS710 (HS778). Пре ове радње је потребно подесити одговарајући режим на панелу контролног система - подешавање, одржавање. За стезање је потребно гурнути конус у вретено и држати притиснути тастер за отпуштање (слика 16).



**Слика 16 – Тастер [4]**

### **2.14. Електрично вретено es789/hsk a/f63**

Опис и спецификације електричног вретена је приказан у табели 6.

**Табела 6 – Спецификација електричног вретена [4]**

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Класа динамичког уравнотежавања</b> | Степен уравнотежавања потпуног предмета норме ISO1940/1 је дефинисан степеном квалитета G. Ниска вредност G значи боље уравнотежавање G=0.4 одреди максималну тачност уравнотежавања. G представља дискретне вредности које се повећавају помножене са 2,5 (G = 0,4, G = 1, G = 2,5 итд.).                                                                                              |
| <b>Планирано одржавање</b>             | То је скуп активности лужан за одржавање електричног вретена у стању у којем је стигло како је предвиђено HSD SpA. Одржавање укључује планирана прилагођавања, поправке и резервне делове.                                                                                                                                                                                              |
| <b>Врста погона S1</b>                 | Рад код константног оптерећења за време довољно да електрично вретено дође до стања термичке равнотеже. Скраћено као S1.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Врста погона S6</b>                 | Редослед илентичних радних циклуса, сваки садржи време рада на константном оптерећењу и времена рада на нултом оптерећењу, али у истој брзини обртања без икаквих периода олуња између њих. Скраћеница S6 се даје као процентуални однос између времена рада испод оптерећења и трајања циклуса .<br><i>Примерак:</i> S6 40 %: (40 % рад са оптерећењем, 60 % окретања без оптерећења). |
| <b>Номинални напон</b>                 | Максимални и дозвољени напон електричне енергије која се испоручује у електрична вретена.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Номинална фреквенција</b>           | Минимална фреквенција код које мора бити испоручивања енергија са номиналним напонам.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Окретни момент</b>                  | Окретни момент (Nm) = [60. енергија (W)] [2.][-окр./мин.]<br>Скуп номиналних вредности код номиналне фреквенције.                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Номинална<br/>снага</b>     | Момент се може адекватно разумети тако да се односи на снагу којом алат пролире у материјал за обраду . (Из истог момента , сила се повећава са снижавањем пречника алата). Насупрот, енергија је пропорционална обртном моменту и брзини ротације. Снага ограничава максималну брзину обраде (у границама датим електричног алата, параметрима радног предмета материјала и типом обраде ). Скуп номиналних вредности код номиналне фреквенције. |
| <b>Средства за<br/>хлађење</b> | Течности или гасови (укључивћи ваздух) коришћени као средство за пренос топлоте са вретена у околину.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## 2.15. Стезачи алата hsk и алат

Код одабира алата за стежање постоје одређени услови:

- Геометрија конуса мора да буде у складу са DIN 69893
- Алат не сме да има набубрења, шупљине и остале неправилности које утичу на динамику и баланс
- Динамичко балансирање мора да буде боље од  $G = 2,5$  на максималној номиналној брзини електричног вретена
- Балансирање се врши са склопљеним стезачем алата

## 2.16. Садржај графикона

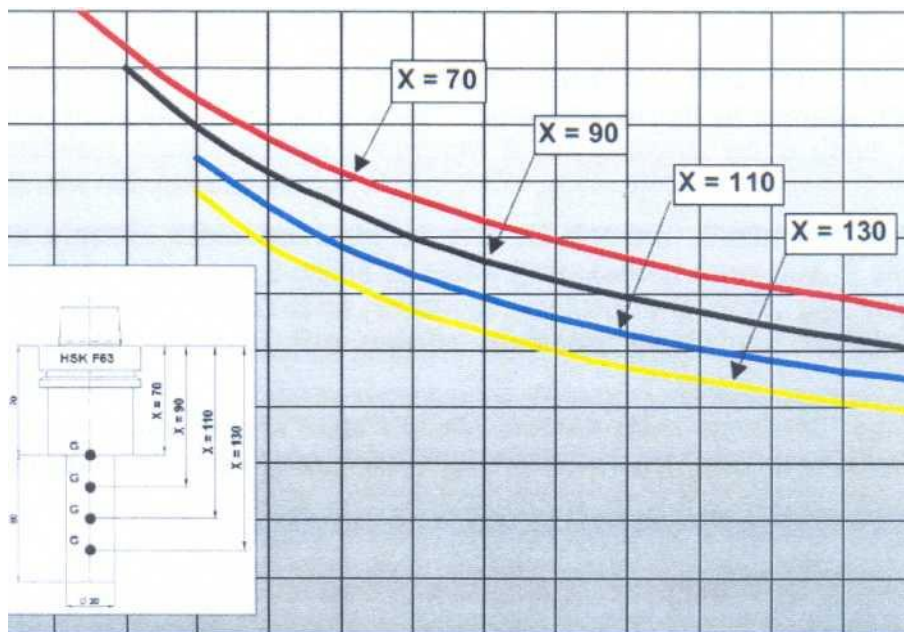
Графикони показују максималне брзине окретања електричних вретена без икаквих оптерећења. Ове максималне брзине су израчунате за различите укупне масе скупа алата и алатних чворова и за различите удаљености електричног вретена и тежишта "G".

Склоп алата и стезача алата се посматра као хомогена маса која се примењује у центру гравитације "G". Графикони пружају велику количину информација.

Пример графикона:

Електрично вретено ES789/ HSK F63 и сет алата са стезачем укупне тежине од 4,5 kg. Удаљеност између главе вретена и тежишта "G", сет алата и стезача алата "X" 120mm:

Графика за вретено је приказана у слици 19. Приказане су и оптималне криве алата и стезача алата.



Слика 19 – Приказ графикона [4]

## 2.17. Одржавање машине

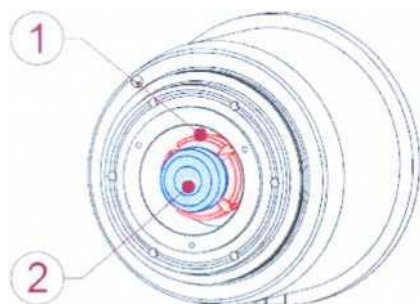
Квалитетно одржавање је неопходно за поуздан и дуготрајан рад обрадног центра. Поштовање прописа и осигурања безбедности оператора и његовог особља јесу најбитнији фактори, нарочито правило да:

- Одржавање и / или подмазивање врши квалификовано особље овлашћено од стране оператора постројења у складу са релевантним сигурносним прописима и стандардима, а користећи одговарајућу опрему и инструменте.
- Током свих радова, електрично вретено мора да буде искључено и изоловано од напајања и комплетно заустављено (нема окретања)

## 2.18. Подмазивање

### 2.18.1. Подмазивање чаура за стезање HSK

Савршено стезање чауре постиже се премазивањем средством METAFLUX-Fett-Paste Nr.70-8508 или METAFLUX-Moly-Spray Nr.70.82. Мазиво мора да буде раширено по конусној шупљини без вишка материјала (слика 20).



**Слика 20** – Приказ најбитнијих делова који се подмазују [4]

### **2.18.2. Подмазивање лежишта**

Лежишта вретена ES789 садрже доживотно пуњење мазива из примарне производње. Подмазивање или није ни могуће или није потребно.

Лежајеви вретена ES510 подмазују се мешавином прерађеног ваздуха и уља. Однос мешања одређен је од стране произвођача машине (слика 21).



**Слика 21** – Резервоар уља за подмазивање вретена [4]

## **2.19. Хлађење машине**

### **2.19.1. Хлађење вретена**

Хлађење вретена обезбеђује расхладна течност која циркулише кроз пумпу у расхладном кругу. Она је затим охлађена у измењивачу топлоте у расхладној јединици (слика 22). Да би правилно функционисао, неопходно је да се одржи ниво расхладне течности у одређеном опсегу. Врсте расхладне течности : MOBIL MACHINE TOOL LONG LIFE COOLANT.



**Слика 22** – *Расхладни уређаји [4]*

### **2.19.2. Хлађење инструмената**

За хлађење инструмената (слика 23) за главу вретена се користи мешавина уља и ваздуха. Тип течности је LUBRI CUT TB4



**Слика 23** – *Резервоар за хлађење инструмената [4]*

Избор течности за хлађење представља избор фирме и није у уској вези са прописима.

### **3. ПРОЦЕС ПРОИЗВОДЊЕ СТРАНИЦЕ ВАГОНА**

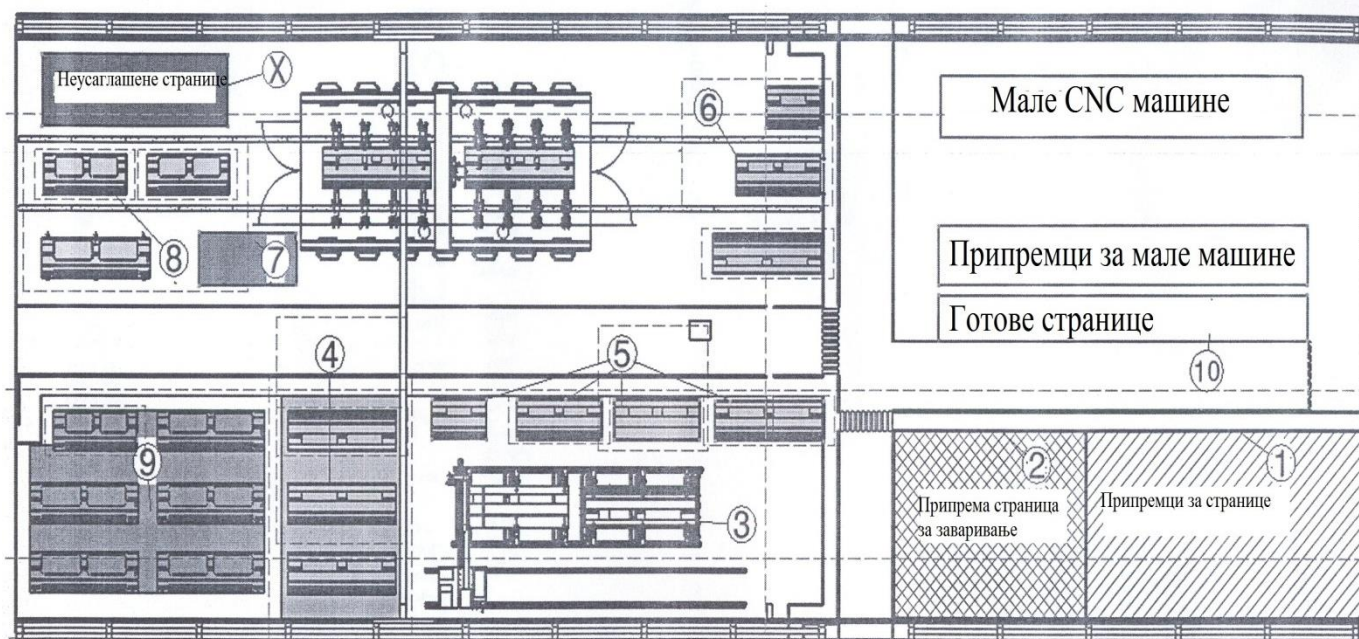
Процес производње страница вагона је дуг и комплексан процес, који захтева више различитих обрада. Ради успостављања квалитетне организације производње, овај процес је фиктивно подељен на 10 позиција при чему свака од њих заузима одређени простор хале у којој се странице праве.

1. Место за припремке
2. Место за припрему страница пред заваривање
3. Заваривање
4. Место за исправљање страница
5. Место за исправљене странице
6. Место за странице спремне за CNC обраду на SANOS-у
7. Место за алуминијумски отпад (шпон и комади алуминијума)
8. Место за готове делове скинуте са обрадног центра
9. Место за дораду, завршну контролу, паковање
10. Запаковане странице спремне за транспорт

Додатни процеси:

1. Време и начин монтаже
2. Норма/ Смене
3. Начин коришћења крана
4. Неусаглашени производи

Свака позиција има свој број као вид обележавања и свој тачно одређен простор по габаритима као и по потребама структуре хале што је приказано на слици 24:



Слика 24 – Приказ обележених позиција у хали

### 3.1. Место (магацин) за припремке

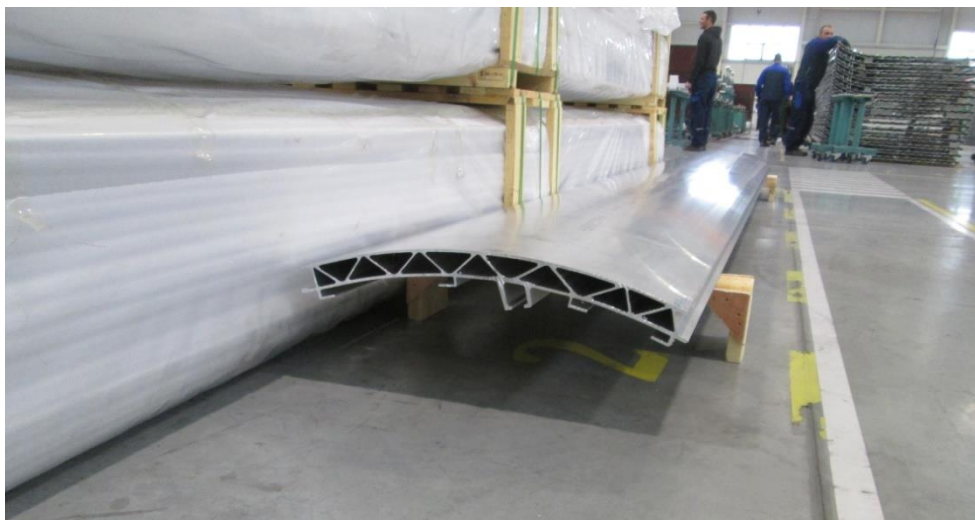
Припремци су екструдирани профили од алуминијума. Има их 4 типа у зависности од врсте странице која треба да се направи. Профили се наручују из Швајцарске, Кине и Немачке и овај пут транспорта припремака је најчешће јако дуг. Након што припремци стигну, они се директно стављају у магацин (слика 25) намењен за одлагање пристиглих профила. Припремци се довозе камионима при чему је њихова тежина од 1-10 тона. Нема превеликог таложења материјала, него се материјал налази у магацинима у зависности од потражње.



**Слика 25 – Позиција 1 - Магацин**

### 3.2. Место за припрему страница пред заваривање

Ова позиција је стационирана близу магацина делова и уједно близу места за заваривање. Након издатог радног налога, врши се одабир одговарајућег припремка. Избор припремка зависи од габарита дела, изгледа странице, склапајућих делова, закривљења и друго. Након одабира, врши се темељно чишћење странице као и додатна обрада коју припремак захтева пре одласка на позицију заваривања. Део се чисти од пуцни, заостале струготине, лоших ивица, нечистоћа, масноћа итд. Део ове позиције је приказан на слици 26:



**Слика 26 – Позиција 2 – Припрема за заваривање**

Непосредно након чишћења, припремци се склапају и стежу. Једна сраница се састоји од 4 различита припремка који се склапају и заварују (слика 27 ):



**Слика 27 – Позиција 2 – Склапање припремака**

Слапање алата се врши уз помоћ стега, а делови су направљени са посебним уклапајућим жлебовима (слика 28) :



**Слика 28 – Стезање дела**

### **3.3. Заваривање**

На позицији 3 се налази машина за аутоматско заваривање (слика 30). Заваривању претходи темељно чишћење које се одвија ручно уз помоћ алкохола и белих крпица и радне површине се чисте док крпице не постану потпуно беле. У току заваривања неопходно је надгледање од стране одговарајућег лица. Апарат за заваривање је машина HAANE са спецификацијама приказаним на слици 29:



**Слика 29 – Спецификација машине**

Управљачкој јединици и расхладном систему се разликују произвођачи, али је предност што је могућа конекција ова два система.



**Слика 30 – Позиција 3 – Заваривање**

### **3.4. Место за исправљање страница**

Ова позиција се налази одмах након позиције за заваривање. Након сваког поступка заваривања, потребна је додатна обрада. Део се прво исправља. Постоје 3 позиције за исправљање што значи да се три припремка обрађују симултано (слика 31):



**Слика 31 – Позиција 4 – Исправљање делова**

Након заваривања неопходно је извршити контролу како би се увиделе грешке, квалитет шавова, искривљења приликом обраде и потребна обрада. Делови се мере како би се увидела одступања и како би се касније иста отклонила. Као вид додатне обраде врши се накнадно

загревање како би се шав након заваривања опустио, а затим се температура дела снижава на собну температуру. Након загревања, део би требало да заузме идеалан положај за даљу обраду.

### **3.5. Место за заварене странице**

Након додатне обраде, странице одлазе на позициони магацин одакле даље одлазе на глодалицу. Позиције су подељене на три дела и предвиђене су за странице од 3м, 4,5м и 6м (слика 32). На једној позицији може да буде највише 10 страница.



**Слика 32 – Позиција 5 – Припремци за CNC обраду**

### **3.6. Место за странице спремне за CNC обраду**

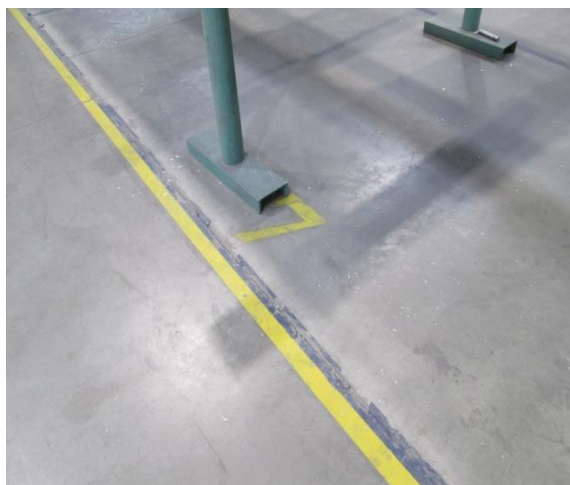
На позицију 6 се пребацују странице и на основу радног налога се постављају у обрадни центар (слика 33). У овој позицији се налази и обрадни центар и врши се CNC обрада страница. Задатак овог рада јесте управо оптимизација процеса који се дешава у обрадном центру, односно детаљан опис могућности обраде SAHOS-a.



**Слика 33 – Позиција 6 – Обрада страница**

### **3.7. Место за алуминијумски отпад (шпон и комади алуминијума)**

Приликом сваке обраде, јављају се отпадне честице, комадићи и делови. Отпад је неопходно одлагати на једно исто место јер он може да узрокује проблеме на машини и уопштено центру за обраду. Отпад се одлаже у велике џакове, дрвене кутије и активно се скупља свакодневно . Такође, постоје и сандуци у које се одлаже отпад и који се даље преносе у део хале предвиђен за то (слика 34).



**Слика 34 – Позиција 7 – Алуминијумски отпад**

### 3.8. Место за готове комаде скинуте са SAHOS глодалице

Након обраде глодањем, делови се пакују на позицију предвиђену за готове делове. Радници за измену страница су дужни да одлажу странице на предвиђено место након чега страница одлази на финалну обраду (слика 35).



**Слика 35** – *Позиција 8 – Комади скинути са глодалице*

### 3.9. Место за дораду, завршну контролу и паковање

Ова позиција је једна од најзахтевнијих позиција и траје око 300 минута. Део, након што изађе из обрадног система, захтева мноштво обрада како би се постигао жељени ефекат. На овој позицији се налазе 4 радна стола што значи да је могуће обрађивати 4 странице истовремено. На једној страници ради најмање 3 радника управо због сложености мера. Обrade се састоје из неколико делова (слика 36) :

- 1) Брушење – долази до накнадне обраде шавова, затим се бресе ивице и отклањају нечисти резони. Обрада се врши ручном брусилцом.
- 2) Прављење фазете – обарају се ивице дела, скраћују се и део се доводи на мере са конструкционог цртежа у задатим толеранцијама.
- 3) Чишћење – делу се отклањају нечистоће, врши се полирање, прање.

Након чишћења, извршава се завршна контрола мера дела и део се затим пакује према задатим упутствима купца. Запаковане странице се даље одлажу на позицију 10.



**Слика 36** – *Позиција 9 – Завршна обрада*

### **3.10. Запаковане странице спремне за транспорт**

На овој позицији се налазе финални запаковани производи (слика 37). Максималан број страница на палети је 10 комада. Растојање између две палете мора да буде минимум 1,5 м како би мале машине неометано функционисале између њих.



**Слика 37** – *Позиција 10 – Запаковане странице*

### **3.11. Додатни процеси**

#### **3.11.1. Време и начин монтаже**

На машини је предвиђена монтажа по две странице, како би се скратило време обраде и машина вршила обраду непрестано. Замена комада се врши искључиво док оператер врши усмеравање са TOUCH PROB. Дужност оператера је да обавести завариваче и раднике дораде, 15 мин пред крај обраде, како би кран био у могућности да транспортује. Обрадни центар је приоритет над краном. Монтажу и демонтажу врше искључиво људи са дораде. Време предвиђено за монтажу (скидање старог и стављање новог дела) је 15 минута.

#### **3.11.2. Норма по смени**

Минимални број комада по једној смени је 4.

#### **3.11.3. Коришћење крана**

Приоритет над краном има SAHOS глодалица. Оператер глодалице најављује потребу за краном 15 минута раније. Уколико је неки процес започет на крану, неопходно је привести га крају како би оператери додатне обраде могли да изврше монтажу и демонтажу. Странице се одлажу на одговарајућу позицију.

#### **3.11.4. Неусаглашени производи**

Место у фабрици где се одлажу све странице које чекају одобрење од купаца.

## 4. ЗАВАРИВАЊЕ – ОПИС ПРОЦЕСА

Странице се израђују од екструдираних алуминијумских профила. Заварују се 4 типа профила у један па се наставља обрада. Пре самог заваривања се одвија темељно чишћење страница јер постоји опасност од загађења шави. Алуминијум је материјал склон формирању оксида, а оксиди имају вишу тачку топљења (1800°) од самог материјала (800°) па постоји могућност да се делови троске заглаве унутар шави и униште га. Чишћење се одвија уз помоћ четки за прохром које су обележене зеленом бојом. Чишћење је ручно, уз алкохол и беле крпиче и одвија се јако пажљиво док се не уклоне и најмање нечистоће. Најпре се профили стежу специјалним стегима тако да нема зазора и да материјал не може да се помера приликом обраде. На профилима су изливени посебни делови који служе да заштите шав од прокапавања материјала при заваривању. При заваривању овог материјала, нема прегревања јер се прегревају материјали дебљине преко 8 мм. Уколико постоји прегревање, оно се одвија на 80-120 °, а свака температура преко ове доводи до слабљења материјала.

Иако је ово аутоматско заваривање, неопходни су и заваривачи који надгледају заваривање са квалификованим сертификатом (слика 38). На слици је приказано какав је тип заваривања који се овде одвија.

KVALIFIKACIJA ZAVARIVAČA ZA Al prema

EN ISO 9606-2:

**131** **P** **BW** **23** **S** **t8** **PC** **ss nb**

1 2 3 4 5 6 7 8

BR 1-postupak

|             |
|-------------|
| EN ISO 4063 |
| 111 REL     |
| 121 EPP     |
| 131 MIG     |
| 135 MAG     |
| 136 MAG     |
| MAG         |
| punjena     |
| žica        |
| 138 MAG     |
| metalno     |
| punjena     |
| žica        |
| 141 TIG     |
| 142 TIG bez |
| DM          |

BR 2-vrsta proizvoda

|   |     |
|---|-----|
| T | cev |
| P | lim |

BR 3-vrsta spoja

|    |              |
|----|--------------|
| BW | sučeoni spoj |
| FW | ugaoni spoj  |

BR 4-grupa OM

|                 |       |
|-----------------|-------|
| CR ISO/TR 15608 |       |
| 1 - 11          | čelik |
| 21 - 26         | Al    |
| 31 - 38         | Cu    |
| 41-48           | Ni    |

BR 6-debljina lima

debljina spoja (mm)  
(kod BW spoja sa punom penetracijom je to debljina lima)

BR 7-položaj zavarivanja

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| EN ISO 6947 |                    |
| PA          | horizontalni       |
| PB          |                    |
| PC          | zidno              |
| PD          |                    |
| PE          | nadglavni          |
| PF          | vertikalno na gore |
| PG          | vertikalno na dole |
|             | nema kod Al        |

BR 5-vrsta DM

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| EN ISO 18273 |                     |
| S            | puna žica           |
| nm           | bez DM              |
| B            | bazična elektroda   |
| C            | celulozna elektroda |
| R            | rutina elektroda    |

BR 8-način zavarivanja

|    |               |               |
|----|---------------|---------------|
| ss | jednostrano   |               |
| bs | obostrano     | oznaka kod BW |
| nb | bez podloške  | spoja         |
| mb | sa podloškom  |               |
| sl | jednoprolazno | oznaka kod FW |
| ml | višeprolazno  | spoja         |

Слика 38 – Систематизација квалификација заваривача

Ознаке су писане у складу са стандардима.

Сваки почетак странице која се заварује је дужи од номиналне мере за 50 мм како би се ту започело заваривање јер су особине шавова различите при почетку. Након заваривања тај део се уклања. Шавови су сучеони и угаони, у зависности од типа профила. Сучеоних има 12. Пре почетка заваривања неопходно је "хефтање", прављење малих шавова на одређеној удаљености како би се избегло кривљење и бежање профила. Хефтови се налазе на раздаљини од 40-50 мм, а има их око 5-6. Након заваривања они се чисте до нулте мере.

Заваривање је аутоматско, при чему је апарат марке HAANE [7], уз CLOOS QUINCO PULSE 600A део. Тип заваривања је МАГ/МИГ поступак, а радни гас је 100% аргон. Проток гаса је 15-18 литара у минути.

Приликом заваривања, неопходна је стална пратња заваривача јер постоји могућност бежања жице или кривљења шавова (слика 39).



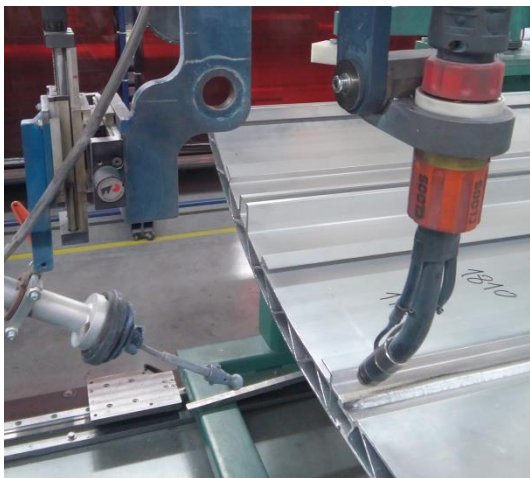
**Слика 39 – Заваривач прати цео шав**

Пре почетка заваривања неопходно је проверити котур жице, проток гасова и дизне да не би дошло до евентуалног отказа. Заваривач током праћења шавова све време уз себе има џојстик. Џојстик служи за мануално управљање машином и евентуално принудно заустављање машине уколико се деси нека грешка или непредвиђено кретање машине. У случају да заваривач примети било какво кривљење шавова или нестабилност жице, поступак се аутоматски зауставља (слика 40).



Слика 40 – Ручно управљање машином

На глави се налази мерни инструмент који саопштава путању кретања шава, и неопходна је његова прецизност. Такође, ту се налази и дифузор кроз који протиче гас и жица. На слици 41 је приказана глава за заваривање и спецификација жице.



Слика 41 – Глава заваривања (лево) и спецификација жице (десно)

Процес заваривања је дуготрајан и прецизан процес. Чишћење пре заваривања траје око сат времена. Заваривање траје у зависности од димензија делова. Странице од 6 м се

заварују за 2 сата, странице од 4,5 м се заварују за 1 и 30 минута, а странице од 3 м се заварују за 1 и 15 минута. Окретање странице траје око 15 минута. Стезни алат не сме да буде у директном контакту са страницом, већ постоје пластични штитници који су у директној спони са радном страницом.

Након заваривања страница одлази на нужно исправљање. Исправљање се врши уз помоћ гасног загревања. Гас је мешавина ацетилена и кисеоника. Загревање се врши из највише три пролаза и то не преко температуре од 120°, а хлађење се одвија спонтано док део не достигне собну температуру.

## 5. ТЕХНОЛОГИЈА ОБРАДЕ СТРАНИЦЕ ВАГОНА

### 5.1. Технолошки лист

Технологија обраде страница вагона представља врло компликован процес који се састоји од великог броја операција. У зависности од броја позиције на којој се налази, припремак се обрађује на различите начине и сама обрада је дуготрајна. Процес захтева различите типове обраде, другачије машине, много специјализованих и општих алата. Одликује се високом тачношћу дела који треба да буде уклопљен у остале делове вагона. У претходном поглављу је описан цео процес производње странице – од магацина до завршне обраде, а у овом поглављу ће бити детаљно описан само процес обраде на SAHOS машини са свим алатима и операцијама који они изводе.

Дат је детаљан преглед технолошке листе која описује операције које се одвијају на страници и омогућава инжењерима и радницима да прате стање странице вагона (слика 42).

| TEHNOLOGIJA<br>MAŠINSKE OBRADE |                                                               |              |                  | Kontrolni list                         |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------|------------------|----------------------------------------|
| Naziv dela                     |                                                               | Broj crteža  | Broj tehnologije |                                        |
| Stranica vagona                |                                                               |              | preparat:        | A2V broj                               |
| Red.                           | OPERACIJA                                                     | MAŠINA       | Vreme Tk (min)   | Napomena                               |
| 1                              | OPT - prvo stezanje                                           | Sahos        | 1:37:30          |                                        |
| 2                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 3                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 4                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 5                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 6                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 7                              |                                                               |              |                  |                                        |
| 8                              | Pripremno vreme                                               |              | 10:00            |                                        |
| 9                              | Ukupno vreme mašinske obrade (nije uračunato pripremno vreme) |              | $\Sigma =$       | 1:47:30                                |
| 10                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 11                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 12                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 13                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 14                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 15                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 16                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 17                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 18                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 19                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 20                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 21                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 22                             |                                                               |              |                  |                                        |
| 23                             |                                                               |              |                  |                                        |
| Tehnolog                       |                                                               | Datum izrade | Odobrio          | <div> <div>1</div> <div>3</div> </div> |

Слика 42 – Технолошки лист број 1

На првом технолошком листу је дата скица странице и њена усмереност у односу на осе. На листу 2 (слика 43) су приказана заглавља која описују име цртежа, датуме, технологе и остало, али најбитнији део листе показује операције које се одвијају и њихово укупно

време трајања. У листу је дато да је укупно време трајања заједно са свим операцијама при првом стезању и припремним временом око 1:47:30. Наравно, време је другачије уколико се раде странице другачијих геометрија и димензија.

| TEHNOLOGIJA<br>MAŠINSKE OBRADJE |                   |                     |            | Kontrolni list   |           |             |                    |                         |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|------------|------------------|-----------|-------------|--------------------|-------------------------|
|                                 |                   |                     |            | Broj tehnologije |           |             |                    |                         |
| Naziv dela                      |                   | Broj dela           |            | A2V broj         |           |             |                    |                         |
| Stranica vagona                 |                   |                     |            | priprema:        | gotovao:  |             |                    |                         |
| OPERACIJA                       |                   | OP1 - prvo stezanje | MAŠINA     | Sahos            |           |             |                    |                         |
|                                 |                   |                     |            |                  |           |             |                    |                         |
| Program:                        |                   |                     |            |                  |           |             |                    |                         |
| Napomena:                       |                   |                     |            |                  |           |             |                    |                         |
| OSNOVNI PARAMETRI               |                   |                     |            |                  |           |             |                    |                         |
| Raz. zata                       | Šifra alata       | Tip ploče           | Vc (m/min) | F (mm/min)       | Smax (mm) | Vreme (min) | Min. Prepust alata | Smer rotacije (M03/M04) |
| T1                              | Testera D500      |                     |            | 1500             | 3250      | 0:14:30     | min                | M03                     |
| T2                              | TOUCH PROBE       |                     |            |                  |           | 15:00       | min                |                         |
| T3                              | Burgija D12       |                     |            | 100              | 2500      | 0:06:00     | min                | M03                     |
| T4                              | Glodalo D16 r4    |                     |            | 1.5-2.5m         | 15000     | 14:00       | 40mm               | M03                     |
| T5                              | Testera D150      |                     |            | 2000             | 5000      | 06:30       | min                | M03                     |
| T6                              | T glodalo D100 r4 |                     |            | 2000             | 7000      | 06:30       | min                | M03                     |
| T7                              | kukuruzer D32     | sa pločama          |            | 1200             | 14000     | 20:00       | 50mm               | M03                     |
| T8                              | Burgija D7        |                     |            | 500              | 7000      | 02:00       | min                | M03                     |
| T9                              | Burgija D3        |                     |            | 100              | 12000     | 01:30       | min                | M03                     |
| T10                             | Burgija D15       |                     |            | 50               | 1300      | 01:30       | min                | M03                     |
| Tehnolog                        |                   | Datum izrade        |            | Odobrio          |           | Z=          | 1:37:30            | Listova                 |
|                                 |                   |                     |            |                  |           | Norma       | 4 kom              | 2/3                     |

Слика 43 – Технолошки лист број 2

На технолошкој листи број 2 је приказана табела са свим алатима који се користе при машинској обради странице вагона. Дат је преглед силе која делује при делању сваког алата, затим времена које је потребно засебно сваком алату за обраду, број обртаја који се користи при режиму и смер ротације.

| TEHNOLOGIJA MAŠINSKE OBRADE                                                                                                  |                                                                    |                  |                 |                          | Kontrolni list |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|----------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|
|                                                                                                                              |                                                                    |                  |                 |                          | 0              |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| X                                                                                                                            | Procesna kontrola                                                  | Broj tehnologije |                 |                          | 0              |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| X                                                                                                                            | Završna kontrola                                                   |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| X                                                                                                                            | Kontrola sklopa                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Datum                                                                                                                        |                                                                    |                  | 0-Jan-00        |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Plan kontrolisanja i ispitivanja za                                                                                          |                                                                    |                  | Stranica vagona |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| AZV broj                                                                                                                     |                                                                    |                  | pripremak:      |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Broj crteža mašinske obrade                                                                                                  |                                                                    |                  | govor deo:      |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Red. br.                                                                                                                     | Kontrolna karakteristika                                           | Tol. Polje       | Toler. Mere     | Kontrolni alat           | Broj merenja   |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
|                                                                                                                              |                                                                    |                  |                 |                          | 1              | 2       | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |  |
| 1                                                                                                                            | Sve zaštamljene kote pri izradi na mašini i nezastamljene kote van |                  | P prema crtežu  | Šubler / Mikrometar itd. |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 2                                                                                                                            | OPF - prvo stazanje                                                |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 3                                                                                                                            | Pozicija (samo inicijalni)                                         |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 4                                                                                                                            | Crtež br. 1 (1 / 5)                                                |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 5                                                                                                                            | 6040                                                               |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 6                                                                                                                            | 2125                                                               |                  | -2 2            | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 7                                                                                                                            | 135                                                                |                  | -0.3 0.3        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 8                                                                                                                            | 215                                                                |                  | -0.6 0.6        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 9                                                                                                                            | 25                                                                 |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 10                                                                                                                           | Crtež br. 3 (3 / 5)                                                |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 11                                                                                                                           | 250                                                                |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 12                                                                                                                           | 180                                                                |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 13                                                                                                                           | 209                                                                |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 14                                                                                                                           | 205.5                                                              |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 15                                                                                                                           | 650                                                                |                  | -0.6 0.6        | Metar                    |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 16                                                                                                                           | Crtež br. 4 (4 / 5)                                                |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 17                                                                                                                           | Ø 12                                                               |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 18                                                                                                                           | 11                                                                 |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 19                                                                                                                           | Ø 3                                                                |                  | -0.1 0.1        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 20                                                                                                                           | 3                                                                  |                  | -0.1 0.1        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 21                                                                                                                           | 12                                                                 |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 22                                                                                                                           | 20                                                                 |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 23                                                                                                                           | R 27.5                                                             |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 24                                                                                                                           | 30                                                                 |                  | -0.3 0.3        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 25                                                                                                                           | 140                                                                |                  | -0.6 0.6        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 26                                                                                                                           | Crtež br. 5 (5 / 5)                                                |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 27                                                                                                                           | Ø 16                                                               |                  | -0.2 0.2        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 28                                                                                                                           | 35                                                                 |                  | -0.3 0.3        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 29                                                                                                                           | 50                                                                 |                  | -0.3 0.3        | Šubler                   |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 30                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 31                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 32                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 33                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 34                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 35                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 36                                                                                                                           |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Napomena: Posle svake operacije vizuelna kontrola proizvoda. Ručna nije dozvoljena. Neusaglasene komade prijaviti kontrolni. |                                                                    |                  |                 |                          |                |         |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| Izdalo                                                                                                                       |                                                                    |                  | Tehnolog        |                          |                | Odobilo |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
| 0                                                                                                                            |                                                                    |                  | 0               |                          |                | 0       |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |

Слика 44 – Технолошка листа број 3

На крају обраде, неопходна је контрола како би се уочила евентуална одступања али и подударања са номиналним мерама. На листу 3 (слика 44) су приказане толеранције за сваку меру.

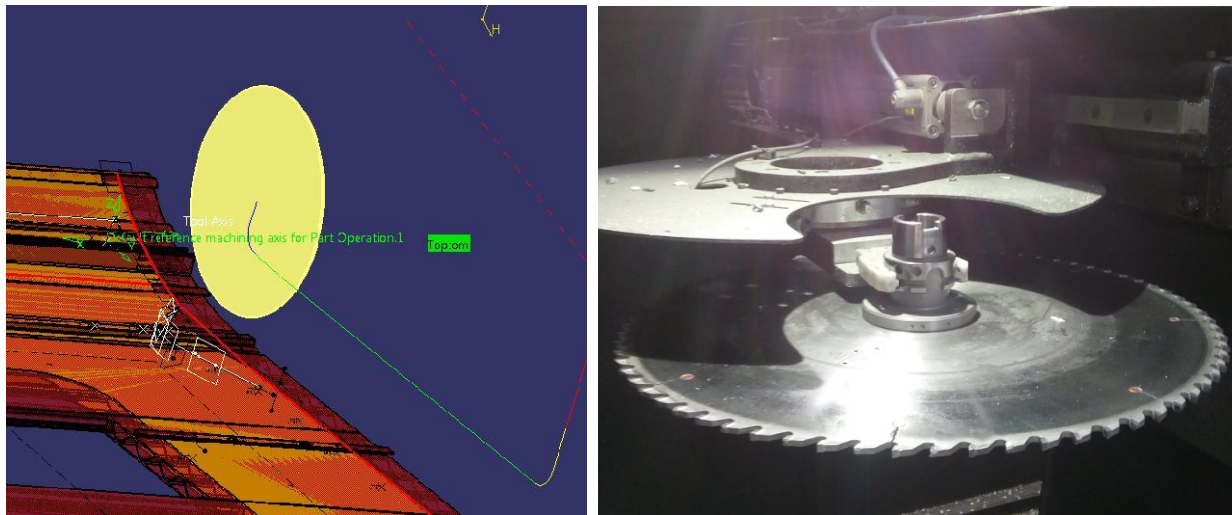
## 5.2. Алати и операције које изводе

При обради страница вагона користи се велики број алата који извршавају различите обраде. Један алат може да изврши велики број другачијих обрада при машинирању једне странице. Такође, алати могу бити позвани у било ком тренутку операције, што значи да немају стриктан редослед при коришћењу већ се налази оптимална путања и позиција

алата при производњи странице. Даље у тексту ће бити описан сваки алат који се користи при обради (свих варијација странице).

### 1. Тестерасто глодало Ø500x4 (прво позивање)

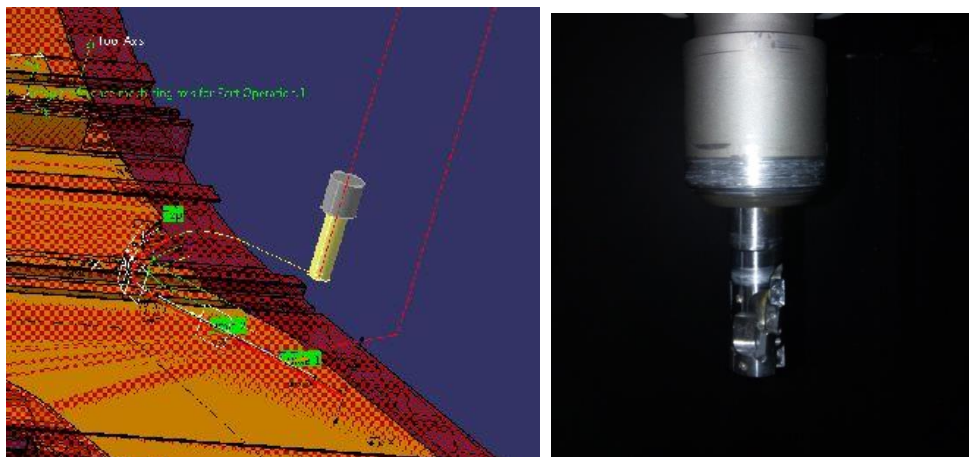
Тестера је прва операција и намена јој је да доведе комад на номиналне мере. Служи за одсецање вишка странице. Приказана је једна операција сечења по прописаној путањи (лево) као и изглед тестере на машини (десно) (слика 45):



Слика 45 – Приказ измоделиране тестере и стварног алата

### 2. Глодало Ø25

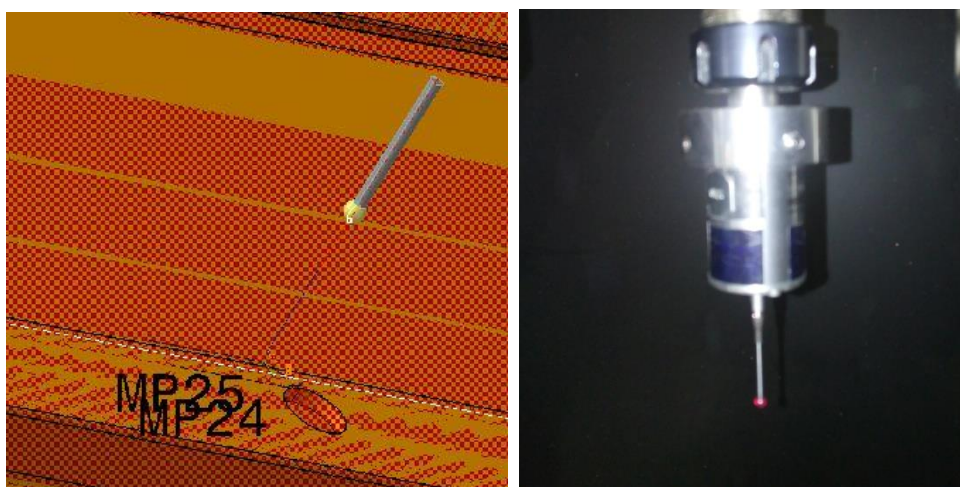
Геометрија овог глодала је јако комплексна, присутне су и изменљиве плочице. Намена му је за обрађивање закривљене контуре са бочне стране странице на предмеру. Ово је груба обрада контуре односно бочног радијуса (слика 46). Ово глодало има јако сложену путању задату у програмском језику, са јасно одређеним програмом за обраду. Глодало је скупо услед компликоване израде, али исплативо. Изменљиве плочице су такође компликоване геометрије и захтевају промену на 3 месеца услед хабања алата. Ове плочице захтевају велику тачност при монтирању јер се у супротном геометрија резања уништава и смањује тачност обраде. Такође, лошим монтирањем алата може доћи до хаварије или непланираног крзања.



**Слика 46** – Приказ симулације глодала и стварног алата

### 3. TOUCH PROBE

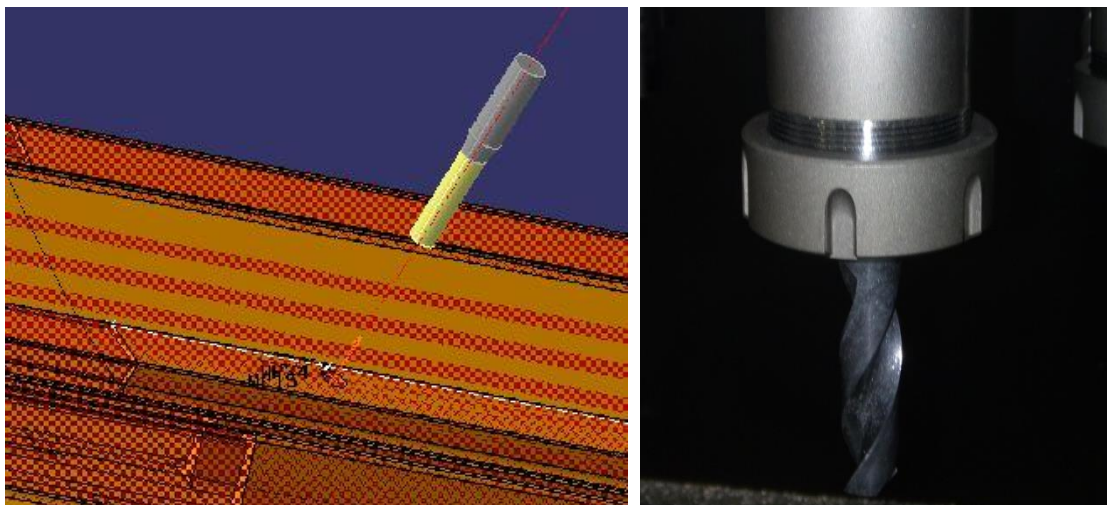
Touch probe представља уређај који се поставља уместо резног алата. На врху алата се налази мерни пипак који врши мерење комада помоћу неког броја тачака. Мерни пипак има исцртано по симулацији 99 тачака које мора да упореди са номиналним вредностима (слика 47). На основу мерења ових тачака, компјутеру је издиктирана геометрија странице и он пореди колико она одступа од идеалне геометрије дате по симулацији.



**Слика 47** - Touch probe – симулација и стварни алат

### 4. Бургија Ø12

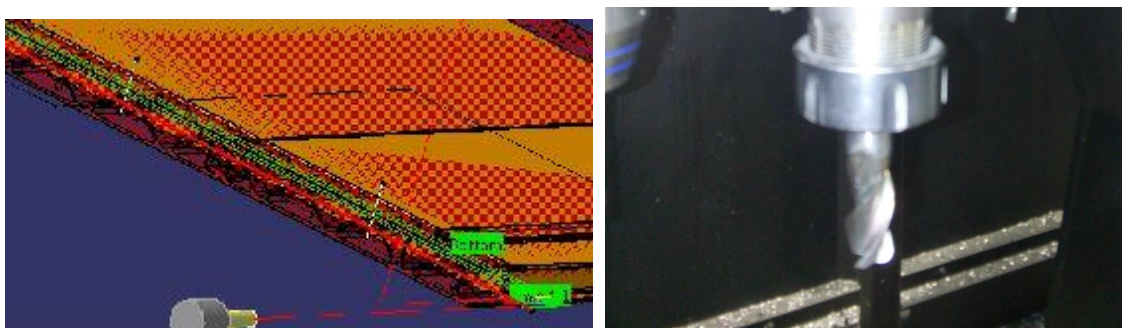
Бургија пречника 12 служи за бушење рупа истог пречника. Овај алат буши рупе преко ребара дуж целе странице (слика 48). Те рупе служе за качење изолације.



**Слика 48** – Приказ симулације бургије и стварног алата

## 5. Глодало Ø16 радијус 1

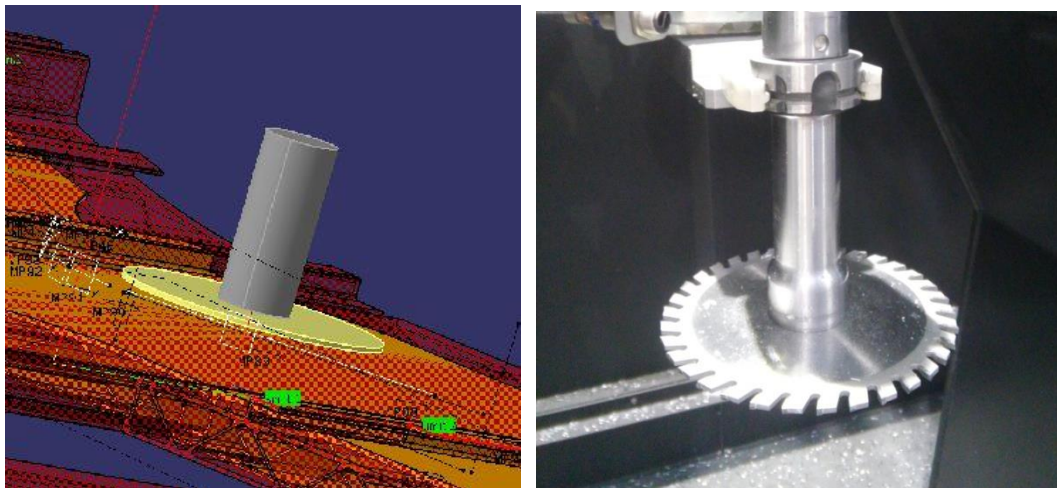
Ово глодало обрађује из хоризонталне главе и скида материјал са бочних канала (слика 49). Ови канали служе за одвод кондензације. Алат обрађује обе бочне стране.



**Слика 49** – Симулација обраде глодалом и стварни алат

## 6. Тестерасто глодало Ø180

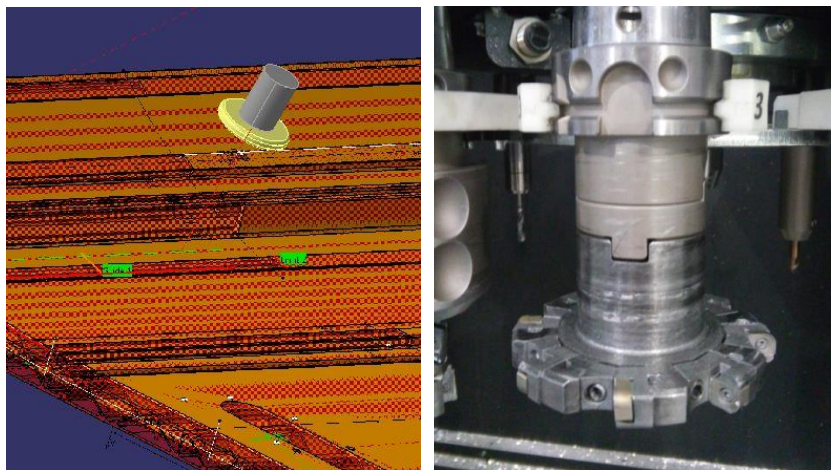
Тестера је један од највећих алата при овој обради и служи за одсецање ребара. Она уклања вишак ребара који се налазе на страници (слика 50).



Слика 50 – Симулација тестере и стварни алат

## 7. Т глодало Ø100 радијус 4 (прво позивање)

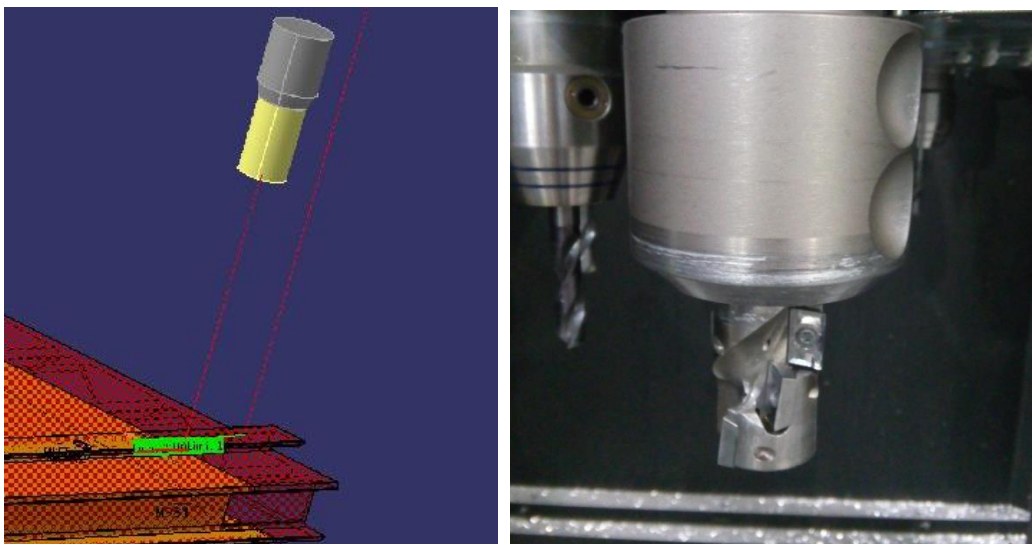
Улога Т глодала је да исече ребра на закривљеном делу стране, односно делу са радијусом. Ова операција је захтевна па је т глодало оптималан избор. У једном пролазу, глодало исеца 2 ребра симултано што је његова велика предност јер скраћује време обраде. На слици 51 је приказано Т глодало како обрађује на радијусу стране. Ово глодало има изменљиве плочице.



Слика 51 – Приказ симулације Т глодала и стварног алата

## 8. Глодало Ø32

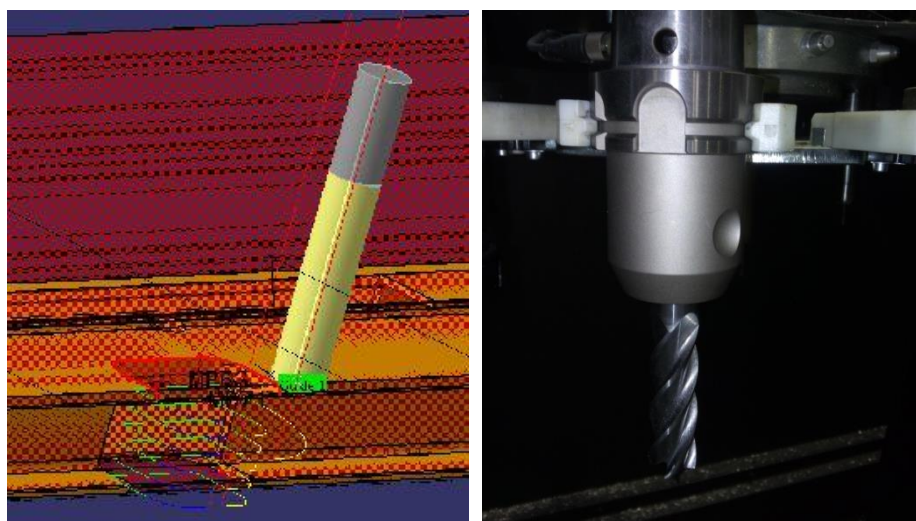
Глодало "кукурузар" има више улога у обрадним операцијама. Улога је да обрађује бочну страну, али само један део (слика 52). Његова улога је и да исече прозоре на предмету као и да направи елипсasti отвор са бочне стране. Ово је глодало са изменљивим плочицама.



**Слика 52** – Приказ симулације глодала и стварног алата

### 9. Глодало Ø20 за фину обраду

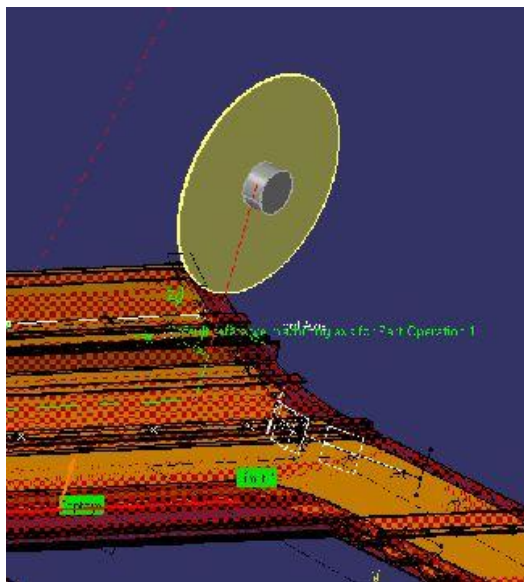
Ово глодало обрађује радијус на бочној страни, односно врши фину обраду (слика 53). Такође, обрађује и горњу страну странице вагона.



**Слика 53** – Приказ симулације глодала и стварни алат

### 10. Тестера Ø500 (друго позивање)

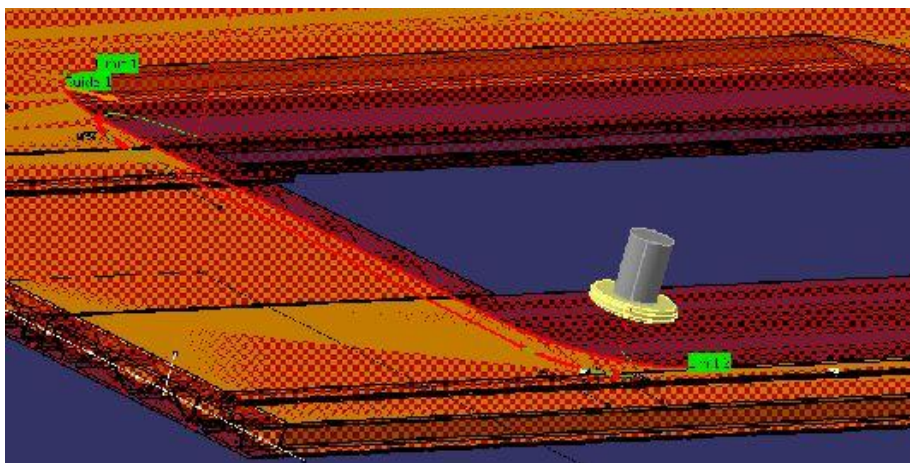
У овом пролазу, тестера врши одсецање прозора (слика 54).



**Слика 54** – *Симулација обраде прозора*

### **11. T глодало Ø100 (друго позивање)**

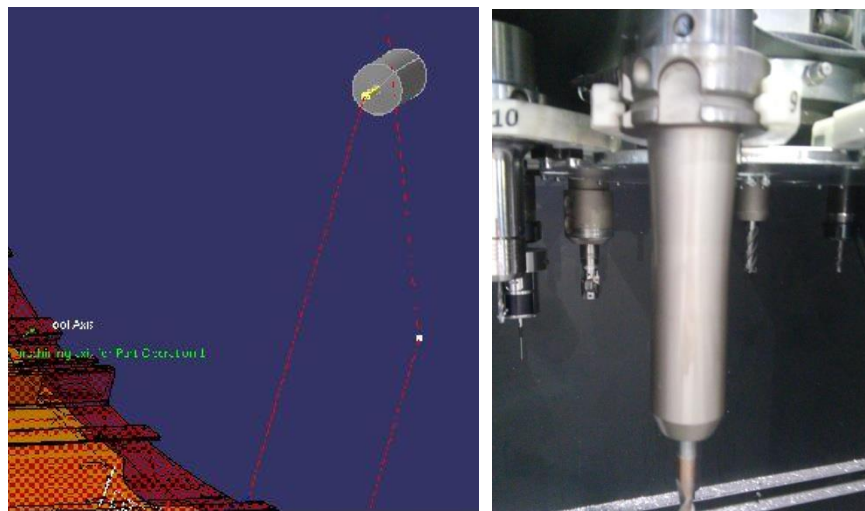
При овом позивању, глодало обрађује радијусе за постављање прозора (слика 55).



**Слика 55** – *Симулација рада T глодала*

### **12. Глодало Ø10 радијус 3**

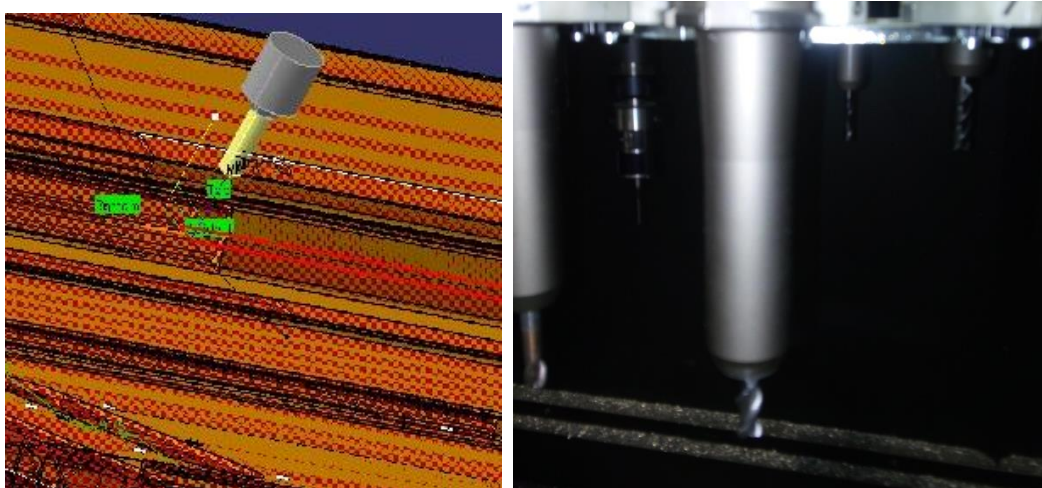
Ово глодало ради на радијусу. Обрађује површину и канале који служе за одвод кондензације (слика 56).



**Слика 56** – Приказ симулације глодала и стварног алата

### 13. Глодало Ø12

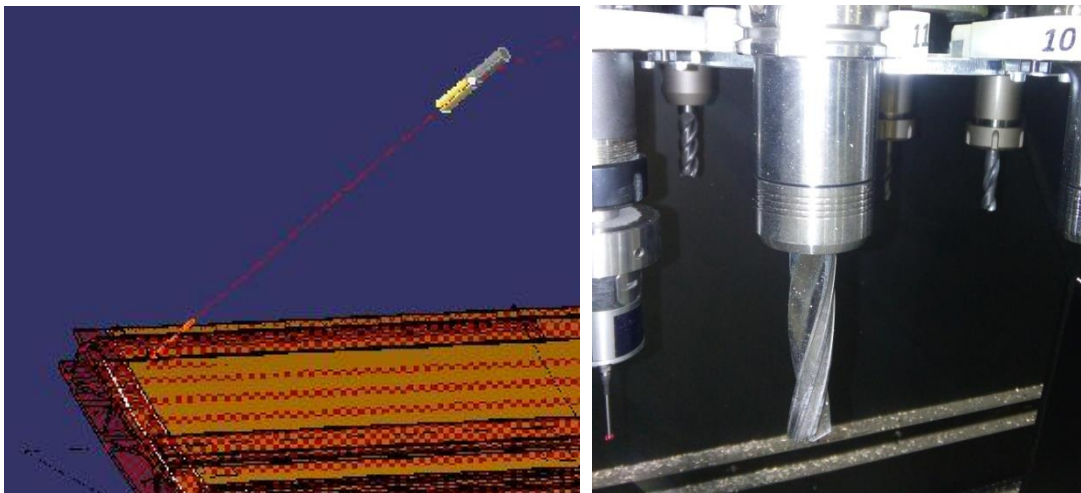
Ово глодало прави рупе Ø12. Глодало је изабрано испред бургије из разлога што прилаз позицији за рупу има избочину у виду ребра са горње стране и закошење странице са доње, стога је лакше користити глодало да не би дошло до оштећења (слика 57).



**Слика 57** – Приказ симулације глодала и стварног алата

### 14. Бургија Ø16

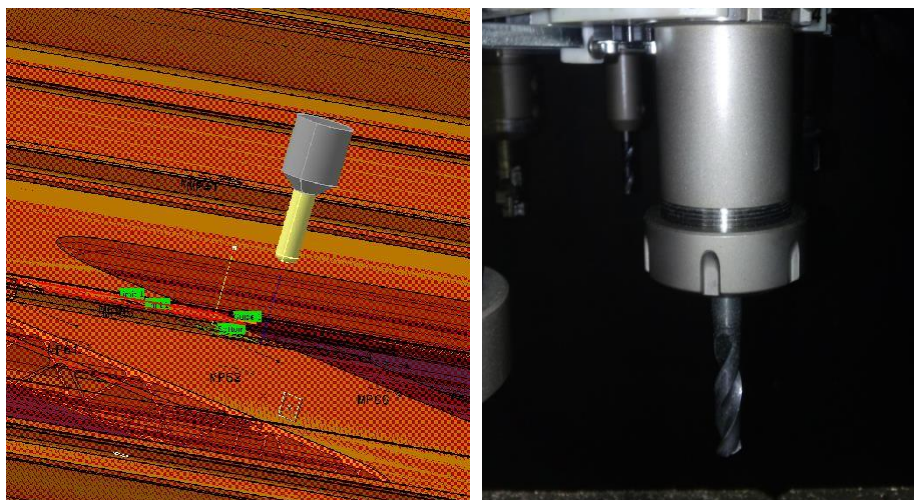
Ова бургија ради отворе на радијусу радног дела (слика 58).



**Слика 58** – *Симулација бургије и стварни алат*

### **15. Бургија Ø7**

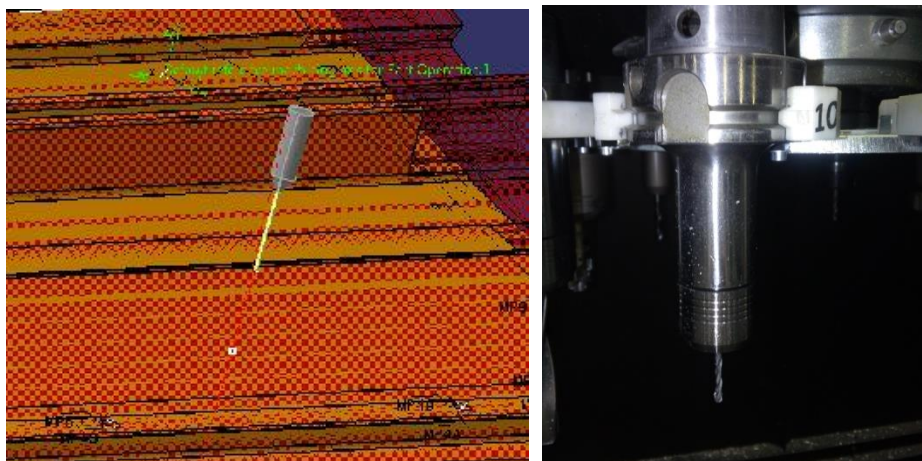
Ова бургија буши отворе око елипсастог отвора и око прозора (слика 59).



**Слика 59** – *Приказ симулације бушења и стварног алата*

### **16. Бургија Ø3**

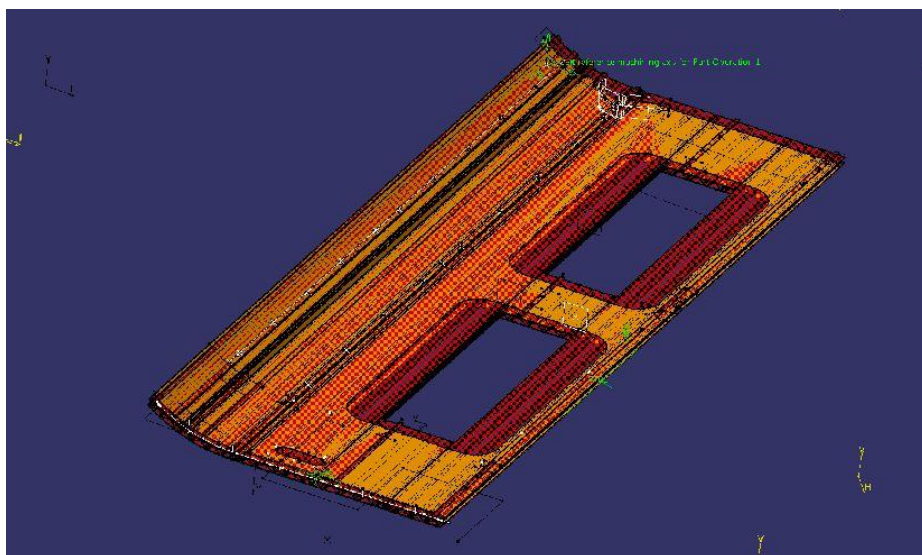
Ова бургија ради отворе на оси симетрије странице и отвор за центрирање при монтажи. (слика 60)



**Слика 60** – Приказ симулације бушења и стварног алата

### 5.3. ФИНАЛНИ ИЗГЛЕД ОБРАЂЕНОГ ДЕЛА

На слици 61 је приказ радног дела и припремка. Радни део је обележен наранџастом бојом, а припремак црвеном бојом.



**Слика 61** – Радни део и припремак

Симулације су рађене у програмском језику CATIA R24.

## 6. КОНТРОЛА КВАЛИТЕТА

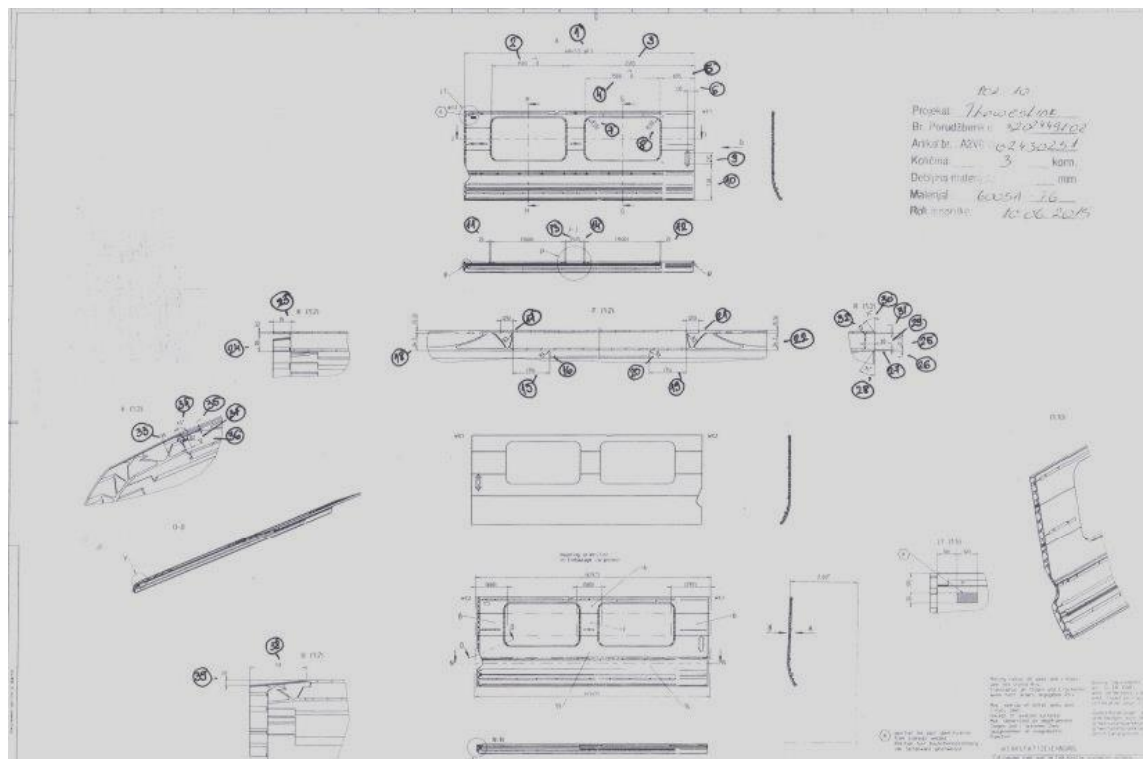
Контрола представља поређење номиналних мера са стварним мерама. Ово је један од врло битних корака при производњи јер диктира исправност дела. Након сваке обраде, неопходно је извршити контролу мера ради настављања производње. Странице вагона имају велики број операција које се изводе на њој, самим тим и велики број мерних тачака. Неопходно је да свака мерна тачка показује поклапање са идеалном мером уз мала дозвољена одступања. Грешке се не толеришу при справљању овако озбиљних делова. Контрола се извршава из неколико делова. Прва контрола се одвија непосредно пред заваривање. Од ње умногоме зависи тачност мера дела јер заваривање захтева јако квалитетан део. У противном, дешавају се велика одступања и кривљења при обради. Друга контрола се одвија након заваривања, пре него што страница оде у обрадни центар. Ова контрола је јако битна јер се услед заваривања дешавају велике промене унутар материјала и на његовој површини. Након заваривања, неопходно је исправљање дела на номиналну меру како би обрада на SAHOS-у била омогућена. Уколико мере нису адекватне, мерни уређај на SAHOS-у неће препознати геометрију комада и обрада неће почети. Трећа контрола се одвија након обраде на SAHOS-у како би се утврдила евентуална одступања и како би се знало какве додатне обраде захтева део. Последња контрола је након додатне обраде. Она је уједно најозбиљнија и најбитнија јер представља финалну контролу.



**Слика 62** – Шаблон за контролу мера

Мерење се врши ручно и помоћу мерних шаблона који представљају развијене моделе високе тачности (слика 62).

Како би се мерење одвијало, неопходно је установити мерне позиције односно мерне тачке (слика 63). Свака од ових тачака има своју тачно одређену вредност која мора да се поклапа са стварном вредношћу. Толеранције су изузетно мале с обзиром на величину дела. Оптимизацијом је утврђено 37 мерних тачака за контролу. При мерењу прве стране у серији, мерење траје око 45 минута, док серијско мерење траје око 15 минута.



Слика 63 – Приказ мерних позиција једне стране

Потом се мере контролишу на основу контролног листа мера (слика 64). Контролни лист има 37 позиција при чему је за сваку позицију написана њена номинална мера и њено одступање. У току мерења, штиклира се поље уколико је мера адекватна. Не сме постојати ниједна неправилност јер се у том случају страница враћа на дораду. На слици су приказане само неке од мера, односно приказан је само део мерног протокола.

| Ispitivanje pre zavarivanja / Kontrolle vor Beginn der Schweissarbeiten           |                                                          |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
|                                                                                   |                                                          | Serijski broj / Seriennummer |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
| R.br                                                                              | Tražena vrednost<br>/ Sollmaß                            | 1156/01                      | 1156/02 | 1156/03 | 1156/04 | 1156/05 | 1156/06 | 1156/07 | 1156/08 |  |  |
| 1                                                                                 | 1796±1                                                   |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|                                                                                   | Kontura, šablon K-<br>MI-10±1                            |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
| Ispitivanje posle zavarivanja / Kontrolle der abgeschlossenen Schweißarbeiten     |                                                          |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
| 1                                                                                 | 1796±1                                                   |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|                                                                                   | Kontura, šablon±1                                        |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|                                                                                   | Ravnost po 13920<br>/ Geradheit siehe<br>13920(4647.5±8) |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
| Ispitivanje posle CNC obrade / Kontrolle nach der Bearbeitung an der Fräsmaschine |                                                          |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|                                                                                   | Kontura, šablon K-<br>MI-10±1                            |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|                                                                                   | Ravnost po 13920<br>/ Geradheit siehe<br>13920(4647.5±8) |                              |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
| 1                                                                                 | 4647,5±0,5                                               | 4648                         | 4647,5  | 4647,5  | 4647,5  | 4648    | 4648    | 4647,5  | 4647    |  |  |
| 2                                                                                 | 1796±1                                                   | 1796                         | 1796,5  | 1795,5  | 1795,5  | 1795,5  | 1795,5  | 1796    | 1796,2  |  |  |
| 3                                                                                 | 1500+4                                                   | 1500                         | 1500,5  | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    |  |  |
| 4                                                                                 | 1500+4                                                   | 1500                         | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    | 1500    |  |  |
| 5                                                                                 | 2395(±2)                                                 | 2395,5                       | 2395    | 2395    | 2395    | 2395,5  | 2395,3  | 2395    | 2395    |  |  |
| 6                                                                                 | 695(±0.8)                                                | 695                          | 695     | 695     | 695     | 695     | 695,5   | 695     | 695     |  |  |

**Слика 64** – Део мерног протокола

Након што се све стварне мере поклопе са номиналним вредностима, односно након што се мере уклопе у толеранцију, део је афирмисан и пакује се за даљи транспорт.

## **7. АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ СТРАНИЦЕ ВАГОНА**

У свакој производњи се тежи смањењу трошкова, главног времена обраде, брзој испоруци, доброј организацији, постављању квалитетног стручног кадра и задовољним купцима. Међутим, услова који диктирају све ове компоненте има много и јако је тешко направити оптимални амбијент за рад. Постоји велики број грешака које се јављају, почев од материјала и његове структуре, затим машина и њиховог рада, радника и руководиоца, грешке транспорта па чак и непредвидиве ситуације попут нестанка струје, пада напона, повреда, шкартова и друго. Да би се извршило унапређење, неопходно је систематски ући у сваки део производње, рашчланити га, сагледати опције и могућности, предвидети што већи број неправилности и грешака, проучити правила, стандарде и прописе, усавршити знање о свим машинама па организовати производњу. Побољшање је попут науке – комплексно, опширно и тешко уочљиво, стога се у овом раду неће описивати процес унапређења целе производње, већ само део који се тиче обраде на SAHOS глодалици.

Овај обрадни центар је компликована 5-осна глодалица на којој је могуће извршити више десетина типова обрада, што значи да је простора за напредак али и грешку знатно више него код 3-осних глодалица. Јако је тешко рашчланити и посматрати сваку обраду понаособ јер велики број фактора игра улогу. У овом раду је обухваћен неки део обрада које су уочене у току израде страница вагона.

Како би се израдила једна страница, неопходно је кренути од самог почетка – набавке. Профили се набављају из различитих земаља што опет пружа могућност корекције и смањења времена набавке, али база овог рада је само на обради метала резањем. Затим, неопходно је испратити страницу од уласка у халу до паковања за транспорт како би се савладала већ постојећа производња и ушло у материју. Након владања материјом, неопходно је уочити просторе који пружају могућност било ког типа унапређења, као и грешке које се јављају да би могле да се отклоне.

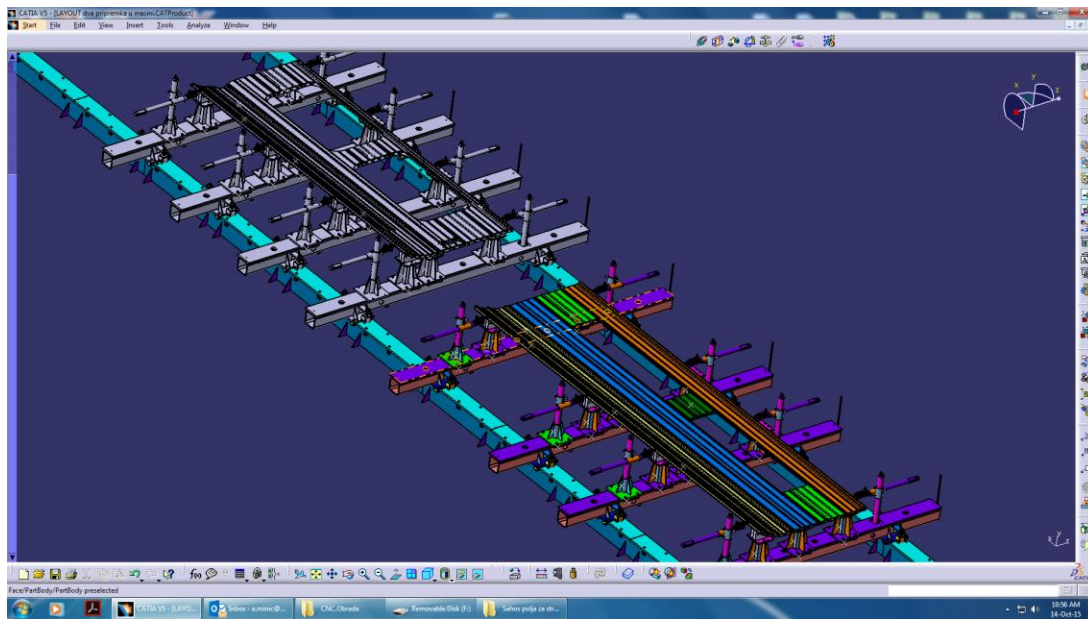
Унапређење је извршено у сарадњи са фирмом Милановић инжењеринг, уз помоћ стручног кадра, радника, непрестаног праћења поступка и сакупљања одговарајућих информација. Процес побољшања је подељен на више целина од којих ће свакој припасти одређено потенцијално решење проблема који је описан.

## 7.1. Унапређење капацитета радног простора коришћењем унифицираног стезног алата

На почетку обраде, док је машина била у фази развика и побољшања као и тестирања, прикупљане су информације које се тичу сваког фактора који утиче на режим обраде : стезни алат, главе, сами алати, простор око машине, режими обраде, брзина и вибрације, људски фактор, програмирање и програми док нису утврђена и постављена правила по којима се одвија производња страница вагона.

Машина је на самом почетку обрађивала само једну страницу у свом радном простору. Обзиром да је процес обраде алуминијумских страница дуг и захтеван потребно је било побољшати овај део производње. Наиме, најдуже странице су дуге око 6 метара, што значи да захтевају специфичне стезне приборе. Радни простор је дугачак 13 метара и ту је настала могућност за побољшањем јер је једна страница заузима мање од половине радног простора. Фирма Милановић инжењеринг се такође бави производњом алата и стезних прибора те је постојала могућност за прављењем новог стезног прибора.

Направљен је 3д модел стезног прибора који може да подржи 2 странице истовремено (слика 65).

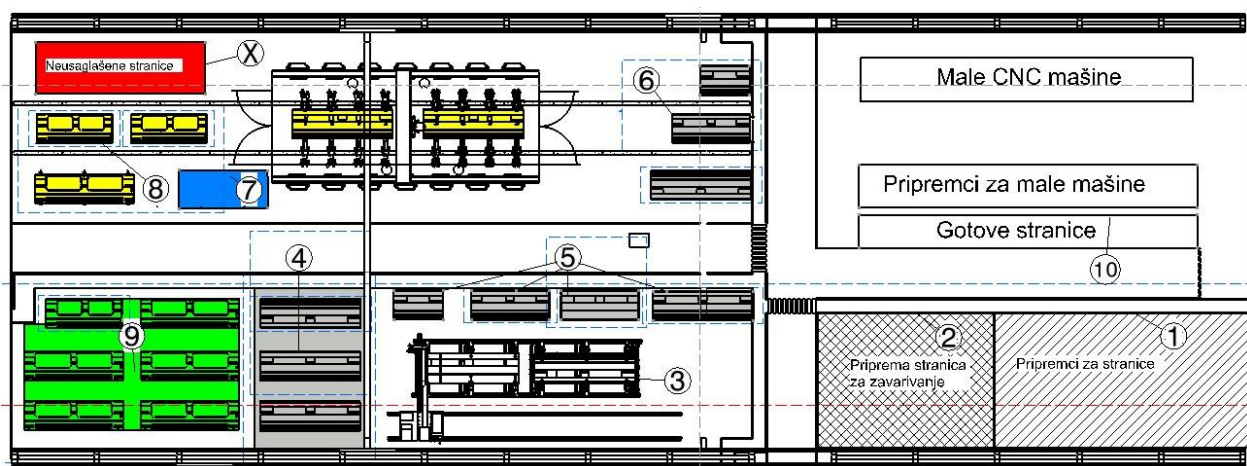


Слика 65 – Приказ стезног прибора

Овај стезни прибор омогућава спрезање 2 странице истовремено, при чему није битно које су димензије страница од датих три. Алат је унифициран тако да је могуће поставити било који тип странице на било коју страну, стезање је увек исто. Ово решење је скратило време обраде јер је познато да је време потребно за монтажу и демонтажу око 15 минута.

Приликом монтаже једног дела, могуће је симултано обавити монтажу другог дела и тиме се времена преклапају. Овај алат је повећао производњу за читавих 30% што значи да је могуће на дневном нивоу изградити 9 страница.

Услед израде овог стезног прибора и услед повећања производње, јавља се потреба за другачијим оријентисањем страница вагона. Кран је одговоран за подизање и премештање страница и он је то испрва радио на малој рути јер су се припремне странице налазиле испред SAHOS-а, али се сада јавила потреба за још једним преношењем странице. Услед тога, уведена је нова позиција припремних страница. Ова позиција се налази иза SAHOS машине, тако да странице улазе са обе стране обрадног центра. Овим потезом је направљена велика временска уштеда, али се јавио проблем недостатка простора који је занемарљив у односу на добитак (слика 66).



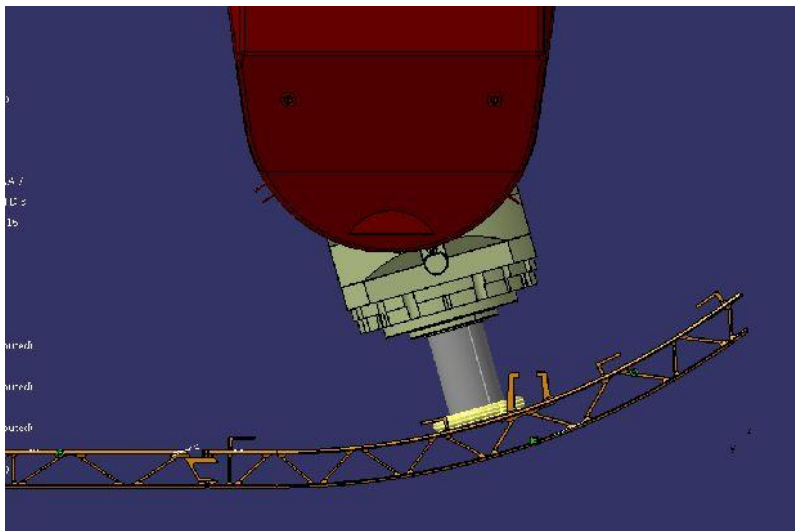
Слика 66 – Просторни изглед хале након унапређења

На слици је јасно приказан нов распоред хале где се складиштење страница, непосредно пред улаз у обрадни центар на даљу обраду, одвија на 2 позиције. Управо овим потезом, знатно се скраћује време транспорта странице јер су се странице на почетку налазиле само на позицији 6, док је сада уведена и позиција 8. Увођењем нове позиције, неопходна је прерасподела осталих ради лакше организације. Наравно, неке позиције, попут заваривања су непроменљиве јер сама поставка машине диктира где ће се странице наћи. Оно што је могуће изменити јесте магацине за чување страница како би се побољшала, уједно и скратила путања крана.

## 7.2. Унапређење програмирања странице и тачности израде

Програмирање процеса резања странице на обрадном центру представља изузетно сложен процес који захтева велики број позиција, различитих алата, квалитетно стезање, високу тачност и савршен одабир путања, односно машинирања. У овај процес је укључено 14 алата и 16 различитих врста обраде, што значи да се алати понављају услед комплексности обраде. Режији обраде су један од најбитнијих услова за квалитетну обраду. Наиме, саме спецификације диктирају какав је могућ режим обраде (број обртаја, брзина резања, брзина измене, снага мотора...) и какав је идеалан режим. Наравно, немогуће је постићи идеалан режим јер нису само фактори машине ти који диктирају потенцијал обраде већ и многи нестални параметри попут тачности, квалитета материјала, температуре околине, стезања и људског фактора. Задатак инжењера јесте да установи приближан модел идеалном процесирању, односно да открије најповољније факторе обраде. Ово су јако сложени и дуготрајни процеси јер се састоје од великог броја операција, а у свакој обради се налази велики број параметара који утичу на процес.

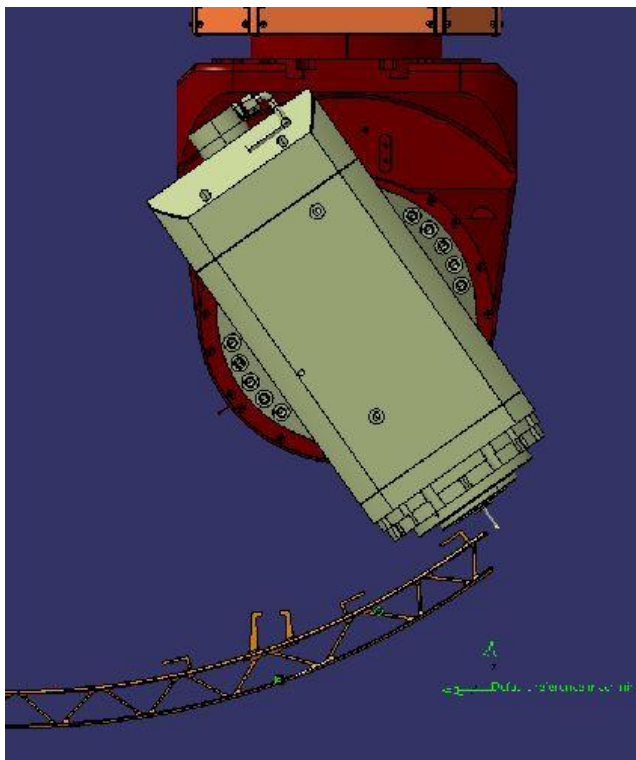
Програми се побољшавају дуг период, што зависи од геометрије, величине и материјала дела за обраду. У овом случају, странице су јако сложене геометрије поготово због дела са радијусом који је могуће обрадити само уз 5- осну глодалицу (слика 67).



**Слика 67** – *Обрада закривљеног дела странице Т глодалом*

Поред великог броја алата које машина користи током своје обраде, који су побројани у претходним поглављима, неопходна је и њихова специфична израда и одржавање, као и јако прецизна мера. Уколико су алати лоше подешени са зазорима и лошим мерама, аутоматски долази до преоптерећења машине и прекомерних вибрација. Тачност је готово најбитнија карактеристика обраде.

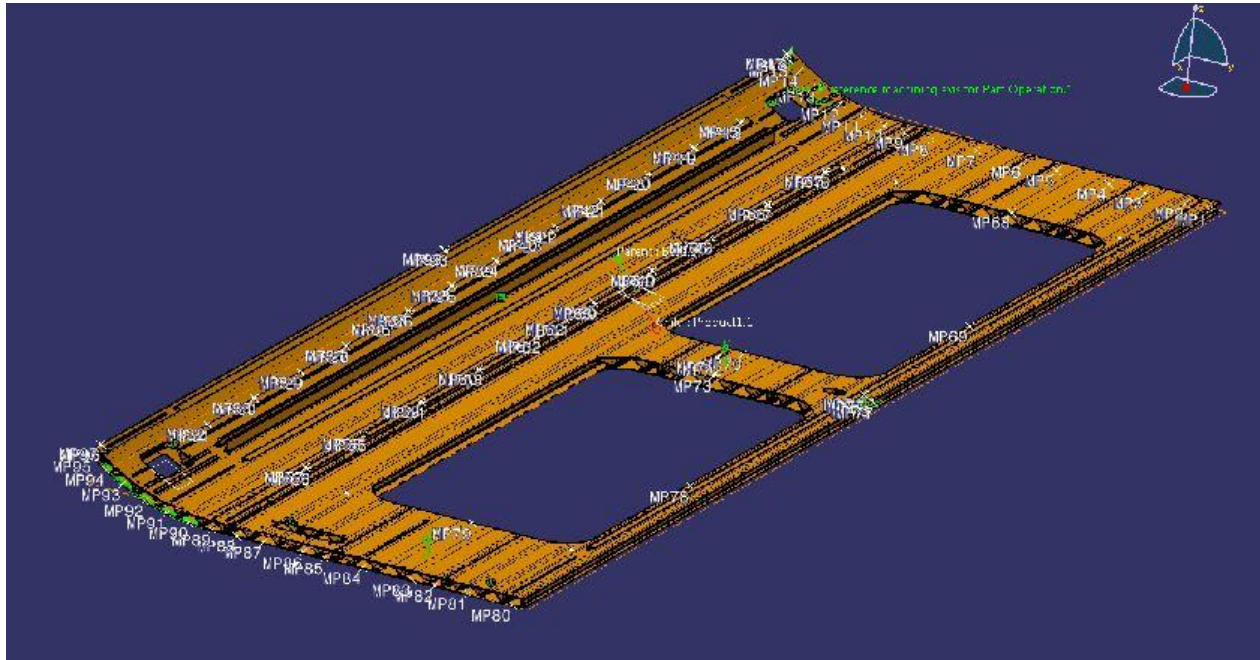
Геометрија дела се јасно одређује и на основу ње је формиран програм за обраду. Сама машина поседује сложен мерни систем и сложени мерни алат. Мерни алат је у облику пипка, пречника 4 мм који служи да дотакне одређене тачке и тиме испита геометрију дела (слика 68):



Овај мерни алат представља комплексну структуру која има задатак да премери цео део и саопшти његову геометрију, величину и позицију, као и одступања од замишљене мере. У програму су, након свих тестова, унешене праве мере које машина препознаје и прави поређења на тај начин систем функционише и почиње обраду.

67

већи број тачака, већа је и тачност, али је компликованије писање програма и већи је простор за прављење грешака.



**Слика 69** – Приказ 99 мерних тачака на радном комаду

Као што је напоменуто – велики број тачака представља и ризик јер је предуслов да се стварне мере поклопе са идеалним уз поштовање јако малих толеранција.

Као решење овог проблема, програм је оптимизован тако да је свака тачка условно речено мобилна. Наиме, TOUCH PROBE има унапред задате позиције које треба да препозна и дотакне на делу, међутим, ниједна страница није иста. Услед претходних обрада, поготово заваривања, странице се криве. У материјалу долази до стварања заосталих напона, хлађење се одвија другачије услед карактеристика материјала, па и мере одступају од стварних, али се налазе у оквирима толеранције.

Програм за TOUCH PROBE је написан динамично, тачније, уколико мерни алат приликом мерења не наиђе на тачку на својој прописаној позицији, а наиђе је на другој која се налази у оквиру другачијих толеранција које инжењер прописује, програм саопштава да је мера измењена, односно да је тачка померена и аутоматски помера мере и не детектује грешку. То значи да, ако се рупа коју програм треба да детектује не налази на 4 мм, него на 5 мм, померена за 1 мм, програм ће аутоматски изместити мере којима је она еталон и наставити рад неометано. Да нема овог динамичног дела програмирања, процес би стајао јако учестано јер су толеранције изузетно мале те би постојала одступања од идеалних мера. Машина, ако не препозна идеалне мере, детектује као да нема дела или као да не постоји

мера која се заправо налази ту. Ово је уједно најбитнији део оптимизације и најтежи јер је потребно претпоставити сва могућа померања при обради.

### **7.3. Унапређење алата за обраду страница**

У претходним поглављима су описани сви алати који учествују у обради страница. Има их 13, а 15 позиција које обављају. Сваки алат представља одређену карику у целом ланцу резања. Алати су следећи:

1. Тестера Ø500
2. Глодало 'кукурузар' Ø25
3. Бургија Ø12
4. Глодало Ø16 радијус 1
5. Тестера Ø180
6. Т глодало Ø100 радијус 4
7. Глодало Ø32 (кукурузар)
8. Глодало Ø20 за фину обраду
9. Глодало Ø10 радијус 3
10. Глодало Ø12
11. Бургија Ø16
12. Бургија Ø7
13. Бургија Ø3

Опис ових алата је већ дат као и њихов изглед ( стварни и модел ). Неопходно је напоменути да су то комплексни алати који су уједно и високих цена, прецизних димензија и знатног квалитета. На сваком алату је могуће извршити неки вид побољшања, јер сваки од њих представља општи алат, не специјализовани. Ретко се користе специјализовани алати услед високе цене, па је процењено да су ови типови најоптималнији за константан рад. Алати су наручивани из 3 каталога, односно 3 различите фирме – SECO, FRANKEN, GUHRING. У зависности од функција и квалитета, алати су углавном општи. Дати су неки

примери каталожних алата који су постављени на машини са својим битним спецификацијама.

### 7.3.1. БУРГИЈЕ

Бургије за бушење и дубоко бушење су наручене из GUHRING – The Tool Company, Catalogue 2013 – Full line drill catalogue. На слици 70 су дате бургије за резање универзалних материјала:

**Twist Drills**

**3xD**

Bright Finish

External Coolant

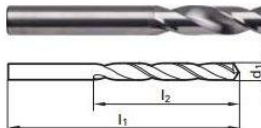
Straight Shank

Speeds & Feeds Information pg 444

**Series 610**

Cobalt stub length, self-centering 130° split point, web thinned all dia., standard straight shank, RH helix

Cut / Shank Dia. = h8 tolerance range



**Application Materials:**

- Universal Steels
- Stainless Steels
- Cast Iron

**GUHRING Select**

| Diameter (d1) |             |               |       |       |       | Diameter (d1) |           |             |               |       |       |       |               |
|---------------|-------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-----------|-------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|
| Dec. inch     | Fract. inch | Wire / letter | mm    | I1 mm | I2 mm | EDP #         | Dec. inch | Fract. inch | Wire / letter | mm    | I1 mm | I2 mm | EDP #         |
| 0.0394        |             |               | 1.000 | 26.00 | 6.00  | 9006100010000 | 0.1220    |             |               | 3.100 | 49.00 | 18.00 | 9006100031000 |
| 0.0402        |             | 60            | 1.020 | 26.00 | 6.00  | 9006100010200 | 0.1248    |             | 1/8           | 3.170 | 49.00 | 18.00 | 9006100031700 |
| 0.0409        |             | 59            | 1.040 | 26.00 | 6.00  | 9006100010400 | 0.1260    |             |               | 3.200 | 49.00 | 18.00 | 9006100032000 |

**Twist Drills**

**3xD**

nano-A™ coated

Coolant Through

Reinforced Straight Shank

Speeds & Feeds Information pg 501

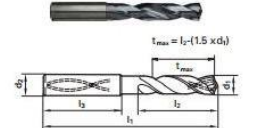
**Series 8510**

**RT 100 VA High Penetration**

Carbide, RT 100 VA, 3xD, self-centering 140° VA point, reinforced straight shank, RH helix

Cut Dia. = m7 tolerance range, Shank Dia. = h6

$t_{max} = l_2 \cdot (1.5 \times d_1)$



**Application Materials:**

- Universal Steels
- Stainless Steels
- Hardened Materials
- Ti & Ni Alloys

**Twist Drills**

| Diameter (d1) |             |               |       |       |       | Diameter (d1) |               |           |             |               |       |       |       |       |               |
|---------------|-------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|---------------|-----------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Dec. inch     | Fract. inch | Wire / letter | mm    | d2 mm | I1 mm | I2 mm         | EDP #         | Dec. inch | Fract. inch | Wire / letter | mm    | d2 mm | I1 mm | I2 mm | EDP #         |
| 0.1181        |             |               | 3.000 | 6.000 | 62.00 | 20.00         | 9085100030000 | 0.2795    |             |               | 7.100 | 8.000 | 79.00 | 41.00 | 9085100071000 |
| 0.1220        |             |               | 3.100 | 6.000 | 62.00 | 20.00         | 9085100031000 | 0.2811    |             | 9/32          | 7.140 | 8.000 | 79.00 | 41.00 | 9085100071400 |
| 0.1248        |             | 1/8           | 3.170 | 6.000 | 62.00 | 20.00         | 9085100031700 | 0.2835    |             |               | 7.200 | 8.000 | 79.00 | 41.00 | 9085100072000 |
| 0.1260        |             |               | 3.200 | 6.000 | 62.00 | 20.00         | 9085100032000 | 0.2874    |             |               | 7.300 | 8.000 | 79.00 | 41.00 | 9085100073000 |

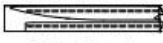
Слика 70 – Приказ бургија у каталогу [9]

Ове бургије су се у тестовима показале као повољна опција за обраду. Услед ниже цене изабране су опште у односу на специјалне бургије.

Боља опција су специјализоване бургије за алуминијум чија геометрија је направљена за мекане материјале. Такве бургије су наручене из истог типа каталога и приказане су на слици 71:

### 4xD

 Bright finish

 Coolant Through

 Reinforced Straight Shank

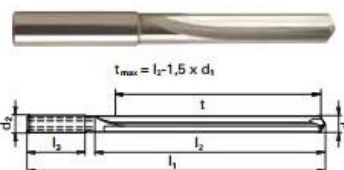
Speeds & Feeds  
Information pg 455

## Series 768

### RT 150 GG

Carbide, RT 150 GG straight flute high penetration, 4xD, 120° point, Special web thinned all dia., reinforced straight shank, RH cut

Cut Dia. = m7 tolerance range, Shank Dia. = h6



$$t_{max} = l_2 - 1,5 \times d_1$$

Application Materials:

 Aluminum & Alloys

 Cast Iron

Twist Drills

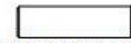
| Diameter (d1) |             |               |       |       |       |       | Diameter (d1) |           |             |               |       |        |        |       |               |
|---------------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|--------|-------|---------------|
| Dec. inch     | Fract. inch | Wire / letter | mm    | d2 mm | l1 mm | l2 mm | EDP #         | Dec. inch | Fract. inch | Wire / letter | mm    | d2 mm  | l1 mm  | l2 mm | EDP #         |
| 0.1181        |             |               | 3.000 | 6.000 | 66.00 | 24.00 | 9007680030000 | 0.3126    | 5/16        |               | 7.940 | 8.000  | 91.00  | 53.00 | 9007680079400 |
| 0.1220        |             |               | 3.100 | 6.000 | 66.00 | 24.00 | 9007680031000 | 0.3150    |             |               | 8.000 | 8.000  | 91.00  | 53.00 | 9007680080000 |
| 0.1260        |             |               | 3.200 | 6.000 | 66.00 | 24.00 | 9007680032000 | 0.3180    |             |               | 8.100 | 10.000 | 103.00 | 54.00 | 9007680081000 |

### 7xD

 Bright finish

 Coolant Through

 Reinforced Straight Shank

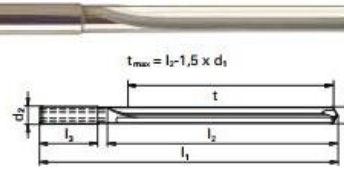
Speeds & Feeds  
Information pg 455

## Series 769

### RT 150 GG

Carbide, RT 150 GG straight flute high penetration, 7xD, 120° point, Special web thinned all dia., reinforced straight shank, RH cut

Cut Dia. = m7 tolerance range, Shank Dia. = h6



$$t_{max} = l_2 - 1,5 \times d_1$$

Application Materials:

 Aluminum & Alloys

 Cast Iron

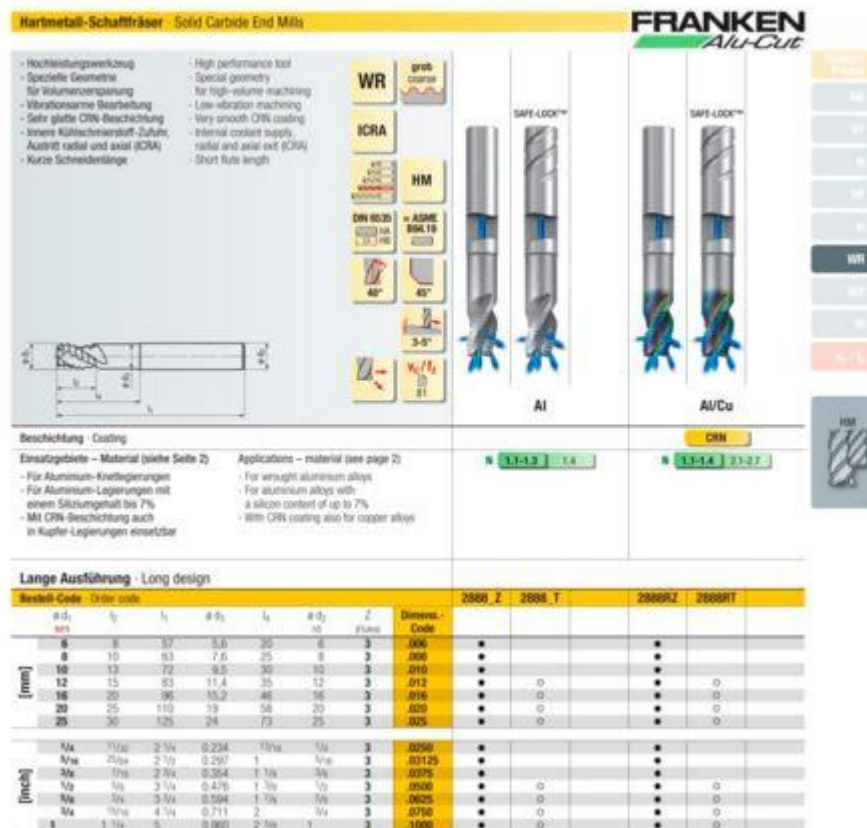
Twist Drills

| Diameter (d1) |             |               |       |       |       |       | Diameter (d1) |           |             |               |        |        |        |        |               |
|---------------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-----------|-------------|---------------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| Dec. inch     | Fract. inch | Wire / letter | mm    | d2 mm | l1 mm | l2 mm | EDP #         | Dec. inch | Fract. inch | Wire / letter | mm     | d2 mm  | l1 mm  | l2 mm  | EDP #         |
| 0.1181        |             |               | 3.000 | 6.000 | 74.00 | 36.00 | 9007690030000 | 0.3740    |             |               | 9.500  | 10.000 | 139.00 | 95.00  | 9007690095000 |
| 0.1220        |             |               | 3.100 | 6.000 | 74.00 | 36.00 | 9007690031000 | 0.3748    | 3/8         |               | 9.520  | 10.000 | 139.00 | 95.00  | 9007690095200 |
| 0.1260        |             |               | 3.200 | 6.000 | 74.00 | 36.00 | 9007690032000 | 0.3837    |             |               | 10.000 | 10.000 | 139.00 | 95.00  | 9007690100000 |
| 0.1299        |             |               | 3.300 | 6.000 | 74.00 | 36.00 | 9007690033000 | 0.4016    |             |               | 10.200 | 12.000 | 163.00 | 114.00 | 9007690102000 |
| 0.1339        |             |               | 3.400 | 6.000 | 74.00 | 36.00 | 9007690034000 | 0.4063    | 13/32       |               | 10.320 | 12.000 | 163.00 | 114.00 | 9007690103200 |

Слика 71 – Приказ специјализованих бургија за алуминијум [9]

При резању алуминијума, најповољнија опција што се тиче квалитета обраде јесу специјализовани алати. Оно што ј мана ових алата јесте нешто виша цена, па је услед тога одлучено да се у даљој примени користе универзални алати.

Још један тип оптимизације алата јест у специјалним бургијама са унутрашњим хлађењем које су наручене из каталога FRANKEN, слика 72:

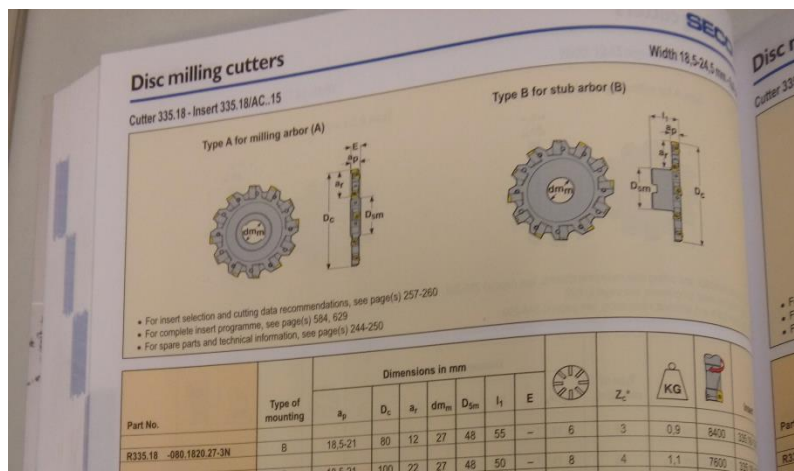


Слика 72 – Специјална бургија из FRANKEN каталога [10]

Ова бургија има јако специфичну геометрију, са унутрашњим отворима кроз које у току обраде пролази флуид и чиме се поспешује хлађење. Ова бургија је специјализована за обраду алуминијума и представља оптималан избор.

### 7.3.2. ТЕСТЕРА

У обради се јављају две различите тестере. Обе су великих пречника. Као оптималан избор узета је једна од тестера из каталога компаније SECO (слика):

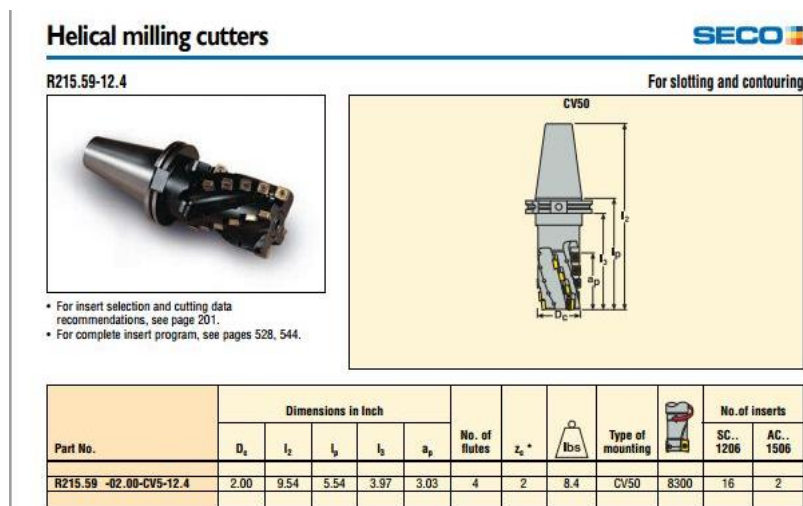


Слика 73 – Тестера из каталога SECO [8]

Ова тестера је комплексне геометрије са изменљивим плочицама и дуготрајног радног века. Тестера је универзална и на тестовима се показала као најоптималнији избор.

### 7.3.3. ГЛОДАЛО

При обради страница се корити неколико типова глодала у зависности од врсте операције коју обавља. Сва глодала су универзална. На слици 74 је дато глодало са изменљивим плочицама из каталога SECO:



Слика 74 – Глодало из каталога SECO [8]

У фирми Милановић инжењеринг је издат захтев за тестирање два различита типа глодала од два различита произвођача, како би се проверила њихова исплативост, век трајања и

могућност обраде. Најпре је захтев да се скрати време трајања обраде на исплатив начин. Тестирано је глодало из фирме ATORN и SECO (слика 75).

[TESTREPORT] - [MILLING]
  


[HEADINGCASEOVERVIEW]

[HEADINGCASEINFORMATION]

[reportTitle]: R217.69-2532.3S MILLING

[caseOwner]: Darko Pavlovic

[creationDate]: 2015-09-18

[projectNumber]: STRANICA VOZA

[PRODUCTION]

[productionType]: [mass]

[partsPerYearOrBatch]: 2500 [pieces]

[WORKPIECE]

[workPieceName]: Stranica vagona

[componentNumber]: 1

[secoMaterialGroup]: SMG 17 - Aluminium alloys : High Si

[material]:

[heatTreatment]:

[surfaceProperty]:

[stability]:

[materialCalibration]:

[CUSTOMER]

[customerName]: MILANOVIC INZENERING

[customerLocation]: SERBIA

[contactName]:

[priceList]: RSRS15

[partnerName]:

[partnerContact]:

[OBJECTIVES]

Potrebno je skratiti program kako bi se smanjili troškovi proizvodnje

[SOLUTIONS]

Izborom alata sa radijusom 3.1 pokušati da se skрати program tako što ce se izbaci drugi alat.

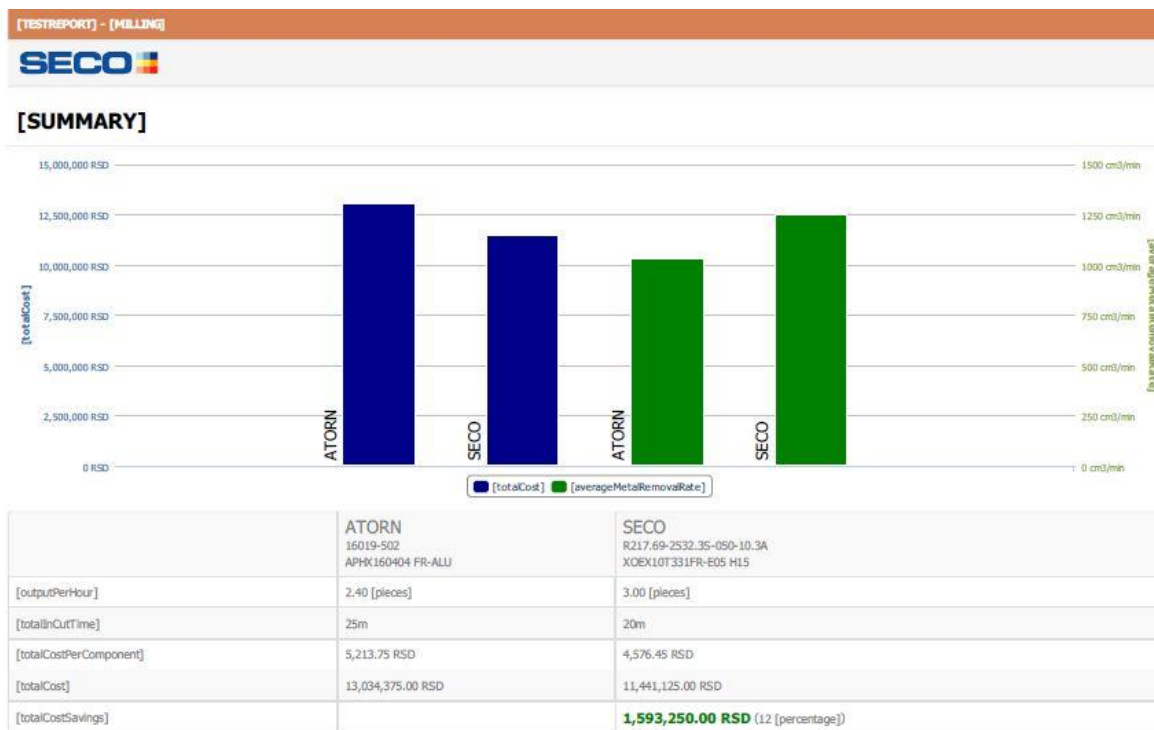
[RESULTS]

Alat je zadovoljio zahteve kupca

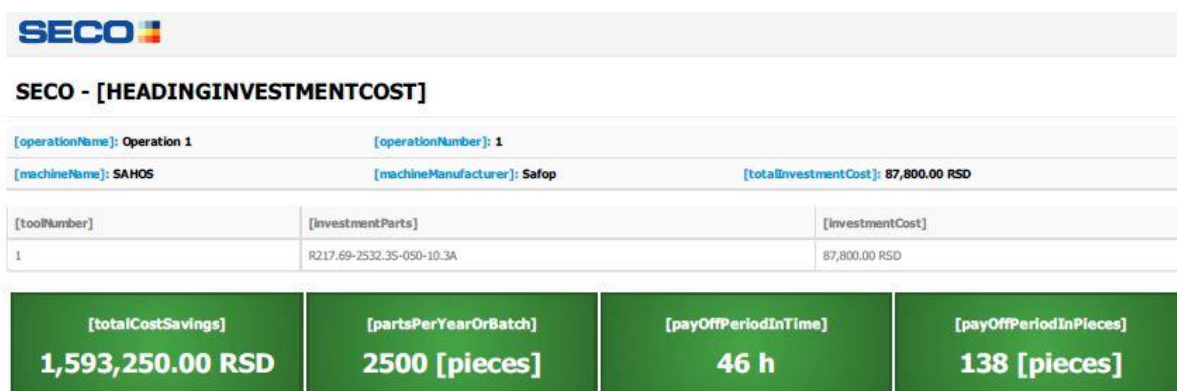
Слика 75 – Спецификације и захтеви теста [8]

На почетној страни теста су дати услови и захтеви који се тестирају као и део на коме се тест врши, односно страница вагона.

Поређење ова два глодала се базира на провери SECO-овог глодала које се и показало као исплативије глодало. Овај тест је одрађен како би се увидело колике су уштеде уколико се користе специјализована глодала за алуминијум, тачније колико се скраћује време обраде. Интересантно је што је, упркос већој цени овог глодала, исплативост бржа у односу на универзално глодало. Поента теста јесте да, када се унесе само један специјализован алат, време обраде се скраћује. На слици 76 је приказан однос трошкова, а на слици 77 је дато у цифрама колика је уштеда на новом SECO-овом глодалу.



Слика 76 – Однос два глодала [8]



Слика 77 – Укупна уштеда

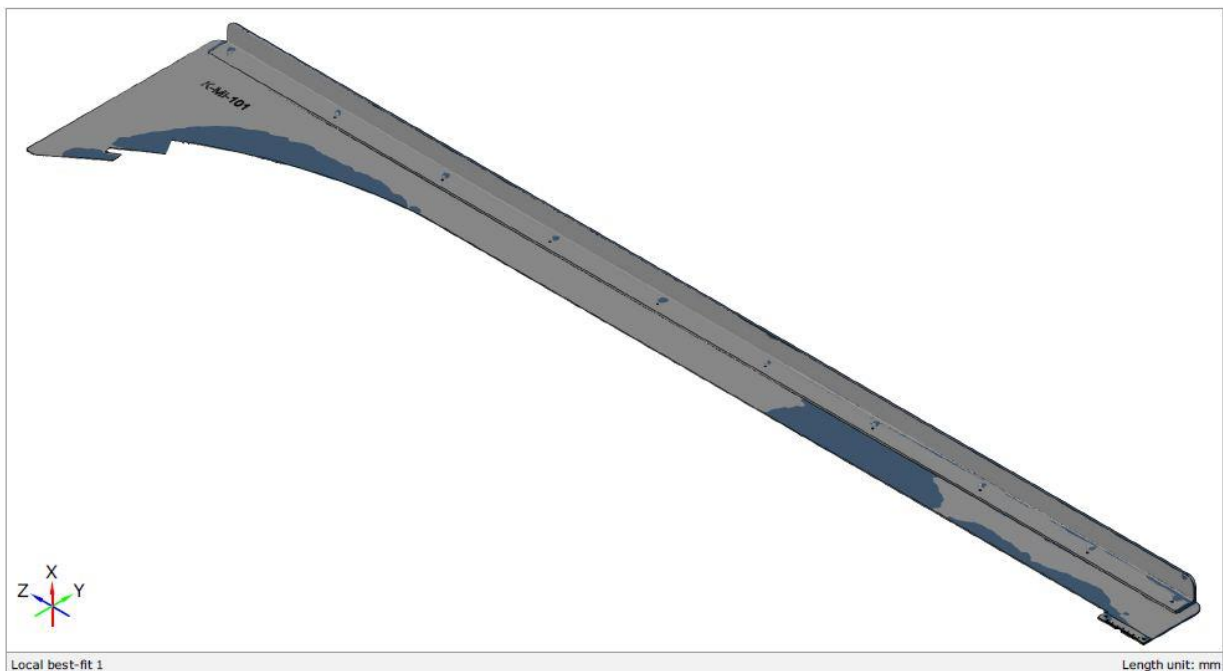
Неопходно је одрадити економску анализу за сваки алат и упоредити спецификације обраде универзалних алата са специјализованим алатима за алуминијум како би се утврдио период отплате и да ли је могуће скратити време обраде па тек онда имплементирати нове алате. Мана специјализованих алата уме да буде висока цена стога је потребан строг тест.

#### 7.4. Побољшање контроле и мерних шаблона

Контрола је основа сваке производње, а контролу страница вагона диктира њихова тачност. Да би производ добио атест, неопходно је његово поклапање са номиналним мерама након завршених свих обрада. Крајња обрада страница се одвија ручним алатима, стога су могуће веће грешке. Контрола мора да установи све типове грешака уколико их има, или да ли се одступања од номиналне вредности налазе у оквиру толеранција. При процесу израде странице вагона, толеранције су јако уске – реда једног милиметра на 6 метара. Стога је потребна примена различитих мерних уређаја, темељне провере и тачног мерења. Како би мерење било тачно, неопходно је присуство мерних шаблона.

Вид унапређења јесте конструисање тестираног шаблона високе тачности и минималних толеранција. Овај вид опобољшања је направљен у сарадњи са Факултетом инжењерских наука у Крагујевцу. На факултету је измерен конструисани шаблон како би се отклониле потенцијалне грешке при чему је одређено најбоље пријањање и да ли је мерење квалитетно (слика 78) и приказана су одступања.

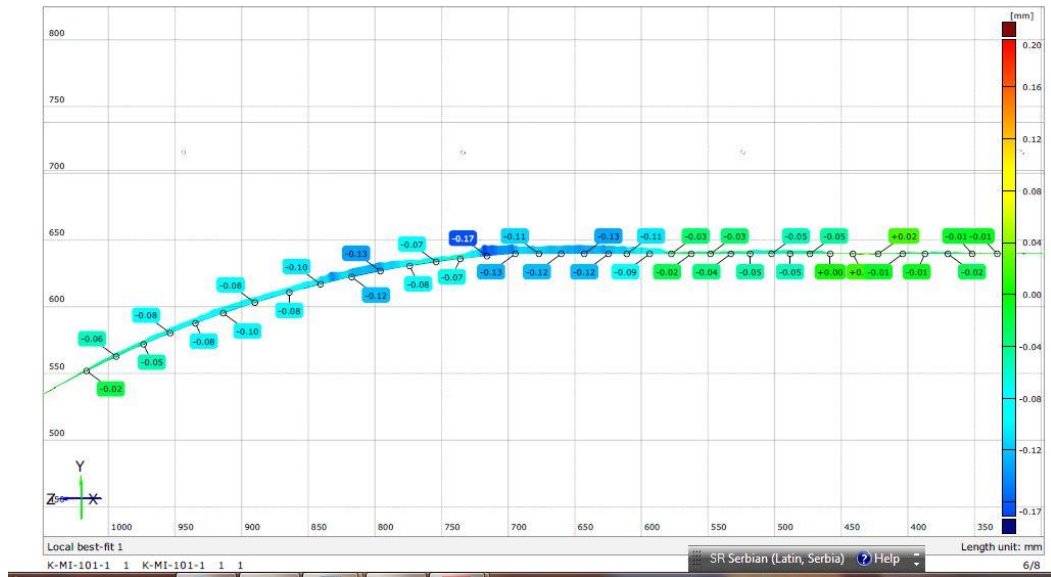
Local Best-Fit Alignment



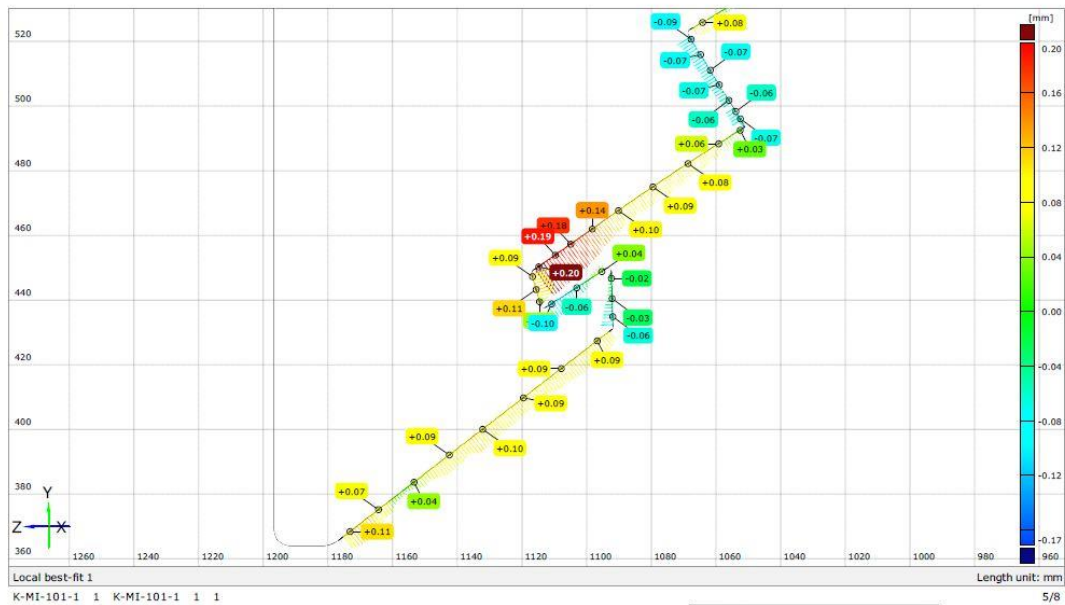
Слика 78 – Приказ мерног шаблона [5]

На слици су приказане тамнијом бојом позиције где се дешавају мала одступања јер је ово приказ преклопа модела и стварног шаблона.

### Inspection Section 3



### Inspection Section 2



**Слика 79 – Приказ мера толеранције шаблона [5]**

На сликама 79 је приказано одступање мера стварног модела од CAD модела. Захваљујући овим одступањима, могуће је написати динамичан програм високе прецизности који се већ користи при производњи страница вагона на SAHOS обрадном центру.

## 8. ЗАКЉУЧАК

Савремени обрадни поступци имају све већу примену у савременој индустрији. Аутоматски управљане машине мењају ручне услед великих серија које тржиште захтева. Појављују се све већи захтеви што се тиче обраде. Квалитет и брзина, као и економичност и време диктирају прогрес производње.

Да би производња доживела своју експанзију, неопходно је заћи у најситније детаље исте. Уколико је продукт сложеније геометрије, и производња је комплекснија, захтева робуснију и савременију обраду и висока знања о истој. Неопходно је стално испитивати нова сазнања и понашања производње, јер је она динамична.

Производња страница возова је дуготрајан процес у коме учествују најсавременији обрадни центри и алати. Једна страница има дуг период израде јер је направљена из неколико склопљених профила – на њој су присутна закривљења, прорези, фазете, оборене ивице и остали облици који захтевају сложене обраде. Услед сложености овог дела и његове обраде, неопходно је било системски проћи кроз целу његову производњу ради разумевања овог система.

На основу оваквог прегледа технологије обраде и осталих процеса који се догађају у производњи странице возова, могуће је изградити слику и оквирно знање о једном оваквом машинирању. На основу основног знања, могуће је даље унапређивати процес до његовог пуног волумена. Како би се процес побољшао у неком сегменту, неопходно је детаљно изучити исти, сагледати га из различитих аспеката, а затим га тестирати и темељно изучавати дуг период како би се открило на ком пољу је могуће унапредити систем. Овај рад обухвата велики број информација о самој производњи, али обухвата и сегмент примене побољшања које је пласирано у ходу – тачније док је трајао процес прилагођавања и тестирања машине. Анализе побољшања приказане у овом раду би требало да представљају ослонац за будућа унапређења производње странице возова, јер је ово процес високе сложености са великим бројем параметара стога пружа поља која је могуће увек накнадно унапредити.

5 - осна глодалица, односно SAHOS обрадни центар представља велики изазов за производњу и као такав пружа мноштво идеја за даље побољшање које је могуће применити у будућности. Разматране су идеје о замени стезног прибора новим вакуумским столом чиме би се стезање вршило по целој површини странице, као и дуплирање позиција магацина алата како би се скратило време обраде услед ближе позиције. Једна од револуционарних идеја, која би побољшала број страница скоро двоструко је инсталирање нове обрадне главе на обрадном центру, што би омогућило истовремену обраду 2 странице.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

1. "Интегрисани CAPP системи и технолошка база података" – Д. Лукић, М Милошевић, В. Тодић, Скрипта са предавања, Факултет техничких наука, Нови Сад 2013.
2. "Пројектовање технолошких процеса" – Р.Митровић, Научна књига, Београд 1991.
3. "Производне технологије – Обрада метала резањем" – М. Лазић, Б. Недић, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2007.
4. "Упутство за SAHOS обрадни центар" – Милановић Инжењеринг, Крагујевац 2015
5. "Испитивање тачности мера шаблона" – М. Благојевић, Крагујевац 2015
6. <http://www.sahos.cz/en/> 15.10.2015
7. <http://www.haane.de/process-industry/?lang=en> 18.10.2015
8. [https://www.secotools.com/CorpWeb/north\\_america/Literature\\_brochures/2012%20Milling%20LoRes.pdf](https://www.secotools.com/CorpWeb/north_america/Literature_brochures/2012%20Milling%20LoRes.pdf) 18.10.2015
9. [http://www.guhring.com/Documents/Catalog/Drills/FullLineDrills\\_4\\_14\\_15.pdf](http://www.guhring.com/Documents/Catalog/Drills/FullLineDrills_4_14_15.pdf) 20.10.2015
10. <http://pdf.directindustry.de/pdf/emuge-franken/franken-tool-catalogue-240/5603-340531.html> 21.10.2015