

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Неконвенционални поступци обраде

Број индекса: 400/2011

Милош Љ. Бугарић

Обрада ласерским сечењем на машини

„NUKON NF 2060 - 3 KW SERIES“

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Богдан Недић, ред. проф.

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да објасни анализу процеса обраде ласером, потребно објашњење функционисања „Фибер ласер машине“ уз упознавање начина управљања. Такође је потребно проналажења стандардних параметара за сечење, као и цртање и програмирање дела за сечење уз приказивање појединости које дефинишу сам поступак сечења. На крају је потребно извршити експериментално истраживање чиме би се дошло до података који одређују најбоље параметре за добијање што квалитетнијег реза приликом сечења.

Препоручена литература:

1. Лазић, М., Неконвенционални поступци обраде, Научна књига, Београд, 1990.
2. Недић, Б., Лазић М., Неконвенционални поступци обраде, скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2008.

Крагујевац, 07.06.2013

ментор:

др Богдан Недић, ред. проф.

Резиме

У оквиру овог рада извршена је анализа процеса обраде ласером, као и функционисање „Фибер ласер машине“ која се налази у предузећу „Застава камиони“. Такође је извршен увид у директан поступак израде делова ласерским сечењем као и документацијом која се сматра валидним документом о времену и начину сечења. Поред тога у овом раду се налази и опис свих елемената ласерске машине који у целокупном саставу дају функционалну целину. У склопу рада је извршено и експериментално испитивање са циљем проналажења параметара за добијање што бољег квалитета реза исечених делова.

Кључне речи: документација, ласер, сечење, квалитет реза

Abstract

In this paper, we can see an analysis of laser processing, and operation of "Fiber laser machine" located in "Zastava Trucks". Also, in this paper we can see proces of manufacturing parts using laser cutting technology and documents that are valid for calculating cutting time and cutting type. Beside that this work includes description of laser machine elements and their functionality. One part of this work includes experimental testing with the aim of finding the parameters for obtaining the best possible quality of cut pieces.

Keywords: documentation, laser, cutting, cut quality

Садржај:

1.0.	Уводно разматрање	5
2.0.	Анализа процеса обраде ласером	6
2.1.	Историјат и развој индустријског ласера	6
2.2.	Принцип рада ласера	7
2.3.	Особине ласерског зрачења	9
2.4.	Врсте ласера	11
2.5.	Принцип ласерске обраде	11
2.6.	Технолошке операције ласером	17
3.0.	Фибер ласер машина „NUKON NF 2060 - 3 kW SERIES“	18
3.1.	Намена „Фибер ласер машине“	18
3.2.	Опште карактеристике „Фибер ласер машине“	19
3.3.	Елементи „Фибер ласер машине“	20
3.3.1.	Главно електрично напајање и електрокомандни орман	21
3.3.2.	Резонатор	22
3.3.3.	Чилер	23
3.3.4.	Компресор	24
3.3.5.	Филтер	25
3.3.6.	Гасна станица	28
4.0.	Управљање „Фибер ласер машином“	32
5.0.	Стандардни параметри сечења	56
6.0.	Поступак при изради дела на ласерској машини	57
6.1.	Израда цртежа у програму „AUTO CAD“	57
6.2.	Програмирање у „LANTEK“ – у	58
6.3.	Документација из програма „LANTEK“	67
6.4.	Програм из „LANTEK“ - а	69
6.5.	Убацавање програма на машину	73
7.0.	Експериментална испитивање квалитета реза	76
7.1.	Извршење експерименталног испитивања	78
7.2.	Резултати испитивања	83
8.0.	Закључак	93
9.0.	Литература	94

1.0. Уводно разматрање

Израда дела сечењем ласерским зраком довела је до смањења броја операција у делу обраде и повећања броја израђених комада који имају квалитетан рез и велику тачност у делу захтеваних мера и толеранција које су задате на цртежу. Овим поступком директно је утицано на постизање вишег нивоа квалитета и могућности израде нових инжињерских пројеката у делу конструкција. Фибер ласер машина је направљена да омогући одраду делова од различитих материјала нпр. челик, прохром, алуминијум, бакар. Битно је рећи да ова ласерска машина користи кисеоник и азот (O_2 и N_2) у зависности од материјала који се узима за обраду. Оваква ласерска машина се налази у предузећу „Застава Камиони“ и има велики утицај на повећање продуктивности рада при производњи делова неопходних за добијање финалног производног програма овог предузећа. Значајан помак при производњи делова ја примећен код сечења делова већих габарита због саме могућности радних столова, који омогућавају рад са таблама дужим од 6000 мм, овде се остварује могућност израде развијеног стања шасија и других потребних делова са свим контурама које се добијају у тачно задатој толеранцији. Овим се постиже веома висок квалитет при добијању финалног дела чиме се обезбеђује већи углед од стране купаца као и велико задовољство на тржишту где се пласирају производи предузећа „Застава Камиони“. Још једну битну ставку је потребно споменути а то је јефтинија израда свих делова чиме долази до директног утицаја на крајњу цену производа. Поред директне израде делова за предузеће „Застава Камиони“ такође постоји и услужна делатност сечења за лица којима је потребно ласерско сечење чиме се обезбеђује додатни извор зараде од „Фибер ласер машине“. Што се тиче функционисања саме машине, она је састављена од елемената који чине функционалну целину која обезбеђује рад у делу сечења различитих врста материјала. Један од елемената је главно напајање које има за циљ довод електричне енергије до свих осталих делова ласерске машине, следећи елемент је чилер који омогућава постизање оптималне температуре потребне за рад саме машине. Веома битан елемент за функционисање машине је резонатор који има функцију стварања ласерског зрака и даљи пренос до ласерске главе путем оптичког кабла. У делове елемената ласерске машине се убраја и филтер који врши пречишћавање унутрашњости радног простора у коме се врши сечење. Што се тиче помоћних гасова они се обезбеђују преко гасне станице која садржи азот и кисеоник (потребан притисак O_2 (3-бара) и N_2 (12-бари)). Такође ту је и компресор који има улогу обезбеђивања потребног притиска у деловима где је неопходан ваздух под притиском. Што се тиче радног дела он се састоји из кабине, конвејера, два радна стола и контролне табле уз помоћ које се врши контрола над свим осталим елементима који у једној целини чине ласерску машину. Ова заокружена целина има веома велике могућности у делу обраде материјала до дебљине 20 мм. Потребно је рећи да постоје ласерске машине које поседују више ласерских глава од којих свака за себе ради посебну операцију чиме се повећава продуктивност и број израђених комада у току једне радне смене.

2.0. Анализа процеса обраде ласером

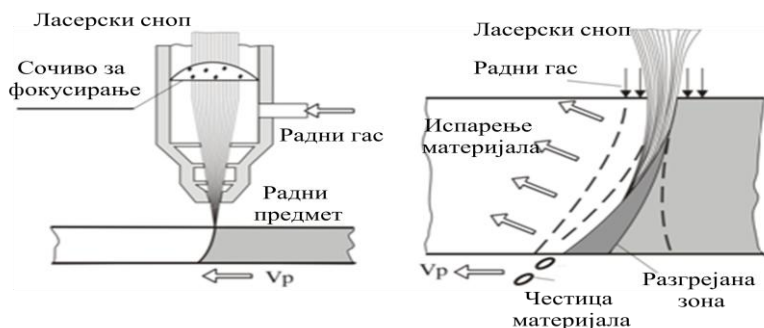
2.1. Историјат и развој индустријског ласера

Ласер представља светлост електромагнетних таласа у видљивом спектру. 1704. године. Њутн је окарактерисао светлост као струјање малих делића (честица). Јангов експеримент обављен 1803. године и непосредно откриће поларизације светлости су убедили научнике у оно време да светлост има способност таласања. Максвелова електромагнетна теорија је објаснила појам светлости као брзину вибрација у електромагнетном пољу проузрокованих осциловањем честица. Први ласер је пронађен у Мајамију, маја 1960. године. То је био рубинов ласер изузетне чврстоће. Многе врсте ласера су пронађене ускоро после рубиновог ласера - први уранијум ласер у „IBM“ (новембар 1960. године), први хелијум-неонски ласер 1961. године, први „Nd“ ласер: „YAG“ - ласер и CO₂ ласер 1964. године, „Ar“ ласер 1964. године, хемијски ласер 1965. године. Када познајемо принципе ласера, ово није исувише велико изненађење. Али широки и континуални развој и примена ласера су заиста изванредни и представљају преко чудо [1].

Ласерски сноп, који емитује ласерско тело разликује се од других познатих видова светлости:

- ласерски зраци су монохроматски, тј. имају само једну одређену таласну дужину;
- ласерски зрак је високо кохерентан, са паралелним зрацима исте фазе;
- ласерски зрак може да се фокусира на веома малу површину и да обезбеди високу густину.

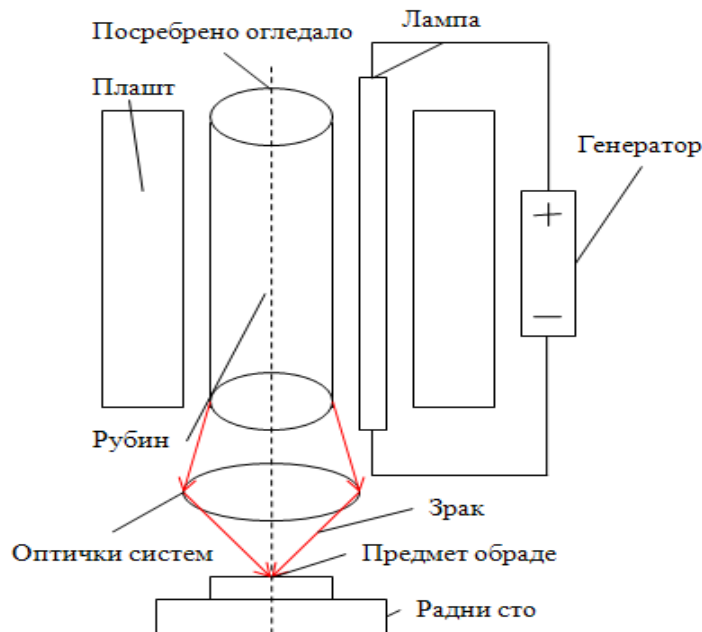
Последњих година технолошки процеси који се базирају на локалном загревању обрађиване површине помоћу ласера, добијају значајан развој и примену. Захваљујући високом фокусирању ласерског снопа, високој густини енергије снопа, могућности једноставног управљања ласерским снопом и обраде у веома различитим срединама, обрада ласером добија све већи значај и има низ предности у односу на остале неконвенционалне поступке обраде (слика 2.1). Овај нови правац обраде материјала добио је назив ласерска технологија.



Слика 2.1. Принципијелна шема формирања ласерског снопа [1]

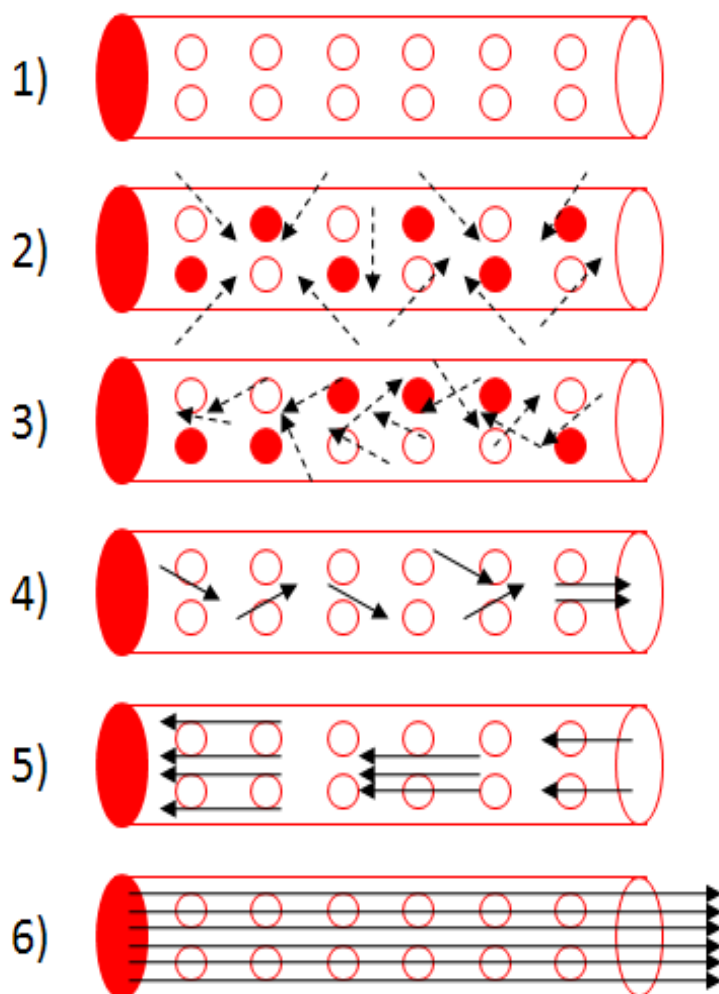
2.2. Принцип рада ласера

Принцип рада ласера базира се на својству емитера-активне средине (чврсто тело, течност, гас) да у кратком временском интервалу, од неколико милисекунди емитије у облику светлосног зрачења део претходно уложене енергије. Код ласера са чврстим емитером, побуђивање зрачења обично се врши претходним обасјавањем активне средине светлошћу лампе бљескавице. Код рубинског ласера, на пример, користи се импулсна ксенонова лампа, иако ова лампа емитије светлост у широком интервалу таласних дужина, блиску сунчевој, за постизање ласерског ефекта користи се само уска плавозелена област $\lambda=560 \text{ nm}$. Због тога, као и због некорисног загревања средине, спонтаног зрачења, губитка у резонатору и активној средини, степен корисног дејства кристалног ласера је мали (1-4%). Поларни вештачки кристал рубина величине оловке $\phi=7 \text{ mm}$ и $l=125 \text{ mm}$ ставља се унутар спиралне импулсне лампе или паралелно са правом лампом. Горње чело кристала је посребрено, а доње је полупосребрено, или се близу чела кристала ставе два квалитетна огледала, строго паралелна и нормална на осу кристала, која представљају оптички резонатор. Око рубинског штапа и лампе налази се плашт са рефлектујућом површином. Код савремених ласера сви елементи ласера стављају се у омотач ласера који се хлади посебним системом хлађења ваздушним или воденим. Импулсна лампа спојена је са импулсним генератором снаге 2-6 kW. Импулсни генератор састоји се од извора напајања високог напона, од 1000 V и више, који преко исправљача напаја батерије кондензатора. Шема обраде и ласер са чврстим емитером од рубинског кристала дати су на слици 2.2.1.



Слика 2.2.1. Шема обраде рубинског ласера [1]

Помоћу оптичког система фокусира се ласерски сноп на предмет обраде постављен на радном столу. Појаве које се дешавају у рубинском ласеру приказане су на слици 2.2.2.



Слика 2.2.2. Појаве које се дешавају у рубинском ласеру [1]

До укључења импулсне лампе, јони хрома (1) се налазе у основном стању (бели кружићи). Када се кристал рубина осветли снажном лампом (испрекидане стрелице) јони хрома апсорпцијом упадних фотона бивају побуђени на један од виших енергетских нивоа (2, 3 - црвени кружићи). Са виших енергетских нивоа јони хрома прелазе не зрачећи светлост (вишак енергије се предаје кристалној решетки) на метастабилни ниво. Са метастабилног нивоа врше индуковане прелазе у основно стање и емитију фотоне одређене енергије. Сваки емитовани фотон (црна стрелица) индукује прелаз следећег јона и број фотона се повећава. Ефекат појачања постоји за оне фотоне који се крећу паралелно оси цилиндричног кристала (4, 5). Након неколико узастопних рефлексија на чеоним плочама снажни флуks фотона пролази кроз полупосребрено оледало (6).

2.3. Особине ласерског зрачења

Ласерско зрачење се разликује од зрачења техничког светлосног извора по великој спектралној густини енергије, великој дужини кохеренције таласа, стационарном фронту таласа у снопу ласерског зрачења, великој стабилности амплитуде као и у могућности производње ултракратких светлосних импулса [2]. Осим тога, ласерско зрачење се разликује од других извора електромагнетне енергије малим степеном дивергенције својих таласа тј. врло уским правцем свога распрострањања. Зрачење ласера има висок степен монохроматичности, тј. садржи веома уски интервал таласних дужина. Монохроматичност одређује дијапазон фреквенција, односно таласних дужина, садржаних у зрачењу, тј. ширину спектра ласерског зрачења. Степен монохроматичности за неку спектралну линију са таласном дужином λ_0 где је (фреквенција ν_0) одређује се изразом[2]:

$$\mu = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

где је:

$\Delta\lambda$ - ширина спектра

Монохроматичност је уско повезана са кохерентношћу снопа ласерских зрака (фаза и амплитуда електромагнетних осцилација једнаке су или је разлика међу њима константна). Високи степен кохеренције осигурава сам механизам стимулисане емисије. Дивергенција (разилажење) снопа ласерских зрака одређује се из израза:

$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

где је:

d - пречник ласерског материјала (активне средине),

λ - таласна дужина зрачења.

Дивергенција утиче на пречник фокусираног снопа ласерских зрака, а стога и на максималну густину снаге која се може добити при фокусирању. Пречник фокусираног снопа ласерских зрака, тј. светлосне мрље на површини обратка је:

$$d_r = 2 \cdot \theta \cdot f_s = 2.44 \frac{\lambda \cdot f_s}{d}$$

где је:

θ - стварни угао дивергенције

f_s - жижна даљина сочива.

Густина снаге у зони обраде, код импулсног ласерског зрачења, дата је изразом:

$$q = \frac{E}{A_f \cdot t_i} = \frac{4E}{\pi d^2}$$

где је:

E - енергија импулса ласерског зрачења,

t_i - трајање импулса зрачења

A_f - површина светлосне мрље.

Густина снаге је значајна карактеристика процеса обраде која утиче на карактер разарања(ерозије) материјала под дејством ласерског зрачења. Од густине снаге зависи температура загревања материјала обраде.

Енергија импулса ласерског зрачења је:

$$E = \int_0^{\tau_i} P_l(t) dt$$

где је:

$P_l(t)$ - снага ласерског зрачења у моменту t и

t_i - трајање импулса.

Средња снага импулса ласерског зрачења је:

$$P_{lsr} = \frac{E}{t_i}$$

2.4. Врсте ласера

Постоји више критеријума за поделу ласера. На слици 2.4. приказана је најчешћа подела.



Слика 2.4. Подела ласера [1]

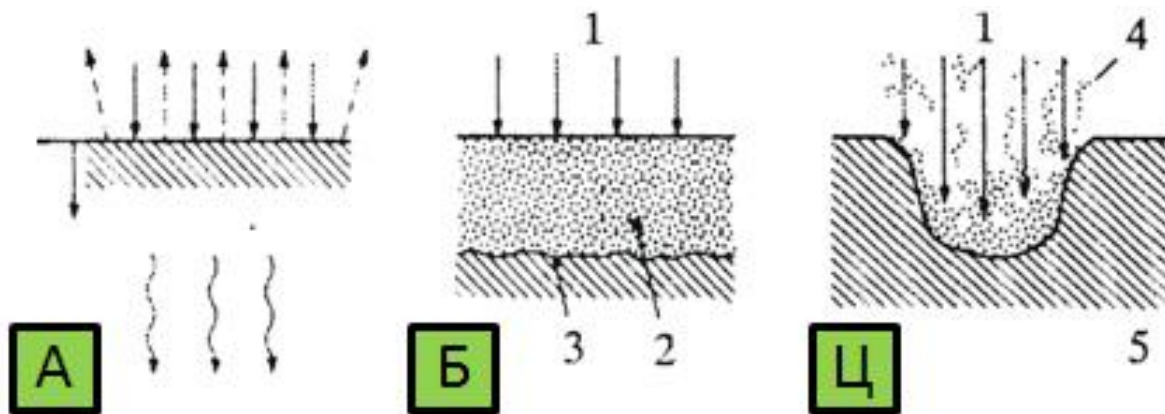
- Чврсти ласери: Рубински ласер, Стаклени ласер, Нд: „YAG“ ласер, Полупроводнички ласери.
- Течни ласери: Ласери на бази неорганске течности, Ласери на бази органских боја.
- Гасни ласери: „CO₂“ ласер.

2.5. Принцип ласерске обраде

При судару ласерског снопа са непрозирним чврстим телом, на његовој површини и у подповршинским слојевима (на одређеној дубини) се одигравају различити физички процеси [3]. Под његовим утицајем долази до интензивног површинског загревања материјала предмета обраде, топљења и испаравања материјала предмета обраде. Стога се, дејство ласерског снопа на материјал предмета обраде, може поделити у неколико карактеристичних фаза:

- рефлексија (одбијање) ласерског снопа од површине,
- апсорпција ласерског зрачења по површинским слојевима предмета обраде и трансформација фотонске енергије у топлотну,
- загревање озрачене површине, са растапањем и испаравањем површинских слојева, уклањање продуката разарања илађење површине материјала предмета обраде, по престанку дејства ласерског зрачења.

Поред наведеног, истовремено се одвијају и други процеси (хемијски процеси и фазна трансформација), који битно утичу на карактер дејства ласерског зрачења. Део ласерског снопа што пада на површину предмета обраде, апсорбује се у унутрашњост материјала на одређеној дубини, а део се одбија (рефлектује) од површине (слика 2.5.).



Слика 2.5. Интеракција ласерских зрака са обрађиваним материјалом [1]

а) рефлексија и апсорпција, б) топљење, ц) испаравање

1 - ласерски зраци,

2 – истопљени материјал,

3 - гранична зона између чврстог и истопљеног материјала,

4 - одношење материјала,

5 - предмет обраде

Количина ласерског снопа која се одбија, зависи од таласне дужине светлости, густине снаге ласерског зрачења, топлотне проводљивости материјала предмета обраде,

специфичне енергије потребне за одређену обраду итд. У одређеним случајевима, висока рефлексија на многе материјале при одређеној таласној дужини ласерског зрачења, доводи до тога да је материјал непогодан за обраду ласером. У (табели 1.) дате су вредности коефицијента рефлексије за различите материјале и различите таласне дужине таласног зрачења.

Таласна дужина ласерског зрачења	Коефицијент рефлексије, R						
	Au	Cu	Ag	Al	Cr	Fe	Ni
0.415	0.415	0.437	0.952	0.85	-	-	0.597
0.930	0.930	0.831	0.961	0.82	0.555	0.575	0.676
1.06	0.981	0.901	0.964	0.73	0.57	0.65	0.741
10.6	0.975	0.948	0.989	0.97	0.97	-	0.941

Табела 1. Вредности коефицијента рефлексије за различите материјале и различите таласне дужине таласног зрачења [1]

Према (табели 1), за CO₂ ласере ($\lambda=10.6 \mu m$) је много велики коефициент рефлексије R за све наведене метале, тако да се за обраду метала користи само мали део енергије ласерског млаза. Зато, ови ласери су непогодни за обраду метала. Већина ласерских технолошких процеса заснива се на топлотном дејству ласерског зрачења. При разматрању топлотних процеса, који настају у материјалу под дејством ласерског зрачења, неопходно је познавати карактеристике као што су:

- густина снаге ласерског зрачења q ,
- просторна расподела густине снаге q_r ,
- време трајања импулса t_i ,
- таласна дужина ласерског зрачења λ ,
- услови фокусирања,
- дубина продирања ласерског импулс у материјал x ,
- апсорбовани део ласерског зрачења $\alpha=1-R$
- рефлексија ласерског зрачења R итд.

Обично се користе два различита модела расподеле густине снаге ласерског зрачења:

- Гаусова и
- равномерна.

За нормалну расподелу густине снаге важи израз:

$$q(r) = q_0 e^{-kr^2}$$

где је:

q_0 - максимална густина снаге,

k - коефицијент који одређује степен оштрине просторне расподеле и

r - радијална компонента.

За обраду ласером посебно значајан параметар је критична снага ласерског млаза при којој настаје разарање материјала. Под појмом разарања у овом случају се подразумева: топљење (слика 2.7,б) површинских слојева, испаравање материјала, формирање кратера на обрађеној површини (слика 2.7,ц) испаравањем материјала или истискивањем течне фазе, формирање отвора или прскање материјала под дејством термичких напона. Израз за густину снаге ласерског млаза на озраченој површини, да би се достигла температура топљења материјала:

$$q_c = 2\lambda_\theta T_t \sqrt{\frac{k}{\pi}}$$

где је:

λ_θ - коефицијент топлотне проводљивости материјала предмета обраде и

T_t - температура топљења материјала предмета обраде.

Падајући на материјал, светлосни сноп ласерских зрака се у мањој или већој мери апсорбује у његовој површини. Апсорпција снопа фотона у материјалу врши се у правцу снопа нормално на површину. Густина снаге ласерског зрачења слаби са дубином продирања, по закону:

$$q = q_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

где је:

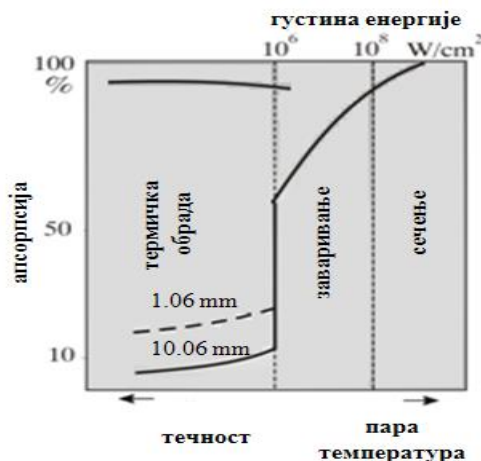
x - дубина,

α - коефицијент апсорпције и

q_0 - густина снаге ласерског зрачења на површини предмета обраде.

Дубина продирања зрачења x у материјал предмета обраде, окарактерисана је растојањем на коме се густина снаге зрачења смањује e пута ($e=2.7182$). Ово растојање једнако је

реципрочној вредности коефицијента апсорпције α . За већи број метала, поред пораста температуре површинских слојева, поспешује се стварање оксидног слоја, који има значајно мали коефицијент рефлексије, односно велики коефицијент апсорпције (слика 2.9) и при $\lambda=10.6\mu m$. На слици 2.6 приказана је зависност коефицијента апсорпције од температуре на површини метала.



Слика 2.6. Зависност коефицијента апсорпције од температуре на површини метала [2]

Битан утицај на коефицијент рефлексије има и густина ласерског млаза. Са повећањем густине од $10^7 \div 10^8$ W/cm² за већи број метала коефицијент рефлексије се значајно повећава. Повећање густине ласерског млаза изнад 10^{10} W/cm² доводи до знатног смањења коефицијента рефлексије, у поређењу са вредностима датим у табели 1. Са повећањем храпавости обрађене површине исто тако се смањује коефицијент рефлексије, тј. расте коефицијент апсорпције. Веза између њих дата је изразом:

$$\alpha = 1 - R$$

Карактеристично је да коефицијент апсорпције и рефлексије, са једне стране, зависе од карактеристика извора ласерског зрачења и оптичког система, а са друге, од особина обрађиваног материјала. Апсорпција зависи и од стања површине предмета обраде параметра храпавости, предходне обраде, нечистоће, оксидних превлака, итд, као и од режима обраде брзина померања снопа ласерских зрака, димензија светлосне мрље. Повећањем брзине обраде и пречника светлосне мрље, може се битно . У циљу повећања ефикасности обраде повећати апсорпциона способност А% ласером може се вештачки снизити рефлексиона способност повећањем храпавости површине, претходним загревањем или коришћењем разних превлака. Уколико температура на површини не прелази температуру топљења T_b , узима се да је апсорпциона способност линеарна функција температуре:

$$A = a + bT$$

где је:

T , K - температура површине која апсорбује зрачење и
 a , b - коефицијенти добијени експериментом.

На слици 2.7 приказан је утицај врсте материјала на апсорпцију, термичку проводност и запаљивост.



Слика 2.7. Утицај врсте материјала на апсорпцију, термичку проводност и запаљивост [3]

На основу коефицијента апсорпције може се одредити минимална снага ласера, потребна за топљење материјала, помоћу израза:

$$P_{L \min} = \frac{C \cdot k \cdot T_t \cdot \lambda}{\alpha}$$

где је:

k - термичка проводност материјала предмета обраде,

T_t - температура топљења материјала предмета обраде,

λ - таласна дужина ласерског зрачења

α - коефицијент апсорпције и

C - константа блиска јединици која узима у обзир апроксимације.

Апсорпција је битна само у првом тренутку интеракције снопа ласерских зрака са материјалом предмета обраде, касније доминантну улогу има топлотна дифузија материјала предмета обраде, која се означава са a и изражава у cm^2/s . Помоћу коефицијента топлотне дифузије може да се одреди дубина продирања топлоте за време t помоћу израза:

$$X^2 \approx 4 \cdot a \cdot t$$

или време топлотне дифузије за материјале дебљине X :

$$t = \frac{X^2}{4a}$$

За танке лимове може се израчунати температуру у центру светлосне мрље, помоћу израза:

$$T_0 = \frac{\alpha \cdot q_0}{k} \left(\frac{4}{\pi} a \cdot t \right)^{0.5}$$

Сви ови параметри и њихова међузависност указују на комплексност ласерске обраде. Истраживања и прорачуни су утолико сложенији што ови параметри не остају константни за време обраде материјала већ се непрекидно мењају услед промене температуре, густине и притиска

2.6. Технолошке операције ласером

Ласерски зрак фокусиран на радни пречник $0.15 \div 0.2$ мм постао је универзални алат који може практично да сече готово све познате материјале. За разлику од конвенционалног алата он је без облика, па се не мора специјално наручивати за производњу и не намеће трошкове везане за складиштење, оштрење и подешавање. Основне технолошке операције ласером су:

- Ласерско бушење
- Ласерско заваривање
- Ласерско гравирање
- Ласерско сечење

Свака од горе наведених технолошких операција има предности у оквиру свог дела одраде и намени за обраду пред којом се налази. Свака од њих има веома велике предности у односу на стандардне поступке који се користе за извршење неке од горе наведених обрада. Све ове операције спадају у групу обраде неконвенционалних поступака. У времену које долази постоје веома велике могућности у деловима побољшања сваког од горе наведених ласерских обрада.

3.0. Фибер ласер машина „NUKON NF 2060 - 3 kW SERIES“

3.1. Намена „Фибер ласер машине“

Фибер ласер је развијен и заснован према идеји стварања машине која има веома мале трошкове и могућност замене више машина у различитим операцијама обраде сечења, бушења, глодања, гравирања итд. Машина за ласерско сечење под називом Фибер ласер „NUKON NF 2060 - 3 kW SERIES“ се налази у предузећу „Застава Камioni“ - Крагујевац (слика 3.1.) и представља један од новијих ласера у целој земљи. Ова машина има веома велике могућности у делу постизања веће продуктивности при производњи делова за камионе, такође ова машина се користи и за пружање услуга лицима којима је потребна оваква врста ласерског сечења. Битно је рећи да поред веома малих трошкова, великог капацитета сечења и ниских трошкова одржавања ова машина исеца делове са веома високим квалитетом реза који у зависности од потребе, може да доведе део на меру са свим потребном толеранцијама и максималним квалитетом добијеног реза.



Слика 3.1. Машина за ласерско сечење [5]

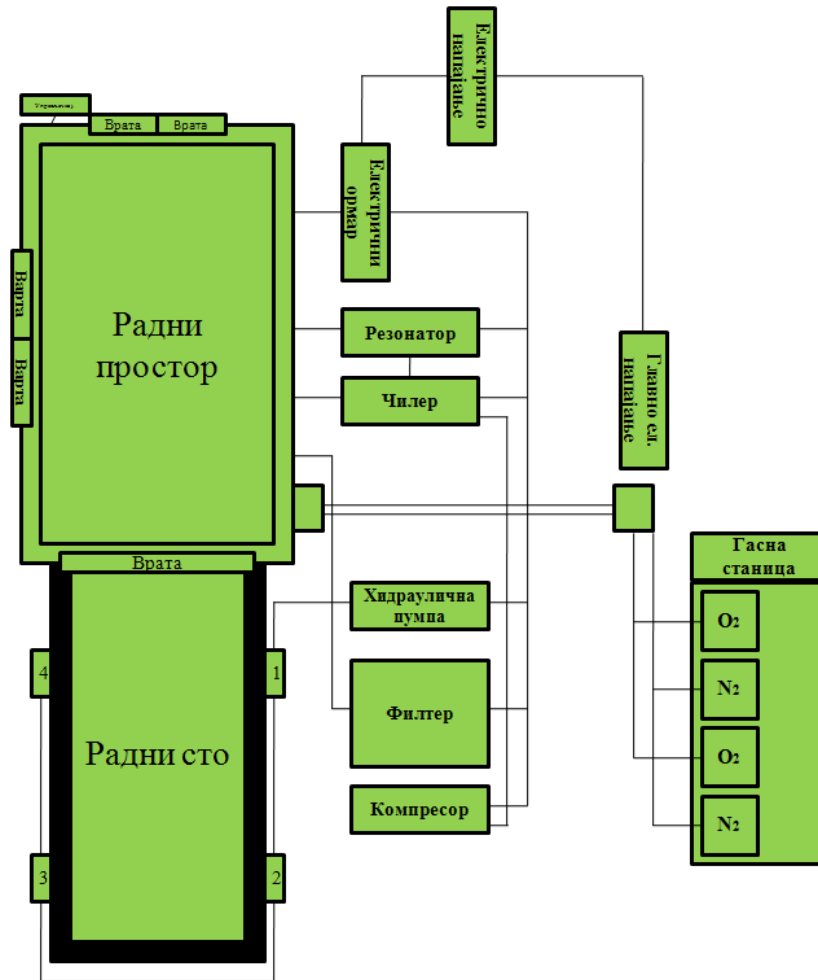
Пре свега ова машина је пројектована за рад при сечењу различитих материјала који након исецања на ласеру добијају облике делова који су потребни за деље уклапање у различите конструкције, израда делова на оваквој машини је веома једноставна и смањује број операција које су некада биле потребне да би се дошло до финалног дела. Овим поступком долази не само до повећања квалитета израђеног дела већ и до смањења трошкова који су некада били потребни за израду истог. Једноставност при раду се огледа у оперативном делу рада са машином. Оператер мора да прати рад машине и да подешава параметре као би израда делова била добра и како би квалитет добијених комада био задовољавајући.

3.2. Опште карактеристике „Фибер ласер машине“

Назив		Карактеристике		Опис
Модел машине		NF-2060		
Ласерски извор		3 kW		
Потребна снага		40kW		
Тип		Пливајућа Оптичка Глава		Кретање ласер светла
Препоручен систем емисије		PL-4000		Капацитет:4000m³/h, Потрошња:5.5 kW Мотор притисак вентилатора:3100Pa- 310mmSS
Макс. капацитет сечења	Димензије табле	2030 x 6050 mm		(/)
	Дебљина табле: Мек челик	18 mm		
	Дебљина табле: Нерђајући челик	10 mm		
	Дебљина табле: Алуминијум	8 mm		
Висина радног стола		900 mm		
Максимална носивост стола		2000 Kg		
Оса	X оса	2030 mm		
	Y оса	6050 mm		
	Z оса	85 mm		
Убрзање(G)		X , Y , Z : 1 G		
Брзина дуж осе(m/min)		X , Y : 70 (m/min)		
Кретање дуж осе		Z осе Кретање дигиталним мотором		
Прецизност позиционирања (mm)		X&Y : +/- 0.05 mm/500 Z : +/-0.05mm/100		(/)
Прецизност понављања (mm)		X,Y ve Z: +/- 0.01mm		
Глава за сечење		7.5” Focused Head		Pressure Strength : 2MPa
Z Оса контрола одступања		Без додира Тип Z ОсаTrejsing Tipe		
Job List Support Management		Оштрица тестере	50 mm - Корак	
Осветљење		5 ком Fluo лампи		
Аларм светло	Зелено	Систем рада		
	Жуто	Спремно за рад		
	Црвено	хаварија		
Контрола бирања помоћног гаса	2 Тип гаса		Азот и кисеоник	
	Вредност подешавања притиска			
	ЗаO₂ између 0,03 i 0,6 Мра Обезбеђен притисак: 0,8 Мра			
	За N₂ између 0,1 i 2,0 Мра обезбеђен притисак: 2,5 Мра			
Нумеричка контрола помоћног гаса	(Подешљна софтверски)		Опционо висок притисак у цефоводу се може ручно подесити	
	За O₂ ; Мах.Притисак0,6 Мра			
	За N₂ ; Мах.Притисак 2 Мра			
Маса		25.500 KG		Јединица за хлађење и измењ.

3.3. Елементи „Фибер ласер машине“

Као и код сваке функционалне машине, тако и код фибер ласера постоје елементи који чине једну функционалну целину (слика 3.3). Сваки од елемената треба да поседује максималну исправност и задовољење одређених параметара како би рад могао да се обави и како би се извршило максимално искоришћење у погледу израде делова приликом сечења.



Слика 3.3 Приказ елемената ласерске машине [5]

Потребно је рећи да сваки елемент засебно има услове у којима ради и да у оптималним условима не долази до застоја у раду, уколико се не створе потребни услови могуће је да дође до отказа. Уколико само један елемент престане са радом долази до престанка рада машине, поред тога могуће је да у случају неисправности једног елемента дође до преношења кvara на други, зато је потребно стално контролисање свих елемената како не би дошло до хаварије машине.

3.3.1. Главно електрично напајање и електрокомандни орман

Главно напајање (слика 3.3.1-а) има улогу омотућавања напајања електричном енергијом свих елемената ласерске машине. Веома битно је да ово напајање извршава регулацију напона потребног за функционисање самог ласера.



Слика 3.3.1-а. Приказ главног напајања [5]

Главно електрично напајање (слика 3.3.1-б) своју енергију даље преноси до командног ормана у коме се налазе осигурачи који у случају долажења јаче струје врше регулацију како не би дошло до преношења на остале елементе. Поред тога у командном орману се може извршити директно управљање сваким елементом засебно, овде се такође налази и софтвер саме машине преко кога се извршава управљање.



Слика 3.3.1-б. Приказ командног ормана [5]

Приступ и провера као и замена делова у командном орману је омогућена само овлашћеним сервисерима који су упознати са радом овог дела.

3.3.2. Резонатор

Резонатор је један од главних елемената у коме настаје ласерски зрак. Зрак се даље преноси путем оптичког кабла који као финални циљ има довод зрака до ласерске главе (слика 3.3.2.) која врши сечење маретијала. Принцип рада је као и код свих других ласера, тачније настанак ласерског зрака добијеног у резонатору. Фибер ласер диоде имају додатни утицај на обогаћивање ласерског зрака у резонатору и њиховим утицајем долази до појачавања ласерског зрака који је претходно био на улазу. Фибер огледала су постављена у облику резонаторске решетке и тиме долази до стварања таласне дужине ласера произведене фибром од око 1070 μm . Ова таласна дужина је десети део од таласне дужине „CO₂“ ласера који се претходних година користо на тржишту.

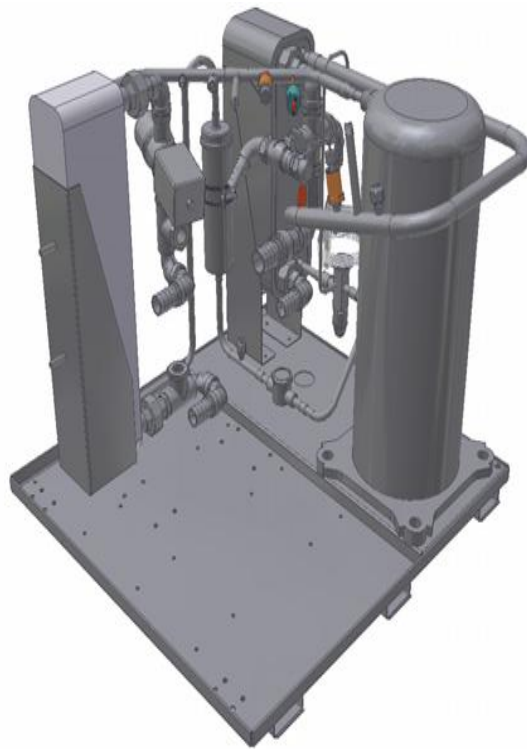


Слика 3.3.2. Приказ спољног изгледа резонатора [5]

Просечан век трајања диода у резонатору је преко 100.000 радних сати. Веома квалитетан ласер зрак који се ствара на таласној дужини од 1070 μm и 8 мм, је довољан да се пренесе на растојање до 50 м. Веома је важно да су влакна која се користе у фибер каблу само неколико микрометара. Трансформација ласерског зрака између резонатора и резне главе се постиже уз помоћ специјалног оптичког кабла. Овде нису потребна рутер огледала, као ни чишћење зрака, за које је потребно одвојити веома велику суму новца. Велика уштеда остварена је компактном структуром резонатора.

3.3.3. Чилер

Основна и главна улога чилера је регулација температуре за нормалан рад машине. Чилер (слика 3.3.3) у условима повећаног загревања врши хлађење делова резонатора и ласерске главе како би се функционисање машине изводило беспрекорно и без икаквог застоје. У случајевима недовољно велике температуре за рад машине, чилер врши загревање до граница неопходних за нормално функционисање саме машине. Сви подаци и контрола рада чилера се могу видети директно на монитору управљачке јединице, уз помоћ ових података можемо пратити тренутно стање и тренутну температуру машине коју регулише чилер, такође на основу ових података можемо извршити правовремено одржавање чилера на основу температурних граница које добијамо као повратну информацију.



Слика 3.3.3. Приказ изгледа чилера[5]

Рад чилера се изводи по систему промене флуида под притиском чијом регулацијом долази до обезбеђивања оптималне температуре неопходне за рад. Један смер има улогу смањења температуре и сматра се врстом хлађења, док други смер преласка флуида под притиском доводи до обезбеђивања настанка температуре која врши грејање уколико је потребно за обезбеђење нормалног функционисања машине. Овде је такође потребно проверавати стање воде која се читава директно унутар чилера, као и редовно чишћење филтера који се налази на бочним странама чилера а који имају улогу довода ваздуха.

3.3.4. Компресор

На ласерској машини постоје елементи, којима је за омогућавање нормалног рада потребан ваздух под притиском. Најчешће коришћење ваздуха под притиском се примећује код пнеумацких цилиндара који се користе за затварање врата ласерске машине, уколико не дође до затварања задњих врата цела машина не може да се покрене, овде велику улогу имају и сензори који не дозвољавају покретања рада машине уколико су врата отворена. Такође ваздух под притиском је потребан и чилеру који не би могао да обезбеди своју регулацију без довољне количине ваздуха под притиском. Велику улогу компресор има и код напајања хидрауличне пумпе која је даље повезана са цилиндрима за спуштање и подизање измењивих радних столова. Сво напајање ваздухом се обезбеђује преко компресора (слика 3.3.4.) који је програмиран да приликом стартовања самог обезбеди ваздух под притиском, након стартовања компресора потребно је сачекати неколико секунди након чега се може извршити његова употреба.



Слика 3.3.4. Приказ компресора [5]

Поред функција које компресор обавља на самој машини битно је рећи да има и велику улогу о делу одржавања елемената ласерске машине, као што је чишћење филтера чилера и другог простора унутар радног дела. Могућности овог компресора могу да се повећају уколико се ласеру дода функција сечења материјала са сувим ваздухом.

3.3.5. Филтер

Филтер је искључиво конструисан за одстрањивање прашине – контаминираног ваздуха. Својства супстанци и честица које се сакупљају, може варирати зависно од примене (табела 2).

Својства честица која се применују	Примена
Сува прашина, чврсте честице	Да
Гас и течност	Да
Влажна прашина	Не
Запаљива и експлозивна прашина	Не

Табела 2. Приказ могућности филтера [7]

Филтер (слика 3.3.5-а) је пројектована и произведена за услове дефинисане у претходној табели. Намеравана употреба подразумева да инсталација система и рад непрекидно морају бити усаглашени са овим радним упутством.



Слика 3.3.5-а. Приказ филтер јединице [7]

Филтрирање супстанци које нису предвиђене конструкцијом и наменом није дозвољено. Контролна табле омогућава филтер јединици да ради у два различита мода-режим:

- 1- Панел контрол мод
- 2- Процес контрол мод

Панел контрол Мод - режим:

Прво закрени (S3) Control Selection Switch на позицију „Panel Control“, пре покретања филтера. Ово омогућава да се све функције (старт, стоп, аутоматско или ручно чишћење) контролишу преко контролне табле филтера. Обавезна провера да ли је (BI) „Emergency Stop Button“ (заустављање у случају нужде) у нормалној позицији. Укључи (SI) „Main Switch“ (главни прекидач) затим (S2) „Fan Switch“ (прекидач за вентилатор). Филтер ће бити покренут. Не користи (SI) „Main Switch“ (главни прекидач) да искључиш филтер јединицу дневно, само користи (S2) „Fan Switch“ (прекидач вентилатора) за заустављање дневно. „Main Switch“ (главни прекидач) мора бити коришћен једино за искључивање филтера у циљу одржавања или због велике паузе у производњи, нпр. За време летњег годишњег одмора. Филтер јединица чисти филтере аутоматски у овом моду у зависности од количине прашине на површини филтера. На контролној табли се налази тастер за диференцијални притисак. Овај тастер укључује и искључује аутоматски чишћење, кад је потребно. Лампица (h3) показује чишћење; светли када је чишћење у току а гаси се кад је чишћење завршено [7].

Процес контрол Мод - режим:

Уштедеће се енергија и продужити век експлоатације филтера, кад се филтер стартује и зауставља синхронно са повезаним процесима машине. (Повезано процеси могу бити плазма сечење, ласер сечење или брушење итд.). Контролна табла филтера је опремљена са наведеним могућностима. У циљу коришћења ове предности, потребно је поступити на следећи начин: Прво, окрени (S3) Control Selection Switch тастер на „Process Control“ позицију, пре покретања филтера. Од сада ће бити омогућено да старт и стоп функција филтера буде под контролом процеса. Провери да ли је (BI) Emergency Stop Button тастер у нормалном положају. Укључи (SI) Main Switch – главни прекидач. Сада ће филтер стартовати кад је повезани процес активан. И филтер ће се зауставити аутоматски 3 минута после повезаних процеса је искључен. (Период од 3 минута је подешен у фабрици. Не препоручује се смањивање овог периода. Не користи (SI) „Main Switch“ – главни прекидач за искључивање у току дана, једноставно повезани процеси ће извршавати дневно искључивање. (SI) Main Switch се мора користити искључиво за искључивање филтера због послова одржавања или ако се у дужем периоду прекине производња [7].

Контролна табла

Тастер за ручно чишћење се користи за чишћење елемената када су они много запрањани (када се смањује моћ усисавања). У циљу ручног чишћења, потребно је притиснути (B2) тастер док (h3) сијалица је упаљена. Затим склоните руку са (B2) тастера. Лампа (h3) ће се угасити, ручно чишћење ће почети и систем за чишћење у једном циклусу ће се применити на све филтере. Тада ће се зауставити. Кад се заврши циклус

ручног чишћења, филтер јединица (слика 3.3.5-б) се враћа на аутоматски мод чишћења спонтано.



Слика 3.3.5-б. Приказ филтер јединице (контролна табла) [7]

Мануелно чишћење се може применити кад вентилатор ради (такозвано „online“ чишћење) или кад вентилатор не ради (такозвано offline чишћење). У сваком случају, очигледно је да ће филтер елементи бити очишћени много боље ако нема било каквог вакуума у филтер јединици. Чишћење без усисавања вентилатора такозвано „Offline Cleaning“ је стандардно код Вантерм сакупљача прашине. Кад (S2) Fan Switch (прекидач вентилатора) је искључен, филтер јединица стартује аутоматски Offline Cleaning и то траје 18 минута. У другом случају аутоматско чишћење ради спонтано у “ process control mode“. Ако треба, мануелно чишћење је могуће применити притиском на (B2) „Manuel Cleaning Button“ - тастер за ручно чишћење [7].

3.3.6. Гасна станица

Фибер ласер за сечење користи гасове као што су: кисеоник и азот. Одабир гасова и њихова употреба се врши у зависности од материјала који се сечу. Тако при сечењу материјала који су од челика (различитих карактеристика) се користи кисеоник док се код материјала као што су прохром, бакар користи азот. Гасна станица (слика 3.3.6.) са овим гасовима се налази у предузећу „Застава Камиони“ и измештена у делу који је прописан и препоручен од стране одговорних лица, ту су и манометри који се налазе на боцама и у делу који раздваја простор ласера и гасне станице. Ови манометри имају за циљ приказивање јачине притиска гасова и количину расположивог гаса за сечење.



Слика 3.3.6. Гасна станица „Застава камиона“ за напајање ласера [7]

Потребно је рећи да су сви запослени који раде на ласеру имали обуку о коришћењу и безбедном раду са овим гасовима и да је станица ограда у циљу онемогућавања приступа свим лицима која нису просла обуку. Замена боца се врши виљушкарима и уз присуство надлежних лица за замену боца.

Кисеоник

Гасовити кисеоник је гас без боје, без укуса и без мириса, нешто тежи од ваздуха који омогућава живот и повољно делује на човечији организам. Не гори али подпомаже горење. Веома је распрострањен у природи. Једини се са свим елементима осим са инертним гасовима (аргон, неон, криптон и др.) градећи оксиде. Оксидација је директно у вези са температуром. Док неки елементи као фосфор и магнезијум, спонтано се пале у ваздуху при нормалној температури, племенити метали оксидишу тек на високим температурама. Течан кисеоник је течност бледо плаве боје, провидан, нешто тежи од воде и веома ниске температуре -183°C . Течан кисеоник није запаљив. Ниска температура течног кисеоника неповољно утиче на човечији организам изазивајући тешке промрзLINE сличне опекотинама. Такође неповољно делује на обичан конструктивни челик па судови и инсталације се морају правити од легираних челика, бакра или алуминијума^[5].

Основни подаци о кисеонику:

- Класификација..... незапаљив гас
- Хемијска ознака..... O_2
- Ознака бојом..... плава, бела
- Молска маса (у kg/k mol) 32,00
- Запреминска маса гаса у нормалним
 условима (од 0°C и 1 бар) ; (kg/m^3) 1,429
- Запреминска маса гаса у односу на
 собној температури (21°C и 1 бар)..... 1,1053
- Температура кључања (на 1 бар) ($^{\circ}\text{C}$)..... -182,98
- Температура топљења (на 1 бар) ($^{\circ}\text{C}$)..... -218,9
- Однос течност/гас (течност на температури
 кључања а гас на 21°C и 1 бар)..... 1/860,6

Сви материјали у кисеонику (или при већем проценту) горе много бурније него у нормалном ваздуху (док имамо 20,9% кисеоника), а при том тачка паљења се снижава зависно од процента. Неке запаљиве материје као уља и масти у чистом кисеонику горе скоро експлозивном снагом.

Складиштење и чување

Гасовити кисеоник се чува у челичним посудама (боце, контејнери, резервоари) под притиском који се креће и до 200 бари. Гасовити кисеоник се најчешће пакује у боце од 40 L под притиском од 150 бари. Резервоари су посуде у којима се чува течни кисеоник под мањим притиском зависно од технолошког процеса који се користи.

Опасности при раду са кисеоником

Из физичко-хемијских особина проистичу и опасности при раду са кисеоником у гасовитом стању:

- Гасовити кисеоник је без боје, укуса и мириса па се људским чулима не може ни открити,
- Врло мало је растворљив у води,
- Лош проводник топлоте и електрицитета,
- Тежи је од ваздуха,
- Незапаљив али потпомаже горење и активни је учесник процеса горања
- Кисеоник је један од основних елемената за постојање живота на земљи и у атмосфери га има око 21%,
- Рад са кисеоником под притиском,
- Могућност чешће појаве пожара због обогаћивања ваздуха са кисеоником,
- Рад са замашћеним алатом, оделом, рукама,
- Удисање чистог кисеоника на дуже време такође је опасно по живот

Азот

Азот је гас без боје, без укуса и без мириса. То је најраспрострањенији гас на земљи. Главни је састојак атмосфере односно ваздуха (78% запремински). Не гори и не подпомаже горење. Није токсичан. Тешко ступа у хемијске реакције са другим елементима и једињењима. Слаб је проводник топлоте и електрицитета. Веома се мало раствара у води и другим растварачима. Путем притиска и температуре азот се може превести у течно стање и за његово чување морају се обезбедити посебни услови^[5].

Основни подаци о азоту:

- Класификација незапаљив, загушљив гас
- Хемијска ознака..... N₂
- Ознака бојом..... тамно сива, црна
- Молска маса (у кг/к мол)..... 28,016
- Запреминска маса гаса на нормалним
условима(од 0°C и 1 бар); (кг/м³) 1,25
- Запреминска маса гаса у односу на
собној температури (21°C и 1 бар) 0,967
- Температура кључања (на 1 бар) (у °C)..... -195,8
- Температура топљења (на 1бар) (у°C)..... -210
- Однос течности / гас (течност на температури кључања гас на 21°C и 1 бар)
..... 1/696,5

Опасности при раду са азотом

Из физичкохемијских особина проистичу и опасности при раду са азотом у гасовитом и течном стању.

- Гасовит азот је без укуса и мириса па се људским чулима не може ни открити, дез обзира у којој се количини садржи. У колико се налази у неком простору у већој или мањој количини – у ваздуху од 78 % то значи да је нормална атмосфера нарушена на штету процента кисеоника, а то је опасност по здравље и живот људи.
- Азот не ступа у реакцију са другим елементима и са те стране нема опасности.
- Гасовити азот није отрован али је загушљив гас и човек се може угушити у истом.
- Уколико је азот под притиском постаје опасност при раду са гасом и судовима под притиском. У боцама азот је под притиском од 150 бари, а у цевоводима и инсталацијама притисак зависи од технолошког процеса.
- Гасовити азот је нешто лакши од ваздуха и лако се меша са истим.

Мере заштите при раду са азотом

На основу опасности и опасности у раду са гасовитим азотом морају да се примењују следеће мере:

- За откривање концентрације азота у простору користити детекцију.
- Не дозвољавати истицање течног азота у отворен или затворен простор.
- Азот чувати само у судовима намењеним за ту сврху .

4.0. Управљање „Фибер ласер машином“

Управљање се извршава уз помоћ командне табле (слика 4.1.) која има функцију обједињења свих елемената који су заступљени при раду машине. Преко командне табле може се извршавати провера рад сваког од елемената засебно. Основно управљање се своди на команде убацивања табли у радни простор, убацивање потребног програма и подешавање параметара при одрађивању послова у делу сечења одређених делова на основу задатих програма. Све остале функције контроле се свде на праћење самог рада машине у току процеса израде неког дела.



Слика 4.1. Општи приказ контролера[6]

Битно је рећи да се контролер налази у пределу машине одакле је могућ поглед на простор радног дела, што омогућава контролу и праћење процеса рада ласера. Овај контролер има могућност рада управљања додиром екрана, као и контролисањем путем тастатуре и миша. Такође овај екран има могућност померања како би се остварило лакше прилагођење особама које управљају машином. Општи изглед контролера (слика 4.2) је дизајниран тако да пружи слику једноставности и да омогући једноставност при самом управљању машином. Сви тастери у доњем делу контролера су постављени тако да се

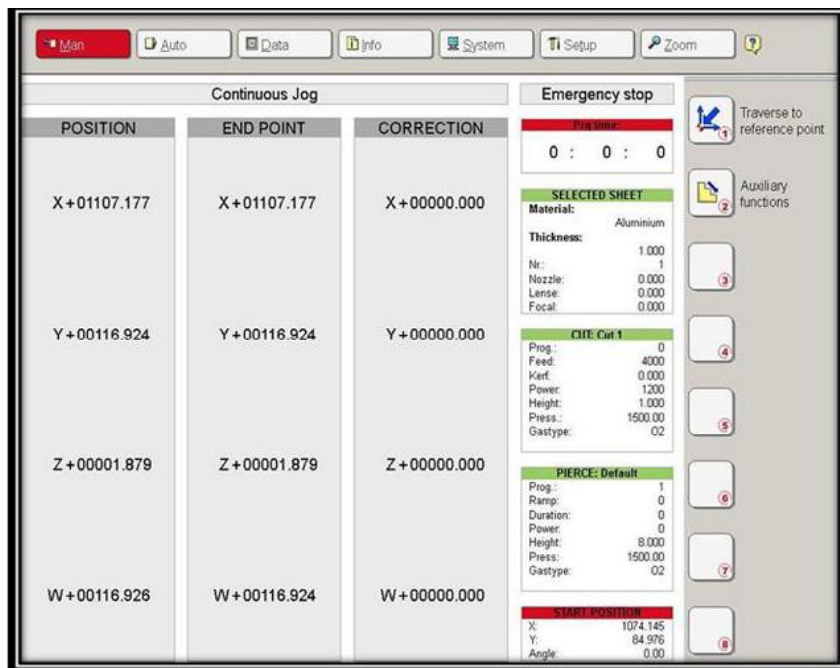
особама које стају пред контролер омогућава лако памћење команди које се користе при управљању. Такође овде је назначен тастер за хитно заустављање машине у опасним ситуацијама у циљу безбедности свих лица која су укључена у директан и непосредан рад машине.



Слика 4.2. Општи приказ контролера[6]

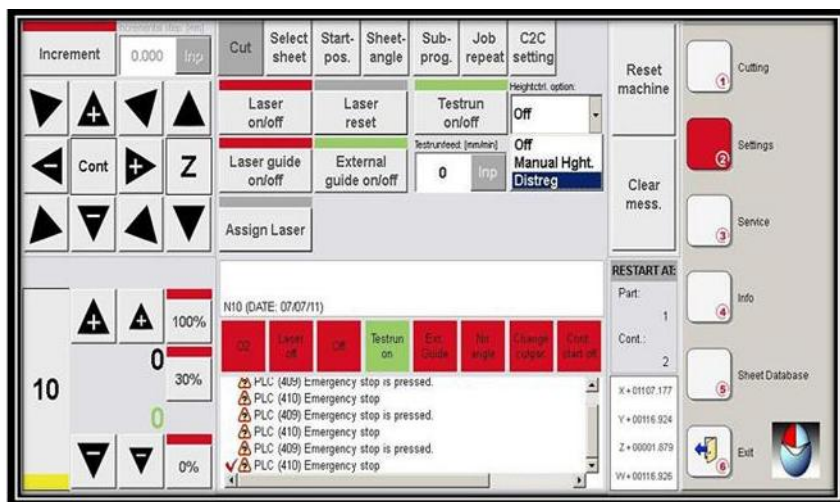
Приказ контролника ласерске машине који се налази у горњем делу оставља простор за контролу свих операција, као и контролу свих елемената који чине функционалну средину ласера. Највећа предност овог контролника је то, што је веома једноставан за руковање и путем њега се уз савладану обуку може одрадiti сваки део

посла намењен овој машини [6]. На екрану који је приказан постоји подела на главни „мени“ (слика 4.3.) који пружа потребне информације о раду машине и тренутном стању.



Слика 4.3. Главни „мени“ за праћење рада машине [6]

На другој половини екрана је приказан доњи „мени“ (слика 4.4) који има функцију управљања машином и промену параметара при раду .



Слика 4.4. Доњи „мени“ за управљање машином [6]

Све потребне параметре и функције у раду, могуће је успоставити уз помоћ доњег „менија“ који је приказан на претходној слици. Контролана табла (слика 4.5.) има

функцију при раду у простору радног дела, као што је померање ласерске главе и радних столова за убацивање материјала.



Слика 4.5. Приказ контролне табле [6]

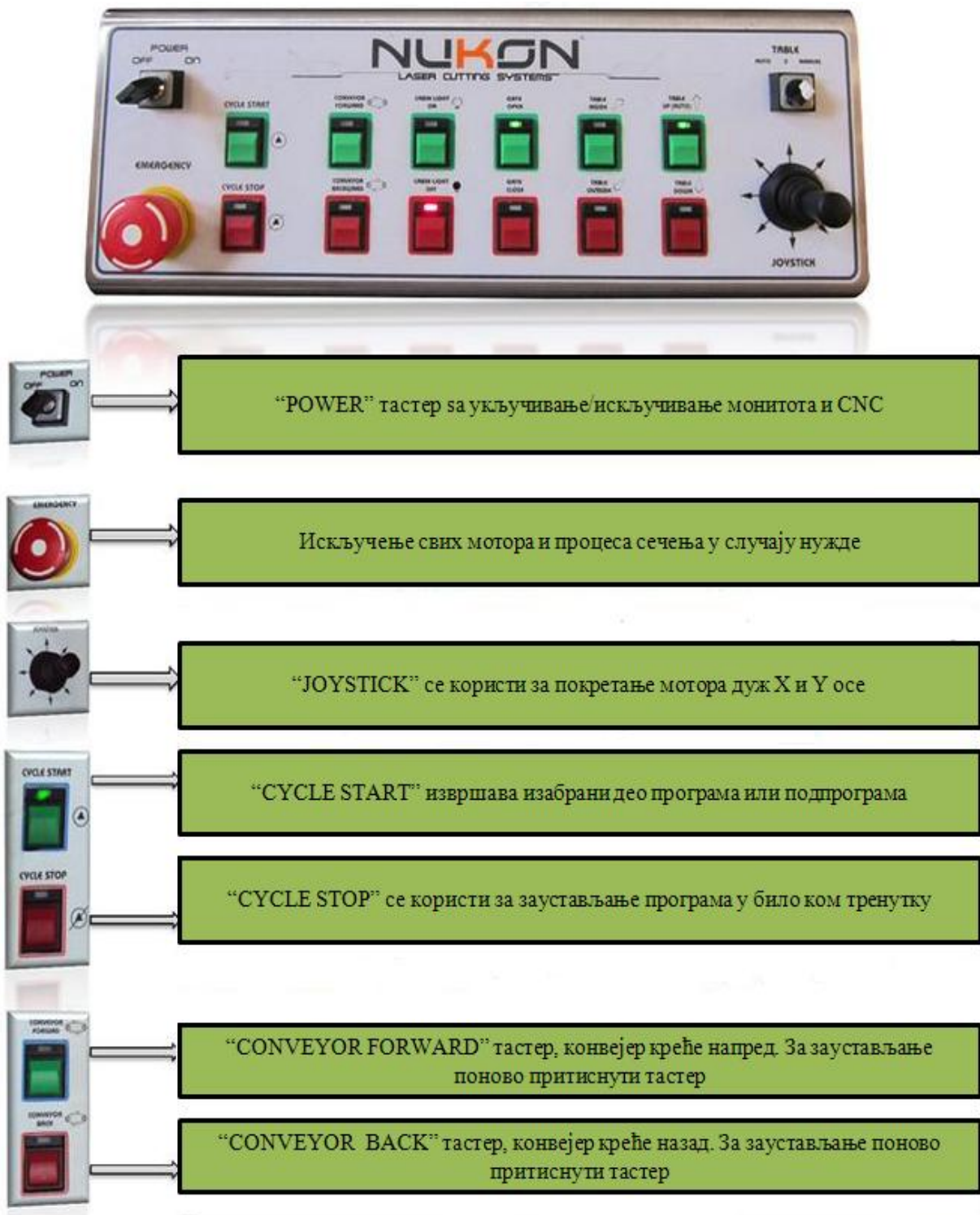
Контролна табла има функцију директног управљања у делу који се назива радни простор и путем свих расположивих команди оставља простор оператеру за осмишљавање рада са потребним материјалима који се налазе на радном столу унутар машине, тачније у делу радног простора. Точак за ручно управљање (слика 4.6.) има исту ту функцију само што се његов рад заснива на управљању у делу ласерске главе и њеног померања [6].



Слика 4.6. Приказ контролне табле [6]

Све операције потребне за рад не ласеру могу се остварити преко горе приказаног ручног управљања (задавање потребних координата, режима). За управљање преко контролне

табле (слика 4.7.) и његове функције могуће је остварити комбиновање функција у циљу лакшег управљања и избегавања проблема у току радног процеса.



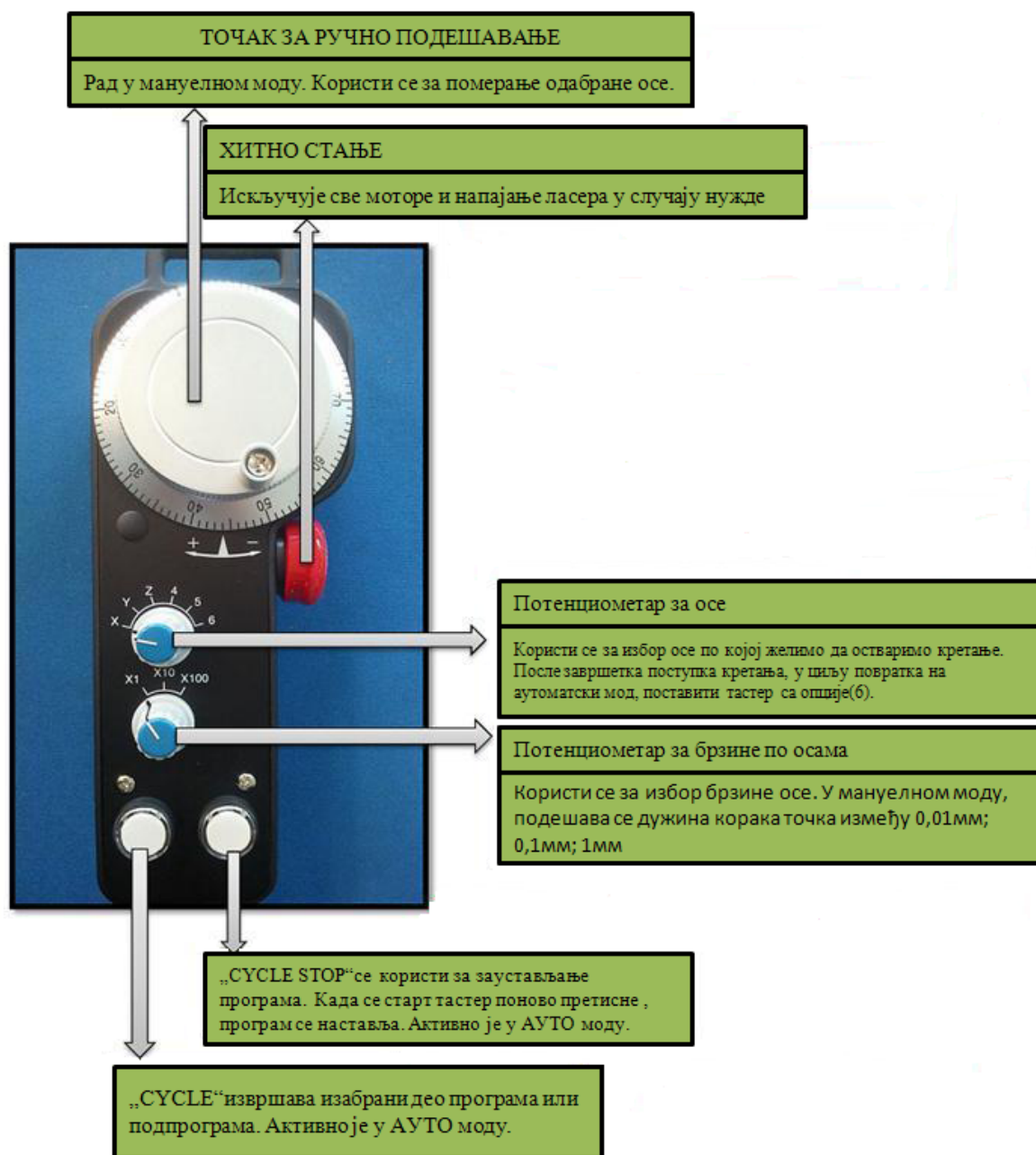
Слика 4.7-а Приказ команди контролне табле за управљање машином [6]



Слика 4.7-б Приказ команди контролне табле за управљање машином [6]

При коришћењу горе наведених команди потребно је нагласити да свака од команди има своју почетну и завршну фазу па самим тим свако пуштање одређене функције у рад није

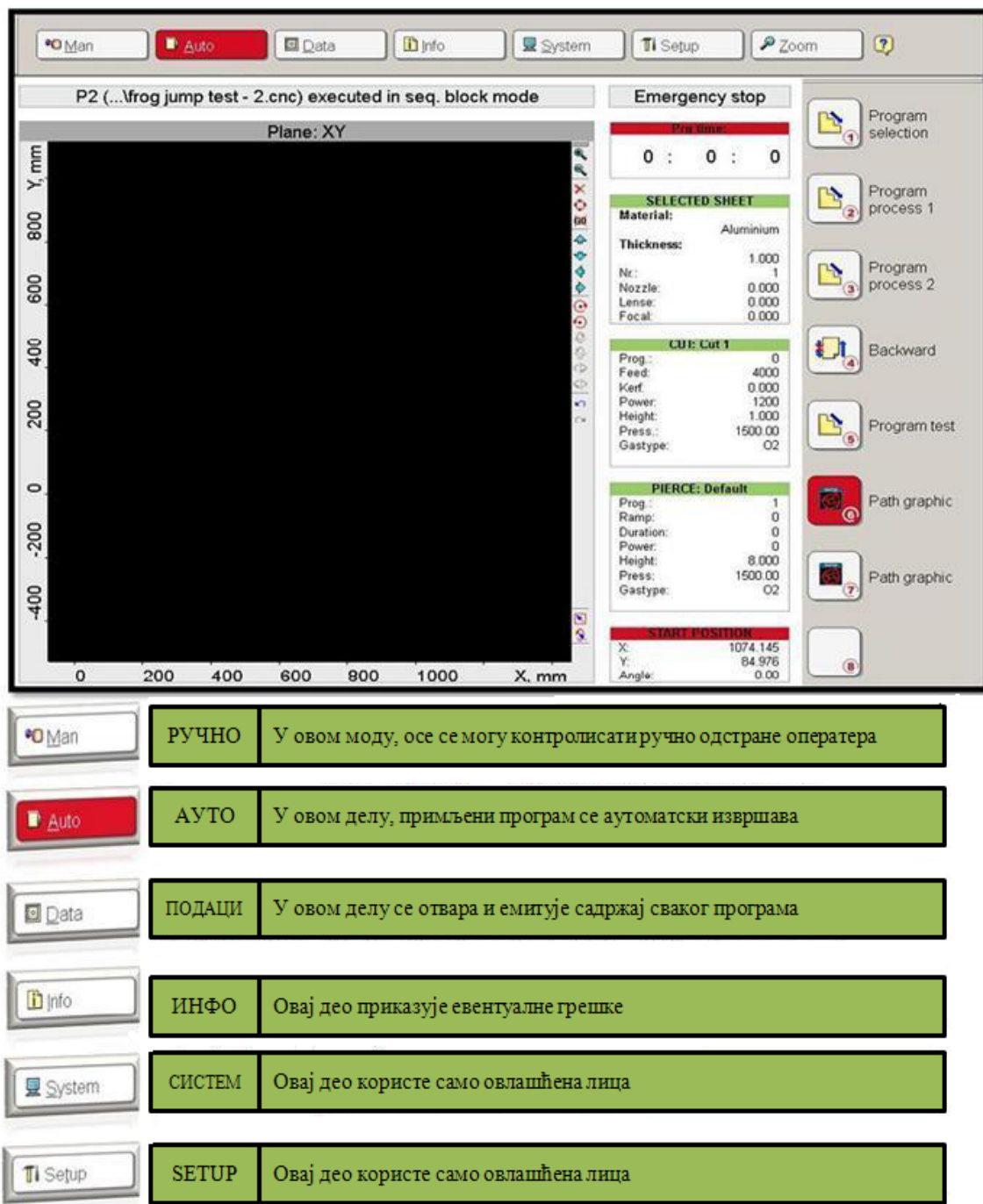
могуће поновним притиском на исту, тачније уколико притиснемо исту функцију коју смо претходно задали не можемо доћи до грешке уколико је поново укључимо. Што се тиче ручног управљања (слика 4.8.) његова употреба је препоручена само за искусне оператере који својим искуством могу да доведу прецизнију почетну тачку и тиме остваре бржи рад уз помоћ ручног управљања.



Слика 4.8. Приказ функција ручним управљањем [6]

Уз горе приказано упутство могуће је успоставити рад уз помоћ ручног контролера за управљање ласерском машином. Да би се успоставило добро управљање машином

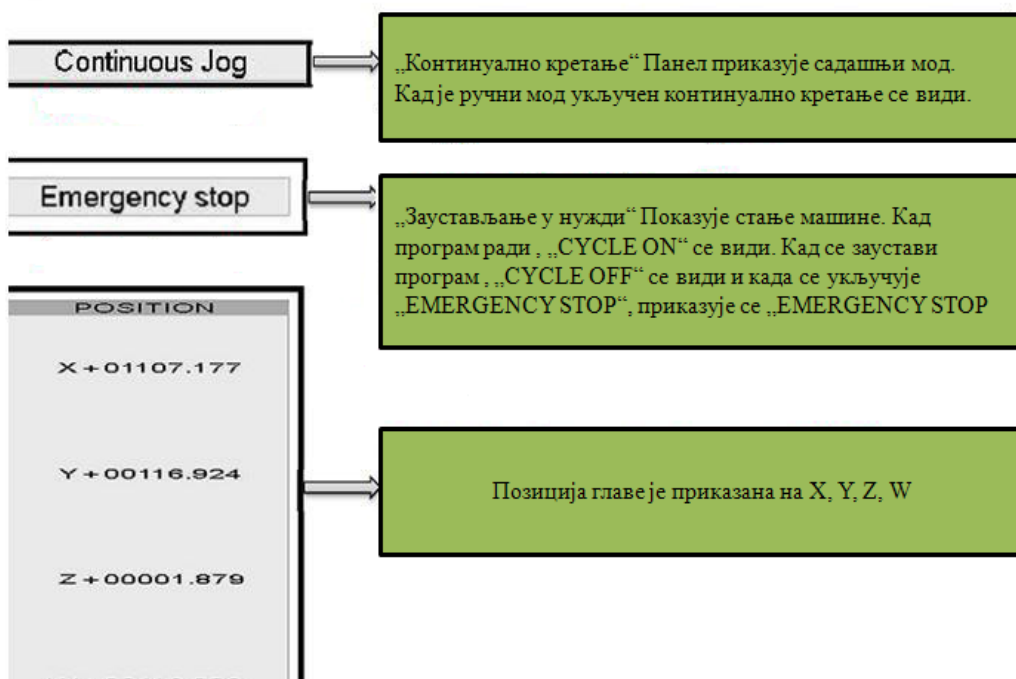
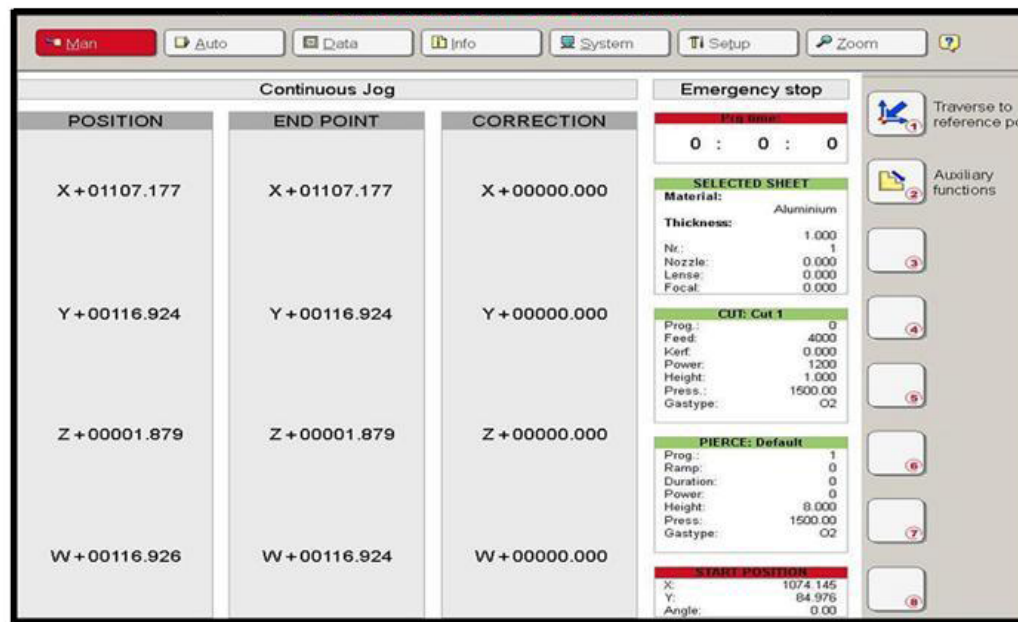
потребно је добро познавање главног „менија“ (слика 4.9.) и свих његових могућности, као и функција које сама машина пружа.



Слика 4.9. Приказ функција главног „менија“ [6]

Све горе приказане функције могу се комбиновати у циљу доброг успостављања рада у делу сечења, такође свака од горе приказаних опција има одеђени број информација које оператору служе за лакше успостављање рада над машином, као и њеном контролом у

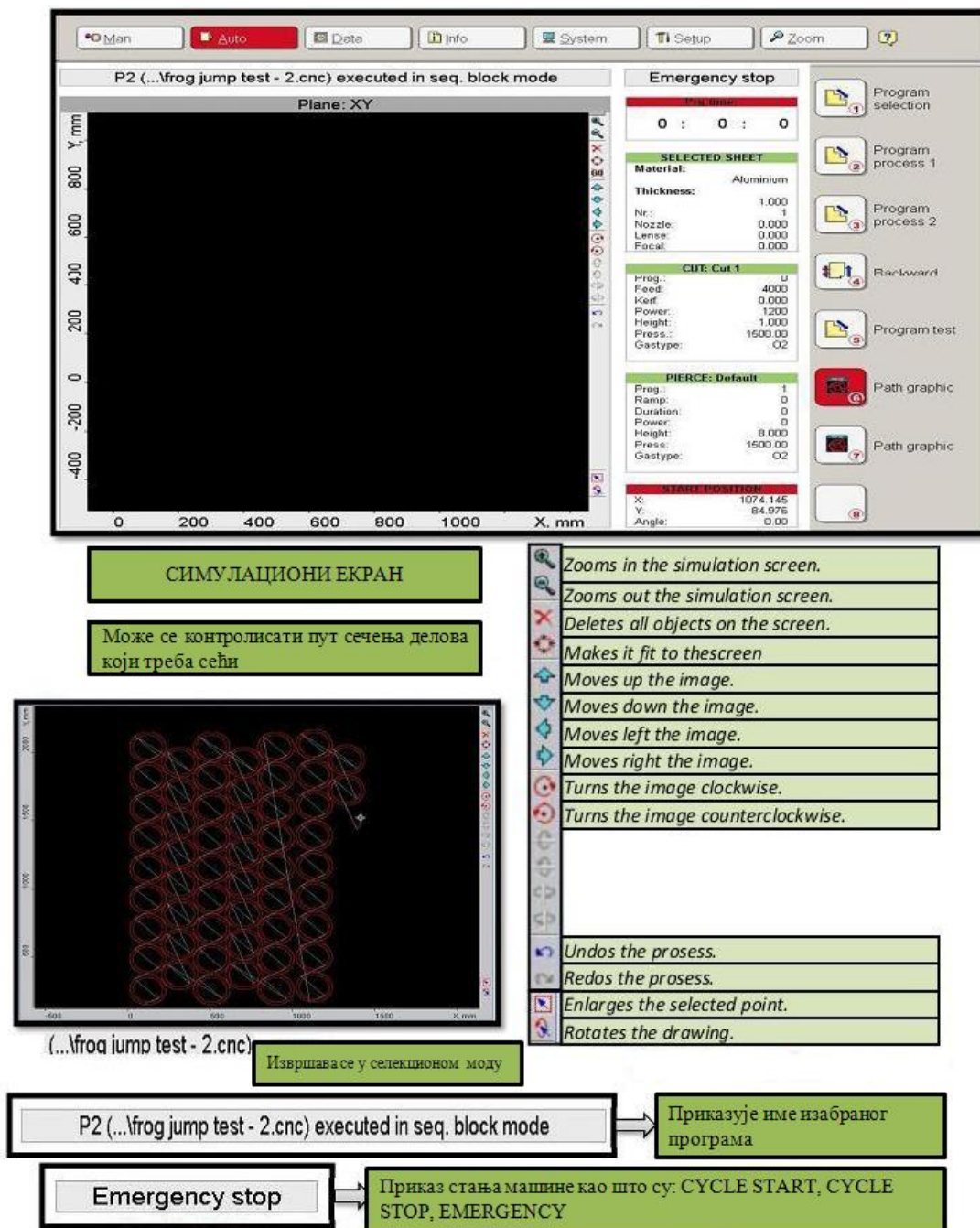
процесу рада. Што се тиче зоне ручног подешавања (слика 4.10.) она се састоји од координата према могућим осама померања ласерске главе.



Слика 4.10. Приказ ручног подешавања [6]

На горе приказаној слици могу се видети крајње тачке дела, које се секу на крају процеса. Као и растојање између сваког блока, такође ту постоје и референтне тачке текућег програма. Функција у горњем десном углу „траверза“ од референтне тачке користи се за прво подешавање, док се функција која се налази испод ње користи као помоћна функција

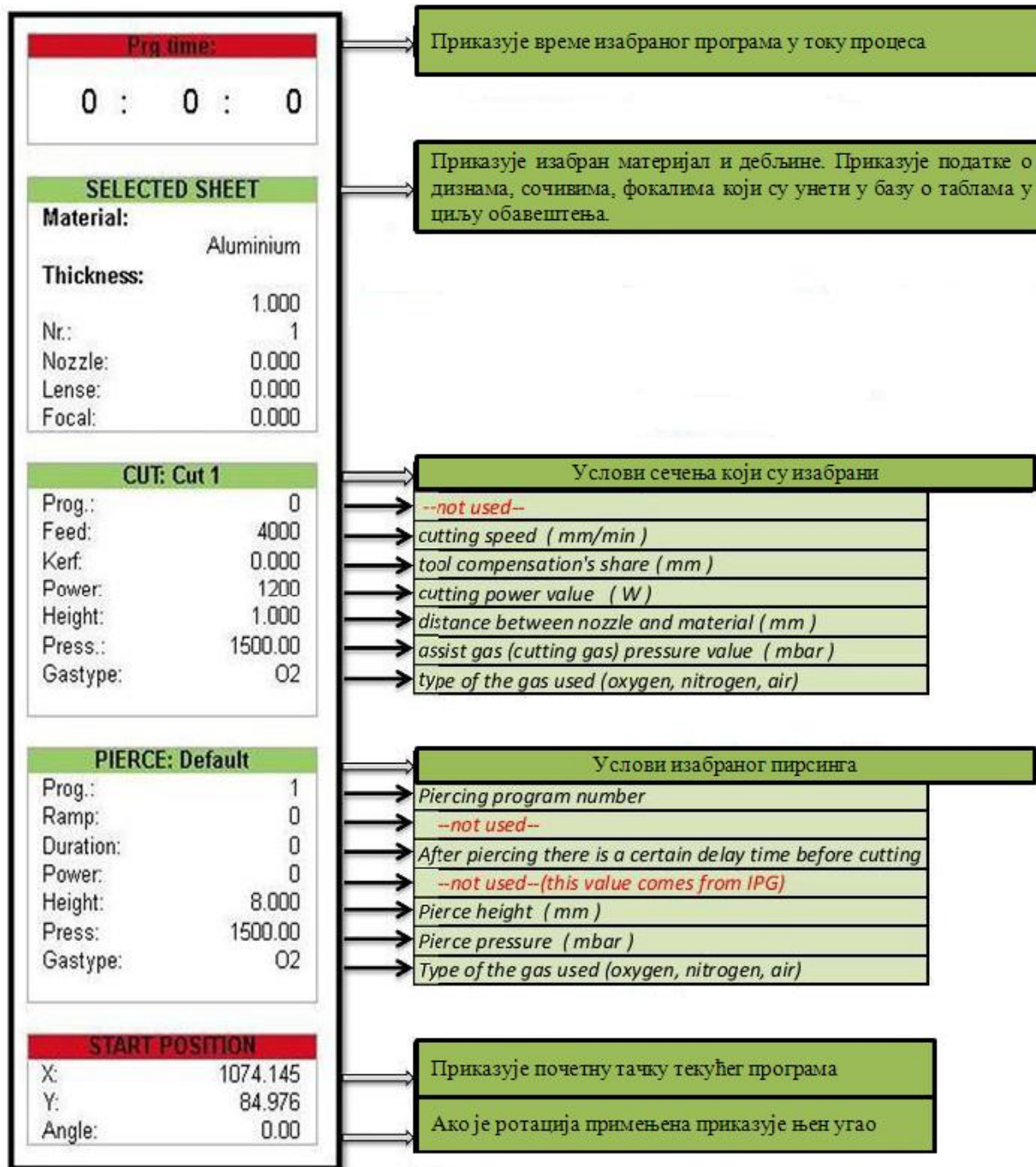
за потребе сервисирања. Уколико се отвори „ауто мод“ (слика 4.11) долази се до могућности коришћења следећих функција.



Слика 4.11. Приказ опције „Ауто мод“ [6]

На претходној слици је приказан симулациони екран на коме се врши читавање унетих делова које је потребно обрадити, такође је могуће откривање грешка које се налазе у програму за део који се израђује. Након убацивања одређеног програма и одабира

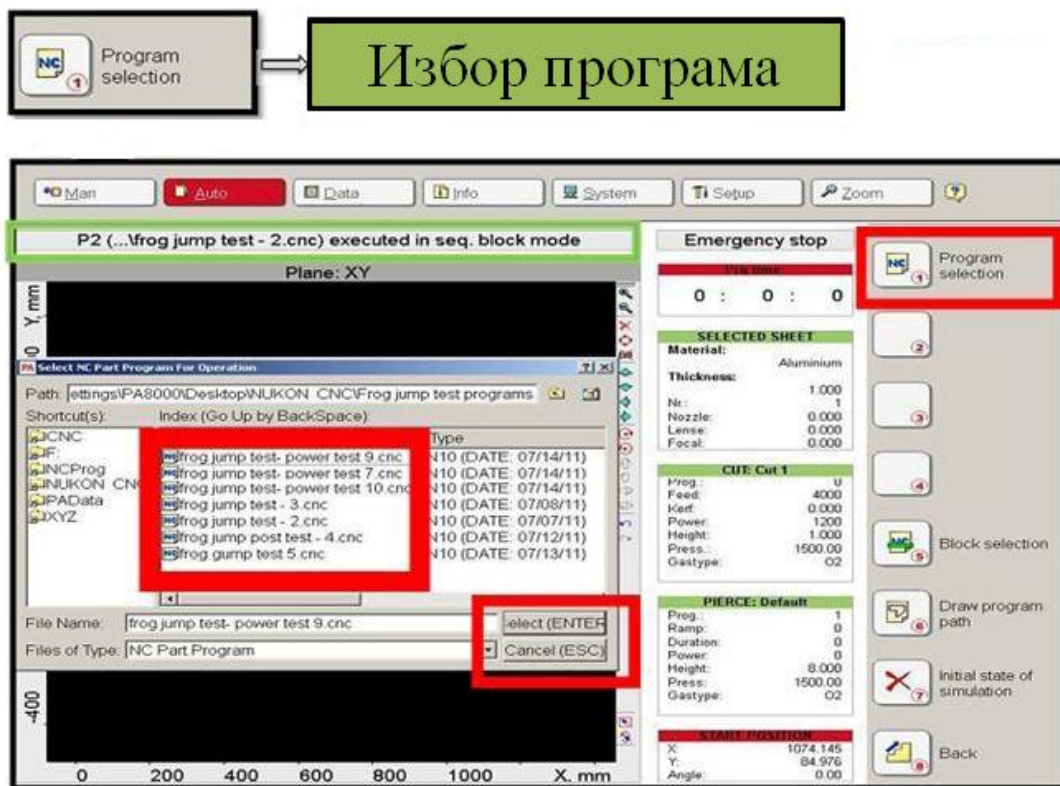
потребног материјала, машина избацује све потребне информације за оператера које се налазе у приказаном прозору (слика 4.12).



Слика 4.12. Приказ потребних информација за оператера добијених од ласерске машине [6]

На претходно приказаној слици могу се видети информације о врсти сечења, режимима рада машине као и о стартној позицији машина која је потребна, уколико при сечењу дође до заустављања због хитности сечења неког другог дела. Избор програма (слика 4.13.) се

врши према селектовању унапред дефинисаног програма које је написан за израду делова дефинисаних документацијом.



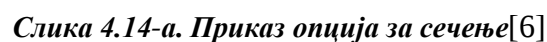
Избор програма нас усмерава где су програми сечења сачувани. Ту се може позвати програм уз помоћ кога је потребно извршити сечење, потребно је само одабрати програм и притиснути селекцију. Означен програм се види (зелено). Програм мора садржати најмање један број у имену без специјалних карактера.



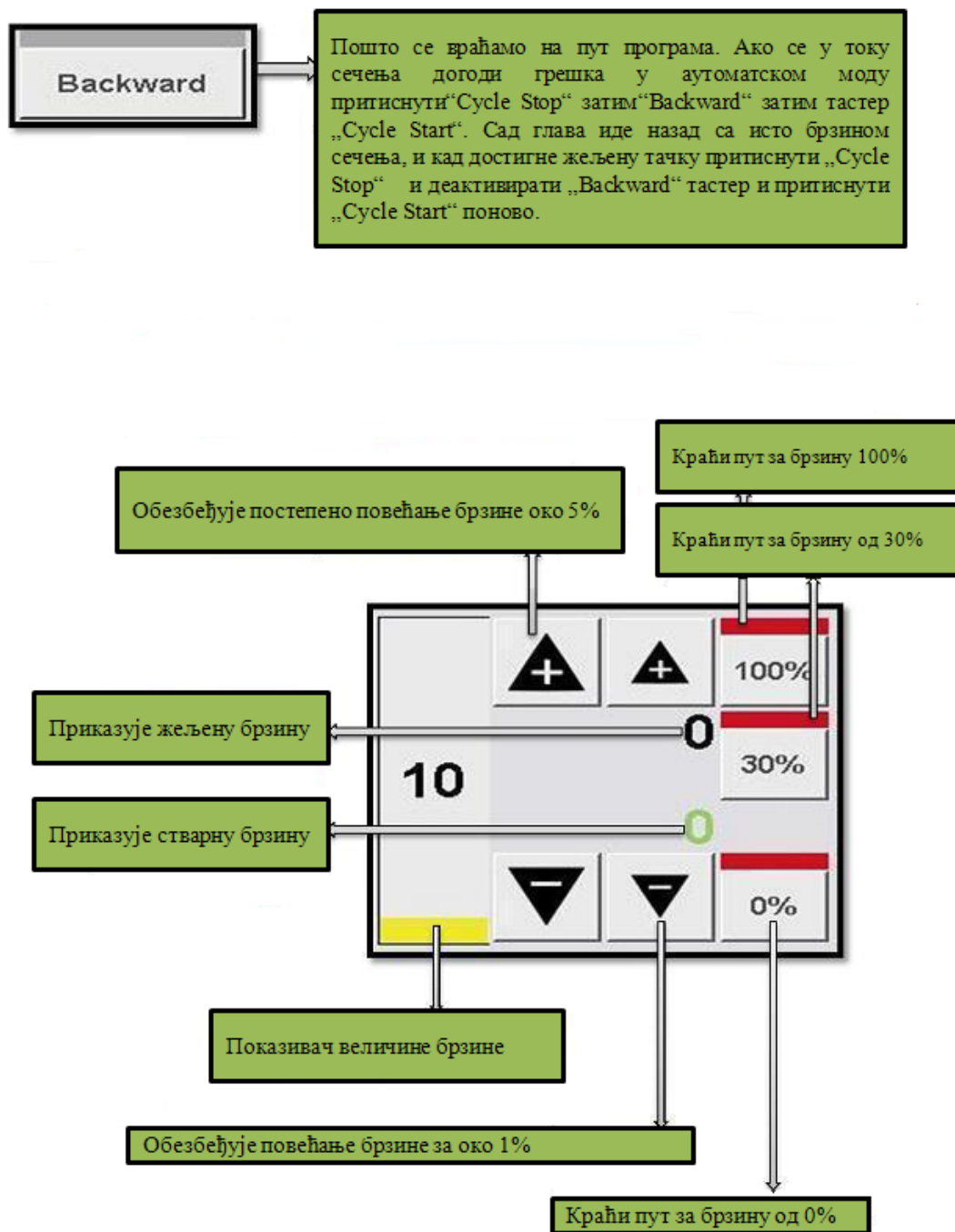
Слика 4.13. Избор жељеног програма и његово учитавање[6]

На претходно приказаној слици се види поступак при одабиру жељеног програма и његово учитавање. Уколико се убацује нови програма потребно је брисање старог како би могло да се изврши његово очитавање а затим и пуштање у рад. Након одабира жељеног

Свака од опција има своју улогу при постављању решења за оператера у току сечења, тако на претходној слици видимо опције за пуштање програма у рад. На (слици 4.14-б) у доњем



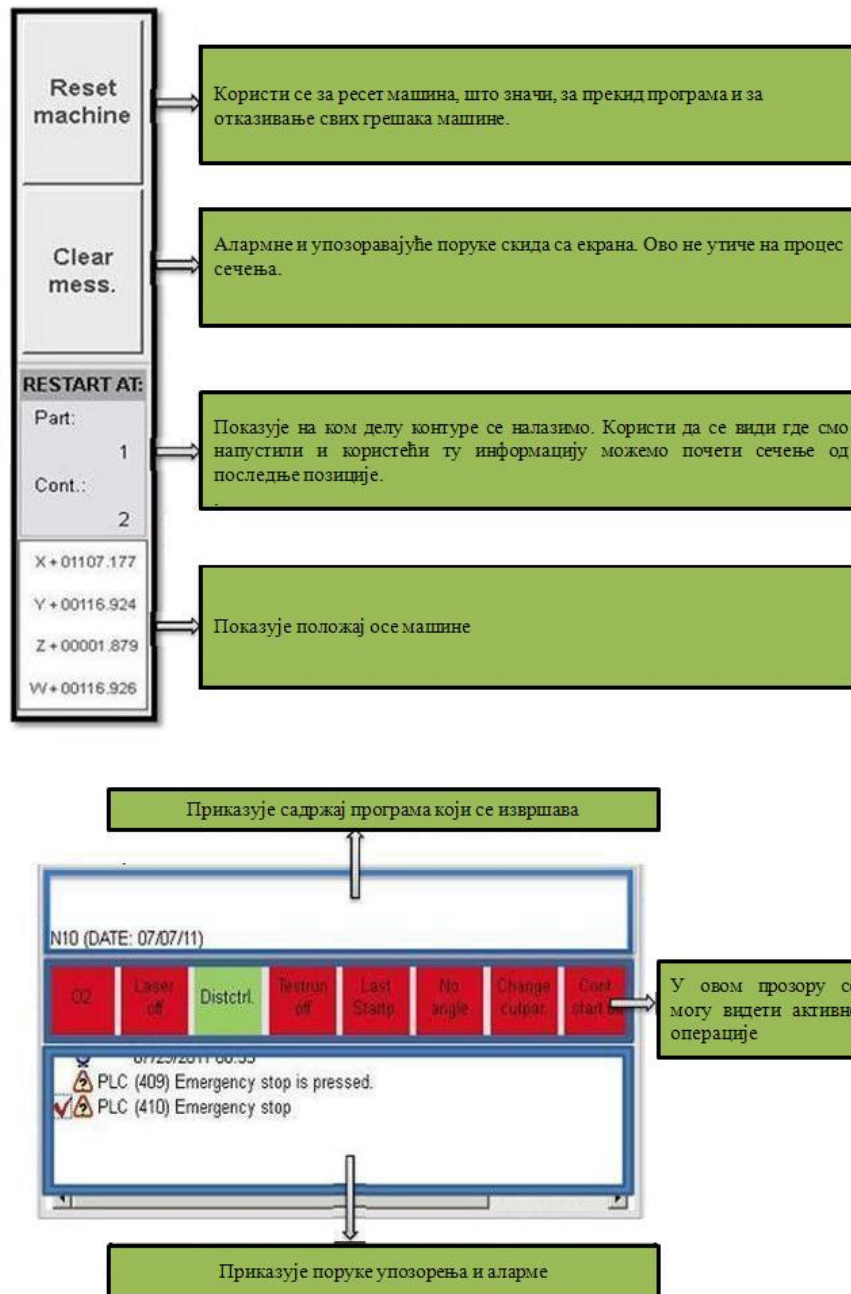
делу могу се видети опције за повећање и смањивање брзине преласка главе преко задатих контура. Ове брзине се могу мењати од 1% до 5% за мање промене или у случају промене већих брзина од 30% до 100%.



Слика 4.14-б. Приказ опција за сечење[6]

Битно је рећи да се до промене брзине може доћи како при престанку рада машине, тако и при активном раду чиме у неким ситуацијама може да се побољша квалитет добијеног

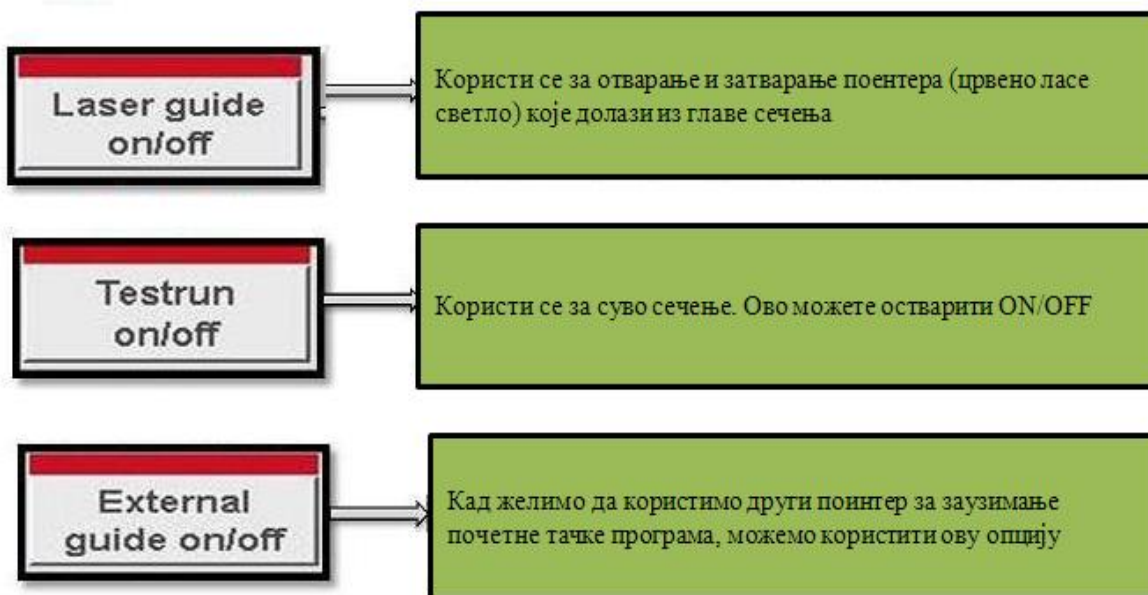
реза. Такође веома битне опције се налазе на (слици 4.14-ц) у доњем делу преко којих можемо да извршимо рестартовање грешака које се јављају у току процеса обрде.



Слика 4.14-ц. Приказ опција за сечење[6]

На горе приказаној слици се могу видети координате тренутног позиционирања главе као и број контуре и дела који се израђује. У даљем тексту на (слици 4.14-д) видиме се опције за укључивање ласерског зрака на главној и помоћној линији кретања ласерске главе.

Овде је поред тога могуће и укључивање теста који описује прелазак ласерског зрака без стварног сечења.



The screenshot shows a control interface with the following elements:

- Buttons on the left:** Change, Reset all, Reset sel.
- Parameter table:**

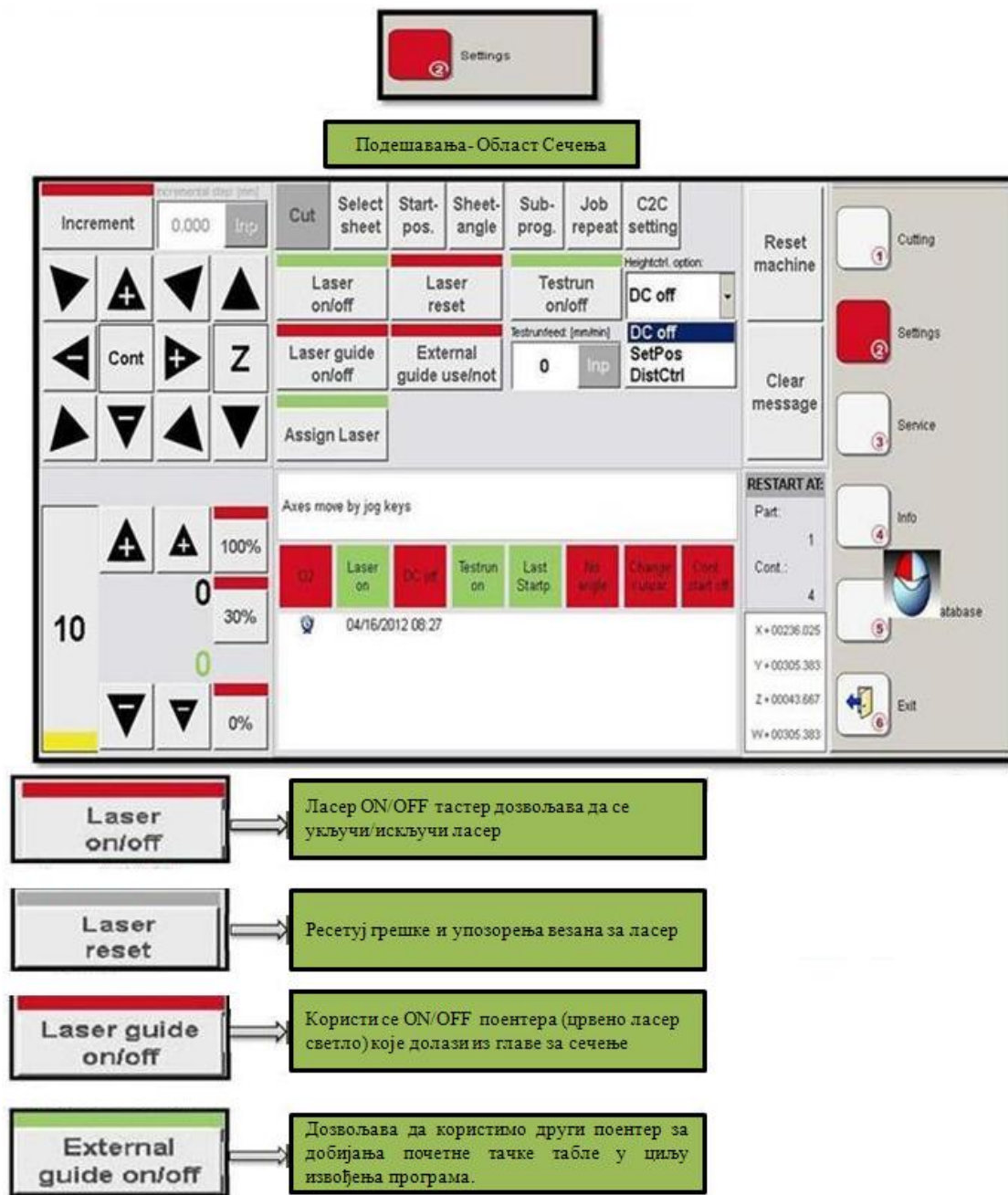
Laserpower: [W]	0	0
In Feed: [mm/min]	0	0
Cut feed: [mm/min]	0	0
Height: [mm]	0.000	0.000
Kerf: [mm]	0.000	0.000
Pressure: [bar]	0.00	0.00
	0	0
	0	0
- Adjustment controls on the right:**
 - Parameter:** Laserpower (dropdown menu)
 - Change value:** 0 (input field), Inp (button)
 - Buttons:** +, -, and a large + button.
 - Activate values for:** Set values (button), this contour (dropdown menu)

Део на врху, параметри се могу променити у току процеса сечења. Параметри које смо променили ће бити активни на следећој контори. Прво, притисни "CHANGE" тастер. Затим притисни "SET VALUE" тастер. Сада можемо видети тренутне параметр на екрану и тада унети било коју вредност и изабрати било који параметар.

Слика 4.14-д. Приказ опција за сечење[6]

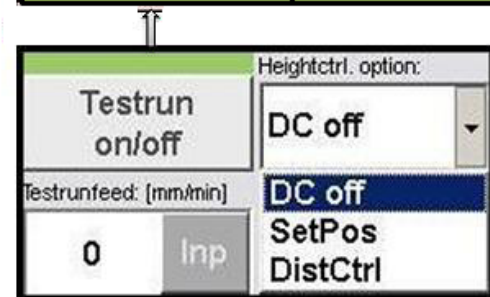
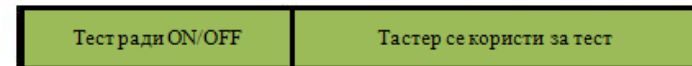
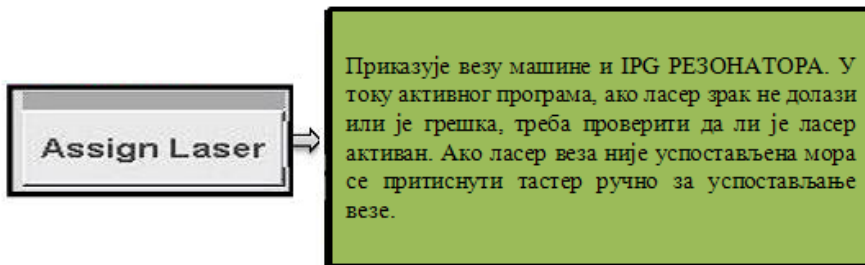
Сви горе приказани параметри се могу подешавати у циљу постизања што већег квалитета добијеног реза на деловима који се секу. Да би се остварило добро исецање делова

потребно је правилно коришћење у делу области сечења материјала (слика 4.15.) у коме се задају услови почетног сечења.



Слика 4.15. Приказ опција „CUT“ [6]

На горњој слици се приказује могућност машине у делу задавања почетних тачака од којих креће програм. Такође овде се може подесити тестирање програма без стварног сечења. У доњем делу прозора се виде све укључене опције као и датум рад а на машини.



Објашњење примене:

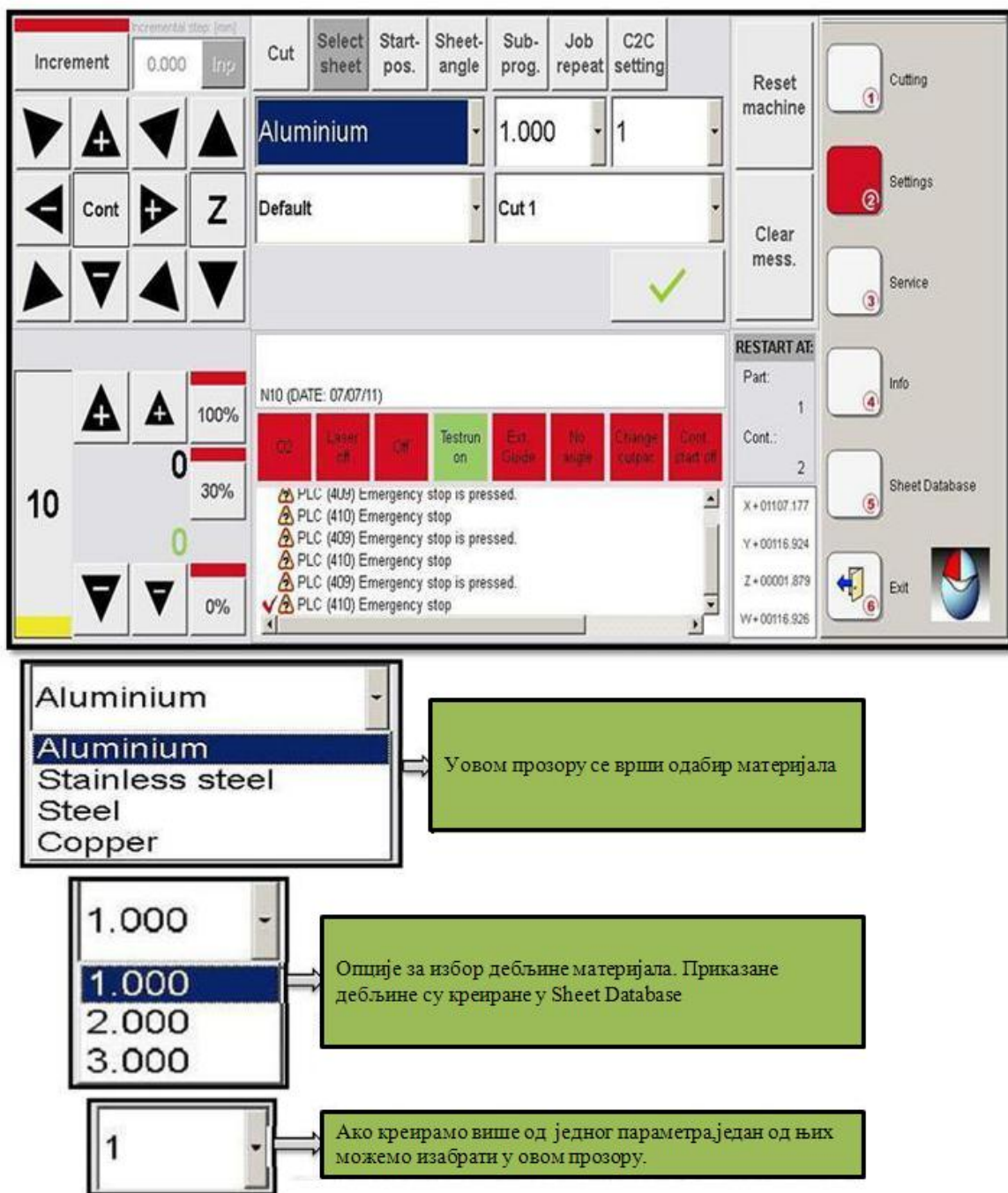
1) Прво, активирај TEST RUN (зелена боја) и када изаберемо "DistCtrl" у бочном прозору, машина активира контролу растојања и прати пут који треба пратити у програму без ласер зрака и помоћног гаса. Кад стигне до позиције притисни "Cycle Stop" и деактивирај test run па притисни "Cycle Start" да наставиш сечење.

2) Покрени Test run (зелена боја) па изабери „DC Off“ из бочног прозора. Када се стартује програм машина ће искључити контролу растојања и пратити пут програма без ласера зрака, помоћног гаса. Када дође у положај притисни "Cycle Stop" и деактивирај "Test run" затим притисни "Cycle Start" да наставиш сечење.

3) Активирај Test run (зелена боја), па изабери „SetPos“ из бочног прозора. Када стартујеш програм машина ће деактивирати контролу растојања и пратити пут програма без ласер зрака, помоћног гаса и „Z“ оса ће бити у положају који ми одредимо. Изаберемо ли „SetPos“ прозор за подешавање испод „SetPos“ биће активан за положај Z осе. Када дође у положај, притисни "Cycle Stop" и деактивирај Test run па притисни "Cycle Start" да наставиш сечење.

Test run feed је брзина tet run опције. Ако је „0“, тада се користи вредност брзине сечења.

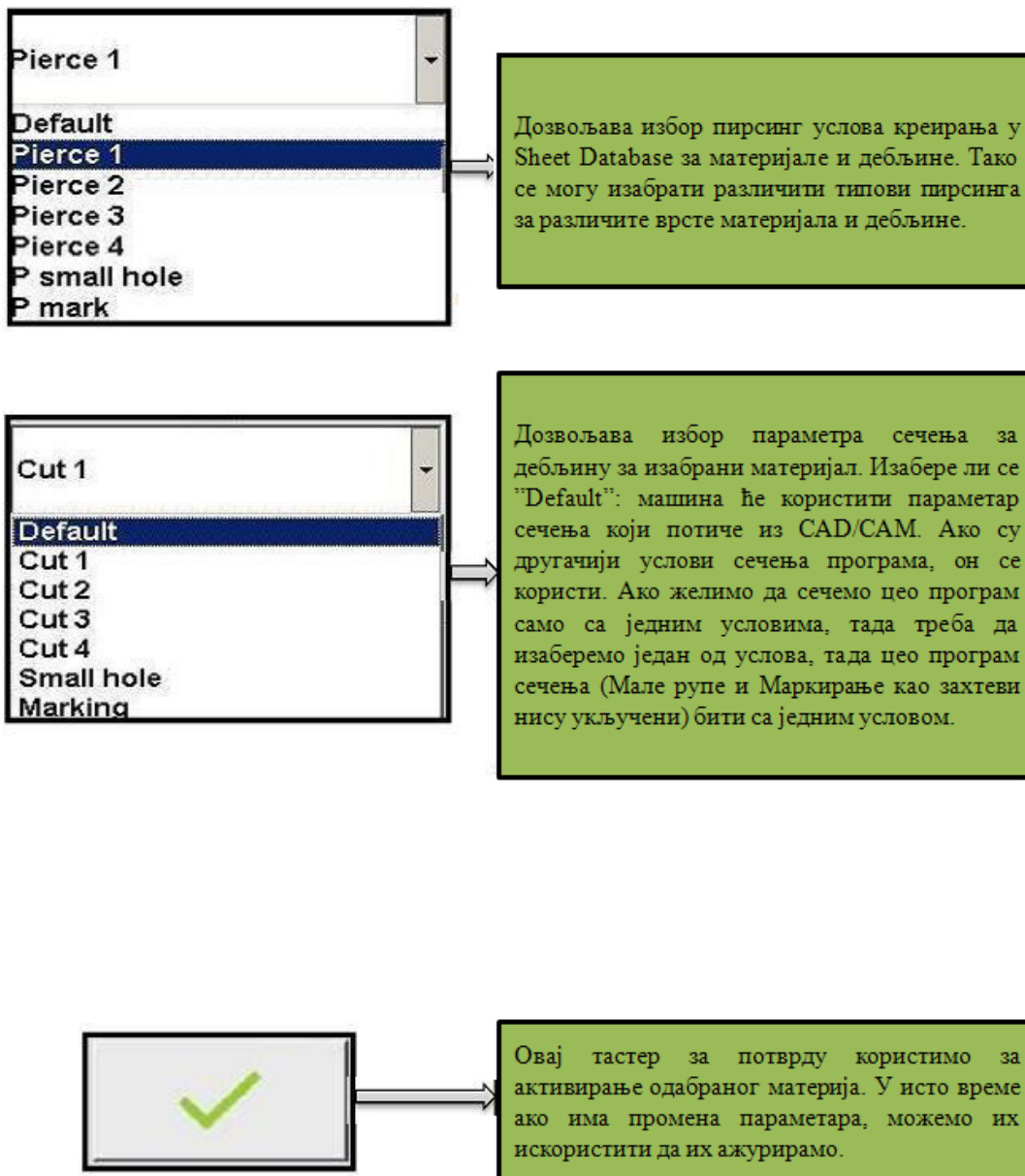
У даљем делу је приказана (слика 4.16.) која представља опцију за подешавање материјала, тачније врсти потребног материјала за сечење, након овога се задаје дебелина табле на којој се сечење извршава.



Слика 4.16. Приказ опција „SELECT SHEET“ [6]

У горе приказаном прозору се поред задавања материјала врши и одабир врсте сечења које се користи при раду, као и додатни режими за почетне тачке сечења. Улазне тачке и

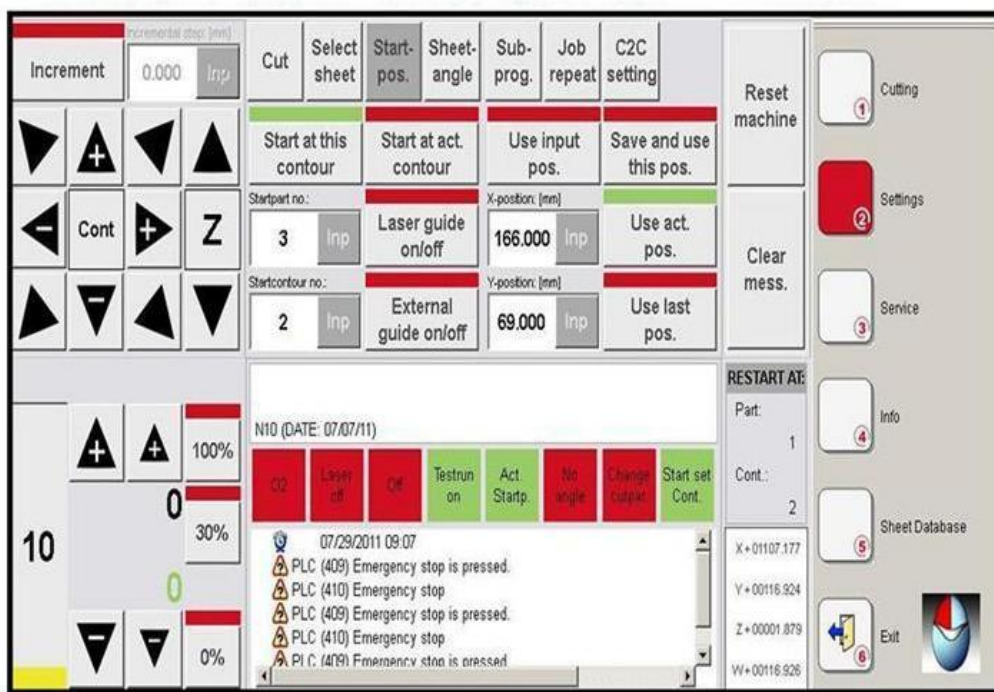
почетне тачке сечења се задају директно програмом, њихова промена је могућа у доле приказаним опцијама (слика 4.16-а).



Слика 4.16-а. Приказ опција за промену режима сечења и улазне почетне тачке [6]

Након свих извршених промена и задавања жељених параметара потребно је верификовати њихову промену, уколико не дође до потврђивања промене, сечење ће се извршити према претходно задатим режимима и параметрима. У даљем подешавању потребно је отворити опцију којом се задаје стартна позиција дела који се израђује (слика

4.17.). Овде се приказују могућности стартовања у зависности од потреба при изради неког дела.



Користи се да се пошаље било који део контуре дела у текући програм. После уношења вредност дела и контроле коју желите да пошаљете, притисните "Start at this contour" тастер. Код је активан боја зелена. Када програм почне, машина започиње сечење контуре која је дата.



Када је ласер активан, машина почиње сечење последње контуре. Када је активно боја је зелена, а када није активно боја је црвена.

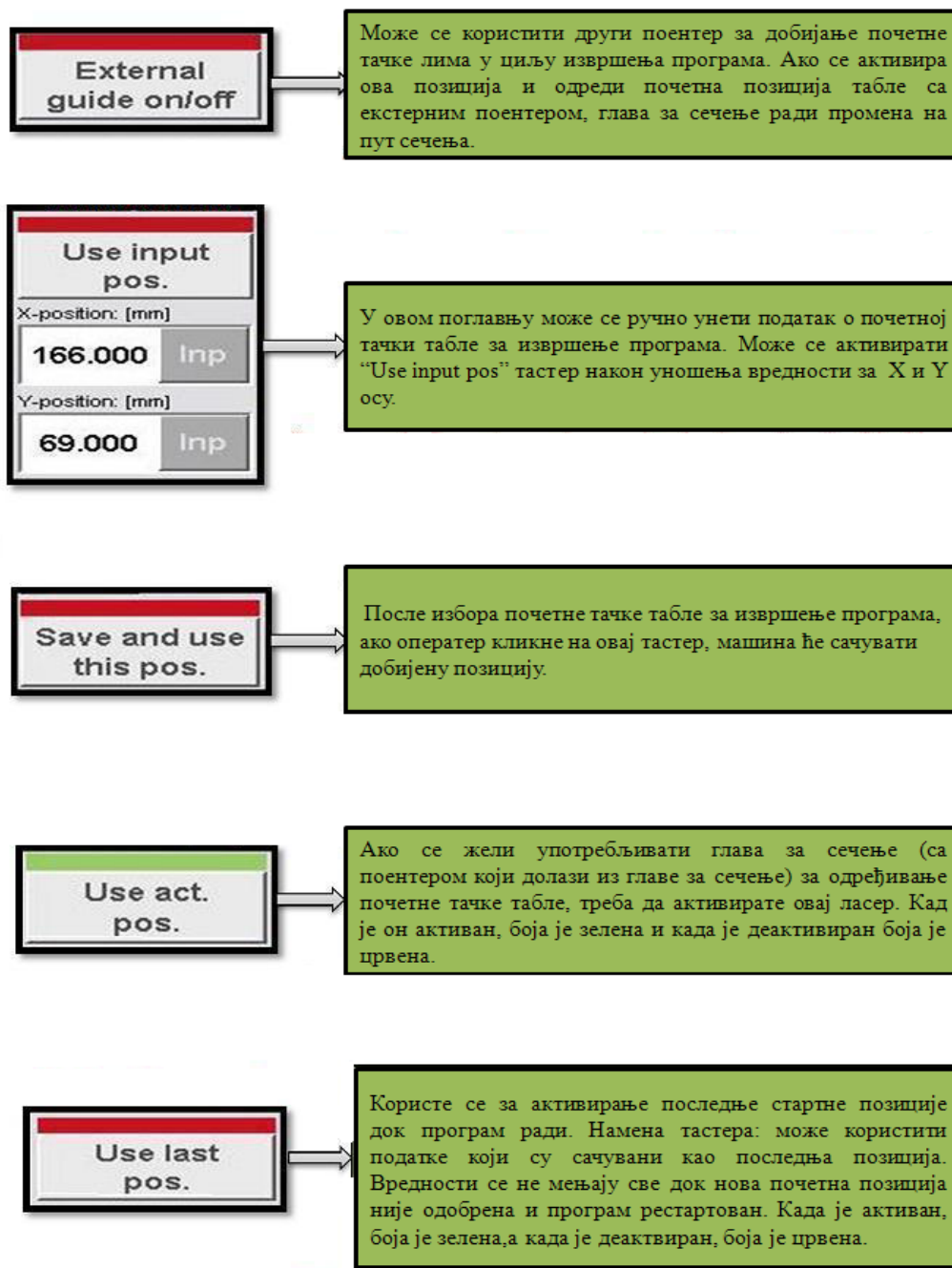


Користи се за укључивање/искључивање поентера (првено ласерско светло долази из главе за сечење).

Слика 4.17. Приказ стартних позиција [6]

Сваку од горе наведених команди потребно је укључити и након тога у зависности од команде која се бира постоји могућност започињања новог рада, кретање од оног места где се операција завршила, започета сечења од унете координате која је унапред

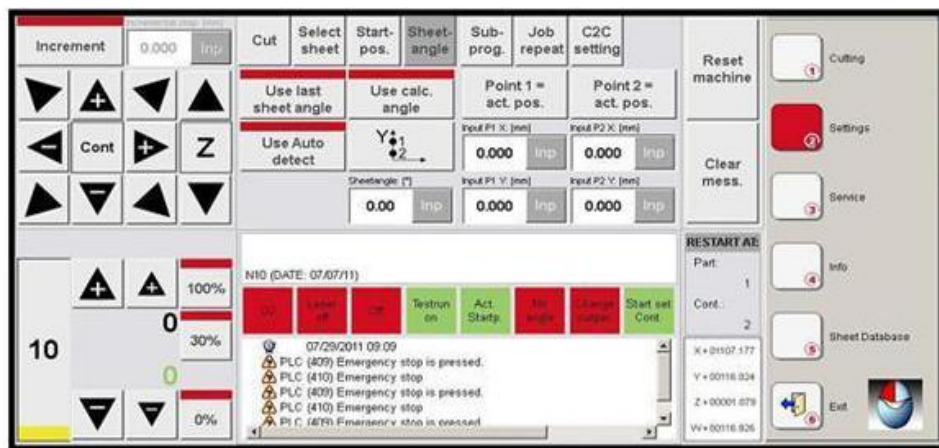
дефинисана. Поред свих претходно наведених положаја кретања такође је могуће бирање ласерских тачака од којих креће сечење (помоћна и главна тачка). На (слици 4.18.) су приказане команде у оквиру опције за бирање стартне позиције.



Слика 4.18. Приказ опција у оквиру стартне позиције [6]

На претходно приказаној слици се виде опције са објашњењем рада са њима, тако имамо опцију која нам омогућава стартовање од активне тачке, која се увек користи уколико

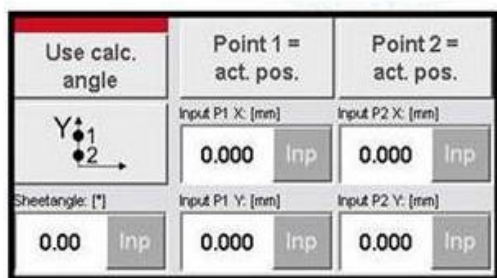
започињемо нову операцију, док се команда испод ње користи за меморисање тачке од које се стартује, након сваког наредног покретања машине врши се кретање од ове тачке. Што се тиче подешавања стране кретања програма могуће је користити опцију (слика 4.19.).



Ако активирамо овај тастер, ако желимо да машина аутоматски нађе угао и почетну тачку пре извршења програма. Када програм почне пре свих операција машина рачуна угао табле и иде на нулту позицију табле. Тад почиње сечење са поседње потиције старт тачке.



Користи се за поновљену употребу изабраног угла, када је активан боја је зелена, када није активан боја је црвена.

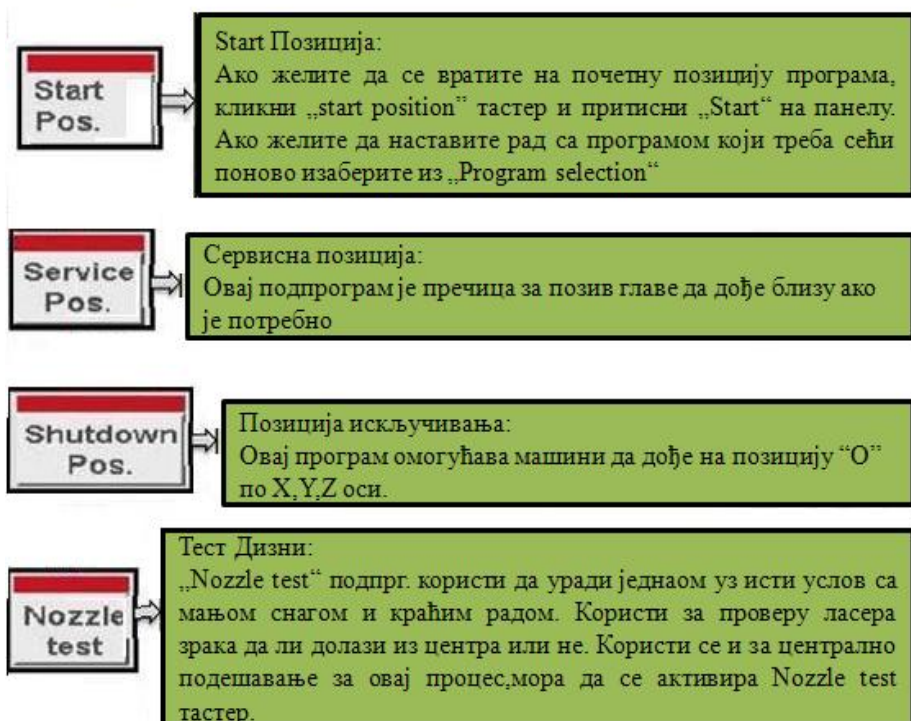
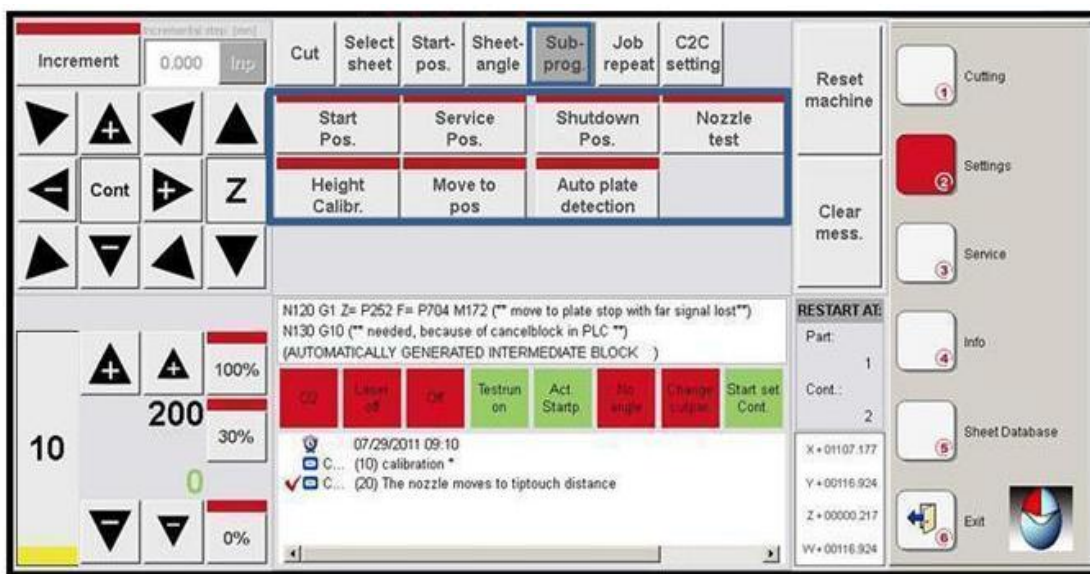


Тастери које видимо у овом прозору служе за уношење угла за ротирање програма ручно. Видимо вредност ако је аутоматски угао коришћен. Исто се могу дефинисати 2 тачке на којим осама ће се изабрати за мануелни рад. Овај избор је урађен избором које осе ћемо користити. После бирамо 1. тачку табле и притиснемо „Point 1=act.Post“ тастер помоћу црвеног поентера. Сад идемо на другу тачку у клик на „Point 2=act.Post“. Приказује се израчунат угао, и да би га користили клик на “UseCalc.Angle”. За други преградити cancel. У другом случају нам треба други угао и да поновимо цео процес.

Слика 4.19. Приказ опција за подешавање почетне осе сечења [6]

На приказаној слици је дато објашњење коришћења углова, стартовања почетне тачке сечења. Програмер директно у програму задаје осу кретања програма, уколико због

неадекватне табле кретање мора да се изврши по другој оси, оператер може да подеси започињање програм уз помоћ горе приказаних команди. Још једна битна опција је приказана на (слици 4.20.) која има за циљ тестирања пре почетка сваког сечења.



Слика 4.20. Приказ опција за тестирање пре почетка сечења [6]

Свака од наведених опција на горе приказаној слици има могућност успостављања сигурног рада машине од самог пуштања програма до завршетка сечења.

5.0. Стандардни параметри сечења

У стандардне параметре за сечење спадају сви они параметри које је на основу искуства и досадашњег сечења препоручио сам произвођач (табела 3). У случају немогућности сечења неког материјала и незадовољавајућих квалитета добијеног реза, могуће је изменити ове параметре у циљу остваривања доброг сечења.

Материјал	Дебљина	Брзина сечења 2 KW	Брзина сечења 3 KW	Брзина сечења 4 KW	Гаса O ₂ , N ₂	Дизна	Управно	Фокал
Челик	0.5 mm	14000	16000	18000	O ₂	1.0/1.2 D	0.8 mm	(+ 1.0)
	0.8 mm	12000	14000	16000	O ₂	1.0/1.2 D	0.8 mm	(+ 1.0)
	1.0 mm	9000	10000	12000	O ₂	1.0/1.2 D	0.8 mm	(+ 2.0)
	1.5 mm	7500	8000	9000	O ₂	1.0/1.2 D	0.8 mm	(+ 2.0)
	2.0 mm	5000	5500	6000	O ₂	1.0/1.2 D	1.0 mm	(+ 2.5)
	2.5 mm	3500	3800	4000	O ₂	1.2 D	1.0 mm	(+ 3.0)
	3.0 mm	3200	3500	3800	O ₂	1.2 D	1.0 mm	(+ 3.0)
	4.0 mm	3000	3400	3600	O ₂	1.2 D	1.0 mm	(+ 3.0)
	5.0 mm	2600	3000	3200	O ₂	1.2 D	1.0 mm	(+ 3.0)
	6.0 mm	2400	2800	3000	O ₂	1.2/1.5 D	1.0 mm	(+ 3.0)
	8.0 mm	1600	1800	2000	O ₂	1.5/2.0 D	2.0 mm	(+ 2.0)
	10.0 mm	1200	1500	1800	O ₂	2.0/2.5 D	2.0 mm	(+ 2.0)
	12.0 mm	1000	1200	1400	O ₂	2.5/3.0 D	2.2 mm	(+ 2.0)
	15.0 mm	750	850	900	O ₂	3.0/3.5 D	2.5 mm	(+ 2.0)
	18.0 mm		700	800	O ₂	3.0/3.5 D	2.5 mm	(+ 2.0)
	20.0 mm		650	750	O ₂	3.0/3.5 D	2.5 mm	(+ 2.0)
Нерђајући челик	0.5 mm	24000	26000	28000	N ₂	1.2/1.5	0.8 mm	(0.0)
	0.8 mm	20000	24000	26000	N ₂	1.2/1.5	0.8 mm	(- 0.5)
	1.0 mm	18000	22000	24000	N ₂	1.2/1.5	0.8 mm	(- 1.0)
	1.5 mm	9000	10000	12000	N ₂	1.5 D	0.8 mm	(- 1.5)
	2.0 mm	7000	8000	10000	N ₂	1.5 D	1.0 mm	(- 2.0)
	3.0 mm	3500	4000	4500	N ₂	2.0 D	1.0 mm	(- 3.0)
	4.0 mm	2200	2800	3500	N ₂	2.0D	1.0 mm	(- 4.0)
	5.0 mm	1800	2400	3000	N ₂	2.5D	1.0 mm	(- 5.0)
	6.0 mm	1600	2200	2700	N ₂	2.5/3.0 D	1.0 mm	(- 6.0)
	8.0 mm	800	1800	2200	N ₂	2.5/3.0 D	1.0 mm	(- 8.0)
	10.0 mm		1200	1500	N ₂	3.5/4.0 D	1.0 mm	(- 10.0)
	12.0 mm			900	N ₂	3.5/4.0 D	1.0 mm	(- 10.0)
Алуминијум	0.5 mm	15000	20000	24000	N ₂	1.2 D	0.8 mm	(0.0)
	0.8 mm	10000	16000	20000	N ₂	1.2 D	0.8 mm	(- 0.5)
	1.0 mm	8000	14000	18000	N ₂	1.2 D	0.8 mm	(- 1.0)
	1.5 mm	6000	9000	12000	N ₂	1.2 D	0.8 mm	(- 1.5)
	2.0 mm	3500	4200	5000	N ₂	1.5 D	1.0 mm	(- 2.0)
	3.0 mm	2600	3200	4000	N ₂	2.0D	1.0 mm	(- 3.0)
	4.0 mm	2000	2600	3200	N ₂	2.5D	1.0 mm	(- 4.0)
	5.0 mm	1500	2000	2600	N ₂	2.5D	1.0 mm	(- 5.0)
	6.0 mm	1000	1800	2400	N ₂	3.0 D	0.8 mm	(- 6.0)
	8.0 mm		1500	1800	N ₂	3.0 D	0.8 mm	(- 8.0)
	10.0 mm		1200	1400	N ₂	3.5 D	0.8 mm	(- 10.0)
	12.0 mm			800	N ₂	3.5 D	0.8 mm	(- 10.0)

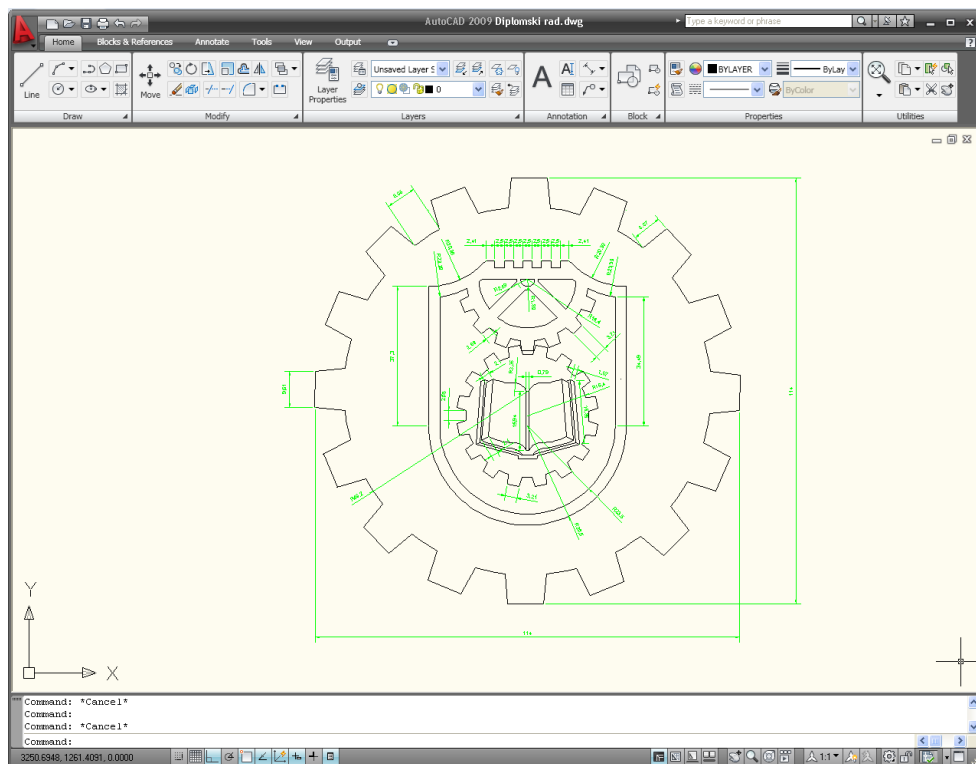
Табела 3. Стандардни параметри за сечење [5]

У горе приказаној табели се виде основни параметри у случајевима сечења на ласерској машини, тачније ови параметри се добијају као препорука саме машине након уношења података који материјал се сече и која је његова дебљина. Такође је битно рећи да промена радног гаса није препоручљива за горе наведене материјале, док сви остали параметри се могу мењати у зависности од потреба материјала и према искуству оператера.

6.0. Поступак при изради дела на ласерској машини

6.1. Израда цртежа у програму „AUTO CAD“

Програм „LANTEK“ служи за обраду цртежа различитих делова који се израђују на ласерској машини. Овај програм има за циљ превођења различитих врста цртежа (у овом случају цртеж „DWG“ фотмата израђен у „AUTO CAD“ програму (слика 6.1)) у програмске језике који се учитавају директно у управљачку јединицу ласера, након чега се врши њихова израда, тачније одсецање делова или гравирање уколико је то потребно. Доле наведени цртеж је узет као пример и демонстрирање различитих могућности у делу програмирања и израде дела. Према самој замисли овај цртеж је преведен у програмски језик који би омогућио гравирање средишњег дела у коме се налази грб Факултета инжењерских наука, такође у даљем делу би се вршило одсецање материјала који се налази у спољњем делу у облику великог зупчаника.

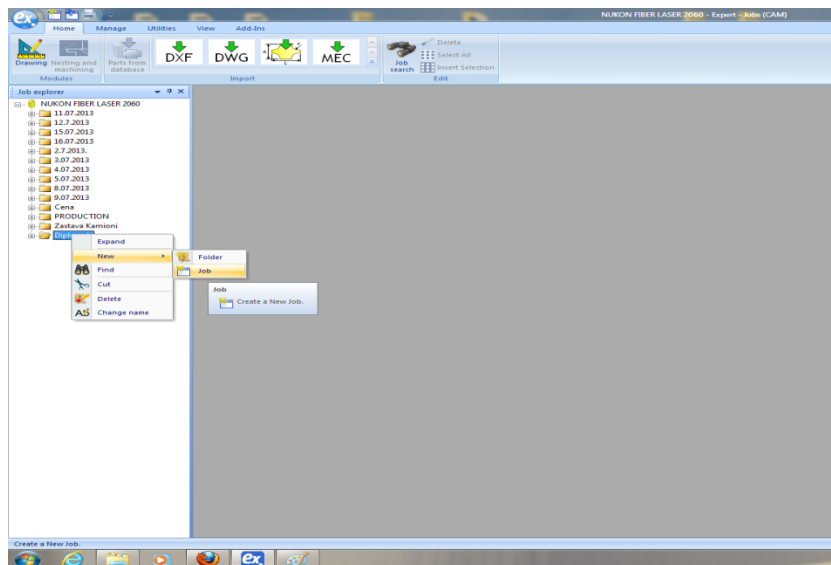


Слика 6.1. Цртеж израђен за даље програмирање [5]

Битно је рећи да су основне димензије овог цртежа 114x114мм, и да је израда овог цртежа заснована на приказивању примера дела за који је рађен програм у „LANTEK“-у са жељом демонстрирања могућности, како програма тако и самог поступка обраде ласерског гравирања и одсецања комада.

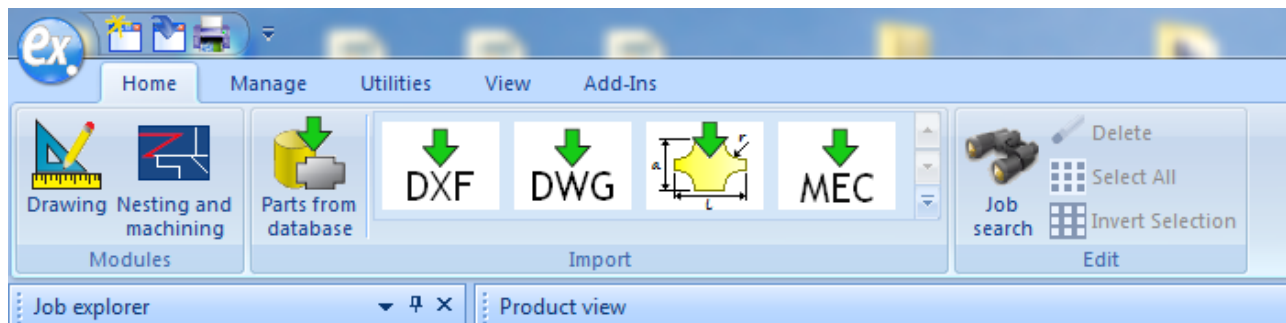
6.2. Програмирање у „LANTEK“ – у

Како би се обавило ласерко сечење потребно је поседовање цртежа дела израде у размери (1:1). Који се путем „LANTEK-а“ преводи у „CNC“ програм, тачније врши се извођење путања преласка главе ласера преко делова и контура. При покретању овог програма потребно је дефинисати место и назив програма који се израђује, у овом случају је то дипломски рад (слика 6.2.1.).



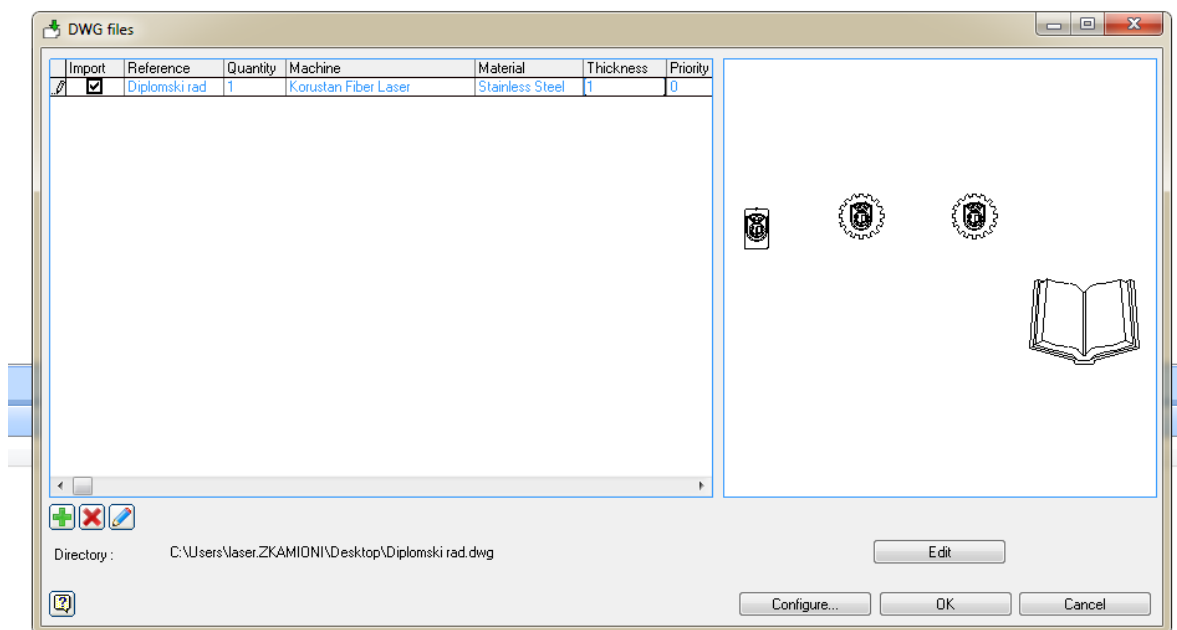
Слика 6.2.1. Приказ смештања програма [5]

У „LANTEK-у“ је најбољи начин слагања програма према датумима и називима цртежа, десним кликом на грану која је отворена добија се могућност прављења новог фолдера и почетак новог посла у овом случају фолдер ја назван дипломски рад док је посао назван Милош Бугарић. Даља радња се изводи у погледу позивања цртежа у „LANTEK“, то су обично цртежи у „DWG“ и „DXF“ формату (слика 6.2.2.).



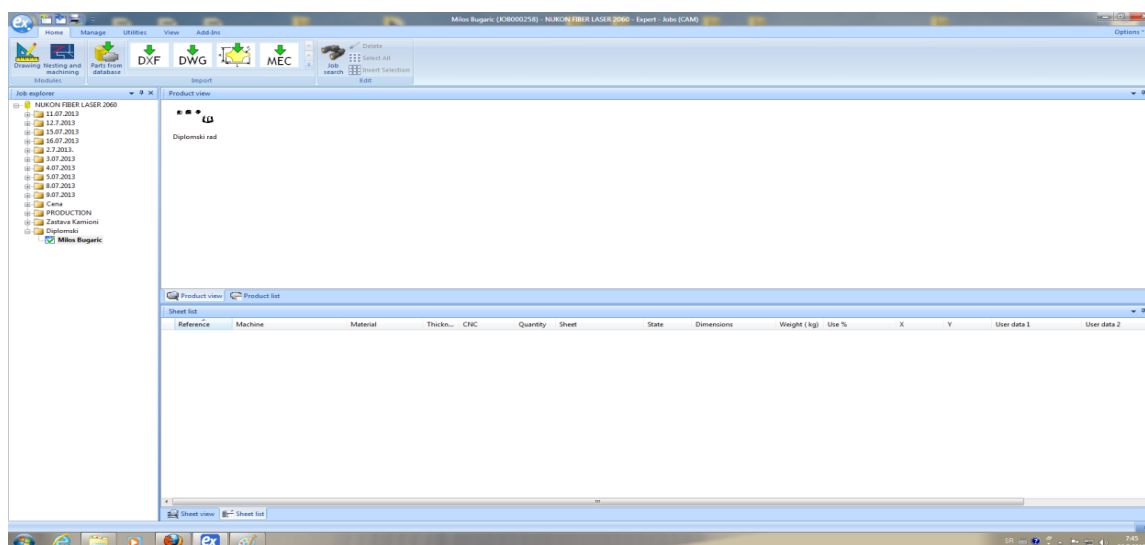
Слика 6.2.2. Приказ убацивања цртежа различитих формата [5]

Приликом позивања жељеног цртежа отвара се прозор којим се дефинише машина на којој се ради, материјал и дебљину материјала. Такође овде се добија дефинисан назив програма који се обрађује као и количину делова, који су потребни за израду (слика 6.2.3). На доле приказаној слици се види позвани цртеж као и параметри који су подешени као би програмирање било успешно изведено.



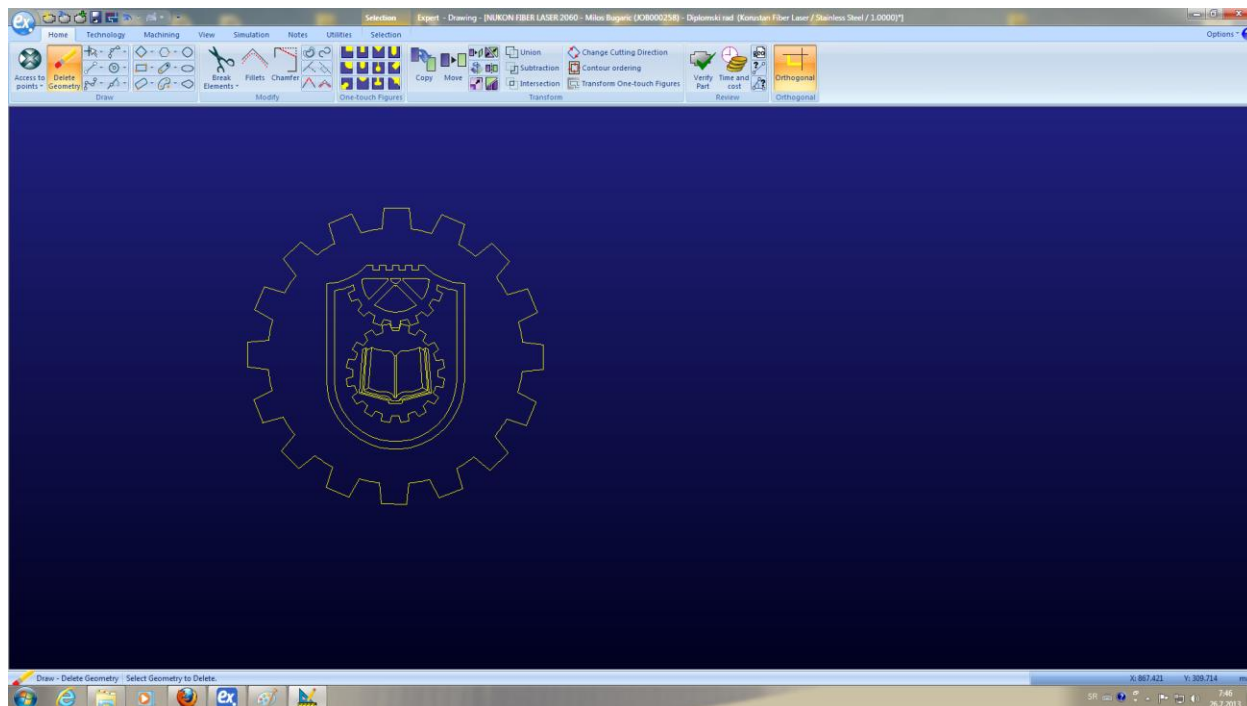
Слика 6.2.3. Приказ прозора за подешавање параметара [5]

Када се изврши ово подешавање и када се потврде сви параметри долази до аутоматског учитавања цртежа који је спреман за програмирање (слика 6.2.4.).



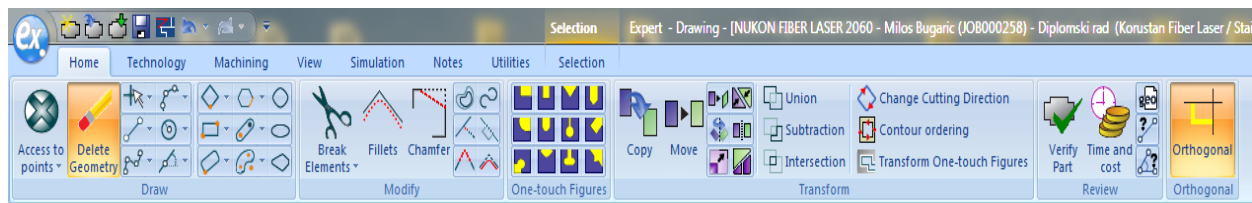
Слика 6.2.4. Приказ уčitаног цртежа [5]

Дуплим кликом на убачени цртеж долази до отварања новог радног дела (слика 6.2.5). Који има за циљ откривање грашака у цртежу, уколико се ове грешке не отклоне програм неће радити а самим тим и посао неће бити обављен у целовитости.



Слика 6.2.5. Приказ новог радног дела који служи за поправку убаченог цртежа [5]

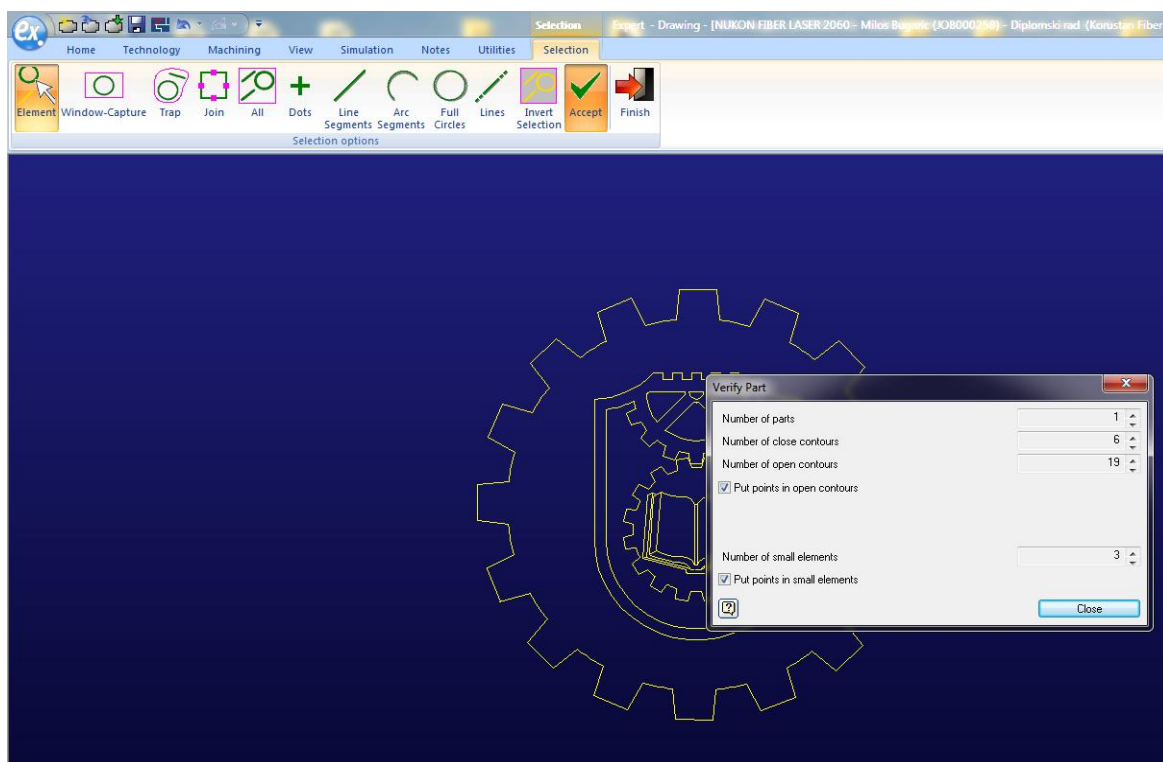
У горе приказаном радном делу приказана је опције за дораду цртежа као и за поновно исцртавање, ту су опције за брисање, уцртавање нових линија, продужење линија, њихово усмеравање, пресликавање, верификацију и мерење жељених линија (слика 6.2.6.).



Слика 6.2.6. Приказ алата за исправку цртежа [5]

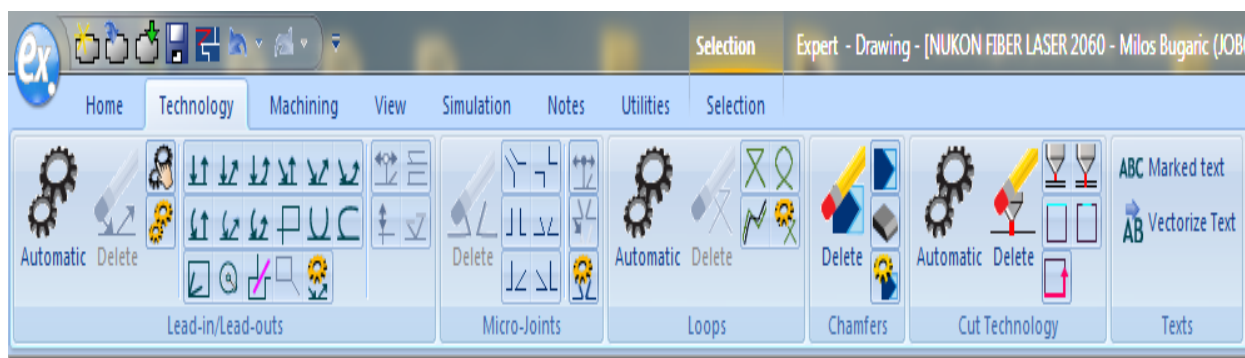
Битно је рећи да се овај прозор најчешће користи за уклањање грешака које се отквивају приликом покретања иконице за верификацију дела, уколико се кликне на верификацију а затим селекује жељени део доћи ће до отварања прозора који приказује колико има грешака, најчешће грешке које се појављују су отворене контуре и мали делови. Ово се може исправити уз помоћ претходно приказаних алата и поновном верификовањем све док се неотклони и последња грешка. Уколико се не изврши добра верификација и не отклоне грешке каснији програм ће имати проблема приликом одрађивања задатог посла

где ће долазити до прескакања контура које се секу и до различитог нежељеног заваривања. Зато је битно да се добро одради верификација и да се уклоне све грешке које програм избацује (слика 6.2.7.).



Слика 6.2.7. Приказ прозора за верификацију [5]

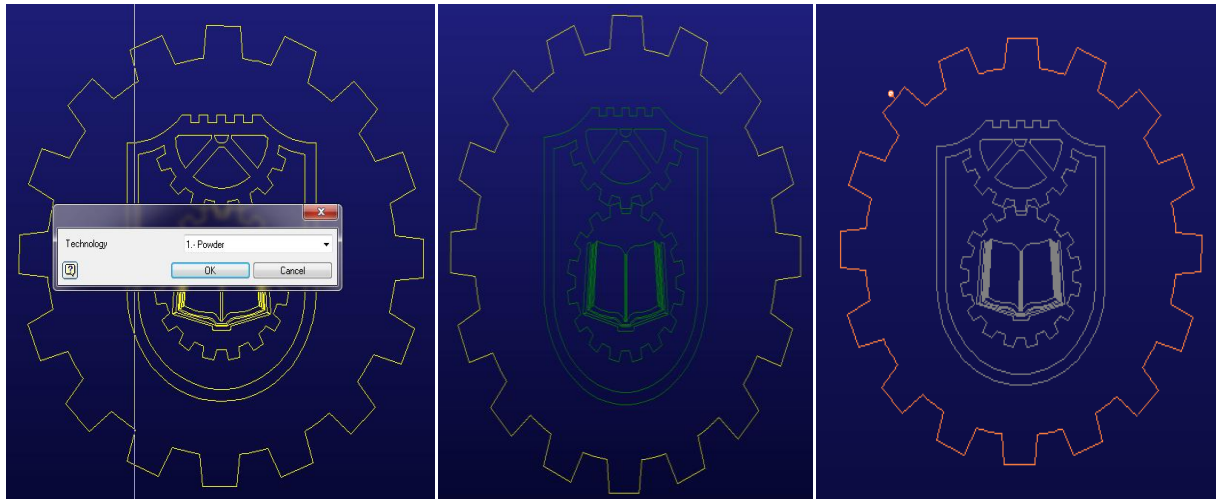
Следећи део након добре верификације се односи на прелажење у део задавања технологије (слика 6.2.8.).



Слика 6.2.8. Приказ алата за задавање технологије [5]

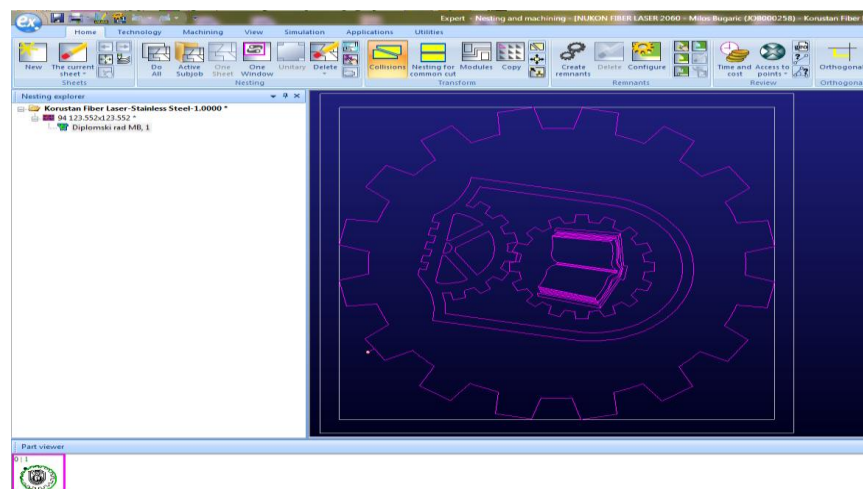
Овде је потребно задати улазни „пирс“ и почетне тачке резања, такође са овда задаје жељена брзина приликом сечења као и селектовање делова који се гравирају и сечу. Свака од ових опција има аутоматско задавање које се могу искористити уколико је део

једноставног облика чиме се смањује време у делу рада приликом програмирања. Код овог примера прво је задата функција гравирања унутрашњег дела па је након тога задат почетки „пирс“ који је улазно сечење за опкрајање дела у облику зупчаника (слика 6.2.9.).



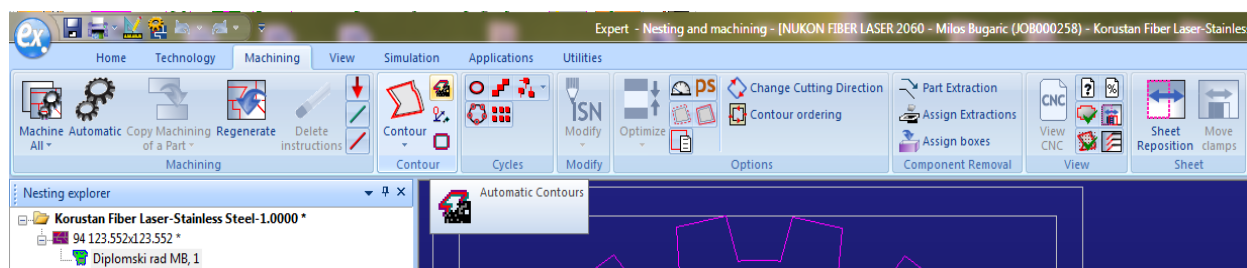
Слика 6.2.9. Приказ задавања технологије [5]

Након задавања технологије иде се на иконицу која се налази у самом врху поред иконице за чување до сада урађених и задатих команди. Кликом на ову иконицу отвара се нови прозор у којем се дефинише чување свих досада одрађених промена. Након тога следи отварање прозора у коме се задаје број жељених комада и паковање на таблу жељене димензије. У овом примеру програмирање је извршено само на једном делу према стандардним командама које се узимају у случајевима рада за један део (слика 6.2.10.). Потребно је рећи да у случајевима када се ради са више делова могу да се врше аутоматска паковања која програм сам предложи као и ручно паковање уколико постоји могућност за боље искоришћење саме табле.



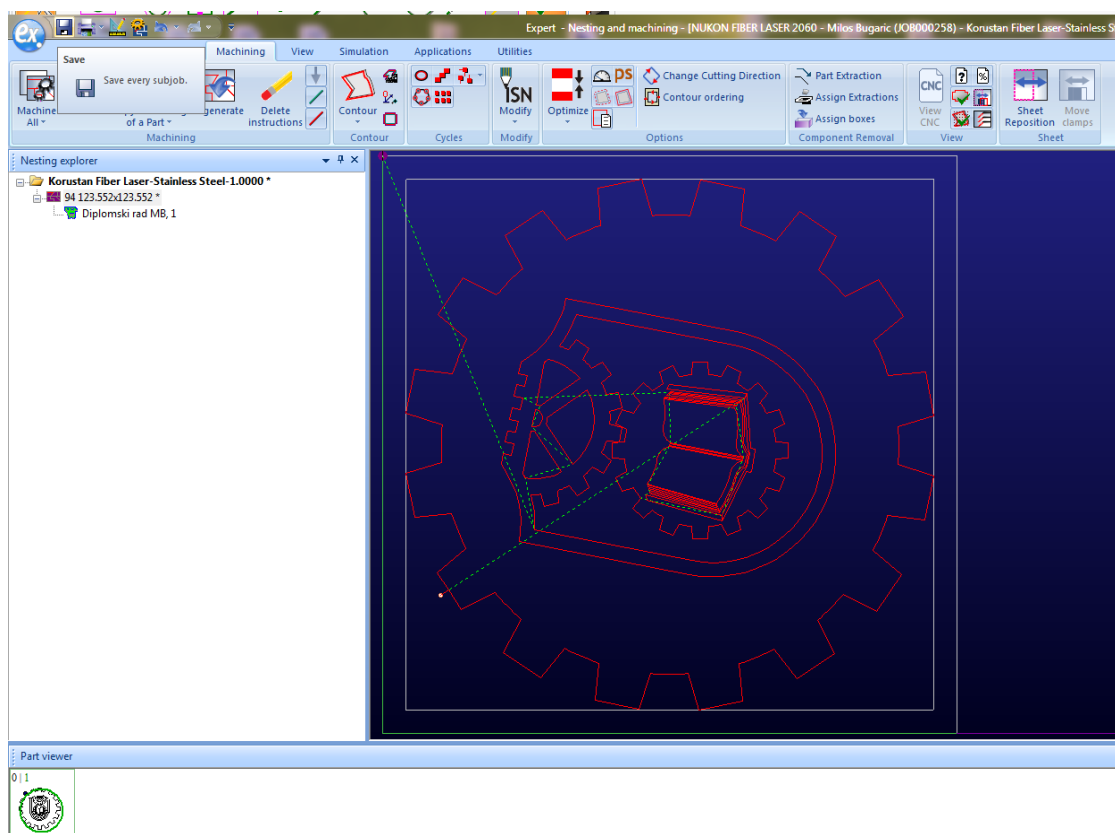
Слика 6.2.10. Приказ коришћења команде“ Nesting“ [5]

Након завршетка претходног поступка следи отварање „machining“ дела (слика 6.2.11.) који има за циљ задавање редоследа сечења и гравирања.



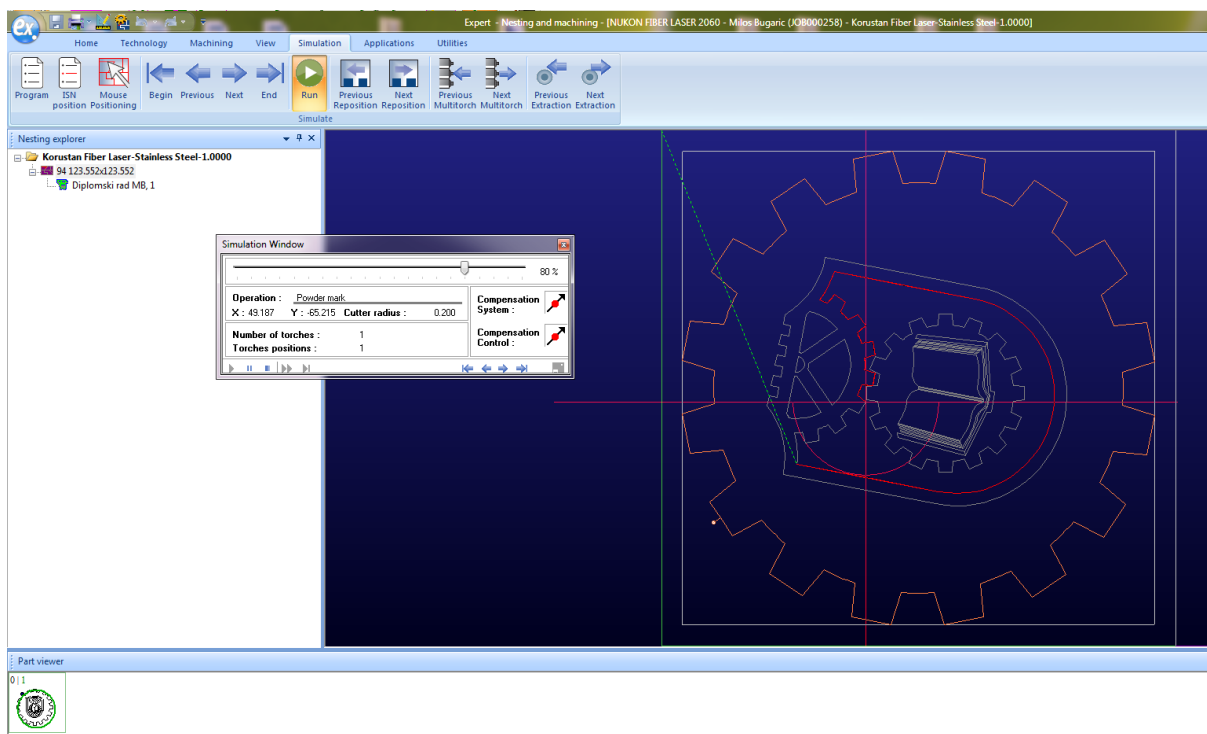
Слика 6.2.11. Приказ команде „machining“ [5]

Овде се такође задаје пред „пирс“ почетна тачка уколико је реч о дебљим материјалима, такође уколико се ради са више делова поступак кретања се може одрадири само за један део а остали се копирају и настављају на њега. Када се изврши повезивање и одреди редослед рада (слика 6.2.12.) потребно је сачувати све досад одрађене операције.



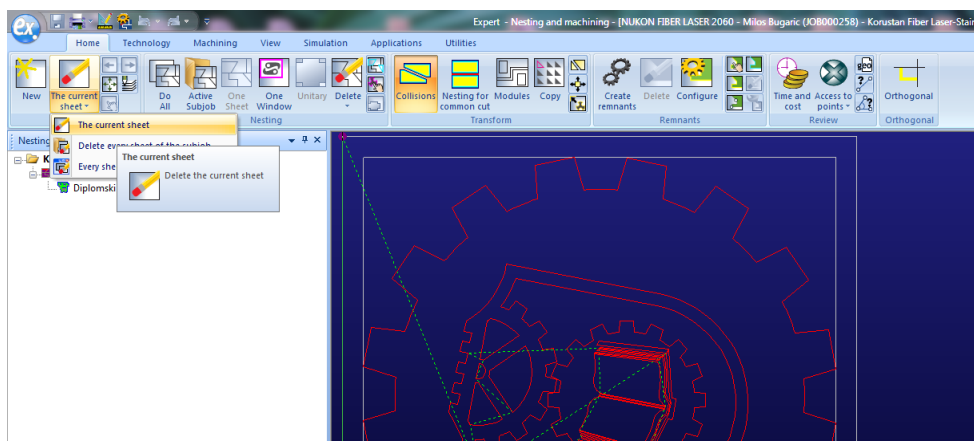
Слика 6.2.12. Приказ завршеног програмирања [5]

У циљу провере тачности програма могуће је извршити симулацију (слика 6.2.13.). Уколико не долази до прекида рада значи да је могуће пуштање програма на машини.



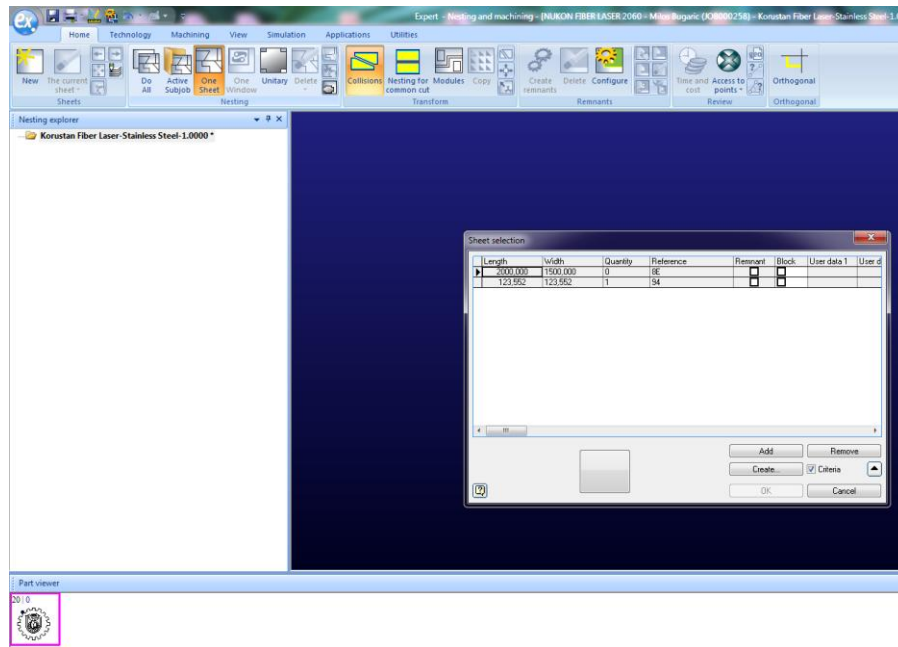
Слика 6.2.13. Приказ симулације рада програма [5]

Уколико је потребна израда више делова потребно је у команди „machining“ извршити брисање једног дела (слика 6.2.14.) и десним кликом на цртеж који се налази у доњем левом углу повећати број комада.



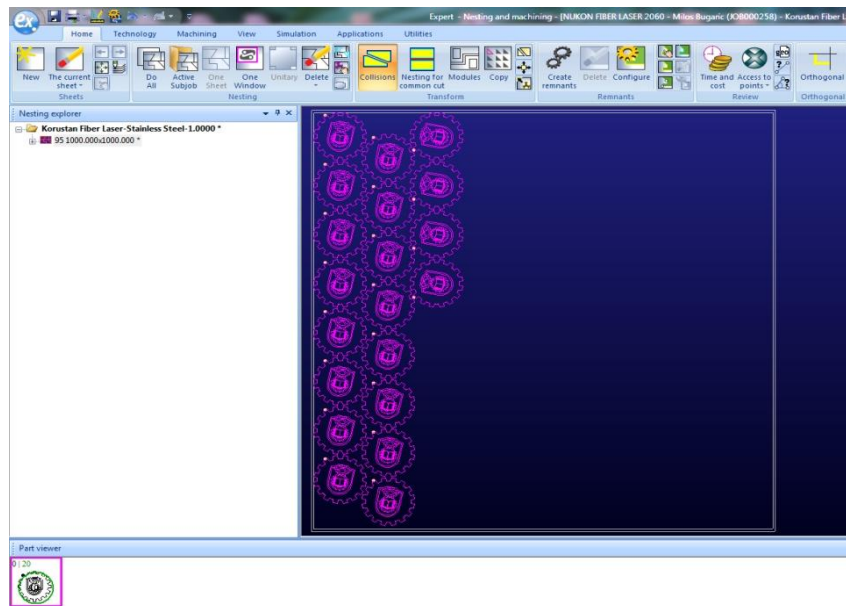
Слик 6.2.14. Приказ брисање дела [5]

Такође је потребно изабрати таблу одговарајућих димензија која подржава број комада који се захтева у овом случају двадесет (слика 6.2.15.). Уколико је потребно овде се може креирати табла жељених димензија. Као и искоришћење остатака табли од неких претходних сечења.



Слика 6.2.15. Приказ повећања броја комада за сечење [5]

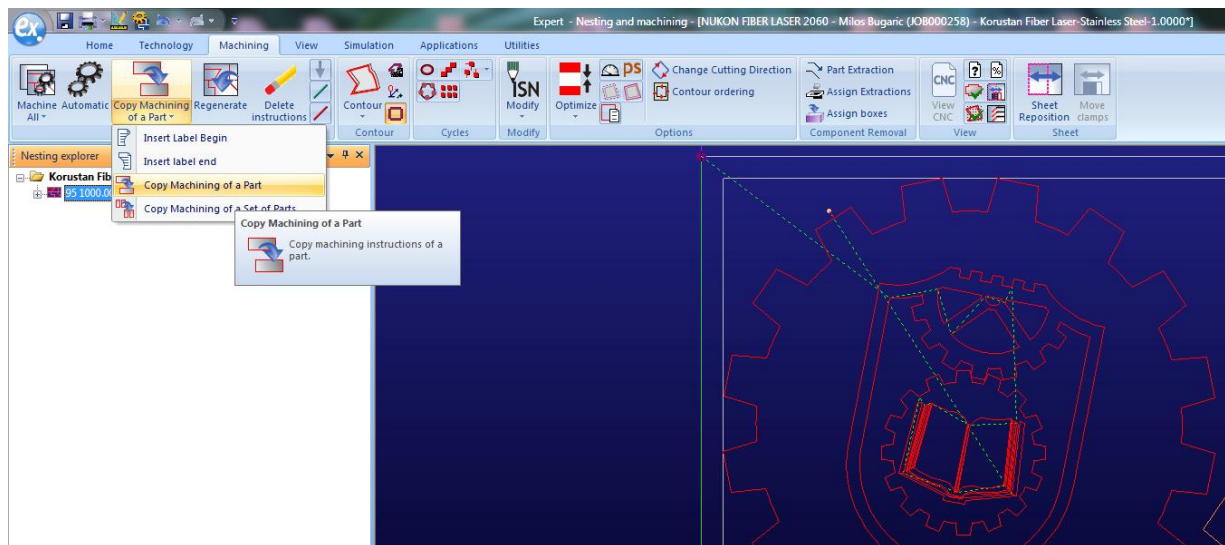
Након свега одрађеног, кликом на део долази до убацивања делова на таблу. Уколико има места на табли, уколико не у доњем левом углу ће бити приказан број комада који није убачен на таблу (слика 6.2.16.).



Слика 6.2.16. Приказ слагања више делова [5]

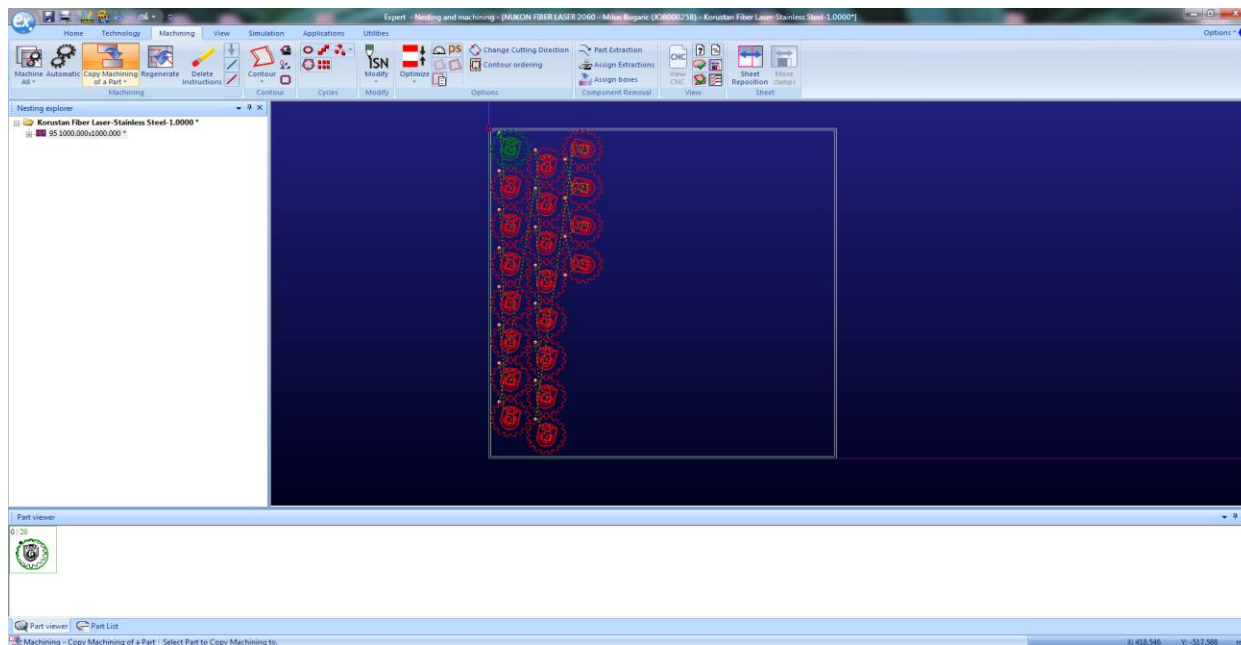
Када се убаци више делова поступак повезивања је исти као да се ради за један део.

Само је потребно извршити копирање путање на остале делове. Основна разлика је у броју комада и димендијама табле (слика 6.2.17.).



Слика 6.2.17. Приказ преноса путање резања на остале делове [5]

На крају се добија програм који може да изврши резање више делова (слика 6.2.18.). Такође се може извршити слагање више различитих делова на једну таблу која свим деловима одговара према захтеваном материјалу и дебљини материјала.



Слика 6.2.19. Приказ преноса путање резања на остале делове [5]

Битно је рећи да се програм „Lantek“ не користи само за ласер, већ је рад у њему могуће искористити и за друге машине које га подржавају.

6.3. Документација из програма „LANTEK“

Приказана документација (слика 6.3.1.) се добија на крају програмирања и она има улогу валидног документа који је потребан за дефинисање одређеног посла. Лице које врши понуду на основу овог документа може да донесе цену коштања одрађеног посла. Такође овим документом лице које се услужује има увид о искоришћењу материјала, као и времену потребном за израду унапред дефинисаних делова који се израђују.

[illegible]

Слика 6.3.1. Приказ документације за израду једног комада [5]

У горе приказаном документи могу се видети сви потребни подаци на основу којих оператер може да започне свој рад на изради дела који је наведен у документу. Овде се види димензија табле која се корист као и њена дебљина. Такође овде се приказује и време

сечења, као и тежина израђених делова. Овај документ је текође могуће избацити без икаквих података уколико је потребно, често се дешава да је време које је у документацији мање у односу на стварно време сечења због стајања машине приликом исецања неког комада. Документација може да се израђује за један или више комада (слика 6.3.2.).

[illegible]

Слика 6.3.2. Документација за више комада (двадесет) [5]

У горњем левом углу на претходно приказаној слици може се видети датум израде програма. На средишњем делу назив посла и програма. Такође је ту и кројна листа тачније изглед паковања комада на целој табли. Ово је валидни документ на основу кога се извршава понуда и увид у време за које ће се одређени посао завршити.

6.4. Програм из „LANTEK“- а

%

P1 – Ознака гравирања

N10 (DATE: 08/01/13) – Датум израде програма

N11 (MATERIAL: Stainless Steel) – Врста материјала (прохром)

N12 (THICKNESS: 1)

N13 (SHEET SIZE [mm]:123.552 x 123.552) – Димензија потребног материјала

*N14 P187=124

*N15 P188=124

*N16 P193=0

*N17 P194=0

N18 G71 M271

*N19 P160=0

*N20 P159=0

*N21 P166=0

*N22 P167=0

*N23 P173=5

*N24 P174=5

*N25 P175=118.552

*N26 P176=118.552

*N27 P177=113.552

*N28 P183=113.552

*N29 P150=86.441 /(LENGHT OF FIRST RAPID MOVEMENT)

*N30 P151=21 /(NUMBER OF CONTOURS) – Број контура

*N31 P152=308.256 /(TOTAL RAPID MOVEMENT LENGHT)
 *N32 P153=542.926 /(CUT1 LENGHT) – Гравирање се врши према режиму „CUT1“
 *N33 P154=0 /(CUT2 LENGHT)
 *N34 P155=0 /(CUT3 LENGHT)
 *N35 P156=0 /(CUT4 LENGHT)
 *N36 P157=0 /(HOLE LENGHT)
 *N37 P158=1266.948 /(MARKING LENGHT)
 N38 T00201000
 N39 Q8999991
 *N40 IF P197=0 GO 42
 N41 Q8999990
 *N42 P197=1, P180=0, P98=0
 *N43 IF P198>0 GO 46
 *N44 IF P199>0 GO 46
 *N45 GO 49
 *N46 P98 = P198*10000, P99 =P199*100000000
 *N47 P98 = P98+P99+1,P198=P198-1
 *N48 GO P98
 N49 G10(** start **) – Покретање програма

N100010001 (PART NAME:Diplomski rad MB) – Назив дела који се израђује

*N100010002 P199=1
 *N100010003 P178=80.049
 *N100010004 P179=32.623
 *N100010005 P189=5

*N100010006 P190=5

*N100010007 P191=118.552

*N100010008 P192=118.552

*N100010009 P194=21

*N100010010 P198=1

*N100010011 P193=1

N100010012 Q899993

N100010013 G0 X80.049 Y32.623

N100010014 M206 (MARKING)

*N100010015 P198 = 1

N100010016 Q899996

N100010017 G43 D100

N100010018 G1 X86.629 Y66.477 – Усмеравање према X и Y- оси

N100010019 G3 X40.493 Y75.445 I-23.068 J4.484

N100010020 G1 X33.912 Y41.591

N100010021 G2 X40.66 Y38.064 I-7.318 J-22.217

N100010022 G2 X41.462 Y39.916 I15.422 J-5.578

N100010023 G1 X39.38 Y41.618

N100010024 G1 X41.149 Y44.291

N100010025 G1 X43.53 Y43.04

N100010026 G2 X45.419 Y44.946 I12.552 J-10.554

N100010027 G1 X44.147 Y47.315

N100010028 G1 X46.804 Y49.107

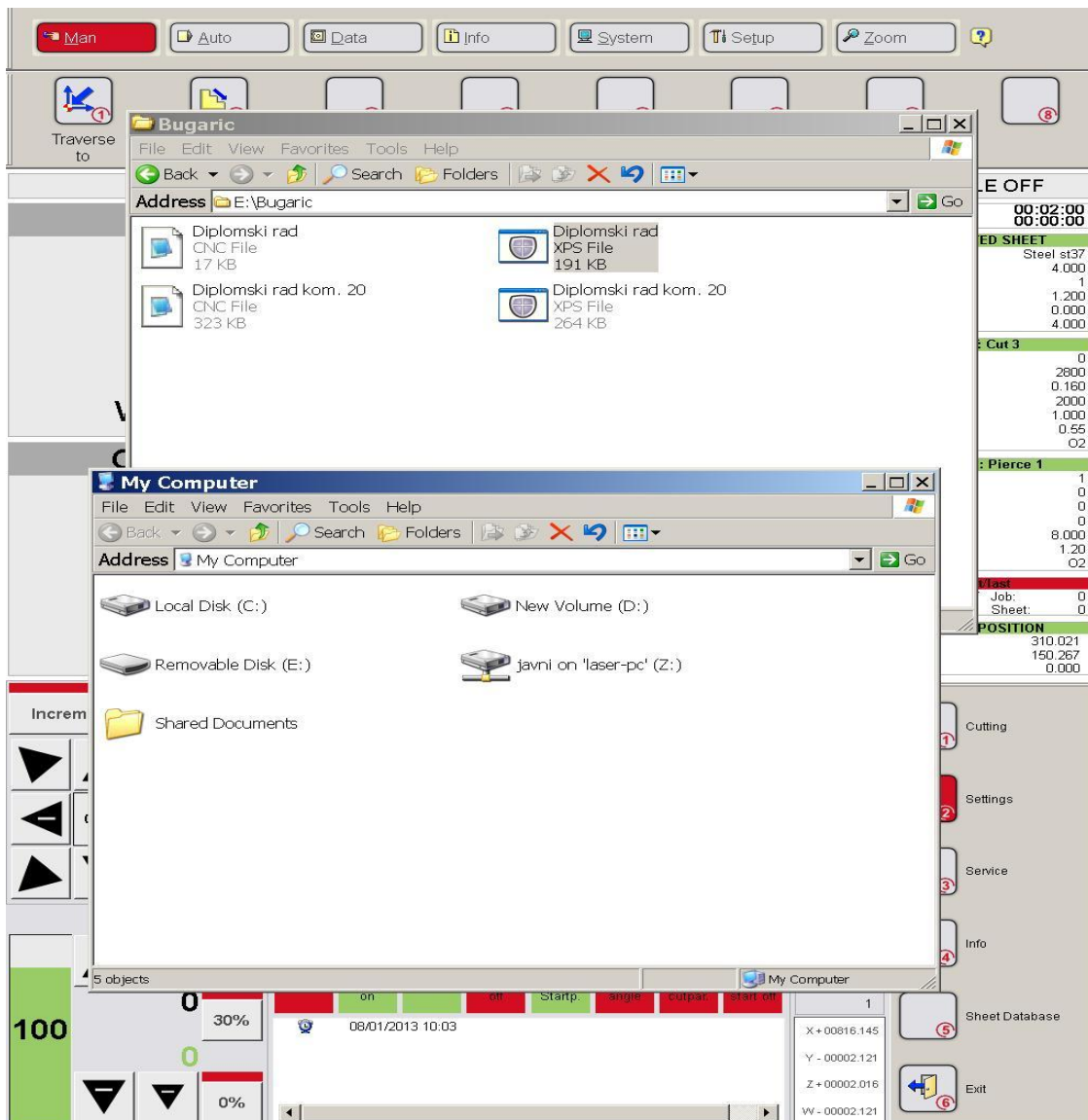
N100010029 G1 X48.524 Y47.04

N100010030 G2 X50.999 Y48.078 I7.558 J-14.554

N100010031 G1 X50.73 Y50.753
N100010032 G1 X53.871 Y51.392
N100010033 G1 X54.669 Y48.825
N100010034 G2 X57.352 Y48.836 I1.413 J-16.339
N100010035 G1 X58.128 Y51.411
N100010036 G1 X61.275 Y50.799
N100010037 G1 X61.03 Y48.122
N100010038 G2 X63.513 Y47.106 I-4.948 J-15.636
N100010039 G1 X65.215 Y49.187
N100010040 G1 X67.888 Y47.418
N100010041 G1 X66.637 Y45.038
N100010042 G2 X68.542 Y43.149 I-10.555 J-12.552
N100010043 G1 X70.911 Y44.421
N100010044 G1 X72.704 Y41.764
N100010045 G1 X70.637 Y40.044
N100010046 G2 X71.674 Y37.569 I-14.555 J-7.558
N100010047 G1 X74.35 Y37.838
N100010048 G1 X74.989 Y34.697
N100010049 G1 X72.421 Y33.898
N100010050 G2 X72.471 Y31.88 I-16.339 J-1.412
N100010051 G2 X80.049 Y32.623 I6.041 J-22.598
*N100010052 P123=80.049, P124=32.623
*N100010053 P125=68.949, P126=30.63
*N100010054 P150=11.278
N100010055 G40 – Престанак рада

6.5. Убацавање програма на машину

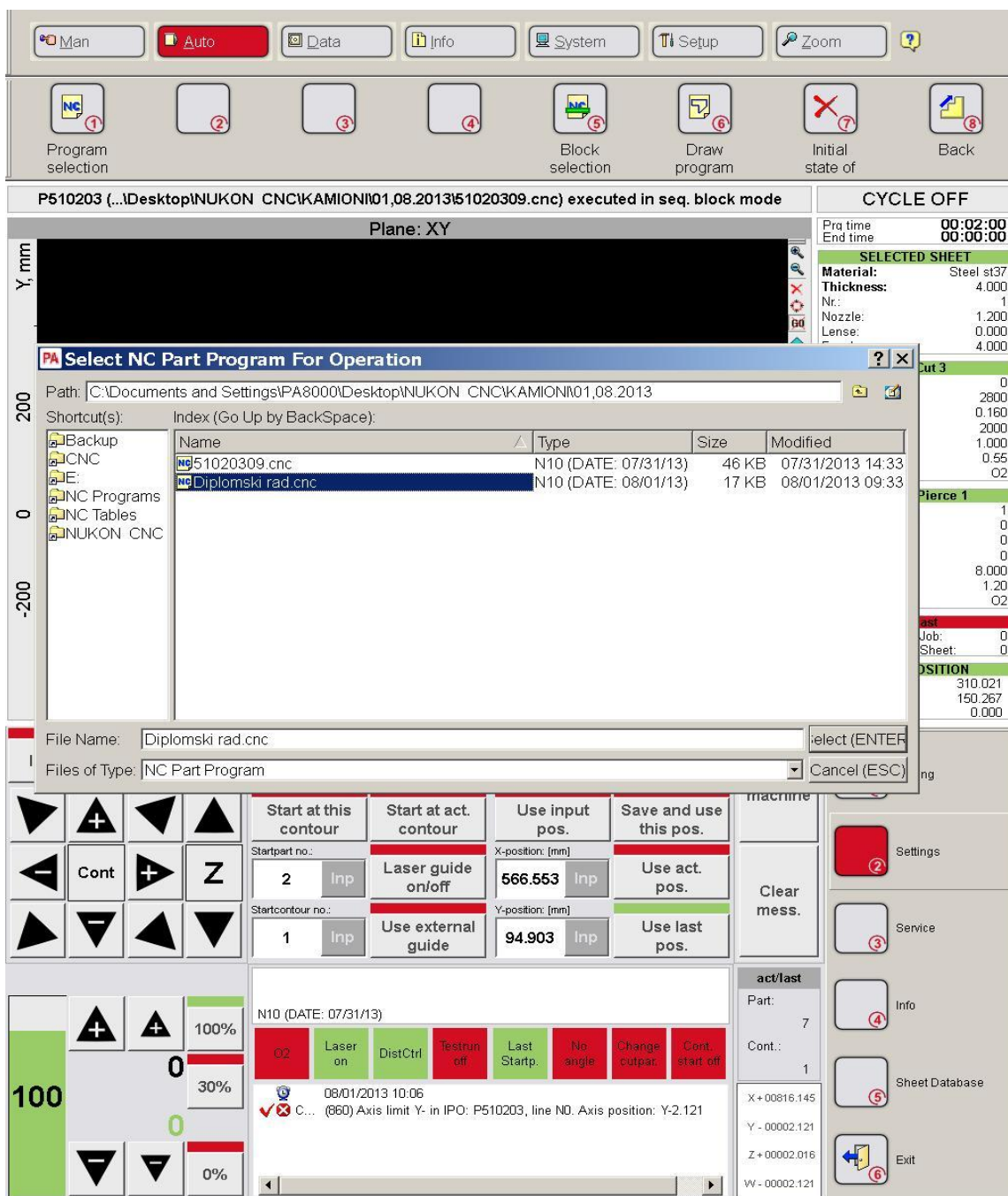
Убацавање програма (слика 6.5.1.) у машину може се извршити на два начина. Први начин се заснива директном трансакцијом путем интернета, док је други начин заснован на преношењу података путем флеша. Првим начином долази до смањења временског периода преношења података, док је другим начином спорији пренос података али такође он има својих предности због омогућавања директних консултација са главним оператером о могућим нејасноћама у изради дела за који је програм написан.



Слика 6.5.1. Пребацавање програма на машину [5]

Након пребацавања битно је селективно формирање програм према редоследу у одређени фолдер (слика 6.5.2.), према датуму рада и датуму израде како би проналажење истог било

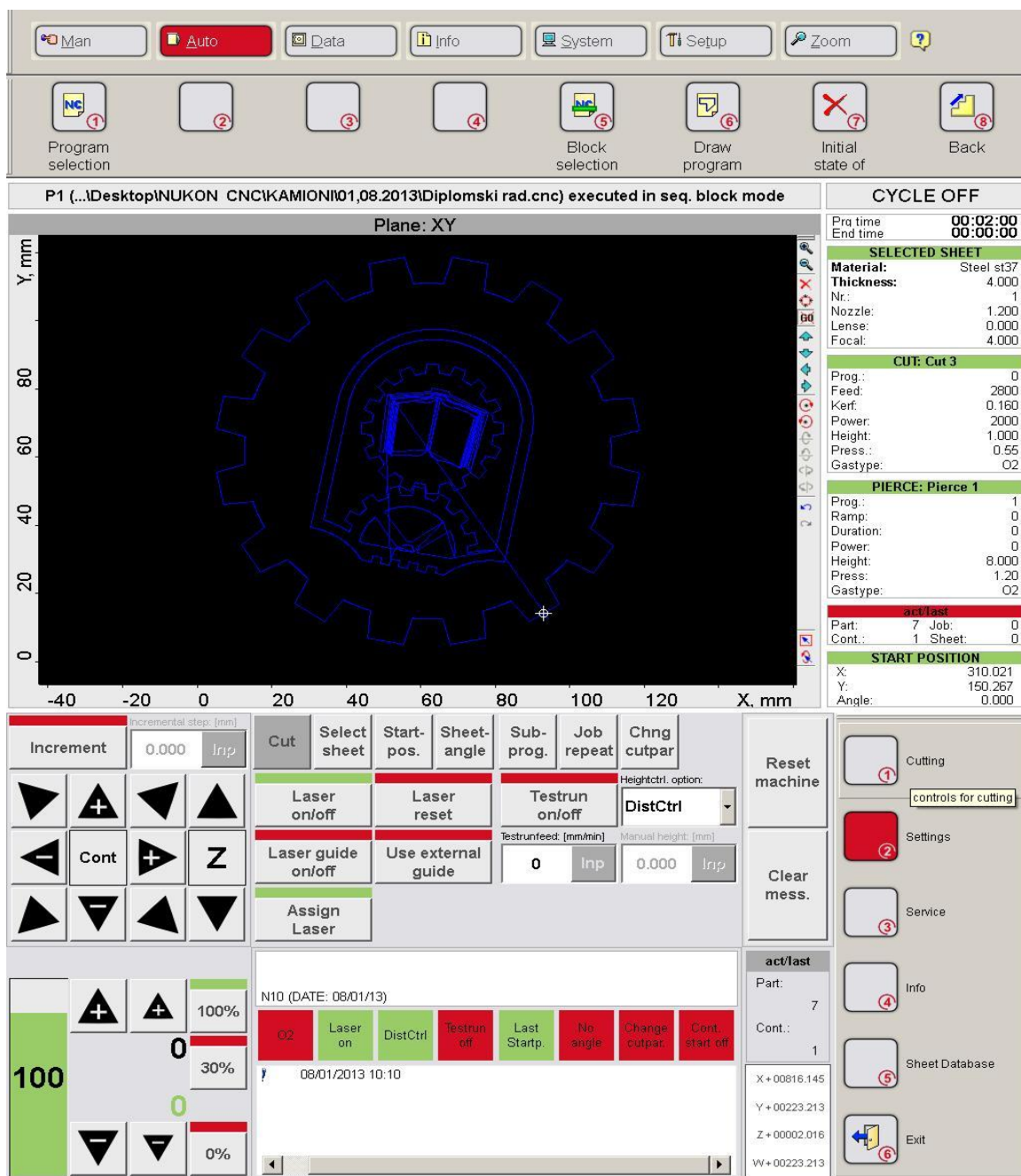
могуће уколико је потребно за поновну израду истог дела након одређеног периода. Често се дешава да долази до различитих преправки па је пожељно да се сваки преправљен део избрише како не би дошло до забуне приликом израде одређених делова.



Слика 6.5.2. Паковање према фолдерима [5]

Након стављања програма у жељени фолдер може се извршити његова селекција и припрема за рад. У циљу провере исправности сваког програма могуће је његово селектовање и пуштање у рад преко функције која врши симулацију преласка преко

контура без стварног сечења. Након оваквог тестирања може доћи до избегавања грешака уколико их има у самом програму. Тачније тестирање се врши у циљу избегавања нежељених последица у делу погрешног сечења и прекида у раду (слика 6.5.3.).

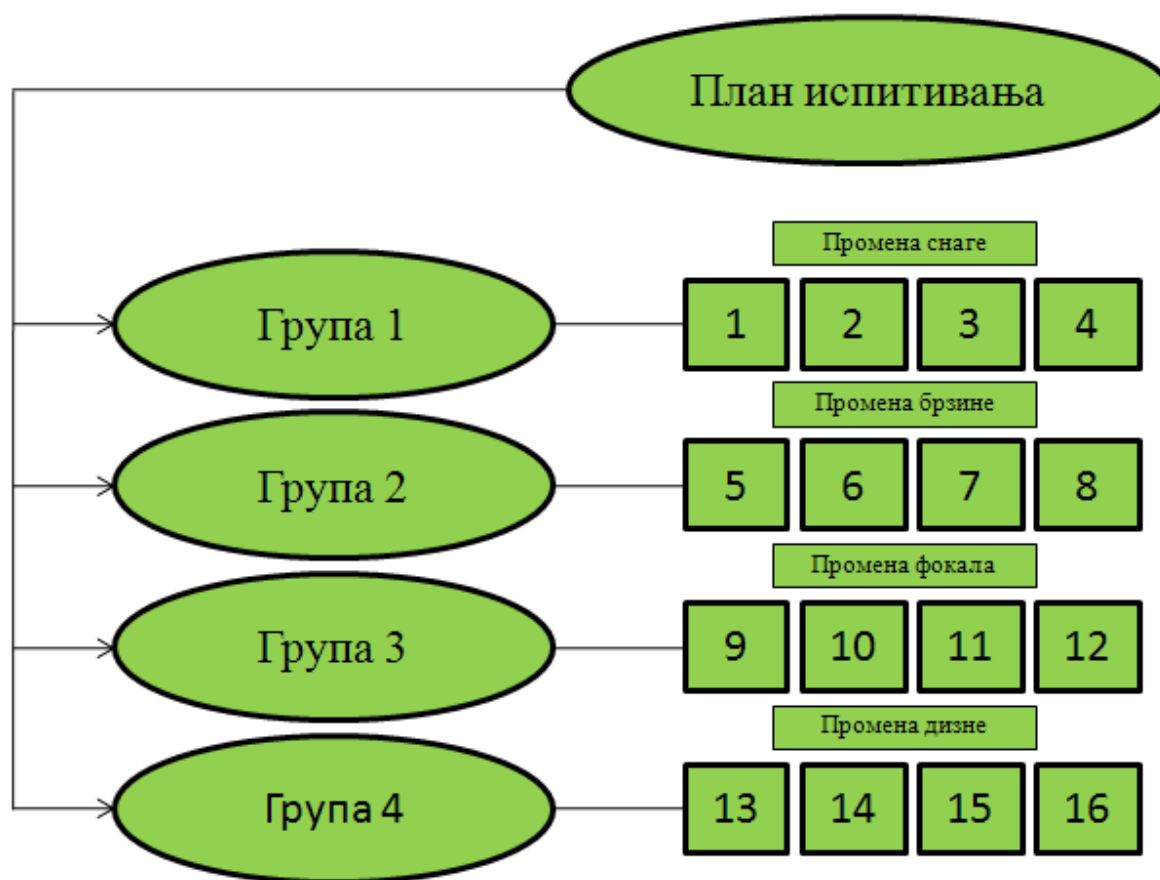


Слика 6.5.3. Провера приликом пребацивања програма [5]

Уколико након ове задње провере не долаз до никаквих сметњи и прекида програм је спреман да се пусти у коначани рад. Ово је још једна провера након симулације која се ради приликом програмирања у циљу сигурности приликом пуштања самог програма.

7.0. Експериментална испитивање квалитета реза

У циљу експерименталног испитивања утицаја промена параметара извршено је исецање 16 плочица димензија (40x40) од којих је свака припадала одређеној групи у коју су сврставане по четири плочице. Подела група је извршена на групу промене снаге у којој је долазило до мењања јачине снаге за сваку плочицу према редоследу сечења. У следећој групи на којој је вршен експеримент је долазило до параметарских промена брзина. Затим је извршено испитивање у групи повећавања и смањења фокуса (фокала). На крају у задњој групи је извршено одсецање плочица са дизнама различитог пречника. Плен извођења експеримента се заснива на промени параметра (слика 7.1.) у циљу добијања различитог квалитета реза, како би се дошло до оптималних вредности у циљу одабира најбољих параметара.



Слика 7.1. План испитивања [5]

Како би се дошла до крајњег резултата у овом испитивању потребно је извршити следеће припрема, цртање плочица у програму „AUTO CAD“, израда програма у „LANTEK-у“, поред тога потребано је одабрати материјал (узет материјал 5мм челик), затим одабрати одређене параметре по којим ће се сечење изводити у циљу добијања различитих резова

на исеченим комадима. Први корак у раду овог експеримента је обележавање сваке плочице према броју и групи којој припада, ово се изводи гравирањем у циљу додељивања ознаке свакој плочици и припадност одређеној групи, како не би дошло до мешања на крају одсецања свих плочица. Сама замисао је да се на крају изврши целокупно одсецање свих група како би се добила целина на којој би се могло извршити упоређивање сваког добијеног реза (слика 7.1.1.).



Слика 7.1.1. (Гравирање ознака пре самог исецања) [5]

Ово гравирање се ради према стандардним параметрима који су препоручени од стране машине, са циљем што бољег обележавања испитиваног комада. У горњем десном углу се види почетна тачка сечења (пирс) за прву плочицу из групе где долази до промене снаге. Битно је рећи да се операција гравирања задаје директно у програму као и редослед сечења плочица које су потребне за одређивање квалитета реза. На десној слици је приказ главе која извршава гравирање. Такође се може приметити и заштитно стакло које обезбеђује безбедан рад оператера.

7.1. Извршење експерименталног испитивања

Према подацима који се добијају од саме машине, на основу задате дебљине и материјала који се сече, извршено је смањење стандардне снаге која је препоручена са циљем добијања више резултата и у циљу успешног испитивања. Тачније снага је смањена на 1800W (слика 7.2.1.).

The screenshot shows the 'UserHMI-Database' window. At the top, there are input fields for 'Steel st37', '5.000', 'Nr.', '1/1', 'Steel st37', '5.000', and '1'. Below these are buttons for 'NEW', 'CHANGE', 'DEL', 'Exit', and four directional arrows. A 'Page' selector shows 'Page 1' selected. A 'Kerf' field is on the right. A table at the bottom lists parameters for 'Cut 1':

Cut	Power: [W]	Lead-In Power:	Power at F=0:	Feed: [mm/min]	Lead-In Feed:	Press: [bar]	Height: [mm]	Kerf: [mm]
Cut 1:	1800	1800	1800	2450	2300	0.65	1.000	0.210

Слика 7.2.1. Параметри снаге (1800W) [5]

Затим је након исецања ове плочице извршено заустављање машине како би дошло до промене параметара снаге, за плочицу два и узета је снага 1900 W (слика 7.2.2.).

The screenshot shows the 'UserHMI-Database' window with the same layout as the previous one. The 'Power' field in the 'Cut 1' row is now highlighted with a red box and shows a value of 1900 W.

Cut	Power: [W]	Lead-In Power:	Power at F=0:	Feed: [mm/min]	Lead-In Feed:	Press: [bar]	Height: [mm]	Kerf: [mm]
Cut 1:	1900	1900	1900	2450	2300	0.65	1.000	0.210

Слика 7.2.2. Параметри снаге (1900W) [5]

Овде је вршено сразмерно увећање снаге како не би дошло до оштећења машине. Тако је за трећу плочицу извршено повећање на 2000 W, које је стандардно при сечењу

материјала дебљине 5мм (слика7.2.3). Потребно је рећи да се снага може мењати у зависности релације на којој се обавља сечење, у овом испитивању снага је мењана на свим релацијама што се види и на приказаним сликама.

UserHMI-Database								
Steel st37	5.000	Nr.	1/1	Steel st37	5.000	1		
NEW	CHANGE	DEL	Exit	▲	▲	▼	▼	
Page 1	Page 2	Page 3	KERF					
Cut	Power: [W]	Lead-In Power:	Power at F=0:	Feed: [mm/min]	Lead-In Feed:	Press: [bar]	Height: [mm]	Kerf: [mm]
Cut 1:	2000	2000	2000	2450	2300	0.65	1.000	0.210

Слика 7.2.3. Параметри снаге (2000W) [5]

Све ове промене се извршавају у делу базе података тако што је потребно изабрати команду промена и извршити измену раније унетих података, такође се на ову исту команду извршава и чување ново унетих параметара. Сваки следећи пут при сечењу материјала дебљине у овом случају 5мм параметри остају исти. Што се тиче четврте плочице, извршено је повећање снаге на 2100 W (слика 7.2.4).

UserHMI-Database								
Steel st37	5.000	Nr.	1/1	Steel st37	5.000	1		
NEW	CHANGE	DEL	Exit	▲	▲	▼	▼	
Page 1	Page 2	Page 3	KERF					
Cut	Power: [W]	Lead-In Power:	Power at F=0:	Feed: [mm/min]	Lead-In Feed:	Press: [bar]	Height: [mm]	Kerf: [mm]
Cut 1:	2100	2100	2100	2450	2300	0.65	1.000	0.210

Слика 7.2.4. Параметри снаге (2100W) [5]

Потребно је нагласити да због једноставности сечења дела одсецање се врши на „Cut 1“ које најбрже у делу сечења једноставних контура, поред овог сечења постоје и друга која су намењена за мање контуре и контуре специфичног облика. Након одсецања задње

плочице из групе (са променом снаге) извршено је мерење делова и упоређивање истих у делу визуелног изгледа, квалитета реза и топљења самог материјала (слика 7.2.5).



Слика 7.2.5. Приказ одсецања групе (Снага) [5]

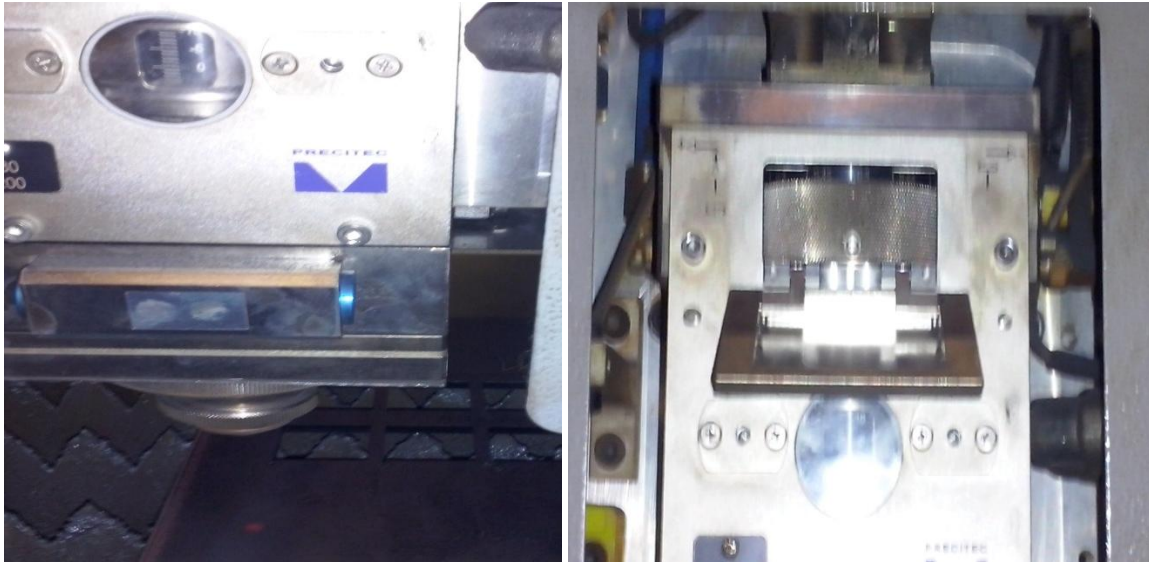
Следеће одсецање групе плочица са променама параметара засновано је на испитивању квалитета реза у односу на мењање брзине сечења и брзине преласка саме путање главе преко унапред задатог пута сечења. Овде је су задавани следећи параметри за плочицу (5) брзина је постављена на 50% убрзања, за плочицу (6) брзина је постављена на 70% након тога су плочице (7) и (8) постављене на 100% и 120% убрзања. Након овог одсецања (слика 7.2.6.) су примећене знатне разлике у квалитету реза.



Слика 7.2.6. Приказ одсецања групе (Брзина) [5]

Потребно је рећи да брзина има утицај на квалитет реза и да често у зависности од искуства оператера може да донесе велико побољшање у одсецању различитих комада. Такође није потребно заустављати машину како би се променила брзина већ се убрзање може повећати или самњити у току самог процеса сечења. Поред тога свака промена брзине се може унети у базу података тако да сваки оператер може имати увид у потребну брзину за материјал који је већ сечен на основу дебљине и квалитета одређених материјала.

Трећа група у испитивању има за циљ промену фокуса (фокала) у зависности од стандардно препорученог фокуса, па је тако прва узета вредност фокуса 2 која је одабрана за плочицу (9). Након овог сечења дошло је до заваривања плочице због немогућства продора ласера и велике близине фокуса. Да би се променио фокус потребно је након сваке исечене плочице зауставити машину и након спуштања главе подешавање жељеног фокуса (слика 7.2.7.).



Слика 7.2.7. Приказ главе и подешавања фокуса [5]

У даљем испитивању фокус је померан за по 1 тако да је плочица (10) имала фокус 3, плочица (11) фокус 4 и на крају ове групе плочица (12) фокус 5. За фокус се може рећи да је усмеравање зрака и удаљено растојање од сеченог материјала. Такође фокусом се може подешавати улазна и излазна тачка зрака. Даље испитивање се одвијало у смеру промене дизне (слика 7.2.8.) које имају улогу у дебљини реза и пробијању различитих материјала у зависности од дебљине.



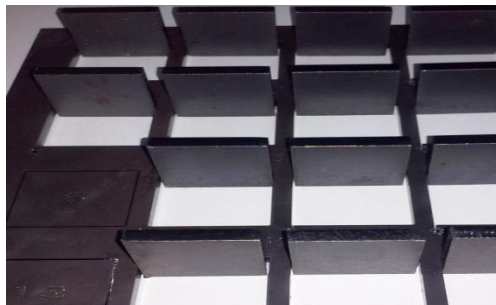
Слика 7.2.8. Дизне (1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5) [5]

За плочицу (13) узета је (дизна 1) након чијег сечења је дошло до заваривања, након тога је вршена замена према плочицама које су долазиле из ове групе па су тако за плочицу (14) и (15) узете дизне (1,2 и 1,5). Приликом испитивања битно је рећи да је фокус био подешена на 5 у циљу испитивања и прикупљања података. На задњој плочици која је испитивана дошло је до великог разарања због коришћења превелике дизне (дизне 2) (слика 7.2.9.).



Слика 7.2.9. Приказ исецања плочица[5]

На крају су све групе испитивања опкројене унапред задатим програмом у коме су параметри били подешени на следећи начин снага 2000 W, брзина 100%, фокал 4, диза 1,2 (слика 7.2.10.). Ови претходни параметри су препоручени од стране машине на основу задатог материјала у овом случају челика дебљине 5мм.



Слика 7.2.10. Приказ свих плочица [5]

7.2. Резултати испитивања

Извршеним мерењем прикупљен је довољан број података за сагледавање промене квалитета реза у односу на промену различитих параметара при ласерском сечењу. Објашњење добијених резултата након мерења налази се у (табели 4.). Сви ови резултати могу да помогну у оцењивању и доношењу најоптималнијих параметара које је потребно користити приликом ласерског сечења комада (у овом случају на материјалу дебљине 5мм).

Rt1, μm - Rt5, μm	Максималне висине профила на референтним дужинама, на дужини оцењивања
Ra, μm	Средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања
Rq, μm	Средње квадратно одступање профила на дужи оцењивања
Ry, μm	Максимална висина профила,
Rtm, μm	Средња максимална вредност
Rv, μm	Највећа дубина удубљења профила
Rp, μm	Највећа висина испупчења профила
Sm, μm	Средњи корак испупчења профила
$\Delta q, ^\circ$	Средњи квадратни угао нагиба профила
Rsk	Коефицијент асиметрије профила, мера симетрије криве расподеле амплитуда
Rku	Мера заоштраености криве распореда амплитуде
S, μm	Средњи корак локалних испупчености профила
R3z, μm	Средња вредност растојања трећег по висини испупчења по дубини удубљења на референтној дужини профила
Rpm, μm	Средња вредност одређених на референтним дужинама
R3y, μm	Највеће растојање трећег по висини испупчења и по дубини удубљења на референтној дужини

Табела 4. Приказ означавања добијених резултата [5]

Сви добијени резултати вршеног експеримента налазе се у доле приказаној (табели 5). Редослед резултата је добијен за следеће испитиване групе:

- Снага (1; 2; 3; 4)
- Брзина (5; 6; 7; 8)
- Фокус (9; 10; 11; 12)
- Дизна (13; 14; 15; 16)

У свим горе наведеним групама вршена је промена параметара у циљу добијања резултата у доле приказаној табели.

Узорци	1	2	3	4	5	6	7	8
Rt1, μm	11.6	5.6	6.9	4.6	32	22.4	5.5	8.6
Rt2, μm	7.9	6.2	3.7	5.9	25	28.0	4.5	3.8
Rt3, μm	7.3	4.2	5.9	3.6	25	17.8	3.3	3.1
Rt4, μm	7.4	2.5	11.9	6.2	25	14.8	5.5	6.4
Rt5, μm	6.3	4.5	6.7	5.4	35	13.8	6.6	4.7
Ra, μm	1.70	0.99	1.82	1.27	5.5	3.58	1.13	1.15
Rq, μm	2.11	1.23	2.36	1.52	6.8	4.80	1.42	1.61
Ry, μm	11.6	6.2	11.9	6.2	35	28.0	6.6	8.6
Rtm, μm	8.1	4.6	7.0	5.1	29	19.4	5.1	5.3
Rv, μm	5.1	3.4	6.5	3.2	15	16.8	4.2	5.7
Rp, μm	7.8	2.9	5.4	3.7	21	14.2	3.3	4.7
Sm, μm	327	208	283	276	201	232	169	214
$\Delta q, ^\circ$	3.9°	2.7°	3.2°	2.4°	14.5°	8.2°	3.6°	3.5°
Rsk	0.3	-0.1	-0.1	-0.1	0.4	-0.3	-0.3	-0.4
Rku	2.8	2.7	3.1	2.2	2.8	4.6	2.8	5.0
S, μm	59	33	54	35	84	93	36	50
R3z, μm	4.8	3.2	3.4	3.9	16	6.5	3.9	3.3
Rpm, μm	4.6	2.3	3.3	3.0	16	8.9	2.5	2.6
R3y, μm	6.5	4.2	3.9	4.9	18	8.3	5.7	6.9
Узорци	9	10	11	12	13	14	15	16
Rt1, μm	31	5.2	4.6	3.3	/	4.8	14.2	111
Rt2, μm	41	4.4	4.7	2.9	/	6.9	9.6	120
Rt3, μm	31	14.7	5.4	4.8	/	5.6	8.1	129
Rt4, μm	32	4.9	2.8	5.3	/	5.5	26.3	131
Rt5, μm	23	5.9	1.0	4.2	/	5.6	10.7	112
Ra, μm	8.1	1.59	0.97	1.02	/	1.49	3.49	34.4
Rq, μm	9.9	2.25	1.24	1.27	/	1.87	4.65	39.3
Ry, μm	41	14.7	5.4	5.3	/	6.9	26.3	131
Rtm, μm	32	7.0	3.7	4.1	/	5.7	13.8	121
Rv, μm	23	8.7	2.8	2.5	/	4.3	14.0	75
Rp, μm	20	6.0	2.9	3.9	/	4.9	12.3	62
Sm, μm	456	224	210	288	/	327	375	1254
$\Delta q, ^\circ$	10.8°	3.4°	2.1°	2.2°	/	2.7°	4.3°	16.7°
Rsk	-0.5	-0.5	-0.3	0.5	/	0.7	-0.3	-0.2
Rku	2.6	5.6	2.5	3.1	/	3.0	3.8	1.8
S, μm	90	64	35	35	/	46	133	220
R3z, μm	18	4.3	0.0	3.1	/	4.1	2.9	0
Rpm, μm	17	3.1	2.1	2.2	/	2.9	7.0	55
R3y, μm	32	7.8	0.0	3.9	/	6.2	7.7	0

Табела 5. Приказ резултата мерења [5]

У даљем делу су приказане параметарске вредности за прву групу испитивања. Доле приказане (табеле 6.) појашњавају редослед сечења од првог до четвртог комада.

Узорак 1	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	1800 W	100%	4	1.2

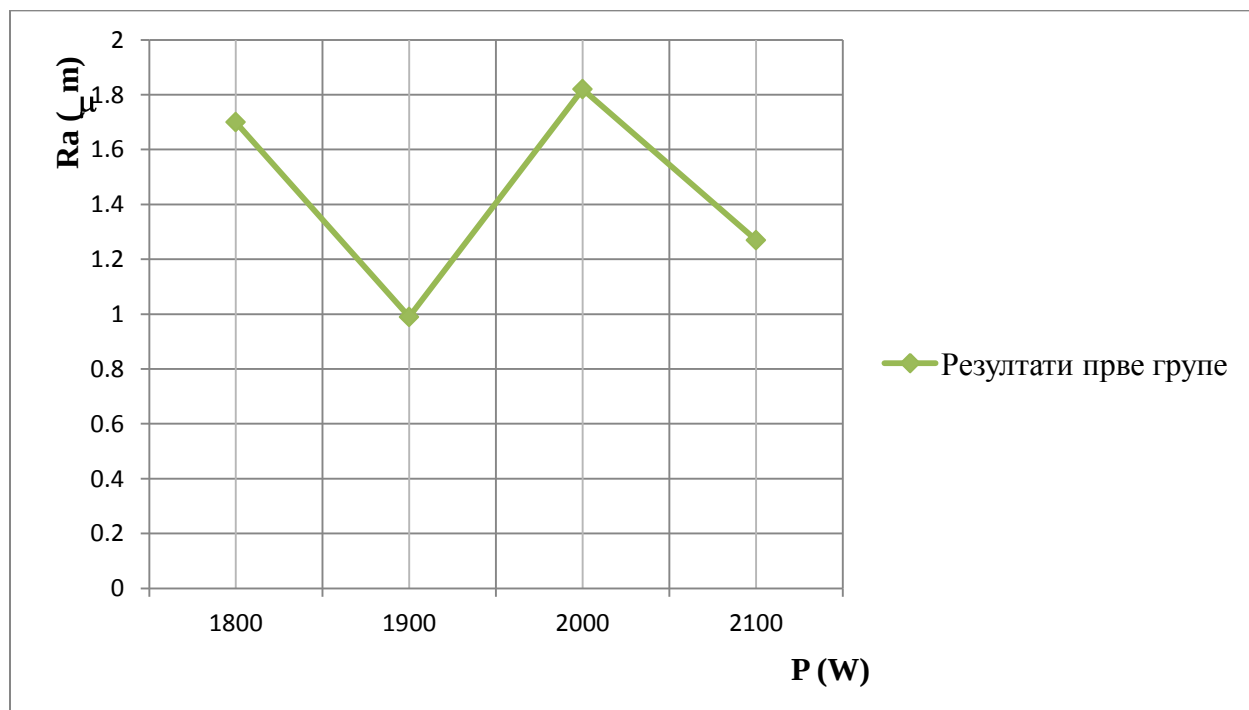
Узорак 2	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	1900 W	100%	4	1.2

Узорак 3	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	4	1.2

Узорак 4	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2100 W	100%	4	1.2

Табела 6. Приказ параметара сечења према узорцима [5]

У доле приказаном дијаграму (слика 7.3.1) се налази средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања са променама снаге од 1800W до 2100W.



Слика 7.3.1. Приказ односа средњег аритметичког одступање профила на дужини оцењивања са порастом снаге [5]

За испитивану групу у којој је долазило до сразмерног повећања параметара брзине (табела 7.) коришћене су доле приказане вредности.

Узорак 5	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	50%	4	1.2

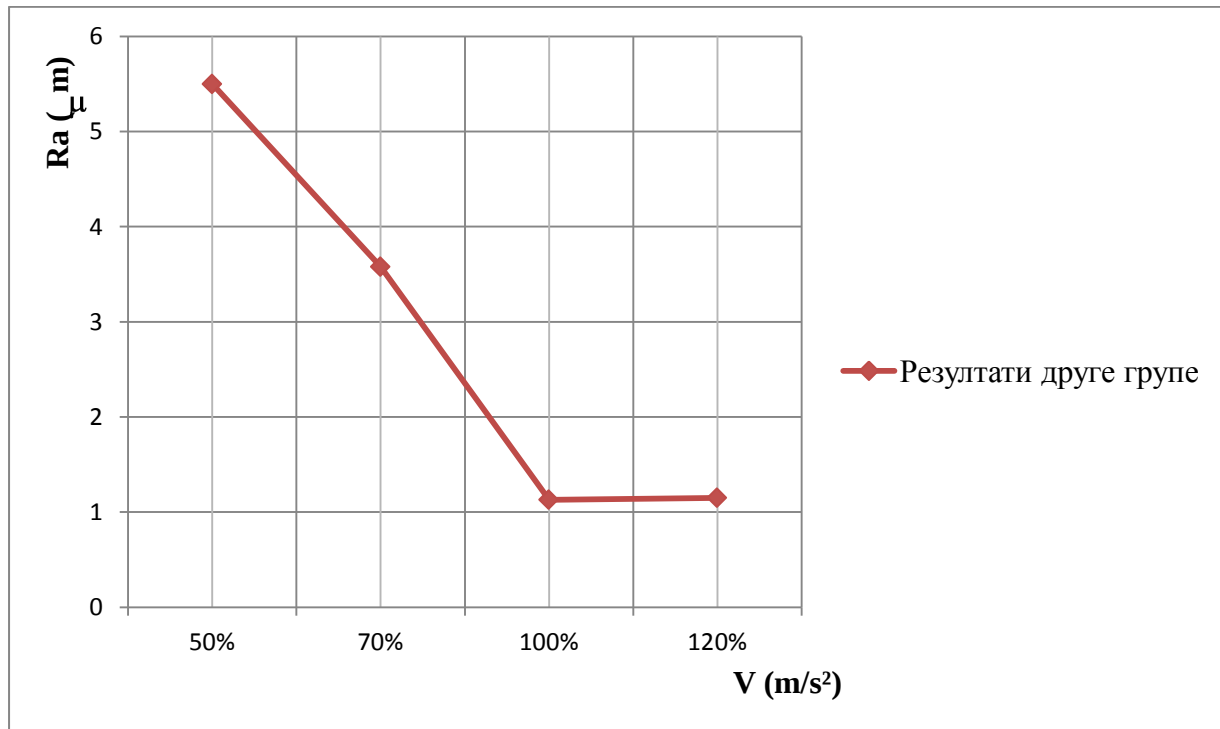
Узорак 6	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	70%	4	1.2

Узорак 7	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	4	1.2

Узорак 8	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	120%	4	1.2

Табела 7. Приказ параметара сечења према узорцима [5]

На приказаном дијаграму (слика 7.3.2) се налази објашњење средње аритметичког одступања профила на дужини оцењивања са променама брзине од 50% до 120%.



Слика 7.3.2. Приказ односа средњег аритметичког одступања профила на дужини оцењивања са порастом брзине [5]

Група узорак за промену фокуса је имала параметре приказане у (табели 8.) који се виде у доле приказаним табелама.

Узорак 9	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	2	1.2

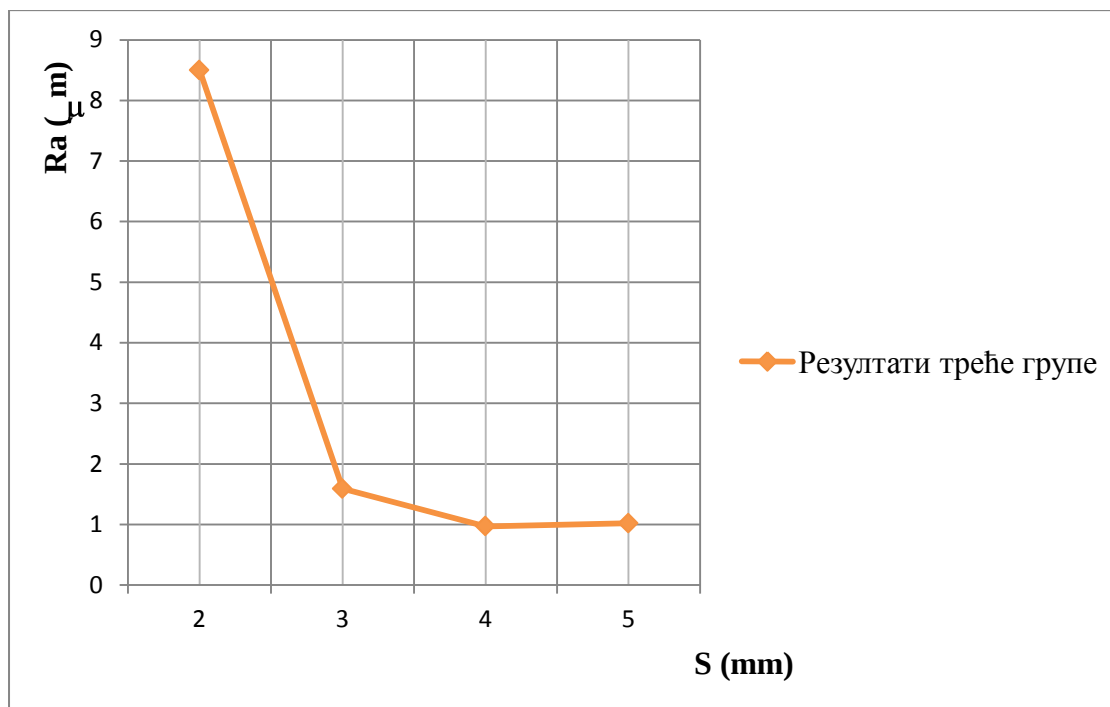
Узорак 10	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	3	1.2

Узорак 11	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	4	1.2

Узорак 12	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	5	1.2

Табела 7. Приказ параметара сечења према узорцима [5]

На дијаграму који следи (слика 7.3.3) могуће је видети средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања при променама жишне даљине (фокуса) која је мењана од 2 до 5 у зависности од комада који су сечени.



Слика 7.3.3. Приказ односа средње аритметичког одступање профила на дужини оцењивања са променом фокуса [5]

За задњу групу испитивања коришћени су параметри из (табеле 8). У овом делу је долазило до замене дизне при сваком новом сечењу (дизне: 1; 1.2; 1.5; 2).

Узорак 13	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	5	1

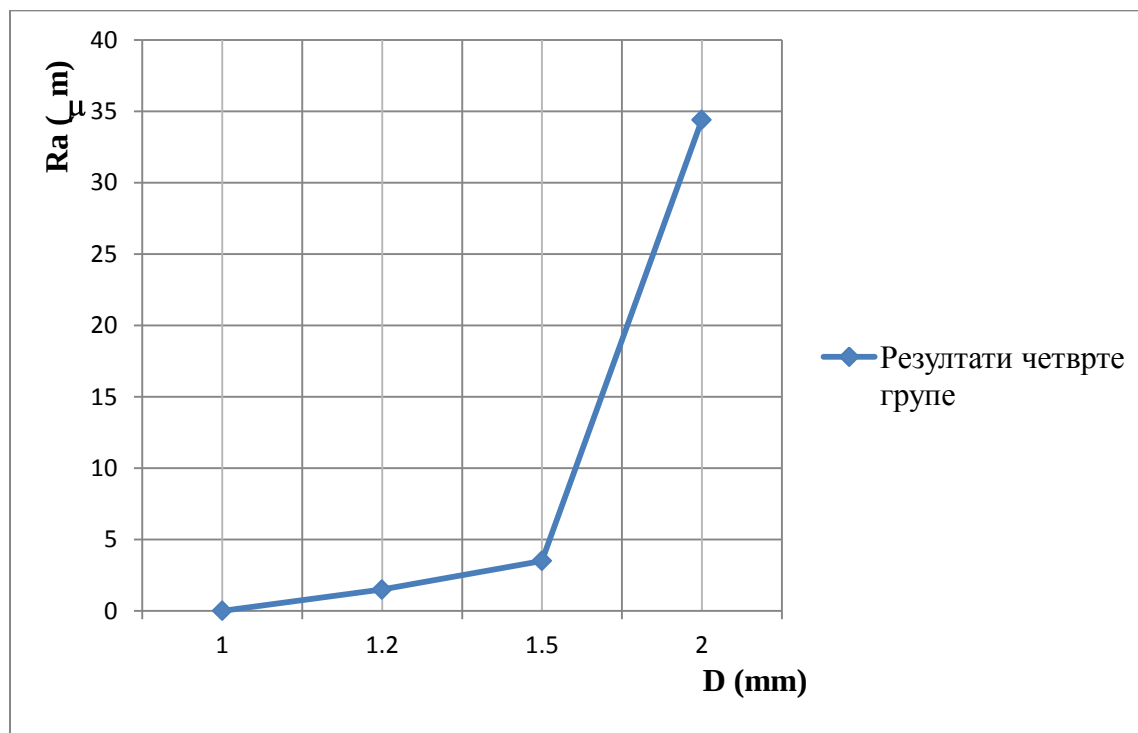
Узорак 14	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	5	1.2

Узорак 15	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	5	1.5

Узорак 16	Снага	Брзина	Фокус	Дизна
Параметри	2000 W	100%	5	2

Табела 8. Приказ параметара сечења према узорцима [5]

На доле приказаном дијаграму (слика 7.3.4.) види се средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања са променом дизне.

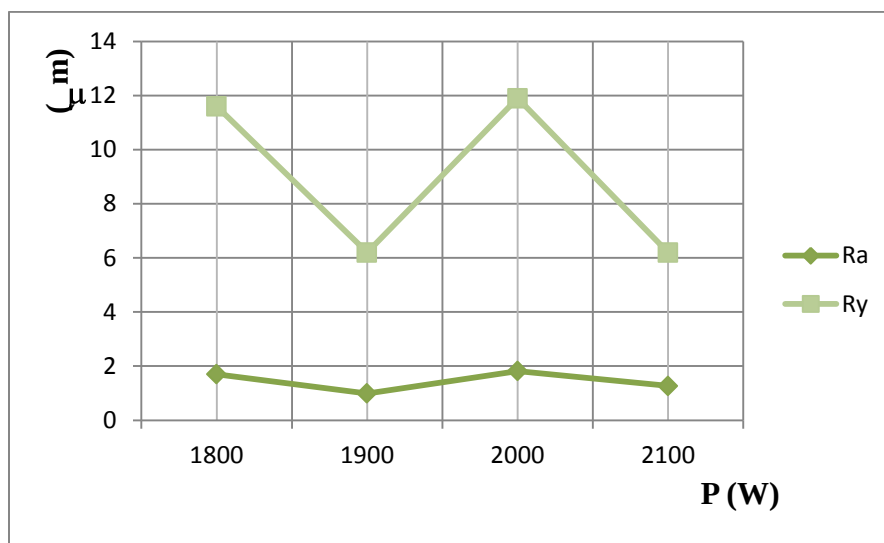


Слика 7.3.4. Приказ односа средње аритметичког одступања профила на дужини оцењивања са променом дизне[5]

У (табели 9.) приказани су добијени резултат средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања и максимална висина профила. У даљем дијаграму на (слици 7.3.5) је приказано R_a , R_y са порастом снаге.

	Узорак 1	Узорак 2	Узорак 3	Узорак 4
R_a (μm)	1.70	0.99	1.82	1.27
R_y (μm)	11.6	6.2	11.9	6.2

Табела 9. Приказ резултата мерења за прву групу сечења [5]



Слика 7.3.5. Приказ односа са променом снаге [5]

У даљем делу на (слици 7.3.6.) приказано је поређење исечених плочица ради упоређивања квалитета реза са порастом снаге.

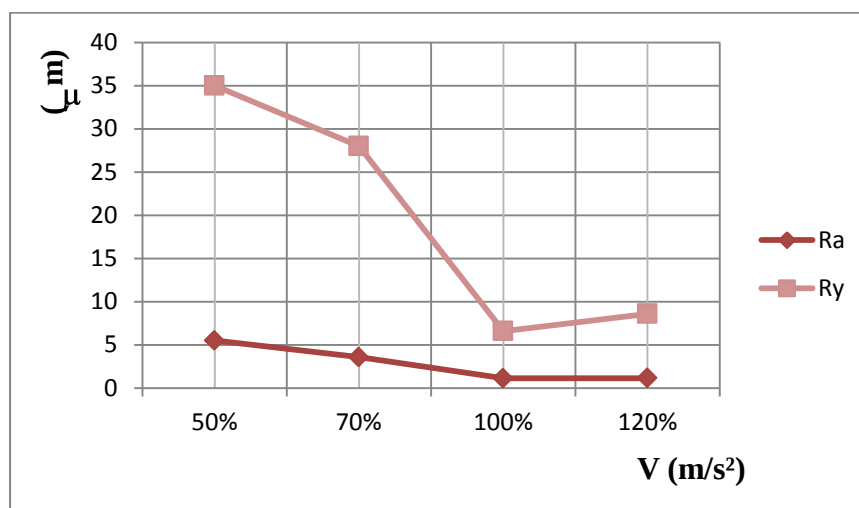


Слика 7.3.6. Плочице исечене под различитим параметрима снаге [5]

У (табели 10.) приказани су добијени резултат средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања и максимална висина профила. У даљем дијаграму на (слици 7.3.7) је приказано R_a , R_y са повећањем брзине.

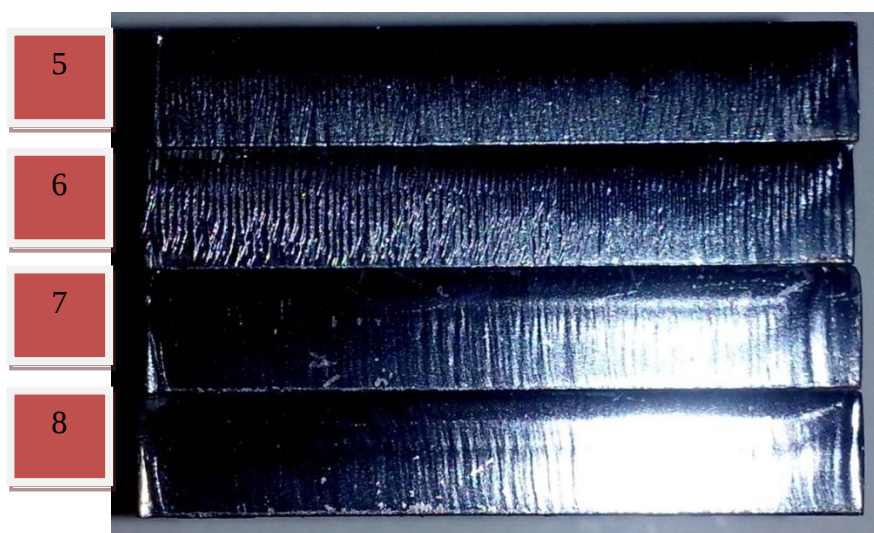
	Узорак 5	Узорак 6	Узорак 7	Узорак 8
R_a (μm)	5.5	3.58	1.13	1.15
R_y (μm)	35	28.0	6.6	8.6

Табела 10. Приказ резултата мерења за другу групу сечења [5]



Слика 7.3.7. Приказ односа са повећањем брзине [5]

На доле приказаној (слици 7.3.8) могу се видети добијени квалитети реза са променом брзине сечења.

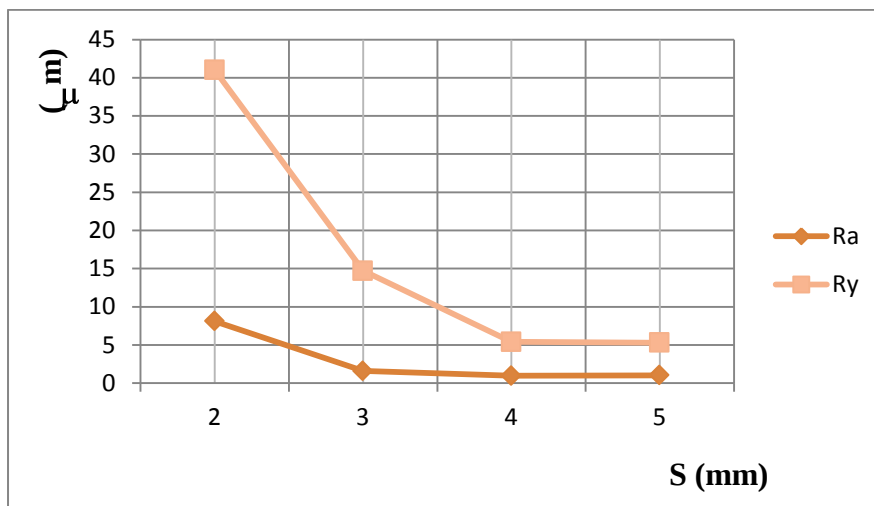


Слика 7.3.8. Пловице исечене под различитим брзинама [5]

У (табели 11.) приказани су добијени резултат средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања и максимална висина профила. У даљем дијаграму на (слици 7.3.9) је приказано R_a , R_y са променом жижне даљине (фокала).

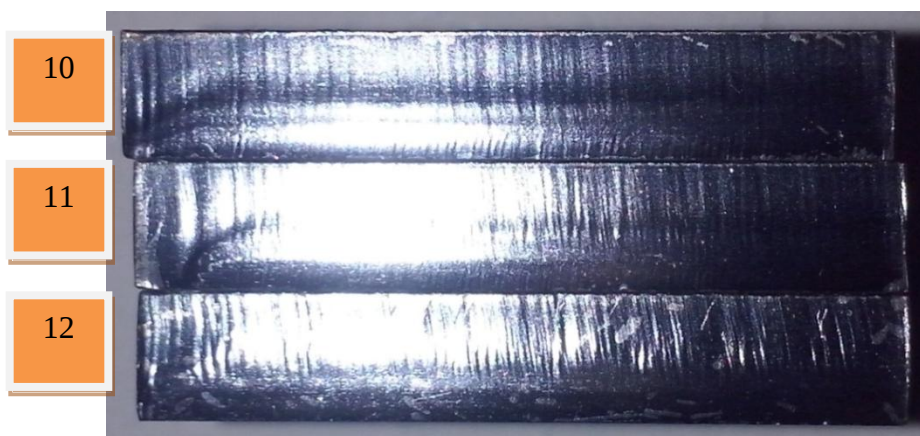
	Узорак 9	Узорак 10	Узорак 11	Узорак 12
R_a (μm)	8.1	1.59	0.97	1.02
R_y (μm)	41	14.7	5.4	5.3

Табела 11. Приказ резултата мерења за трећу групу сечења[5]



Слика 7.3.9. Приказ односа са променом жижне даљине [5]

У наставку на приказаној (слици 7.3.10.) се не види девети узорак сечења због заваривања, девети узорак је накнадно извађен ради добијања података његовим мерењем. На доњој слици је приказано упоређивање добијеног квалитета реза при промени жижне даљине (фокала).

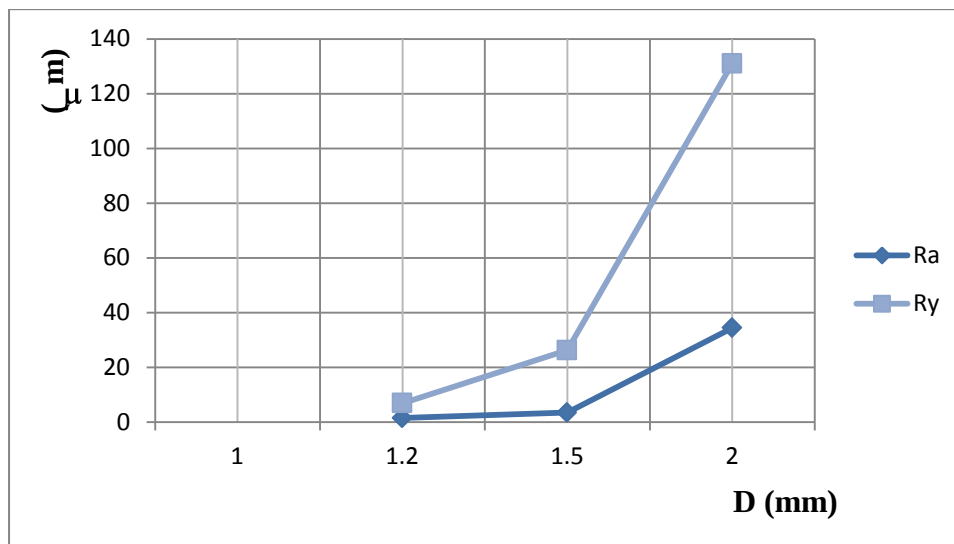


Слика 7.3.10. Пловице исечене са променом фокала [5]

У (табели 12.) приказани су добијени резултат средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања и максимална висина профила. У даљем дијаграму на (слици 7.3.11) је приказано R_a , R_y са различитим дизнама које су мењане након сваког новог комада резања.

	Узорак 13	Узорак 14	Узорак 15	Узорак 16
$R_a (\mu m)$	/	1.49	3.49	34.4
$R_y (\mu m)$	/	6.9	26.3	131

Табела 12. Приказ резултата мерења за четврту групу сечења [5]



Слика 7.3.11. Приказ односа са променом дизне [5]

На приказаној (слици 7.3.12) се види добијање квалитета реза за задње испитивану групу у којој је мањана дизна различитог пречника. Тринеста плочича остала заварена због немогућности продирања ласерског зрака, за њу су узети податци нула као добијени резултата.



Слика 7.3.12. Плочице исечене са променом дизне [5]

8.0. Закључак

Ласерска машина има веома великих предности у односу на машине старије генерације због веће продуктивности и веома малих напора при изради делова, такође поступак израде неког дела смањује могућности грешке што доводи до смањења погрешно израђених делова. Такође „Фибер ласер машина“ који се налази у предузећу „Застава камиони“ је исплативији и економичнији у односу на ласере „CO2“, због остваривања истог сечења мањом снагом и мањом потрошњом. Програмирање и све операције у току рад су веома поједностављене па самим тим и могућност грешака при раду. Што се тиче саме машине и свих њених елемената, долази се до закључка да у веома мали трошкови одржавања. Поред тога сви који управљају овом машином морају да буду веома пажљиви и да се придржавају препоручених упутстава како не би дошло до настанка нежељених кварова. Што се тиче квалитета добијеног обрадом, Фибер ласер у потпуност одговара пред свим материјалима који нису нагрижени корозијом и другим негистоћама. Сви добијени резови су веома високог квалитета и изузетне тачности. При изради већих серија потребно је извршити сечење једног комада који након провере контроле и задовољавајућих мера, омогућава сечење целе серије након чега сваки комад испада као и први мерни комад, у случају да први мерни комад не задовољава испуњене задатих мера или довољно добар квалитет реза. Онада долази до исправљања грешака у програму или промене параметара како би наредни израђени део задовољио потребе унапред дефинисаног дела. Сви делови се дефинишу цртежом који је у размери (1:1). Програм који преузме цртеж само омогућава дефинисање преласка ласерског зрака преко сваке контуре која је на цртежу. Потребно је нагласити да на основу експерименталних испитивања са променама параметара сва сечења која су изведена исечени комади су имала најбољи квалитет у деловима који су прописани од самог произвођача, али такође је могуће да у неким ситуацијама због структуре материјама који се сече дође до бољег квалитета реза уколико се промене параметри. Ласерска обрада сечењем и геавирањем омогућава веома велико поједностављење рада у односу на некадашње видове обраде и оставља могућност да се ближеј будућности овакви видови обраде побољшају новим технологијама које долазе.

9.0. Литература

[1] Драгоје Миликић, Неконвенционални поступци обраде, Факултет техничких наука, Нови Сад

[2] Лазић, М., Неконвенционални поступци обраде, Научна књига, Београд, 1990.

[3] Недић, Б., Лазић М., Неконвенционални поступци обраде, скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2008.

[4] Радовановић, М., Аутоматизовано пројектовање технологије ласером, Докторска дисертација, Машински факултет, Ниш, 1995.

[5] Документација Застава Камиони „Nukon Fiber Laser NF 2060 3kW“

[6] Упутство за управљање Фибер ласер машине „NUKON NF 2060 - 3 kW SERIES“

[7] Упутство коришћења филтерске јединице „VANTERM“

Пристап интернету:

[8] <http://www.filmovita.com/dark-shadows-2012/> - 05.07.2013

[9] <http://koplas.co.rs/?s=fiber+laser> - 05.07.2013

[10] http://www.rp-photonics.com/fiber_lasers.html - 13.07.2013

[11] <http://spie.org/x32462.xml> - 13.07.2013

[12] <http://spie.org/x47366.xml> - 13.07.2013

[13] http://www.ipgphotonics.com/Collateral/Documents/English-US/HP_Brochure.pdf - 03.08.2013

[14] <http://lab.fs.uni-lj.si/kolt/datoteke/laserski/Vlakenski%20laser%20Lulea.pdf> - 03.08.2013

[15] <http://www.rp-photonics.com/highpowerfiberlasers.html> - 09.08.2013

[16] <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-48/issue-12/world-news/fiber-lasers-zblan-fiber-lasers-span-visible-to-mid-ir-range.html> - 22.08.2013