

LASERSKA OBRADA REZANJEM DELOVA OD ČELIKA S235JRG2

Anđelija Mitrović¹, Labud Bogićević²

REZIME

U radu je kroz praktičan primer prikazana obrada rezanjem čelika S235JRG2 debljine 18 mm laserskim zrakom u realnim uslovima proizvodnje u preduzeću „Inhrom“ d.o.o. iz Čačka.

Ključne reči: laser, laserski snop, lasersko sečenje.

LASER PROCESSING BY CUTTING PARTS FROM STEEL S235JRG2

ABSTRACT

The paper shows a practical example of steel cutting S235 JRG2, thickness 18mm, with a laser beam in real production conditions at the company „Inhrom“ d.o.o. from Čačak.

Key words: laser, laser beam, laser cutting.

1. UVOD

Iskonska težnja čoveka da svetlost Sunca iskoristi kao izvor energije za obradu metala nije mogla biti u potpunosti ostvarena zbog toga što se njenim fokusiranjem postiže najviše $2,5 \text{ W/cm}^2$, a to je dovoljno samo da rastopi neke lako topive metale, ali ne i da se izazovu efekti koji su potrebni za obradu skidanjem materijala. Međutim, fokusiranjem laserskog zraka na vrlo malu površinu, praktično u jednu tačku, dobija se koncentracija energije od 10^8 W/cm^2 , a u nekim slučajevima čak i 10^{13} W/cm^2 , što je više nego dovoljno da trenutno rastopi ili ispari i najtvrđe materijale. Zbog toga je laser postao univerzalan alat za obradu, Laser Beam Machining (LBM), sa kojim se mogu izvoditi najrazličitije proizvodne operacije na skoro svim vrstama materijala [1].

¹ Anđelija Mitrović, FTN Čačak, e-mail: andjelija.mitrovic@ftn.kg.ac.rs

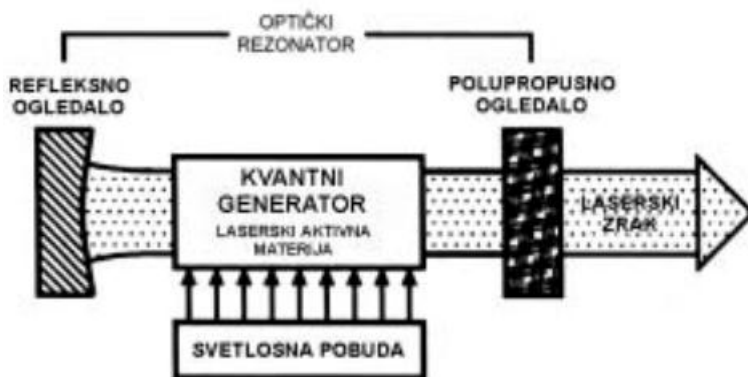
² Labud Bogićević, e-mail: labudlabibogicevic@gmail.com

1.1. Fizikalne osnove nastanka laserskog zraka

Teorijske osnove procesa dobijanja laserskog zraka, tzv. stimulisanе emisije postavio je Ajnštajn (Albert Einstein) još 1917. godine u okviru kvantne mehanike zračenja, ali je bilo potrebno više od 40 godina da se ova ideja i praktično realizuje izgradnjom prvog lasera.

Ostvarivanjem stimulisanе radijacije u oblasti mikro talasa i konstrukcija MASER-a kao amplifikatora za mikrotalase, Taunus i Šavlov (A.L. Shawlow) su 1958. godine došli na ideju da se slična pojava može ostvariti i u oblasti svetlosti. Takav optički pojačivač je 1960. godine u SAD konstruisao i napravio Mejman (Th. Maiman) i nazvao ga LASER prema: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (pojačanje svetlosti stimulisanoм emisijom zračenja).

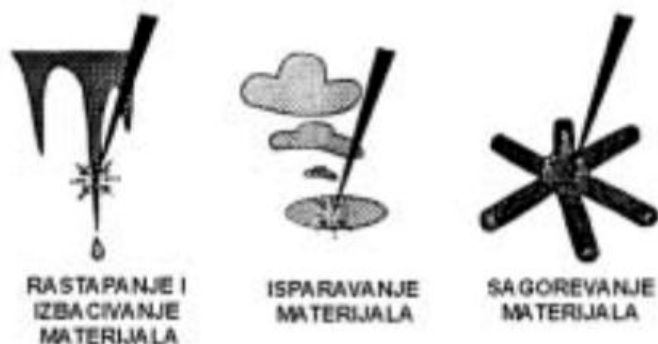
Laserski zrak se dobija u optičkom rezonatoru, čija je principijelna šema data na slici 1. Sastavni delovi tog rezonatora su: kvantni generator, koga čini laserski aktivna materija, izvor svetlosne pobude i dva paralelna ogledala; levo koje 100% reflektuje svetlost i desno koje delimično propušta svetlost (najviše do 10%), ovde nazvano polu propusno ogledalo [1].



Slika 1: Principijelna šema izvora laserske svetlosti – optičkog rezonatora

2. OSNOVI PROCESA OBRADE LASEROM

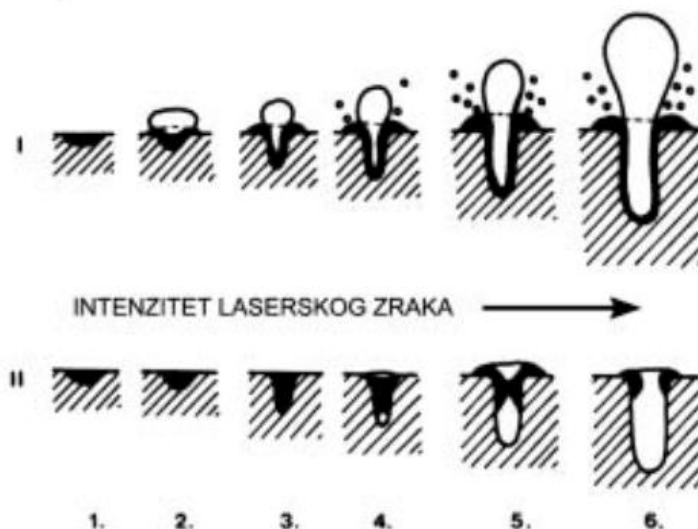
Skidanje materijala pri obradi laserom ostvaruje se putem absorpcije svetlosne energije laserskog zraka u površinski sloj materijala obratka, koji se zagreva na temperature od 4000 do 6000 K. Tako visoke temperature dovodi do trenutnog rastapanja, isparivanja ili sagorevanja bilo kog materijala (slika 2) i stvaranja malog udubljenja – kratera. Kao što se iz navedenog vidi, mehanizam skidanja materijala pri obradi laserom je isti kao kod snopa elektrona, samo je energetski izvor drugačiji.



Slika 2: Osnovni mehanizmi skidanja materijala pri obradi laserom

Sa istopljenim i isparenim materijalom iz obratka se odstranjuju i čvrste čestice što je rezultat razaranja materijala zbog visokog termičkog naprežanja. U zavisnosti od gustine fotonskog mlaza, dužine impulsa i materijala obratka, tečna faza u produktima obrade iznosi 30÷80% od ukupne količine skinutog materijala.

Na račun apsorbovane energije laserskog zraka nastaje krater čija dubina i prečnik zavise od energetskih karakteristika zraka (slika 3). Vidi se da sa povećanjem intenziteta impulsa dolazi do povećanja prečnika ulaznog otvora, ali znatno sporije nego što se povećava dubina prodiranja.



Slika 3: Zavisnost dimenzije kratera od intenziteta laserkog zraka

3. KOMPONENTE MAŠINE ZA LASERSKO REZANJE

Sastav laserskog rezanja najčešće se sastoji od radnog stola, hladnjaka i računara (hardver i softver), spoljašnje komponente prenosnog zraka, laserskog generatora i mikrokontrolne brojačanog upravljačkog ormarića.

Glavni deo alata mašine – mehanički deo mašine za laser koji služi za pomeranje X, Y i Z ose i uključuje obradni sto. Služi za postavljanje obradaka za obradu rezanjem i korigovanje pravilno i precizno prema programu upravljanja, najčešće servo motorom. Obradni sto izveden je u obliku rešetke sa zubima koji pridrđavaju materijal. Takav oblik obradnog stola omogućuje dobar protok zraka ispod obratka postizujući na takav način finiji rez na obratku i smanjenje naslaga na donjoj strani obratka.

Laserski generator – uređaj koji služi za stvaranje laserskog izvora svetla. Najčešće korišćeni su CO₂ laser s visokom učinkovitošću elektrooptičke konverzije i visokom izlaznom snagom. Na slici 4 prikazan je laserski generator za CO₂ laser.



Slika 4: Laserski generator za CO₂ laser

Spoljašnji put svetla – refleksno ogledalo koje usmerava laserski snop u željenom smeru. Za sprečavanje neispravnog puta zraka, sva ogledala su zaštićena poklopcem i uveden je čisti plin da bi zaštitio objektiv od pozitivnog pritiska.

CNC sastav – služi za kontrolu mašinskog alata za ostvarivanje kretanja X, Y i Z osovine kao i iza kontrolu izlazne snage lasera. Regulacioni izvor napajanja – povezuje laserski, CNC mašinu i sastav napajanja kako bi se sprečile smetnje spoljašnje mreže.

Rezna glava – sadrži delova poput držača za fokusiranje, šupljine, ogledalo za fokusiranje, kapacitativni senzor i pomoćna plinska mlaznica. Pogonska glava za rezanje služi za pomeranje rezne glave u smeru osovine Z uz pomoć servo motora.

Operatorska stanica – služi za upravljanjem radnim procesom celog uređaja za rezanje.

Hlađenje – koristi se za hlađenje laserskog generatora uklanjajući višak toplote omogućavajući na taj način rad lasera. Hlađenje takođe hladi spoljašnje ogledalo za svetlo i ogledalo za fokusiranje alatne mašine da bi se osigurao stabilan kvalitet prenosa vazduha i sprečilo pregrevanje sočiva te prouzrokovalo deformaciju sočiva.

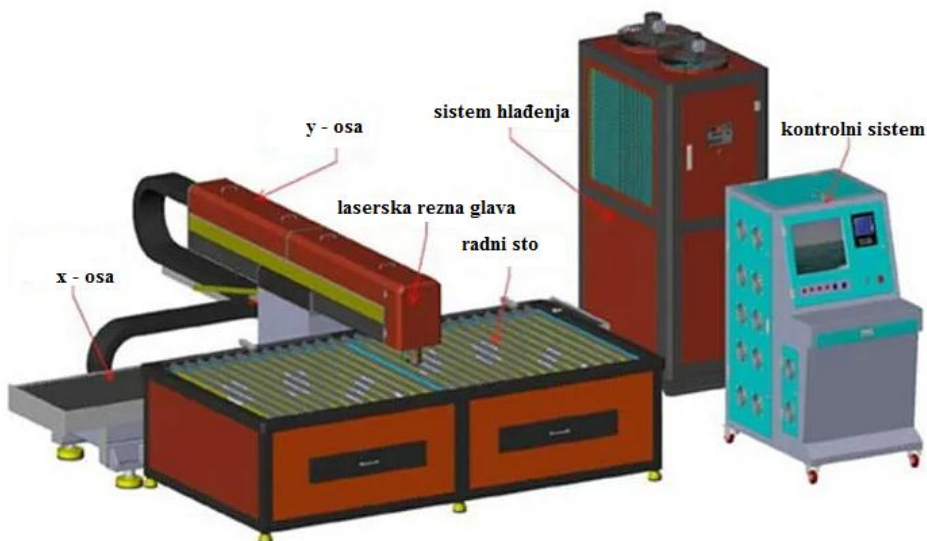
Cilindri – tu spadaju cilindri za radni medij lasera kao i pomoćni cilindri koji se koriste za dopunu laserskih oscilirajućih industrijskih plinova i pomoćnih plinova za rezanje glave.

Kompresor vazduha – osigurava i skladišti komprimovani vazduh.

Sušać za vazduh, filter – služi za isporuku suvog vazduha u laserski generator i na taj način održava pravilan rad staze i ogledala.

Odstranjivač prašine – izvlači prašinu koja je nastala tokom obrade i filtrira je kako bi ispuštanje plinova zadovoljilo standarde zaštite životne sredine.

Na slici 5 prikazan je CNC obradni centar sa laserskom glavom sa glavnim komponentama.



Slika 5: Obradni centar sa laserskom glavom

4. ANALIZA I NAČIN ODABIRA REŽIMA OBRADE

U proizvodnim preduzećima uobičajena je praksa da operateri mašina biraju vrednosti faktora procesa obrade na osnovu stečenog znanja, prethodnog iskustva, preporuka proizvođača i priručnika. Iako je izbor parametara faktora procesa obrade na osnovu prethodnog iskustva u suštini subjektivan pristup, ovaj pristup u većini slučajeva daje zadovoljavajuće rezultate. Međutim, potrebno je istaći da u nekim slučajevima, neadekvatan izbor vrednosti faktora procesa može dovesti do smanjenja kvaliteta proizvoda, povećanja operativnih troškova i vremena obrade, smanjenja

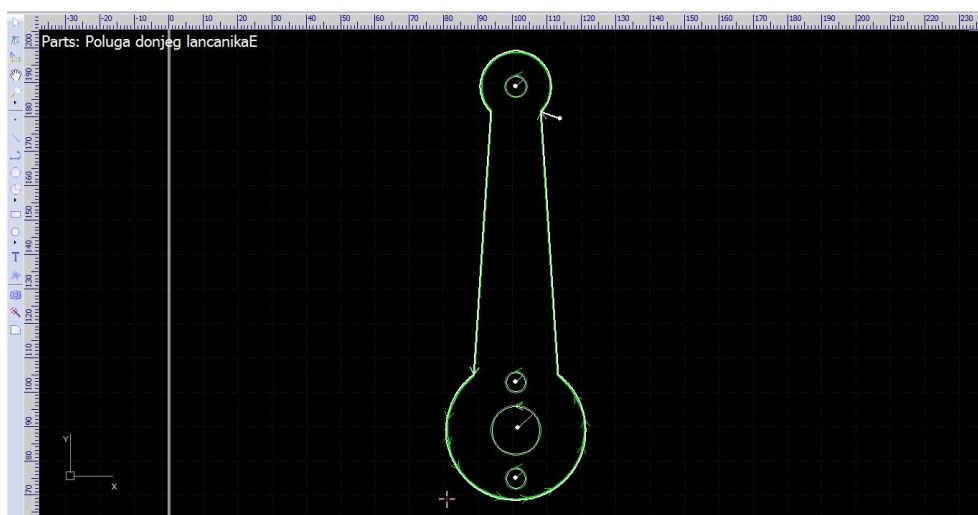
produktivnosti i dr. Da bi proizvodna preduzeća stekla i očuvala konkurentsku prednost na tržištu, maksimizovala iskorišćenje proizvodnih procesa i poboljšala efikasnost u smislu zadovoljenja većeg broja zahteva (performansi procesa) istovremeno, postoji potreba za optimizacijom i upravljanjem procesom obrade.

Eksperiment rezanja metala laserskim zrakom je realizovan u realnim proizvodnim uslovima u preduzeću „Inhrom“ d.o.o. iz Čačka. Korišćen je laser Leapion model 3015E.

Prema zahtevu kupca na laseru je potrebno seći obradak debljine 18 mm pri čemu laser na kojoj se seče komad ima preporučene vrednosti rezanja za debljinu najviše do 16 mm. Materijal za izradu ovog dela je S235JRG2 (Č.0361). U Tabeli 1 prikazane su karakteristike lasera Leapion model 3015e dok je na slici 6 prikazan crtež obratka.

Tabela 1. Karakteristike lasera Leapion modela 3015E

Naziv uređaja	Leapion 3015E
Radna površina uređaja	Y=1500 mm, X= 3000mm
Izlazna snaga lasera	1500 W
Tačnost pozicioniranja	±0,03 mm
Ponovljivost tačnost pozicioniranja	±002 mm
Maksimalna brzina	100m/min



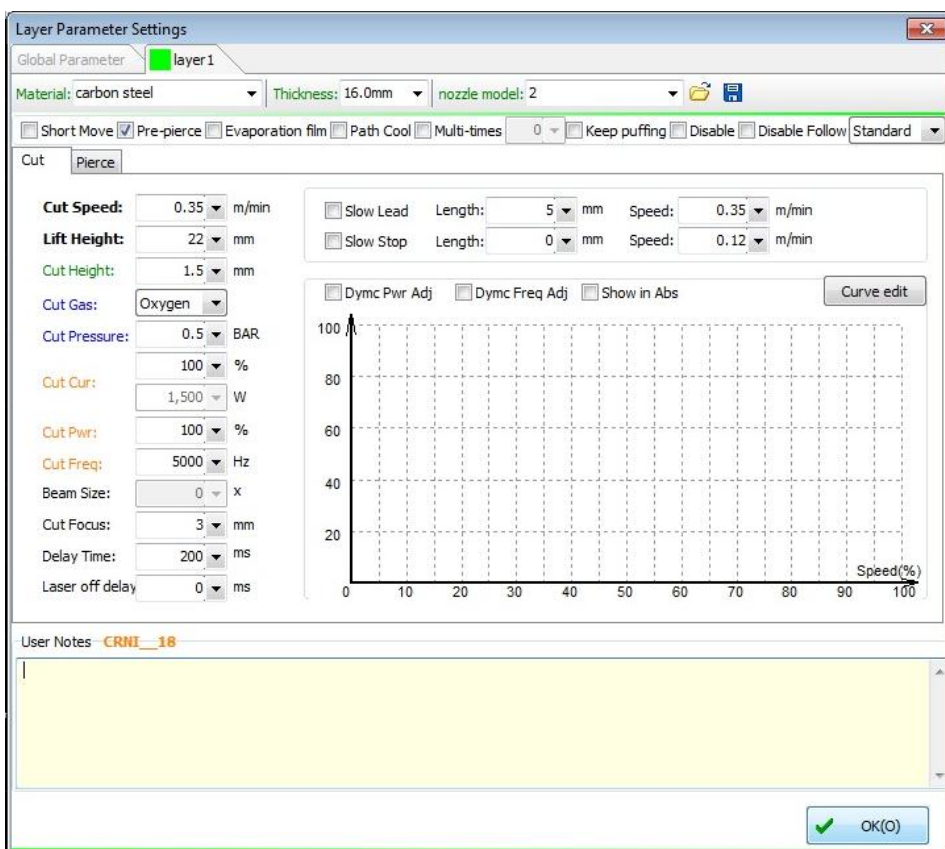
Slika 6: Crtež obratka u programu Cypcut Laser Cutting System

5. PODEŠAVANJE PARAMETARA REŽIMA OBRADE

Postupak sečenja datog komada nije bilo moguće bez konsultovanja iskusnih operatera, jer je zahtev kupca bio za debljinu obratka 18 mm. Najveća debljina obratka koja je do tada sečena bila je 16 mm pri čemu su parametri režima obrade preporučeni od strane proizvođača. Radi uštede vremena i što bolje obrade

komada, na osnovu preporuke programa za zadatu debljinu materijala i dugogodišnjeg iskustva operatera utvrđeni su parametri režima obrade koji su dati na slici 7. U poređenju sa parametrima obrade za materijal debljine 16 mm, smanjena je brzina rezanja, a povećano vreme izrade.

Materijal za izradu ovog dela je S235JRG2 (Č.0361). Pre nego što krene proces sečenja, operater na mašini treba da pogleda kolika dimenzija table mu je potrebna za sečenje, zbog najboljeg iskorišćenja materijala, da li uzeti novu tablu ili ostatke lima od prethodnih sečenja, ako deo u taj ostatak može da se uklopi zbog gabaritnih mera. Dimenzija table je 50 x 150 mm i prema ovim dimenzijama operater određuje referentne tačke.



Slika 7: Parametri režima obrade u programu

6. ZAKLJUČAK

Laserska upotreba pri rezanju, zavarivanju, graviranju, bušenju i ostalim metodama obrade metala omogućuje efektan učinak željene obrade. Obrada laserom se odlikuje visokom preciznošću i tačnošću obrade, velikom brzinom obrade, visokim kvalitetom obrađene površine i širokim spektrom izbora materijala za obradu. Pri

delovanju laserskog zraka, na predmetu obrade ne dolazi do strukturnih i hemijskih promenama.

Područje primene lasera se uglavnom preklapa sa područjem primene snopa elektrona, ali činjenica da se obrada izvodi u atmosferi, a ne u vakuumu, velika je prednost lasera. I laser se, kao i snop elektrona, može svrstati u postupke pogodne za mikro obrade najsitnijih delova. Međutim, to takođe nije njegova isključiva primena, s obzirom da se može veoma uspešno koristiti i za makro obrade, npr. za sečenje i zavarivanje čeličnih limova debljine i do 20 mm.

Takođe, za neke materijale ne postoje preporuke za faktore procesa obrade, a postoje zahtevi kupaca za takvu obradu. U tom slučaju od presudnog je značaja mišljenje operatera na osnovu njihovog znanja i iskustva.

U radu je prikazana laserska obrada rezanjem čelika S235JRG2 debljine 18 mm sa odgovarajućim parametrima režima obrade.

7. LITERATURA

1. Milikić D.: *Nekonvencionalni postupci obrade*, Priručnik za studije i praksu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
2. Lazić M.: *Nekonvencionalni postupci obrade*, Naučna knjiga, 1990.
3. <https://www.machinemfg.com/laser-cutter-components/>
4. <https://www.yueminglaser.com/laser-machine/laser-machine-1066.html>