



TEHNIKA I INFORMATIKA U OBRAZOVANJU

3. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 7–9. maj 2010.

TECHNICS AND INFORMATICS IN EDUCATION

3rd International Conference, Technical Faculty Čačak, 7–9th May 2010.

UDK: 615.849.19

Stručni rad

PRIMENA LASERA U RADNOJ SREDINI I MERE ZAŠTITE U SISTEMU KVALITETA

Milica Janković¹, Obrad Aničić²

Rezime: Laseri se danas koriste u skoro svim proizvodnim industrijama. U obradi metala laserska tehnologija ima mnogobrojne primene u bušenju, sečenju metalnih limova, zavarivanju i termičkoj obradi. U industrijskoj primeni sreću se različite vrste i konfiguracije laserskih mašina. Savremene konfiguracije laserskih mašina podrazumevaju različite konfiguracije lasera i mašina koje obezbeđuju kretanja. Snop laserskih zraka je novi univerzalni alat koji se koristi za različite vrste obrada. Čovečji organizam je osetljiv na dejstvo laserskog zračenja. U cilju zaštite čoveka potrebno je preduzeti odgovarajuće mere zaštite. Doprinos ovog rada ogleda se u identifikaciji aspekata i procesnog pristupa rada i zaštite od lasera, gde je iniciran potpuno novi metod vrednovanja uticaja u radnoj sredini.

Ključne reči: laser, zračenje, laserske mašine, mere zaštite, sistem kvaliteta

PROTECTIVE MEASURES IN WORKING WITH LASER MACHINES

Summary: Lasers are now used in cutting metal sheets almost all manufacturing industries. In metal processing, laser technology has numerous applications in drilling, sheet metal cutting, welding and heat treatment. In industrial application nowadays various types and constructions of laser machines are found. The modern configurations of laser machines imply various configurations of lasers and machines for movements. The laser beam is a new universal cutting tool. The human organism is sensitive to the action of laser radiation. For the purpose of protection human adequate protective measures are being undertaken. The main contribution of this paper is in the phase of identification of aspects through process approach and protective measures, where a completely new method of evaluation of influences is initialized.

Key words: laser, radiation, laser machines, protective measures, quality system

¹ Milica Janković, prof., OŠ „Živan Maričić“, Kraljevo, E-mail: zmaricic@ptt.rs

² Obrad Aničić, dipl. inž. maš., prof., OŠ „Jovan Dučić“, Kraljevo, E-mail: oanicic@gmail.com

1. UVOD

Laser (pojačanje svetlosti stimulisanom emisijom zračenja) je generator koherentnog i usmerenog elektromagnetskog zračenja i optički kvantni generator. Princip rada lasera zasnovan je na zračenju laserskog materijala pri stimulisanom prelazu atoma ili molekula sa višeg na niži energetske nivo. Apsorpcijom kvanta svetlosti-fotona ili nekim drugim pobudjivanjem, čestica materije (atom, molekul, jon) prelazi iz osnovnog stanja, sa najnižom energijom, u stanje sa većom energijom (pobudjeno stanje). Pobudjeno stanje je nestabilno, pa se čestica ubrzo vraća u osnovno, predajući višak energije drugim česticama ili emituje foton. Emisija fotona može da bude izazvana nailaskom na pobudjenu česticu materije drugog fotona iste energije i talasne dužine i tada imamo stimulisano zračenje. U ovom slučaju fotoni imaju istu fazu i smer te je stimulisano zračenje koherentno i usmereno. Zračenje lasera je po svojoj prirodi svetlosno, ali se razlikuje od zračenja termičkog izvora po velikoj spektralnoj gustini energije, monohromatičnosti, velikoj dužini koherencije talasa, stacionarnom frontu talasa u snopu i velikoj stabilnosti zračenja.

2. PRINCIP RADA LASERA

Laserska obrada materijala zasnovana je na pretvaranju visoko-koncentrisane svetlosne energije, dobijene stimulisanim zračenjem u toplotnu. Snop laserskih zraka, fokusiran na radni prečnik, postao je univerzalni alat koji praktično može da obradjuje sve vrste materijala. Za razliku od konvencionalnog alata, on se ne mora nabavljati za proizvodnju niti skladištiti. Pri radu sa laserima postoji mogućnost da čovečji organizam ili deo tela bude izložen laserskom zračenju. Dejstvo laserskog zračenja na čovečji organizam ispoljava se u vidu svetlosnog i toplotnog efekta. Svetlosni efekat izaziva oštećenje organa vida dok toplotni efekat stvara opekotine kože. Primena lasera u industriji, za obradu materijala, merenje i kontrolu kvaliteta, nameće potrebu za preduzimanje mera bezbednosti i zdravlja na radu i okoline od laserskog zračenja i posledica laserskog zračenja.

Laserske mašine za industrijsku primenu su počele da se izradjuju pre tridesetak godina. Razvoj je tekao vrlo brzo i u današnje vreme se u svetu godišnje instalira preko 3000 laserskih mašina za obradu materijala. Pri projektovanju i izradi laserskih mašina kombinuju se iskustva stečena pri izradi konvencionalnih mašina sa nekonvencionalnim osobinama laserske obrade. Laserska obrada je zasnovana na primeni laserskog zračenja za obradu materijala zagrevanjem, topljenjem ili isparavanjem. U zavisnosti od talasne dužine laserskog zračenja, količine energije u konkretnom slučaju, stepenu fokusiranja kao i termofizičkih i optičkih osobina materijala obradka postižu se različiti tehnološki efekti koji podstiču veliko interesovanje za oblast laserske tehnologije. Mogućnost primene usko je povezana sa korišćenjem pogodnih manipulatora i tehnologija koje omogućavaju najbolje iskorišćenje laserskog zračenja. Ovaj proces je u osnovi svakog postupka laserske obrade.

Koji će se od njih ispoljiti zavisi od: gustine snage laserskog zračenja, vremena interakcije snopa laserskih zraka i materijala obradka i specifične energije potrebne za određenu obradu. Gustina snage laserskog zračenja 10^4W/cm^2 i vreme interakcije 10^{-2} - 10^{-1} s koristi se za termičku obradu (kaljenje), gustina snage 10^5 - 10^6W/cm^2 i vreme interakcije 1-10ns koristi se za zavarivanje, gustina snage 10^6 - 10^8W/cm^2 i vreme interakcije 1-10ns koristi se za bušenje i sečenje dok gustina snage veća od 10^8W/cm^2 omogućava eksplozivno uklanjanje materijala. Pogodnost lasera, kao svetlosnog i toplotnog izvora, za obradu materijala rezultat je jedinstvenih karakteristika snopa laserskih zraka. Talasna dužina,

snaga, vremenski oblik i transverzalna modna struktura određuju način na koji snop laserskih zraka zagreva materijal. Ti faktori određuju izbor lasera za određenu primenu, ali se pri tome ne sme zanemariti cena i ekonomičnost laserske mašine. Dejstvo laserskog zračenja na čovečji organizam ispoljava se u vidu svetlosnog i toplotnog efekta.



Slika 1: Primena lasera u medicini

3. LASERI ZA OBRADU METALA

U metaloprerađivačkoj industriji laseri su našli primenu za obradu metala, merenje i kontrolu kvaliteta. U obradi metala laseri se koriste za: bušenje, sečenje, obeležavanje, konturnu obradu, zavarivanje i termičku obradu. Laserske mašine se sastoje od: lasera, optičkog sistema za prenos snopa laserskih zraka, obradne glave, koordinatnog radnog stola, sistema za napajanje energijom i upravljačke jedinice. Laser stvara uniformni, sa mogućnošću fokusiranja, svetlosni snop laserskih zraka koji može biti koncentrisan i usmeren sa velikom preciznošću. Snop laserskih zraka predstavlja alat u obradnom sistemu. Optički sistem za prenos snopa laserskih zraka predstavljaju pogodno realizovani manipulatori (teleskopske cevi i ogledala) koji prenose snop laserskih zraka od lasera do obradne glave. U obradnoj glavi se vrši fokusiranje snopa laserskih zraka na radni prečnik od 0.2 mm pri čemu se dobija gustina snage od preko 10^8 W/cm^2 . Fokusirani snop laserskih zraka, uz pomoć mlaza radnog gasa, se koristi za obradu. Koordinatni radni sto obezbeđuje kretanja koja su usaglašena sa potrebama laserske mašine. Sistem za napajanje energijom se sastoji od: sistema za napajanje laserske mašine električnom energijom, sistema za napajanje lasera smešom gasova kada se radi o CO_2 laseru i sistema za napajanje obradne glave radnim gasom (O_2 , Ar, N_2 ili vazduh).

Tabela 1. Karakteristike lasera za obradu metala

Laser	λ	Zračenje	Snaga	Primena
<i>Excimer</i>	<i>193-248nm</i>	<i>ultra-ljubičasto</i>	<i>$5 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7 \text{ W}$</i>	<i>Spektroskopija Fotohemija Obrada materijala</i>
<i>He-Ne</i>	<i>632nm</i>	<i>vidljivo (crveno)</i>	<i>$< 1 \text{ W}$</i>	<i>Merna tehnika</i>
<i>Rubin</i>	<i>693nm</i>	<i>vidljivo (crveno)</i>	<i>$1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4 \text{ W}$ $100 - 200 \text{ W}$</i>	<i>Bušenje</i>
<i>Nd-YAG</i>	<i>$1,06 \mu\text{m}$</i>	<i>infracrveno</i>	<i>10^6 W 500 W</i>	<i>Sečenje, bušenje, fino zavarivanje</i>
<i>CO_2</i>	<i>$10,6 \mu\text{m}$</i>	<i>infracrveno</i>	<i>$< 5 \cdot 10^3 \text{ W}$ $2 - 2,2 \cdot 10^4 \text{ W}$</i>	<i>Sečenje, bušenje, obeležavanje, zavarivanje, termička obrada</i>

Laser i optički sistem za prenos snopa laserskih zraka se hlade najčešće vodom. Upravljačka jedinica je kompleksan hardware i software sistem čiji je zadatak da procesira blokove programskih informacija, kontroliše višeosna pomeranja, parametre lasera, parametre obrade i senzore.

4. OPASNOSTI U RADU SA LASERIMA

Ovu sekundarno zračenje ne filtriraju zaštitne naočari nemenjene infracrvenom zračenju. Moguća je i refleksija laserskog zračenja od predmeta koji se obradjuje. Osim opasnosti po osoblje od laserskog zračenja, laserska mašina može da izazove i druge opasnosti kao što su vatra ili električni udar. Većina lasera koristi visoke napone (> 1 kV), a posebno su opasni impulsi laseri zbog uskladištene energije u baterijama kondenzatora. Zahvaljujući velikoj snazi koju ima, snop laserskih zraka može zapaliti najveći broj konvencionalno zapaljivih materijala. Pri radu sa laserom u toku sečenja, bušenja i zavarivanja dolazi do isparavanje materijala i stvaranja produkata reakcije odnosno do zagađenja atmosfere. Gasovi se oslobadaju i iz lasera sa protočnim gasom ili usled sporednih produkata laserskih reakcija. zatim iz sredstava za hladjenje. Tu su prisutni i pomoćni gasovi u obradnom procesu. Izvori laserskog zračenja, na osnovu inteziteta, a u cilju zaštite podeljeni su u 4 klase. Laserske mašine za obradu metala poseduju lasere klase 4. U lasere klase 4 spadaju laseri velike opasnosti koji imaju veliku snagu i energiju u oblasti vidljivog, ultraljubičastog i infracrvenog spektra zračenja. Ovi laseri moraju imati nalepnicu, odnosno oznake koje upozoravaju na opasnost od zračenja. Rad laserskih mašina može predstavljati opasnost ne samo za korisnika već i za druge ljude na znatnom rastojanju. Zbog ove potencijalne opasnosti samo osobe kpoje su obučene za rad treba da upravljaju takvim mašinama.

Tabela 2. Pregled patoloških efekata usled zračenja

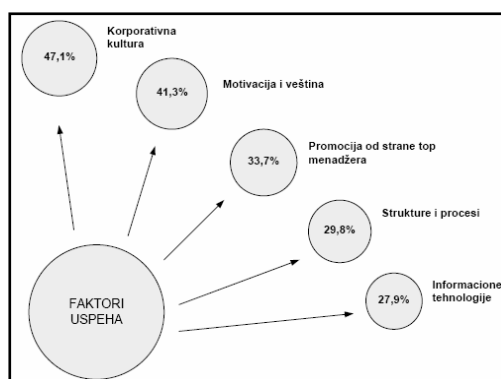
Spektralna oblast	Oči	Koža
Ultraljubičasta (od 180 do 280 nm)	Fotokeratitis	Eritem- opekotine Ubrzano starenje kože
Ultraljubičasta (od 280 do 315 nm)		
Ultraljubičasta (od 315 do 400 nm)	Fotohemijski katarakt	Pigmentno zatamnjnje Fotoosetljive reakcije Opekotine kože
Vidljiva (od 400 do 780 nm)	Fotohemijsko i termičko oštećenje mrežnjače	
Infracrvena (od 780 do 1400 nm)	Katarakt, opekotine mrežnjače	
Infracrvena (od 1,4 do 3,0 μ m)	Vodeni plik, katarakt, opekotine	
Infracrvena (od 3,0 μ m do 1 mm)	Opekotine rožnjače	

5. MERE BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA

Zaštita od laserskog zračenja obuhvata: tehničke mere zaštite, upotrebu ličnih zaštitnih sredstava, administrativne, organizacijske i medicinske mere zaštite, u okviru bezbednosti i zdravlja na radu. Laser sme da radi samo u kontrolisanom prostoru (prostor u kojem se obavlja aktivnost koja podleže kontroli i nadzoru u cilju zaštite od opasnosti od laserskog

zračenja). Prostorije u kojima se nalaze laseri trebaju ispunjavati određene radne i bezbednosne uslove. Svaka laserska mašina mora imati zvučno ili vizuelno upozorenje kada je laser uključen. Svako vizuelno sredstvo za upozorenje mora biti jasno vidljivo kroz zaštitne naočari posebno napravljene za talasne dužine emitovanog laserskog zračenja. Vizuelna sredstva za upozorenje moraju se tako postaviti da njihova gledanja ne zahteva izlaganje laserskom zračenju većem od dozvoljenih granica zračenja. Kontrolisani prostor je prostor u kojem se obavlja aktivnost koja podle`e kontroli i nadzoru u cilju zaštite od opasnosti od laserskog zračenja. Prostorije u kojima se nalaze laseri trebaju ispunjavati određene uslove:

- ❑ površina prostorije ne sme biti manja od 20 m². Po jednom licu treba biti 4-5 m² površine poda i 15-20 m³ zapremine;
- ❑ za lasere snage veće od 1 kw, koji se koriste u industrijskim pogonima trebaju biti obezbedjeni posebni uslovi;
- ❑ komandna mesta trebaju biti udaljena najmanje 1m, ako su laseri postavljeni u jednom redu, odnosno 1,2m ako su postavljeni u dva reda;
- ❑ laserska mašina mora biti udaljena najmanje 0,8m od zida;
- ❑ koeficijent refleksije zida može biti najviše 0,4.



Slika 2. Menadžment znanja u radu sa laserima

Svaka laserska mašina mora imati zvučno ili vizuelno upozorenje kada je laser uključen. Sredstvo za upozorenje mora biti bezbedno i u slučaju otkaza mašine. Svako vizuelno sredstvo za upozorenje mora biti jasno vidljivo kroz zaštitne naočari posebno napravljene za talasne dužine emitovanog laserskog zračenja. Vizuelna sredstva za upozorenje moraju se tako postaviti da njihovo gledanja ne zahteva izlaganje laserskom zračenju većem od dozvoljenih granica zračenja. Lična zaštita sprovodi se zaštitnim sredstvima za zaštitu oči i zaštitu kože. U lična zaštitna sredstva spadaju: zaštitne naočare, štitnik za oči i zaštitna odeća. Za zaštitu oči neophodno je obezbediti specijalne naočare sa filtrima koji obezbeđuju visoku moć apsorpcije zraka laserskog zračenja. Zaštita kože obezbeđuje se nošenjem odeće od materijala tamne boje, koji apsorbuje laserske zrake. Pre svega treba koristiti crnu, tamnoplavu i tamnozeleno boju. Za zaštitu šaka koriste se rukavice od kože ili filca tamne boje. Za zaštitu glave neophodno je koristiti zaštitnu masku ili kapuljaču od platna. Zakonskim merama, odnosno standardima, propisima i upustvima treba biti regulisan rad sa laserskim mašinama, dozvoljen nivo zračenja, obele`avanje lasera, klasifikacija lasera i potrebna zaštitna sredstva. Pristup laserskoj mašini za vreme rada lasera smeju da imaju samo osobe koje nose propisane zaštitne naočare i zaštitnu odeću.

Administrativne mere zaštite su netehničke mere bezbednosti kao što su: nadzor zaključavanjem, obuka osoblja o merama bezbednosti, znaci upozorenja, procedure upotrebe i kontrole bezbednosne zone. Laseri moraju imati uputstvo za rad i pravilnik o zaštiti na radu. Lica koja rade sa laserima moraju biti pod lekarskom kontrolom. Ova kontrola obuhvata: predhodni pregled, periodični pregled i vanredni pregled. Predhodni pregled se obavlja pre stupanja na rad sa izvorima zračenja. Ovim pregledom se utvrđuje zdravstvena sposobnost radnika za rad sa laserima. Ovi podaci kasnije služe kao dokumentacija u slučaju docnijih oštećenja organa i tkiva. Periodični pregled obavlja se jednom godišnje. U nekim zemljama kontrolni pregled se obavlja posle svaka tri meseca. Pri akcidentnoj ekspoziciji obavlja se vanredni pregled i to odmah posle akcidenta. Metodologija predhodnih, periodičnih i vanrednih pregleda se ne razlikuje, a ne razlikuju se ni parametri posmatranja. Oštećenja izazvana laserskim zracima nalaze se na listi profesionalnih oboljenja.

6. ZAKLJUČAK

Primenom lasera povećan je kvalitet rada i fleksibilnost proizvodnje i dijagnostike. U vojnoj tehnici, industriji i medicini danas se sreću laserske mašine-aparati različite namene, konstrukcije i sa različitim vrstama lasera. Čovečji organizam je osetljiv na dejstvo laserskog zračenja. U cilju zaštite čoveka laseri su podeljeni u četiri klase, od bezopasnih do velike opasnosti. Zavisno od talasne dužine laserskog zračenja i snage lasera, preduzimaju se odgovarajuće mere tehničke, lične, administrativne, organizacijske, vojne i medicinske zaštite. U tom cilju potrebno je upozoriti na opasnost od laserskog zračenja pomoću oznaka, natpisa i uputstava, smanjiti mogućnost povreda svodeći na minimum nepotrebno izlaganje zračenju i povećati kontrolu opasnosti od laserskog zračenja pomoću mera zaštite i obezbeđujući bezbednosnu upotrebu. Cilj mera bezbednosti i zdravlje na radu je, da se smanji mogućnost izlaganja opasnim nivoima laserskog zračenja ili drugim opasnostima koje su sa njima u vezi.

7. LITERATURA

- [1] Lazarević D., Radovanović M. Nekonvencionalne metode, obrada materijala odnošenjem, Mašinski fakultet, Niš, 1994.
- [2] Radovanović M., Nikolić D., Stošić M., Biočanin R. Laseri za obradu materijala, opasnost u radu i mere zaštite, "Preventivni inženjering", Beograd, 1998.
- [3] Milićević S. Biološki efekti laserskog zračenja, Laseri i aplikacije, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 1990.
- [4] Milićević S. Preventivne mere zaštite od laserskog zračenja, Laseri i aplikacije, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 1990.
- [5] Bezbednost laserskih proizvoda, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1997.
- [6] ISO 9000, Kvalitet životne i radne sredine, Naučni institut bezbednosti i zaštite na radu "1.maj", Niš, 1995.
- [7] Milićević S. Biološki efekti laserskog zračenja, Laseri i aplikacije, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 1990.
- [8] JUS IEC 825-1, Bezbednost laserskih proizvoda, Savezni zavod za standardizaciju, 1997.