

## » Vlasknasti laseri uspješno zavaruju teško zavarive materijale

**Doc. dr. Damjan Klobčar**

Dok su vlaknasti laseri široko primjenjivani za zavarivanje i rezanje metala, postoji nekoliko aplikacija, u kojima i dalje nisu osigurani idealni rezultati. Zavarivanje pocinčanog čelika i aluminijskih legura su dva tipična primjera. U članku je predstavljena nova izvedba tehnologije vlaknastih lasera, koji uklanja dosadašnja ograničenja vlaknastih lasera u tim aplikacijama.

### Zavarivanje pocinčanog lima

Različite vrste pocinčanih čeličnih limova se u velikoj mjeri primjenjuju u automobilima, pa i drugim aplikacijama, gdje je problematična korozija, primjerice za poljoprivrednu opremu ili u građevinarstvu. U prošlosti je zavarivanje pocinčanog lima u spoju bez zazora predstavljalo veliki izazov za lasersko zavarivanje, jer cink ima bitno nižu temperaturu tališta od čelika. Pri laserskom zavarivanju cink prvo ishlapi, što stvara tlak plina, koji može raznijeti rastaljeni čelik. To može uzrokovati neujednačeni zavareni spoj i štrcanje, čije je tragove potrebno naknadno očistiti. Tu dinamiku nije moguće jednostavno kontrolirati s pomoću jedne fokusne udaljenosti, jer potrebna laserska snaga za stvaranje i održavanje spoja uzrokuje i turbulentnu i nestabilnu taljevinu zavara. Taj izazov se ublažava bilo s izradom bradavica, ili s dodavanjem distancera između metalnih limova, tako da se ostvari dovoljan prostor (~ 0,1-0,5 mm) za kontrolirano odzračivanje isparenog cinka u stranu umjesto na vrh spoja. Jedan od većih izazova pri tom postupku je održavanje male praznine između limova pri zavarivanju kompleksnog trodimenzijskog oblika, kao što su primjerice vrata automobila. Bitno lakše je izraditi stezala, koja čvrsto stegnu pripremljene za zavarivanje.

### Lasersko zavarivanje aluminijskih legura

Električni automobili postaju sve omiljeniji kod potrošača, što stvara sve veću potrebu za zavarivanjem aluminijskih kućišta litijevih baterija, koje se primjenjuju kod tih vozila. Proizvođač akumulatorskih baterija mora točno zavariti gornji dio kućišta baterije, kako bi dobio hermetički zabrtvljenu bateriju u čitavom vijeku trajanja komponente. Pri tome je važno, da spoj sprječava prodor vlage, jer voda snažno reagira s litijem, što stvara plin i tlak,

koji bi mogli uništiti bateriju. Pored toga je važno, da postupak zavarivanja ne uzrokuje štrcanje, jer metalne čestice (kao i vlaga) stvaraju unutrašnje tokove propuštanja, koji mogu uzrokovati kratki spoj baterije. Zavareni spoj mora biti i mehanički dovoljno čvrst, da izdrži gruba opterećenja, pa čak i sudar. Brtvljenje kućišta aluminijske baterije se tradicionalno izvodi s laserskim provodnim zavarivanjem, jer su stijenke akumulatora tanke (< 1 mm). Iako je primjena provodnog zavarivanja izazov, želimo postići čvrste zavare, s dovoljnom penetracijom i dovoljno malom poroznošću, kako bi se spriječio prodor vlage. Zavarivanje s većim unosom energije laserske zrake omogućuje izradu dubljih zavara s parnim načinom zavarivanja. Pri tome se pojavljuje opasnost od deformacija kućišta te obično i nepoželjno štrcanje.

### Tehnologija FL-ARM

Dosadašnje metode za uklanjanje poteškoća sa štrcanjem, do kojeg dolazi pri zavarivanju određenih materijala s vlaknastim laserima, uključivale su izvođenje laserskog zavarivanja u tlačnoj komori s podtlakom (u području milibara), ili s drastičnim smanjenjem brzine zavarivanja. Međutim, ti zahvati smanjuju učinkovitost ili stvaraju praktične poteškoće koje poništavaju prednosti primjene vlaknastih lasera.

Donedavno nije bilo tehnologije, koja bi omogućavala jednostavno upravljanje snagom laserske zrake za jednostavnu kontrolu dinamike taljevine zavara, koja bi omogućavala produktivnost i koju bi bilo moguće jednostavno implementirati. Opsežni razvojni radovi u Coherentovim laboratorijima za aplikacije u gradu Tampere u Finskoj, omogućili su razvoj novog rješenja koje omogućuje brzo zavarivanje bez štrcanja. To se postiže s promjenom intenziteta profila fokusirane laserske točke na obradak tako, da se znatno udalji od tradicionalne, jednostupanske Gaussove distribucije laserske energije. To istraživanje je pokazalo, da zraka sastavljena od Gaussove razdiobe i zajedno s drugim koncentričnim profilom laserske svjetlosti, često osigurava učinkovito rješenje. Tu neuobičajenu konfiguraciju u fokusnoj točki vlaknastog lasera možemo



**Doc. dr. Damjan Klobčar** • Fakultet za strojarstvo,  
Sveučilišta u Ljubljani

postići s primjenom specijaliziranog prstena Coherent's FL-ARM, koji sadrži vlakno za objedinjavanje i isporuku. To vlakno je tradicionalno sastavljeno od kružne jezgre obuhvaćene s vlaknom oblika obruča. Te sustave možemo načiniti objedinjavanjem jednog do četiri odvojena vlaknasta lasera, čime osiguravamo ukupnu maksimalnu snagu 2,5 do 10 kW. Bez obzira na vrstu konfiguracije ili aplikacije, u svim slučajevima zajednički profil zrake (to je snaga u sredini i u obruču) možemo na zahtjev neovisno podesiti. Odvojeni sustavi za upravljanje snagom sa zatvorenom petljom za središnju zraku i zraku obruča osiguravaju i izvrsnu stabilnost u čitavom području podešavanja snage, koja je od 1 % do 100 % najveće nazivne izlazne snage. Zrake iz jezgre i obruča mogu se



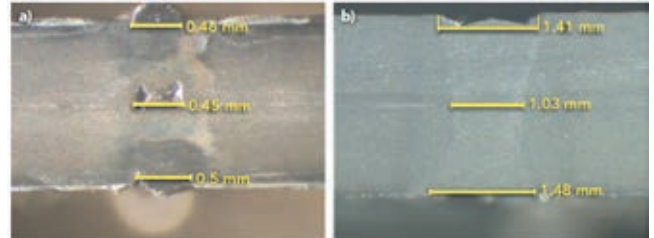
Basic FL-ARM focused spot power patterns



» Slika 1. Pojednostavljeni prikaz vlakna ARM i pet osnovnih uzoraka snage u fokusnoj točki.

neovisno modulirati pri frekvencijama do 5 kHz.

U takvom načinu upravljanja (slika 1) postoji gotovo neograničeni broj mogućih kombinacija omjera snage unutrašnje i vanjske zrake. Unatoč tome, zrake možemo objediniti u konfiguracije, prikazane na slici 1. Te osnovne uzorke možemo zatim mijenjati, kako bismo osigurali široki spektar procesnih karakteristika za optimalno zavarivanje raznih aplikacija.



» Slika 2. Makroobris laserskog zavarenog spoja na pocinčanim limovima debljine 1,25 mm zavarenim vlaknastim laserom bez zazora između limova pri brzini zavarivanja 3,3 m/min. Pri takvim uvjetima, klasični oblik laserske zrake izrađuje zavarene spojeve s greškama (a), a primjena FL-ARM tehnologije izrađuje zavar s ujednačenim prozivanjem i bez poroznosti (b).

### Aplikacije za primjenu novog vlakna

Testiranje te tehnologije na pocinčanim čeličnim limovima je dokazalo uspješnu izvedbu zavarivanja bez pripreme zazora između limova. U tom slučaju je zraka sastavljena od središnje zrake i zrake iz obruča, suprotno od tradicionalne jednostruke laserske točke. Vanjski kolut laserskog svjetla u prvom redu služi za zavarivanje,

# DIKTIRAMO TEMPO



NOVO

Baš poput motorističkih utrka na Moto GP, naši roboti se natječu u industriji.

Najavljujemo početak utrke s novim natjecateljima: MOTOMAN GP7 i MOTOMAN GP8! Izrazito brzi, oni samosvjesno diktiraju tempo. Veća ubrzanja, brži taktovi i vrijeme pokretanja. Roboti serije MOTOMAN GP su spremni za "veliku nagradu".

Vašem poduzeću će povećati učinkovitost i poboljšati ekonomičnost.

## YASKAWA

**AAA**<sup>®</sup>  
Highest Creditworthiness Rating  
2016

iako se postupak dijeli u dva koraka. Prvo vodeći rub vanjskog obruča prethodno zagrije pripremak, dok se dodatno potrebna energija za zavarivanje dobiva preko stražnje strane obruča. Razdioba raspoložive laserske energije na dva dijela i zagrijavanje veće površine uzrokuje veći bazen taljevine zavara i smanjuje temperaturni gradijent u materijalu, što smanjuje štrcanje (slika 2).

Istodobno središnja zraka održava spoj (pri nižim temperaturama kao i na rubovima), koji potisne rastaljeni materijal na stranu. To omogućuje da se cinkovi plinovi lagano oslobađaju kroz središte spoja, a da pri tome ne dolazi do štrcanja, čak i ako su dijelovi bez zazora između limova. Kako je vanjski obruč laserske zrake rotacijski simetričan, nije potrebno mijenjati usmjerenost zrake, da bismo pratili smjer zavarenog spoja, koji se može bitno mijenjati na razvijenom ili oblikovanom pripremu. To vrlo olakšava provedbu zavarivanja.

Prekrivno zavarivanje se može jednostavno uspješno izvesti primjermom vlaknastog lasera FL-ARM. Rezultat je čvrsti zavar bez deformacija. Pri tome se primjenjuje laserska zraka, koja je sastavljena od središnje zrake i zrake u obruču.

Taj pristup djeluje i pri zavarivanju aluminijskih legura, jer vodeći rub obručaste laserske zrake povisuje temperaturu aluminijske legure na dovoljno visoku razinu, da poveća apsorpciju laserske zrake određene valne duljine. Zatim središte zrake ostvaruje spoj, koji je radi predgrijavanja iznimno stabilan. Stražnji rub obručaste laserske zrake održava taljevinu zavara dovoljno dugo na odgovarajućoj temperaturi, da omogućiti rasplinjavanje taljevine zavara. Kako je spoj stabilan i materijal ne očvrstne prebrzo, čitav proces zavarivanja je dosljedniji i procesni prozor veći. Konačni rezultat zavarivanja prikazan je na slici 3. Nastali zavar je ujednačen, ima jednaku dubinu penetracije i višu kvalitetu zavara bez propusnosti, a zavarivanje se odvija bez štrcanja.



» Slika 3: Makroobris prekrivnog zavarenog spoja na aluminijskoj leguri serije 5000 debljine 1,6 mm, gdje je bila postignuta veća penetracija, zavar bez poroznosti, a tijekom zavarivanja nije došlo do štrcanja taljevine.

Vlaknasti laseri se primjenjuju u brojnim industrijskim procesima, no niti jedna pojedinačna izvedba sustava nije optimalna za bilo koju primjenu. To je razlog, da su proizvođači laserskih uređaja, kao što je Coherent | Rofin, razvili široku paletu različitih laserskih sustava. Društvo zatim te proizvode povezuje s opsežnim procesnim znanjem, da proširi njihovu primjenjivost, što donosi bolje rezultate spajanja, koji se pokazuju kao smanjeno štrcanje, poboljšanje produktivnosti i smanjenje proizvodnih troškova za korisnike.

#### Izvor

- Jarno Kangastupa, Fiber laser enables successful welding of difficult materials, Industrial laser solutions for manufacturing, March/April 2018, [www.coherent.com](http://www.coherent.com).

## » CastForge – dobar početak: registrirano je više od 100 izlagača

**Messe Stuttgart je s tvrtkom Rosswag GmbH privukao 100-tog izlagača za CastForge. Sajam za odljevke i otkivke sa strojnom obradom, održavao se od 5. do 7. lipnja 2018. u Stuttgartu. Sudjelovanje brojnih tvrtki i udruženja iz inozemstva potvrđuje međunarodni značaj događaja.**

»S oduševljenjem smo očekivali podatak, koja tvrtka će biti 100-ti izlagač. Vrlo nas raduje da je to Rosswag GmbH, jedna od vodećih tvrtki na području tehnologije kovanja,« tvrdi Gunar Mey, direktor odjela za industrijska rješenja u Messe Stuttgart.

Neposredno prije registracije tvrtke Rosswag GmbH, dobili su i prijavu društva Odlewnia Żeliwa Śrem tj. grupacije PGO, koja je najveći proizvođač odljevaka i otkivaka u Poljskoj. Njihov potpredsjednik Andrzej Bulanowski pojašnjava: »CastForge je prvi sajam za odljevke i otkivke sa strojnom obradom i za nas je izvrsna prilika za predstavljanje naših proizvoda. Pored toga je regija DACH (Njemačka, Austrija i Švicarska) naše vrlo važno prodajno tržište. Sajam nam daje izvrsnu priliku za uspostavljanje poslovnih kontakata i dobivanje novih kupaca.«

Izagač s registarskim brojem 98 je Giesserei Elsterberg GmbH. Tvrtka nudi široku paletu proizvoda za serijske dijelove od lijevanog željeza. Predsjednik Karl-Heinz Köhler pojašnjava: »CastForge 2018 je izvrsna prilika za predstavljanje u jednom od najvećih urbanih središta u Njemačkoj. Radi pozitivnih gospodarskih uvjeta i velike potražnje, očekujemo zanimljive strukovne susrete s potencijalnim korisnicima

naših proizvoda i posljedično mnogo novih poslovnih kontakata.«

Savez ljevačkih tvrtki Češke je također uvjeren u kvalitetu i važnost sajma. U četrnaest dana se za zajednički prostor prijavilo osam članova. Predsjednik udruženja, Josef Hlavinka: »Taj sajam jedini je, koji je specijaliziran za odljevke i otkivke. Trenutačno imamo dovoljno narudžbi, no naše tvrtke gledaju u budućnost. Stoga se želimo predstaviti na tom sajmu.« Njemačka je važno tržište za Češku. »Naša industrija je ovisna prije svega o izvozu. Izvozimo oko 80 posto čitave proizvodnje, od čega približno 70 posto u Njemačku,« dodaje Josef Hlavinka.

Messe Stuttgart je vrlo primjerena lokacija za CastForge. Jugoistočna Njemačka je jedno između najvećih čvorišta proizvodne industrije u Europi. Sajamski prostor ima dobru prometnu povezanost, što znači, da se posjetitelji iz Njemačke i inozemstva mogu udobno dovesti na sajam automobilom, javim prijevozom ili zrakoplovom. Ne manje važno, Messe Stuttgart udružuje visoku industriju i organizacijsku osposobljenost, jer je na svojim industrijskim sajmovima imao već više od 3.200 izlagača i više od 125.000 posjetitelja.

#### O CastForge

Kao sajam CastForge se usredotočuje na odljevke i otkivke te njihovu obradu. Industrija se po prvi puta sastala u Stuttgartu između 5. i 7. lipnja 2018. godine i predstavila svoju jedinstvenu paletu proizvoda i usluga. Međunarodni izlagači su svoje proizvode predstavili širokom krugu posjetitelja s područja strojarstva, građevinarstva, automobilske i pogonske tehnike, građevinskih strojeva, crpki i hidrauličkog inženjersva. Messe Stuttgart se nalazi tik uz međunarodnu zrakoplovnu luku Stuttgart i ima izravnu vezu na autocestu A8.

» [www.messe-stuttgart.de](http://www.messe-stuttgart.de)