

ŽICE ZA LASERSKO VARJENJE

ORODNIH JEKEL

Janez Tušek, Klemen Pompe

Izvleček:

Članek opisuje varilne žice za lasersko varjenje. Opisana so orodja, kalupi in orodna jekla, ki jih varimo lasersko s tankimi žicami. Na kratko je podan opis, kako lahko izdelamo žice za lasersko varjenje iz žic, namenjenih za varjenje orodij po postopku TIG. Opisane so napake na varilnih žicah, ki se pojavijo med izdelavo, če celoten proces vlečenja in tanjšanja žic ni povsem pravilen. Na koncu članka so podani zaključki.

Ključne besede:

varilna žica, tanjšanje žic, lasersko varjenje, orodje, orodno jeklo

1 Uvod

Lasersko varjenje orodnih jekel je v zadnjem desetletju doživelo velik razvoj in se v industriji zelo uporablja. Najpogosteje ga uporabljamo za reparaturno varjenje delov orodij, ki so obrabljena, razpokana ali kako drugače poškodovana. Od orodij najpogosteje varimo tista, ki so namenjena za tlačno litje barvnih kovin in orodja za brizganje plastike. Reparatura laserska varjenja v večini primerov varimo ročno, kar pomeni, da operater na laserski napravi ročno dodaja tanko varilno žico in z drugo roko premika optično varilno glavo z laserskim žarkom po določeni poti oziroma konturi. To počne s posebnim mehanizmom ali krmilno palico. V novjšem času se pojavljajo roboti za lasersko reparaturno varjenje, toda njihovo programiranje je zamudno. Napake na orodjih, ki jih moramo odpraviti z laserskim varjenjem, so pogoste zelo majhne, variti je treba v prisilnih legah, v kotih in v ozkih špranjah. Vse to pa opravimo hitreje in dovolj dobro, če varimo ročno.

Žice za lasersko varjenje razlikujemo glede na kemično sestavo, premer in glede na obliko, ki se dobi na trgu. To slednje pomeni, da so žice lahko ravne kot palice ali navite na kolut.

2 Eksperiment

Orodje je vsak pripomoček ali sredstvo, ki človeku olajša opravljati določena opravila. Delimo jih po zelo različnih merilih. Od vseh orodij zahtevamo odlične mehanske lastnosti, kot so trdota, trdnost, obrabna obstojnost, odpornost na popuščanje in tudi čim večjo žilavost. Vse prej naštetih lastnosti

lahko dosežemo, če je orodje izdelano iz orodnega jekla in je toplotno obdelano. S toplotno obdelavo povečamo orodjem predvsem trdoto in obrabno obstojnost. Pri tem pa se zmanjša predvsem njihova žilavost. Prav pravo razmerje med trdoto in žilavostjo je merilo pri izbiri toplotne obdelave.

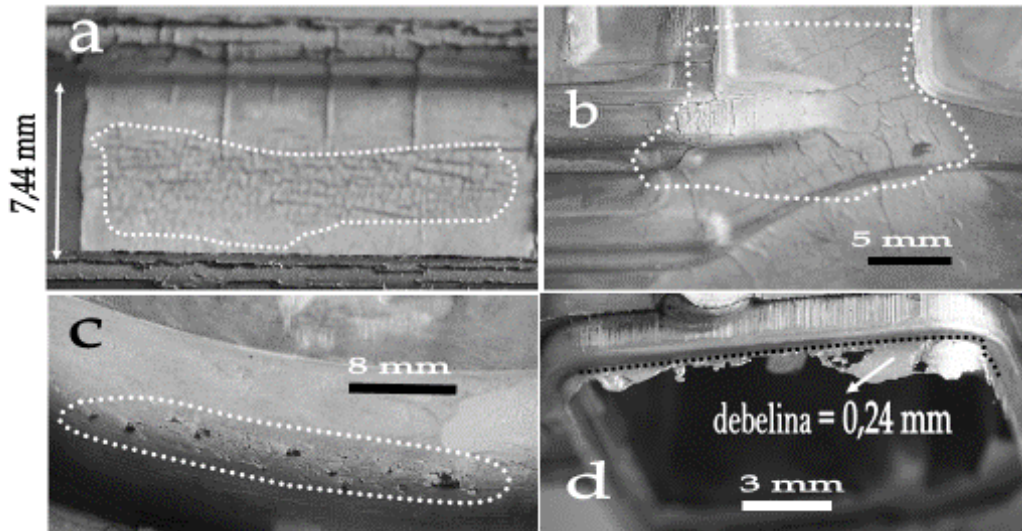
Orodja se med uporabo obrabljajo, razpokajo ali kako drugače poškodujejo. Varjenje je edina tehnologija, s katero je orodje možno sanirati in usposobiti za ponovno uporabo.

Orodja lahko delimo tudi glede na zahtevnost tehnologije reparaturnega varjenja. Glede na to jih delimo na orodja za preoblikovanje in odrezavanje, na orodja za brizganje plastike in na orodja za tlačno litje neželeznih kovin. Vsaka skupina naštetih orodij zahteva svojo varilsko tehnologijo, ki vključuje izbiro dodatnega materiala, varilnega postopka in dodatne ukrepe pred varjenjem, med njim in po njem.

V praksi najpogosteje reparaturno varimo orodja za tlačno litje neželeznih kovin. Napake, ki na teh orodjih nastanejo med uporabo, razdelimo v štiri skupine. Na sliki 1 so prikazane napake na ulitkih iz aluminija, nastale zaradi napak na orodjih. Na sliki so označene dimenzije, iz katerih se vidi, da so napake majhne glede površine in tudi glede globine. Za uporabnike aluminijevih ulitkov so te napake prevelike in za prakso niso sprejemljive, zato je treba orodja sanirati. Napake na orodjih, kot so označene na sliki 1, je smiselno sanirati z laserskim varjenjem z dodajanjem materiala.

Napaka z oznako a (*slika 1*) nastane zaradi abrazije površine, ko talina drsi po površini orodja. Napaka z oznako b so razpoke. Te so zelo različno velike, različno globoke in različno usmerjene. Nastanejo zaradi širjenja in krčenja materiala orodja med litjem. Ko se orodje segreje, se razširi in ko se ohladi, se krči. Tretja napaka z oznako c je napaka zlepa, ko se talina spoji s površino orodja. Po litju, ko uli-

Prof. dr. **Janez Tušek**, univ. dipl. inž., **Klemen Pompe**, univ. dipl. inž., TKC, d. o. o., Ljubljana



Slika 1 : Napake na ulitkih iz aluminija, ki so posledica napak na orodjih za tlačno litje [1]

tek vzamemo iz orodja, nastanejo na površini ulitka različno oblikovane manjše luknje. Srh je četrta napaka (oznaka d na sliki 1). Nastane zaradi obrabe površini na enem delu ali obeh delih orodja, ki se med litjem stikata.

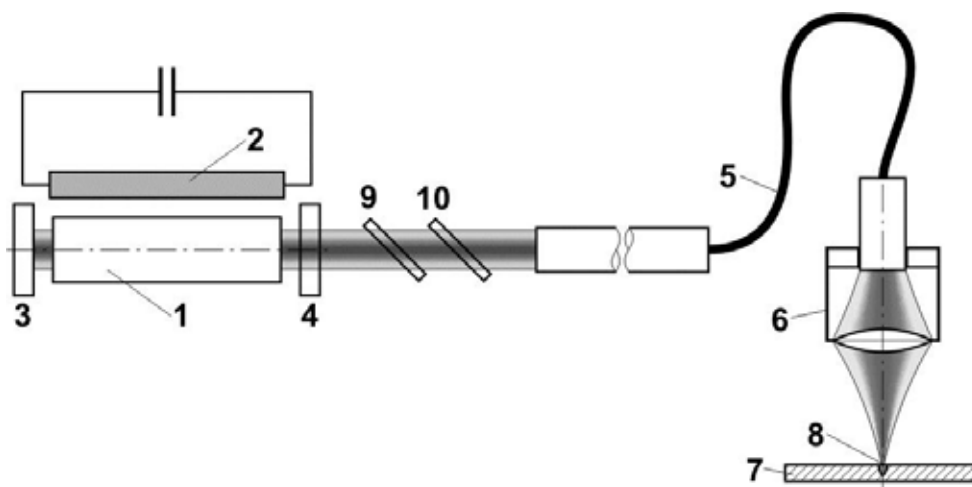
Vse te napake lahko odpravimo le z laserskim varjenjem z žicami premera 0,2 mm do 0,6 mm.

3 Splošno o laserskem varjenju

Laserski žarek je skoncentrirana svetloba samo ene valovne dolžine. Energija laserskega žarka je na enoto površine 10^3 -krat večja, kot je energija v varilnem obloku. V tem je največja prednost laserskega varjenja, ker z njim zelo hitro izdelamo var

brez omembe vrednega toplotno vplivanega področja okoli vara. Zaradi relativno majhne količine pretaljenega dodatnega in osnovnega materiala pri laserskem varjenju ne nastanejo obrobne zajede ob varu, kar je zelo pomembno za reparaturno varjenje orodij. To še posebno velja za orodja, ki imajo visoko polirane površine.

Glede na valovno dolžino poznamo laserje Nd:YAG, laserje CO_2 , diodne laserje, vlakenske laserje, ekscimerne laserje in še številne druge. Za reparaturno varjenje so se v praksi najbolj uveljavili laserji Nd:YAG z valovno dolžino 1064 nm in v zadnjem času vlakenski laserji z valovno dolžino okoli 1 μm . Na sliki 2 je prikazana naprava z laserjem Nd:YAG za ročno lasersko varjenje orodij, s katerim zelo pogosto reparaturno varimo orodja.

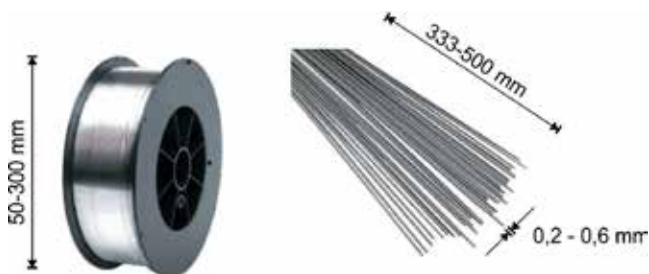


Slika 2 : Naprava za ročno lasersko varjenje; 1- Nd:YAG kristal, 2-bliskovka, 3,4 - zrcala, 5- optični kabel, 6- optični sistem za oblikovanje laserskega žarka, 7-varjenec, 8- var, 9- sistem za razdelitev energije žarka ali sistem za časovno krmiljenje žarka 10- varnostna zaslonka [2]

4 Varilne žice

Varilne žice za lasersko varjenje orodij in orodnih jekel so večinoma premera od 0,2 mm do 0,6 mm in kemične sestave, podobne osnovnemu materialu. Žice dobimo na trgu kot ravne palice (šibke) dolžine od 330 do 500 mm ali pa kot neskončne žice, navite na kolut (*slika 3*). Premeri kolutov so od 50 mm do 300 mm.

Zaradi zelo hitrih in zapletenih metalurških procesov med laserskim varjenjem in zaradi zahtev po mehanskih lastnostih varov imajo v splošnem žice za lasersko varjenje orodij približno za eno desetinko manjši odstotek ogljika in za okoli 2 % večjo vsebnost kroma. Večina ostalih legirnih elementov je v žici enaka kot v osnovnem materialu.

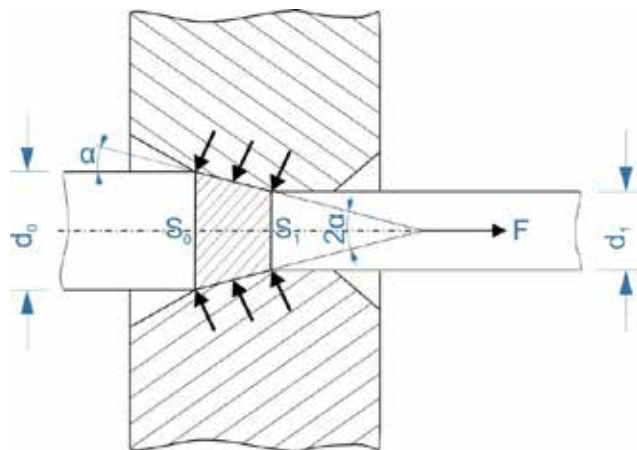


Slika 3 : Kolut z žico in ravne tanke palice (šibke) za lasersko varjenje

V praksi uporabljamo žice za reparaturno lasersko varjenje orodij približno enake kemične sestave, kot jo imajo žice za obločno varjenje TIG. To ni najprimerneje, ker so odgori elementov in njihovo uparjanje med laserskim varjenjem drugačni (večji) kot pri obločnem varjenju. Toda razlike so majhne in v praksi za večino orodnih jekel zanemarljive. Žice za varjenje TIG so varilne palice (šibke) navadno premera 1,0 mm, 1,6 mm, 2,4 mm in 3,2 mm. Te žice so za lasersko varjenje predebele. Z močnimi laserji jih lahko pretalimo, ampak vnos energije v var je v takšnih primerih prevelik in toplotno vplivano področje okoli vara preveč prizadeto. Močno bi se spremenila mikrostruktura in s tem poslabšale mehanske lastnosti, kar pa za prakso ni sprejemljivo.

Iz zapisa sledi, da lahko žice za lasersko varjenje premera, manjšega od 1 mm, dobimo s tanjšanjem žic, ki so namenjene za varjenje TIG. Tanjšanje žic iz orodnih jekel je izjemno zahtevna tehnologija. S tanjšanjem žice preoblikujemo, spreminjamo mikrostrukturo in vplivamo na njihove mehanske lastnosti. Najpogosteje se žice med vlečenjem utrdijo. Čim večja je stopnja redukcije, tem bolj se žica utrdi. To pa pomeni, da jih moramo med posameznimi fazami vleka toplotno žariti, da jim znižamo stopnjo trdote in odpravimo notranje napetosti.

Na *sliki 4* je prikazana osnovna in preprosta shema vlečenja in tanjšanja žice skozi diamantno votlico. Pomembna parametra sta kot α in razmerje med presekom S_0 in presekom S_1 . V praksi najpogosteje govorimo o premeru in o razmerju med premeroma d_0 in d_1 .

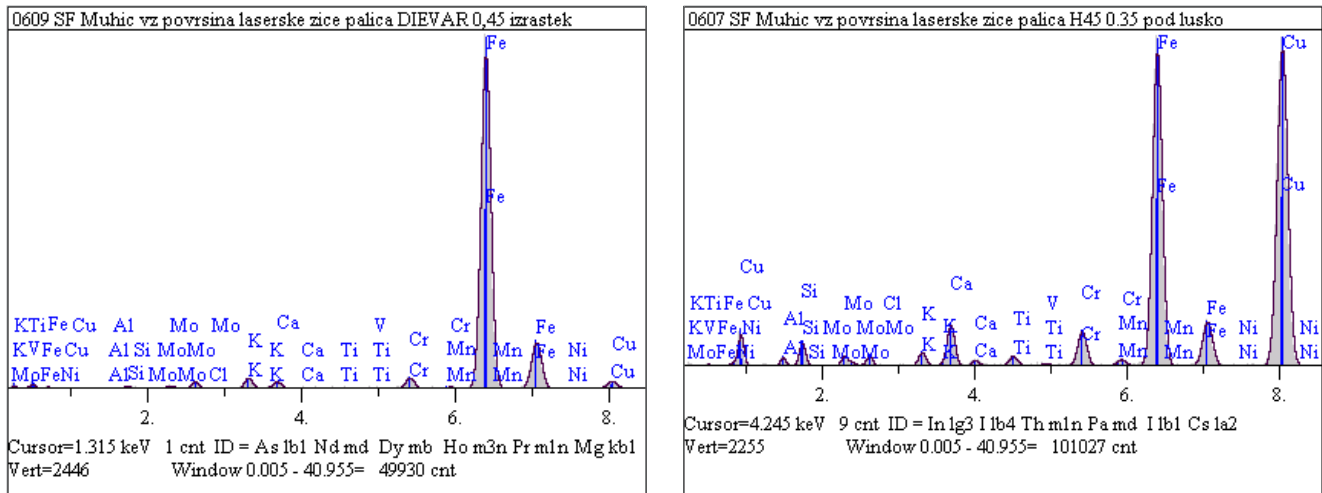


Slika 4 : Diamantna votlica, skozi katero vlečemo žice in jih tanjšamo.

Vlečenje je tehnološki proces, pri katerem v hladnem stanju preoblikujemo žico iz debelejšega okroglega na tanjši okrogli premer. Sila vleka je odvisna od razmerja med presekom žice pred diamantno votlico z oznako S_0 na sliki 4 in premerom S_1 na isti sliki. Praktične izkušnje so pokazale, da je okrogle žice iz orodnega jekla, namenjene za varjenje TIG, smiselno tanjšati z vlečenjem skozi diamantno votlico od premera 1 mm navzdol ???. Z vsakim vlekem lahko zmanjšamo premer za nekaj stotink milimetra, odvisno od tega, kakšno stopnjo redukcije dovoljuje žica. Stopnja utrditve med vlečenjem je odvisna od stopnje deformacije in od kemične sestave žice. Ker se presek žice manjša s kvadratom premera, pomeni, da s tanjšanjem žice za vsako desetinko milimetra potrebujemo več vlekov. Za nemoten potek tanjšanja je smiselno, da žice žarimo za odpravo zaostalih napetosti med vsakim vlekem ali najmanj vsakim drugim vlekem. Žice moramo žariti v zaščitni atmosferi ali v vakuumu. To pa dviguje ceno varilnim žicam za lasersko varjenje.

Večina žic, ki jih zdaj dobimo na trgu za varjenje TIG, so prevlečene z zelo tanko plastjo bakra ali drugo kovinsko ali celo nekovinsko zaščitno prevleko proti koroziji. Med varjenjem TIG baker odgori ali oksidira in ne vpliva pomembno na kakovost vara. Pri varjenju z laserjem pa morajo biti žice popolnoma čiste in baker na njihovih površinah ni zaželen.

Pred tanjšanjem žic moramo baker s površine žice odstraniti, če želimo dobiti kvalitetno žico in s tem kvaliteten var. To velja za vse žice, ne glede na kemično sestavo in ne glede na namen uporabe.



Slika 5 : Prikaz dveh kemičnih analiz dveh površin na dveh žicah, ki sta bili pred vlečenjem različno očiščeni [2]

Na sliki 5 sta prikazana dva diagrama s kemično analizo površin dveh žic. Prva žica (levo) je bila dobro očiščena in druga (desno) slabo. Na površini prve žice skoraj ni več zaslediti bakra. Na drugi žici pa je drugače. Iz diagrama se vidi, da je na površini druge žice (desno slika 5) še vedno večja količina bakra. Kljub temu, da sta bili obe žici na pogled enaki.

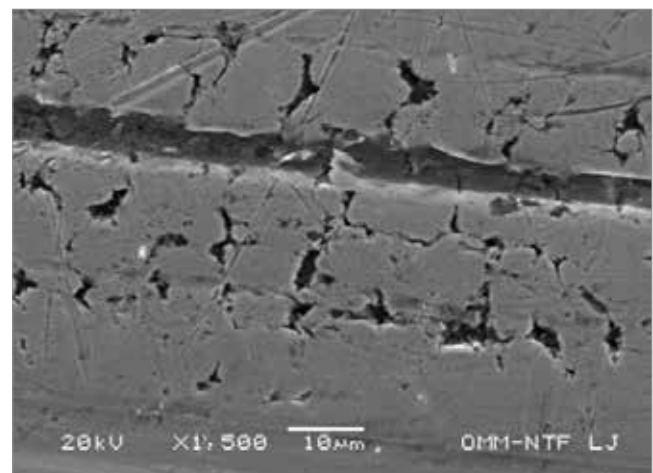
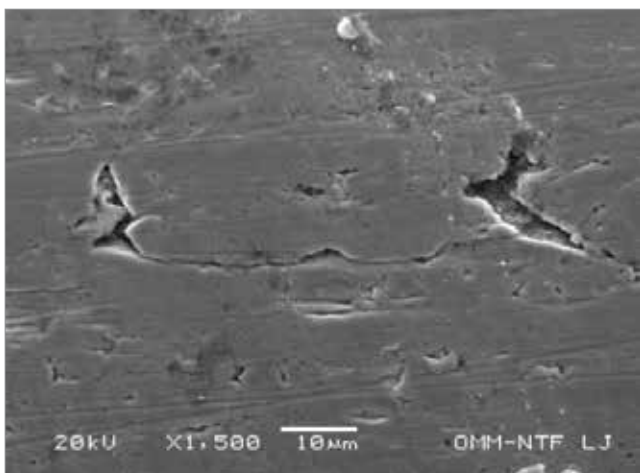
Osnovni pogoj za izdelavo kvalitetnih žic je dobro čiščenje žic pred vlečenjem, med njim in po njem, kakovostno žarjenje med vlečenjem in kakovostno ravnanje žic po vlečenju. Žice moramo pred vlečenjem očistiti s peskanjem, da odstranimo baker in druge nečistoče, in ustreznimi kemičnimi čistili, s katerimi odstranimo ostanke po peskanju in najbolj trdovratne nečistoče.

Ko se žica med vlečenjem utrdi jo moramo žariti, da ji znižamo stopnjo trdote in odpravimo zaostale notranje napetosti. To velja predvsem za žice za varjenje orodnih jekel, ki so močno legirane in se hitro utrdijo. Na površini utrjene žice se lahko zaradi

teh napetosti pojavijo drobne razpoke, odrgnine ali druge nepravilnosti. Te površinske napake samega varjenja ne motijo, težava pa je, da se v razpokah in udorih nahajajo nečistoče, ki varjenje zelo motijo in slabo vplivajo na proces varjenja in na kakovost vara.

Žice za orodna jekla so zelo različno legirane, kar je odvisno od vrste orodja, ki ga varimo. Na primer za varjenje orodij za tlačno litje barvnih kovin so žice legirane s približno 0,25 % ogljika in s približno 5,5 % kroma.

Na sliki 6 sta prikazana posnetka dveh površin, dveh žic, ki imata kemično sestavo, kot je napisano v prejšnjem odstavku in sta namenjeni za varjenje orodij za tlačno litje barvnih kovin. Razpok oziroma napak na površini žic s prostim očesom ni mogoče zaznati. Toda tako poškodovana površina žic za lasersko varjenje seveda ni sprejemljiva. Vendar na površini skoraj vedno ostane nekaj napak, nečistoče pa se z njih odpravljajo z ultrazvočnim čiščenjem. [3]



Slika 6 : Dva posnetka z elektronskim mikroskopom dveh površin na dveh žicah za lasersko varjenje

5 Zaključek

Iz celotne vsebine članka lahko zapišemo nekaj ugotovitev:

- ▶ žice za lasersko varjenje orodnih jekel lahko izdelamo iz žic, ki so predvidene za varjenje orodnih jekel po postopku TIG;
- ▶ pred vlečenjem in tanjšanjem moramo žice za varjenje TIG očistiti mehansko s peskanjem in kemično z ustreznimi čistili;
- ▶ med vlečenjem in tanjšanjem žice se material žic utrdi. To odpravimo z žarjenjem na mehko;
- ▶ po zaključku tanjšanja moramo žice popolnoma zravnavati in kemično očistiti;
- ▶ očiščene in zravnavane žice zaščitimo pred koro-

zijo z nanonansi, ki ne vplivajo na varjenje, ali pa jih vakuumsko pakiramo.

Viri

- [1] T. Muhič: Lasersko reparaturno varjenje duplex toplotno obdelanih površin. Fakulteta za strojništvo, prvi podiplomski seminar, 2007.
- [2] J. Tušek, K. Pompe, T. Muhič, M. Pleterski: Sanacija termorazpok na orodjih za tlačno litje z lasersko tehnologijo. Vakuumist, 2007, letnik 27, številka 4.
- [3] G. Papić: Ultrazvočno čiščenje varilnih žic za lasersko varjenje. Fakulteta za strojništvo, diplomska naloga, 2010.

Wires for laser welding of the tool steels

Abstract:

The article describes welding wires for laser welding of tool steels. Moulds, tool steels and laser welding are generally described. A brief description is given of how laser welding wires can be made from welding wires designed for TIG welding. Some of the defects, that occurs on the surface of laser welding wires, if they are not processed correctly when making them, are described. Finally, conclusions and findings, are given.

Keywords:

welding wire, drawing of wires, laser welding, tools, tool steels



Vrtljiva drsna miza PRT

povsem brez vzdrževanja

- odporna na obrabo
- za velike obremenitve možnosti:
- v nerjavni izvedbi
- skladno s standardi FDA



HENNLICH

Pokličite nas:

04/532 06 05



HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj

www.hennlich.si

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2019

**FORUM
ZNANJA IN
IZKUŠENJ**

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava

Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT,
Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01 5800 884
faks: 01 5800 803 | e-pošta: info@forum-irt.si

Portorož, 3. in 4. junij 2019

www.forum-irt.si

