

VARILNA TEHNIKA

Vol. 72., 2025-1, november 2025



**GLASILO DRUŠTEV ZA VARILNO TEHNIKO
WELDING REVIEW, ORGAN OF THE WELDING SOCIETIES**

© Varilna tehnika letnik 72 (2025) številka 1. Izdano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.

© Varilna tehnika Volume 72 (2025) Issue 1. Issued in Slovenia. All rights reserved.

IMPRESUM

www: <http://www.i-var.si/varilna-tehnika>
<https://www.drustvo-sdvt.si>

e-mail: dominik.kobold@i-var.si

Glavni in odgovorni urednik (Editor):
dr. DOMINIK KOBOLD, univ. dipl. ing.

Uredniški odbor (Editorial Board):

Dr. MILOŠ JOVANOVIĆ

Dr.-Ing. MIRO URAN

Dr. TOMAŽ VUHERER

Dr. DARJO ZULJAN

Dr. ARPAD KÖVEŠ

Naslov izdajatelja in uredništva:

Slovensko društvo za varilno tehniko,
Ptujska 19, SI-1000 Ljubljana,
tel.: +3861 280 94 00

Izdaja v elektronski obliki na povezavi:

<https://i-var.sicomponent/content/article/95-tehnicne-novosti/163-revija-varilna-tehika>

Oblikovanje: Marko Gomboc s.p.

Cena: brezplačna elektronska izdaja

ISSN: 2463-9214

Kazalo

Uvodnik	4
---------------	---

AKTUALNO

Prof. dr. Darjo Zuljan – most med tehniko, pedagogiko in prihodnostjo izobraževanja	6
Udeležba na 78. letni skupščini IIW in Mednarodni konferenci o Varjenju in spajanju	12
Praznujemo 20 let certificiranja NDT osebja na Institutu za varilstvo	15
Evropska uredba 2024/3110 o določitvi harmoniziranih pravil za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Evropske uredbe št. 305/2011	20

STROKOVNI PRISPEVKI

Varnost in uporabnost ročnega laserskega varjenja	25
Lasersko varjenje - določitev varilnih postopkov	32
Vpliv smeri valjanja na življenjsko dobo termično rezanih elementov iz jekla S960QL pri dinamičnih obremenitvah	41
Obrazložitev izraza ndt preizkušanje zvarnih spojev	47

PREDSTAVITEV PROJEKTOV

Ključni rezultati prve polovice trajanja projekta Five.....	54
Micro-credentials Take the Stage at EWF's "Professionals of the Future" Workshop	59
HIGH-FIVE: Inovativno, razširljivo in visoko učinkovito učenje, ki vključuje, raziskuje, razlaga, pogloblja in ocenjuje optimizirano izobraževanje odraslih	63
Razvoj inovativnih metod usposabljanja varilnega osebja – Od pilotnih aktivnosti do zelenega varjenja	66
Integracija rokodelske tradicije in sodobne avtomatizacije	68
S tradicijo v prihodnost – prenos strokovnih znanj varilske tehnike na bodoče generacije varilcev.....	70

Uvodnik

Vsakemu človeku je v zadovoljstvo, ko prejme pohvalo, pa naj bo ta od družinskega člana, sodelavca ali poslovnega partnerja. Še večji ponos pa vzbudi nagrada, ki jo podeli uradna institucija, saj pomeni, da naše dobro delo prepozna tudi širše okolje, v katerem delujemo.

Z velikim veseljem sporočamo, da je letos ta čast doletela našega cenjenega sodelavca in člana uredniškega odbora revije Varilna tehnika, prof. dr. Darja Zuljana, ki je prejel nagrado Republike Slovenije za izjemne dosežke na področju visokega šolstva za leto 2025.

Prof. dr. Zuljan svojo kariero gradi na prepričanju, da sta tehnika in izobraževanje neločljivo povezana. Prav povezovanje teorije in prakse je razlog, da je bilo njegovo delo prepoznano kot izjemen prispevek k razvoju slovenskega visokega šolstva.

To načelo, povezanosti teorije in prakse, je tudi eno izmed temeljnih vodil Inštituta za varilstvo, kjer je izvajanje neformalnih usposabljanj ena ključnih dejavnosti. Posebej si prizadevamo, da je dodana vrednost naših usposabljanj usmerjena v razvoj kompetenc in uporabnega znanja, s katerim lahko udeleženci takoj prispevajo k razvoju ter izboljšanju kakovosti proizvodnje in izdelkov.

Učinkovitost in dostopnost usposabljanj nenehno izboljšujemo z uvajanjem sodobnih učnih metod, digitalizacijo učnih vsebin ter razvojem novih, namenskih usposabljanj in strokovnih vsebin.

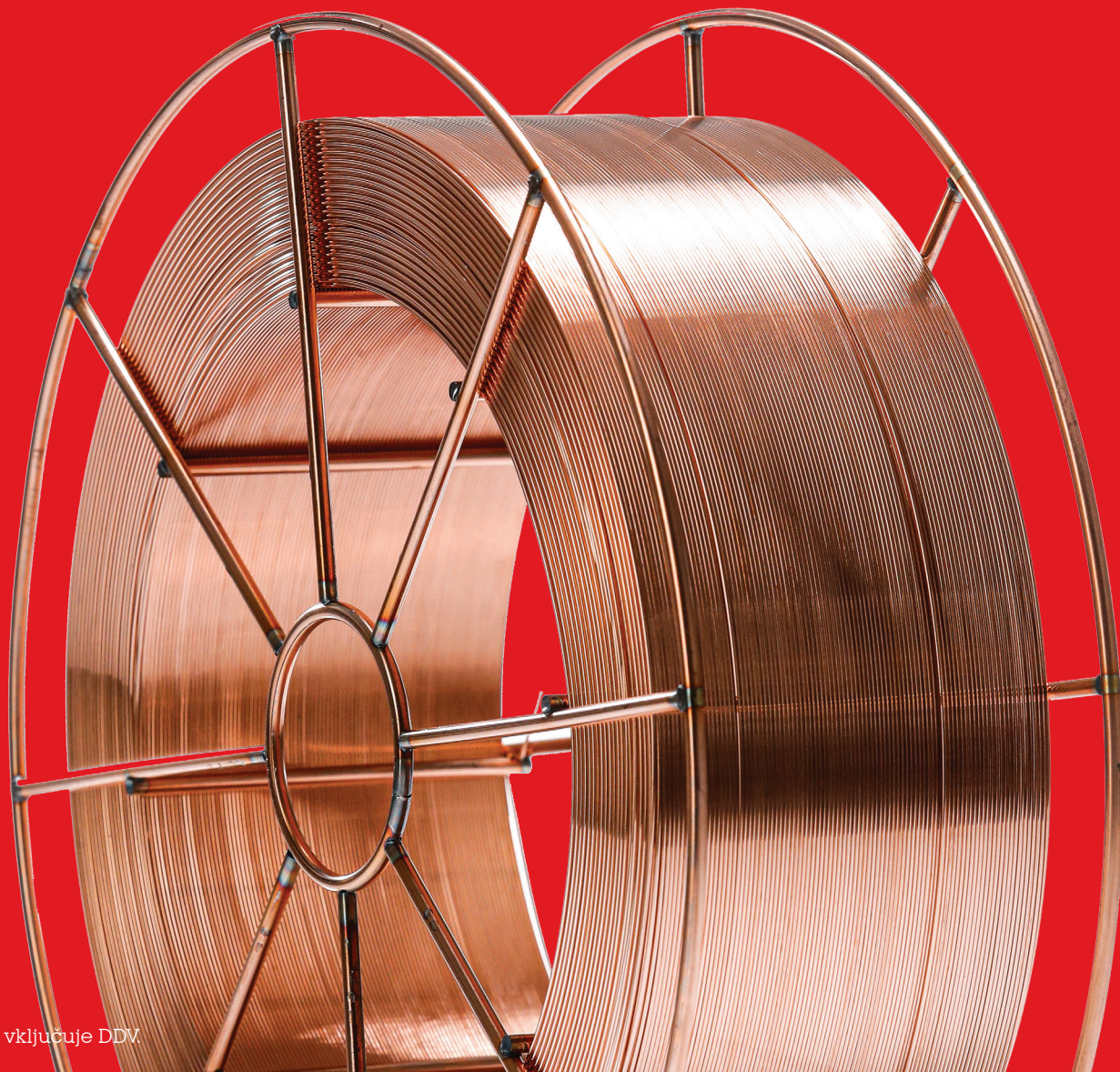
Trendi globalnega gospodarstva močno vplivajo na področje izdelave jeklenih konstrukcij. Pritisk na podizvajalce se povečuje – tako v ceni, rokih kot kakovosti. Podizvajalci so pogosto ključni, a hkrati najbolj obremenjeni členi v dobaviteljski verigi. Davčne obremenitve, inflacija in nesorazmerni dvigi stroškov otežujejo razvoj in ustrezno stimulacijo zaposlenih. Poslovanje po merilu najcenejše ponudbe ni trajnostno, zato moramo iskati poti za dvig dodane vrednosti v smeri zahtevnejših proizvodov, naprednejših tehnologij in višje kakovosti.

Ključ do tega pa je ustrezen, zavzet in kompetenten kader. Zato vlaganje v znanje ni strošek, temveč naložba v prihodnost.

Slovensko društvo za varilno tehniko preko Inštituta za varilstvo že 69 let skrbi za razvoj strokovnih kadrov. V letu 2026 bo Inštitut za varilstvo praznoval častitljivo 70-letnico delovanja.

Naj vas prispevki v 71. letniku Varilne tehnike navdahnejo, da bomo tudi v prihodnje skupaj ustvarjali dobre in uspešne zgodbe.

Q WELD™ SG2 – vzorec za 15 €



Cena ne vključuje DDV

Certifikati



Certificirana kakovost EN ISO / AWS.

Za dodatne tehnične informacije, certifikate in vzorce nas kontaktirajte:
info@plin.online | 080 2190

Dr. Darjo Zuljan ^{1,2},
Mojca Kranjc ¹,
Dr. -Ing. Miro Uran ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
 Ljubljana

² Pedagoška fakulteta
 Univerze na Primorskem

Prof. dr. Darjo Zuljan – most med tehniko, pedagogiko in prihodnostjo izobraževanja

V začetku meseca oktobra je Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje podelilo nagrade Republike Slovenije na področju šolstva za leto 2025.

Med letošnjimi prejemniki najvišjega priznanja za izjemne dosežke na področju visokega šolstva je tudi prof. dr. Darjo Zuljan, profesor na Pedagoški fakulteti Univerze na Primorskem in sodelavec Inštituta za varilstvo v Ljubljani, kjer s svojim delom povezuje tehniško znanost, raziskovanje in izobraževanje.

1. Predstavitev dela in priznanja

Prof. dr. Zuljan vso svojo kariero gradi na prepričanju, da sta tehnika in izobraževanje neločljivo povezana – prvo ustvarja svet, drugo pa razumevanje sveta.

Njegovo raziskovalno delo je usmerjeno v načine učenja in poučevanja, razvoj tehnološke pismenosti ter refleksivno paradigmo v izobraževanju učiteljev.

V ospredje postavlja učiteljevo zmožnost refleksije – sposobnost razmišljanja o lastni praksi, vrednotenja učinkov pouka in iskanja poti do aktivnejšega, samostojnega učenja pri študentih.

Ključne besede:

Darjo Zuljan, nagrada, izjemni, dosežki, znanost



Slika 1: Dr. Zuljan - profesor, ki povezuje. Prejemnik nagrade z ministrom za vzgojo in izobraževanje dr. Vinkom Logajem in predsednikom Odbora za podeljevanje nagrad Republike Slovenije na področju šolstva prof. dr. Borisom Aberškom

»Tak pristop se zdi samoumeven, saj bi moral biti razmislek o poučevanju temelj učiteljskega poklica,« meni prof. dr. Zuljan, ki opozarja, da se »refleksivnost ne zgodi sama od sebe, temveč jo je treba načrtno spodbujati in razvijati.«

To je rezultat načrtnega razvoja, pogovora, izmenjave izkušenj in kritičnega razmisleka o lastnem delu. »Učitelj mora imeti čas in pogum, da se vpraša, zakaj nekaj počne na določen način – in kako bi lahko bilo bolje,« izpostavlja prof. dr. Zuljan.

Prav v tem je njegov pristop drugačen: ne gradi na metodah, ki bi jih učitelji mehanično posnemali, ampak na zmožnosti razmišljanja o lastnem poučevanju, kar je bistvo profesionalne rasti in kakovostnega izobraževanja.

Povezanost teorije in prakse je razlog, da so njegovo delo prepoznali kot izjemen prispevek k razvoju slovenskega visokega šolstva. Prof. Zuljan o refleksivnosti ne govori le v raziskavah, temveč tako tudi vidno deluje.

Študenti in sodelavci ga opisujejo kot profesorja, ki spodbuja vprašanja, ne ponuja gotovih odgovorov in učenje vidi kot sk-

upno raziskovanje. Predvsem pa sta opazni njegova zagnanost in želja, da bi študenti snov slišali in jo razumeli ter radi prihajali na ure, ki znajo biti prav zaradi enoličnosti podajanja »dolgočasne«.

Namesto da bi ponavljal ustaljene vzorce, spodbuja razmislek, pogovor in odprtost do sprememb – vse tisto, kar sam razume kot jedro profesionalne rasti učitelja.

»Če učitelj ni pripravljen učiti sebe,« pogosto poudarja, »težko resnično uči druge.«

To načelo, ki ga živi v praksi, se zrcali tudi v njegovem raziskovalnem delu. Njegov znanstveni opus je obsežen in hkrati izjemno uporaben. Njegove raziskave ne ostajajo le na papirju, temveč se vračajo v učilnico in spreminjajo način, kako uči in razmišlja o učenju.

Sodelovanje z Inštitutom za varilstvo mu omogoča, da svoje raziskave o izobraževalnih modelih povezuje s konkretno prakso v industrijskem in raziskovalnem okolju. S tem ustvarja prostor, kjer se znanje preliva iz akademske sfere v dejanske delovne procese, kar je redkost.



Slika 2: Podelitev najvišjega priznanja za izjemne dosežke na področju visokega šolstva

2. Od strojništva - razumevanja materialov - do razumevanja človeka

Pot, ki je iz tehnične znanosti zrasla v znanost o učenju.

Svojo akademsko pot je začel na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, kjer se je najprej posvečal vprašanjem tehnološkega razvoja, materialov in inženirskih pristopov. Kasneje je svoje delovanje razširil na pedagoško področje – najprej kot asistent, nato kot docent ter izredni in redni profesor na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani ter Univerze na Primorskem.

Interdisciplinarna pot mu je omogočila, da je med prvimi v Sloveniji sistematično povezal tehniško miselnost s pedagoško prakso, s čimer je postavil temelje sodobnemu razumevanju pouka tehnike in tehniške pismenosti.

Danes svoje bogate izkušnje iz tehniškega in pedagoškega sveta povezuje pri delu na fakulteti in Inštitutu za varilstvo – prav tam, kjer se rojeva učitelj prihodnosti.

3. Učitelj prihodnosti

Ob letošnji podelitvi je minister za vzgojo in izobraževanje dr. Vinko Logaj poudaril:

»Učiteljski in vzgojiteljski poklic sta klic k navdihu, k spremembi, k prilagajanju – osebna predanost in želja po tem, da pustimo sled. V tihi in pogosto nevidni moči učitelja se skriva vpliv, ki oblikuje vrednote mladih, njihove odnose do sočloveka in pogled na svet.«

Besede, ki jih je izpostavil minister, se v praksi uresničujejo prav v delu prof. dr. Zuljana – v vplivnem načinu delovanja, ki temelji na kakovosti, odgovornosti in



Slika 3: Skupinska fotografija nagrajencev človečnosti.

Prof. dr. Boris Aberšek, predsednik odbora za podeljevanje nagrad, je nagrajence nagovoril z mislijo:

»Učitelji smo vedno in moramo biti začetek razvoja. Učitelji, kot ste vi, in tisti, ki se zgledujejo po vas, so zagotovilo, da bomo otroke pripravili na prihodnost, če že ne moremo pripraviti prihodnosti zanje. Tako bomo prav zaradi vas ostali uspešna, dinamična in v prihodnost usmerjena družba.«

V pogledu, ki ga je omenil prof. dr. Aberšek, je zajeto tisto, za kar je bil prof. dr. Zuljan tudi nagrajen. Njegovo delo je več kot pedagoško poslanstvo – je prispevek družbi, ki prihodnost gradi na sodelovanju in znanju.

4. Znanje kot skupno delo

Kot predavatelj na Inštitutu za varilstvo sodeluje predvsem na področju izobraževanja/poučevanja na temo varjenja in neporušitvenih in porušitvenih raziskav, s katerimi nadgrajuje razumevanje materialov ter hkrati prenaša spoznanja v izobraževanje in usposabljanje strokovnjakov.

Podeljena nagrada Republike Slovenije za izjemne dosežke na področju visokega šolstva je zato več kot osebno priznanje – je potrditev vizije, da je kakovostno

izobraževanje temelj razvoja družbe in da resnični napredek nastaja tam, kjer se znanje deli in živi.



Slika 4: Nagrajenci z ministrom za vzgojo in izobraževanje dr. Vinkom Logajem in direktorjem Instituta za varilstvo dr.-ing. Mirom Uranom



INSTITUT ZA VARILSTVO
Welding Institute

- Usposabljanje in certificiranje varilcev
Welders training and certification
- Mehanske in metalografske preiskave
Mechanical and metallographic testing
- WPQR varilnih postopkov
WPQR welding procedures
- NDT preiskave in usposabljanje osebja
NDT control and personnel training
- Presoje EN ISO 3834 in EN ISO 1090-1
Assesment of EN ISO 3834 and EN ISO 1090-1

www.i-var.si | info@i-var.si



LJUBLJANA Institut za varilstvo d.o.o.
Ptujška 19, 1000 Ljubljana | +386 1 280 94 00

PE MARIBOR Institut za varilstvo d.o.o.
Zagrebška cesta 90, 2000 Maribor | +386 41 814 015

PLAN IZOBRAŽEVANJ 2025/26

Naziv programa	Okrajšava	Lokacija	Začetek	Zaključek	Št. ur	Izpit(i)
----------------	-----------	----------	---------	-----------	--------	----------

Specializacija za osebe v skladu z IIW/EDF smernicami

Mednarodni varilski koordinator	IWT/IWE/IWS	Ljubljana/ Maribor	1.12.2025	31.5.2026	146 + 60 + 235 (DL)	Po modulih (4)
---------------------------------	-------------	-----------------------	-----------	-----------	------------------------	----------------

Izobraževanje in certificiranje osebja za NDT preiskave skladno z EN ISO 9712 – leto 2025

Ocenjevanje radiografskih filmov	RT-FI	Ljubljana	10.11.2025	18.11.2025	7 dni	19.11.2025
Ultrazvočna preiskava	UT 2	Maribor	17.11.2025	27.11.2025	10 dni	28.11.2025
Preiskava z magnetnimi delci	MT 1+2	Maribor	01.12.2025	04.12.2025	5 dni	05.12.2025

Izobraževanje in certificiranje osebja za NDT preiskave skladno z EN ISO 9712 – leto 2026

Vizualna preiskava	VT 1+2	Ljubljana Maribor	12.01.2026 23.03.2026	15.01.2026 26.03.2026	5 dni	20.01.2026 30.03.2026
Preiskava s tekočimi penetranti	PT 1+2	Ljubljana Maribor	02.02.2026 09.03.2026	05.02.2026 12.03.2026	5 dni	06.02.2026 13.03.2026
Ultrazvočna preiskava	UT 1	Ljubljana/ Maribor	19.01.2026	30.01.2026	10 dni	02.02.2026
Ultrazvočna preiskava	UT 2	Ljubljana/ Maribor	11.05.2026	22.05.2026	10 dni	25.05.2026
Preiskava z magnetnimi delci	MT 1+2	Ljubljana/ Maribor	13.04.2026	16.04.2026	5 dni	17.04.2026
Ultrazvočno merjenje debeline	UTT	Ljubljana/ Maribor	19.01.2026	20.01.2026	3 dni	21.01.2026
Ocenjevanje radiografskih filmov	RT-FI	Ljubljana/ Maribor	2026	2026	7 dni	2026
Nivo 3 – Basic in NDT Metoda	Po dogovoru					

Dodatno glede izobraževanja in certificiranja osebja za NDT preiskave skladno z EN ISO 9712 – leto 2025

VT 1+2 v angleškem jeziku	Po dogovoru
Opomba 1: Po predhodnem dogovoru se lahko v SRB ali v ANG jeziku organizira usposabljanja tudi za druge NDT metode.	

Seminarji za varjenje plastike

Varjenje plastičnih mas	/	Ljubljana	11.11.2025	12.11.2025	16 h	Po dogovoru
-------------------------	---	-----------	------------	------------	------	-------------



Mednarodni varilski inženir (IWE), tehnolog (IWT), specialist (IWS)

IZOBRAŽEVANJE
NA DALJAVO
ZAČETEK 1.12.2025

Specializacija se izvaja v skladu s smernicami in pooblastilom Mednarodnega inštituta za varilstvo (IIW) in je namenjena vsem, ki se pri svojem delu srečujejo z varjenjem, obenem pa želijo poglobiti svoja znanja na tem področju.

Specializacija je tudi priložnost, da varilski koordinatorji izpolnijo standardne zahteve za kvalifikacijo v podjetjih, ki želijo pridobiti in vzdrževati certifikat zagotavljanja kakovosti za varjenje po standardih ISO 3834, ISO 14731 in EN 1090.

Izobraževanje bo potekalo NA DALJAVO, s praktičnimi vajami, ki bodo izvedene v varilnicah in laboratorijih Instituta za varilstvo.

NAMENJENO PREDVSEM ZA PODROČJA DELA

- organizacija proizvodnje
- tehnologija
- varilni nadzor
- kontrola
- projektiva
- vodja kakovosti (QA/QM)

VPISNI POGOJI

IWE: diploma iz inženirstva (vsaj triletni študij – I. bolonjska stopnja)
IWT: višje strokovno izobraževanje, srednja tehnična šola – 4 letna
IWS: srednja poklicna šola – 3 letna

DIPLOMA

Po uspešno zaključenem izobraževanju in opravljenih izpitih prejmejo udeleženci **mednarodno IIW diplomo**, ki jo izda Slovensko društvo za varilno tehniko (SDVT) v imenu Mednarodnega inštituta za varilstvo (IIW). Diploma je v angleškem jeziku in je mednarodno priznana.

CENA

IWE: 5.940 EUR + DDV
IWT: 4.950 EUR + DDV
IWS: 4.550 EUR + DDV

Nudimo možnost plačila na 4 obroke.

DODATNE INFORMACIJE

T: +386 41 899 397 in +386 1 28 09 402
E: milos.jovanovic@i-var.si in mojca.radman@i-var.si
W: <http://i-var.si/sl/izobazevanje/varilske-specializacije>

Po smernicah IAB-252r5-19 in IAB-195r4-20.

MODUL 1:

Varilni procesi in oprema

E-učenje: 60 ur
Predavanja/vaje: 35 ur
Izpit: pisni in ustni

MODUL 2:

Materiali in njihova varivost

E-učenje: 80 ur
Predavanja/vaje: 35 ur
Izpit: pisni in ustni

MODUL 3:

Zasnova in izračun varjenih konstrukcij

E-učenje: 44 ur
Predavanja/vaje: 18 ur
Izpit: pisni in ustni

MODUL 4:

Izdelava in uporabnost

E-učenje: 51 ur
Predavanja/vaje: 23 ur
Študija primera: 40 ur
Izpit: pisni in ustni

IIW diploma

EWF diploma

Žig



**Dr. Miloš Jovanović ^{1,2},
Dr. Dominik Kobold ¹,**

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

² Slovensko društvo za
varilno tehniko, Ljubljana

Udeležba na 78. letni skupščini IIW in Mednarodni konferenci o Varjenju in spajanju

Letna 78. generalna skupščina Mednarodnega inštituta za varilstvo (IIW) je letos potekala od 22. do 27. junija 2025 v Genovi v Italiji. Poleg generalne skupščine je potekala še mednarodna konferenca z naslovom Uporaba vodika in energetskega prehoda (ang. Hydrogen Applications and Energy Transition). Velik uspeh dogodka, na katerem se je zbralo več kot 2.000 udeležencev, potrjuje moč in povezanost mednarodne skupnosti IIW na področju varjenja in spajanja.

Skupščine se je udeležil dr. Miloš Jovanović, predsednik Slovenskega društva za varilno tehniko. V okviru dogodka smo zabeležili naslednje aktivnosti:

- Znanstvene rezultate in raziskave je predstavilo 87 priznanih strokovnjakov.
- Dnevno je potekalo do 19 različnih zasedanj.
- Med družabnimi dogodki so bili otvoritvena in podelitvena slovesnost, sprejem dobrodošlice, italijanski večer ter zaključna slovesnost z gala večerjo.
- Sponzorji so se udeležencem predstavili v razstavnem prostoru z videi, predstavitvami izdelkov in prikazi.
- Dogodek je spremljala tudi digitalna fotografska razstava varjenih umetnin z naslovom "Welded Art – Sustainable Development Goals".

Ključne besede:

**IIW, mednarodna
skupščina, varjenje,
konferenca**

1. Potek dogodka

Dogodek je gostil Italijanski inštitut za varjenje (IIS – Istituto Italiano della Saldatura) ob podpori sekretariat IIW in vodstvene ekipe IAB.

Dogodek je potekal v soorganizaciji z italijanskimi dnevi varjenja, ki jih Italijanski inštitut za varjenje organizira vsaki dve leti. Dogodek je tradicionalen in povezuje italijansko znanstveno in industrijsko skupnost na področju varjenja in spajanja materialov. Vzporedno z zasedanjem generalne skupščine je potekala tudi Mednarodna konferenca o varjenju in spajkanju, kar je omogočilo izvedbo širokega nabora vzporednih zasedanj ter ustvarjanja sinergije med mednarodno in nacionalno udeležbo.



Slika 1: Predstavnik Slovenije dr. Miloš Jovanović

Dogodek je organizacijsko bil zelo uspešen. Gledano na udeležbo je dosegel naslednje mejnike:

- 2003 udeležencev,
- 49 zastopanih držav,
- Od 10 do 220 udeležencev na posamezno zasedanje,
- 485 profesorjev, doktorjev, inženirjev in strokovnjakov,
- 274 mladih strokovnjakov in študentov in
- 890 udeležencev mednarodne konference.



Slika 2: Generalna skupščina IIW

V sklopu letne skupščine so predstavniki Mednarodnega inštituta za varilstvo podelili tudi nagrade za posebne dosežke posameznikom in se zahvalili za njihov prispevek na področju varjenja in spajanja materialov. Skupaj so nagrade podelili 15 predstavnikom.

V nedeljo, 22. 6. 2025 je v prostorih kongresnega centra Magazzini Cotone potekala Generalna skupščina za delegate držav članic IIW.

Isti večer je v genovskem gledališču Carlo Felice bila uradna otvoritev skupščine in konference. Poleg umetniškega programa so zaslužnim članom bile podeljene jubilejne nagrade.

V ponedeljek, torek in sredo (23-25. junij) so potekali celodnevni sestanki organizacijski teles in delovnih skupin IIW. V ponedeljek je bil v kulturnem središču mesta Palazzo Ducale organiziran družabni dogodek z nacionalno večerjo.



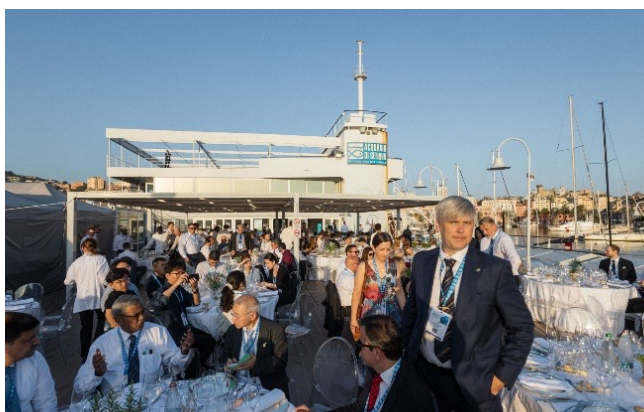
Slika 3: Otvoritvena ceremonija

Tradicionalna nacionalna večerja je bila predvsem namenjena druženju in izmenjavi izkušenj med člani različnih držav.



Slika 4: Nacionalna večerja

V sredo je Acquario centru bila organizirana še gala večerja z nagovorom domačinov iz italijanskega instituta IIS in predsednika IIW.



Slika 5: Gala večerja

V četrtek in petek (26. in 27. junij) je potekala konferenca o trajnosti in zelenem prehodu. Poudarek je bil na vodik kot energentu prihodnosti. Daleč največ prispevkov so predstavili kitajski znanstveniki in raziskovalci.

2. Ključni poudarki

Skupaj je bilo v letu 2024 v vseh državah članicah IIW izdanih 7789 diplom za usposabljanje koordinatorjev varjenja (IWE-IWT-IWS-IWP), 672 certifikatov za osebje

(certificirani koordinatorji) in 728 certifikatov za certifikacijo kakovosti varilske proizvodnje v podjetjih po standardu ISO 3834.

Glavni izziv trenutno je izvedba tečajev za Mednarodne varilske inšpektorje (IWI-C), ki se izvajajo po novi smernici v kateri je največji poudarek na praktičnem znanju inšpektorjev in poznavanju ključnih standardov. Članice kot so Japonska, Češka, Grčija in Slovenija so že izvedle prve specializacije za mednarodne inšpektorje in so na skupščini delile svoje izkušnje z ostalimi državami članicami IIW.

Pri načinih usposabljanj se pripravljajo smernice, ki vpeljujejo nove načine mešanega učenja (ang. blended learning) kot so mikro tečaji in mikro dokazila, video tečaji, robotski klepetalniki in umetna inteligenca, izpiti na daljavo, svetovanje in treningi na daljavo preko spleta.

Pripravljajo se tečaj za mešano učenje mehaniziranega, orbitalnega in robotskega varjenja in program za varno delo pri ročnem laserskem varjenju.

Razpravljali so tudi o poenotenju minimalnih vstopnih pogojev vezanih na formalno izobrazbo in delovne izkušnje za udeležence usposabljanj. Do sedaj so se lahko ti pogoji po državah razlikovali. Cilj je, da se v prihodnje vstopni pogoji uskladijo z dokumentom UNESCO ISCED, ki so ga izdali Združeni narodi (ZN) in veljajo po celem svetu.

Naslednja 79. letna generalna skupščina in mednarodna konferenca IIW o varjenju in spajanju bo potekala od 12. do 17. julija 2026 v kongresnem centru v Salzburgu v Avstriji – v enem vodilnih evropskih središč za poslovne dogodke, prosti čas in zabavo.

3. Literatura

[1] 78th IIW ANNUAL ASSEMBLY_PRESS RELEASE, <https://iiwelding.org/2025/07/29/>, povzeto 20. 9. 2025.

Dr. Miloš Jovanović ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

Praznujemo 20 let certificiranja NDT osebja na Institutu za varilstvo

Institut za varilstvo je v obdobju od leta 2005 do leta 2025 certificiral več kot 2000 kandidatov za različne neporušitvene preiskave (NDT), ki se izvajajo v kovinski industriji. V tem času so se na področju tehnike in industrijskih standardov zgodile velike spremembe. Od začetka delovanja na področju usposabljanja in certifikacije NDT osebja je bila naša ideja, da mora imeti kandidat za pridobitev certifikata potrebna teoretična in praktična znanja o določeni metodi, ker je certificirani kontrolor zadnja in verjetno najpomembnejša varovalka pri izdelavi funkcionalnega in zadošči kakovostnega izdelka v skladu z vsemi zahtevami.

1. Uvod

Certifikacija osebja, ki izvaja neporušitvene preiskave, sega v šestdeseta leta prejšnjega stoletja, ko je moralo biti osebje v ZDA za izvajanje predvsem radiografskih preiskav v nuklearnih elektrarnah ustrezno usposobljeno in certificirano. Certifikat je podeljeval delodajalec. V tem obdobju so se pojavili tudi prvi standardi, v katerih so bile podane zahteve za izvedbo certifikacije kontrolorjev v industriji. V Republiki Sloveniji (tedanji Socialistični federativni Republiki Jugoslaviji) so se tovrstna usposabljanja in certificiranja začela v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, kar sovpada z gradnjo Nuklearne elektrarne Krško. Usposabljanja so bila usmerjena predvsem na ultrazvočne preiskave, ki jih je na Ravnah na Koroškem izvajal danes pokojni Mitja Šipek. Kandidati iz Slovenije so se za radiografske preiskave usposabljali v Zagrebu.

V devetdesetih letih, to je po osamosvojitvi Republike Slovenije, so se usposabljanja izvajala pod ingerenco Slovenskega društva za neporušitvene preiskave, ki je kandidatom po končanem usposabljanju in izpitu izdalo

Ključne besede:

**neporušitvene
preiskave, usposabljanje,
certifikacija, NDT, osebje,
kontrolorji, kakovost**

potrdilo. Certifikati takrat še niso obstajali, sta se pa v tem času pojavila mednarodni standard za certifikacijo NDT osebja ISO 9712 in še evropska verzija EN 473. Institut za varilstvo je aktivno sodeloval z Društvom za neporušitvene preiskave z dvema svojima zaposlenima, Gabrielom Riharjem in Nikolajem Samso.

2. Vstop Slovenije v Evropsko skupnost

Republika Slovenija je bila v obdobju od leta 1998 do leta 2002 v postopku pogajanj za vstop v EU. Leta 2001 je začelo podjetje Q Techna iz Krškega v sodelovanju s partnerji iz Nemčije s prvimi usposabljanji in certificiranjem NDT osebja v Sloveniji. Po vstopu Republike Slovenije v EU leta 2004 je bilo treba uvesti nova pravila in nove prakse tudi na področju gospodarstva.

Prav v oktobru leta 2004 je vodenje Instituta za varilstvo prevzel dr.-inž. Miro Uran, ki je prepoznal tedanje potrebe slovenske industrije, zato je bila ena izmed njegovih prvih potez iskanje strateškega partnerja za certifikacijo NDT osebja. Izbira je padla na podjetje Prva zvaračka iz Bratislave, s katerim je bila junija 2005 podpisana triletna pogodba o sodelovanju. Sledilo je prevajanje učnih gradiv in izpitnih nalog iz slovaškega v slovenski jezik. Levji delež je pri tem opravila naša tedanja sodelavka Agnes Brezovnik, za kar smo ji zelo hvaležni.

Prvi tečaj je bil izveden od 26. septembra do 1. oktobra 2005 na Institutu za varilstvo v Ljubljani – usposabljanja za magnetne preiskave (MT) se je udeležilo 11 kandidatov. V novembru je bil organiziran še tečaj Vizualne preiskave (VT), katerega se je udeležilo 12 kandidatov. V obdobju treh let je bilo opravljenih več kot 30 tečajev, ki se jih je udeležilo 241 kandidatov. V tem obdobju so se zaposleni na Institutu za varilstvo certificirali za nivo 3 za določene

NDT metode, zato smo postopoma začeli izvajati usposabljanja NDT osebja samostojno. Usposabljanja so izvajali naslednji: VT – Nikolaj Samsa in Miloš Jovanović, PT – Darjo Zuljan in Matej Žgavec, MT – Miloš Jovanović in Robert Strnad, UT – Robert Strnad in Darjo Zuljan, RT – Nikolaj Samsa in Matej Žgavec, UTT – Uroš Zupanc in Darjo Zuljan, RT.FAS – Nikolaj Samsa in Matej Žgavec ter LT – Andrej Smonkar. Zaradi pomanjkanja opreme smo junija 2006 prvi tečaj za preiskave tesnosti (LT) organizirali na Slovaškem (mesto Piešťany), kjer je bilo prisotnih 12 kandidatov. To triletno obdobje je bilo res posebno za vse sodelavce, vključene v NDT tečaje. Institut je moral pridobiti nove stranke, zaposleni nova znanja in izkušnje. Večino nas, tedaj mlajših kadrov, je to obdobje oblikovalo, utrdilo in nekako usmerilo v bodoče kariere. Na tem mestu bi se v imenu vseh sodelavcev in kandidatov, ki jih je učil, posebej zahvalil sedaj pokojnemu kolegu Janu Bezaku iz Slovaške, ki nam je prenesel veliko svojega znanja in življenjskih izkušenj. D’akujem vel’mi, Jano!



Slika 1: Utrinki z enega izmed prvih LT tečajev

3. Začetek samostojnega certificiranja

Junija leta 2008 se je iztekla pogodba o sodelovanju s Prvo zvaračko kot certifikacijskim organom. V juliju istega leta nas je odobrila Slovaška nacionalna akreditacijska hiša (SNAS), da lahko kot certifikacijski

organ VARCert izvajamo certifikacijo osebja v skladu s standardom EN ISO/IEC 17024. V tem času Slovenska akreditacija (SA) namreč še ni imela pooblastila Evropske akreditacije (EA) za podelitev avtorizacije za certifikacijo NDT osebja.

Od tistega leta naprej je Institut za varilstvo samostojno izvajal usposabljanje, certifikacijski organ VARCert pa certifikacijo NDT osebja.



Slika 2: VT tečaj v Ljubljani

Zaradi prilagoditve strankam smo tečaje začeli izvajati tudi na naši enoti v Mariboru, kar se je pokazalo kot pravilna odločitev. Industrijsko razvitejši del Slovenije je z veseljem sprejel dejstvo, da imajo tečaje tako rekoč doma, in število tečajnikov je v Mariboru iz leta v leto naraščalo, in to kljub ekonomski krizi, ki je Slovenijo zajela po letu 2008. V obdobju od leta 2008 do leta 2013 smo izvajali tečaje tudi v Srbiji, tako da je bilo v teh petih letih v dveh državah skupno certificiranih 527 kandidatov.

Leta 2010 je bilo imenovano telo za certifikacijo VARCert Instituta za varilstvo pod številko 2042 prepoznano s strani EU kot RTPO (Recognised third party organisation) za certifikacijo NDT osebja, ki pregleduje tlačno opremo. Na podlagi tega smo lahko na zahtevo kandidata izdali dodatni certifikat v skladu s tedaj veljavno direktivo 97/23 ES. Pred tem je imel Institut pogodbo z nemško organizacijo TÜV Rheniland, ki je kot RTPO izdajala certifikate za področje PED (Evropska direktiva za tlačno opremo).

V obdobju od leta 2008 do leta 2013, ki predstavlja čas izrazitega samostojnega razvoja certifikacijskega organa VARCert-a, je SNAS izvajal redne letne presoje. Na tem mestu bi se v imenu certifikacijskega organa rad zahvalil osebju SNAS za strokoven in profesionalen odnos tekom letnih rednih presoj, predvsem v luči razumevanja zahtevnosti delovanja certifikacijskega organa v industrijskem okolju.

4. Certifikacija pod Slovensko akreditacijo

Že v letu 2012 je prišla iz Evropske akreditacije zahteva, da morajo biti certifikacijski organi pod nadzorom nacionalnih akreditacijskih hiš, zato smo bili po izteku pogodbe s SNAS v letu 2013 presojeni s strani SA in podeljena nam je bila nova akreditacijska listina. Za Institut je to pomenilo več poslovnih sprememb. Najprej smo bili prisiljeni, da delo NDT kontrolorjev, ki je bilo do takrat opredeljeno kot delo kontrolnega organa po EN ISO/IEC 17020, prevedemo v delo laboratorija po EN ISO/IEC 17025. Naslednja zahteva je bila, da se morajo za certifikacijo NDT osebja v tujini presoje s strani SA izvajati tudi v teh državah. To je v praksi pomenilo veliko večje stroške presoj in izgubo kakršnekoli dodane vrednosti. Posledično se je vodstvo Instituta odločilo, da tovrstne certifikacije opustimo. Dobro vemo, da večina držav EU tudi finančno



Slika 3: Izpit za VT tečaj v Mariboru

spodbuja svoja podjetja k širitvi dejavnosti v tujini, samo pri nas država to zavira.

V tem obdobju je prihajalo tudi na področju standardov do zanimivih sprememb. Standard SIST EN 473:2008, po katerem smo do takrat certificirali NDT osebje v ES, je bil nadomeščen s standardom SIST EN ISO 9712:2012. To ni povzročalo težav z veljavnostjo certifikatov, a je bilo treba na novo definirati vse delovne postopke, certifikacijsko shemo in vse dokumente, ki so bili narejeni po preteklem standardu.

Eden večjih premikov v delovanju našega izobraževalnega centra se je zgodil s prihodom kolegice Mojce Radman na mesto koordinatorja izobraževanja in certificiranja v aprilu 2013. Prevzela je organizacijo tečajev, komunikacijo s kandidati, izdajo certifikatov in arhiviranje, skratka, optimizirala je delo izobraževalnega centra in VARCert-a. Na račun tega smo se ostali sodelavci lahko usmerili še na druge projekte na področju izobraževanja.



Slika 4: Teoretični del izpita v Ljubljani

V obdobju od leta 2013 do leta 2020 je bilo delo izobraževalnega centra stabilno in usmerjeno predvsem na usposabljanje in certificiranje NDT osebja izključno v Sloveniji. Število prvič certificiranih NDT kandidatov se je gibalo med 80 in 100 na leto. Leta 2019 smo prenehali z usposabljanjem in certifikacijo osebja za preiskave tesnosti (LT), ker je bilo v industriji premalo zanimanja za to metodo in je bilo zato težko dokazovati Slovenski akreditaciji, kako vzdržujemo metodo, za katero nimamo kandidatov.

Naslednja ekonomska kriza je kot posledica korona virusa prišla leta 2020 in je trajala približno eno leto in pol. Tudi to obdobje je Institut preživel brez večjih pretresov. Število kandidatov se je v tem obdobju nekoliko zmanjšalo le v letu 2020, ko jih je bilo 73. Takrat so se tečaji in izpiti zaradi varnosti in potrebne razdalje izvajali v večjih prostorih in v manjših skupinah. Že v letih 2021 in 2022 se je situacija v večji meri stabilizirala.

5. Recertifikacija vsakih pet let

V letu 2022 je v veljavo stopila nova izdaja standarda SIST EN ISO 9712, s katero so se poostrele zahteve za podaljšanje oz. ponovno certifikacijo veljavnosti certifikata. Po novi izdaji standarda je treba obnove certifikacije izvesti vsakih pet let z opravljanjem praktičnega dela izpita. To je tudi za certifikacijski organ pomenilo precej več dela. Poleg tega se je upokojil dolgoletni sodelavec in vodja VARCert-a Nikolaj Samsa, zato smo v naš certifikacijski organ k sodelovanju povabili kolegico Rebeko Topolnik, ki ima dolgoletne izkušnje na področju certifikacije NDT osebja.



Slika 5: Demonstracija ocenjevanja na PT tečaju

Rebeka je kmalu po prihodu prevzela vodenje NDT izpitnega centra in veliko prispevala k izdelavi novih izpitnih vzorcev in pripravi novih izpitnih nalog. V tem obdobju se je povečalo tudi povpraševanje po

kontrolorjih v slovenski industriji – od januarja 2023 do novembra 2025 smo na novo certificirali 500 kandidatov, kar je precej več kot v vseh dosedanjih obdobjih delovanja Instituta za varilstvo.

6. Zaključek

Kot podjetje, ki se že desetletja ukvarja z usposabljanjem osebja v industriji, opažamo, da se zahteve kupcev oz. naročnikov po kakovosti izdelkov stalno zvišujejo. To pomeni, da so slovenska podjetja sposobna ustvarjati izdelke z višjo dodano vrednostjo in zato vse več vlagajo v svoje ključne kadre in opremo.

Institut je v obdobju od leta 2005 do danes sodeloval pri usposabljanju in certifikaciji 2110 NDT kandidatov. Polovica teh kandidatov je bila certificirana za vizualne preiskave. Na splošno so površinske metode zajemale več kot 80 % vseh kandidatov.

Odločitev, da Institut za varilstvo leta 2005 začne z usposabljanjem in certifikacijo NDT osebja v slovenski kovinsko-predelovalni industriji, je bila popolnoma pravilna. Ne

samo z namenom, da imamo na področju certifikacije NDT osebja nujno potrebno konkurenco, ampak tudi zato, da na NDT področju razvijemo čim več kadrov, ki so sposobni svoje znanje prenesti v industrijo in na prihajajoče rodove.

Na koncu bi se rad zahvalil vsem svojim sodelavkam in sodelavcem, ki so v teh dvajsetih letih sodelovali pri usposabljanju in certifikaciji NDT osebja in pomagali, da smo skupaj naredili prepoznavno in uspešno organizacijo, usmerjeno v kakovost in razvoj. Posebna zahvala gre našemu dragemu Nikolaju Samsi, ki je od začetka bdel nad tem projektom. Bil je mentor in duhovni oče vsem nam, mlajšim sodelavcem.

Zahvala gre tudi celotni ekipi sodelavcev Instituta za varilstvo, da lahko danes razvoj zahtevnega področja usposabljanja NDT osebja predstavimo kot zgodbo o uspehu.

Hvala, Miro. Hvala, Darjo. Hvala, Uroš. Hvala, Mojca. Hvala, Matej. Hvala, Rebeka.

Literatura

[1] Arhiv Instituta za varilstvo.



Dr. Dominik Kobold ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

Evropska uredba 2024/3110 o določitvi harmoniziranih pravil za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Evropske uredbe št. 305/2011

Uredba Evropske unije 2024/3110 o določitvi harmoniziranih pravil za trženje gradbenih proizvodov, ki nadomešča že dobro poznano uredbo o gradbenih proizvodih 305/2011 (ang. CPR – Construction Products Regulation), je začela veljati 7. januarja 2025. Nova uredba prinaša nekaj novosti tako za proizvajalce gradbenih proizvodov kot za pooblaščenke pri-glašene organe za izvajanje ocenjevanja ustreznosti sistema tovarniške kontrole proizvodnje (ang. FPC – Factory Production Control). Za proizvajalce jeklenih konstrukcije je spoštovanje uredbe obvezno.

1. Pomen uredbe

V tržnem gospodarstvu smo usmerjeni v prost pretok ljudi, blaga in storitev, zato je nujno sprejetje zakonskih podlag, ki omogočajo harmonizirane in enotne pogoje.

Enotne pogoje lahko določimo z uredbami, ki so uradni pravno zavezujoči dokumenti in jih lahko sprejmemo na mednarodni, evropski ali nacionalni ravni.

Ključne besede:

**CPR, 305/2011, 2024/3110,
uredba, gradbeni
proizvodi, SIST EN 1090,
jeklene konstrukcije**

Uredbe, sprejete na nivoju Evropske unije (EU), po navadi predpisujejo najmanjše zahteve, ki jih morajo uvesti države članice v nacionalno zakonodajo. Posamezne države članice sicer lahko pogoje še poostrijo.

Uredba 305/2011, ki jo v praksi poimenujemo CPR uredba, je bila sprejeta na nivoju Evropske unije s ciljem določiti pravila za prost pretok gradbenih proizvodov na področju Evropske unije. Po sprejetju uredbe Evropskega parlamenta in sveta v letu 2011 so morale države članice v obdobju dveh let sprejeti potrebno nacionalno zakonodajo, ki je določila izvajanje sprejete uredbe s strani proizvajalcev gradbenih proizvodov.

Pripravili so se ustrezni harmonizirani standardi, kot je SIST EN 1090-1 (Izvedba jeklenih in aluminijastih konstrukcij – 1. del: Zahteve za ocenjevanje skladnosti konstrukcijskih elementov), ki je uvedel [2]:

- Sistem tovarniške kontrole proizvodnje (FPC – Factory Production Control).
- Izjavo o lastnostih (ang. DoP – Declaration of Performance) in CE označevanje, s čimer se dokazuje, da so lastnosti izdelka skladne z evropsko zakonodajo.
- Ocenjevanje skladnosti jeklenih in aluminijastih konstrukcijskih elementov s strani neodvisnih priglašeni organov.

Lastnosti jeklenih konstrukcij, ki jih mora zagotoviti proizvajalec, da zadosti zahtevam, so predpisane v harmoniziranem standardu SIST EN 1090-1 [2]. Natančnejši tehnični predpisi so določeni v produktnih standardih, kot so SIST EN 1090-2 (Izvedba jeklenih in aluminijastih konstrukcij – 2. del: Tehnične zahteve za izvedbo jeklenih konstrukcij), SIST EN 1090-3 (Izvedba jeklenih in aluminijastih konstrukcij – 3. del: Tehnične zahteve za aluminijaste konstrukcije) in Evrokodih.

Zakonske obveznosti za proizvajalce so določene v Zakonu o gradbenih proizvodih (ZGPro-1), ki je bil sprejet leta 2013 in za kršitelje določa tudi globe in ukrepe. To pomeni, da je za proizvajalce jeklenih gradbenih izdelkov spoštovanje predpisov uredbe CPR 305/2011 obvezno [3].

V obdobju dvanajstih let (od 2013 do 2025) se je izvajanje uredbe CPR 305/2011 dobro uveljavilo. Država je po sprejetju zakonodaje pooblastila priglašene organe (ang. notify body), ki izvajajo ocenjevanje in certifikacije proizvajalcev v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17065 (Ugotavljanje skladnosti – Zahteve za organe, ki certificirajo proizvode, procese in storitve). Nadzor ustreznosti priglašeni organov pa izvaja Slovenska akreditacija najmanj enkrat letno. Po pridobitvi akreditacije so priglašeni organi vpisani v enotno evropsko bazo NANDO.

Institut za varilstvo je priglašeni organ za izvajanje presoj sistema tovarniške kontrole proizvodnje FPC in vpisan v bazi NANDO s številko NB 2042.

Od leta 2013 so začeli proizvajalci jeklenih gradbenih konstrukcij množično uvajati certifikacijo sistema tovarniške kontrole proizvodnje po seriji standardov SIST EN ISO 1090. Ključno je, da naročniki jeklenih gradbenih konstrukcij zahtevajo izjave o lastnostih proizvodov in CE oznako. Podjetje brez certifikata FPC izjave o lastnostih in oznake CE ne more izdati.

Proizvajalci, kjer proizvodnja jeklenih konstrukcij temelji na varjenju, običajno poleg FPC certifikata vzdržujejo še certifikat kakovosti varilske proizvodnje, skladno s serijo standardov SIST EN ISO 3834. Standard ima več sklopov, ki so razdeljeni glede na zahtevnost varilske proizvodnje. SIST EN ISO 3834-4 predpisuje pogoje najmanjše zahtevnosti, srednje stopnje zahtevnosti (3. del) in največje zahtevnosti (2. del) varilske proizvodnje.

Prav tako standard SIST EN 1090-1 pozna več izvedbenih razredov jeklenih konstrukcij, ki jih po navadi poimenujemo kar z uveljavljeno kratico EXC (ang. Execution Class). Poznamo štiri stopnje zahtevnosti, in sicer EXC 1 – najmanjša zahtevnost, EXC 2 – srednja zahtevnost ter EXC 3 in EXC 4 – najvišja zahtevnost [2].

2. Novosti uredbe 2024/3110

Sprejeta Uredba 2024/3110 o določitvi harmoniziranih pravil za trženje gradbenih proizvodov, ki nadomešča uredbo CPR 305/2011, je še obsežnejša in uvaja tudi nekatere novosti. Jasno tudi kaže, da bo Evropska unija skupaj s članicami nadaljevala pot v smeri nadzorovanega sistema zagotavljanja kakovosti varjenih konstrukcij. Jasne usmeritve se kažejo tudi v smeri krepitve okoljskih vidikov ter vpliva izdelkov in storitev na okolje v celotnem življenjskem ciklu izdelka.

Primerjavo ključnih novosti in razlik uredb prikazuje preglednica 1.

Kratek pregled in dodatne razlage navedb v preglednici 1 so strnjene v naslednjih točkah:

1. Nova uredba (2024/3110) torej razširja lastnosti proizvodov z ugotavljanjem skladnosti. Tako imenovana izjava o lastnostih DoP se bo spremenila v DoPC, kar pomeni, da se bo poleg lastnosti izdelka navajalo še skladnost.
2. Naslednja sprememba se nanaša na harmonizirane standarde, ki so ključni za proizvajalce. Po novi uredbi lahko Komisija neposredno pripravi usklajene tehnične specifikacije, če standardi ne nastanejo pravočasno, kar omogoča hitrejšo odzivanje na potrebe trga. Prav tako se bo večja vloga dodala zakonodajnim aktom.
3. Uvajajo se strožje okoljske zahteve. Proizvajalci bodo morali zagotoviti

Preglednica 1: Primerjava uredb CPR 305/2011 in 2024/3110 [4]

Uredba 305/2011	Vsebina	Uredba 2024/3110
Določanje lastnosti proizvodov	Pristop	Določanje lastnosti in ugotavljanje skladnosti
Izjava o lastnostih DoP	Ključni dokument za dajanje na trg	Izjava o lastnostih in skladnosti DoPC
Harmonizirani standardi in evropsko poročilo o oceni (EAD – European Assessment Document)	Harmonizirane tehnične specifikacije	Harmonizirani standardi in zakonodajni akti
Okoljskega vidika ne vsebuje	Okoljski vidik	Določanje okoljskih lastnosti in zahtev
Delna – DoP lahko v elektronski obliki	Digitalizacija podatkov o proizvodu	Digitalni potni list proizvoda
Proizvajalec, pooblaščen zastopnik, uvoznik, distributer	Gospodarski subjekti	Dodatno še ponudniki storitev odpremnih skladišč, spletne tržnice ter spletna in druga prodaja na daljavo
Ne ureja predelanih in rabljenih proizvodov	Trajnostni vidik	Vključuje rabljene in predelane proizvode

informacije o vplivih izdelkov, kot so emisije, recikliranje na okolje v celotnem življenjskem ciklu. Okoljska deklaracija (EPD – Environmental Product Declarations) bo vključena v izjavo o lastnostih in skladnosti DoPC, s čimer bo okoljski vidik postal sestavni del uradnega dokumenta. Uvaja se tudi sistem nadzora 3+, na osnovi katerega bo preverjal in validiral podatke o trajnostni oceni priglašeni organ v okviru revizije FPC, vendar se za trajnostno oceno ne bo izdal posebej certifikat. Merila, po katerih bo priglašeni organ preverjal trajnostne lastnosti, ki jih bodo pripravili proizvajalci, bodo določali izvedbeni ali delegirani akti Evropske komisije.

4. Uvaja se digitalni potni list izdelka, ki bo omogočal digitalno in ažurno dostavo vseh informacij o izdelku s ciljem poenostaviti dostopnost podatkov. Predhodno se je izjava o lastnostih lahko izdala v digitalni obliki.

5. Nova uredba poleg proizvajalcev, pooblaščenih zastopnikov, uvoznikov in distributerjev dodatno vključuje še ponudnike storitev odpremnih skladišč, spletne tržnice ter spletno in drugo prodajo na daljavo. Strožji nadzor nad trgovino naj bi vključeval tudi aktivnejši odziv organov (inšpektoratov), predvsem z boljšo usklajenostjo in doslednejšim izvajanjem pravil.

6. Uredba vključuje rabljene in predelane proizvode. Upošteva tudi nove moderne gradbene metode, kot sta 3D tiskanje in modularna gradnja, ter vključuje tudi reciklirane in ponovno uporabljene materiale.

3. Veljavnost in izvajanje

Uredba se delno uporablja od 8. januarja 2025, ampak ne v celoti, saj so nekateri členi izvzeti. V celoti se začne uporabljati od 7.

januarja 2026, razen člena 92, ki se uporablja od 8. januarja 2027. Omenjeni 92. člen sicer govori o določilih in pravilih glede kazni, ki jih morajo sprejeti države članice za primere neskladnosti, vezane na zagotavljanje izvajanja pravil uredbe o gradbenih proizvodih.

Uredba torej že velja za posamezna države članice. Pristojna ministrstva pripravljajo zakonodajo, prav tako pa se pooblašчени priglašeni organi seznanjajo z novostmi in spremembami, ki jih prinaša nova uredba.

Nekaj časa (vsaj do izteka vseh prehodnih določb) bosta vzporedno veljali obe uredbi, odvisno od tega, ali je za določen proizvod že objavljena nova usklajena tehnična specifikacija.

Konkretnejše spremembe za proizvajalce bodo prinesli spremenjeni harmonizirani standardi, ki so trenutno v nastajanju. Točen datum nastanka še ni določen, ker je odvisen od hitrosti priprave standardov in delegiranih aktov. Ocenjuje se, da bo to uvajanje postopno in lahko traja do konca desetletja, to je do leta 2030.

Literatura

[1] Uredba (EU) 2024/3110 Evropskega parlamenta in sveta, o določitvi harmoniziranih pravil za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Uredbe (EU) št. 305/2011, z dnem 27. novembra 2024, dostopno <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>.

[2] SIST EN 1090-1:2009+A1, Izvedba jeklenih in aluminijastih konstrukcij – 1. del: Zahteve za ugotavljanje skladnosti sestavnih delov konstrukcij.

[3] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1), Uradni list RS, št.82/13.

[4] Mag. Anja Mozetič Lackovič, Predstavitev CPR 2024/3110, Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport, 13. 11. 2025.

GO WELD IT! WITH CORE.

A new era in
welding equipment.



Za tiste, ki ne govorijo. Ampak naredijo.

CORE je odgovor za varjenje brez kompromisov. Natančnost, zmogljivost in pametna tehnologija. Razvito s strani strokovnjakov. Zaupanja vredno med strokovnjaki. Inverterji CORE ponujajo vse funkcije, ki izpolnjujejo vaše zahteve. Trpežna in prenosna zasnova, ustvarjena za najzahtevnejša delovišča. Napredni nadzorni sistemi z izjemno stabilnim oblokom zagotavljajo popolne rezultate pri vsakem varu, medtem ko pametne funkcije nadzora varilcu omogočajo popoln vpogled v delo.

Doživite **popoln var z vrhunsko** zmogljivostjo obloka.

Skenirajte za
več informacij



**Dr. Dominik Kobold ¹,
Gašper Hozjan ²**

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

² Xlas, Lendava

Varnost in uporabnost ročnega laserskega varjenja

Uporaba laserja je postala nepogrešljiva v številnih znanstvenih in industrijskih panogah ter vsakdanjem življenju. Prav tako ima laser pomembno uporabno vrednost pri predelavi kovinskih materialov. V članku predstavljamo specifične uporabe ročnega laserskega varjenja, vplivne faktorje in osnovno delovanje laserske varilne opreme.

1. Uporaba laserskih naprav za varjenje kovin

Laserske žarke uporabljamo v številnih panogah in aplikacijah, kot so obdelava materialov (varjenje, rezanje, površinske obdelave, graviranje), optična merjenja (3D skenerji, geodetske meritve), zdravstvo, komunikacija, optično shranjevanje podatkov (zgoščenke, tiskalniki, skenerji), spektroskopija (ugotavljanje kemične sestave materialov), holografija in zabava (luči, usmerjena svetloba).

Lasersko varjenje je sodobna tehnologija spajanja kovinskih materialov, ki temelji na usmerjeni uporabi visokoenergijskega laserskega žarka.

Poleg spajanja kovinskih materialov lahko laserski žarek uporabljamo tudi za rezanje in čiščenje površin kovinskih materialov. V bistvu se laserska tehnologija najbolj pogosto uporablja za rezanje kovinskih materialov.

Lasersko varjenje išče svoje prednosti pred ostalimi načini varjenja v veliki hitrosti varjenja, nizki porabi električne energije in plinov, visoki energiji laserskega žarka ter s tem povezanim nizkim vnosom energije in ozkim toplotno vplivnim področjem (TVP) in majhnim deformacijam osnovnega materiala. Zaradi navedenih lastnosti je posebej primerno za:

Ključne besede:

**lasersko varjenje, laserski
žarek, varnost, zahteve**

- **Visokokakovostne zware**, kjer se zahteva ozki zvarni spoj, minimalne deformacije in majhno toplotno vplivano področje (TVP).
- **Avtomatizacijo in natančnost**, saj ponuja možnost integracije z robotskimi sistemi in računalniško krmiljenimi stroji.
- **Varjenje zahtevnih materialov**. Predvsem varjenje tankih pločevin do visoko trdnih jekel, aluminijevih in titanovih zlitin.
- **Uporabnost v zahtevnih industrijskih sektorjih**, kot so avtomobilska industrija, letalska in vesoljska tehnika, elektronika, medicinska tehnika, proizvodnja baterij ter orodjarstvo.

2. Zgradba laserskih naprav za varjenje

Poznamo več različnih laserskih virov. Največji razmah uporabe ročnih laserskih varilnih izvorov so omogočili vlakenski laserji (Yb – vlakenski laserji). Ti laserji imajo možnosti prenosa energije prek optičnih vlaken, odlikujejo pa jih tudi visoka učinkovitost, dolga življenjska doba, dober izhodni žarek z nizkim divergenčnim kotom oziroma kotom, pod katerim se širi svetlobni žarek [1].

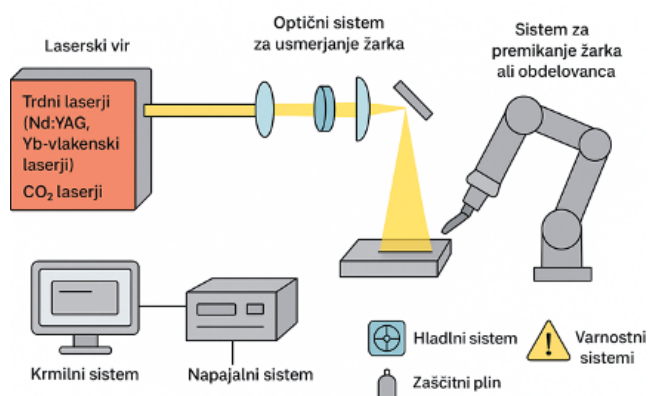
V uporabi so še ročni CO₂ laserji in Nd:YAG trdinski laserji, a jih vse bolj nadomeščajo z vlakenskimi laserji.

Zelo pomemben del laserskih varilnih naprav je optični sistem za usmerjanje žarka, ki ga sestavljajo zrcala z največjo možno odbojnostjo, leče ali optična vlakna za vodenje laserskega žarka do varilnega mesta. Ta sistem usmerjevalne optike omogoča koncentrirati energijo v majhno točko za dosego visoke gostote moči [1].

Potrebujemo še sistem za premikanje žarka

ali obdelovanja. Pri namenskih izvedbah lahko laserski žarek premikajo robotske roke, numerično krmiljene mize, obstajajo pa tudi sistemi galvanometričnih ogledal za dinamično varjenje pri visokih hitrostih. Pri galvanometričnih sistemih gre za majhna hitro premikajoča se ogledala, ki jih poganjajo aktuatorji ali elektromagnetni pogoni. Njihova naloga je usmerjanje laserskega žarka po površini obdelovanca brez premikanja samega obdelovanca ali laserske glave.

Pri ročnem laserskem varjenju pa gre v osnovi za sklop sestave laserskega vira, napajalnega in hladilnega sistema ter ročne varilne pištole (ang. handheld laser welding gun), ki jo upravlja varilec. Shema laserskega varjenja prikazuje slika 1.



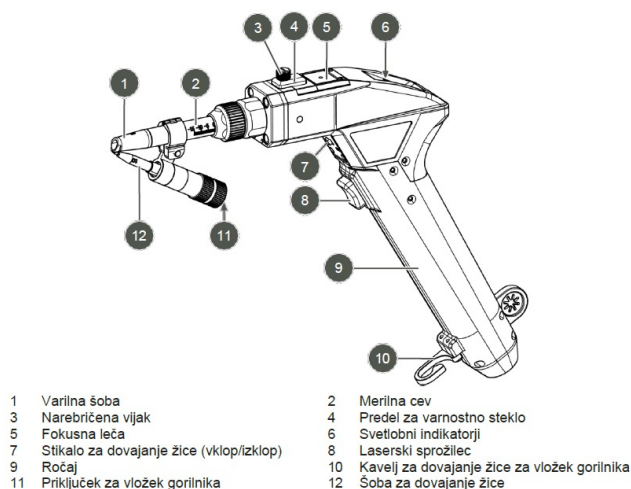
Slika 1: Shema laserskega varilnega postrojenja

Krmilni sistem je sestavljen iz programske opreme in krmilnikov, ki omogočajo nastavitev moči, trajanja impulzov, hitrosti varjenja in sinhronizacijo z robotskimi sistemi.

Nujni so še: podporni sistemi, kot je hladilni sistem za hlajenje vira in optike, zaščitni plin (npr. argon, helij, dušik) za zaščito zvara pred oksidacijo in za izboljšanje kakovosti zvara ter varnostni sistemi, ki preprečujejo izpostavljenost uporabnika laserskemu sevanju.

Pri ročnem laserskem varjenju varilna pištola omogoča prenos laserske energije

na obdelovanca. Shema laserske pištole je predstavljena na sliki 2. Glede na zahteve varjenja se menjajo varilne šobe in varnostno steklo, ki ima funkcijo zaščite fokusne leče. V ročaju varilne pištole je običajno vgrajen še kolimator. To je optični sistem (običajno leča ali skupina leč), ki spremeni divergentni (razpršen) laserski žarek v paralelni snop žarkov in galvanometrični optični sistem, ki služi za usmeritev žarka v fokusno lečo.



Slika 2: THEO MA1 shema laserske ročne pištole s podajalnikom žice [2]

Varilna pištola vsebuje svetlobni kazalnik za lažje sledenje zvarnemu žlebu. Prav tako je preko šobe izveden varnostni sistem, ki onemogoča sprožitev laserskega žarka, če pištola ni v stiku z obdelovancem.

3. Laserski izvor

Pri laserskem varjenju izkoristimo energijo usmerjenega koherentnega snopa svetlobe s strogo določeno valovno dolžino in izjemno visoko energijsko gostoto. Beseda LASER izhaja iz angleškega izraza *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ali v prevodu ojačenje svetlobe s spodbujeno emisijo optičnega sevanja.

Osrednji element laserja je resonator, ki ga sestavljajo aktivni medij, sistem za vzbujanje aktivnega medija in ogledala. Z

vzbujanjem (uporabimo lahko bliskovko, svetlobne diode, razelektritve v mediju ipd.) dvignemo atome aktivnega medija na višji energetske nivo. S prvim prehodom v nižji energetske nivo, pri katerem se sprosti svetloba, se sproži plaz vseh nadaljnjih prehodov na nižje energetske nivoje na način, da so sevani fotoni koherentni (imajo isto valovno dolžino). Pri nekajkratnem prehodu skozi aktivni medij dosežemo izredno intenzivno, vzporedno in koherentno svetlobo. Takšno svetlobo je možno močno fokusirati in doseči izredno velike gostote moči.

Optično sevanje je vsako elektromagnetno sevanje z valovnimi dolžinami med 100 nm in 1 mm. Spekter optičnega sevanja je razdeljen na ultravijolično, vidno in infrardeče sevanje [3].

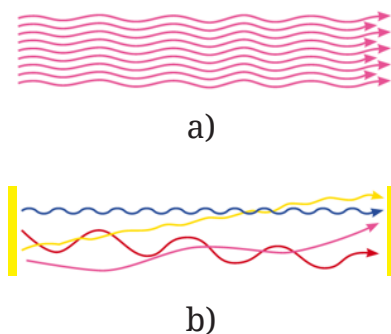
Ultravijolično sevanje (UV) ima valovne dolžine med 100 nm in 400 nm, delimo ga na UV A sevanje (valovne dolžine med 315 nm in 400 nm), UV B sevanje (valovne dolžine med 280 nm in 315 nm) in UV C sevanje (valovne dolžine med 100 nm in 280 nm).

Vidno sevanje obsega valovne dolžine med 380 nm in 780 nm.

Infrardeče sevanje (IR), ki ima valovne dolžine med 780 nm in 1 mm, delimo na IR A sevanje (valovne dolžine med 780 nm in 1400 nm), IR B sevanje (valovne dolžine med 1400 nm in 3000 nm) in IR C sevanje (valovne dolžine med 3000 nm in 1 mm) [3].

Optična sevanja so neionizirna sevanja in nosijo manj energije kakor rentgenski žarki ali radioaktivna sevanja, ki spadajo med ionizirna sevanja.

Lasersko sevanje ima izrazit koherenten snop svetlobe, saj so vsi delci usmerjeni enako in tudi nihajo z enako frekvenco (slika 3), kar omogoča, da se doseže tako velika energija laserskega snopa.



Slika 3: a) Usmerjeno koherentno lasersko sevanje in b) Druga svetloba ali nekoherentna optična sevanja [3]

Laserski žarek nima vedno enakega vira sevanja, ampak je to odvisno od vrste laserja in materiala aktivnega medija, saj lahko laserji delujejo v različnih delih elektromagnetnega spektra od vidne svetlobe, UV ali IR sevanja [3].

Najpogostejši industrijski laserji za varjenje kovin uporabljajo izključno infrardeči vir, saj kovine dobro absorbirajo to valovno dolžino in je zato učinek taljenja največji.

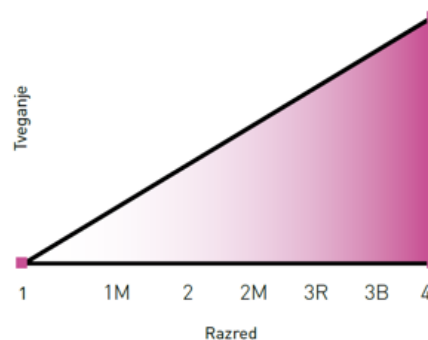
CO₂ laserji generirajo valovne dolžine svetlobe okrog 1060 nm, Nd: YAG laserji okrog 1064 nm, vlakenski laserji pa imajo valovno dolžino okrog 1070 nm.

4. Varnost in tveganja laserskega sevanja

Optična sevanja na delovnih mestih spadajo med tveganja, zato mora biti ustrezno urejeno varstvo pri delu, ki ga ureja Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem (Uradni list RS, št. 24/05 – uradno prečiščeno besedilo in 109/08). Proizvodnjo laserskih proizvodov ureja standard ISO IEC 60825-1 Varnost laserskih proizvodov – Klasifikacija opreme, zahteve in uporabniški priročnik. Predpisi za izdelavo ročnih laserskih varilnih izvorov pa so definirani v standardu ISO 11553-2 Varnost strojev – Laserski obdelovalni stroji,

Del 2: varnostne zahteve za ročne laserske obdelovalne naprave.

Glede na varnostne kriterije laserske izvore delimo na sedem razredov. Čim višji je razred, tem večjo moč ima laser in tem večje je varnostno tveganje [3].



Slika 4: Razredi laserskih izvorov glede na varnostno tveganje [3]

Med laserje razreda 1 spadajo laserski tiskalniki, predvajalniki in snemalniki zgoščenk. Za delo so varni, saj jih lahko uporabljamo brez zaščite. Prav tako lahko laserske žarke 1M gledamo s prostim očesom. V to skupino spadajo na primer nepriključena optična vlakna.

V razred 2 sodijo optični čitalci. So varni, če pride do kratke neposredne izpostavljenosti, dolgotrajno strmenje v žarek pa je lahko nevarno. Prav tako so laserji razreda 2M varni pri kratkotrajni izpostavljenosti laserskemu žarku. V to skupino spadajo laserski geodetski instrumenti.

Pri napravah v razredu 3R pa je gledanje naravnost v žarek s prostim očesom lahko nevarno. Uporabljamo jih lahko le, če so naprave zavarovane tako, da ni mogoče neposredno gledati v žarek. V to skupino spadajo merilne naprave, laserski usmerjevalniki velike moči in instrumenti za lasersko poravnavo.

Gledanje v laserje razredov 2, 2M ali 3R lahko povzroči zbeganost, zaslepljenost (učinek bliskavice) ali optične iluzije, še

posebej pri šibki okoliški svetlobi. Oči trajno poškoduje [3].

Žarek razreda 3B je nevaren za oči, če ga opazujemo preblizu. Na koži lahko povzroči manjše poškodbe ali celo zažge oblačila iz gorljivega materiala. Tipični predstavniki so laserji v fizioterapiji in laboratorijska raziskovalna oprema.

Laserji razreda 4 so znotraj nevarnega območja škodljivi pri neposredni izpostavljenosti oči in kože. Prav tako nevaren je razpršeni odboj žarka. Tipični predstavniki so laserski prikazovalniki, kirurški laserski instrumenti, laserski rezalniki in varilniki kovin.

Laserjev razreda 3B in 4 ne smemo uporabljati brez predhodno izdelane ocene tveganja. Prav tako se morajo predpisati ustrezna zaščitna oprema in ukrepi za omejitev izpostavljenosti.

5. Varnostni ukrepi pri laserskem varjenju

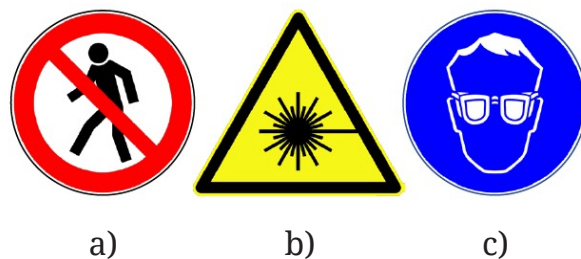
Ročni laserski varilni izvori spadajo v razred 4, v katerem je varnostno tveganje največje, zato moramo pred delu z njimi ustrezno poskrbeti tudi za varnostne ukrepe. Od delodajalca se zahteva, da se pripravi ocena tveganja in prikrbi ustrezna zaščitna oprema.

Eno izmed najbolj bistvenih zaščit je zaščita oči. Potrebna so ustrezna certificirana zaščitna očala, ki morajo ustrezati zaščiti, ustrezni valovni dolžini laserskega žarka. Zaščitno steklo, kot ga uporabljamo za obločno varjenje, ni ustrezno, saj oči ne ščiti pred vlomnimi dolžinami IR svetlobe, ki jo proizvajajo laserji.

Potrebne so tudi zaščitna maska za zaščito kože, zaščitna obleka in rokavice. Prav tako morajo biti zaščitene okolica in ostale osebe, ki se gibljejo v bližini laserske-

ga izvora. Velika nevarnost pri laserskem varjenju ni zgolj poškodba varilca, ampak odboj laserskih žarkov od svetlečih odbojnih površin, ki lahko poškodujejo drugo osebo v bližini.

Delovno mesto, kjer se izvaja lasersko varjenje, mora biti zato tudi primerno označeno. Na sliki 5 so prikazane osnovne opozorilne oznake. V splošnem morajo biti opozorila najmanj za prepovedano približevanje v času delovanja laserja (slika 5a), opozorilni simbol za laserski žarek (slika 5b) in obvezna uporaba zaščitnih očal (slika 5c). Lahko se dodajo še druge oznake, kot so nevarnost vdihovanja škodljivih plinov, uporaba zaščitnih rokavic, splošna previdnost itd.



Slika 5: a) Prepovedano približevanje, b) Laserski žarek, c) Obvezna uporaba zaščitnih očal

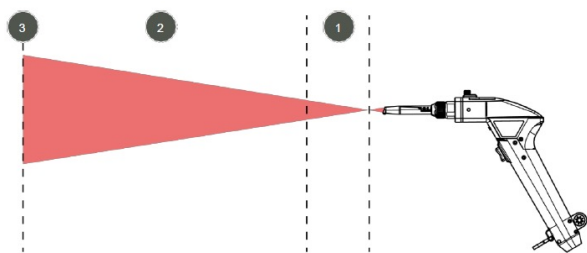
Varilna celica mora biti zaščitena s posebnimi paneli, ki laserski žarek absorbirajo in ne odbijejo. Klasični paneli, ki se uporabljajo za obločno varjenje, zato niso primerni. Primer laserske varilne celice z zaščito prikazuje slika 6.



Slika 6: Model zaprte varilne celice [4]

Med varjenjem nastaja tudi sekundarno vidno in nevidno svetlobno sevanje. Interakcija med visokozmogljivim laserskim žarkom in varjenim materialom lahko povzroči nastanek ultravijolične (UV) svetlobe in plazme, ki oddaja modro svetlobo. To sevanje lahko povzroči različne zdravstvene težave, kot so poškodba mrežnice in kožne reakcije, podobne sončnim opeklinam. Očala morajo zato tudi preprečiti prehod UV svetlobi, prav tako pa se mora zaščititi koža [3].

Za preprečitev poškodbe varilca je pomembno, da določimo nominalno razdaljo nevarnosti za oči, znotraj katere lahko neposredno gledanje v laserski žarek povzroči poškodbe oči (slika 7). Cona 1 in cona 2 sta za varjenje najbolj nevarni. Mejni priporočljiv odmik od vira laserja mora biti vsaj 250 mm [2].



Slika 7: Laserska nevarna območja: 1 – za kožo in oči, 2 – za oči, 3 – priporočljiva varnostna razdalja za oči

Med varjenjem je celotno območje pred ročnim laserskim varilnikom zaradi oddajanja laserskega sevanja opredeljeno kot nevarno območje.

V neposredni bližini delovnega območja sme ostati samo varilec. Bistveno je, da se upošteva mejna vrednost odmika in nosi ustrezna osebna zaščitna sredstva ter v to območje, kot je prikazano na sliki 8, fizično med varjenjem ne posega.

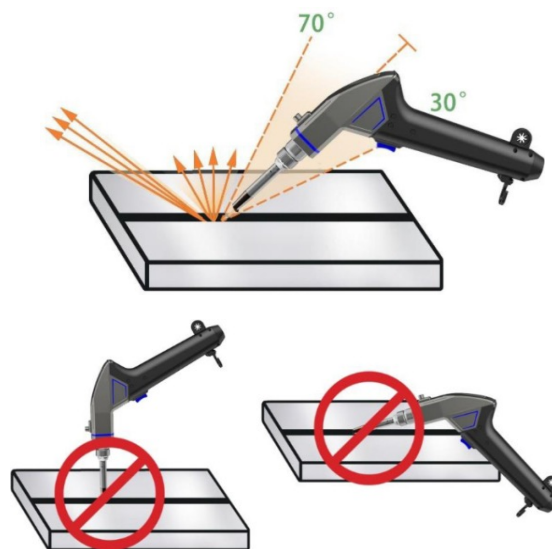
Za uspešno izvedbo ročnega laserskega varjenja in izoginitvi poškodb zaradi odboja laserskega žarka je treba lasersko pišto-



Slika 8: Območje, v katero se med varjenjem ne posega [2]

lo voditi pod ustreznim naklonom in se izogibati odbojnemu področjem.

Med varjenjem se nastavi glava pištole pod kotom med 30° in 70°. Držanje varilne pištole v položaju, v katerem je kot preveč strm ali preveč ozek, lahko povzroči nevarne odboje in poleg nevarnosti za ljudi poškoduje tudi varilno napravo [2].



Slika 9: Priporočljivi nakloni laserske pištole med ročnim varjenjem [2]

Zaželeno je, da je ograjen prostor za lasersko varjenje poleg opozorilnih nalepk, kot je predstavljeno na sliki 5, opremljen tudi z opozorilnimi lučmi.

Enako kot pri ostalih načinih varjenja je

pri laserskem varjenju zelo nevarno tudi vdihavanje dimov, ki nastanejo pri varjenju. Laserski žarek ima večjo intenziteto kot obločni postopki varjenja, zato lahko pride do uparjanja materialov in tvorjenja za zdravje nevarnih in strupenih hlapov v varilnih dimih. Varilni dimi lahko vsebujejo fine delce in pline, ki nastajajo pri kombinaciji varilnih materialov, dodatnih materialov, zaščitnih plinov, barv, premazov, kemičnih reakcij in onesnaženosti zraka. Varilni dimi lahko škodljivo vplivajo na pljuča, srce, ledvice in centralni živčni sistem, zato je varjenje v zaprtih prostorih s slabim prezračevanjem izredno nevarno. V slabo prezračevanih prostorih se lahko hitro kopičijo strupene koncentracije dimov in plinov, kar lahko vodi do nezvesti ali zadušitve. Poleg škodljivih snovi ultravijolično sevanje, ki se sprošča med varjenjem, reagira s kisikom in dušikom v zraku ter ustvarja ozon in dušikov oksid, ki sta v visokih koncentracijah lahko smrtna. Zaščitni plini, ki se uporabljajo med varjenjem, lahko izpodrivajo zrak, kar lahko povzroči telesne poškodbe ali celo smrt [3].

6. Zaključek

Lasersko varjenje je tehnološko napreden proces, ki združuje visoko natančnost, produktivnost in prilagodljivost. Zaradi stalnega razvoja vlakenskih laserjev postaja vedno bolj razširjena tehnologija v industrijski praksi, saj omogoča kakovostne zware z minimalnim toplotnim vplivom in širokim spektrom uporabe pri različnih kovinskih materialih.

Kljub vsemu pa je pri uvajanju laserskega varjenja v proizvodni proces treba biti previden in predhodno zagotoviti osnovne delovne pogoje in varstvo pri delu.

Kot drugo je treba ustrezno usposobiti varilce, saj je tehnika varjenja drugačna kot pri obločnih načinih varjenja.

Tretja pomembna zahteva je priprava zvarjencev in zvarnih žlebov, ki jih zahteva lasersko varjenje, saj je procesno okno in predvsem področje koncentracije energije veliko ožje kot pri obločnih načinih varjenja.

Kot najpomembnejša stvar ustreznosti laserskih tehnologij je določitev ustreznih varilnih parametrov in potrditev varilnega postopka, da je mogoče dosegati zelene mehanske lastnosti zvarnih spojev.

V skladu s standardom SIST EN ISO 9606 je mogoče certificirati in kvalificirati varilno osebje, standard SIST EN ISO 15609-4 določa parametre za specifikacijo varilnega postopka (VPS). Standard SIST EN ISO 15614-11 pa določa teste in zahteve za potrditev in kvalifikacijo varilnih postopkov, narejenih z laserskimi in elektronskimi snopi.

7. Literatura

- [1] Morteza Tayebi, Hedayat Mohammad Soltani and Ali Rajaei, Laser Welding, Welding Principles and Application, CC IntechOpen, dostopno na <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.102456>, 26. 9. 2025.
- [2] THEO MA1 ULTRA, THEO MA1-65 THEO, MA1-45 THEO MA1-35, Prevod navodil za uporabo, original dostopen na www.theo.inc, povzeto 20. 9. 2025.
- [3] Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve Sektor za varnost in zdravje pri delu, Umetna optična sevanja, Priročnik z osnovnimi informacijami in navodili, dostopno na <http://www.osha.mddsz.gov.si/resources/files/pdf/opticnasevanja-prirocnik-final.pdf>, povzeto 26. 9. 2025.
- [4] <https://www.x-las.si/lasershell-kabine/>, povzeto 26. 9. 2025.

**Dr. Dominik Kobold¹,
Gašper Hozjan²,
Nataša Novak¹**

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

² Xlas, Lendava

Lasersko varjenje - določitev varilnih postopkov

V članku je predstavljena študija laserskega varjenja za tri različne materiale: aluminijevo zlitino EN-AW 5754, nerjavno jeklo W. Nr. 1.4307 in osnovno ogljično jeklo S235 ter dve debelini 1,5 mm in 4 mm za kotni in sočelni spoj. Vsi vzorci so bili najprej ocenjeni na osnovi neporušnih (NDT) in metalografskih preiskav. Vzorce, ki so ustrezali kriterijem sprejemljivosti, izvedenih po neporušnih metodah, smo potem še testirali v skladu s standardom EN ISO 15614-11, ki določa pogoje za kvalifikacijo postopka varjenja z laserskim žarkom in elektronskim snopom. Članek povzema tudi večino ključnih standardov, potrebnih za izvedbo kvalifikacije varilnega postopka z laserjem..

1. Osnove laserskega varjenja

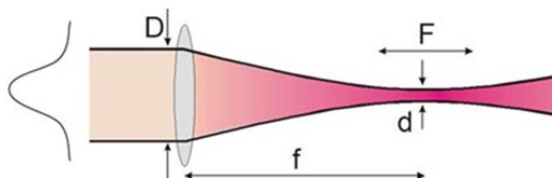
Za uspešno uporabo laserskega varjenja moramo najprej izbrati ustrezen tip in moč laserskega izvora ter potem nastaviti ustrezne varilne parametre oziroma način delovanja.

Izberemo lahko med kontinuiranim načinom in pulznim načinom delovanja laserskega žarka. Po navedi za varjenje uporabljamo kontinuirani način, pri narvarjanju ali popravilih pa tudi pulzni način, saj lahko s pulznim načinom dosežemo večje energije.

Ključne besede:

**lasersko varjenje, varilni
parametri, odobritev
postopka, vps**

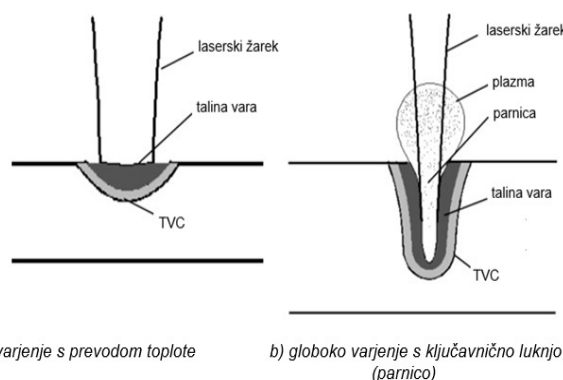
Po premeru izhodnega laserskega žarka je porazdelitev gostote moči odvisna tako od optičnih kot geometrijskih in drugih lastnosti konstrukcije laserja. Zelo pomembna je sposobnost fokusiranja laserskega žarka. Valovna dolžina naravne svetlobe omejuje zmožnost fokusiranja laserskega žarka, pri laserju pa iščemo Gaussovo porazdelitev intenzitete z veliko točkovno koncentracijo na določeni dolžini [1]. V ozadju fokusiranja žarka stoji dokaj zahtevni matematični izračun, ki ima tudi velik vpliv na delovanje laserskih virov in se lahko pri različnih proizvajalcih razlikuje.



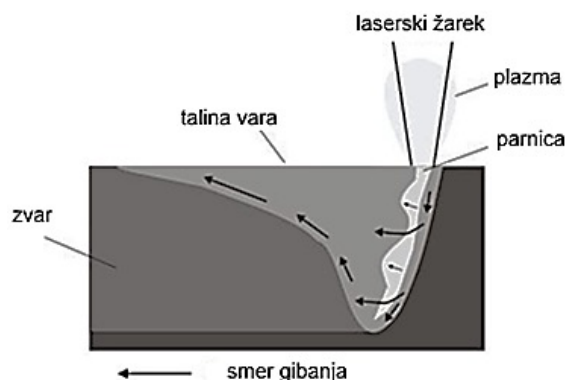
Slika 1: Fokusiranje laserskega žarka, kjer je D premer izhodiščnega laserja, f fokusna goriščna razdalja, d premer koncentrirane laserske točke na obdelovancu in F dolžina snopa laserskega snopa z največjo koncentracijo [1].

V osnovi ločimo dva načina laserskega varjenja, in sicer varjenje s prevodom toplote in varjenje s parnico oziroma ključavnično luknjo (angl. keyhole). Shema prikazuje slika 2. Prvi način uporabljamo predvsem za navarjanje in zvarjanje z dodatnim materialom, ko se ne zahteva globoka prevartitev. Z laserskim žarkom raztalimo dodajni material, ki je najpogostejše v obliki žice ali prahu, in površino varjenca oziroma dveh varjencev, če jih varimo. Ta postopek varjenja uporabljamo za sanacijo obrabljenih delov in za prekrivno zvarjanje tanjših pločevin.

Lasersko varjenje s ključavnično luknjo uporabljamo za varjenje debelejših varjencev. Pri tem postopku morata biti zvarna robova pripravljena zelo natančno, brez špranje (slika 3).



Slika 2: a) Varjenje s prevodom toplote, b) Varjenje s ključavnično luknjo [1]



Slika 3: Shema varjenja s ključavnično luknjo [1]

2. Študija določitve varilnih parametrov

Kakovost laserskega varjenja je zelo odvisna od ustrezne tehnologije in ustreznih varilnih parametrov, saj je tehnološko okno ozko, različnih vplivnih parametrov pa je veliko. Priporočila za popis specifikacije varilnega postopka (VPS) za lasersko varjenje so predpisana v standardu SIST EN ISO 15609-4 iz leta 2009 [3], potrditev ustreznosti mehanskih in metalografskih lastnosti zvarnega spoja pa določa standard SIST EN ISO 15614-11 iz leta 2002 [3]. Kdorkoli uporablja laser za izdelavo kakršnihkoli nosilnih kovinskih konstrukcij, bi moral imeti postopek verificiran, saj vizualno ustrezen zvar nujno ne zagotavlja ustrezne mehanske lastnosti, ki so pri nosilnih konstrukcijah bistvene.

V nadaljevanju predstavljamo študijo izbire varilnih parametrov laserskega varjenja za različne vrste materialov in debelin, kot je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Vzorci varjenja

Material	Debeline [mm]		Spoj	
EN-AW 5754	1,5	4	BW	FW
AISI 304L; W. Nr. 1.4307	1,5	4	BW	FW
S235JR	1,5	4	BW	FW

Uporabili smo laserski izvor Max Photonics MA1-65, debelina dodatnega materiala je bila pri vseh zvarih 1 mm, varili pa smo plošče dimenzij 150 mm x 300 mm, kjer je bila 300 mm dolžina plošče.



Slika 4: Uporabljen laserski izvor Max Photonics MA1-65

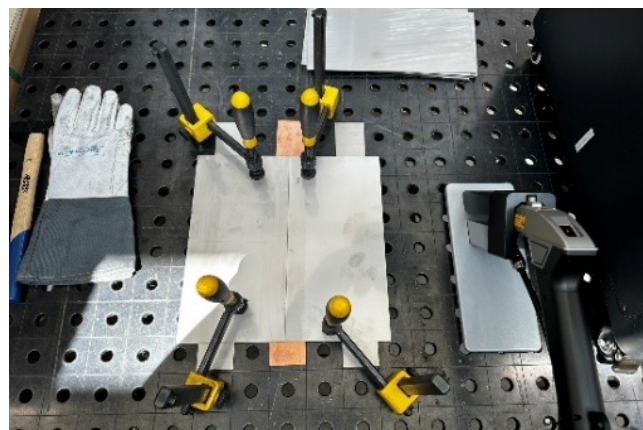
Trenutno se laserski postopki varjenja v Sloveniji ne testirajo veliko, ampak se nastavitve procesnih parametrov upoštevajo glede na priporočila proizvajalcev ali ponudnikov opreme.

Izhodiščne procesne parametre oziroma preliminarne VPS (pVPS) smo nastavili glede na priporočila za lasersko varjenje proizvajalca laserskih izvorov Max Photonics [5] in izkušnje zastopnika varilnih izvorov v Sloveniji, podjetje X-las.

Za vsak material in debelino smo zavari-li po dva vzorca in za nadaljnje testiranje izbrali boljši vzorec.

Pri vseh sočelnih spojih smo uporabili tesno prilaganje I spoja brez razmaka med ploščami. Pločevino smo vpeli tesno in varili na bakreno ploščo (slika 5).

Pri kotnem spoju smo stojino postavili pokončno pod kot 90° in s spenjalnimi varki pločevino speli na začetku in koncu plošč.



Slika 5: Vpetje pri sočelnem spoju



Slika 6: Varjenje kotnega spoja

Kotne vare smo varili na obeh straneh plošče (slika 6).

Parametri, ki so bili pri vseh vzorcih enaki in jih med varjenjem nismo spreminjali:

- Varjenje na bakreno podlogo pri sočelnih spojih.
- Oddaljenost od vzorca: 0 mm.
- Razmerje kolimacija in fokus: 50 : 150.
- Kakovost žarka M3: < 1,3.
- Vrsta žarka: kontinuiran neprekinjen.
- Premer optičnega vlakna: 20 mm.

- Oblika amplitude: parabolična.
- Kot gorilnika: 45°.
- Premer šobe: 6 mm.
- Plin: N₂ 5,0.
- Pretok plina: 12 l/min.

Preglednica 2: Parametri varjenja iz pVPS

Material	Debelina [mm]	Zvar	Dodajni material ø 1 mm	Fokus [mm]	Hitrost varjenja [cm/min]	Hitrost podajanja materiala [cm/min]	Moč žarka [W]	Frekvenca oscilacije [HZ]	Amplituda X in Y [mm]
EN-AW 5754	1,5	FW	ER5356	-2	54	60	525	60	2,5
EN-AW 5754	4	FW	ER5356	-2	54	60	1200	60	2,5
EN-AW 5754	1,5	BW	ER5356	-2	54	60	750	60	2,5
EN-AW 5754	4	BW	ER5356	-2	42	48	1425	60	2,5
S235JR	1,5	FW	G 46 4 M21 4Si1	-1	54	60	525	60	2,5
S235JR	4	FW	G 46 4 M21 4Si1	-3	54	60	1275	50	2,5
S235JR	1,5	BW	G 46 4 M21 4Si1	-1	54	60	675	60	2,5
S235JR	4	BW	G 46 4 M21 4Si1	-2	48	54	1425	50	2,5
AISI 304L	1,5	FW	ER316L	-1	54	60	525	60	2,5
AISI 304L	4	FW	ER316L	-3	54	60	1275	60	2,5
AISI 304L	1,5	BW	ER316L	-1	54	60	650	60	2,5
AISI 304L	4	BW	ER316L	-3	48	42	1425	60	2,5

3. Neporušno testiranje zvarnih sočelnih BW spojev

Testiranje zvarnih spojev smo EN ISO 15614-11 za najvišji sprejemljivostni razred B.

Za vse sočelne BW spoje smo najprej izvedli radiografske (RT) preiskave in glede na rezultate pregleda RT posnetkov določili, kateri vzorci ustrezajo za nadaljnje preiskave.

Za RT preiskavo smo uporabili digitalno rentgensko celico. Uporabljeni rentgen je bil Teledyne ICM tip CP160B, digitalna plošča pa Vidisco RayzorXPro.

Preglednica 3: Vzorci varjenja

Material	Debelina [mm]	Napetost [kV]	Tok [mA]	Razdalja [mm]	Čas [s]
EN-AW 5754	1,5	50	0,5	400	6,1
EN-AW 5754	4	65	0,5	400	8,1
AISI 304L	1,5	80	0,5	400	2,8
AISI 304L	4	100	0,5	400	5,2
S235JR	1,5	80	0,5	400	2,8
S235JR	4	100	0,5	400	5,2

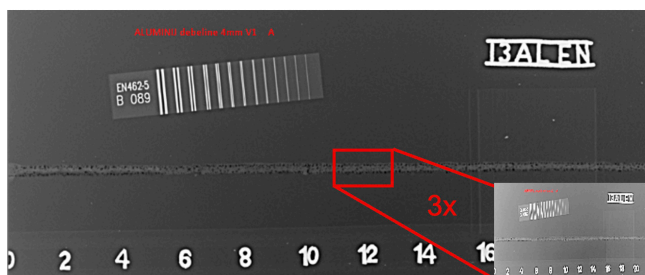
Zaredi omejitve velikosti filma smo celotno dolžino 300 mm plošče zajeli v dveh posnetkih. V prispevku smo prikazali rezultate samo na enem posnetku.

Neporušne preiskave in razred sprejemljivosti smo naredili v skladu z EN ISO 13919-1 [6] za jeklene zlitine in EN ISO 13919-2 [7] za aluminij in njegove zlitine. Stopnja sprejemljivosti B. Vrste nepravilnosti so klasificirane po standardu EN ISO 6520 [8].

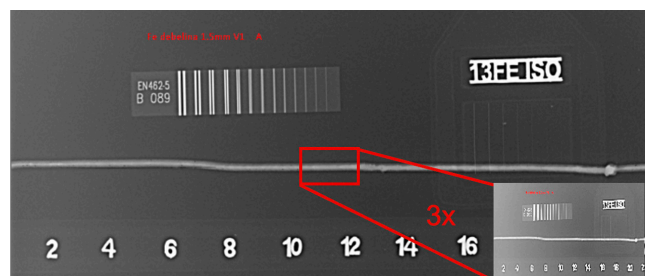
Izbrani RT posnetki in ocena zvarnih spojev je prikazana na sliki 7. Posnetki ne prikazujejo celotnega zvara, ampak področja z manj nepravilnostmi. Detajli na radiogramih so posebej prikazani v trikratni povečavi.



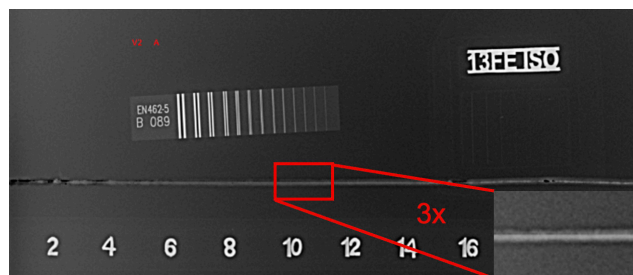
a) EN-AW 5754, 1,5 mm, BW – nepravilnosti 2014 in 200 gostota por večja kot $f > 3\%$, nesprejemljivo



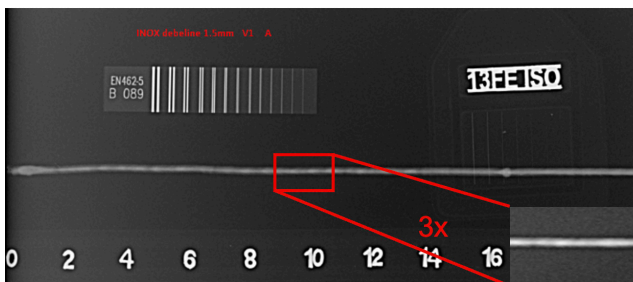
b) EN-AW 5754, 4 mm, BW – nepravilnosti 2014 in 200 gostota por večja kot $f > 3\%$, nesprejemljivo



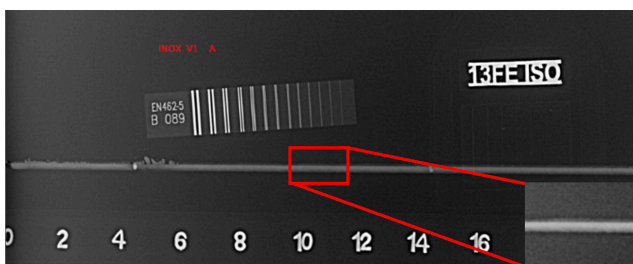
c) S235JR, 1,5 mm, BW – nepravilnosti 2013 in 2014 in 200 gostota por večja kot $f > 0,7\%$, za-dodša stopnji C, ne B



d) S235JR, 4 mm, BW – nepravilnosti 401 in 402, nesprejemljivo



e) AISI 304L, 1,5 mm, BW, sprejemljivo



f) AISI 304L, 4 mm, BW – nepravilnosti 507, 401 in 402, nesprejemljivo

Slika 7: Radiogrami vzorcev z oceno nepravilnosti sočelnih spojev

Komentar splošne ocene sočelnih zvarnih spojev je sledeč:

- BW spoj za nerjavni AISI 304L material debeline 1,4 mm je glede na NDT preiskave sprejemljiv, zato smo nadaljevali z mehanskim in metalografskim testiranjem.
- Pri BW spoju za nerjavni AISI 304L material debeline 4 mm nima poroznosti, ampak je na določenih delih zvar linearno zamaknjen ali pa neprevarjen koren.
- Pri BW spoju za nerjavni S235JR material debeline 4 mm je največja nesprejemljiva nepravilnost

neprevarjen koren, medtem ko poroznost ni težava. Pri tanjši debelini 1,5 mm pa izstopata tudi linearna poroznost in neprevarjen koren zaradi zamaknitve sledenja zvarnemu žlebu.

- Pri BW spojih na EN-AW 5754 tako 1,4 mm in 4 mm debeline pa je opažena izjemna linearna poroznost materiala.

4. Mehanske preiskave sočelnega spoja

Za material AISI 304L debeline 1,5 mm, ki je bil po izvedbi RT preiskav sprejemljiv, smo v skladu s standardom EN ISO 15614-11 za odobritev postopka laserskega varjenja izdelali sledeče vzorce za mehanske in metalografske preiskave:

- 2-krat natezni preskus,
- 2-krat prečni upogibni preskus temena,
- 2-krat prečni upogibni preskus korena,
- 1-krat metalografska preiskava.

Natezni preskus smo izvedli na 30 kN nateznem stroju HST. V preglednici 2 so rezultati preiskav. Teste smo izvedli v skladu s standardom ISO 6892-1 [9], po metodi B s konstantno hitrostjo pomika prečke 33,6 mm/s in temperaturi 22 °C.

Preglednica 4: Rezultati nateznih testiranj

Oznaka	Dimenzija vzorca – izmerjena debelina x dolžina (ts x b) [mm]	Presek S_0 [mm ²]	Izmerjena sila F_m [MPa]	Izračunana natezna trdnost R_m [MPa]	Zahtevana natezna trdnost R_m [MPa]	Mesto porušitve
B1	1,42 x 11,98	17,01	10,76	633	530–680	var
B2	1,45 x 12,11	17,56	10,90	621	530–680	var

Glede na rezultate nateznih testov se je material porušil v zvaru, mehanske lastnosti pa so dosegle potrebno natezno trdnost, tako da je zvar glede na mehanske lastnosti sprejemljiv.



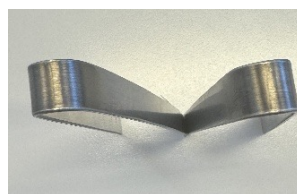
a)



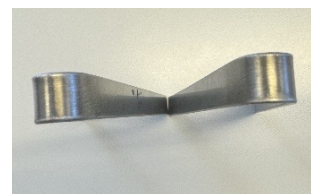
b)

Slika 8: Vpet in pretrgan natezni vzorec

Nadalje smo izvedli še prečni upogibni preizkus temenske in korenske smeri v skladu s standardom EN ISO 5173 [10] na dveh vzorcih za vsak upogib. Dimenzije vzorcev so bile: debelina 1,5 mm x 1 mm širina x 30 mm dolžina. Premer upogibnega trna je bil 3 mm, premer zaokrožitve matrice pa 6,5 mm. Vzorce smo upognili za 180°.



a)



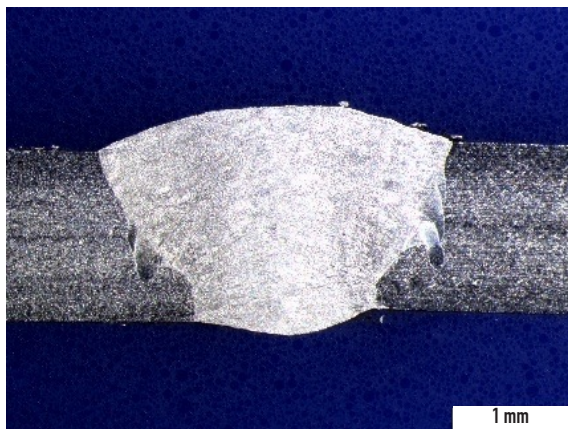
b)

Slika 9: Upognjeni vzorci a) koren in b) teme

Pri upogibu ni opaziti porušitev ali razpok, kar pomeni, da je tudi upogibni preizkus pokazal, da zvar ustreza.

Kot zadnji test smo izvedli še makroskopsko preiskavo zvarnega spoja sočelnega

zvara v skladu s standardom EN ISO 17639 [11]. Rezultat prikazuje slika 10.



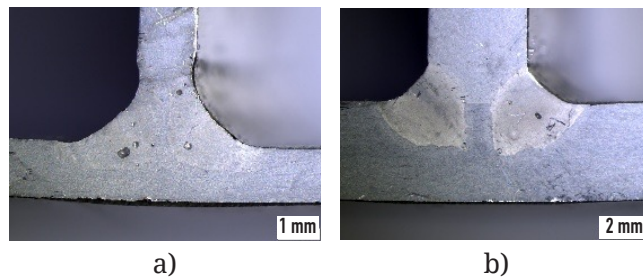
Slika 10: Makroskopija zvara

Tudi po makroskopski analizi zvar ustreza. Opazi se tudi koničaste prekalitve osnovnega materiala, ki so verjetno posledica oscilacije laserskega žarka pri varjenju. Oscilacija pomeni, da se laserski žarek po zvarnem žlebu giblje levo in desno. S tem lahko nastavljamo širino zvara oziroma področje, ki ga z laserskim žarkom talimo [5].

Glede na rezultate vseh preiskav lahko potrdimo, da tehnologija in parametri laserskega varjenja za nerjavno pločevino za jeklo W. Nr. 1.4307 (AISI 304L) ustrezajo.

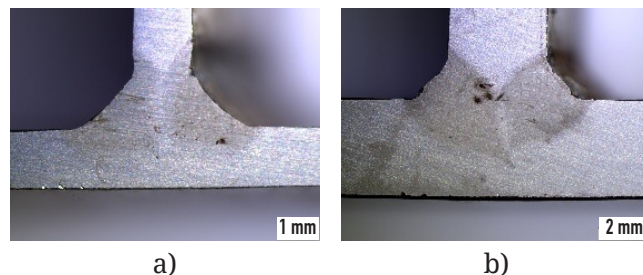
5. Makroskopske preiskave kotnih FW spojev

Pri kotnih spojih smo pripravili po en vzorec obrusa za vsak material in debelino posebej v skladu s standardom EN ISO 17639 [11]. Velikost kotnega zvara a je bila pri 4 mm debelih pločevinah 1,9 mm, pri 1,5 mm pa 1,1 mm. Rezultati makroskopije so prikazani na slikah 11 do 13.



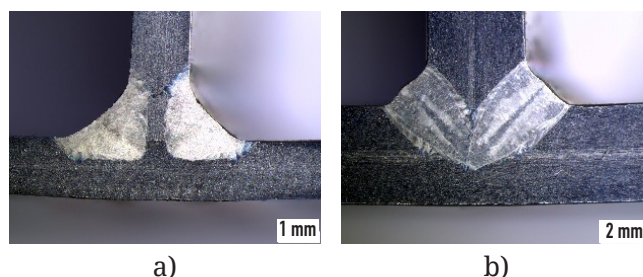
Slika 11: Makroobrus EN-AW 5754 a) 1,5 mm, b) 4 mm

Zvar pri 1,5 mm debelini EN-AW 5754 pločevine je nesprejemljiv zaradi nepravilnosti 200 in 2012, pri 4 mm pločevini je opaziti eno večjo poro, ki pa spada med sprejemljive nepravilnosti. Uvar je pri obeh zvarih ustrezen.



Slika 12: Makroobrus S235JR a) 1,5 mm, b) 4 mm

Zvar pri 1,5 mm debelini S235JR pločevine je nesprejemljiv zaradi nepravilnosti 200, pri 4 mm pločevini pa zaradi nepravilnosti 200 in 504 – prevelika penetracija.



Slika 13: Makroobrus AISI 304L a) 1,5 mm, b) 4 mm

Zvar pri 1,5 mm debelini AISI 304L pločevine je sprejemljiv, pri 4 mm pločevini pa zaradi nepravilnosti 504 – prevelike penetracije ni sprejemljiv.

Glede na rezultate testiranja smo ugotovili, da je varjenje kotnega spoja na nerjavni

pločevini AISI 304L debeline 1,5 mm sprejemljivo v skladu z zahtevami standardov, na katere se sklicuje EN ISO 156714-11.

6. Zaključek

Izvedena testna varjenja in rezultati nadaljnjih testiranj so potrdili, da je procesno okno laserskega varjenja ozko in se na priporočljive izkustvene nastavitve proizvajalcev opreme ni povsem za zanesti. Zelo pomenbno je, da se pred varjenjem nosilnih konstrukcij izvedejo ustrezni testi za potrditev postopka varjenja.

Za popis postopka varjenja oziroma VPS je na voljo standard EN ISO 15609-4 iz leta 2009. Pomembno je, da se vsi ključni parametri zapišejo in se lahko v primeru neustreznosti zvarnih spojev potem korigirajo vrednosti. Za odobritev postopkov varjenja pa je na voljo standard EN ISO 15614-11 iz leta 2002.

Glede na rezultate testiranj smo ugotovili, da je bilo pri varjenju aluminijeve zlitine v zvarih ogromno poroznosti, pri navadnem ogljičnem jeklu smo tudi zaznali linearno poroznost in težave z doseganjem ustrezne prevaritve. Čistoča in ustrezna priprava materiala sta ključnega pomena.

Pri nerjavnih jeklih smo zabeležili najboljše rezultate. Pri debelini materiala 1,5 mm je zvar popolnoma ustrezal zahtevam in bi bil za ta primer postopek varjenja tudi odobren.

Pri varjenju in potem ocenjevanju sprejemljivosti zvarnih spojev smo zasledili tudi, da je pri sočelnih spojih izziv slediti zvarnemu žlebu in ustrezno oblikovati korenski var zaradi deformacij.

Za ostale vrste materialov in debeline bo treba izvesti prilagoditve varilnih parametrov in ponoviti testiranja.

Literatura

- [1] Vilijem Kralj, Janko Tomc. Modul 1 specializacije varilskih koordinatorjev, Varjenje z laserjem, elektronskim snopom in plazmo, dokument 1.12.1 R3, januar 2024.
- [2] Morteza Tyebi, Hedayat Mohammad Soltani, Ali Rajaei, Laser Welding, Welding Principles and Application, CC IntechOpen, dostopno na <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.102456>, 26. 9. 2025.
- [3] EN ISO 15609-4, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure specification, Part 4: Laser beam welding, 2009.
- [4] EN ISO 15614-11, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test, Part 11: Electron and laser beam welding, 2002.
- [5] THEOMA1 ULTRA, THEO MA1-65 THEO, MA1-45 THEO MA1-35, Prevod navodil za uporabo, original dostopen na www.theo.inc, povzeto 20. 9. 2025.
- [6] ISO 13919-1, Electron and laser-beam welded joints — Requirements and recommendations on quality levels for imperfections, Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys, 2019.
- [7] ISO 13919-2, Electron and laser-beam welded joints — Requirements and recommendations on quality levels for imperfections, Part 2: Aluminium, magnesium and their alloys and pure copper, 2021.
- [8] EN ISO 6892-1, Welding and allied processes — Classification of geometric imperfections in metallic materials, Part 1: Fusion welding, 2007.
- [9] EN ISO 6892-1, Metallic materials — Tensile testing Part 1: Method of test at room temperature, 2019.
- [10] EN ISO 5173, Destructive tests on welds in metallic materials — Bend tests, 2023.
- [11] EN ISO 17639, Destructive tests on welds in metallic materials — Macroscopic and microscopic examination of welds, 2022.

vse na enem mestu



Denis Puhan ¹
Dr. Branko Nečemer ¹
Dr. Janez Kramberger ¹

¹ Fakulteta za strojništvo,
Univerza v Mariboru

<https://www.fs.um.si/>

Vpliv smeri valjanja na življenjsko dobo termično rezanih elementov iz jekla S960QL pri dinamičnih obremenitvah

*The Influence of Rolling Direction
on the Fatigue Life of Thermally Cut
S960QL Steel Elements under Dynamic
Loading*

V prispevku je predstavljena primerjalna analiza življenjske dobe visoko-trdnostnih plazemsko rezanih jeklenih pločevin iz jekla S960QL v dveh glavnih orientacijah glede na smer valjanja – vzdolžni (v smeri valjanja) in prečni (pravokotno na smer valjanja). Namen raziskave je bil preučiti vpliv anizotropije materiala ter toplotno-mehanskih sprememb, ki nastanejo v območju plazemskega reza, na utrujanje materiala in s tem na njegovo dinamično nosilnost, brez dodatne tehnološke obdelave konstrukcijskega elementa. Uvodoma so bili izvedeni statični natezni preizkusi, s katerimi so bile določene osnovne mehanske lastnosti materiala (meja tečenja, natezna trdnost in raztezek). Nadalje so bili opravljeni visoko-ciklični dinamični preizkusi pri obremenitvenem razmerju $R = 0,1$, na podlagi katerih sta bili določeni σ -N krivulji za obe orientaciji. Rezultati so pokazali, da smer valjanja vpliva na utrujenostno obnašanje materiala, saj je bila pri enaki nivojih napetosti ugotovljena razlika v številu ciklov do porušitve. Za pilotni program usposabljanja 1090 Inšpektor smo pripravili kurikulum, nabor vprašanj, na osnovi katerih bo mogoče testirati učne izide, preveriti predhodno znanje ali med učenjem testirati usvojeno znanje.

Ključne besede:
visoko-trdnostno
jeklo, utrujanje,
plazemsko rezanje,
smer valjanja

1. Uvod

S960QL spada med visoko-trdnostna konstrukcijska jekla, kamor uvrščamo vsa jekla z mejo tečenja, večjo od 460 [MPa] [1]. V zadnjih letih se v industriji vse bolj uveljavlja uporaba visoko trdnostnih jekel, saj omogočajo izdelavo tanjših in posledično lažjih konstrukcij, brez zmanjšanja njihove togosti [2], [3], [4]. To je posebej pomembno pri mobilnih žerjavih, kjer lažja konstrukcija pomeni večjo nosilnost, več prostora za tovor in manjšo porabo goriva [5], [6]. Uporaba tanjših pločevin pa prinaša povečane napetosti, kar zahteva boljše mehanske lastnosti materiala in visoko kakovost izdelave [5]. Pločevine se pogosto režejo na želene dimenzije ali oblike s postopki termičnega rezanja [7]. Ti postopki lahko pustijo robove, ki se v določenih primerih izkažejo kot kritični za življenjsko dobo komponent [8], [9], [10]. Na utrujanje in življenjsko dobo rezanih elementov vplivajo predvsem meja plastičnosti, natezna trdnost, prisotnost zaostalih napetosti, ki nastanejo med postopkom rezanja, ter hrapavost površine. Zaradi povečanih napetosti in termično rezanih robov, ki lahko delujejo kot začetna mesta za rast razpok, lahko takšni robovi predstavljajo kritične točke konstrukcije [11]. Raziskave so pokazale, da lahko v primeru zadostne kakovosti reza termično rezani robovi dosegajo primerljivo življenjsko dobo kot mehansko obdelani robovi [10]. Z vse večjo uporabo visoko trdnostnih jekel postaja poznavanje njihovih zmogljivosti in omejitev ključnega pomena. Glavni cilj raziskave je bila določitev σ -N krivulj termično rezane pločevine iz jekla S960QL, v smeri valjanja in v smeri prečno na smer valjanja. Pridobljene σ -N krivulje so bistvenega pomena za nadaljnje raziskave na tem področju, saj omogočajo razvoj natančnejših materialnih modelov za uporabo v numeričnih analizah.

2. Material in metode

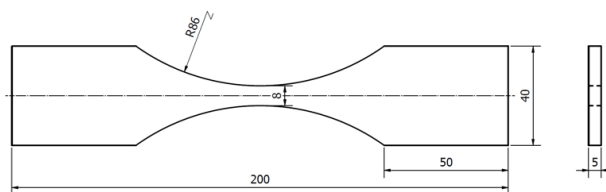
2.1 Material in geometrija preizkušancev

Preizkušanci so bili izrezani iz pločevine jekla S960QL, katere kemijska sestava, povzeta iz certifikata proizvajalca, je prikazana v preglednici 1. Pločevina izvira od proizvajalca Voestalpine in je komercialno označena kot »Alform 960 x-treme«. Geometrija preizkušanca je prikazana na sliki 1, dejanski videz preizkušanca pa na sliki 2. Za lažje sledenje med testiranjem so bili vsi preizkušanci označeni s točko preboja, označeno smerjo valjanja ter serijsko številko, kar je prav tako razvidno na sliki 2. Preizkušanci so bili pripravljene v dveh orientacijah glede na smer valjanja:

- V (vzdolžno) – v smeri valjanja in
- P (prečno) – pravokotno na smer valjanja

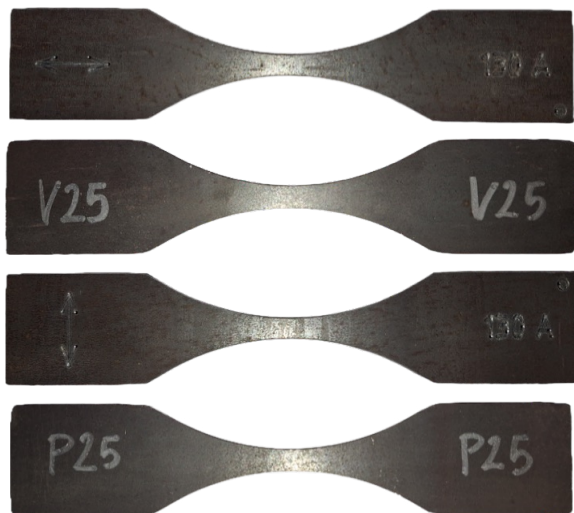
Preglednica 1: Kemijska sestava jekla S960QL [Iz certifikata materiala]

C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]
0,093	0,116	1,66	0,007
V [%]	Ti [%]	Cu [%]	Al [%]
0,115	0,025	0,014	0,045
S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]
0,0008	0,940	0,470	0,223
Nb [%]	B [%]	N [%]	
0,003	0,0022	0,0064	



Slika 1: Geometrija preizkušanca

Vsi preizkušanci so bili izrezani s postopkom plazemskega rezanja in niso bili



Slika 2: Preizkušanci (zgoraj vzdolžni, spodaj prečni)

dodatno mehansko obdelani (npr. brušeni), da bi se ohranilo realno stanje po plazemskem rezanju. Značilen izgled rezanege roba je prikazan na sliki 3. Rezanje je bilo izvedeno na plazemskem rezalniku DAIHEN VARSTROJ Varcut 3,2 L2N/EP-2,5×12/1PLR+1G, z uporabo šobe Hypertherm HPR400XD. Parametri rezanja so bili izbrani tako, da čimbolj posnemajo industrijske pogoje, njihova vrednost pa je povzeta v preglednici 2.



Slika 3: Rezani rob

Preglednica 2: Parametri rezanja

Tok (I) [A]	130
Napetost (U) [V]	126
Hitrost rezanja [mm/min]	4795

2.2 Eksperimentalne metode

V sklopu eksperimentalnega preizkušanja so bili izvedeni statični natezni preizkusi in visoko-ciklični dinamični preizkusi. Vsi preizkusi so bili opravljeni na elektrodinamičnem preizkusnem stroju ZwickRoell

Vibrophore 100 pri temperaturi okolice 22°C (slika 4). Statični natezni preizkusi so bili izvedeni s kontrolo sile, ki je bila kontrolirana z natežno-tlačno merilno celico zmogljivosti do 100 kN, medtem ko je bil pomik kontroliran na tanjšem delu preizkušanca z uporabo aksialnega mehanskega ekstenziometra ZwickRoell DigiClip 20. Za vsako orientacijo materiala so bili izvedeni trije statični preizkusi – trije v vzdolžni smeri (v smeri valjanja) in trije v prečni smeri (pravokotno na smer valjanja).



Slika 4: Preizkusni stroj ZwickRoell Vibrophore 100

Dinamični preizkusi so potekali pri obremenitvenim razmerjem $R = 0,1$ sinusne oblike pri frekvenci 91 Hz. Preizkušanje je bilo izvedeno na petih obremenitvenih nivojih, pri čemer je začetna amplitudna napetost znašala 30 % meje tečenja materiala. Za vsak obremenitveni nivo so bili izvedeni vsaj trije ponovitveni testi, kar omogoča zanesljivo statistično obdelavo podatkov in oceno razpršenosti rezultatov.

3. Rezultati in diskusija

3.1 Statični natezni testi

Slika 5 prikazuje inženirske napetost-no-deformacijske krivulje za statične teste preizkušancev v vzdolžni (V) in prečni (P)

smeri, v preglednici 3 pa so povzete mehanske lastnosti. Rezultati statičnih preizkusov kažejo rahlo anizotropijo materiala, saj imajo vzorci, usmerjeni vzdolžno s smerjo valjanja, višje mehanske lastnosti kot je meja tečenja, natezna trdnost ter raztezek v primerjavi z vzorci, usmerjenimi prečno na smer valjanja. Na diagramu je v začetnem delu opazen strm linearni vzpon, ki predstavlja elastično območje materiala, sledi dosežek največje napetosti okoli 1050 MPa, kar označuje natezno trdnost. Po tem vrhu napetost postopoma upada ob naraščajoči deformaciji, kar pomeni prehod v plastično območje in pojav lokalnega zoženja vzorca. Nenaden padec napetosti proti koncu kaže na porušitev materiala pri približno 14 – 17 % deformacije. Krivulje posameznih vzorcev se med seboj zelo dobro ujemajo, opazna pa so manjša odstopanja med krivuljami za prečno in vzdolžno smer, kar nakazuje, da mikrostruktura, nastala med procesom valjanja, vpliva na porazdelitev napetosti in deformacij ter posledično povzroča razlike v mehanskem odzivu glede na smer valjanja. Celotno obnašanje materiala kaže na homogeno in ponovljivo mehansko

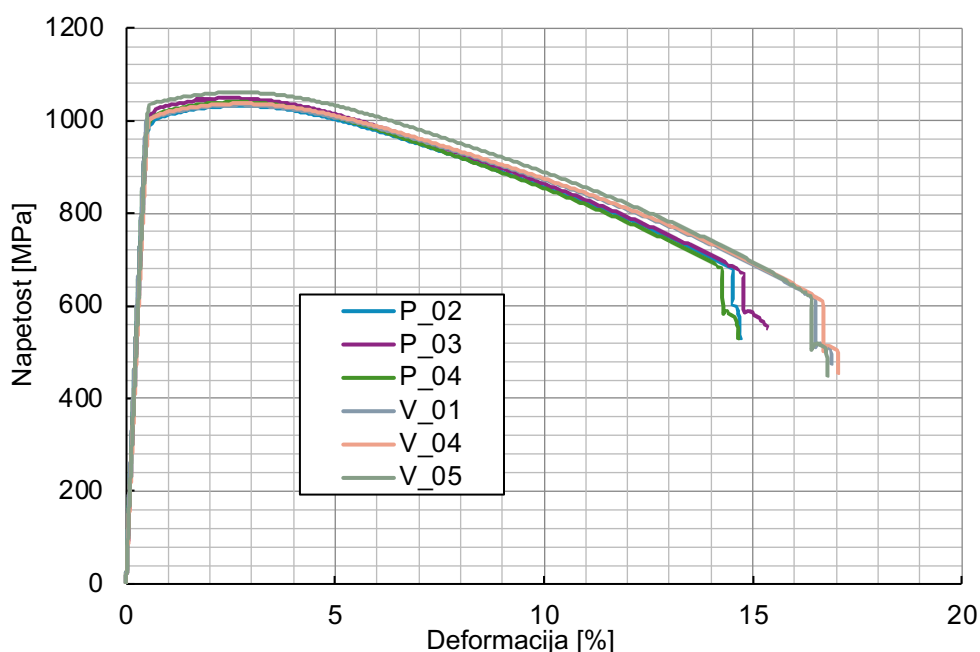
odzivnost z visoko trdnostjo in dobro duktilnostjo.

Preglednica 3: Statične mehanske lastnosti

	E [GPa]	R_{p0,1} [MPa]	R_{p0,2} [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
P_02	202	990	1000	1030	14,4
P_03	202	1010	1020	1050	14,8
P_04	209	996	1010	1040	14,3
V_01	210	1000	1010	1030	16,5
V_04	194	1010	1010	1040	16,7
V_05	199	1040	1040	1060	16,4

3.2 Visoko-ciklični dinamični testi

Slika 6 prikazuje rezultate dinamičnih preizkusov v obliki σ -N krivulj za preizkušance, rezane v vzdolžni in prečni smeri valjanja. Iz diagrama je razvidno, da imajo vzorci, usmerjeni vzdolžno s smerjo valjanja, daljšo življenjsko dobo pri enakih nivojih amplitudne napetosti v primerjavi s prečnimi vzorci. Ta razlika kaže na vpliv anizotropije materiala, saj



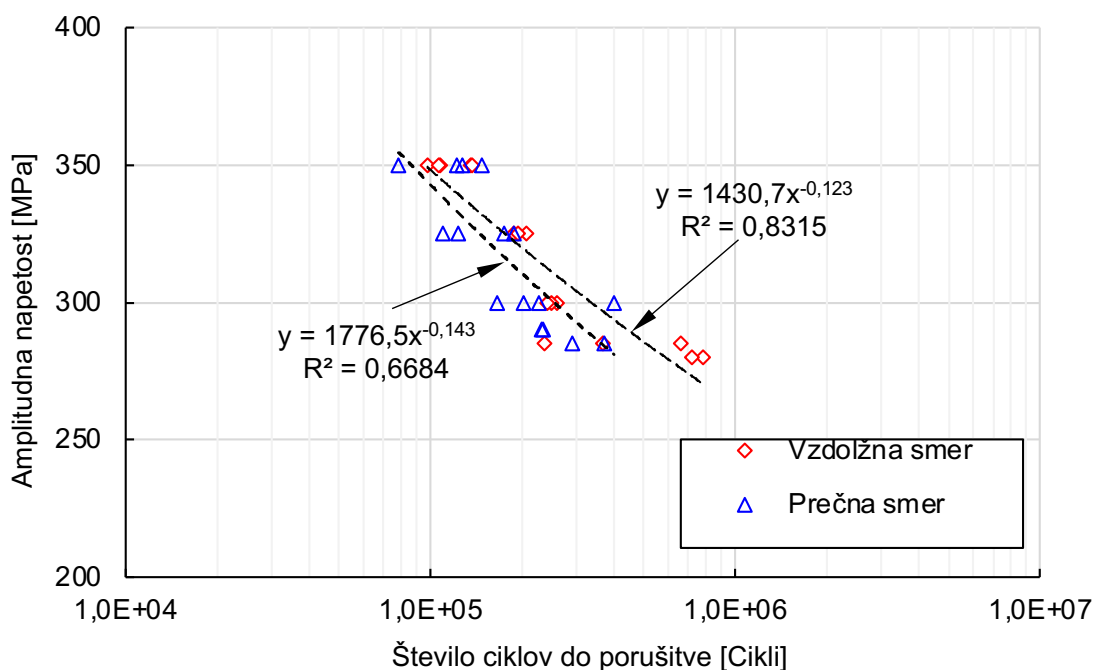
Slika 5: Statične inženirske natezne krivulje

usmerjena mikrostruktura, nastala med procesom valjanja, vpliva na rast in širjenje utrujenostnih razpok. V vzdolžni smeri se razpoke širijo vzdolž zrn, kar upočasni njihovo napredovanje, medtem ko se pri prečnih vzorcih razpoke širijo prečno čez zrna, kar vodi v hitrejšo porušitve. Obe orientaciji sta pokazali življenjsko dobo v območju med 10^5 in 10^6 ciklov, kar je značilno za visoko-ciklično utrujanje visoko-trdnostnih jekel. Naklon σ -N krivulj kaže, da prečni preizkušanci dosegajo hitrejšo zmanjšanje življenjske dobe z naraščanjem amplitudne napetosti. Korelacijski faktorji ($R^2 = 0,8315$ za vzdolžno in $R^2 = 0,6684$ za prečno smer) potrjujejo dobro ujemanje eksperimentalnih podatkov z regresijskimi krivuljami ter dodatno nakazujejo stabilnejše obnašanje materiala v vzdolžni smeri. Skupno rezultati potrjujejo, da valjanje povzroča izrazito usmerjeno mikrostrukturo, ki pomembno vpliva na utrujenostno odpornost materiala.

4. Zaključek

Na podlagi izvedenih statičnih in dinamičnih testov jekla S960QL lahko oblikujemo naslednje zaključke:

- Smer valjanja ima pomemben vpliv na mehanske lastnosti in utrujanje materiala. Preizkušanci v vzdolžni smeri valjanja so izkazali višjo mejo tečenja, večjo natezno trdnost in daljšo življenjsko dobo v primerjavi s prečnimi preizkušanci.
- Življenjska doba preizkušancev je bila za vzorce v vzdolžni smeri valjanja višja pri enakih nivojih napetosti, kar kaže na pomembno vlogo mikrostrukture, ki nastane med valjanjem, in orientacije mikro razpok. Prečni preizkušanci so dosegali hitrejšo zmanjšanje življenjske dobe pri povečevanju napetosti.
- Toplotno vplivano področje (TVP), ki nastane pri plazemskem rezanju, predstavlja potencialno mesto za nastanek razpok, še posebej pri prečnih



Slika 6: Utrujenostni σ -N krivulji za vzdolžno in prečno smer

rezih, kjer so zaostale napetosti bolj izrazite.

- Projektiranje konstrukcij iz visoko-trdnostnih jekel mora nujno upoštevati smer valjanja pri določanju nosilnosti in odpornosti proti utrujanju, saj lahko neupoštevanje tega vidika vodi do prezgodnjih poškodb ali zmanjšane varnosti konstrukcije.
- Za optimizacijo življenjske dobe termično rezanih elementov je smiselno razmisliti o načinih zmanjšanja negativnega vpliva TVP, na primer z naknadnimi postopki obdelave, kot je na primer brušenje.

Naše nadaljnje raziskave bodo usmerjene v podrobnejšo analizo mikrostrukture TVP in oceno vpliva različnih postopkov naknadne obdelave na izboljšanje odpornosti proti utrujanju. V sklop teh raziskav bo vključeno tudi dvoosno preizkušanje, kar bo omogočilo natančnejše smernice za projektiranje in proizvodnjo konstrukcijskih elementov iz visoko-trdnostnih jekel.

Literatura

- [1] CEN, Hot rolled products of structural steels-Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition. CEN, 2009.
- [2] L. Tong, L. Niu, Z. Ren, in X. L. Zhao, „Experimental research on fatigue performance of high-strength structural steel series“, J Constr Steel Res, let. 183, avg. 2021, doi: 10.1016/j.jcsr.2021.106743.
- [3] H. Ban in G. Shi, „A review of research on high-strength steel structures“, Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings, let. 171, št. 8, str. 625–641, avg. 2018, doi: 10.1680/jstbu.16.00197.
- [4] K. Lipiäinen, S. Afkhami, A. Ahola, in T. Björk, „Evaluation of geometrical notch and quality effects in the fatigue strength assessment of ultra-high-strength steel cut edges“, Structures, let. 37, str. 881–892, mar. 2022, doi: 10.1016/j.istruc.2022.01.069.
- [5] T. Stenberg, E. Lindgren, Z. Barsoum, in I. Barmicho, „Fatigue assessment of cut edges in high strength steel - Influence of surface quality“, Materwiss Werksttech, let. 48, št. 6, str. 556–569, jun. 2017, doi: 10.1002/mawe.201600707.
- [6] W. Bleck, H. Hummel, A. Kern, in U. Schrieffer, „Fatigue behaviour of component sections of mobile cranes out of high strength steel plates“, 2004. doi: 10.1002/stab.200490215.
- [7] S. Cicero idr., „Fatigue Behavior of High Strength Steel S890Q Containing Thermally Cut Straight Edges“, v Procedia Engineering, Elsevier Ltd, 2016, str. 246–253. doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.887.
- [8] P. Diekhoff, J. Hensel, T. Nitschke-Pagel, in K. Dilger, „Fatigue strength of thermal cut edges— influence of ISO 9013 quality groups“, Welding in the World, let. 63, št. 2, str. 349–363, mar. 2019, doi: 10.1007/s40194-018-00697-7.
- [9] N. Jezernik, S. Glodež, T. Vuherer, B. Špes, in J. Kramberger, „The Influence of Plasma Cutting Process on the Fatigue Strength of High Strength Steel S960Q“, Key Eng Mater, let. 348–349, str. 669–672, sep. 2007, doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.348-349.669.
- [10] J.-O. Sperle, „Influence of Parent Metal Strength on the Fatigue Strength of Parent Material with Machined and Thermally Cut Edges“, Welding in the World, let. 52, št. 7, str. 79–92, 2008, doi: 10.1007/BF03266656.
- [11] I. Lillemäe-Avi idr., „Fatigue strength of high-strength steel after shipyard production process of plasma cutting, grinding, and sandblasting“, Welding in the World, let. 62, št. 6, str. 1273–1284, nov. 2018, doi: 10.1007/s40194-018-0638-y.

Matej Žgavec ^{1, 2}

¹ QCI-NDT Matej Žgavec s.p.,

² Institut za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

Obrazložitev izraza NDT preizkušanje zvarnih spojev

***Explanation of the term NDT testing of
welded joints***

V industriji se občasno srečujemo z naslednjimi vprašanji: ali je potrebno na proizvodu z zvarjenimi spoji izvajati neporušitvena preizkušanja (NDT) ali preiskave? Ali končni naročnik od proizvajalca ali od neodvisne tretje strani pričakuje strokovno poročilo o preiskavi ali o preizkušanju z neporušitvenimi metodami oziroma njihovimi tehnikami? Ali se v standardih za namen in uporabo nekega proizvoda nahajajo zahteve za preizkušanje ali za preiskave?

V tem članku je podana ena izmed možnih interpretacij odgovorov na zgornja vprašanja. Tematika v nadaljevanju je namenoma povezana samo s proizvodi, ki so izdelani z zvarjenimi spoji, saj se v drugih industrijah, kot je npr. letalstvo, nuklearna industrija ipd. lahko uporabljajo še drugi izrazi in drugačne interpretacije le-teh.

Zaradi potrebe po spremljanju zahtev za izvajanje kontrolnih aktivnosti, za namene zagotavljanja kakovosti in končne skladnosti, moramo slediti vsebinam v tehniških standardih ali specifikacijah naročnika. Sledenje tem vsebinam, ki so pretežno v angleškem jeziku, terja vsaj osnovno razumevanje podanih zahtev, ki se nanašajo na NDT.

In industry, we occasionally encounter the following questions: is it necessary to perform non-destructive testing (NDT) or examinations on a product with welded joints? Does the end customer expect a professional report on the examination or testing with non-destructive methods

Ključne besede:

preizkušanje,
preiskava, preizkus,
postopek, navodilo,
poročilo, izvedba,
ocenjevanje

Key words: **testing,**
examination, test,
procedure, instruction,
report, performance,
evaluation

or their techniques from the manufacturer or from an independent third party? Are there requirements for testing or examinations in the standards for the purpose and use of a certain product?

This article presents one of the possible interpretations of the answers to the above questions. The following topics are intentionally related only to products made with welded joints, as other industries, such as aviation, nuclear industry, etc., may use other terms and interpret them differently.

Due to the need to monitor the requirements for the implementation of inspection activities, in order to ensure quality and final conformity, we need to follow the content in the technical standards or specifications of the client. Following this content, which is predominantly in English, requires at least a basic understanding of the given requirements relating to NDT

1. Uvod

Osebe, ki izvaja tehnološke in kontrolne aktivnosti v varilski proizvodnji, se dnevno srečuje z zahtevami za doseganje skladnosti končnega proizvoda. Bolj kot je proizvodnja zahtevna, večja je prisotnost nadzornikov s strani končnega kupca ali samih priglasih organov. V določeni fazi se zahteva izvedba preizkušanja najmanj s površinskimi NDT metodami, kot so VT (vizualna), PT (penetrantska) ali MT (magnetna). Pogosto se dodatno zahtevajo preizkušanja še z volumetričnimi NDT metodami, t.j. UT (ultrazvočna) ali RT (radio-grafska).

Poročila o izvedenih kontrolnih aktivnostih z uporabo NDT metod lahko v določenem smislu poimenujemo izjava o skladnosti (preizkušanja).

2. Interpretacija ključnih definicij

2. 1 Interpretacija definicije NDT po ASNT

Neporušitveno preizkušanje se nanaša se na vrsto tehnik in metod, ki se uporabljajo za ocenjevanje celovitosti, kakovosti in lastnosti materialov, komponent ali struktur, ne da bi pri tem povzročili škodo ali spremenili njihovo funkcionalnost. Primarni namen NDT preiskav je odkrivanje napak, prekinitev ali pomanjkljivosti v materialih ali strukturah, kjer se s tehnikami ocenjevanja ohranjata celovitost in funkcionalnost preiskovanega predmeta brez potrebe po porušitvenem preizkušanju, ki bi vključevalo rezanje, lomljenje ali poškodovanje preiskovanega predmeta [1].

2. 2 Interpretacija definicije NDT po ISO/TS 18173

Po ISO/TS 18173 je NDT opredeljen kot razvoj in uporaba tehničnih metod za preiskovanje materialov ali komponent na načine, ki ne zmanjšujejo njihove prihodnje uporabnosti in primernosti za uporabo, z namenom odkrivanja, lociranja, merjenja in ocenjevanja napak, ocenjevanja celovitosti, lastnosti in sestave ter merjenja geometrijskih značilnosti [2].

2. 3 Interpretacija definicije metode in tehnike po EN ISO 9712

NDT metoda je tehniška disciplina ali veja znanja, ki uporablja fizikalne principe za izvajanje NDT preizkušanja na sistematičen način.

NDT tehnika je specifičen način uporabe NDT metode [3].

2. 4 Interpretacija definicije preizkušanja in preiskave po ISO/IEC 17000

Preizkušanje (ang. testing) je določanje ene ali več značilnosti predmeta ugotavljanja skladnosti v skladu s (pisnim) postopkom,

pri čemer lahko rezultat preizkušanja vključuje komentarje (npr. mnenja in interpretacije) o rezultatih preizkušanja in izpolnjevanju določenih zahtev.

Kontrola (ang. inspection) je pregled (ang. examination) predmeta ugotavljanja skladnosti (s preiskavami) in ugotavljanje njegove skladnosti s podrobnimi zahtevami ali, na podlagi strokovne presoje, s splošnimi zahtevami, pri čemer pregled (preiskave) lahko vključuje neposredna ali posredna opazovanja, ki lahko vključujejo meritve ali rezultate instrumentov [4].

Opomba: po SSKJ je preiskava dejanje ali postopek, s katerim se ugotavlja morebitna navzočnost nečesa (npr. napak, odstopanj itd).

2. 5 Interpretacija definicije postopek in navodilo po EN ISO 9712

NDT Postopek (ang. procedure) je pisni opis vseh bistvenih parametrov in previdnostnih ukrepov, ki jih je treba uporabiti pri NDT preizkušanju izdelkov v skladu z zahtevami standardov, predpisov, ali specifikacij, kateri kot dokument, navajajo zahteve.

NDT Navodilo (ang. instruction) predstavlja pisni opis natančnih korakov, ki jih je treba upoštevati pri preizkušanju v skladu s priznanimi standardi, predpisi, specifikacijami ali NDT postopkom [3].

3. Zahteve v dokumentih, ki navajajo zahteve

Zahteve v teh dokumentih so jasne, kjer se vedno prepozna, da je treba izvesti določen odstotni delež (%) NDT preizkušanja.

V večini ti dokumenti zahtevajo 100 % izvedbo VT preizkušanja, dodatno pa še izvedbo ostalih NDT metod. Kratice VT, PT, MT, UT in RT vsebujejo angleško besedo testing, kar pomeni preizkušanje.

Zahteve torej določajo, da morajo kontrolne aktivnosti preizkušanja z določeno NDT metodo ali z uporabo tehnike te metode, zajemati cel proces ali niz operacij oziroma sosledja izvajanja vseh potrebnih korakov in ukrepov, da se istočasno zagotovi skladnost preizkušanja z uporabo vseh potrebnih parametrov in z upoštevanjem vseh previdnostnih ukrepov, ki veljajo v določenih primerih, kjer se lahko pričakuje pojav nečesa nevarnega, kot npr. zaščita pred ionizirajočimi sevanji, zaščita z odzračevanjem pri PT ali zaščitna očala z UV filtrom pri uporabi UV svetilke itd.

Celotno delovno dogajanje in uporaba potrebne opreme mora biti ustrezno dokumentirano.

4. Popis operacij ali sosledji NDT preizkušanja

Vsaka NDT metoda ima več tehnik, s katerimi lahko dobimo rezultat o stanju preiskovanega materiala v obliki informacije, signala ali indikacije, katere nam omogoči NDT tehnika uporabljene NDT metode [5].

Osnovna opredelitev NDT preizkušanja, bi bila:

1. Izvedba (ang. performance ali execution))
2. Ocenjevanje rezultatov (ang. evaluation)

Splošna opredelitev NDT preizkušanja, bi bila:

1. Priprava delovne dokumentacije (postopek ali navodilo)
2. Izvedba
3. Ocenjevanje rezultatov
4. Poročanje (poročilo o preizkušanju)

Razširjena opredelitev NDT preizkušanja, ki velja za vse NDT metode, je predstavljena v tč. 4.1 in na sliki 1.

4. 1 Razširjena opredelitev NDT preizkušanja

4. 1. 1 Seznanitev z zahtevami kupca, projekta

Standardi navajajo, da se mora kontrolnemu osebju zagotoviti dostop do vse potrebne kontrolne dokumentacije, ki je potrebna za preizkušanje. V tej fazi, mora kontrolno osebje pregledati zahteve in podati mnenje oziroma odločitev, ali so dovolj usposobljeni, ali imajo dovolj opreme, zadostno število osebja in znanja za izvedbo preizkušanja in ocenjevanje rezultatov.

4. 1. 2 Priprava delovne dokumentacije (postopek ali navodilo)

Na podlagi pregleda dokumentacije ali specifikacije z zahtevami kupca je treba pripraviti postopek ali navodilo. Tu velja omeniti sledeče.

NDT postopek je v osnovi obsežnejši dokument, ki zajema kako podjetje izvaja preizkušanje z določeno NDT metodo na vseh proizvodnih sektorjih (npr. zvarjencih, ulitkih, odkovkih, ceveh in preoblikovanih proizvodih). Glede na to, da je osebje z nivojem 3 po EN ISO 9712 usposobljeno za razvijanje in izdelavo postopkov, prihaja do zahtev, da morajo biti NDT postopki odobreni, podpisani, validirani s strani nosilcev nivoja 3. Tovrstni dokument se šteje kot sistemski, kar pomeni, da ima lahko daljšo dobo veljavnosti. Revizija se izvede zaradi ključnih sprememb v novo izdanih standardih ali na zahtevo predstavnikov kupca.

NDT navodilo pa je lahko v domeni osebja z nivojem 2, saj je le-to usposobljeno za pripravo navodil za kontrolna dela aktualnega proizvoda v proizvodnji. V vsakem primeru mora biti navodilo skladno z odobrenim NDT postopkom in z zahtevami specifikacije kupca.

Ni nenavadno, da sta lahko oba dokumenta predmet pregleda s strani nadzornih predstavnikov kupca in tudi njihove odobritve s podpisom.

4. 1. 3 Pregled opreme za preizkušanje

Pred pričetkom del je potrebno vedno preveriti celotno opremo, ki jo potrebujemo za preizkušanje. V tej fazi se preveri mogoča prisotnost poškodb, pravilnost in ustreznost delovanja opreme, veljavnost kalibracij itd. V primeru, da se zazna odklon od naštetega, je treba opremo izločiti in kot tako jasno označiti.

4. 1. 4 Verifikacija pravilnega delovanja opreme

Delujočo opremo, ki zahteva še potrditev pravilnega delovanja, je potrebno pred pričetkom del ustrezno preveriti s postopki kalibracije ali s preizkusi. Pri ultrazvočnih napravah se to razume kot kalibriranje z kalibracijskimi bloki, pri penetrantski metodi je treba narediti preizkus (ang. test) na občutljivost penetrantskih materialov z uporabo referenčnega bloka 1 po EN ISO 3452-3, pri metodi z magnetnimi delci je potrebno ta preizkus izvesti z referenčnim blokom 1 po EN ISO 9934-2, z merjenjem jakosti magnetnega polja z uporabo Hallove sonde ali z dviznim testom na 4,5 kg bloku, pri vizualni metodi z indirektno tehniko z videoskopom pa se izvede kalibracija z barvno karto in črtnimi pari za kontrolo ekrana videoskopa itd.

4. 1. 5 Vzorčenje ali določitev mest za preiskavo in časovna opredelitev (kje/kdaj)

V primeru, da gre za zahtevo po 100 % preiskavi, se t.i. vzorčenje ne izvaja. V primeru, da je zahteva za preiskavo npr. 10% obseg, je treba jasno določiti, na katerih področjih je potrebno izvesti preiskavo. Predstavljajmo si zvarni spoj dolžine 10 m, kar pomeni, da 10 % predstavlja 1 m dolžine za preiskavo. Prevečkrat se to odločitev prepusti NDT kontrolorju, ki je še najmanj pristojen za tovrstno odločanje. Določitev tega mesta bi morala biti v pristojnosti ali projektanta ali nadzornika ali varilnega inženirja. Obseg preiskav, ki je manjši od 100 %, bi moral vedno zajemati najbolj kritična mesta, kjer

se bodo med obratovanjem proizvoda pojavile največje obremenitve ali napetosti.

Pomembno je podati tudi časovno opredelitev izvajanja preiskav. V zahtevah mora biti jasno določeno, v kateri proizvodni fazi se izvajajo preiskave z navedbo minimalnega časa ohlajanja po zaključenem varjenju. Ta čas se lahko razlikuje glede na debeline materiala (zvara), količino dovedene energije in glede na mehanske lastnosti materiala.

4. 1. 6 Pregled čistosti preiskovanih površin in pogojev

Izvesti je treba skrben pregled čistosti preiskovanih površin, ki mora vključevati zvar, toplotno vplivno področje oziroma najmanj 10 mm osnovnega materiala na vsaki strani temena. Priporoča se, da se področje osnovnega materiala vedno razširi vsaj na širino, ki zajema tudi mesta, kjer so bili pritrjeni začasni tehnološki elementi, ki so omogočili spenjanje in varjenje. Pri UT je potrebno to področje razširiti najmanj na širino površine, ki se zahteva za prezvočenje v t.i. tretjem koraku z izbrano kotno sondo.

Dodatno je treba v tej fazi preveriti ambientalne pogoje, kot so osvetljenost, temperatura, če so le-ti pomembni za izvedbo in končno ocenjevanje, kar velja za VT, PT in MT metode, delno tudi za UT glede temperature.

4. 1. 7 Preiskava in beleženje rezultatov

V predvidenem obsegu in pod zahtevanimi ambientalnimi pogoji se izvede preiskava na površinah, ki so bile predhodno očiščene po zahtevah zadevnih standardov in v skladu z zahtevami postopka oziroma navodila.

Vsa opažanja, ugotovitve, lociranje z referenčno ničelno točko, lociranje odkritih nepravilnosti, izmere dimenzij nepravilnosti po premeru, dolžini, višini, globini, kotna, barvna odstopanja, opredelitev indikacij itd, torej vse potrebne informacije,

ki so potrebne za končno ocenjevanje, je potrebno zabeležiti z ročnimi vnosi na delovnem zapisniku (ang. records). Merilna oprema, ki se uporablja za pridobitev nominalnih vrednosti mora biti redno kalibrirana v predvidenih intervalih.

4. 1. 8 Ocenjevanje pridobljenih rezultatov

Rezultati preiskave se razlikujejo glede na uporabljeno preiskovalno NDT metodo. Če dobimo pri PT in MT metodi rezultate oziroma informacijo v obliki indikacije, pri UT metodi v obliki signalov, le-te pri VT in RT metodah dobimo neposredno ali posredno v vidni obliki in dimenzijah, kot jih imajo odkrite nepravilnosti.

Podobne informacije dobimo tudi v primeru izdelave prečnih ali vzdolžnih makro presekov pri izvajanju preiskave s porušitvenim preizkušanjem, kjer se za ocenjevanje dejansko uporablja VT metoda.

Pred podajanjem končne ocene je treba rezultate ovrednotiti in ugotoviti, ali gre za resnično ali lažno indikacijo, pomembno oz. relevantno (indikacijo povzroča resnična nepravilnost, prekinitev) ali nepomembno oz. ne-relevantno (indikacijo povzročajo lastnosti preizkušanca in fizikalne lastnosti NDT metode). Končna ocenitev sprejemljivo / nesprejemljivo je vezana na zahtevane stopnje kakovosti za nepravilnosti v zvarnih spojih, ki so podane v standardih EN ISO 5817 ali v EN ISO 10042. Z uporabo standarda EN ISO 17635, dodatek A, se nato uporabijo zadevne stopnje sprejemljivosti glede na uporabljeno preiskovalno NDT metodo.

4. 1. 9 Izdelava poročila o preizkušanju

Na podlagi vseh pridobljenih informacij, ki so bile potrebne za izvedbo preizkušanja in preiskav, vrednostih ambientalnih pogojev in ovrednotenih rezultatov, se izdelava končno strokovno poročilo o preizkušanju z navedbo vseh podatkov, kot jih zahteva standard za uporabljeno NDT metodo glede na preiskovani proizvod.

4. 1. 10 Analiza rezultatov o preizkušanju

Odvisno od projekta ali zahtevnosti proizvodnje se lahko analiza rezultatov izvede tudi že pred izdelavo poročila o preizkušanju.

Gre za kritični inženirski pogled na rezultate v smislu, ali je potrebno spremeniti tehnologijo varjenja, ali se pojavljajo napake samo pri določeni zasnovi zvarnega spoja in/ali se večkratno pojavljajo na istih mestih, ali je na določenih mestih kljub sprejemljivim rezultatom tveganje za bodoče (nadaljnje) obratovanje preveliko in obratno, ali je res smiselno na določenih mestih z nesprejemljivimi napakami izvajati popravila z varjenjem itd.

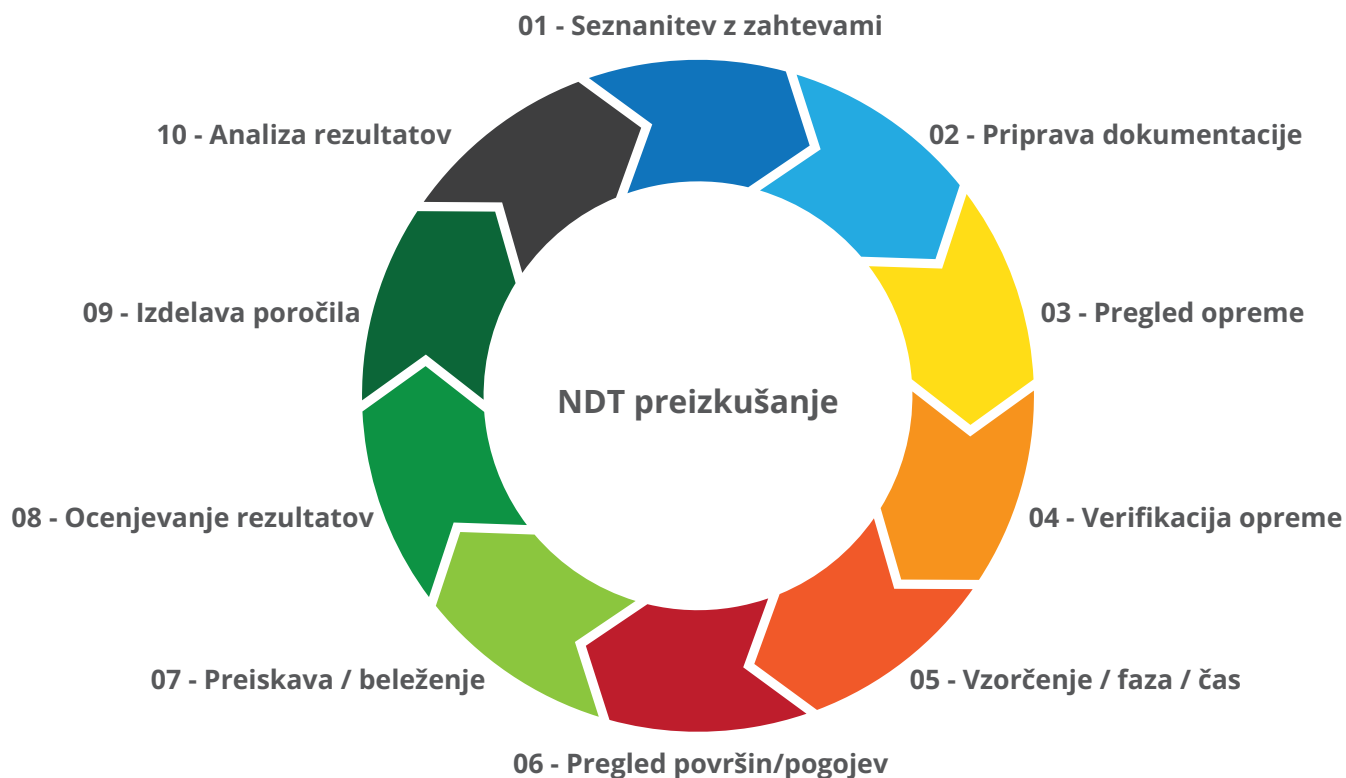
Vsekakor teh analiz in odločitev ne sme podajati NDT osebje z nivojem 2 po EN ISO 9712, temveč združen tim, ki ga sestavlja projektant, varilni inženir, nadzornik in osebje z nivojem 3.

5. Razprava

Na usposabljanjih Instituta za varilstvo d.o.o., se večkrat poudarja, da mora biti končni cilj vseh oseb, vključenih v sistem kakovosti, doseganje skladnosti z zahtevami projekta, t.j. kupca.

Beseda skladnost je ena najmočnejših besed v vseh proizvodnih panogah. V angleškem jeziku je to beseda conformity ali compliance, ki bolj ustreza prevodu ustreznost.

Če želimo kot preizkuševalna kontrolna organizacija, ki je lahko notranja ali zunanja, dokazovati naše delo v obliki kontrolne aktivnosti s preizkušanjem, kot je opisano v točki 4.1 tega članka, potem se je treba zavedati, da je vse, kar je zapisano v naši delovni dokumentaciji (postopki ali navodilo) istočasno naša garancija za pravilno izvedbo in hkrati poligon za morebitne ugotovitve o neskladnosti oz. upravičene reklamacije ob nepravilnem izvajanju preizkušanja, ki lahko zajema vsako nepravilno izvajanje NDT metode, nepravilno tolmačenje in



Slika 1: Diagram poteka procesa NDT preizkušanja na zvarnih spojih s konvencionalnimi NDT metodami

ocenjevanje rezultatov, vsako nekalibrirano opremo ali pretečeni pregled vida NDT kontrolorja itd.

Velja, da je vse, kar je napisano v delovnih dokumentih, kot sta NDT postopek in/ali NDT navodilo ter še posebej poročilo o preizkušanju, lahko predmet nadzornega pregleda.

Še najboljše je, da predstavnik kupca izvede nadzor postopkov in navodil ter vzorcev poročil na začetku projekta, da se čim prej ugotovijo vse pomanjkljivosti in da se izvede čim prejšnja odprava le-teh.

6. Zaključek

Odgovor na prvo vprašanje v tem članku je, da je potrebno, da na določenih mestih (preko sistema vzorčenja) izvajati preizkušanje s preiskavami, katere nam podajo informacije o stanju materiala na preiskovanem predmetu.

Naročniki od nas zahtevajo poročilo o preizkušanju, z referenčnimi sklici na uporabljene dokumente, ki so lahko specifikacije kupca, postopki, navodila in/ali navedba vseh zadevnih standardov. Poročilo mora vsebovati vse potrebne informacije, kot jih zahteva standard uporabljene NDT metode glede na proizvodni sektor. V poročilih se torej mora prikazati vse zahtevane informacije, katere morajo biti sledljive z ostalo tehniško dokumentacijo in uporabne tudi za morebitno kasnejšo ponovljivost preizkušanja med obratovanjem proizvoda.

V standardih za namen in uporabo ter za izvajanje NDT metode so podane metodološke zahteve za preizkušanje. Tehnike preizkušanja za posamezno NDT metodo, ki so uporabljene za preiskave, morajo biti navedene v postopkih in odobrene s strani osebja z nivojem 3 po EN ISO 9712 ali predstavnikov naročnika.

Koncepti iz točke 4.1 v tem članku, ki opisujejo razširjeno opredelitev NDT preizkušanja, vsebujejo tudi nekatere vidike standarda EN ISO/IEC 17025, ki podaja splošne zahteve za usposobljenost preizkuševalnih in kalibracijskih laboratorijev.

Na proizvodih, pri katerih je potrebno za snovanje in kontrolne aktivnosti upoštevati EU direktive in/ali uredbe, se potrjevanje končne skladnosti prikazuje ali potrjuje s CE oznako, ki pomeni v francoskem jeziku Conformité Européene oziroma izjavo o skladnosti (EU declaration of conformity).

Celotna veriga vpletenega osebja, ki je vključena v naslednje sisteme: upravljanje in zagotavljanje kakovosti (QM/QA), sistem kakovosti (QS) ali kontrola kakovosti (QC) in dodatno nadzorniki, ki delujejo v imenu končnega kupca ali kot priglašeni organi, morajo skrbeti za doseganje končne skladnosti, ki nazadnje pomeni varnost obratovanja nekega proizvoda.

Strokovni pregled članka je izvedel:

Dr. Miloš Jovanović, Institut za varilstvo d.o.o.

7. Viri in literatura

- [1] Nondestructive Testing Handbook, Vol. 10: Overview, 3rd ed., USA, ASNT 2012.
- [2] ISO/TS 18173:2005, Non-destructive testing — General terms and definitions, Switzerland, ISO
- [3] EN ISO 9712:2022 Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel. Brussels, CEN-CENELEC Management Centre
- [4] ISO/IEC 17000:2020, Conformity assessment — Vocabulary and general principles, Switzerland, ISO
- [5] EN ISO 17635:2016, Nondestructive testing of welds - General rules for metallic materials. Brussels, CEN-CENELEC Management Centre

Dr. Dominik Kobold ^{1,2}

Vital Uran ¹

Dr. -Ing. Miro Uran ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

² Slovensko društvo za
varilno tehniko, Ljubljana

Ključni rezultati prve polovice trajanja projekta Five

Key Results from the First Half Period of the Project Five Duration

Projekt Five, v katerem razvijamo sistem poklicnih učnih programov po sistemu kratkih učnih enot ali mikro tečajev, na osnovi katerih pridobijo udeleženci formalno potrdilo o doseženem znanju, kompetencah ali spretnostih ali mikro prepoznavo (ang. micro credential), prehaja v drugo polovico. V prispevku so prikazani nekateri konkretni doseženi cilji.

Za pilotni program usposabljanja 1090 Inšpektor smo pripravili kurikulum, nabor vprašanj, na osnovi katerih bo mogoče testirati učne izide, preveriti predhodno znanje ali med učenjem testirati usvojeno znanje.

V prispevku prikazujemo tudi rezultate »forum za napovedovanje potreb po usposabljanjih« (skill foresight forum), ki smo ga izvedli v okviru dogodka Dan novih tehnologij v letu 2024.

Project Five, in which we are developing a system of vocational educational and training (VET) programs based on short learning units or micro-courses, provides participants with formal recognition of their acquired knowledge, competences, or skills — known as a micro-credential. The project is now entering its second period of project duration. This contribution presents some of the concrete results achieved so far.

For the pilot training program 1090 Inspector, we have prepared the curriculum and a question bank that will enable the testing of learning outcomes, the recognition of prior learning outcomes, and the evaluation of acquired knowledge during the training process.

The paper also presents the results of the Skill Foresight Forum, which was organized as part of the New Technologies Day 2024 event, aimed at identifying future training needs.

Ključne besede:

Five, Erasmus+, mikro prepoznave, poklicno usposabljanje, 1090 inšpektor

Key words: Five, Erasmus+, Micro credentials, VET, 1090 Inspector

1. Cilji projekta

V mesecu juliju 2025 se je zaključila polovica trajanja projekta, zato že lahko predstavimo prve rezultate projektnih aktivnosti. Projekt Five spada v sklop Partnerstva za inovacije – Napredni projekt programa Erasmus+, ki ga delno sofinancira program Erasmus+.



Slika 1: Podatki o projektu in partnerstvo [1]

V sklopu razvojnih aktivnosti je cilj oblikovati vzdržen trajnostni in uporabni okvir izvajanja kratkih tečajev (ang. micro courses), s katerimi bo mogoče pridobiti mednarodno veljavni formalni digitalni zapis (dokument) o pridobljeni usposobljenosti preko tako imenovanih mikro prepoznav (ang. micro-credentials).

Sklop več takšnih povezanih mikro tečajev pa bo vodil do pridobitve specifične mikro kvalifikacije oziroma diplome, s katero bodo zaposleni pokrivali specifične vrzeli s kompetencami, ki jih potrebujejo podjetja, in takšnega znanja na hiter in učinkovit način v fazi rednih usposabljanj ne morejo pridobiti.

Najnovejše želje oblikovalcev politik na področju šolstva in usposabljanj vodijo v fleksibilno možnost prilagajanja učnih vsebin dejanskim potrebam, iskanje specialističnega znanja na ozko usmerjenih področjih ter harmonizacijo učnih izidov, ki bi bili potem priznani in prepoznavni znotraj Evropske unije in širše [2].

Razvoj opisanega modela usposabljanj v projektu Five poteka na dveh marginalnih

področjih, ki sta popolnoma različni, vendar obe področji zahtevata zelo usmerjeno znanje. Ti dve področji sta usposabljanje kadra za delo v ribogojnicah v sveži vodi in 1090 inšpektor, kjer bodo pridobljena strokovna znanja omogočila izvajanje nalog, povezanih z nadzorom izdelave ali dokumentacije jeklenih konstrukcij, ki padejo pod regulativo o gradbenih produktih CPR 305/2011 oziroma standard SIST EN ISO 1090-2 ali 1090-3.

Vmesne projektne rezultate smo analizirali na rednem plenarnem sestanku na Norveškem, ki ga je gostil partner Nacionalni območni organ Trøndelag (Trøndelag fylkeskommune).

V okviru projektne sestanka smo si ogledali tudi primer dobre prakse poklicnega usposabljanja gojilcev rib v svežih vodah ter si pogledali potek in potrebna znanja za gojenje lososov kot del drugega pilotnega programa usposabljanj po sistemu mikro tečajev.



Slika 2: Projektne sestanke v mestu Sistranda na norveškem otoku Fjõra

2. Forum potreb za nove poklice

Že prej, v letu 2024, smo testirali potrebe po usposabljanjih ključnih projektnih partnerjev iz industrije. V okviru Dneva novih varilnih tehnologij, ki smo ga na Institutu za varilstvo v sodelovanju s Slovenskim društvom za varilno tehniko (SDVT) organizirali 29. 11. 2024, smo izvedli prvi forum predvidevanja potreb po usposabljanjih v podjetjih, ki se ukvarjajo z izdelavo varjenih izdelkov, in jih povprašali o trenutnem stanju in potrebah po usposabljanjih v prihodnosti.

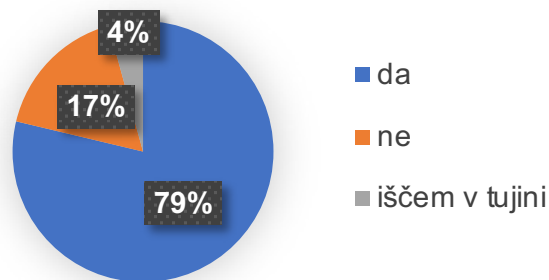


Slika 3: Udeleženci Dneva novih varilnih tehnologij

Na vzorcu 60 udeležencev dogodka, večino vodilnih kadrov v podjetjih, smo spraševali o različnih potrebah in stanju na področjih usposabljanj v podjetjih.

Na vprašanje, kako izpolnjujejo zahteve po usposabljanju, se je odzvalo 48 oseb. V deležu 79 % že v celoti izpolnjujejo svoje potrebe po usposobljenosti kadra, dodatno v 4 % iščejo usposabljanje v tujini, v 17 % pa zahtev po usposobljenosti nimajo pokritih (slika 4).

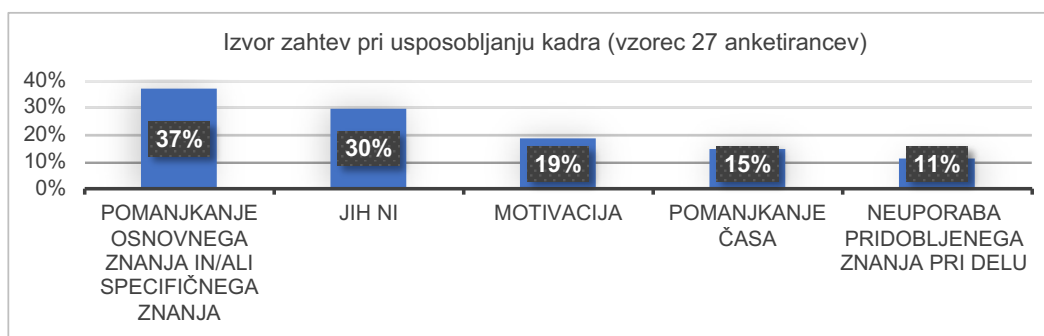
Ali izpolnjujete zahteve po usposobljenosti kadra? (vzorec 47 anketirancev)



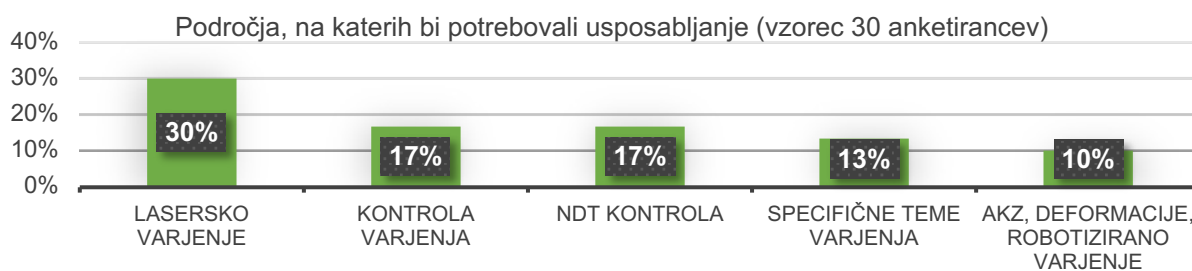
Slika 4: Izpolnjevanje zahtev po usposobljenosti kadra

Udeležence smo vprašali tudi o izvoru zahtev po usposabljanju kadra. Rezultate prikazuje slika 5. Največji izvor zahtev, in sicer v deležu 37 %, pričakovano izhaja iz pomanjkanja osnovnega znanja ali specifičnega znanja na posameznih specialističnih strokovnih področjih. Visok delež (19 %) predstavlja motivacija zaposlenih, kar pomeni, da četudi podjetje zaposlene želi usposabljevati, se le-ti usposabljanj ne želijo udeležiti ali nimajo lastnega interesa. Opaženo je tudi pomanjkanje časa v deležu 15 %, kar je še posebej izrazito pri vodilnih kadrih. Relativno visok odstotek (11 %) predstavlja tudi indikator, da zaposleni pridobljenega znanja iz namenskih usposabljanj potem v podjetju ne uporabljajo.

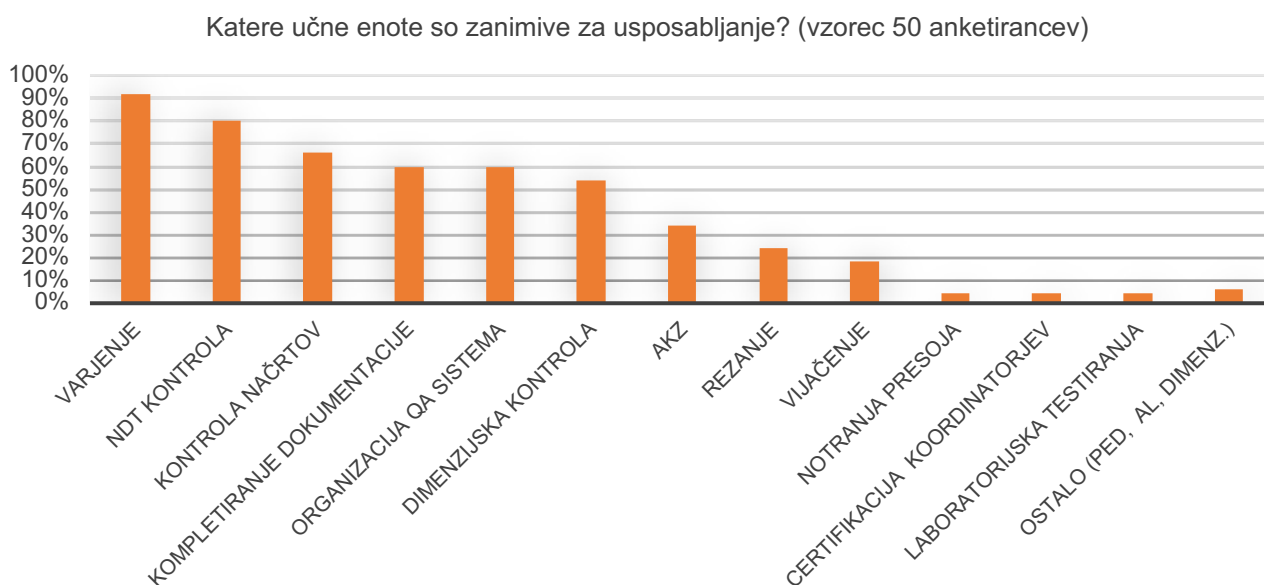
Nadalje smo postavili še vprašanje o potrebah po navedenih ciljnih strokovnih področjih, na katerih bi potrebovali dodatna usposabljanja, ter vprašanje o interesu, v katerih tako imenovanih učnih enotah (mikro tečajih) za pridobitev dokazil o kvalifikaciji bi imeli interes sodelovati. Rezultate prikazujeta sliki 6 in 7.



Slika 5: Izvori zahtev za usposabljanje kadra



Slika 6: Posamezna ciljna specialistična področja, kjer bi potrebovali usposabljanje



Slika 7: Področja specifičnih kratkih tečajev za pridobitev mikro dokazil

3. 1090 inšpektor

Oblikovali smo tudi predlog kurikuluma za izvedbo pilotnega tečaja 1090 inšpektor na način kratkih mikro tečajev, ki vodijo do mikro dokazil. Trajanje učnih enot je 25 do 30 ur študija, kar zajema celotno obremenitev študentov, in sicer predavanja, samostojno učenje, praktično delo in testiranje znanja. Ena enota trajanja je enaka 1 ETCS kreditni točki, ki se uporablja pri prepoznavi posameznih predmetov v različnih institucijah na nivoju visokošolskega usposabljanja. Enota trajanja 1 ETCS kreditne točke se bo uporabljala tudi za določitev učne obremenitve na nivoju poklicnega usposabljanja po sistemu kratkih mikro tečajev oziroma učnih enot. Seznam učnih enot je predstavljen v preglednici 1 [3].

Za učinkovito preverjanje znanja smo pripravili še sistem vprašanj, na osnovi katerih bo mogoče testirati učne izide, preveriti predhodno znanje ali med učenjem testirati usvojeno znanje. Vprašanja so primerna tako za klasično pisno preverjanje znanja kakor za napredno digitalno prevajanje, saj so kategorizirana. Kategorizacija je izvedena po sistemu določitve vsebinskih sklopov, prav tako tudi primernosti – ali gre za končno preverjanje znanja, vmesno preverjanje med študijem ali za prepoznavo predhodnega znanja. Na ta način se lahko zelo učinkovito uporablja v digitalnih interaktivnih učnih platformah.

Študenti bodo lahko izbirali med posameznimi učnimi vsebinami. Upoštevali smo tudi prepoznavo predhodnega znanja in za vsak tečaj oblikovali katalog ciljnih znanj,

kompetenc in spretnosti, ki jih študenti pridobijo. Prav tako smo določili ciljne učne izide. Vsaka učna enota oziroma mikro tečaj se bo zaključil z izpitom oziroma preverjanjem znanja. Opravljen izpit bo pogoj za izdajo diplome oziroma mikro dokazilo, s katerim bo lahko kandidat dokazoval, da je za izbrano učno področje ustrezno usposobljen [3].

V primeru dokončanja vseh navedenih učnih enot v preglednici 1 se bo podelila diploma mikro kvalifikacije 1090 inšpektor.

Preglednica 1: Sklop učnih enot 1090 inšpektor

Učna enota usposabljanja	Naslov
MC 1	Uvod, uporaba digitalne učne platforme, standardi in predpisi.
MC 2	Vrednotenje povpraševanja.
MC 3	Pregled načrta.
MC 4	Dokumentacija in proizvodni načrt.
MC 5	Zelene tehnologije varjenja, proizvodnje in nadzora.
MC 6	Neporušne metode nadzora.
MC 7	Vijačne zveze in montaža.
MC 8	Površinska zaščita in dimenzijska kontrola.
MC 9	Končni nadzor in spremna dokumentacija.
MC 10	Povzetek in rezultati mikro tečajev 1090 inšpektor.

Poleg koncepta usposabljanj se pripravljata tudi učno gradivo in spletna učna platforma, saj bo usposabljanje potekalo po tako imenovanem mešanem načinu interaktivnega učenja na daljavo, predavanj in praktičnega usposabljanja v živo.

Literatura

- [1] The Five project website: <https://www.stimuli2.no/project/five>, september 2025.
- [2] D3.2 Baseline guideline containing the user requirement specification for micro courses applying CUs leading to MCs, and MQs that are recognized by industry and VET providers, september 2025.
- [3] D2.2 EN1090 Inspector Course Guideline, september 2025.

Adelaide Almeida ¹

¹ European Federation
for Welding, Joining and
Cutting (EWF), Porto Salvo –
Portugal

Micro-credentials Take the Stage at EWF's "Pro- fessionals of the Future" Workshop

***Mikrokvalifikacije v ospredju
na delavnici EWF "Strokovnjaki
prihodnosti"***

The future of European workforce development is increasingly digital, green, and demanding specific, agile skills. Against this backdrop, the FIVE project (Innovative VET scalable Micro Credential solutions that Engage, Explore, Explain, Elaborate and Evaluate) recently convened its 5th project meeting from October 20th to 21st, 2025, in Lisbon, Portugal, marking significant steps in advancing a European approach to micro-credentials (MC). A pivotal moment was the partners active participation in the "Professionals of the Future" workshop, hosted by the European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF), where the FIVE project led a dedicated and highly engaging roundtable discussion on micro-credentials.

Key words:

**EWF, FIVE, Micro-
credentials, VET,
Professionals,
Workshop**

Ključne besede:

**EWF, FIVE, mikro
kvalifikacije, poklicno
usposabljanje, poklici,
delavnica**

Prihodnost razvoja evropske delovne sile je vse bolj digitalna, trajnostno naravnana in zahteva specifične, prilagodljive spretnosti. V tem kontekstu je projekt FIVE (Future-ready Innovative Vocational Education) 20. in 21. oktobra 2025 v Lizboni na Portugalskem izvedel svoje 5. projektno srečanje, s čimer je naredil pomemben korak naprej pri razvoju evropskega pristopa k mikro kvalifikacijam (MC). Poseben mejnik je predstavljalo aktivno sodelovanje na delavnici »Professionals of the Future«, ki jo je organizirala Evropska federacija za varjenje, spajanje in rezanje (EWF), kjer je projekt FIVE vodil posvečeno in zelo dinamično okroglo mizo o mikro kvalifikacijah.

1. Professionals of the Future Workshop

The EWF workshop, attended by around 70 participants from across industry and education, thus providing a powerful platform for the FIVE project to amplify its voice and engage with key stakeholders at a European level. At the heart of this engagement was the FIVE-led roundtable designed to demystify micro-credentials and chart a course for their successful implementation, moving the discussion “From Certification to Qualification.”



Figure 1: Project FIVE participants during project meeting

2. From Qualification to Certification Roundtable - The Session Goals and Methodology

The primary goal of the roundtable was to discuss successful ways of implementing Micro-credentials (MC) towards professional Qualifications and Certification. The discussion focused on three core areas: the concept of MC (What they are?), examples and approaches (How they look and can be used?), and success factors for implementation (action planning).

The activity aimed to raise awareness about MCs, their types, and how they can be implemented across various sectors,

and was conducted using the following dynamic structure:

- 1. Introduction and Group Formation:** Participants started with an introductory roundtable and a quiz. Working groups were formed based on quiz scores.
- 2. Scenario Exploration:** Groups explored three distinct scenarios to immerse themselves in stakeholder challenges.
- 3. Action Planning:** Groups discussed and created an action plan addressing success factors, stakeholders, resources, and transferability across countries.
- 4. Summary:** A rapporteur summarized the outcomes, which may contribute to a joint publication on MC implementation experiences.



Figure 2: Participants of roundtable designed to micro-credentials

3. Defining Micro-credential as a Core Concept

The session began by aligning all participants with the official European reference point for micro-credentials, as established by the Council Recommendation on a European approach to micro-credentials for lifelong learning and employability: “Micro-credential” means the record of the learning outcomes that a learner has acquired following a small volume of learning.

These learning outcomes will have been assessed against transparent and clearly defined criteria. Learning experiences leading to micro-credentials are designed to provide the learner with specific knowledge, skills and competences that respond to societal, personal, cultural or labour market needs.

4. Key Findings of Implemented Sessions

4.1. Key Challenges Identified Across Stakeholders

The session utilized targeted scenarios (examples of MC approaches) to uncover specific problems faced by each group when attempting to implement or utilize micro-credentials are presented in Table 1.

Table 1: Scenarios targeted by the stakeholders

Stakeholder Group	Scenario Focus	Core Challenges in MC Implementation
SMEs (Small and Medium Enterprises)	Staff retraining for task reconversion (industry): Focused on using MCs to upskill existing staff to handle new professional activities and technology (reskilling).	Lack of availability and quality of data. Difficulty measuring effectiveness of training. Cost of MC implementation and tracking impact.
VET Providers	Combining MCs with interoperable systems (education provider): Focused on making MCs stackable and portable across providers and countries to enable specialized qualifications.	Validation of teachers' skills for MC delivery. Deciding on the scope and alignment of MCs with industry needs.
Teachers	Teacher readiness for MC courses (education agent): Focused on the professional development required for educators to teach on MC courses and adapt to changes caused by MCs.	Understanding scope and expectations of MCs. How to collect and use data from employers/employees. Need to tailor MCs to address specific skill gaps.

4.2. Success Factors and Primary Barriers

The discussion mapped desired outcomes against the obstacles currently preventing them, reinforcing the central role of data and cost as critical limitations is presented in Table 2.

Table 2: Success factors against barriers

Success Factor (Desired Outcome)	Main Barrier Preventing Achievement
Clear scope definition	Data: Lack of specific, reliable skill gap analysis data from the market.
Skill gap analysis	Data: Insufficient quality and availability of current workforce/industry skill data.
Supporting digital tools	Data / Cost: Digital tools are necessary for portability and management, but integrating systems and justifying the expense is difficult.
Quality Assurance (QA) systems	Data / Cost: Establishing standardized assessment (QA) requires robust data on performance metrics, which adds implementation cost.
Standardization	Cost / Return: Achieving broad standardization requires upfront investment without a guaranteed immediate financial return.
KPI definition	Data: Key Performance Indicators (KPIs) for training impact cannot be defined or measured without clear outcome data.
Resources (Time/Personnel)	Cost: The allocation of necessary resources is blocked by cost concerns and uncertainty over ROI.



Figure 3: Live presentation of the roundtable conclusions: From Qualification to Certification

4.3. Emerging Themes: The Unifying Challenges

Three major themes emerged as cross-cutting issues impacting all stakeholders:

- **The Data Dilemma:** Data is the indisputable central challenge. It is the prerequisite for identifying skill gaps, measuring training effectiveness, validating learning outcomes, and demonstrating the value of MCs.
- **ROI as the Gatekeeper:** Cost and return on investment (ROI) are significant barriers, particularly for financially constrained SMEs who need clear evidence of impact before investing in new training infrastructure.
- **The Need for System Trust:** Standardization (for portability) and clear KPIs (for measurement) are absolutely critical for building trust in micro-cre-

dentials across sectors, enabling true scalability.

- **Empowering Educators:** Teacher readiness and digital tool support for VET providers must be prioritized to ensure the quality of MC design and delivery meets modern industry requirements.

4.4. Open Questions for Future Action

The roundtable concluded with key questions that form the basis for future project work and policy development:

- **Data Access for SMEs:** How can SMEs access and use relevant skills data and training outcomes data efficiently without requiring specialist internal IT infrastructure?
- **Impact Measurement Frameworks:** What common, agreed-upon frameworks or metrics can be adopted across the EU to reliably measure the impact of MCs across different sectors and countries?
- **Alignment and Integration:** What is the most effective policy and practical approach to align micro-credentials with existing qualifications and VET systems to ensure stackability and avoid fragmentation?



Figure 4: Representatives of the FIVE project participated in the EWF workshop in Lisbon

HIGH-FIVE: Inovativno, razširljivo in visoko učinkovito učenje, ki vključuje, raziskuje, razlaga, pogloblja in ocenjuje optimizirano izobraževanje odraslih

HIGH-FIVE: Innovative Scalable High-Impact Excellence Learning that Engage, Explore, Explain, Elaborate and Evaluate Optimized Adult Education

Dr. Dominik Kobold ¹
Vital Uran ¹
Dr. -Ing. Miro Uran ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

Evropska uredba o gradbenih proizvodih (CPR) določa okvir, znotraj katerega se kovinska in železarska industrija soočata z zahtevnim okoljem, ki ga zaznamujejo gospodarska negotovost, regulativni pritiski in globalna tržna dinamika. Prilagajanje spreminjajočim se razmeram in novim predpisom zahteva razvoj novih znanj in veščin, potrebnih za zeleni in digitalni prehod. Hkrati pa so strateške naložbe v inovativne tehnologije in trajnost postale ključna prednostna naloga deležnikov v tem sektorju.

Zaposleni z izobrazbo s področja inšpekcijskega nadzora in tehnologij kontrole kakovosti morajo redno nadgrajevati svoje znanje, da se lahko prilagajajo spreminjajočim se proizvodnim zahtevam, digitalizaciji ter razvoju okolju prijaznih tehnologij spajanja. Tečaji, organizirani v okviru projekta, bodo spodbujali in omogočali vseživljenjsko učenje za usposobljeno osebje.

Tudi učitelji izobraževanja odraslih bodo lahko nadgrajevali ali preusmerjali svoje kompetence (ang. up-skilling in re-skilling), da bodo lažje sledili

Ključne besede:
High-Five, Erasmus+, CPR uredba, poklicno usposabljanje, EN 1090, kakovost

Key words:
High-Five, Erasmus+, CPR, VET, education, EN 1090, quality

trenutnim potrebam trga dela. Ti tečaji bodo usklajeni z mednarodnimi smernicami in bodo udeležencem omogočili pridobitev poenotenega izobraževanja.

The European Construction Products Regulation (CPR) establishes the framework within which the metal and iron industries operate in a demanding environment characterized by economic uncertainty, regulatory pressures, and global market dynamics. Adapting to changing conditions and new regulations requires the development of new knowledge and skills essential for the green and digital transition. At the same time, strategic investments in innovative technologies and sustainability have become key priorities for stakeholders in this sector.

Employees with a background in inspection and quality control technology must regularly update and enhance their knowledge to adapt to evolving production requirements, digitalization, and the development of environmentally friendly joining technologies. Courses organized within the project will promote and facilitate lifelong learning for qualified personnel.

Adult education trainers will also have the opportunity to upgrade or redirect their competencies (up-skilling and re-skilling) to better respond to current labor market needs. These courses will be aligned with international guidelines and will enable participants to obtain harmonized education.

1. Predstavitev projekta

Projekt z akronimom High-Five smo začeli izvajati v začetku leta 2025, predvideno trajanje je tri leta. Projekt je delno sofinanciran s strani evropskega programa Erasmus + in se umešča med Ključni ukrep 3, ki je namenjen podpori razvoju politik in sodelovanja na ravni Evropske

unije s ključnim ciljem prispevati k izvajanju obstoječih in razvoju novih politik, ki lahko spodbudijo modernizacijo in reforme na področju izobraževanja, usposabljanja, mladine in športa na ravni Evropske unije in na sistemski ravni.

Projekt High-Five si prizadeva združiti in povezati znanja ter strokovno usposobljenost izobraževalcev, učiteljev in strokovnjakov iz reprezentativnih izobraževalnih organizacij in podjetij na področju Uredbe o gradbenih proizvodih (CPR).

Projektno partnerstvo sestavljajo koordinator ELS (ang. Easy Learning Solutions) iz Norveške ter partnerja podjetje QMS in Trøndelag visokošolski zavod prav tako iz Norveške, podjetje Matrai iz Madžarske in Institut za varilstvo iz Slovenije.

Ključna naloga projektnih partnerjev je razvoj ekosistemov znanj in spretnosti, ki bodo izboljšali poznavanje, spretnosti in kompetence, povezane z nadzorom kakovosti in inšpekcijskim nadzorom izdelave kovinskih gradbenih proizvodov v skladu s CPR uredbo.

Kot odziv na naraščajočo digitalizacijo učnih vsebin in učnih metod se projekt osredotoča na razvoj, testiranje in izvajanje naprednega usposabljanja z uporabo digitalnih vsebin tako za učitelje in strokovnjake, kakor tudi za študente na ravneh doseženih formalnih stopnjah izobrazbe evropskega ogrodja kvalifikacij od 3 do 6.

V projektu bomo razvijali inovativne učne kurikule, vsebine, pedagoška orodja in digitalne učna orodja, s pomočjo katerih bo mogoče izboljšati vpliv na kakovost in varnost kovinskih proizvodov, ki zapadejo pod Evropsko uredbo o gradbenih produktih.

Trudili se bomo vzpostaviti javno-zasebna partnerstva, s pomočjo katerih bomo razvili programe neformalnih usposa-

bljanj za poklice povezane z izvajanjem CPR uredbe in standardizirali ter spodbujali nov evropsko usklajen ekosistem izobraževanja odraslih, ki bo temelji na kratki učnih enotah (mikro tečajih), ter tako omogočili izmenjavo znanja in spretnosti med izobraževalnimi inštitucijami, industrijskimi deležniki in razvijalci politik.

Poseben poudarek bo namenjen industrijskim potrebam in vključevanju industrijskih partnerjev s ciljem preizkušanja in uvajanja novih učinkovitih meril za zagotavljanje kakovosti, s ciljem znižati stroške proizvodnje in povečati energetske učinkovitost.

2. Zahvala



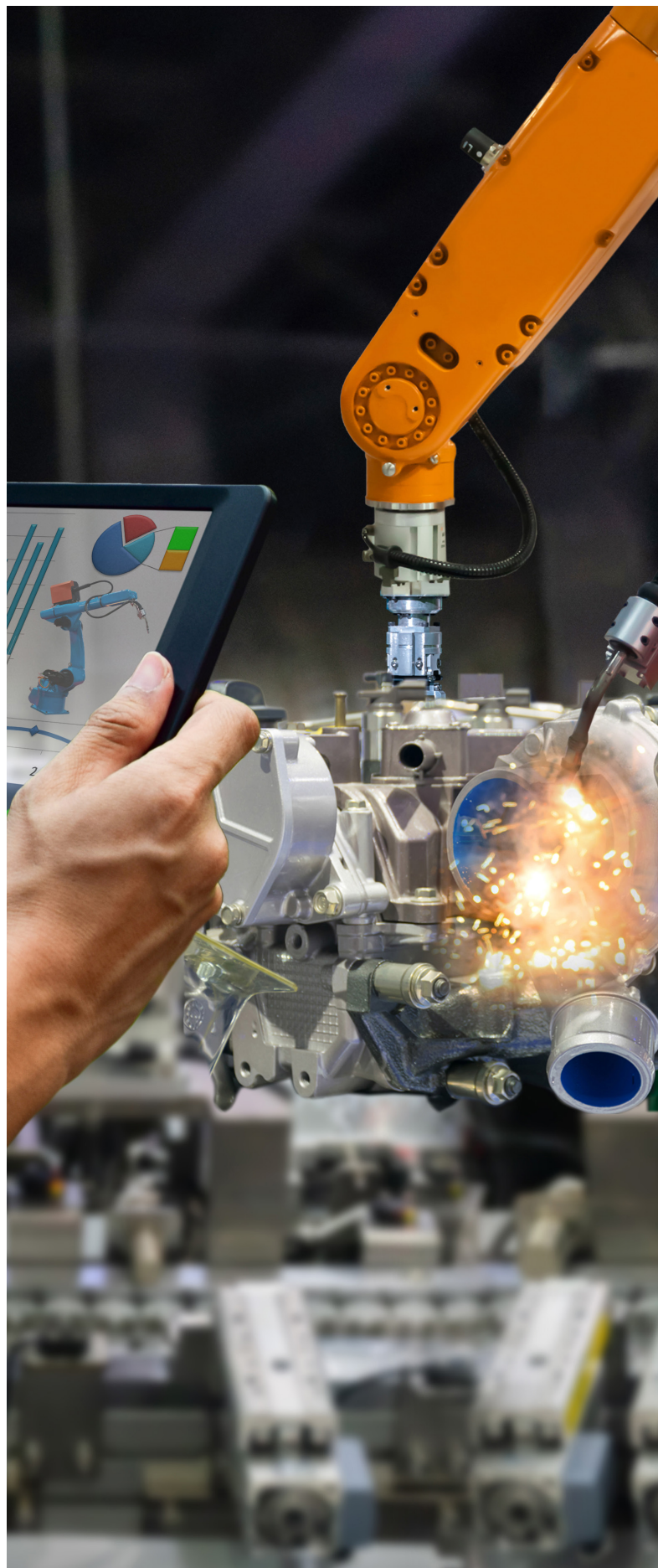
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Projekt je sofinanciran s strani Erasmus + programa Evropske unije.

Evropska komisija ne podpira izdelave te publikacije niti ne potrjuje njene vsebine, ki izraža izključno stališča avtorjev, in Komisija ne more biti odgovorna za kakršnokoli uporabo informacij, ki so v njej vsebovane.

Literatura

[1] Innovative Scalable High-Impact Excellence Learning that Engage, Explore, Explain, Elaborate and Evaluate Optimized Adult Education, Project proposal, EU Grants: Application form (ERASMUS BB and LS Type II): V2.0 –01.06.2022.



Vital Uran ¹
Dr. -Ing. Miro Uran ¹

¹ Institutu za varilstvo d.o.o.,
Ljubljana

Razvoj inovativnih metod usposabljanja varilnega osebja – Od pilotnih aktivnosti do zelenega varjenja

Projekt IQMET nadaljuje razvoj inovativnih metod usposabljanja varilnega osebja z uporabo obogatene (AR) in virtualne resničnosti (VR). Po uspešni začetni fazi, v kateri so bili razviti prvi simulatorji in osnovni učni moduli, je bilo v zadnjem letu izvedenih več pilotnih aktivnosti v sodelovanju z izobraževalnimi organizacijami in industrijskimi partnerji. Na podlagi teh izkušenj je bila oblikovana inovativna kurikula z didaktičnimi materiali, namenjena podpori učiteljem in inštruktorjem pri vključevanju digitalnih tehnologij v izobraževanje.

Pomemben napredek predstavlja tudi priprava primerov iz prakse, ki temeljijo na analizah dejanskih nesreč in uspešnih izvedb varilskih projektov. Ti primeri omogočajo poglobljeno razumevanje tehničnih in organizacijskih vidikov varjenja, tako za varilce kot tudi za inšpektorje varjenja. V prihodnje se bo projekt osredotočil na zmanjševanje okoljskega vpliva (ang. greening) varjenja, ki vključuje razumevanje vpliva tehničnih odločitev, procesnih parametrov in uporabljenih materialov na okoljsko trajnost.

Ključne besede:

Five, Erasmus+, mikro prepoznave, poklicno usposabljanje, 1090 inšpektor

Key words: Five, Erasmus+, Micro credentials, VET, 1090 Inspector

1. Pilotne aktivnosti in razvoj kurikule

V zadnjem letu je bil poudarek na izvajanju pilotnih usposabljanj, kjer so bili AR in VR simulatorji preizkušeni v različnih učnih in industrijskih okoljih. Pilotne aktivnosti so pokazale, da digitalni simulatorji bistveno izboljšajo proces učenja – udeleženci hitreje razumejo kompleksne procese, zmanjšajo število napak in pridobijo večjo samozavest pred prehodom na dejansko varjenje.

Na osnovi zbranih rezultatov in odzivov udeležencev je bila razvita inovativna kurikula, ki povezuje digitalno učenje, praktične vaje in analitično obravnavo rezultatov. Poseben poudarek je bil namenjen usposabljanju učiteljev in inštruktorjev, ki se učijo, kako digitalne tehnologije vključiti v učni proces, ter uporabljati AR/VR orodja za simulacijo realnih varilnih pogojev in ocenjevanje rezultatov varjenja.



Slika 1: Logotip projekta

2. Primeri iz prakse – Analiza nesreč in dobrih izvedb varilskih projektov

Eden izmed ključnih rezultatov projekta je priprava nabora primerov iz prakse (ang. case studies), ki vključujejo dejanske primere nesreč, napak in poškodb, pa tudi uspešne izvedbe in dobre prakse iz različnih industrijskih panog. Ti primeri predstavljajo dragoceno orodje za poglobljeno analizo tehničnih odločitev, vzrokov in posledic napak ter vpliva različnih dejavnikov na kakovost zvarov.

V izobraževalnih modulih se ti primeri uporabljajo kot učni scenariji za varilce, kontrolorje in inšpektorje varjenja. S pomočjo AR/VR tehnologije lahko udeleženci analizirajo dogodke, prepoznajo nepravilnosti, ocenjujejo tehnične rešitve in predlagajo izboljšave. Takšen pristop

spodbuja kritično tehnično razmišljanje, krepi sposobnost odločanja in približuje izobraževanje realnim izzivom varilne industrije – tako z vidika tehnologije kot tudi varnosti, kakovosti in odgovornosti.

3. Okolju prijazno varjenje – Tehnologija, procesi in ozaveščenost

Naslednja razvojna faza projekta bo usmerjena v področje okolju prijaznega varjenja, ki presega zgolj okoljske vsebine v izobraževalnih fazah in vključuje tudi razumevanje vpliva tehničnih odločitev na trajnostno proizvodnjo. Udeleženci bodo spoznali, kako izbira varilnega postopka, energijskega vira, dodatnih materialov in varilnih parametrov vpliva na energetske učinkovitost in ogljični odtis. S tem pristopom projekt krepi zavedanje, da je trajnost v varjenju rezultat tehnične odličnosti in premišljenih procesnih odločitev, ne le administrativna zahteva ali okoljska usmeritev.

4. Zaključek

Projekt IQMET uspešno prehaja v obdobje praktične implementacije v poklicno izobraževanje. Z izvajanjem pilotnih aktivnosti, razvojem inovativne kurikule in vključevanjem primerov iz prakse projekt uvaja sodobne pristope, ki temeljijo na povezovanju digitalnih tehnologij z realnimi industrijskimi izzivi. Naslednji korak okolju prijaznega varjenja bo prispeval k trajnostni miselnosti in okoljski zavesti.

Prevod in priredba
Halder d.o.o., Hoče

Integracija rokodelske tradicije in sodobne avtomatizacije

Družinsko podjetje Rondo Ringkachelofen GmbH, znano po ročno izdelanih pečeh na drva, se je ob povečanju povpraševanja soočilo z velikim izzivom – fizično zahtevnim in ponavljajočim se brušenjem varjenih spojev. V sodelovanju s podjetjem FerRobotics so razvili rešitev, ki združuje tradicijo rokodelstva in najsoodobnejšo avtomatizacijo.

1. Izziv in rešitev

Zaradi rasti povpraševanja je brušenje jeklenih plaščev postalo vse večja obremenitev za majhno ekipo zaposlenih. Direktor Stephan Schneider je sprva dvomil, ali avtomatizacija sploh spada v rokodelsko podjetje. A FerRobotics ga je prepričal, da avtomatizacija ne pomeni izgube tradicije, temveč priložnost, da obrt ostane konkurenčna. V sodelovanju s podjetjem Accell GmbH so uvedli rešitev z robotskim orodjem FerRobotics AAK 505 in menjalnikom orodij, ki omogoča popolno avtomatizacijo brušenja in odpravi potrebo po ročnem obdelovanju pred barvanjem.



Slika 1: Sistem brusilnega orodja FerRobotics AAK 505 primeren za robotsko upravljanje

Ključne besede:
Brušenje, FerRobotics, avtomatizacija, robotizacija

2. Tehnologija in postopek

FerRobotics AAK 505 je opremljen s patentirano tehnologijo ACT – angleško Active Compliant Technology, ki omogoča robotom zaznavanje dotika in prilagajanje sile. Sistem zagotavlja konstantno kontaktno silo tudi pri visokih hitrostih obdelave. Menjalnik orodij omogoča hitro prilagajanje različnih korakov obdelave, integrirani prijemalnik pa avtomatizira celoten potek dela do končnega izdelka, pripravljenega na barvanje.

3. Rezultati in koristi

Implementacija sistema je omogočila popolno razbremenitev zaposlenih pri fizično zahtevnem delu, povečano produktivnost – brušenje je štirikrat hitrejšo kot ročno, površina je stalne, brezhibne kakovosti, pripravljena na barvanje, ter zagotovljeno zanesljivost procesa. Prav tako je prišlo do prihranka pri porabi brusnih sredstev.

Rešitev AAK ni omejena zgolj na brušenje, temveč omogoča tudi poliranje, čiščenje in odstranjevanje ostrin. Uporablja se lahko pri številnih materialih – od kovin, kot so jeklo, aluminij in titan, do sodobnih kompozitov, plastike, lesa in celo naravnih vlaken. Prav zaradi te vsestranskosti je sistem idealna izbira za podjetja, ki želijo zagotoviti enotno kakovost površinske obdelave v različnih industrijskih panogah.



Slika 2: Sistem AAK za robotsko brušenje

HALDER
SLOVENIJA

VSE ZA VPENJANJE IN MEHANSKO OBDELAVO



Jan Žafran ¹,
 Martin Vidovič ¹,
 Anej Širec ¹,
 prof. Niko Obrán, inž. str. ¹

¹ Strojna šola Šolskega
 centra Ptuj, Ptuj

S tradicijo v prihodnost – prenos strokovnih znanj varilske tehnike na bodoče generacije varilcev

Na Strojni šoli ŠC Ptuj se uspešno izvaja strokovni učni program izdelovalec kovinskih konstrukcij v vajeniški obliki. Strokovno usposabljanje iz varjenja se izvaja še v programih strojni tehnik, avtoserviser, avtokaroserist in inštalater strojnih inštalacij. Dijaki Strojne šole Ptuj se vsakoletno uspešno udeležujejo tekmovanja v varjenju. Svoja znanja nadgrajujejo, saj se zavedajo, da bo v prihodnosti vse več robotizacije tudi v varjenju. Ob tem pa hkrati opozarjajo, da je za kakovostno in dobro opravljeno delo še vedno, kljub vsej modernizaciji, zelo pomemben človeški faktor.

1. Predstavitev programa usposabljanja

V Strojni šoli Šolskega centra Ptuj izvajamo program izdelovalec kovinskih konstrukcij, v katerem se izobražujejo bodoči varilci. Učitelj Niko Obrán, diplomirani inženir strojništva, nekdanji dijak, danes izkušen učitelj praktičnega pouka, z veseljem deli svoje izkušnje in znanje z dijaki. Kot dijak strojne šole je obiskoval program avtoservisni tehnik. S kolegi učitelji praktičnega pouka in profesorji strokovnega izobraževanja ter s partnerskimi podjetji, pri katerih dijaki izvajajo praktičen del pouka so zasnovali uspešen program, ki dijake uvršča med najboljše varilce v državi.

Ključne besede:
varjenje, varilci,
strokovno
izobraževanje, ŠC
Ptuj, Strojna šola
Ptuj, programa
usposabljanja,
tekmovanje

Dijaki drugega letnika izobraževalnega programa Izdelovalec kovinskih konstrukcij: Jan Žafran, Martin Vidovič in Anej Širec so pripravili kratek pogovor z učiteljem Nikom Obranom, v katerem so predstavili program izobraževanja, uspehe dijakov na tekmovanjih in pogled v prihodnost tega poklica.

Najprej so profesorja povprašali, kakšno je njegovo mnenje o izobraževanju, v katerem se dijaki učijo variti in o samem poteku le tega: *»Na Šolskem centru Ptuj v Strojni šoli izvajamo program izdelovalec kovinskih konstrukcij (IKK), ki se trenutno izvaja le v vajeniški obliki. To pomeni, da vsi dijaki, ki obiskujejo program, obiskujejo praktični pouk v podjetju oz. pri delodajalcu. Področje varjenja je prisotno tudi v drugih poklicih, kot so inštalater strojnih inštalacij, avtoserviser in avtokaroserist ter strojni tehnik. V teh programih se praktični pouk iz varjenja izvaja v delavnicah na Strojni šoli Ptuj.«*

Dijaki so nadaljevali z vprašanjem o uspehih sovrstnikov dijakov na tekmovanjih: *»Strojna šola Ptuj se redno udeležuje državnega tekmovanja v varjenju. Udeležujemo se ga že štiri leta, vsaki dve leti poteka na mednarodnem industrijskem sejmu v Celju. Udeležujemo se ga s štirimi ali petimi dijaki, odvisno od sposobnosti in zainteresiranosti dijakov.«*

V lanskem šolskem letu so se tega tekmovanja udeležili štirje dijaki, ki obiskujejo praktični pouk v vajeniški obliki, trije v podjetju Palfinger.

Dijaka Matica Krajnca iz programa strojni tehnik je pripravil učitelj Niko Obran. Vsi dijaki, ki so se udeležili tekmovanja: Tjan Mlakar, Sajdin Zahirovič, Matic Krajnc in Ajdin Zahirovič, so se vrhunsko izkazali. V kategoriji dijakov so naši dijaki zasedli 2., 3., 4., in 5. mesto.

Ob uspešnem udejstvovanju na tekmovanju se učitelji in dijaki spogledujejo s pri-

hodnostjo, ki se vse bolj nagiba k avtomatizaciji oziroma, da robot nadomesti človeka. *»Robotizacija v varilstvu je prisotna že več let. Najbolj poznamo primere iz podjetji, s katerimi strojna šola sodeluje. V teh podjetjih se v veliki meri poslužujejo robotskega varjenja in sodobnih varilnih tehnik. Tehnika varjenja sicer napreduje, ampak še vedno potrebujemo operaterje, ki stroj vodijo in upravljajo, spremljajo sam potek dela in še vedno se določene lege, ki jih robot ne mora zavariti in jih zavarimo ročno.«*

Dijaki, ponosni na svoje sovrstnike, želijo predstaviti varilne naprave, ki se uporabljajo med učnim procesom na Strojni šoli ŠC Ptuj. Na ŠC Ptuj v strojni šoli imamo v varilnih kabinah, ki so opremljene z odse-
sovanjem, aparate za štiri postopke varjenja:

- razvod plinov acetalena in kisika za plamensko varjenje,
- varilne aparate za MIG MAG varjenje proizvajalca Kemppi, starosti približno 12 let, imajo relativno sodoben način uporabe, so relativno lahki za uporabo ter odlični za začetnike.
- Varilne aparate Kemppi, primerne za TIG varjenje in varjenje z oplaščeno elektrodo.

Nadaljnje si želimo dopolnitve s kakšnimi varilnimi mizami in vpenjalno tehniko, posodobitvijo varilne tehnike in osebne zaščitne opreme, laserski varilni aparat, sodobnejšo tehnologijo za razrez materiala. Uspešno sodelujemo s podjetjem Palfinger iz Maribora in lokalnimi podjetji. Vlagati bomo morali tudi v strokovna izobraževanja zaposlenih, ki so vpeti v izobraževanje s področja varjenja. Zelo smo veseli in ponosni na naše sodelovanje, predvsem pa na naše dijake, ki z velikim veseljem in vnemo opravljajo svoje delo ter dodajajo dragocen odtis svojega znanja v mozaik uspešnih zgodb naše šole.



VARIX™ Tehnični plini za varjenje

Globalno znanje in inovacije Air Liquide.
NEXAIR® Professional – BREZ NAJEMNINE

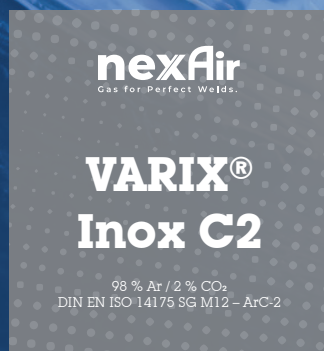
TESTNI MAG PAKET – 75€*

Vsebina paketa (50 L / 200 bar + Q WELD™ SG2):

Izdelek	Sestava / specifikacija	Postopek / uporaba
VARIX™ Plus plin	91,5 % Ar / 6,5 % CO ₂ / 2 % O ₂	MAG varjenje nelegiranih in nizkolegiranih jekel
VARIX™ C18 plin	82 % Ar / 18 % CO ₂	MAG varjenje konstrukcijskih jekel (univerzalna izbira)
Q WELD™ SG2 žica	Ø 1,0 mm – kolut 15 kg	MAG varjenje z VARIX™ zaščitnimi plini

* Kupec izbere en plin (VARIX™ Plus ali VARIX™ C18). Cena ne vključuje DDV.

VARIX™ – Simply High Performance.



Za naročila in dodatne informacije:
info@plin.online | 080 2190

nexAir
Gas for Perfect Welds.

