

VARILNA TEHNIKA

Izdaja:
Slovensko društvo za varilno tehniko

Letnik: 68
ISSN 2463-9214

2/2018



GLASILO DRUŠTEV ZA VARILNO TEHNIKO

WELDING REVIEW, ORGAN OF THE WELDING
SOCIETIES

© Varilna tehnika letnik 68 (2018) številka 2. Izdano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.

© *Varilna tehnika Volume 68 (2018) Issue 2. Issued in Slovenia. All rights reserved.*

Impresum

Internet

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

www.drustvo-sdvt.si/varilnatehnika

e-mail: arpad.koves@guest.arnes.si

Glavni in odgovorni urednik (Editor):

dr. ARPAD KÖVEŠ, univ. dipl. ing.

Uredniški odbor (Editorial Board):

Dr. MILOŠ JOVANOVIĆ

Doc. dr. GABRIEL RIHAR

Dr.-Ing. MIRO URAN

Dr. TOMAŽ VUHERER

Dr. DARJO ZULJAN

Oblikovanje: BARBARA NOVAK HOZJAN

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:

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

Cena: brezplačna elektronska izdaja

ISSN: 2463-9214

KAZALO

| | |
|---|----|
| IIW KONGRES JUGOVZHODNE EVROPE | 2 |
| OBISK 71. LETNE SKUPŠČINE IIW BALI | 3 |
| TIP TIG – NOVO TIG VARJENJE Z VROČO ŽICO | 6 |
| SODELOVANJE ZAVODA RS ZA ZAPOSLOVANJE IN INSTITUTA ZA VARILSTVO | 10 |
| USPOSABLJANJE ZA MEDNARODNE KOORDINATORJE VARJENJA | 12 |
| FRONIUS..... | 18 |
| VPLIVNI PARAMETRI NA KVALITETO ZVARA PRI SODOBNEM UPOROVNEM VARJENJU | 21 |

4. IIW KONGRES ZA JUGOVZHODNO EVROPO

SEEIIW 2018

Dr. Miloš Jovanović¹

I Institut za varilstvo d.o.o.

milos.jovanovic@i-var.si

Od 10. do 13. oktobra 2018 je Beograd gostil 4. IIW varilni kongres za jugovzhodno Evropo. Kongres je organiziralo Srbsko varilno društvo – DUZS v sodelovanju z varilnimi društvi Romunije in Bolgarije ter s podporo Mednarodnega inštituta za varjenje (IIW).

Kongresa se je udeležilo več kot 200 članov iz 25 različnih držav (Avstralija, Belorusija, Bosna in Hercegovina, Bolgarija, Kanada, Hrvaška, Češka, Nemčija, Grčija, Madžarska, Izrael, Italija, Makedonija, Črna gora, Nizozemska, Portugalska, Romunija, Rusija, Slovaška, Slovenija, Švica, Turčija, Velika Britanija, ZDA,...).

Predstavljenih je bilo več kot 70 zanimivih člankov, posebno pozornost so pritegnili predavatelji: Douglas R. Luciani, predsednik IIW; Chris Eady, predsednik EWF; Chris Smallbone, bivši predsednik IIW; Roland Boecking, direktor nemškega varilskega združenja - DVS; Sorin Keller, GE Power, Švica; Luisa Coutinho, izvršna direktorica EWF; Heidi Cramer, Univerza uporabnih znanosti München in Christian Ahrens, predsednik IIW-IAB.

Znanstveni program kongresa z nazivom "*Safe Welded Construction by High Quality Welding*" je vseboval naslednje teme:

- visoko kakovostno varjenje,
- strukturna integriteta in življenjska doba zvarnih spojev/struktur,
- varjenje cevovodov,

- izobraževanje, kvalifikacija in certifikacija osebja.



Direktor Instituta za varilstvo iz Ljubljane, Dr.-Ing. Miro Uran, je predstavil članek z naslovom "*Impact parameters on weld quality at modern resistance welding*", vodja izobraževalnega centra Instituta za varilstvo Dr. Miloš Jovanović pa članek z naslovom "*Some aspects of training, qualification and certification of welders in Slovenia*".

Iz Slovenije so se s strokovnimi članki predstavili še Doc. Dr. Tomaž Vuherer iz Fakultete za strojništvo v Mariboru, Doc. Dr. Damjan Klobčar iz Fakultete za strojništvo v Ljubljani, Edvard Bjelajac iz podjetja Messer Slovenija in Dr. Andrej Skumavc iz podjetja SIJ Acroni.

Strokovni program je spremljala komercialna razstava z naslovom "*International Fair of Welding and allied processes*", ki je izbrala najpomembnejša regionalna podjetja na področju varjenja in z varjenjem povezanih področij.



OBISK 71. LETNE SKUPŠČINE IIW BALI

Dr. Arpad Köveš¹

I Institut za varilstvo d.o.o.

arpad.koves@i-var.si

Letošnja letna skupščina Mednarodnega instituta za varjenje – IIW je uspešno potekala v kongresnem centru Nusa Dua na otoku Bali blizu mesta Denpasar v Indoneziji. Trajala je od 15. do 20. julija 2018. Glavni organizator konference je bilo Indonezijsko društvo za varilno tehniko (Indonesian Welding Society). Dogodka se je udeležilo več kot 700 udeležencev (delegatov in ekspertov) iz 47 držav članic IIW-ja. Letna skupščina Mednarodnega instituta za varjenje je edinstven svetovni forum, ki ponuja priložnost, da si strokovnjaki iz celega sveta izmenjujejo informacije o inovacijah, raziskavah in spremljajočih aktivnostih s ciljem promocije razvijajočih se varilnih tehnologij in aplikacij.



Slika 1: Kongresni center Bali Nusa Dua

Kot vedno se je letna skupščina začela z nedeljsko Generalno skupščino, ki je razpravljala o splošnih vprašanjih IIW-ja, o dejavnostih v preteklem letu ter o načrtih za prihodnja leta. Eden od pomembnejših dokumentov Generalne skupščine je bilo sprejetje strateškega plana za naslednja tri leta, ki ga je predstavil predsednik IIW-ja kanadčan dr. Douglas Luciani.



Slika 2: Po končani Generalni skupščini

V času letne skupščine je zasedalo več kot 25 tehničnih komisij, študijskih skupin, odborov za standardizacijo in izobraževanje itd. Tematika je bila »Napredne varilske tehnologije in proizvodnja za učinkovite proizvodne procese«. Konferenca se je osredotočila na varilsko tehnologijo, napredne varilske procese, korozijo, analizo napak, varilsko oblikovanje, avtomatizacijo in simulacijo itd. Na konferenci je bilo predstavljenih več kot 120 člankov.



Slika 3: Dr. Vencislav Grabulov (levo) prejema priznanje za regionalne aktivnosti IIW-ja s strani predsednika IIW-ja dr. Douglasa Loucianija (desno)

Poleg zgoraj omenjene Generalne skupščine in mednarodne konference sem se udeležil dela komisije XII kot slovenski delegat.

Delo komisije XII je odprl predsednik **prof. Satoru Asai**, ki je po pozdravu vseh udeležencev predstavil dnevni red predstavitve dokumentov za vse tri dni. Posebej je pohvalil dobro organizacijo »vmesnega srečanja

omenjenih komisij – intermediate meeting«, ki je potekalo letos marca v podjetju Daihen Varstroj v Lendavi.

Prvi dan je bilo predstavljenih devet dokumentov iz področja podkomisije C-XII-A »Senzorji in kontrola« in C-XII-B »Obločni varilni procesi«. Podkomisijo sta vodila predsednik podkomisije »C-XII-A« **dr. Zengxi Stephen Pan** ter predsednik podkomisije »C-XII-B« **Stephan Egerland** iz Avstrije (Fronius). Med predstavljenimi dokumenti bi posebej omenil dokument z naslovom »Temeljna študija on-line senzorske tehnologije obločnega varjenja«, ki ga je predstavil **K. Kasano** iz Japonske. Dokument govori o razvoju on-line senzorskega sistema za zaznavo napak med elektroobločnim MAG varjenjem na osnovi analize slikovnih podatkov, ki uporablja preprosto CMOS kamero. Drugi dan je bila celodnevna skupna delavnica komisij I, IV, VII, XII in študijske skupine SG 212 na temo hibridnih načinov varjenja v kombinaciji z laserjem, o proizvodnji z dodajanjem (Additive Manufacturing) in specialnih primerih. Skupno delavnico so vodili **prof. Hirose Akio** (predsednik komisije VII), **prof. Tanaka Manabu** (predsednik SG 212), predsednik komisije IV »Močnostni procesi (z elektronskim snopom in svetlobnimi žarki) **dr. Herbert Staufer** ter predsednik komisije I »Proizvodnja z dodajanjem, navarjanje in metalizacija, termično rezanje« **g. Doug Kautz**. Predstavljenih je bilo dvanajst od predvidenih petnajstih dokumentov.

Tretji dan komisije XII sta vodila predsednik podkomisije C-XII-D »Podvodno inženirstvo« **prof. Ian Richardson** in podpredsednik komisije XII **dr. Hermans**. Predstavljenih je bilo devet od desetih najavljenih dokumentov.

Na koncu naj omenim, da je pri avtorju pričujočega prispevka oziroma na Institutu za varilstvo moč dobiti predstavljene dokumente

komisije XII ter članke letošnje Mednarodne konference.

Seznam dokumentov komisije XII:

- [1] Connected Digital Welding Production – Industrie 4.0 for Gas Metal Arc Welding
U. Reisgen, S. Mann, K. Willms, G. Buchholz, P. Lozano, K. Middeldorf (Germany)
Doc. XII-2362-18
- [2] Welding Solution for H-shaped Steel Columns
H.Kishikawa, T.Minowa, Y.Taniguchi, H.Matsumura, Y.Inoue (Japan)
Doc. XII-2380-18
- [3] Characteristics of metal-based seamless flux-cord wires with a low filling rate
N.Sakabayashi, R.Tokuoka, M.Saito, M.Ohara (Japan)
Doc. XII-2375-18
- [4] Study on Practical Use of the Low-Slag Welding Process for Automotive Steel Sheets
R.Yamazaki, R.Yamazaki, K.Ikai, M.Tanaka, M.Fukahori (Japan)
Doc. XII-2377-18
- [5] Dissimilar metals Joining Process using GMAW has High strength and One side access characteristic and the Automation robot system
R.Suzuki, C.Ryo (Japan)
- [6] Fundamental Study on On-line Image Sensing Technology of Arc Welding
K.Kasano, S.Asai, Y.Ogino (Japan)
Doc. XII-2385-18
- [7] Development of automatically controlling welding technology in initial layer penetration welding using deep learning
A.Okamoto, K.Ozaki, T.Ashida, M.Hida, T.Yamashita (Japan)
Doc. XII-2379-18
- [8] A versatile approach to controlling electrode weaving motion in narrow gap GMAW
C. Fabry, A. Pittner, M. Rethmeier (Germany)
Doc. XII-2388-18
- [9] In-situ Detection of Weld Defect during MAG Welding of Corner Joint Using Laser Ultrasonic
S.Asai, K.Nomura, S.Otaki, F.Imura, R.Kita (Japan) Doc. XII-2386-18c. XII-2390-18
- [10] Additive Manufacturing of a Low Magnetic Zr Alloy for Biomedical Applications
Naoyuki Nomura (Japan)
Doc. VII-0166-18
- [11] Molten Metal Nanodroplet Splashing Behavior for Micro 3D Printing
Lei Liu (China)
Doc. VII-0167-18
- [12] Laser Beam Powder Bed Fusion of Pure Copper
Toshitaka Ikeshoji (Japan)
Doc. VII-0168-18

[13] Direct Colloidal Writing of Three-Dimensional Ceramic Green Structures

Hiroya Abe (Japan) Doc.VII-0169-18

[14] Stereolithographic Additive Manufacturing of Metal and Ceramic Fluctuated Patterns

Soshu Kirihara (Japan)

Doc.VII-0170-18

[15] Theoretical and Experimental Investigate on Temperature Distribution Characteristic of Hybrid Arc in Microplasma Arc Welding Jianping He, Hu Zhang, Jinan Zhang, Shenglan Lin-Yang, Fuxin Wang (China) Doc. XII-2396-18/ 212-1544-18 / IV-1395-18

[16] A novel surface tension approach for SPH-simulations and its application to a laser

wire process for additive manufacturing

M. Trautmann, E. Spaniol, F. Silze, N. Brocke, M. Schnick, M. Hertel, U. Füssel (Germany)

Doc. XII-2397-18/ 212-1547-18 / IV-1396-18

[17] Development of a novel TIG hot-wire process for wire and arc additive manufacturing

E. Spaniol, T. Ungethüm, M. Trautmann, K. Andrusch, M. Hertel, U. Füssel (Germany) Doc. XII-2398-18/ 212-1548-18/ IV-1397-18

[18] GMAW Hardfacing with Tungsten Carbides

G. Gött, G. K. Zhang, D. Uhrlandt, G. Wilhelm (Germany)

Doc. XII-2399-18 / 212-1551-18 / IV-1398-18

[19] Exploring Solutions for Mitigating Unidirectional Grain Growth and for Identifying

Production Parameters in WAAM of Aluminum Alloys

Y. Yehorov, L. João da Silva, A. Scotti (Brazil)

Doc. XII-2378-18/ 212-1565-18/ IV-1392-18

[20] Residual stress and distortion in parts made by wire and arc additive manufacturing

Usin chi Kitano, Terumi Nakamura (Japan)

Doc. XII-2381-18/ 212-1566-18/ IV-1393-18

[21] Concept and Validation of Near-immersion Active Cooling Approach for WAAM

Leandro João da Silva, Ruham Pablo Reis, Américo Scotti (Brazil)

Doc. XII-2382-18/ 212-1567-18/ IV-1394-18

[22] The study of mechanical properties for Al-Si, Al-Mg-Si and Al-Mg-Mn alloys WAAM builded metal

D. Kuruskin, L. Zhabrev, O. Panchenko (Russia)

Doc. XII-2407-18

[23] Mechanical and corrosion behaviour of Mn Al-Bronze produced by Wire and Arc Additive Manufacturing

C. Goulas, S. Kiakidis, W. Ya, Y. Gonzalez-Garcia, M.

Richardson, M.J.M. Hermans

(Netherlands)

Doc. XII-2408-18

[24] Towards a multi-sensor monitoring methodology for AM metallic processes.

Chabot, M. Rauch, J.-Y. Hascoët, (France)

XII-2395-18/ 212-1568-18/ IV-1391-18

[25] Influence of welding parameters on arc shape and weld formation in keyhole TIG welding

Zhenyu Fei, Zengxi Pan, Dominic Cuiuri, Huijun Li, Bintao Wu, Donghong Ding,

Lihong Su (Australia)

Doc. XII-2405-18

[26] Effect of Activating Fluxes on Microstructure and Hardness Properties of A-TIG

welded Aluminized Coated 9Cr-1Mo Steels

A. B. Zalaab, N. I. Jamnapara, V. J. Badhekar, C. S. Sasmala, S.

Sama, M. Ranjana,

(India).

Doc. XII-2376-18

[27] Arc Behavior on Multiple Electrode Submerged-Arc Welding with Parallelized Trailing

Electrode

S. Kozuki, N. Hayakawa, R. Ikeda (Japan)

Doc. XII-2387-18

[28] Pore free GMAW process development of zinc coated steel sheet welding

Jungho Cho, Hunchul Jeong, Sungjin Baek, Gyuyeol Bae (Korea)

Doc. 212-1558-18/ XII-2392-18

[29] Visualization of zinc pore behavior through three-dimensional molten pool simulation

Hunchul Jeong, Sungjin Baek, Jungho Cho (Korea)

Doc. 212-1559-18/ XII-2393-18

[30] Improving the heat intensity and pressure of plasma arc with external ultrasonic vibration

C.S. Wu, C. Zhang, J. Chen (China)

Doc. XII-2384-18

[31] Why is it desirable to monitor and control the energy input in MAG laser hybrid welding of high strength steel?

S-F. Goecke, (Germany)

Doc. XII-2406-18

[32] Investigation Delayed Cracking Behavior in Laser Welds of High Strength Steel Sheets Using

the X-ray Transmission In-situ Observation System

K. Maeda, R. Suzuki, T. Suga and Y. Kawahito (Japan)

Doc. XII-2391-18

[33] Evolution behavior of laser welding in hybrid structure between Open-Cell Aluminum Foam

and Solid aluminum Shell

P. Wattanapornphan, C. Phongphisutthinan, T. Suga, M. Mizutani,

S. Katayama (Thailand)

Doc. XII-2383-18

[34] Laser beam welding technology for coverplate of ITER

T. Hamada, Y. Makino, Y. Yanagi, Y. Yoshizawa, T. Ohnawa, K.

Sakaguchi

H. Kajitani, S. Ando, N. Koizumi (Japan)

Doc. XII-2389-18



INSTITUT ZA VARILSTVO

Welding Institute

TIP TIG – NOVO TIG VARJENJE Z VROČO ŽICO

Tim Kovačič¹, Doc. Dr. Damjan Klobčar²

¹ IPRO d.o.o., Ljubljana

² Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

Povzetek

Novi postopek varjenja TIP TIG poleg kontinuiranega podajanje varilne žice v talino uporablja nadgrajeno patentirano oscilirajoče gibanje »naprej-in-nazaj«. Gibanje "naprej-in-nazaj" generira patentirani štiri valjni pogonski sistem, ki povzroča valovanje taline zvara. Tehnologija TIP TIG lahko uporablja hladno podajanje žice ali predhodno tokovno segreto varilno žico. Proces omogoča popolnoma stabilen varilni postopek z visoko kakovostjo zvarnega spoja, visoko produktivnostjo in zelo dobrimi metalurškimi in mehanskimi lastnosti.

1 Problemi pri varjenju TIG

Pri običajnem ročnem varjenju TIG je zaradi kontrole varilnega toka in ročnega podajanja hladne varilne žice v majhno območje gorenja varilnega obloka zahtevana natančnost, ki zahteva največjo izurjenost varilcev. Varilec mora v pravem trenutku optimalno podajati varilno žico ter hkrati voditi gorilnik in s tem premikati talino v smer varjenja. Električni oblok in talina zvara sta občutljiva na majhne variacije razdalje volframove elektrode do varjenca. Majhna hitrost nanašanja pomeni manjšo produktivnost. Za premagovanje težav so bili v preteklosti že razviti sistemi s podajanjem vroče žice, ki pa so pri varjenju v zahtevnih legah ali pa pri uporabi jakosti varilnih tokov manjših od 250A zelo občutljivi na razdaljo elektrode do varjenca. Pri takih aplikacijah je potrebna dodatna avtomatska kontrola varilne napetosti. Velikost in cena opreme za avtomatsko krmiljenje varilne napetosti je tudi razlog, da postopek varjenja z dodajanjem vroče žice do sedaj ni bil primeren za ročno varjenje po postopku TIG.

Pri tehnologiji TIP TIG se celotni pogon pomika »naprej-in-nazaj«. pri frekvenci 12 Hz do 17Hz, medtem ko hkrati podaja varilno žico pred volframovo elektrodo. Kinematična

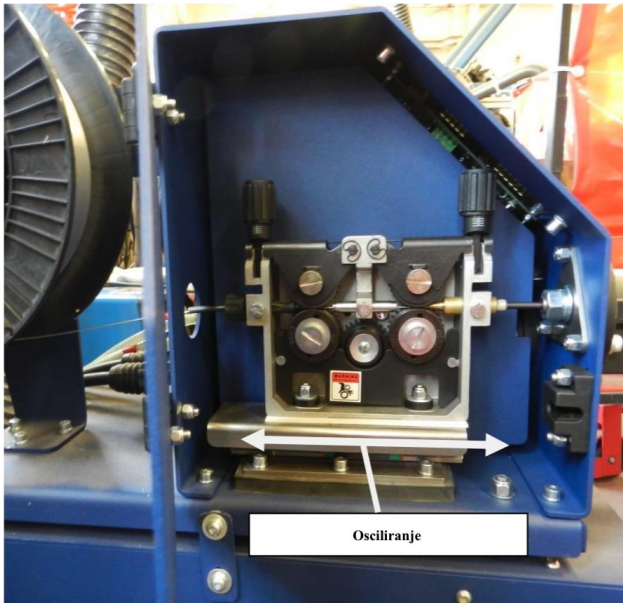
energija, ki se ustvari v talini zmanjšuje površinske napetosti, dobro vpliva na lastnosti strjevanje materiala in izboljša mehanske lastnosti. Pri tehnologiji TIP TIG pa zaradi prenosa valovanja iz žice v talino prihaja do boljšega odvajanja nečistoč, izcej in varilnih plinov ter občutno zmanjšajo brizganje taline. Talina se počasneje strjuje, kar pozitivno vpliva na mikrostrukturo, ter dovoljuje hitrejšo podajanje varilne žice. Večja hitrost podajanja žice omogoča uporabo večjega varilnega toka.



Slika 1: Gorilnik za postopek varjenja TIP TIG

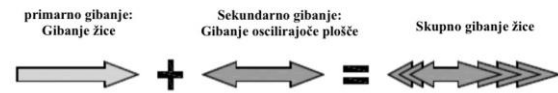
Naprava za podajanje dodatnega materiala je krmiljena z mikroprocesorjem, ter je sestavljena iz štirih pogonskih koles, kateri lahko podajajo

varilno žice 1.0 mm ali 1.2 mm. Celotni notranji mehanizem je na oscilirajoči plošči, ki je povezana z nadzorno ploščo. Obe gibanji ste med seboj neodvisni, kar omogoča optimalno zmanjševanje površinske napetosti taline, kar omogoča večje depozite dodatnega materiala.



Slika 2: Gibanje varilne žice s patentiranim pogonom

V primerjavi s konvencionalnim varjenjem TIG je podajanje žice med 200 in 400 % hitrejša, kar skupaj s polariteto elektrode na minus polu omogoča veliko disipacijo energije in posledično občutno zmanjšuje linijski vnos energije. Postopek omogoča varjenje z manjšim toplotnim vplivanim področjem, z odličnimi mehanskimi in korozijskimi lastnostmi ter zmanjšuje možnost nastajanja razpok. Manjši vnos energije povzroča tudi nastajanja manjše količine varilnih plinov ter občutno zmanjša oksidacijo zvarnega spoja. Nihanje taline pozitivno vpliva tudi na težave predhodno prisotne pri varjenju v drugih legah – naprimer pri varjenju 5G. Tehnologija z oscilirajočim podajanjem vroče žice je bila razvita leta 2007 ter omogoča pretaljevanje dodatnega materiala do 3.6kg/h in je primerna za debeline materiala od 0.5 do 150mm. Varilci lahko dosežejo visoke hitrosti varjenja do 80 cm/min. Te lastnosti omogočajo delno ali popolno avtomatizacijo postopka.

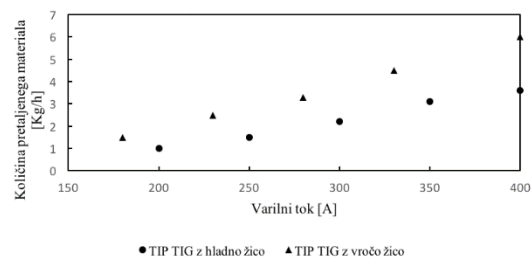


Slika 3: Prikaz skupnega gibanja žice.

Prednosti varjenja TIP TIG:

- Depozicija dodatnega materiala je občutno večja od klasičnega TIG.
- Zelo visoka kvaliteta zvara.
- Dobri izgled in geometrija zvara brez potrebe po naknadni obdelavi.
- Zmanjšan linijski vnos toplote v varjenec.
- Manjše mešanje dodatnega in osnovnega materiala.

TIP TIG naprava za varjenje sestoji iz mikroprocesorske enote za upravljanje s podajanjem dodatnega materiala žice, izvora za predgrevanje dodatnega materiala, varilna pištola s cevnim paketom in izvor varilnega toka.



Slika 4: Količina pretaljenega materiala v odvisnosti od varilnega toka.

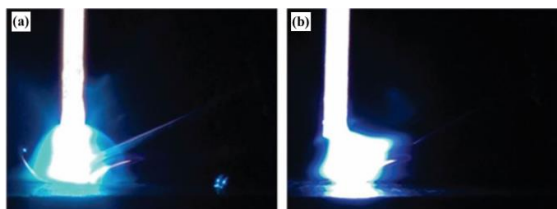
2 Predgrevanje dodatnega materiala

Postopek TIP TIG uporablja dva načina dodajanja varilne žice – s predgrevanjem ali v hladnem stanju, ki je posledica Joulovega efekta. Predgrevanje dodatnega materiala povečuje njegovo temperaturo, in s tem zmanjšuje potreben električni tok pri varjenju. Prednost TIP TIG varjenja pred drugimi postopki varjenja s taljivo elektrodo (MIG) je v ločenem upravljanju vnosa energije pri predgrevanju dodatnega materiala in njegovem

taljenju. Prednost te kontrole se največkrat odraža pri popolni kontroli pri začetni fazi in končni fazi varjenja.

3 Odklon električnega oblaka

Pri varjenju TIG z vročo žico lahko prihaja do nestabilnosti električnega varilnega oblaka. Električni tok, ki segreva dodajni material povzroča nastanek nehomogenega magnetnega polja, ki odklanja električni oblok. Oblok je gibljiv električni prevodnik, zato nanj podobno kot na druge električne vodnike deluje magnetno polje. Pojavlja se Lorentzova sila. Pri homogenem električnem polju oblok stabilno gori, pri nehomogenem magnetnem polju pa nastane elektromagnetna sila, ki povzroči odklon oblaka od želene lege.



Slika 5: Oblok z (a) mrzlo žico in (b) vročo žico.

Pri TIP TIG-u dodajni material z negativno polariteto povzroča odklon električnega oblaka v smeri od volframove elektrode proti žici. Tak režim omogoča hitrejše hitrosti varjenja saj

zagotavlja, da bo varilni oblok tvoril talino v točki, ki je v teoriji najbolj primerna za nanašanje dodatnega materiala.

TIP TIG varjenje lahko uporabljamo za varjenje nizkoogljčnih jekel, nerjavnih jekel, visokolegiranih jekel, aluminijevih zlitin, titanovih zlitin, pocinkanih jekel, trenutno pa se raziskuje njihova uporaba za navarjanje orodnih jekel.

| Material | Debelina [mm] | Tok [A] | Hitrost podajanja žice [m/min] | Hitrost varjenja [cm/min] |
|----------------|---------------|---------|--------------------------------|---------------------------|
| Nerjavno jeklo | 8 + 10 | 450 | 6.5 | 38 |



Slika 6: TIP TIG HDMT Focus: Kotni zvar brez predhodne priprave zvarnega spoja. Debelina pločevine 8 mm + 10 mm.

LINCOLN[®]
ELECTRIC

THE WELDING EXPERTS[®]



Lasting Connections

THE BEST FOR THE BEST.



Don't forget: Always put on protective clothing before starting to weld!

Wherever and whatever you have to weld, Böhler Welding has the best stick electrode for the job. We supply any type you may need and our electrodes are always easy to handle, with fine arc ignition and stability.



Scan for more information

voestalpine Böhler Welding
www.voestalpine.com/welding

voestalpine
ONE STEP AHEAD.

SODELOVANJE ZAVODA RS ZA ZAPOSLOVANJE IN INSTITUTA ZA VARILSTVO

Katja Begelj¹

1 Institut za varilstvo d.o.o.

katja.begelj@i-var.si

Že vrsto let na Institutu za varilstvo sodelujemo z Zavodom RS za zaposlovanje, kjer brezposelne osebe prekvalificiramo v poklic varilca, saj je le-ta na trgu vseskozi uvrščen med deficitarne poklice. Vključitve brezposelnih mladih in ranljivih skupin v ukrepe aktivne politike zaposlovanja (APZ) so številne po celi Sloveniji. Delujemo namreč na lokacijah znotraj območne službe ZRSZ Ljubljana, Maribor, Koper, Celje, Ptuj, Murska Sobota, Kranj, Velenje, Trbovlje, Novo mesto, Nova Gorica in Sevnica.

Institut za varilstvo je vpisan v register zunanjih izvajalcev aktivnosti programov APZ za naslednje programe:

- plamenski varilec in spajkalec s certificiranjem usposobljenosti varilca / spajkalca;
- ročni obločni varilec s certificiranjem usposobljenosti varilca;
- MIG/MAG varilec s certificiranjem usposobljenosti varilca;
- TIG varilec s certificiranjem usposobljenosti varilca;
- TIG varilec v avtomobilski industriji;
- preverjanje usposobljenosti varilca s certificiranjem;
- začetni tečaj varjenja v zaščitnih plinah po MIG/MAG postopku.

Vstopni pogoji za vse programe so: starost najmanj 18 let, zadovoljivo zdravstveno stanje ter pripravljenost za opravljanje poklica varilca oz. spajkalca. Vključeno osebo pred pričetkom

udeležbe v programu najprej napotimo na zdravniški pregled in jo za čas usposabljanja zavarujemo. Zagotovimo brezplačna učna gradiva, ustrezno delovno opremo, orodje ter delovno obleko. Potne stroške in stroške prehrane v dneh usposabljanja krije Zavod RS za zaposlovanje.

Glede na letne statistike brezposelnih tečajnikov pa je stanje naslednje: v letu 2013 se jih je na Institutu za varilstvo šolalo 145, saj je bila tisto leto v državi tudi višja stopnja brezposelnosti kot v naslednjih letih. V letu 2014 se jih je izšolalo 46, v letu 2015 55, v letu 2016 9, v letu 2017 63 in v prvi polovici leta 2018 40 tečajnikov. Skupno torej 358. Uspešnost naših tečajnikov na certificiranju je bila 87,5%.

V letošnjem letu smo uspešno izvedli prenos znanja iz naših varilnic k potencialnim delodajalcem. 13 delovnih dni so bili brezposelni na praktičnem usposabljanju v podjetjih in se urili v varjenju. Prav tako smo se spopadli z izzivom in organizirali tri tečaje za osebe z mednarodno zaščito. Decembra 2017 se jih je v Ljubljani izobraževalo 9, v Mariboru avgusta lani 8, letos aprila pa 5, torej skupno 22 oseb. Del izobraževanja je potekal v angleškem jeziku, del pa je bil s pomočjo prevajalca preveden v arabski jezik.

Ker so potrebe po usposobljenih varilcih velike, si še naprej obetamo uspešnega sodelovanja z Zavodom RS za zaposlovanje.





Nova imena naših znamk zaščitnih plinov za varjenje: iz »mix« na »line«

Linija široke palete zanesljivih zaščitnih plinov za varjenje se sedaj imenuje **Ferroline**, **Aluline** in **Inoxline**. Pred tem smo te pline tržili pod imeni Ferromix za varjenje nelegiranih jekel, Alumix za varjenje aluminijevih zlitin in barvnih kovin ter Inoxmix za varjenje visoko legiranih jekel.

Nova imena smo uvedli zaradi nedvoumne diferenciacije od konkurenčnih produktov ter novi koncept poimenovanja »line« nam omogoča integriranje z ostalimi produkti.

Pomembno za vas kot uporabnika:

Zaščitni varilni plini družbe Messer imajo nova imena, vendar njihova raznolikost in kakovost ostajata nespremenjeni, na priznanem visokem nivoju.

Lasersko varjenje in rezanje

Pod imenom **Megalas** vam ponujamo resonatorske pline in mešanice za vse vrste CO₂ laserjev.

Avtogeno varjenje in rezanje

Za optimalno izkoriščenost postopka je izjemno pomembna pravilna izbira plina in opreme. Nudimo vam kakovostno avtogeno opremo in pline za varjenje, rezanje in gretje podjetja **Messer Cutting & Welding**.

Ustrezna izbira vrste plina in načina oskrbe s tehničnimi plini za optimalno varjenje in rezanje

V družbi **Messer Slovenija d.o.o.** vam nudimo vse vrste tehničnih plinov, plinskih mešanic, aplikativnih rešitev, opreme in optimalnih rešitev za izvedbo oskrbe s plini za procese varjenja in rezanja.

Oskrba s tehničnimi plini

Je ključnega pomena za nemoteno in kakovostno obratovanje proizvodnih procesov varjenja in rezanja. S pravilno oskrbo delavnic s plini lahko bistveno vplivamo na varnost, ekonomičnost, produktivnost in življenjsko dobo strojev.

Tehnološka podpora kupcem

Ker nam zaupajo najzahtevnejši kupci v Sloveniji in svetu, imamo v oddelku razvoja zaposlena dva izkušena mednarodno priznana varilna strokovnjaka.

MESSER 

Messer Slovenija d.o.o.
Jugova 20
2342 RUŠE

tel.: +386 2 669 03 00
faks: +386 2 661 60 41
info.si@messergroup.com
www.messer.si

Part of the Messer World 

**USPOSOBLJANJE ZA
MEDNARODNE
KOORDINATORJE
VARJENJA**

**TRAINING FOR
INTERNATIONAL WELDING
COORDINATORS**

Mojca Radman¹, Dr. Miloš Jovanović¹

Dr. Miro Uran¹, Ljubiša Trivković¹

1 Institut za varilstvo d.o.o.

Abstract

Nowadays is industrial welding production unthinkable without the introduced quality system. The responsibility person for QA is the welding coordinator. In most cases, this is IWE - International Welding Engineer or IWT International Welding Technician. The diploma for this knowledge is obtained at international specializations in institutions authorized by the International Institute for Welding - IIW and European Welding Federation - EWF. Due to the challenges of giving up time, these specializations are increasingly being carried out by distance learning - DL.

Key words:

welding coordinator, EWE, EWT, QA, DL

1 Introduction

International quality standards classified welding as a 'special process'. The quality requirements in this process can only be met if care is taken regarding the appropriate usage of equipment, welding procedures, materials and availability of suitably qualified welding

personnel[1]. Personnel qualification is one of the main tasks of the European Welding Federation (EWF) and the International Institute of Welding (IIW) [1]. European Federation for Welding, Joining and Cutting (today European Welding Federation – EWF) started working in 1992 when EU member countries who carried out specializations for welding engineers, started a process to harmonise its education content and implementation. EWF developed the comprehensive and harmonised system for training, qualification and certification of welding personnel. By using an uniform syllabus for each level of the training course and a harmonised system for examinations, the same qualification can be awarded in any country and the same knowledge are assured for any person holding diploma, awarded throughout the world[2] [3].

2 The education system of EWF and IIW

EWF licensed its qualification system to IIW in year 2000. A combined EWF/IIW system has been offered in 46 countries worldwide, with 44 Authorized National Bodies (ANB) and 683 Authorised Training Bodies (ATB) [2].

Slovenia became a member of EWF soon after its establishment. The role of ANB is carried out by the Slovensko društvo za varilno tehniko (SDVT), and the role of ATB by the Institut za varilstvo d.o.o. [4]

As already mentioned, an important part of EWF and IIW activities is training of personnel for welding coordination. The welding coordinator is a person who is responsible and competent to carry out coordination of welding works. The tasks and responsibilities of the welding coordinators are defined in the standard EN ISO 14731 and are the basis for quality in welding production according to the standard EN ISO 3834.

The tasks and responsibilities comprise the preparation of welding documentation and specifications, welding control and supervision or presence[5].

The personnel for coordination of welding works is divided into four levels, depending on the nature and/or complexity of the welding production:

- International/European Welding Engineer (I/EWE);
- International/European Welding Technologist (I/EWT);
- International/European Welding Specialist (I/EWS);
- International/European welding practitioner (I/EWP).

Training for international welding coordinators is carried out in accordance with the guidelines and authorization of the EWF and the IIW. Guidelines are prepared by the International Authorization Board (IAB), which represents one of the two branches of the IIW organization. The guidelines for education, examination and qualification are formed to ensure that the requirements are applied uniformly by all countries involved, and that the diplomas granted are mutually recognized. This is done by appointing ANBs, which are responsible for ensuring that the standards of education, examination and qualification are maintained. In this, the objective is that IIW qualified personnel at a certain level will have achieved the same minimum level of knowledge, irrespective of the country in which they had been qualified. Participants successfully completing a course of education and examinations will be expected to be capable of applying the welding technology at a level consistent with the qualification diploma[6].

3 Training for International welding coordinators in Slovenia

Regarding the number of issued diplomas of welding coordinators versus the number of inhabitants, Slovenia has always been one of the first three countries in Europe. Table 1 shows the number of diplomas by individual levels of competence issued by the Slovenian ANB in cooperation with the Slovenian ATB (situation on 25.7.2018):

| | EWF diploma – training | EWF diploma – automatic route* |
|------------|-------------------------------|--|
| EWE | 169 | 44 |
| EWT | 63 | 22 |
| EWS | / | 3 |
| | IIW diploma – training | IIW diploma – automatic route * |
| IWE | 229 | 47 |
| IWT | 186 | 19 |
| IWS | 85 | / |

Table 1: Number of diplomas by individual levels of competence issued by the Slovenian ANB in cooperation with the Slovenian ATB

Source: Archive of Institut za varilstvo d.o.o. [7]

* All those who already possess the EWF or IIW diploma of the welding coordinator can automatically obtain a diploma from institution whose diplomas do not already have (EWF or IIW), by virtue of the mutual recognition of both of these institutions in the field of training programs and the qualification of welding coordinators[8].

Slovenia does not implement I/EWP training level because there is insufficient interest in the Slovenian market for this type of qualification.

As already mentioned, there are four levels of personnel for welding coordination: I/EWE, I/EWT, I/EWS, I/EWP. The access conditions to courses for each level of qualification are defined in the current guideline issued by the IAB and vary by country. In Slovenia, the current access conditions are as follows:

- IWE: diploma of the university degree in mechanical, shipbuilding, metallurgical,

electrical or civil engineering (minimum three years study - I. Bologna level);
 - IWT: diploma of higher professional education or diploma of a technical school in mechanical, shipbuilding, electrical, metallurgical or civil engineering (four years schooling);
 - IWS: technical diploma from a vocational school of 3 years of schooling, age of at least 20 years and 2 years of work experience[9].

The content of training for international welding coordinators is divided into four modules:

1. Welding processes and equipment
2. Materials and their behaviour during welding
3. Construction and design
4. Fabrication, applications engineering[8]

Each module comprises a certain number of hours of theoretical and practical training.

Qualifications for the international welding coordinator can be obtained through the following routes:

1. the standard route,
2. the alternative route,
3. the distance learning route,
4. the experiential route,
5. the transition route[8].

In the following, the standard route and the distance learning route are presented in more detail, according to which most of the personnel for coordination of welding tasks are educated in Slovenia.

3.1 The standard route

The standard route requires successful completion of IAB approved courses which are designed to meet all the requirements of guideline. As can be seen from Figure 1, two

paths are possible, namely Path 1 and Path 2. Path 1 is recommended by IAB as offering the fastest, most comprehensive manner in which the syllabus may be covered. Path 2 is allowed for participants who are approved by ANB to acquire the appropriate knowledge of Part 1 before the course, which is in accordance with the syllabus of the course [8].

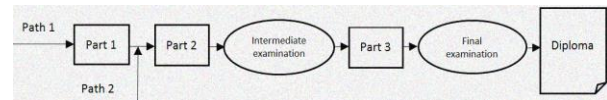


Figure 1: The standard route for obtaining a diploma of the international welding coordinator

Source: IAB-International Authorisation Board (2016). *Minimum requirements for the education, training, examination, and qualification. Personnel with qualification for welding coordination. Page. 10*[8].

Part 1 and Part 3 represent theoretical education, while Part 2 represents training for acquiring fundamental practical skills[8].

3.2 The distance learning route (DL)

Welding is an industry that constantly strives to adapt and respond to changes in the environment. Thus, in 2004 IIW issued a guideline for the distance learning. The standard route courses are based on conventional classroom teaching approach. The distance learning route is more efficient and takes less time, than the classroom learning. This type of education enables the participant a customized way of learning. In order to consolidate and deepen the knowledge, in the classroom shorter, intensive lectures and exercises are carried out[1].

The aim of the distance learning is to improve access to IAB approved qualifications (diplomas). It is essential that the quality of courses delivered in this way must be equivalent to that of the classroom learning[1].

The basis of the distance learning route is the standard route. The content of theoretical and practical training is followed by a current guideline for the training of personnel for coordination of welding works, with the exception that certain parts of the content are transferred to the distance learning system[1]. The distance learning route is therefore a blended way of learning, where education in the classroom (theoretically and practically) is combined with the distance learning.

There are several different methods for delivering learning materials on distance. The current guideline for distance learning gives the list of following options:

- video/DVD,
- audio,
- computer based (e.g. installation of the software package),
- internet delivery (e.g. e-mail, on-line program),
- broadcast television/radio[1].

The actual delivery technique chosen is not restricted to those described and may involve a combination of various options as well as an increased proportion of classroom delivery (over and above the minimum levels set out in the guidelines). The resources chosen should be capable of delivering the material required by the syllabus and should enable the student to achieve equivalent learning outcomes as those attained in a conventional classroom situation. A minimum number of hours of practical and laboratory work (as set out in the relevant guidelines) is required to support the distance delivery material. The ANB will ensure that the proposed package is appropriate and meets the requirements of the IIW/EWF guidelines[1].

As for the content, the current guideline for the standard route is also the basis for access

conditions, examination, course duration and equipment in the distance learning route.

As already mentioned, the distance learning route has several advantages over the standard route, namely:

- approximately 2/3 of training takes place at a distance,
- the participants determine the pace of a large part of education on their own, according to their obligations,
- participants are less absent from the work process in the organizations in which they are employed,
- participants are offered an interactive study environment and counseling assistance from lecturers,
- an online chat room is possible with other participants,
- for the majority of their education, participants can choose their own study space, since they have their own materials[1].

Despite many advantages, the distance learning route also has disadvantages, which represent important challenges in managing such a training system. Students can lose motivation more easily, then if they have classroom lectures; the identity of the student performing the on-line lessons and quizzes can be dubious; when delivering content to a participant, technical problems may arise (e.g. Internet connection, computer equipment, etc.) [10].

Slovenian ATB Institut za varilstvo carries out training for international welding coordinators both by the standard route (for the IWS level) as well as by the distance learning route (for IWT and IWE level), for which uses the Moodle on-line platform. It is a learning content management system that allows creating online learning environments, publishing e-materials, collaborating with learners, monitoring progress, conducting tests,

etc. Moodle is a learning platform designed to provide educators, administrators and learners with a single robust, secure and integrated system to create personalised learning environments[10].

Moodle is one of the computer-based training methods (CBT). Its' worldwide numbers of more than 65 million users across both academic and enterprise level usage makes it the world's most widely used learning platform. Moodle is trusted by institutions and organisations, including Shell, London School of Economics, State University of New York, Microsoft and the Open University. Moodle is recommended, tested and validated for all Slovene public schools and Universities by Ministry of education[10].

Approach of Institut za varilstvo for self-paced e-learning is a set of interactive lessons. A lesson is a linear sequence of screens, which can include text, graphics, animations, audio, video and interactivity in the form of questions and feedback. Lessons can also include recommended reading and links to online resources, as well as additional information on specific topics. Most commonly used on-line learning elements in Moodle for Institut za varilstvo are:

- lessons/with interactive elements (treat them as PowerPoint slides, but with the ability of interactive navigation through questions);
- quizzes (quizzes are generated from bases of questionnaires and are very powerful for assessment, grading and report generation);
- resources (documents and links that are not interactive) [10].

The success and progress of participants in on-line learning on Moodle is evaluated by using the built-in functions of this platform. These tools provide a quick, but complete insight into the activity of the students, which areas they

find difficult and where improvement is most necessary. Tools and criteria followed by the Institut za varilstvo are:

- completion data (all lessons passed and all quizzes should be completed),
- login data (time spent on each lesson/module should follow the number of hours specified in the current guideline),
- date of first/last login of students (course should be finished within a specified period),
- success statistics evaluated on a question-by-question basis (each question should be completed in specified number of attempts) [10]

4 Current experience

Preparations of the ATB Institut za varilstvo for the implementation of the distance learning lasted for 3 years. During this time, existing material for the standard route had to be processed and made useful for the on-line Moodle platform. It was also necessary to provide personnel for distance learning implementation, such as tutors, IT professionals and administrators, as well as a technical and software background to support this way of material delivery, supervision of the learning process and conduction of exams.

Based on the responses of the first two generations of IWE and IWT participants at the Institut za varilstvo, it was found that the transition to distance learning was a very good decision, as there are obvious savings in time and financial expenses. In the last few years, many participants who were financially able to afford training, were able to meet access requirements and have appropriate knowledge, but they could not be absent from the work process to the extent required by the standard

qualification route. Due to their responsible role in companies, participants expect flexibility in the time needed for training, so they give preference to the distance learning route versus the standard route.

In total, both generations of IWE and IWT distance learning were successfully completed by 87 students. The results of on-line surveys show that the students were generally satisfied with the implementation of the training. Despite many advantages of distance learning, lectures in the classroom were selected as the most effective way of knowledge delivery. All lecturers received very good grades from students and students were very satisfied with professional, technical and administrative support too. There were no major (technical) problems with the use of the Moodle on-line platform, which further confirmed the relevance of the choice of distance learning method.

The results of examination were at a similar level as the standard route. This means that the level of knowledge of the participants is comparable to that of the standard route.

5 Conclusions

The International/European diploma for the welding coordinators in the industry has become a necessary condition for the organization and performance of any work related to welding. This need was recognized decades ago at the Institut za varilstvo and the Slovensko društvo za varilno tehniko. Therefore, when we talk about qualification of welding coordinators, Slovenia is one of the most successful European countries.

Distance learning has been steadily increasing over the past few years. The need for more flexible ways of learning with the support of modern computer technologies has never been

greater. The main gear of this kind of change are needs of the industry for as educated as possible personnel, who, on the other hand, are difficult absent from work for longer periods.

The Institut za varilstvo recognized these needs and, following the example of some other countries (Germany, Spain, Italy, Norway, etc.), started qualification for welding coordinators with a distance learning system in 2016. The result is a higher number of candidates on trainings and a much lower absence of welding experts from the workplace. The results of the examinations remained similar to that of the standard way of learning in the classroom.

6 References

- [1] IAB-International Authorisation Board (2013): Minimum requirements for the education, training, examination and qualification. Distance learning. EWF/IIW-IAB Secretariat, Portugalska.
- [2] EWF Corporate profile (2018): <https://www.ewf.be/upload/processos/d001336.pdf>
- [3] Website IIW. About IIW: <http://iiwelding.org/about-iiw>
- [4] Website SDVT. Izobraževanje varilnega osebja: <http://drustvo-sdvt.si/izobraevanje-varilnega-osebja>
- [5] Moder M., Rihar G., Tomc J. (2017): Uvod v zagotavljanje kakovosti pri varjenju. Gradivo za specializacijo IWE/IWT. Institut za varilstvo d.o.o., Ljubljana
- [6] IAB-International Authorisation Board (2016). Rules for the implementation of IIW Guidelines for the education, examination and qualification of welding personnel. EWF/IIW-IAB Secretariat, Portugalska.
- [7] Archive of Institut za varilstvo d.o.o.
- [8] IAB-International Authorisation Board (2016). Minimum requirements for the education, training, examination, and qualification. Personnel with qualification for welding coordination. EWF/IIW-IAB Secretariat, Portugalska.
- [9] IAB-International Authorisation Board (2016). Directory of access conditions to the courses based on the IIW Guidelines for education, examination and qualification.
- [10] Knez S. (2017). Report DLC. ATB: Institut za varilstvo d.o.o., Ljubljana.



Presenetila nas je žalostna vest, da je umrla naša sodelavka Agnes Brezovnik. Dolgoletna vodja dokumentacijskega oddelka je umrla v 67. letu starosti.

Na Institutu za varilstvo d.o.o. je bila zaposlena od leta 1975 pa do upokojitve leta 2009. Diplomirala je na Filozofski fakulteti v Ljubljani. Kot profesorica angleškega in francoskega jezika se je po zaposlitvi na Institutu za varilstvo seznanila z literaturo, ki se uporablja v varilni tehniki. Ugotovila je, da je velika večina strokovne varilne literature napisana v nemškem jeziku, zato se je ob delu dodatno izobraževala in postala odlična prevajalka tudi za nemški jezik. Za šesto komisijo IIS/IIW je pripravljala prevode strokovnih varilskih izrazov in sodelovala pri izdaji večjezičnih slovarjev za varjenje in sorodne postopke. Polno angažirana je bila tudi pri pripravi in izvedbi dveh svetovnih varilskih kongresov v letih 1982 in 2001 v Cankarjevem domu v Ljubljani.

Spremljala je svetovno strokovno literaturo in zanimive članke prevajala in objavljala v reviji Varilna tehnika. Prevajala je tudi EN in ISO standarde, ki jih uporabljamo v varilstvu.

Bila je marljiva sodelavka, prijazna do sodelavcev in vedno pripravljena pomagati. Z Agnes Brezovnik smo izgubili veliko strokovnjakinjo na področju prevajalskega dela v varilski tehniki.

Njeni hčerki in sinu, izrekamo v hvaležnosti za njeno delo, iskreno sožalje.

FRONIUS PONUJA INOVATIVNE VARILNE TEHNOLOŠKE REŠITVE V DOBI INDUSTRIJE 4.0 – PIONIR NA PODROČJU DIGITALIZACIJE IN INFORMACIJSKEGA POVEZOVANJA

doppler.leonie@fronius.com

Industrija 4.0 radikalno spreminja proizvodne procese, pri katerih varilna tehnologija ni nobena izjema. Nove funkcije in zmogljivosti zahtevajo optimalno integracijo varilnih sistemov v medsebojno povezane in računalniško nadzorovane tovarne prihodnosti. Za Fronius je »četrti industrijska revolucija« že več let realnost, namreč že leta 1997 je podjetje med prvimi na svetu razvilo digitalni varilni izvor in od takrat dalje je vodilno v tehnologijah, kadar gre za digitalizacijo in informacijsko povezovanje pri varjenju. Tako Fronius ponuja široko paleto sistemov, ki uporabnikom omogočajo hitro, intuitivno in fleksibilno delovanje.

Industrija 4.0 omogoča hitrejše, preglednejše in zaneslivejše proizvodne procese, ob nižjih stroških in visoki kakovosti tudi za manjše serije. Izraz sam opisuje visoko stopnjo digitalizacije in informacijskega povezovanja med: ljudmi, računalniki, stroji, proizvodnimi napravami, komponentami, surovinami in končnimi izdelki po vsem svetu. Le-ti so povezani in lahko med seboj »komunicirajo«. To omogočajo vse močnejši procesorji, senzorji in kontrolni sistemi, s katerimi je mogoče še tako kompleksne sisteme zanesljivo obvladovati. Vsi ustrezni podatki o izdelku in procesu morajo biti zapisani v digitalni obliki in morajo biti na razpolago vsem enotam sistema. Pri tem igra varilna tehnologija

pomembno vlogo kot del proizvodnje z visoko dodano vrednostjo.

Proizvajalci varilnih izvorov zato danes preusmerjajo svojo pozornost na digitalizacijo varilnega procesa, saj je bil do sedaj predvsem način pretvarjanja energije varilnih izvorov ključ do uspeha. V prihodnosti bodo gonilna sila razvoja in raziskav nadzor nad podatki v realnem času, shranjevanje podatkov, kibernetična varnost ter inteligentni vmesniki na relaciji človek – stroj. Tako bodo imela prevladujočo vlogo na primer programska orodja, ki optimirajo varilne parametre in/ali upravljajo potrošne dele. Strojna oprema ne bo več v prvem planu, saj bo za njo pomembno le brezhibno delovanje.

Za Fronius je »digitalizacija« del poslovne strategije. Že pred dvajsetimi leti je kot tehnološki lider začel proizvajati popolnoma digitaliziran varilni izvor – TransPuls Synergic (TPS) ter že nekaj let za tem začel razvijati naslednjo generacijo. TPS je bil uveden leta 2013 in ima visoko zmogljiv procesor in visoko zmogljivo podatkovno vodilo, kar pomeni, da se lahko večje količine podatkov prenašajo še hitreje, kar je vitalnega pomena za industrijo 4.0. Nov razvoj pod imenom »Fronius Perfect Welding« se osredotoča na digitalizacijo in informacijsko povezovanje, s katerim bodo uporabniki prišli do produktivnejše, prilagodljivejše in ekonomsko učinkovitejše proizvodnje.

V tem kontekstu predstavljamo v nadaljevanju tri sisteme in sicer »WeldCube«, »Virtualni simulator varjenja« ter »Weldconnect«.

WeldCube je programsko orodje za analizo in obdelavo podatkov pri varjenju, kar je v zadnjem času na pohodu v svetu varilne tehnologije. Sistem tako zbira npr. informacije o trenutni vrednosti varilne napetosti, varilnega toka in/ali hitrosti dovajanja varilne žice, hitrosti varjenja ipd. za vsako delovno mesto. S

pomočjo teh podatkov lahko optimiramo varilni proces in se izognemo napakam. Uporabniki lahko brez težav varilne sisteme v proizvodnji povežejo v mrežo. Zato je Fronius razvil WeldCube, sistem za analizo in dokumentiranje podatkov. WeldCube upravlja z najpomembnejšimi varilskimi informacijami ter omogoča, da se le-te predstavljajo v jasni obliki. Od leta 2018 bo sistem na voljo kot namestitvena programska oprema, katera je nameščena in deluje na računalnikih v prostoru (stavbi) osebe ali organizacije, ki uporablja programsko opremo.

WeldCube je vsestransko programsko orodje, ki ponuja veliko funkcij. Aktualne vrednosti varilnega izvora se dokumentirajo za vsak zvar tako na globalni kakor tudi na lokalni ravni. Te vrednosti je mogoče stalno spremljati in analizirati. Nastavljene vrednosti kot so npr. podatki varilnega primera, se lahko spremljajo in zapisujejo praktično za celotno njegovo življenjsko dobo. V kombinaciji z novo Froniusovo varilno platformo varilnika TPS je možno parametre (podatke) centralno kreirati, popravljati in primerjati. Vse take podatke je mogoče izvoziti v različnih podatkovnih datotekah ali jih natisniti. S pomočjo filtriranja in inteligentne statistike je moč take podatke tudi analizirati. Le-te lahko bazirajo izključno na uporabniških zahtevah, katere je moč vgraditi v omenjeno platformo. V vsaki mreži sistema WeldCube je lahko do 50 varilnih izvorov, kjer lahko za prikazovanje in spremljanje podatkov uporabimo računalnik, tablični računalnik ali pametni telefon. Na ta način WeldCube prispeva delež visokokakovostnemu proizvodnemu procesu, stalnemu izboljševanju proizvodnega procesa ter k znižanju stroškov.

Virtualni simulator varjenja omogoča preprost način pridobivanja izkušenj v svetu varjenja. Za učinkovitejše in cenovno ugodno usposabljanje varilcev nudi Fronius simulator

elektroobločnih načinov varjenja, ki poteka v virtualnem okolju. Simulator omogoča usposabljanje varilcev v virtualnih, vendar v realističnih pogojih, brez tveganja za poškodbe in potrebe po dragih potrošnih materialih. Uporabnik postavi plastičen kos na PC terminal z zaslonom ter izvaja virtualno varjenje s posebnim vendar realističnim gorilnikom. Zvar se grafično prikazuje na zaslonu. 3D očala simulirajo uporabniku realen pogled na njihovo delo. Pri tem je moč naročiti dodatno varilno čelado z vgrajenimi 3D očali.

Zaslon na dotik je preprost in intuitiven za uporabo. Med izvajanjem vaj uporabniku pomaga »Ghost« ali virtualni inštruktor varjenja, ki mu nudi dragocene namige in nasvete. Rezultati vaj se objektivno ocenjujejo po točkovnem sistemu, kar omogoča samopreverjanje in spodbuja motivacijo. Primere izvedenega virtualnega varjenja lahko shranjujemo v sistem in tako zasledujemo svoje napredovanje. Virtualno varjenje je že postalo uveljavljen način usposabljanja bodočih varilcev na poklicnih šolah, centrih za usposabljanje, v podjetjih, tehničnih šolah in varilskih zavodih ali inštitutih.

Fronius je razvil še aplikacijo Virtual Weldeducation Basic, ki podpira virtualno (navidezno) usposabljanje na pametnem telefonu ali tabličnem računalniku. Program omogoča zabaven pristop k delu z aplikacijo kot je npr. igra na srečo in kviz s podporo Magic Folder-ja za virtualno varjenje.

Aplikacija **WeldConnect** pomaga uporabnikom pri določanju ustreznih varilnih parametrov za njihove primere. Uporabnik preprosto vnese v sistem uporabljen varilnik, način varjenja, hitrost varjenja, debelino in vrsto osnovnega materiala, geometrijo zvarnega spoja, vrsto dodatnega materiala ter zaščitni plin. WeldConnect bo uporabil te

podatke za hiter in natančen izračun količine vnosa pretaljenega materiala ter za izračun vnosa toplote. Poleg tega bo definiral ustrezno varilno tehnologijo (varilne parametre), katero je mogoče brezžično prenesti do varilnika tipa TPS/i v obliki »job-a« (varilnega primera) ali jo preko elektronske pošte posredovati svojim sodelavcem oziroma prijateljem. Omenjena aplikacija je koristna za uporabnike predvsem zaradi preproste uporabe in hitrega konfiguriranja tehnologije varjenja. WeldConnect je brezplačno na voljo v nemščini in angleščini za naprave Android in iOS.



Slika 2: WeldCube je programsko orodje za analizo in obdelavo podatkov varilnika pri varjenju in so na razpolago preko spletnega brskalnika



Slika 3: Virtualni simulator varjenja

VPLIVNI PARAMETRI NA KVALITETO ZVARA PRI SODOBNEM UPOROVNEM VARJENJU

Dr. Miro Uran¹

1 Institut za varilstvo d.o.o.

1 Uvod

Pri uporovnem točkovnem varjenju se že vrsto let pojavlja težnja po zagotovitvi nadzorovane kvalitete zvarov. Delo na tem področju spodbuja dejstvo, da bi ob znani kvaliteti zvara že med procesom zlahka ukrepali in varilnemu procesu dodali nek korekcijski del, ki bi odpravil pomanjkljivosti pri varjenju. Zaradi razširjenosti uporovnega točkovnega varjenja, še posebej v velikoserijski proizvodnji, kjer ima zagotavljanje kvalitete vedno večji pomen, so potrebe po dodatnih raziskavah v tej smeri še vedno zelo aktualne.

Reševanje problemov zaznavanja kvalitete zvarov med varjenjem je v praksi postalo realno šele po letu 1980 z razvojem digitalnih računalnikov. Z analogno tehniko je bilo teoretično sicer možno izvesti krmilja, ki bi se lahko omejeno uveljavila tudi v praksi, vendar je bilo aplikacij zanemarljivo malo. Problemi procesne analize so v razmeroma hitrem poteku in visoki dinamiki procesa. Večina zvarov na pločevinah je izvedenih v času med šest in dvajset stotinkami sekunde, za meritev, analizo podatkov in reakcijo preko krmilnika nam torej ostane le nekaj stotink sekunde. Poleg izjemno kratkega časa, ki ga imamo na razpolago za analize, je težava še v zapletenem fizikalnem procesu. V grobem lahko zapišemo varilne parametre kot dovedeno silo, tok, napetost in čas, vendar po podrobni analizi lahko najdemo še preko 100 dodatnih vhodnih parametrov.

Na zadnjem tečaju uporovnega varjenja, izvedenega na Institutu za varilstvo v Ljubljani, kjer so se zbrali tehnologi uporovnega varjenja iz celotne Slovenije, je najboljši med njimi znal naštetih le 22 vplivnih parametrov. Dejstvo, da smo zadnji zapis podrobne sistematične analize vhodnih parametrov zasledili leta 1988 s strani Prof. Dr.-Ing. F.-L. Krauseja, ki je sistematično opisal 76 parametrov, nas je spodbudilo, k pisanju tega članka. Cilj članka je aktualizirati opis parametrov, ki vplivajo na kvaliteto uporovnega varjenja.

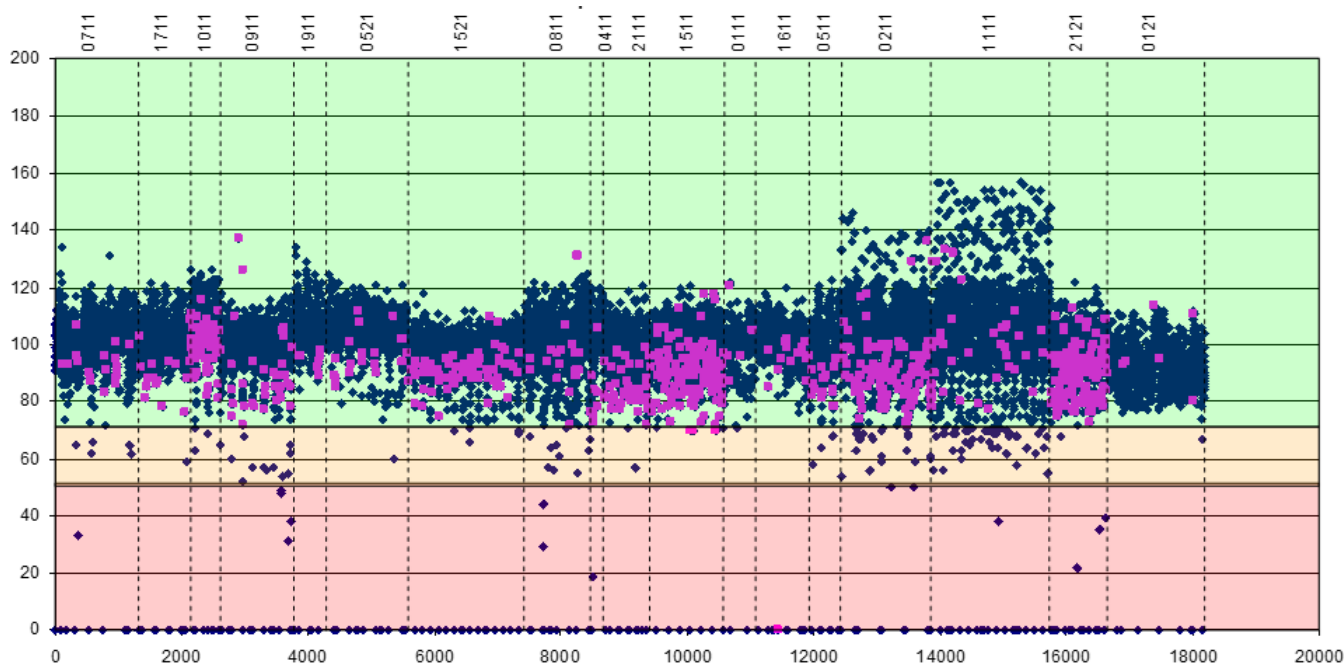
2 Definicija kvalitete

Pri uporovnem točkovnem varjenju moramo najprej definirati kaj nam sploh pomeni kvaliteta zvara. Glede na naravo izdelkov in možnostjo preverjanja kvalitete med varjenjem ali po varjenju, se največ uporablja eden od spodaj navedenih kvalitativnih parametrov ali pa kombinacije večih parametrov:

- Premer iztrgane točke
- Premer zvarne leče
- Premer TVC
- Debelina zvarne leče
- Način preloma
- Metalurške premene v zvaru
- Trdote preko zvara
- Količina obrizgov
- Odtis elektrode
- Stanje površine ali zaščitne prevleke
- Obarvanost varjencev (zahteve pogoste pri nerjavnih jeklih, titanu in niklju)
- Deformacija varjencev
- Vnos toplote v zvar
- Natezna sila
- Natezno-strižna sila
- Luščilna sila
- Premer izluščene točke
- Sile pri specialnih mehanskih preizkusih
- Energije pri specialnih preizkusih
- Parametri ultrazvočnega pregleda

- Parametri termičnega pregleda
- Prevodnost spoja
- Napake po ISO 6520-2 ali drugih standardih in predpisih
- Vpliv na stresanje merljivih varilnih parametrov pri napravah s povratnimi zankami na varilnih parametrih.
- Vpliv zvarov na obrabo elektrod pri konstantni kvaliteti zvarov
- Vpliv na hitrost varjenja pri konstantni kvaliteti zvarov
- Itd.

Seveda veljajo različne stopnje pomembnosti vplivov, ki jih bomo opisali v tem prispevku glede na izbrane metode nadzora in kriterijev kvalitete. V splošnem pa lahko razdelimo vplivne parametre na električne vplive, procesne vplive, vplive elektrod, vplive materiala varjenca, vplive varilnih naprav in vplive konstrukcije.



Slika 1: Vpliv na stresanje merljivih varilnih parametrov pri napravah s povratnimi zankami na varilnih parametrih. V tem primeru je prikazano stresanje vnesene energije pri zagotavljanju konstantnih parametrov krivulje dinamične upornosti v zadnji fazi varjenja za 18 robotskih celic, pri izvedenih 18.000 zvarih na 120 avtomobilih. Vijolične točke pomenijo veliko verjetnost za nastanek izbrizganega materiala med varjenjem. Najslabšo ponovljivost pa lahko pričakujemo pri robotskih celicah, kjer je opaziti veliko stresanje (celica 15 ima stresanje od 50 do 160 % pričakovane vrednosti).

Trendi gredo v smeri sprotnega ugotavljanja kvalitete med varjenjem s pomočjo meritve električnih parametrov in meritev pospeškov, sile, poti, termičnih lastnosti in ultrazvočnih lastnosti.

3 Pomožni varilni parametri, ki vplivajo na kvaliteto zvarov pri uporovnem varjenju

Električni vplivi

1. Tip toka (izmenični, enosmerni, pulzni, dinamični)
Tip toka bistveno vpliva na kvaliteto zvarov. Dražje sodobne naprave imajo precejšno izbiro oblik toka in s ponovljivostjo običajno nimajo težav.
2. Oblika efektivne vrednosti toka

Oblika efektivne vrednosti toka se lahko spreminja med varjenjem glede na lastnosti programa in meritev v povratni zanki. Pogosto prihaja do težav, če uporabljamo nepredvidene materiale in geometrije skupaj z namenskim programom.

3. Postopna rast toka

Je pogosto uporabljen parameter, ki je tesno povezan s trenutnimi lastnostmi elektrod in varjencev in lahko povzroča nihanja v kvaliteti, še posebej pri nepričakovanem in nezaželenem izbrizgavanju materialov.

4. Zmožnost izredno hitrega dviga toka pri kratkih procesih

Zadnji hit tehnike so ultra hitre inverterske naprave, ki omogočajo zelo hitre dvige toka, primerljive s kondenzatorskim izvorom toka, ki se uporabljajo v postopkih, kjer je možno spraviti visoke tokove v zvar z namenom čim nižje vnesene energije vsled kratkih časov varjenja. Potrebno je poudariti, da je tak način varjenja zelo občutljiv na stanje elektrod, geometrije varjencev in tudi sile.

5. Postopno padanje

Je eden od načinov postopnega ohlajanja zvarov, ob katerem je možna analiza kvalitete zvarne točke. Vplivi na kvaliteto zaradi nihanja tega parametra običajno niso bistveni.

6. Način predpulziranja

Te vrste se uporabljajo za predgrevanje, če ne moremo spraviti dovolj toka v zvar. Če predpulziranje nima ustrezne povratne zanke, se še posebej, ko je uporabljeno za ravnanje varjencev, kot posledica nihanja v preoblikovanju varjencev. Pred glavnim varjenjem se lahko pojavijo težave z zmernim vplivom na kvaliteto.

7. Način pulziranja po varjenju

Različni načini pogrevanja materiala po varjenju z namenom popuščenja, imajo lahko posledice na kvaliteto, še posebej, če obstaja že nihanje v glavnem varilnem delu. Težave se pojavljajo, ko ima povratna zanka tega postopka (če sploh je) napačna izhodišča za naš konkreten primer.

8. Kot odprtja pri izmeničnem varjenju
Kot odprtja je bil pred leti eden najpogostejših vzrokov za zmerna nihanja pri kratkih procesih. Starejše (še posebej cenejše) tiristorske naprave so lahko imele težave s pričetkom procesa, ki je pomenil nihanja na efektivnem toku. Če na napravah ni povratne zanke so lahko velike razlike pri vneseni energiji v zvar.

9. Način pulziranja toka med varjenjem
Pri sodobnih napravah imamo veliko možnosti z nastavitvami pulziranja. Ponovljivost ni vprašljiva, lahko pa se pojavijo težave pri aktivnih povratnih zankah pri nepredvidenih fizikalnih lastnostih varjenja.

10. Nihanje vhodnega $\cos \phi$
Pred časom je bil velik problem, danes pa ga boljši krmilniki v celoti odpravljajo. V proizvodnji je potrebno posvetiti posebno pozornost sočasnemu delovanju večjega števila velikih porabnikov električnega toka (primer sočasno delovanje dveh 200 KVA kolutnih strojev). Če je možno velja uporabiti sistem za rafalno delovanje z zakasnitvijo določenih naprav.

11. Sofaznost sekundarnega toka in napetosti
Pri določenih sistemih lahko pride tudi do zamika toka in napetosti, zaradi nepopolnosti v električnem delu ali pa zaradi vpliva polja, ki ga lahko spreminja naprava sama (vpenjalni del) ali pa varjenci.

12. Način povratne zanke

Če uporabljamo dinamične pred programirane zanke, se moramo zavedati, da popolne zanke vsled parametrov, ki jih v tem prispevku opisujemo ni mogoče izvesti. Najboljše naprave imajo mnogo pred pripravljenih programov, ki pomenijo le približek konkretnega realnega varjenja v praksi. Za odpravljanje teh težav uporabniki lahko naročijo izdelavo namenskih povratnih zank za konkretne primere, kar je seveda zelo drago. Uporabnik lahko tudi sam kopira idealne točke nekega vzorca varjenja za vse naslednje zware. Ta problem je trenutno najbolj aktualen med vsemi opisanimi parametri.

13. Lastnosti dinamike transformatorja
Dinamike transformatorjev so različne. Potrebno je upoštevati izbiro in lastnosti konkretnega transformatorja in njegovo segrevanje.

14. Nihanje vhodne frekvence
Pri pomanjkanju električne energije v regiji lahko pride do teh težav. 2017 je bilo najbolj kritično v zadnjih 30 letih v Srednji Evropi. Pri padanju frekvence običajno dobimo preveč energije v zvar.

15. Nihanje (posedanje) vhodne napetosti
Sodobne naprave to težavo odpravljajo. Pri cenejših napravah brez povratne zanke na varilni tok, je ta težava ena večjih.

16. Izgube zaradi shuntiranja
Klasika uporovnega varjenja je sicer predvidljiva težava odtekanja toka skozi sosednje že zvarjene zware.

17. Zablodeli tokovi
Potrebno je vedeti, da lahko tokovi tečejo tudi skozi kontakte, ki jih nismo predvideli za varjenje in da lahko visokofrekvenčne komponente toka preidejo skozi izolirane elemente, ki jim pomenijo neke vrste

kondenzator in povzročajo poškodbe na vpenjalnih napravah, varjencih in pomenijo rahlo znižanje dovedene energije.

18. Vrtinčni tokovi
Čeprav jih danes zlahka kompenziramo, je potrebno vseeno paziti, saj niso enostavno predvidljivi.

19. Izriv toka
Je pogosta težava, ki se s povratnimi zankami uspešno odpravlja, vendar potrebuje posebno pozornost, saj s segrevanjem elementov v katerih se pojavlja, narašča.

20. Motnje pri elektromagnetnih poljih na sekundarni strani
Te se pojavljajo predvsem pri varjenju velikih feromagnetnih varjencev ali slabo izvedenih vpenjalnih napravah. Boljše naprave jih odpravljajo, pri slabših pa velja korigirati set varilnih parametrov glede na geometrijo varjencev.

21. Impedance celotnega tokokroga
Se lahko odpravi s povratnimi zankami, težava je le, da je ta lastnost zelo dinamična in spreminjajoča.

22. Upornosti na dovodih toka
Upornost je stvar hlajenja naprave in ustreznega dimenzioniranja le te. Čeprav je možno tovrstne težave odpraviti z ustreznimi povratnimi zankami, velja upornosti upoštevati že pri zasnovi varilne naprave.

23. Termične spremembe v tokokrogu – izgube
Lastnost, ki je tesno povezana s konstrukcijo in hlajenjem naprave. Če ne odreagiramo ustrezno, nam bo pomenila nižanje vnesene energije v zvar.

24. Obraba dovodnih poti toka (lističi, kabli, kavitacije na kontaktih, oksidacije na spojih)

Najpogosteje, so težave pri pokanju lamelnih dovodnikov toka in stanja kontaktov. Povratne zanke naj bi te vplive odpravljale, vendar vzdrževanje naprav ni nikoli odveč.

25. Vplivi programskih pomanjkljivosti krmilnika

Ta vpliv je zelo običajen v sodobnih krmilnikih in ga je težko odkrivati sproti. Pred pričetkom večjih serij je potrebno napraviti validacijo sistema.

26. Vplivi netočnosti meritev na krmilnik

Več kot je prisotnih meritev, večje napake se lahko pojavijo. Včasih je bil največji problem konstantnost namestitve merilne tuljave Rogowskega v sekundarni tokokrog, danes pa se pojavljajo težave pri meritvah vseh parametrov (I, U, R, F, a, pot, ultrazvok,...).

27. Nepopolnosti pri krmiljenju

So seštevek vseh težav, ki vplivajo na krmilnik. Pri izdelavi krmilne naprave v praksi ni mogoče upoštevati vseh nepredvidenih vplivov, ker je vplivnih parametrov preveč in jih je težko izmeriti in nadzorovati (na primer meritve vrtničnih tokov ali magnetnih polj bi bile recimo preveč kompleksne). Zato so se proizvajalci raje osredotočili na pomanjkljivosti kot posledice in njihove detekcije med varjenjem, ter takojšnje reakcije s spremembo varilnih parametrov. Problemi so pri zmotnem ugotavljanju napak, saj imajo različne pomanjkljivosti lahko pri meritvah iste fizikalne lastnosti drugačno reakcijo. S temi težavami se tehnologi v podjetjih zelo težko spopadajo, ker nimajo celovitih podatkov o delovanju regulacijskih zank.

28. Dinamika električnega sistema tok/napetost

Mora biti primerna glede na varilni proces. Včasih so bile glavne omejitve s strani varilnega transformatorja, v zadnjem času pa nastopajo še časovne omejitve povezane z meritvami, hitrostjo programa in povratnimi zankami.

29. Dinamika celotnega sistema

Je povezana še s sistemom sile. Celotna naprava mora biti primerno hitra, da lahko sledi procesu.

30. Motnje sosednjih močnostnih naprav

Nastopajo preko polj in napajanja.

Procesni vplivi

31. Čas varjenja

Pri določenih krmilnikih lahko niha glede na povratno zanko ali frekvenco napajanja.

32. Sila elektrode

Nihanja so pogosta, vendar je zahtevana toleranca okoli 10 %, zato običajno ni večjih težav, razen če se pojavi sistemska težava.

33. Čas predpritiska

Mora presegati določeno spodnjo mejo. Nihanja nad določeno mejo niso problematična.

34. Časi varilnega toka

So eden najpomembnejših varilnih parametrov, z nihanjem običajno ni težav. Sistem je potrebno vseeno preveriti.

35. Časi popritiska

Mora presegati določeno spodnjo mejo. Nihanja nad določeno mejo lahko pregrevajo elektrode in z različno hitrostjo ohlajajo zvarno točko.

36. Profil sile elektrode

Z vstopom servomotorjev kot aktuatorjev sile, so možnosti parametranja profila sile

praktično neomejene. Vpliv eksperimentiranja sile na varilni tok in dinamično upornost je velik, zato ga moramo vedno upoštevati kombinirano.

37. Dinamika sile

Preko spreminjanja sile lahko izvajamo kovanje, po kovanje in pripravo varjencev.

38. Vplivi trenja in obrabe mehanskega sistema

Pri daljši uporabi moramo kontrolirati obrabo, trenje in gibanje stroja.

39. Časi hlajenja

Vedno obstaja čas pridržanja elektrod po varjenju. Med časom hlajenja lahko dovajamo dodaten tok, če potrebujemo počasno ohlajanje.

40. Dinamika hlajenja

Poleg oblike toka in časa moramo upoštevati tudi geometrijo varjenca ter temperature in mase elektrod ter odvajanje toplote po varjenju v elektrode ali okolico.

41. Oblika varjencev

Oblike vplivajo na sposobnost stiskanja, prevajanja toka, elektromagnetna polja in na splošno vsaka zvarna točka zaradi tega potrebuje svoj set varilnih parametrov.

42. Tolerance varjencev

Bistveno vplivajo na kontaktno upornost in prehajanje toka v zvar. Če so tolerance slabe in dosega naleganja nekonstantno si moramo pomagati z velikimi silami, predgrevanjem, itd.

43. Vrstni red varjenja

Lahko bistveno vpliva na varjenje. Tudi to je eden od razlogov za parametriranje vsake točke posebej. Na enakem kosu mora biti vrstni red vedno enak.

44. Časi med varjenjem

Časi morajo biti takšni, da omogočajo napravi ohlajanje na delovno temperaturo.

45. Kemična sestava plinske zaščite med varjenjem

Če ne želimo obarvanosti varjencev (titan, nerjavna jekla,...) potrebujemo plinsko zaščito – največkrat se uporablja čisti argon. Katerakoli zaščita mora imeti kontrolirano sestavo.

46. Homogenost plinske zaščite med varjenjem

Problem je dovajanje plinske zaščite brez turbulenc, ki v področje varjenja prinašajo pline iz zraka - posebej problematični so kisik, vodik in dušik.

Vplivi elektrod

47. Kemična sestava elektrod

Različne sestave elektrod imajo različne mehanske in električne lastnosti. Upoštevati moramo tudi spremembe stanja elektrod med proizvodnjo (primer difundiranje cinka v elektrode) in posledično spremenjene varilne parametre.

48. Oblika elektrod

Oblika mora biti konstantna. Če se med serijo varjenja spreminja moramo temu slediti s prilagajanjem parametrov.

49. Izmere naležne površine

Postopno širjenje naležne površine pomeni manjšanje premera zvarne leče zaradi padca gostote toka. Običajno temu sledimo z dviganjem toka ali časa varjenja.

50. Hlajenje elektrod

Serije varjenja moramo prilagoditi tako, da bo elektroda ob pričetku varjenja vedno enake temperature. Višja temperatura pomeni višjo upornost in spremembe v porazdelitvi upornosti na poti pretoka toka.

51. Dinamika temperature na površini

Različne mase elektrod imajo različne temperature na površini, to moramo še posebej

upoštevati, še jih stružimo ali drugače obdelujemo med serijami.

52. Geometrijsko stanje površine elektrod
Največkrat so težave pri varjenju z mnogo brizganja in pri varjenju s pomočjo wolframskih elektrod, kjer se pojavljajo razpoke.

53. Obloge na kontaktnih površinah elektrod

So pogoste še posebej pri varjenju galvaniziranih površin in lahko povzročajo huda nihanja (preko 50 %) na kvaliteti zvarov.

54. Frekvenca vzdrževanja elektrod med proizvodnjo

Pogostost vzdrževanja elektrod prinaša pozitivne in negativne vplive na konstantnost kvalitete zvarov.

55. Kvaliteta vzdrževanja elektrod med proizvodnjo

Hrapavost po struženju, nepopolne nastavitve geometrije,...

56. Spremembe geometrije med obrabo
Med obrabo ali struženjem elektrod, se pri X in podobnih vpetjih elektrod pojavlja sprememba v kotu nalega na varjenec, ki povzroča obrizge in spremembe zvarne leče. Najboljše varilne klešče imajo danes vgrajeno kompenzacijo, ki jo poganjajo servo motorji.

57. Prilagajanje gibljivih elektrod
Če imamo gibljive elektrode moramo spremljati njihovo delovanje (geometrijo in električno prevodnost).

Vplivi materiala varjenca

58. Varivost

59. Spremembe v kemični sestavi varjenca

60. Spremembe v metalurških premenah varjenca

61. Stanje površine varjenca

62. Oksidne plasti na površini varjenca

63. Škaja

o Velika pozornost pri sočelnem ali obžigalnem varjenju!

64. Mast

65. Olje

66. Prah

67. Tolerance debelin varjenca

68. Tolerance debelin zaščitnih prevlek

69. Kemična sestava zaščitnih prevlek

Za vse vplive materiala varjenca velja enako in sicer, da močno vpliva na dinamično upornost po celi poti toka med elektrodama. Sodobni programi skušajo bolj ali manj zaznati vse naštete spremembe in odreagirati tako s tokom kot s časom. Problem je v nešteti kombinacijah materialov in ogromnem številu materialov. Trenutno so najbolj aktualna reševanja težav z martenzitnimi in ostalimi visoko trdnostnimi jekli, ki imajo svojevrstne skoraj popolnoma ravne profile dinamične upornosti.

Vplivi varilne naprave

70. Zagotavljanje energije

Naprava mora zagotavljati ustrezno učinkovito energijo pripeljano do varjenca. Novejše naprave odpravljajo večino neželenih vplivnih parametrov (glej opise vplivov zgoraj), vendar si pomagajo z dodano umetno inteligenco s katero zagotavljajo energijo glede na predvidena polja primernih setov varilnih parametrov. Pogoste so rešitve preko različnih povratnih zank in vnesenih izkustvenih parametrov ob predvidenih potrebnih reakcijah celotnega sistema. Izvajajo tisoče meritev med posameznim varjenjem in ponujajo hitre reakcije iz povratnih zank ter počasnejše strateške rešitve nekajkrat v vsaki zvarni točki in še dodatne korekcije glede na specialne težave, ki jih uspejo zaznati. Seveda nobeden sistem ni idealen za vsako praktično aplikacijo.

71. Sistem za zagotavljanje sile

Sistemi za zagotavljanje sile imajo ne glede na izvedbo (pnevmatika, hidravlika, motorji) vedno svoje omejitve, ki jih je potrebno upoštevati.

72. Dinamika mas

Največkrat nastopi težava pri prepočasnem sledenju procesa zaradi pretogega ali pretežkega sistema za sledenje posedanja varjenca. Pogosto ta težava nastopi pri projekcijskem varjenju (matice ipd). Tudi premalo togi sistemi pogosto pripeljejo do brizganja ali podobnih težav.

73. Konstante vzmetenja

Vsak sistem zagotavljanja sile lahko opišemo z dodano konstanto vzmetenja, ki mora biti namenu primerna.

74. Trenja v sistemu

Trenje, se pri uporabi stroja običajno zvišuje.

75. Ponovljivost naleganja elektrod na varjenec

Ponovljivost ima določene tolerance, stresanja ter tudi občasne napake, glede na izvedbo stroja in vpenjal. Te vrste slabosti lahko bistveno vplivajo na kvaliteto.

76. Planparalelnost sistema

Naleg elektrod mora imeti primerno geometrijo, največkrat se pri pločevinah zahteva popolna planparalelnost, ki jo je pri omejenih masah sistema in ceni težko dosežemo. Še več težav lahko pričakujemo, če izdelek zahteva določen kot med elektrodami ali prilagodljivost le teh.

77. Ekscentričnost sistema

Ker so vplivi na zware veliki, jo potrebno preverjati.

78. Dinamika pozicioniranja in spusta ter dviga elektrod

Upoštevati moramo potrebne minimalne čase sistema in njihovo potencialno nihanje.

79. Vplivi hidravlike

Vplivajo na nihanje sile.

80. Vplivi stisnjenega zraka

Ravno tako vplivajo na nihanje sile. Zahteva redni nadzor in vzdrževanje.

81. Striženje elektrod

Se lahko pojavi v katerikoli smeri. Je največkrat težava po vzdrževalnih delih ali nastavitvah stroja. Močno zmanjšuje premer zvarne točke in obremenjuje elektrode.

82. Zamenjava elektrod

Pri zamenjavi elektrod, pogosto prihaja do različnih težav: zamenjava tipa, serije elektrod, spremembi geometrije, ne naleganju na konusih, puščanju hladilne tekočine, sprememb pri prevajanju toka in podobno. Pozornost moramo nameniti padcu kvalitete pri prvih točkah po menjavi.

Vplivi konstrukcije

83. Dostopnost elektrod

84. Omogočanje optimalnega vrstnega reda varjenja

Če konstrukcija ne omogoča optimalnega vrstnega reda in optimalne dostopnosti elektrod se močno zmanjšajo dovoljene tolerance vseh ostalih vplivov. Konstrukcijske težave na srečo običajno med serijami ne prinašajo dodatnih nihanj.

85. Razdalja mesta zvarne točke do roba

Če ni zagotovljene minimalne razdalje do roba lahko pričakujemo izbrizge.

86. Naleganje varjenecv

Že med konstrukcijo se moramo izogibati prostih mer na področjih varjenja, ker to posledično ob nepopolnosti preoblikovanja varjenecv pomeni tudi nihanja pri varjenju.

87. Paralelnost površin varjenca

Vedno se velja izogibati prisilnem preoblikovanju varjencev ob varjenju, da bi znižali stroške preoblikovanja.

88. Zamujanje enega zvara pri zaporednem večtočkovnem varjenju

Pogosto se konstrukterji zanašajo na dejstvo, da je možno med enim varjenjem spustiti tok čez več točk in narediti več zvarov hkrati. Praktično in tudi teoretično ni mogoče na tak način napraviti več enakovrednih točk.

89. Vplivi varjenca na polje varilne naprave

90. Vplivi vpenjalne naprave na polje varilne naprave

Karkoli feromagnetnega dodamo v magnetno polje varilne naprave še posebej v njeno okno bo spreminjalo varilne parametre.

91. Geometrijske nepopolnosti vpenjalne naprave

Zožujejo dovoljena nihanja pri ostalih vplivih.

92. Ponovljivost vpenjalne naprave

Vnašajo stresanja kvalitete.

93. Stanje in čistoča izolatorjev na vpenjalni napravi

Znižuje varilni tok.

94. Tolerance varjenca

Vnašajo stresanja kvalitete.

95. Razdalje med točkami

Morajo biti konstantne, kar je težko zagotoviti predvsem pri ročnem pozicioniranju.

96. Sposobnost hlajenja vseh elementov sistema

Mora biti zadostna.

97. Sposobnost sistema na prilagajanje ob hladnem zagonu (prvih nekaj točk)

Prvih nekaj točk pri seriji varjenja ima vedno malce drugačne lastnosti, še posebej moramo to

upoštevati pri nastavljanju novih setov parametrov.

98. Sposobnost sistema na prilagajanje na obrabo elektrod

Obrabo elektrod lahko saniramo mehansko ali pa s spreminjanjem varilnih parametrov. Oba postopka povzročata stresanje rezultata.

99. Sposobnost sistema na prilagajanje ob pregrevanju ali preobremenitvi

Različni sistemi imajo lahko vgrajene različne reakcije (tok, sila, čas,...), ki jih ne smemo zanemariti.

4 Zaključki

Uporovno varjenje je eden starejših postopkov varjenja, s katerim imamo še po stoletju uporabe v praksi, pogoste težave. Raziskovanja izven prakse so v zadnjem času zelo redka. Pri poglobljeni parametrični analizi pa se vedno znova zavemo lepote tega na videz enostavnega postopka, ki bo še mnoga leta počasi razkrival svoje vplivne parametre. Če se lotimo še medsebojnega vpliva vseh opisanih parametrov smo lahko prepričani, da nam tudi naslednjih sto let ne bo dolgčas.

5 Literatura

[1] Krause H.-J., Preß H.: Einfluß und Störgrößen beim Widerstandspunktschweißen und ihre Beurteilung, Berlin, Bericht der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 1988, S. 10–12, 25–30.



INSTITUT ZA VARILSTVO
Welding Institute



Varjenje, rezanje in robotizacija

Industrijska ulica 4, 9220 Lendava, Tel: +386 (0)2 57 88 820, Fax: +386 (0)2 57 51 277
Mail: info@varstroj.si, www.daihen-varstroj.si



FSW-Tech

Friction Stir Welding European Qualifications

FSW-TECH bo ustvaril **Evropski harmonizirani kurikulum o usposobljenost za FSW spajanje**, vključno s tremi poklicnimi profili:



Evropski FSW operaterj (EFSW-O)



Evropski FSW strokovnjak (EFSW-S)



Evropski FSW inženir (EFSW-E)

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



This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein. ERASMUS + KA2: 2017-1-SK01-KA202-025415



www.fsw-tech.eu

FSW-Tech

Friction Stir Welding European Qualifications

FSW-TECH bo razvil tri nove poklicne profile in materiale za usposabljanje v 4 jezikih

Cilji:

Izvajanje evropske kvalifikacije, ki bo izboljšala kakovost sistema poklicnega izobraževanja in usposabljanja z vključitvijo skupnih evropskih orodij

Ustvarjanje in izvajanje novega programa kvalifikacij FSW spajanja priznanega med evropskimi državami

Usklajeni standard usposobljenosti v sektorju FSW

Povečati preglednost usposobljenosti in kvalifikacij za proizvodni sektor.

Vključujejo različne zainteresirane strani v procesu usposabljanja

Ugotavlja nove priložnosti za učenje, na lahko dostopnem in karierno usmerjenem VET profilu

Učinek:



Izvajanje učnih enot FSW



Ustvarjanje delovnih mest s strani podjetij, ki sodelujejo v FSW



Oblikovanje profilov EFSW-O, EFSW-S, EFSW-E s kurikulumi in napotki za usposabljanje



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



This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein. ERASMUS+ KA2: 2017-3-SK01-KA202-025415

www.fsw-tech.eu