

Sodobni tehnološki laboratorij

Institut za varilstvo že več kot pol stoletja uspešno uresničuje svoje strateške usmeritve ter sledi svojemu poslanstvu in viziji. Ena izmed vizij podjetja je tudi stalno posodabljanje tehnološke opreme in usposabljanje svojega osebja, kar je ključnega pomena za konkurenčen obstoj na trgu.

Leto 2010 je bilo prelomno za Institut. Kljub finančni krizi in težkim gospodarskim razmeram smo v celoti posodobili svoje laboratorij-



Pripravo metalografskih preiskav

vajalca Wolpert in mikrotrdote podjetja Mitutoyo.

Posodobitve je bil deležen tudi metalografski del tehnološkega laboratorija. Institut se po novem ponaša s posodobljenim postrojen-



Analizo metalografskih preiskav, merilniki trdote, profilprojektor

podjetja. V ta namen smo letos svoje osebje poslali tudi na šolanje v največji nemški raziskovalni center GKSS, saj smo mnenja, da

vlaganje v znanje in razvoj zaposlenih omogoča, da je naše osebje med najboljšimi na svojih področjih dela.

Posodobitve Tehnološkega laboratorija bodo Institutu za varilstvo še naprej omogočale preseganje zahtev naročnikov in doseganje zastavljenih ciljev poslovanja.



Natezni preskusni stroj Zwick/Roell

Matej Pristopec

Novosti 4

Poročila IIV 6

Izobraževanje 12

Certificiranje varilnih

koordinacijev skladno s

shemo IIV 16

Osnovne napake v zvarih 20

Celovit pristop k zaščiti okolja

pri termičnem rezanju in

varjenju kovin 24

Matematični model odvisnosti

oblike in dimenzij zvara od

parametrov navarajanja pri

postopku EPP – II. del 29

Impresum

http://Internet:
www.drustvo-sdvt.si/varilnatehnika
e-mail: arpad.koves@guest.arnes.si

Izdajatelj:

Slovensko društvo za varilno tehniko

Glavni in odgovorni urednik (Editor):

dr. ARPAD KOVEŠ, univ. dipl. ing.

Uredniški odbor (Editorial Board):

Prof. dr. HORST CERJAK
Prof. dr. JANEZ GRUM
Miloš JOVANOVIČ
Prof. ANATOLIY KAYDALOV
Prof. dr. sc. SLOBODAN KRALJ
Prof. dr. VILJEM KRALJ
prof. dr. JANEZ KRAMAR
Prof. dr. KIN-ICHI MATSUYAMA
doc. dr. IVAN POLAJNAR
doc. dr. GABRIEL RIHAR
Prof. dr. sc. IVAN SAMARDŽIĆ
VILJEM ŠETAR
Dr.-Ing. MIRO URAN
Prof. dr. NIKOLAJ VIŠNIAKOV
dr. TOMAŽ VUHERER
dr. DARJO ZULJAN

VARILNA TEHNIKA Letnik/Volume 59,
letnica/Year 2010, številka/Issue 3

Oblikovanje in prelom:

Studio 2000 d.o.o., Ljubljana

Naslov izdajatelja in uredništva:

Slovensko društvo za varilno tehniko,
Ptujška 19, SI-1000 Ljubljana, tel.: +386-01-280 94 00, faks: +386-01-280 94 22

Naklada: 2000 izvodov

Cena (letno izidejo 4 številke):

podjetja 62,60 EUR V ceni je všteti DDV.
posamezniki 21 EUR. V ceni je všteti DDV.
študenti 8,35 EUR V ceni je všteti DDV.
tujina - abroad 100 EUR. V ceni je všteti DDV.

Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 8,5-odstotni davek na dodano vrednost. Revija je indeksirana v podatkovnih bazah WELD (Schweiß- und Fügetechnik), WELDASEARCH, METADEX (Metlas Abstracts, Engineered Materials Abstracts, Aluminium Industry Abstracts, Material Business File).

Revijo sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije.

The journal is subsidized by the Slovenian Book Agency.

NAVODILA AVTORJEM

Glavnemu uredniku je treba predložiti dve kopiji rokopisa članka v slovenščini, skupaj s povzetkom in ključnimi besedami v slovenščini in angleščini, ter ilustracijami.

V vseh primerih si izdajatelj pridržuje pravico odločanja, ali bo članek sprejet za objavo ali ne. Če je članek sprejet, avtor vrne popravljen članek uredništvu (izpis na papirju, elektronska oblika, originalne slike).

Priprava rokopisa

- Besedilo naj bo napisano na listih A4, z dvojnimi presledki in na oštevilčenih straneh, najbolje v urejevalniku Word for Windows. Članek dostavite natisnjen na papirju, vključno s slikami in tabelami.
- Identično kopijo članka v elektronski obliki naj avtor posreduje po e-pošti: arpad.koves@guest.arnes.si

Avtor sprejema vso odgovornost za svoj prispevek. Predloženi prispevek ne sme biti v postopku za objavo v kakšni drugi publikaciji.

Rokopis članka obsega:

- naslov članka (v slovenskem in angleškem jeziku)
- podatke o avtorjih (ime in priimek), imenu institucije, kjer je delo nastalo
- izvleček (v slovenskem in angleškem jeziku)

- ključne besede (v slovenskem in angleškem jeziku)
- besedilo članka (v slovenskem jeziku)
- enačbe
- tabele
- slike (risbe, diagrami, fotografije)
- podnapise k slikam
- pregled literature.

Izvleček: Njegova dolžina naj bo do 250 besed.

Ključne besede: Avtor navede do šest ključnih besed, s katerimi je določena vsebina članka.

Enačbe: Enačbe se označujejo ob desni strani besedila s tekočo številko v oklepaju.

Merske enote: Obvezna je raba merskih enot mednarodnega sistema SI.

Tabele: Tabele naj bodo napisane na ločenih straneh in ne med besedilom ter označene s primerno glavo. V besedilu pa morajo biti jasno citirane z arabskimi številkami.

Ilustracije: Ilustracije (risbe, diagrami, fotografije) morajo biti oštevilčene, priložene posebej vsaka na svojem listu in ne prilepljene ali vstavljene med besedilo.

Za vse slike po fotografskih posnetkih je treba priložiti izvorne fotografije, ki so ostre, kontrastne in primerno velike.

Diagrami in slike naj bodo narisani in posneti v formatih BMP, TIF, JPG ali EPS v ločljivosti, primerni za tisk (min. 300 dpi).

Vsi podpisi k slikam naj bodo na ločenem listu in ne med besedilom.

Literatura: Literaturni viri so zbrani na koncu članka in oštevilčeni po vrstnem redu, kakor se pojavijo v članku. Vsak vir mora vsebovati podatke, ki omogočajo bralcu, da ga lahko najde.

Avtorska korektura članka

Avtorji prejmejo tiskan članek v pregled. Uredništvu ga morajo vrniti v dveh dneh, sicer si uredništvo pridržuje pravico, da objavi članek brez avtorske korekture.

Avtorske pravice

Avtor mora predložiti izjavo, da je besedilo njegovo izvorno delo in ni bilo v taki obliki še nikjer objavljeno. Z objavo preidejo avtorske pravice na izdajatelja.

Naslov uredništva:

Slovensko društvo za varilno tehniko,
Varilna tehnika, Ptujška 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01/280 94 41, faks: 01/280 94 22
E-mail:
arpad.koves@guest.arnes.si



Vsak dan proizvedemo za poln prtljažnik tečajev prtljažnika



Izdelek: tečaj pokrova za prtljažnik pri avtomobilih Audi A4 in Q5
Izdelava z roboti Motoman: varjenje, strega in 100% kontrola kakovosti zvara
Material: jeklo S355MC
Število zvarov na enem kosu : 4
Zmogljivost robotske celice: 4234 kosov/dan
Povprečen čas cikla izdelave: 18 sek./kos



Izboljšati produktivnost podjetja ne pomeni nič drugega kot narediti več, bolje in v krajšem času. Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

V Motomanu bomo skupaj z vami oblikovali rešitve, prirojene specifikam vaše panoge in podjetja. Zagotovili bomo popolno podporo projekta robotizacije, od planiranja in implementacije do servisiranja in izobraževanja.

**Dvignite pričakovanja, izpolnite vaš potencial.
Prestopite v svet avtomatizacije!**





Fronius predstavlja novo kontaktno šobo Contec

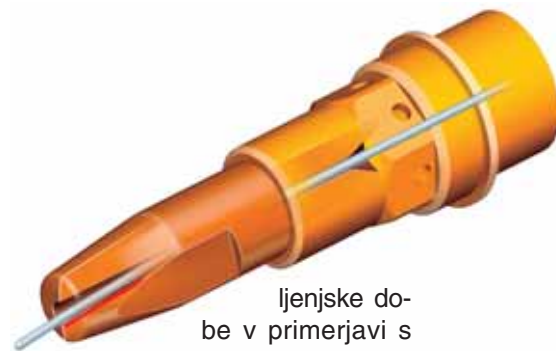
Omogoča vzdrževanje konstantnih pogojev pri varjenju z bistveno daljšo življenjsko dobo, kot jo imajo klasične kontaktne šobe.

Fronius je v zadnjem času predstavil kar nekaj novosti. Med pomembnejše omenimo naslednje: varilnik TransSteel s pripadajočo opremo, ki je našel svoje mesto na področju kovinske industrije, posebej na področju proizvodnje strojev in naprav, gradnji kovinskih konstrukcij in ladjedelništvu (predstavljen v VT št. 4/09), simulator varjenja za učenje v virtualnem okolju in nadgrajena tehnologija varjenja po postopku CMT (Cold Metal Transfer). Poleg omenjenega Fronius predstavlja v zadnjem času še inovativno kontaktno šobo »Contec«, o kateri bomo podrobneje spregovorili v nadaljevanju.

Kontaktna šoba Contec omogoča vzdrževanje konstantnih pogo-



jev pri varjenju z bistveno daljšo življenjsko dobo, kot jo imajo klasične kontaktne šobe. Le-ta se po njihovih podatkih poveča kar za petnajstkrat. Posredno se z omenjenimi lastnostmi poveča kvaliteta varjenja in produktivnost. Ker omogoča kontaktna šoba Contec izredno dober kontakt z varilno žico, moremo za celotno njeno življenjsko dobo dosežati nespreminjajočo se geometrijo zvara brez napak. Zaradi daljše živ-



ljenjske dobe v primerjavi s klasičnimi kontaktnimi šobami lahko povečamo produktivnost varjenja ter znižamo proizvodne stroške. Nepotrebni korekturni ukrepi varilca praktično odpadejo (čiščenje šobe ipd.).

Njena prednost se je pokazala tudi pri varjenju barvnih kovin, kjer uporabljamo žice iz aluminija oziroma žice iz zlitin bakra.

Kontaktna šoba je univerzalna, saj lahko isto šobo uporabimo za varjenje z žicami od premera 0,8 do 1,6 mm.

Kontaktna šoba Contec sestoji iz dveh delov, kjer je eden od teh izveden tako, da ga na drsno površino potiska posebna vzmet – glej sliko. Celotna konstrukcija je izvedena tako, da omogoča stalno 100% pozicioniranje izstopajočega konca elektrode – prostega konca elektrode, oziroma konstanten TCP (Tool-Center-Point). Omenjena kontaktna šoba je zaščitena s patentom.

*Prevod in priredba:
Dr. Arpad Köveš*

*Info: Fronius International GmbH
www.fronius.com*



Tehnologija InFocus je zelo uporabna predvsem na področju avtomatizacije in robotizacije varilnega procesa, saj varjenje odlikuje velika stabilnost procesa in velike hitrosti varjenja (celo do 7 m/min). Če je varilna naprava opremljena še s sistemom za dodajanje hladne žice, obstaja možnost varjenja manjših delov in tudi delov, katerih tolerančna odstopanja so večja. Natančno

Gospodarno varjenje z uporabo tehnologije InFocus

Alternativo laserskemu varjenju danes predstavlja varjenje s posebno izvedbo gorilnikov - InFocus tehnologijo. Varjenje z uporabo omenjene tehnologije je posebej primerno za spajanje tankih pločevin, pri čemer dosežemo kvaliteten in zelo dober izgled zvara z omejenim tvorjenjem oksidov.

vodenje gorilnika omogoča tudi uporaba funkcije TCP (Tool-Center-Point).

Velike hitrosti varjenja brez brizganja omogočajo, da je postopek za določene primere gospodarejši od ostalih elektroobločnih postopkov v zaščitnih plinih. Ker so stroški investicije in obratovalni stroški bistveno nižji v primerjavi s stroški pri laserskem varjenju, predstavlja In-

Focus odlično alternativo laserskemu varjenju.

Kjellberg nudi omenjeno tehnologijo skupaj z zmogljivim inverternim varilnikom.

*Prevod in priredba:
Dr. Arpad Köveš*

*Informacije:
Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und Verschleißschutzsysteme GmbH
www.kjellberg.de*

VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3





Tehnologija varjenja newArc

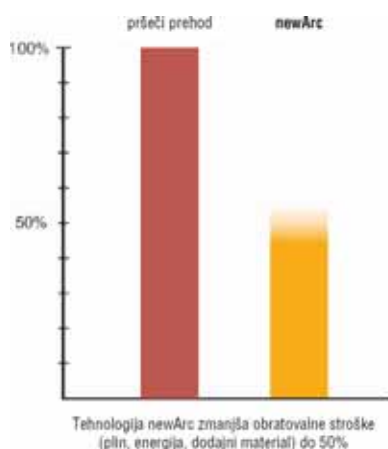
Obločno varjenje visoke produktivnosti - stabilno varjenje in povečanje produktivnosti z ozirom na predhodne klasične načine varjenja

Kjellberg je s tehnologijo newArc postavil nove standarde na področju elektroobločnega varjenja tako v industriji kakor tudi v obrtnih delavnicah. Bistvo tehnologije newArc predstavlja stabilno varjenje in povečanje produktivnosti z ozirom na predhodne klasične načine varjenja. Povečanje produktivnosti je doseženo zaradi večje koncentracije obloka. S prostim koncem elektrode do 40 mm omogoča nova tehnologija doseganje večje penetracije. Rezultat varjenja je ozek in brezhiben zvarni spoj, ter lažje varjenje tudi pri kompleksnejših primerih. Tehnologija newArc je posebej primerna za mehanizirano in avtomatizirano varjenje.

Prednost nove tehnologije je poleg večje hitrosti varjenja manjša poraba dodatnega materiala ter manjša poraba plina in energije.

Tehnologije newArc omogoča znižanje stroškov zaradi:

- zmanjšanje časa varjenja,
- znižanja stroškov za dodatni material, zaščitni plin in energijo,



VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3

- zmanjšanja časa spremljajočih del zaradi:

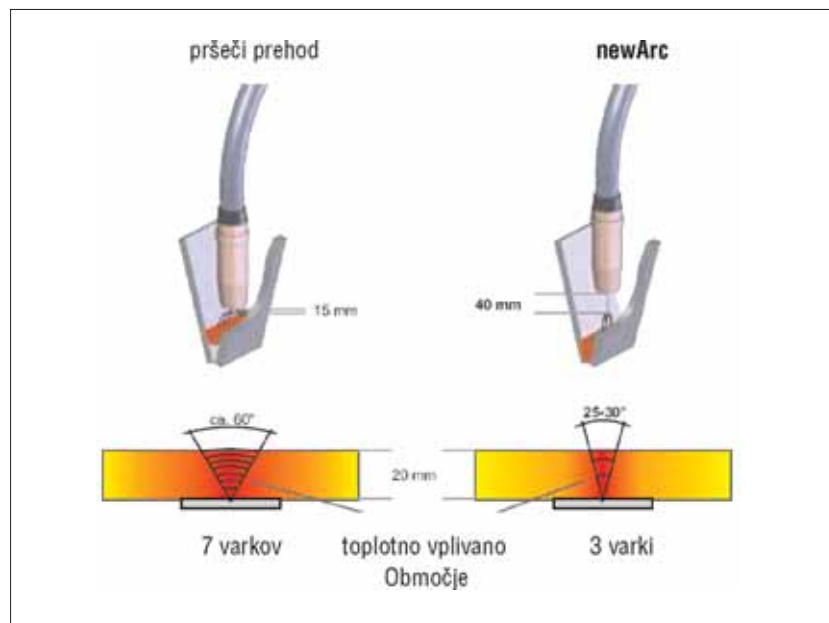
- poenostavljene priprave zvarnega spoja,
- ostalih stroškov priprave,
- večje kvalitete varjenja,
- manjšega brizganja in
- enostavnejšega odreza.

- zvar brez por in ostalih vključkov in

- lažje rokovanje

Področje uporabe tehnologije newArc:

- strojogradnja,
- proizvodnja posod,
- ladjedelništvo,



Tehnološke prednosti tehnologije newArc:

- visoka procesna zanesljivost tudi pri ožjih varilnih režah in pri kompleksnejših primerih za območje debelin od 6 mm naprej,
- visoka kvaliteta zvarov zaradi zanesljive izvedbe korenskih in polnilnih varkov,
- večja hitrost varjenja v primerjavi s klasičnim pršečim prehodom materiala,
- zmanjšanje vnosa toplote in manjša poraba energije,
- možnost uporabe manjšega kota zvarnega žleba – tudi do 50%,

- proizvodnja delovnih strojev,
- proizvodnja vozil in
- preostala kovinska industrija.

Prevod in priredba:
Dr. Arpad Köveš

Informacije:
Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und Verschleißschutzsysteme GmbH
www.kjellberg.de



63. letna skupščina Mednarodnega inštituta za varilstvo (IIW)

63. letne skupščine Mednarodnega inštituta za varilstvo (IIW) je letos potekala od 11. do 16. julija 2010 v prostorih Swissôtel Bosphorus, v Carigradu, v Turčiji. Letošnjo skupščino IIW se lahko v več pogledih oceni s presežniki. Eden takih je nedvomno množičnost, saj se je na njej zbralo skoraj 900 udeležencev iz 48 držav sveta, med katerimi tudi predstavniki nove članice Argentine, ena od gospodarsko najpomembnejših držav na južni zemeljski polobli.



Slika 1. Mrs. Hulya Gedik med podajanjem poročila za organizacijski odbor

Svojevrsten paradoks je v tem, da je k tako nadpovprečni udeležbi v veliki meri prispevala tudi svetovna gospodarska recesija in dejstvo, da sodi Turčija s svojim ljudskimi in gospodarskimi potenciali med države, ki se ponasajo z najvišjo stopnjo gospodarske rasti. Zato ni čudno, da so po številu udeležencev bile v ospredju industrijsko najbolj razvitih držav sveta (Japonska, Finska, Francija, Nemčija, ZDA, . . .) in države z visoko stopnjo gospodarske rasti (Avstralija, Brazilija, Indija, Kitajska, Turčija, . . .). Verjetno pa je letošnji izjemno številčni udeležbi botrovala tudi zgodovinska in socialno-kulturna privlačnost eksotičnega sedemnajst milijonskega Carigrada, ki se razprostira na dveh kontinentih.

Ob rekordni udeležbi, pa si bomo letošnja skupščina IIW zapomnili tudi po neoporečni organiziranosti in zavzetosti vseh neposrednih akterjev, še zlasti predstavnikov organizacijskega odbora. Pri tem ne moremo spregledati prispevka organizacijskega vodje odbora dr. Mustafa Kocaka, ki je tudi predsednik turškega združenja za varilno tehniko, pred tem pa je

Slika 2. Plesoči derviš



večji del svoje znanstvene kariere udeležal v Nemčiji.

Otvoritvena slovesnost je potekala ob bogatih vložkih plesno-glasbenih predstavitev, kar je sicer že utečena praksa. Posebnost tokratnega otvoritvenega programa in sploh celotnega dogajanja pa je bila v domiselnem prepletanju tradicionalnega in sodobnega. Na simbolni ravni sta to v največji meri demonstrirali povezovalka programa otvoritvene slovesnosti Ms. Ebru Berrin Durmus in predsednica organizacijskega odbora Mrs. Hulya Gedik, ki je podala celovit pregled rezultatov enoletnega dela in poglobljena razmišljanja o pomenu te skupščine za varilsko stroko v Turčiji, sliki 1 in 2.



Slika 3. Turški minister za industrijo izroča priznanje prof. dr. Selahadinu Aniku

Te slovesnosti se je neposredno udeležil tudi turški minister za industrijo H.N. Nihata Erhuna, ki je posebno prisrčno pozdravil vse udeležence, še zlasti predsednika IIW prof. dr. Ulricha Dilttheya in ob tej



Slika 4. Turški minister za industrijo izroča priznanje Mr.Halilu Kayi Gediku

priložnosti tudi podelil državna priznanja starosti njihove varilske stroke prof. dr. Selahadinu Aniku ter ustanovitelja in lastnika njihovega varilskega podjetja Edik, d.o.o. Mr.Halilu Kayi Gediku, sliki 3 in 4

V tem delu slovesnosti je bilo tudi tradicionalno podeljevanje IIW nagrad, ki so jih letos prejeli:

- **Henry Granjon Prize**; (za pronicljive rezultate mladih raziskovalcev, s strani francoske delegacije)
- Category A (Spajanje in proizvodne tehnologije): Dr. Ryoji Ohashi, iz Japonske
- Category B (Materiali in varivost) Mr. M.Sc. Saleem U. Khosa, iz Avstrije in Dr. Yoshihiro Fujita, iz Japonske
- Category C (Konstrukcijske rešitve): Dr. Zuheir Barsoum, iz Švedske
- **Ugo Guerrera Prize** (za iženirsko-tehnološke rešitve, s strani italjanskega inštituta za varjenje): Prof. Weizhi Dai, iz Kitajske
- **André Leroy Prize** (za prispevke na področju izobraževanj, s strani francoske delegacije): Mr. Jeffrey D. Weber, iz Združenih držav Amerike
- **Yoshiaki Arata Award** (za prispevke na področju razvoja varilske stroke, s strani japonske delegacije): Dr. John W. Elmer, iz Združenih držav Amerike
- **Thomas Medal**; (za dosežke posameznika na področju standardizacije, s strani ameriškega združenja za varilno tehniko): Mr. David A. Fink, iz Združenih držav Amerike

Pri delu po strokovnih komisijah, smo Slovenijo neposredno zastopali štirje predstavniki: dr Miro Uran (predsednik slovenske delegacije na Generalni skupščini ter predsednik in delegat v III komisiji) in dr. Arpad Köveš (delegat v XII komisiji), oba iz Inštituta za varilstvo ter dr. Drago Bračun (ekspert v komisiji

XII) in dr. Ivan Polajnar (delegat v komisiji VIII in ekspert v komisiji III), oba s Fakultete za strojništvo iz Ljubljane in skupno predstavili dva dokumenta:

- IIS/IIW Doc.: III-1576-10; **A concept of RSW monitoring system for a stable weld quality** (I. Polajnar and P. Podržaj)

- IIS/IIW Doc.: XII-2004-10; **An approach to adaptive control of GMAW based on laser profile measurement** (D. Bračun, I. Polajnar and A. Sluga)



Slika 5. Prof. dr. Ulrich Dilthey izroča priznanje dr. Arpadu Kövešu

V sklopu Letne skupščine je v dneh od 15. do 16. 7. 2010 potekala tudi mednarodna konferenca z naslovom: Advances in Welding Science & Technology for Construction, Energy & Transportation Systems. Samo na tej konferenci je bilo predstavljenih



Slika 6. Prof. dr. Ulrich Dilthey izroča priznanje dr. Mustafi Kocaku



153 referatov, ki jih je 118 avtorjev predstavilo v dvanajstih ločenih sekcijah, 35 prispevkov pa je bilo predstavljeno v obliki posterjev. Vsi prispevki so seveda zbrani tudi v zborniku predavanj.

Svojevrstna posebnost letnih skupščin, ki so jo uvedli pred tremi leti, so bronasta, srebrna in zlata priznanja za 10, 20, oziroma 30 kratno udeležbo, ki jih podeljuje predsedstvo IIW, slavljencem pa izroča predsednik osebno. Iz naše delegacije je iz rok predsednika prof. dr. Ulrich Dilthey prejel bronasto plaketu kolega dr. Arpad Köveš, slika 5, (ki je bil udeleženec že na šestnajstih Letnih skupščinah). Na slavnost-

nem banketu, kjer predsednik ukrajinske delegacije prof. dr. Anatolij Ishcenko že tradicionalno podeljuje varjene vrtnice najbolj zaslužni predstavnici v organizacijskem odboru, je letos to čast doživela predsednica tega odbora Mrs. Hulya Gedik. Ob isti priložnosti pa je predsednik IIW prof. dr. Ulrich Dilthey podelil tudi posebno priznanje organizacijskemu vodji dr. Mustafi Kocaku, slika 6.

Ivan Polajnar in Miro Uran

Vsebina revije "Welder" (Svarshchik) št. 3, 2010



Novosti v tehniki in tehnologijah	4
Vodilni proizvajalci na področju varjenja	
50 let varilskega oddelka na JSC "Turboatom". A. G. Kantor, E. A. Fedchenko	6
Proizvodne izkušnje	
Plazemska metalizacija površin bakrenih kontaktov tokovnih utorov iz aluminija. V. V. Ovsyannikov, A. G. Rusev, G. M. Rusev, O. G. Bikovskiy, A. N. Pasko	14
Implementacija ESAB-ovih izkušenj obločnega varjenja komponent plinskih turbin v podjetju "Zorya-Mashproject". Yu. Butenko, A. Belikov.	16
Naša svetovanja	20
Tehnologije in oprema	
Industrijski stroji za hidroabrazivno rezanje. A. A. Kaydalov	24
Primeri vpliva zunanjega elektromagnetnega polja na povečanje kvalitete zvarnega spoja pri izdelavi proizvodov za kemično in strojno industrijo. R.N. Rizshov, V. D. Kuznetsov	29
Proizvodnja metalno karbidnih praškov za plazemski oblok. E. K. Fen	32
Tuji kolegi	36
Usposabljanje osebja	
Kvalifikacija Mednarodni varilski inženir. E. P. Chvertko	38
Mednarodno tekmovanje varilcev na Češkem. A. A. Kaydalov	41
Laboratorijska zaščita	
Zaščita proti elektromagnetnemu polju pri varjenju. O. G. Levchenko, V. K. Levchuk, O. N. Timoshenko	44
Spletne strani	
21 let nanotehnologij	47





WELD

varilna tehnika

Prodaja, servis in optimizacija varilne tehnike.
Ko zahtevate kakovost!



- Generalni distributer avtomatskih varilskih mask slovenskega proizvajalca **Balder**
- Generalno zastopstvo varilskih zaves in prečiščevalnih naprav **Sinotec**
- Zastopstvo svetovnega proizvajalca originalnih varilnih gorilnikov **Abicor Binzel**
- Varilni aparati najvišjega kakovostnega razreda **Fronius**
- Varilni aparati slovenskega proizvajalca **Iskra varjenje**

BALDER

ABICOR
BINZEL

Fronius

Iskra
VARJENJE

SINOTEC

WELD d.o.o., Veselovo nabrežje 2a, 1234 Mengeš, Slovenija • tel.: 01 723 08 96, fax: 01 723 08 97
gsm: 031 646 980, 041 724 556 • e-mail: weldoo@siol.net, spletna stran: <http://www.informacija.net/weld>

varstroj[®]

VARSTROJ - Tovarna varilne in rezalne opreme d.d.
 Industrijska ulica 4, 9220 Lendava, Slovenija
 Tel.: 00 386 (0)2 57 88 820
 Fax: 00 386 (0)2 57 51 277
 www.varstroj.si
 info@varstroj.si

VARJENJE IN REZANJE

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN

WELDING AND CUTTING

VARMIG Inverterji

Mikroprocesorsko krmiljeni inverterski varilni aparati za MIG/MAG in MMA postopke varjenja. Priporočamo jih za varjenje aluminija, nerjavečih in visoko odpornostnih jekel ter pocinkanih pločevin.

**PRILOŽENI PRIBOR:**

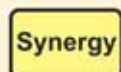
- gorilnik MIG/MAG
- kabel z masa sponko 4m
- reducirni ventil z manometrom

VARMIG 1800 Inverter

VARMIG 2100 Inverter



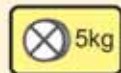
Mikroprocesorsko krmilje



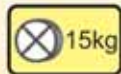
Sinergijsko delovanje (VARMIG 2100 Inverter)



2 - kolesni pogon za dodajanje varilne žice



5kg kolut za žico



Z dodatnim nosilcem možnost nadgradnje na 15kg kolut



Varčevanje z energijo



Elektronski nadzor emisij

LASTNOSTI:

- možnost priključitve na generator
- daljinsko krmiljenje
- velika mobilnost

Pri MMA postopku varjenja:

- HOT START- povečan varilni tok ob vžigu obloka
- ANTI STICKING - avtomatski izklop varilnega toka ob zalepitvi elektrode
- ARC FORCE – preprečevanje zalepitve elektrode med varjenjem

Tehnični podatki	VARMIG 1800 Inverter	VARMIG 2100 Inverter
Priključna napetost	230 V / 50 Hz	
Max. priključna moč	4,0 kVA	4,4 kVA
Območje varilnega toka	20 – 180 A	15 – 210 A
Intermitenca		
35%	175 A	190 A
60%	155 A	165 A
100%	120 A	130 A
Premer varilne žice (mm)	0,6; 0,8; 1,0	
Polnjena žica (mm)	0,9	
Premer elektrode (mm)	1,6; 2,0; 2,5; 3,25; (4,0; 5,0)	
Masa	15 kg	17 kg
Dimenzije (DxŠxV)	220x560x420 mm	

varstroj experience & quality since 1964

varstroj[®]

VARSTROJ - Tovarna varilne in rezalne opreme d.d.
 Industrijska ulica 4, 9220 Lendava, Slovenija
 Tel.: 00 386 (0)2 57 88 820
 Fax: 00 386 (0)2 57 51 277
 www.varstroj.si
 info@varstroj.si

VARJENJE IN REZANJE

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN

WELDING AND CUTTING

VARMIG Inverterji



Mikroprocesorsko krmiljeni inverterski varilni aparati za MIG/MAG, MMA in TIG postopke varjenja. Priporočamo jih za varjenje aluminija, nerjavečih in visoko odpornostnih jekel ter- pocinkanih pločevin.

**PRILOŽENI PRIBOR:**

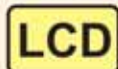
- gorilnik MIG/MAG
- kabel z masa sponko 4m
- reducirni ventil z manometrom

VARMIG 2300 Inverter Pulse

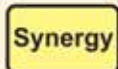
VARMIG 2350 Inverter Pulse



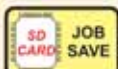
Mikroprocesorsko krmilje

**LCD**

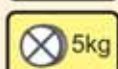
Digitalni prikaz parametrov

**Synergy**

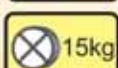
Sinergijsko delovanje

**SD CARD****JOB SAVE**

Možnost shranjevanja programov
4 - kolesni pogon za dodajanje varilne žice

**4R****5kg**

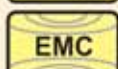
5kg kolut za žico

**15kg**

Z dodatnim nosilcem možnost nadgradnje na 15kg kolut

**EMC**

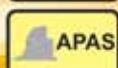
Varčevanje z energijo

**EMC**

Elektronski nadzor emisij

**AFI**

Napredni krmilni vmesnik

**APAS**

Napredni nadzorni sistem pulznega toka

LASTNOSTI:

- možnost priključitve na generator
- daljinsko krmiljenje
- velika mobilnost

Pri MMA postopku varjenja:

- HOT START- povečan varilni tok ob vžigu obloka
- ANTI STICKING - avtomatski izklop varilnega toka ob zalepitvi elektrode
- ARC FORCE – preprečevanje zalepitve elektrode med varjenjem

Tehnični podatki	VARMIG 2300 Inverter Pulse	VARMIG 2350 Inverter Pulse
Priključna napetost	230 V / 50 Hz	
Max. priključna moč	5,0 kVA	
Območje varilnega toka	15 – 235 A	
Intermitenca		
35%	220 A	
60%	160 A	
100%	130 A	
Premer varilne žice (mm)	0,6; 0,8; 1,0; 1,2	
Polnjena žica (mm)	0,9	
Varjenje po TIG postopku	✓	✓
Premer elektrode (mm)	1,6; 2,0; 2,5; 3,25; 4,0; 5,0	
Masa	23 kg	
Dimenzije (DxŠxV)	220x560x480 mm	
LCD zaslon 6"		✓

varstroj experience & quality since 1964

Novi trendi pri izobraževanju in certificiranju varilcev

Prenos inovacij standarda prEN ISO 9606-1 v prakso

Tehnologija varjenja jekla se nenehno razvija posledično pa tudi zahteve glede kakovosti zvarov in z njimi povezanih konstrukcij vedno višje. V zahtevnih konstrukcijah so uporabljeni kakovostnejši osnovni in dodajni materiali, kar pa zahteva od varilnega osebja vedno več znanja. Kakovostne varjene spoje lahko izdelajo le visoko usposobljeni varilci, ki so vključeni v proces vseživljenjskega učenja in poklicnega razvoja. Trenutno poteka v Sloveniji preskušanje in certificiranje varilcev za varjenje jekla po standardu SIST EN 287-1. Ta standard ne zahteva sledljivost preverjanja usposobljenosti varilcev in ne motivira varilcev za vseživljenjsko učenje.

Namen projekta Prenos inovacij standarda prEN ISO 9606-1 v prakso je postavitev zahteve za preverjanje usposobljenosti varilcev in oblikovanje ter evaluacija modela vseživljenjskega poklicnega učenja varilcev. Cilj projekta je, izdelava novih metodologij preskušanja in certificiranja varilcev v skladu s prEN ISO 9606-1 in izvajanje testiranja in certificiranja varilcev. Namen projekta je tudi povezava mednarodnih partnerjev, Raziskovalni inštitut za promet v Žilini (Slovaška republika), PZ iz Bratislave (Slovaška republika), Inštitut za varilstvo (Republika Slovenije) in EWE (Češka Republika). Mednarodni partnerji imajo bogate izkušnje na področju preskušanja in certificiranja varilcev. Glavna ciljna skupina projekta so bolj usposobljeni varilci, ki so pripravljene sodelovati v vseživljenjskem učenju. Tako izobraženi varilci bodo usposobljeni izdelati kakovostne varjene spoje, ki izpolnjujejo najvišje zahteve,

in so zaposljivi ne samo v Sloveniji, temveč tudi v širšem mednarodnem prostoru.

V okviru projekta bo izdelan pilotni tečaj preskušanja in certificiranja varilcev. Po sprejetju pilotnega tečaja s strani partnerjev, bomo le tega preizkusili na izbranem vzorcu udeležencev. Za pilotni tečaj se določi tehnologa varjenja in varilne pogoje, ki so podani v WPS. Raziskovalci partnerjev v projektu dobo spremljali in ocenili pilotni tečaj, ki se bo spremljal in vrednotil na podlagi sistema izdajanja potrdil testov in certifikatov varilcev. Na pilotnem tečaju se preveri tudi kakovost dokumentacije. Praktični rezultati pilotnih testiranja varilcev bodo vključeni v certifikacijsko shemo za testiranje in certificiranje varilcev. Izdelana bo tudi nova programska oprema za vrednotenje rezultatov preskusa varilcev. Testna ter trening vprašanja in vprašanja iz varnostnih predpisov iz področja teorije varjenja, za vsako preskusno metodo varjenja, bodo izdelana za potrebe prEN ISO 9606-1. Na informacijski seminar pri projektu prenos inovacij standarda prEN ISO 9606-1 v prakso so bile povabljene šole varjenja in predstavniki izbranih podjetij. Več srečanj - delavnic je bilo organiziranih na Transport Research Institute v Žilini, Inštitutu za varilstvo v Ljubljani, PZ v Bratislavi ter EWE v Heřmanovu. Srečanja so bila namenjena seznanjanju širše strokovne javnosti in vključevanje ciljne skupine varilcev ter podjetij k projektu prenos inovacij standarda prEN ISO 9606-1 v prakso.

*dr. Darjo Zuljan
Inštitut za varilstvo*



Leonardo da Vinci

Transfer of innovation prEN ISO 9606-1;2008-1-SK1-LE005-00223

Testing and Certification of welders according to the Standard prEN ISO 9606-1





Projekt VIRTWELD – uvajanje virtualnih tehnologij v proces usposabljanja varjenja

VIRTWELD je evropski projekt v okviru programa o vseživljenjskem učenju Leonardo da Vinci. Osnovni cilj projekta je uvajanje virtualnih tehnologij v proces usposabljanja varilcev in varilskih specialistov.

Nosilec projekta je Slovaški varilski inštitut – VUZ. Partnerji v projektu so tudi EWF (Portugalska), Inštitut za varilstvo (Slovenija) in CWS (Češka). Vloga partnerskih podjetij je, da v državah EU v katerih delujejo, predstavijo in vpeljejo nove tehnologije za usposabljanje varilskega osebja.

Ciljna skupina niso samo varilske šole, ampak tudi srednješolski tehnični centri, tehnične fakultete ter druge inštitucije, ki se ukvarjajo z izobraževanjem varilskega osebja. Glavna prednost uporabe t.i. "simulatorjev varjenja" je skrajšanje potrebnega časa usposabljanja kandidatov, zmanjšanje porabe dodatnih materialov in električne energije, delo v bolj čistem in zdravem okolju. Kandidat, ki se uči variti v virtualnem okolju, v bistvu igra video igrice z določenimi nalogami, na različnih stopnjah zahtevnosti. S tega stališča je nov način usposabljanja varilnega osebja precej zanimiv za mlajše generacije, ki tovrstno varjenje doživljajo kot izziv.

Glavna prednost tovrstne oblike učenja novih ali dokvalifikacije starih varilcev je možnost spremljanja napredovanja kandidatov prek 'komandnih centrov' sistemskih programov, kateri inštruktorju varjenja omogočajo on-line nadzor večjega števila kandidatov hkrati. Poleg tega se potek vsake posamezne vaje arhivira in naknadno analizira. S tem je omogočeno,

da inštruktor med usposabljanjem korigira potek posameznih vaj in da poudarek na potrebnih izboljšavah. Vse to se dela z namenom obvladovanja pravih gibov s strani varilca pri različnih načinih varjenja.

Danes je v svetu na voljo več različnih simulatorjev varjenja. Najbolj znani so CS WAVE (Francija), ARC+ (Kanada), VRTEX 360 (Lincoln-ZDA) in FVW (Fronius-Avstrija).

Projekt VIRTWELD traja v obdobju 2009-2011. V Sloveniji je Inštitut za varilstvo imel dve predstavitvi CS WAVE sistema. Prva je bila maja 2010. na sejmu Varjenje in rezanje v Celju, druga pa 16. junija na Inštitutu za varilstvo v Ljubljani, ko je predstavitev predvsem bila namenjena izobraževalnim inštitucijam v Sloveniji.

Naslednja predstavitev bo 3. decembra 2010 na tradicionalnih "Dnevih novih tehnologij", ki jih vsakoletno organiziramo na Inštitutu za varilstvo.

Miloš Jovanović, IZV Ljubljana

Več podatkov o samem projektu lahko najdete na VIRTWELD-ovih spletnih straneh:

<http://virtweld.com/> ali od Miloša Jovanovića (IZV Ljubljana) na tel.: 01/ 28 09 432 (e-pošta: milos.jovanovic@i-var.si)



Predstavitev simulatorja VIRTWELD na sejmu Varjenje in rezanje v Celju maja 2010



dodajni materiali za varjenje:

- varilne elektrode
- žice in varilne palice
- varilni praški
- polnjene-strženske žice

70 letna tradicija - velik izbor dodatnih materialov za varjenje

Žice za MIG, MAG in palice za TIG in plamensko varjenje 30 različnih vrst žic in palic

- od nelegiranih do nerjavnih
- nizkolegirane žice za varjenje različnih drobnozrnatih jekel in materialov obstojnih proti lezenju: MIG Mo, MIG 75, MIG 90, MIG CrMo
- VAC 60 Ti –varilna žica za varjenje galvaniziranih in pocinkanih jekel, žico imamo tudi s pobronzano površino...
- nepobakrena žica
- pakiranje na različne vrste kolutov in v sodove



Elektrode za ročno obločno varjenje

200 različnih vrst elektrod za zvarjanje in navarjanje

- od nelegiranih do visokolegiranih
- nerjavne, varilne elektrode za posebne namene, za reparaturno varjenje in navarjanje
- standardna pakiranja, hermetično zaprte pločevinke, vakuumsko pakiranje

Praški za EPP varjenje

15 vrst različnih sestav: AR, AB, FB, CS, MS
10 žic za EPP varjenje, 10 vrst polnjenih žic za EPP zvarjanje in navarjanje

- pakiranje praškov v vreče, pakiranje žic na kolute in v sodove



50 vrst polnjenih žic izdelanih po brezšivni tehnologiji

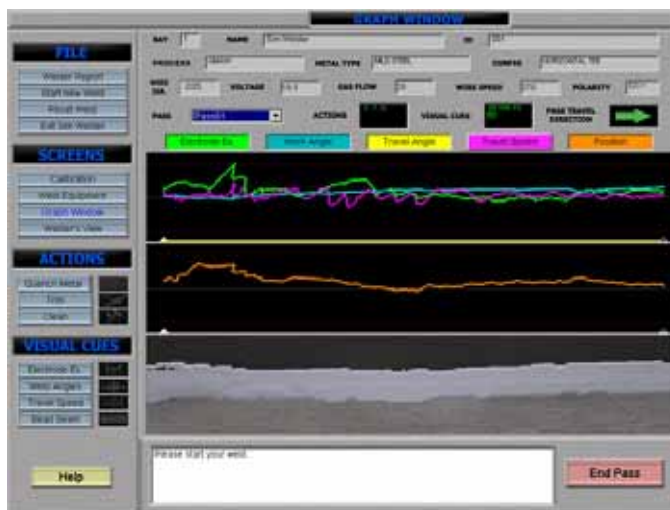
- kmalu nova proizvodna linija
- od nelegiranih, do drobnozrnatih in materialov obstojnih proti lezenju
- žice za reparaturno varjenje in navarjanje

Projekt 2009 - 2011: Program vseživljenjskega učenja

S pomočjo vodil, ki simulirajo idealne geometrijske parametre varjenja, se varilec uči pravilne lege gorilnika za: smer varjenja, naklon gorilnika (v smeri in prečno na smer varjenja), varilno hitrost in razdaljo varjenec – gorilnik.



Komandni center je programsko orodje, ki pomaga inštruktorju da nadzoruje napredovanja kandidata pri usposabljanje ter izvaja potrebne korektivne ukrepe v smeri izboljšanja izobraževalnega programa.



Simulatorji varjenja so bazirani na uporabi sistemov: brez maske (CS VAWE), z masko in 3D očali (arc+ in VRTEX 360), s 3D očali (RV-SOLD), z masko brez 3D očal (Fronius).

Partnerji v projektu:

- VUZ (Slovaška)
- EWF (Portugal)
- Institut za varilstvo (Slovenija)
- CSW (Češka)

Koordinator: Dr. Luboš Mraz (VUZ)



Lifelong Learning Programme



Certificiranje varilnih koordinatorjev skladno s shemo IIW



Že v letu 2007 je prišlo do sporazuma med Evropsko varilsko federacijo (*EFW-European Welding Federation*) in Mednarodnim institutom za varilstvo (*IIW-International Institute of Welding*), da se EWF shema certificiranja varilnih koordinaterjev prenese na IIW. Kot že sicer, je tudi v tem primeru zadolžena za implementacijo Mednarodna pooblaščen komisija (*IAB - International Authorization Board*), ki deluje v okviru IIW. Mednarodni sistem za certificiranje osebja torej temelji na evropskem sistemu, ki obstoja že od leta 1998.

IIW sistem certificiranja osebja s tem omogoča varilnim koordinaterjem, da se certificirajo skladno z zahtevami standarda ISO 14731, ki določa naloge in odgovornosti osebja pri nadzoru (koordiniranju) z varjenjem povezanih dejavnosti. Standard zahteva, da je osebje, ki je odgovorno za varjenje in pripadajoče aktivnosti, sposobno dokazovati, da so v stanju nositi to odgovornost.

Priznavanje varilnih koordinaterjev na osnovi IIW sheme

Ena od ključnih značilnosti certificiranja podjetij skladno s standardom ISO 3834, ki podaja zahteve za kakovost pri talilnem varjenju kovinskih materialov, je tudi priznavanje varilnih koordinaterjev. Na osnovi smernic EWF in IIW so varilni koordinaterji vsi tisti, ki so na osnovi programov izobraževanj in kvalifikacij omenjenih institucij pridobili naziv Evropski oziroma mednarodni varilski inženir, tehnolog, specialist ali mojster (E/IWE, E/IWT, E/IWS ali E/IWP). IIW shema certificiranja varilnih koordinaterjev je torej način za doseganje tovrstnega priznavanja.

Certificiranje v primerjavi z posedovanjem diplome

Certificiranje se nanaša na priznavanje trenutnih sposobnosti, ne pa na pridobljene kvalifikacije v

(daljni) preteklosti. Zatorej zahteva tudi periodično obnavljanje. V primeru posedovanja diplome varilnega koordinaterja, pa je možno dokazovati le, da je bilo v nekem trenutku v preteklosti dokazano primerno znanje iz varilske tehnologije.

IIW shema certificiranja varilnih koordinaterjev

Kot že omenjeno, IIW shema certificiranja varilnih koordinaterjev omogoča presojo in priznavanje poklicnih kompetenc. Določa profil izobrazbe, znanja, izkušenj in odgovornosti, ki so potrebni za izvajanje vseh varilskih in pripadajočih del. Obenem zagotavlja strokoven postopek presoje.

Shema certificiranja osebja ima tri bistvene cilje:

- Dokazati, da je kandidat v nekem trenutku v preteklosti dokazal primeren nivo znanja s področja varilske tehnologije. Zahteva je ustrezna EWF oziroma IIW kvalifikacija varilnega koordinaterja.
- Zahteva, da je kandidat zadovoljivo deloval na specifičnih varilskih aktivnostih in izvrševal določene odgovornosti primerne nivoju certificiranja, in sicer v trajanju vsaj dveh let v obdobju zadnjih treh let pred certifikacijo.
- Zahteva, da kandidat dokaže, da poseduje zadnja spoznanja (*"up to date"*) s področja varilske tehnologije. To pomeni, da redno vzdržuje in dopolnjuje svoja znanja.

Pot do certifikata

1. Varilsko znanje

IIW kvalifikacija ustreznega varilnega koordinaterja je "vstopni" pogoj, ki mora biti izpolnjen, kot je razvidno iz Preglednice 2.

Ta pogoj obenem tudi avtomatsko zagotavlja, da ima kandidat minimalno zahtevano osnovno tehnično izobrazbo. Mednarodni varilski inženir mora na primer posedovati fakultetno diplomu, tehnolog diplomu srednje šole itn.

VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3

Preglednica 1.

Zahtevana kvalifikacija	Želeni certificirani naziv
Mednarodni/evropski varilski inženir (I/EWE)	Certificirani mednarodni/evropski varilski inženir (CIWE)
Mednarodni/evropski varilski tehnolog (I/EWT)	Certificirani mednarodni/evropski varilski tehnolog (CIWT)
Mednarodni/evropski varilski specialist (I/EWS)	Certificirani mednarodni/evropski varilski specialist (CIWS)
Mednarodni/evropski varilski mojster (I/EWP)	Certificirani mednarodni/evropski varilski mojster (CIWP)

2. Izkušnje in sposobnosti

Po izpolnjevanju zahtev iz naslova osnovne tehnične izobrazbe in varilskega znanja iz prejšnje točke, je naslednja zahteva, da kandidat prikaže zadostno pridobljene izkušnje in trenutne sposobnosti. Da bi to dokazal, mora imeti v obdobju zadnjih treh let vsaj dve leti izkušenj z delovanjem na primernem nivoju varilske tehnologije ter predložiti obseg svojih izkušenj skladno z zahtevami standarda ISO 3834 na primernem nivoju. To obsega: pregled zahtev, tehnično oceno, podizvajanje, varilsko osebje, opremo, planiranje proizvodnje, kvalifikacijo in specifikacije varilnih postopkov, delovna navodila, osnovne in dodatne materiale, nadzor in preskušanje pred, med in po varjenju, toplotne obdelave, obvladovanje neskladij in izvajanje korektivnih ukrepov, kalibracija merilne in preskusne opreme, označevanje in sledljivost ter zapise o kakovosti.

3. Ohranjanje in pridobivanje znanj

Kandidati, ki želijo biti certificirani, kot tudi že certificirani koordinatorji, morajo dokazati, da vzdržujejo svoja znanja, obenem pa jih dopolnjujejo, odvisno od področij kjer delujejo. To je pomembna značilnost certificiranja, saj sposobnost osebe temelji na znanju, ki ga pridobiva na področju, kjer sicer deluje. Tehnologija namreč ni statična, ampak se nenehno razvija, zato se mora vzporedno nadgrajevati tudi znanje posameznika na njegovi poklicni poti, da bi lahko obdržal primerne sposobnosti.

Da bi kandidat zadovoljil temu pogoju, se od njega zahteva, da opiše oziroma predstavi svoj način vzdrževanja svojih znanj in sposobnosti. Običajno to stori v sodelovanju s svojim delodajalcem. Zahteva se, da predloži dokazila o prisotnosti na raznih izobraževanjih, usposabljanjih, sodelovanju v različnih komisijah, ipd.

IPRO d.o.o. Industrijski programi - profesionalna oprema

PROGRAMI ZA:

- ▶ Varjenje
- ▶ Odsesavanje in odpraševanje
- ▶ Vijaki in čepi sistem Nelson
- ▶ Hitre spojke za vse medije
- ▶ Rezanje (avtogeno, plazemsko, ...)
- ▶ Avtomatizacija in robotizacija varjenja
- ▶ Fleksibilna avtomatizacija
- ▶ Orbitalno varjenje
- ▶ Oprema za pripravo zvarnih robov pri ročnem ali orbitalnem varjenju
- ▶ Navarjanje: tehnologija, oprema dodatni materiali
- ▶ Servisiranje in vzdrževanje opreme

IPRO d.o.o., Brnčičeva 9, 1231 Ljubljana-Črnuče

☎ : ++ 386 (0)1 5611-045, ☎ : ++ 386 (0)1 5614-911,

✉ : info@ipro.si, 🌐 : www.ipro.si



Vloga za certificiranje

Ko kandidat oceni, da izpolnjuje preje navedene pogoje, mora lokalnemu pooblaščenemu nacionalnemu organu (*ANB – Authorised National Body*), ki ima v posamezni državi pooblastilo s strani IIW za nadzor nad izvajanjem sistema, predložiti vlogo za certificiranje. Ustrezno vlogo (obrazec) mu na zahtevo predloži ANB. V njej mora poleg ostalega navesti tudi ime ustrezno kvalificirane osebe, po možnosti z nazivom mednarodni varilski inženir, ki ga ANB lahko povabi na razgovor z namenom, da se preveri tehtnost in stopnjo, ki jo vlagatelj želi pridobiti. Zahteva se tudi potrditev vloge s strani delodajalca, v primeru samozaposlitve pa s strani enega od zadnjih odjemalcev njegovih storitev. S svojim podpisom na koncu vlagatelj potrjuje, da se strinja s pravili certifikacijske sheme.

Certificiranje

Vlogo za certificiranje, ki jo kandidat predloži ANB-ju, jo le ta obravnava skladno s svojim postopkom in certifikacijsko shemo. ANB ima tudi pravico, da pozove kandidata na informativni pogovor, z namenom razjasnitve kakršnihkoli dvomov v svojo odločitev. V primeru pozitivne presoje vloge, ANB podeli certifikat vlagatelju.

Osebe, ki jim je podeljen certifikat varilnega koordinatorja, pridobijo s tem naslednje nazive:

Certificirani mednarodni/evropski varilski inženir (CIWE)

Certificirani mednarodni/evropski varilski tehnolog (CIWT)

Certificirani mednarodni/evropski varilski specialist (CIWS)

Certificirani mednarodni/evropski varilski mojster (CIWP)



Veljavnost certifikata varilnega koordinatorja je tri leta od pozitivne odločitve o podelitvi certifikata posamezniku. Po preteku tega obdobja mora imetnik certifikata vložiti na ANB predpisano vlogo za ponovno certificiranje. Vloga zahteva, da imetnik predloži informacije o svojih aktivnostih v preteklem triletnem obdobju, in sicer tako glede pridobljenih izkušenj, kot tudi posedovanje zadnjih spoznanj s področja varilske tehnologije. Da bi vlagatelj zadovoljil vse zahteve, mora dokazati tudi, da v tem obdobju ni imel daljših prekinitev delovanja na varilskem področju.

Certificiranje varilnih koordinatorjev v Sloveniji

V Sloveniji je za izvajanje vseh programov, ki jih določata EWF in IIW pooblaščen nacionalni organ (ANB) Slovensko društvo za varilno tehniko. V njegovem imenu pa deluje Institut za varilstvo v Ljubljani, ki sicer že vrsto let izvaja večino programov izobraževanja in usposabljanja varilskega osebja, določenih s strani IIW. Pričetek izvajanja certifikacijskega sistema za varilne koordinatorje je predviden v pričetku prihodnjega leta. Do takrat lahko dodatne informacije pridobite na spletni strani Instituta za varilstvo (www.i-var.si/izobrazevanje/koordinatorji-varjenja/certifikacijski-sistem) ali Izobraževalnem centru po telefonu (01) 28 09 440 oziroma elektronski pošti peter.sprajc@i-var.si.



Peter Šprajc
Institut za varilstvo, Ljubljana

**NACIONALNA POKLICNA
KVALIFIKACIJA ZA VARILCE**



Institut za varilstvo, Ptujška 19, SI-1000 Ljubljana, tel.: +386 (0)1 28 09 400
faks.: +386 (0)1 28 09 422, e-mail: info@i-var.si, internet: www.i-var.si



LASERSKI VARILSKI CENTER



Na Institutu za varilstvo smo v povezavi z nemško - ameriškim partnerjem OR Laser odprli laserski varilski center, ki bo omogočal:

- Šolanje laserskega varjenja po programih EWF in OR Laser
- Reparaturno varjenje v delavnici in prvič v Sloveniji z mobilnim laserjem tudi na terenu
- Prodajo laserskih varilnih naprav
- Servis laserskih varilnih naprav
- Svetovanje pri uvajanju laserskega varjenja
- Prodaja namenskih dodatnih materialov za lasersko varjenje (pokrivamo tudi navarjanje domačih materialov kot so: UROPNEX, UTOPN, UTOPMo1, UTOPMo2, OCR13, OCR12VM, OH239, SIKRO4)

Zaradi potreb po hitrem prenosu znanja smo se povezali z enim od vodilnih proizvajalcev varilnih laserjev podjetjem OR Laser iz Nemčije. OR Laser je postavil v Dieburgu v Nemčiji center za popravila orodij, ki s svojimi številnimi referencami in preko 10.000 uspešno popravljenimi orodji velja za center praktičnega znanja v svetovnem merilu. Tam so se izšolali naši najboljši reparaturni varilci. Zahtevna izobrazba reparaturnega varilca na naših laserskih napravah je inženir EWE.



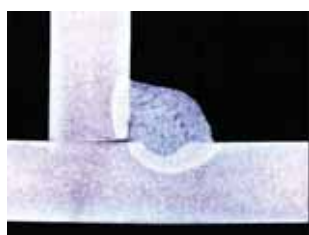
Osnovne napake v zvarih

Slike v nadaljevanju predstavljajo zbir osnovnih napak, ki se lahko pojavijo pri varjenju po načinih MIG/MAG. Napake v zvarih morejo nastati zaradi kombinacij različnih faktorjev. Delovni pogoji, materiali in naprave odločilno vplivajo na končen rezultat pri varjenju.

1. ZLEP

Možen vzrok

- Neustrezna moč obloka
- Prevelika hitrost varjenja
- Varjenje vertikalno navzdol
- Asimetričnost obloka



Korektiven ukrep

- Povečanje moči obloka
- Korekcija varilne hitrosti
- Varjenje izvesti vertikalno navzgor
- Spremeniti kot obloka

2. POROZNOST

Možen vzrok

- Zaščitni plin
- Vlaga
- Onesnažen material
- Antikorozijska zaščita



Korektiven ukrep

- Preveriti vrsto zaščitnega plina in ustreznost zaščite obloka
- Dodatni in osnovni material morata biti suha
- Preveriti čistost površine spoja
- Preveriti proizvajalčeva navodila

3. VKLJUČKI ŽLINDRE

Možen vzrok

- Moč obloka prenizka
- Dolžina obloka prevelika
- Slaba priprava spoja



Korektiven ukrep

- Povečanje moči obloka
- Skrajšanje dolžine obloka
- Ustrezna priprava in čistost spoja

4. NEPREKINJENA ZAJEDA

Možen vzrok

- Prevelika dolžina obloka/varilna napetost previsoka
- Moč obloka previsoka
- Pretirano nihanje elektrode



Korektiven ukrep

- Zmanjšati dolžino obloka/napetost
- Spremeniti moč obloka
- Spremeniti tehniko varjenja /spremeniti tehniko

5. ČEZMERNNA NESIMETRIČNOST KOTNEGA ZVARA

Možen vzrok

- Neustrezen kot elektrode
- Prevelika varilna kopel
- Pihalni učinek
- Prevelika dolžina obloka



Korektiven ukrep

- Variti pod ustreznim kotom
- Zmanjšati talilni učinek
- Premestiti masni priključek/kabel
- Skrajšati dolžino obloka

6. ČEZMERNNA IZBOKLINA

Možen vzrok

- Preveč dodatnega materiala glede na hitrost varjenja
- Prevelik premer elektrode





elektroobločna
Shielded gas
varilna oprema
welding equipment

®

Iskravar ●

za vrhunske dosežke
for best results



MIG
inverter
varilna naprava /
welding machine

- natančna zvezna regulacija
 - *exactly steples adjustment*
- elektronska, nastavljiva dušilka
 - *electronic, adjustable choke*
- izjemni rezultati s CO₂
 - *very good results with CO₂*
- visok obremenilni količnik
 - *high duty cycle*

Iskra

VARJENJE ●

Zastopnik za:



Iskra Varjenje d.o.o., Stegne 21 C/1, 1000 Ljubljana, Slovenija

T: +386 1 511 13 01, F: +386 1 511 10 03

E: info@iskra-varjenje.si, www.iskra-varjenje.si

Iskra Varjenje d.o.o. - Stegne 21 C/1 - Ljubljana / 1000 Slovenia / 1. publikacija 2010



Korektiven ukrep

- Povečati hitrost varjenja ali zmanjšati količino dodanega materiala
- Izbrati pravilen premer elektrode

7. ČEZMERNNA GLOBINA UVARA

Možen vzrok

- Prevelik vnos toplote glede na obliko spoja
- Prevelika korenska toporoba špranja
- Premajhen preostali topi rob korena



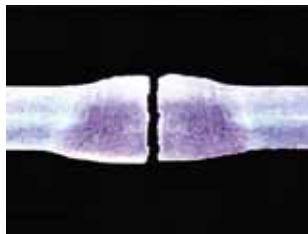
Korektiven ukrep

- Zmanjšati varilno moč/energijo
- Spremeni korensko toporobo špranja
- Povečati preostali topi rob korena

8. RAZPOKE npr. razpoke v vročem

Možen vzrok

- Premajhno razmerje širine proti globini zvara
- Velike napetosti zaradi termične ekspanzije
- Neustrezna kombinacija dodatni material/osnovni material
- Prevelika korenska špranja



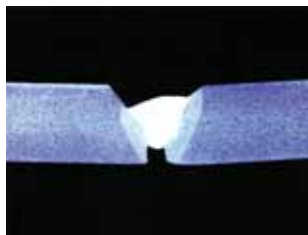
Korektiven ukrep

- Zagotoviti ustrezno razmerje
- Kontrolirati cikla ogrevanja in hlajenja
- Izbrati pravilen dodatni material
- Uporabiti ustrezno korensko špranja

9. SLABA PREVARITEV

Možen vzrok

- Slabo načrtovan zvarni spoj
- Premajhna varilna moč/energija
- Prevelika dolžina obloka
- Prevelika hitrost varjenja



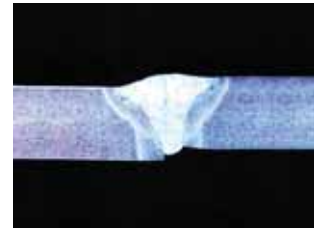
Korektiven ukrep

- Povečati korensko špranja ali zmanjšati topi rob korena
- Povečati varilno moč/energijo
- Zmanjšati dolžino obloka
- Povečati hitrost varjenja

10. ZAMAKNITEV ROBOV

Možen vzrok

- Slaba nastavitve pred varjenjem
- Deformacije med varjenjem
- Popustitev spenjalnih varkov



Korektiven ukrep

- Zagotovitev točne nastavitve pred varjenjem
- Upoštevati pravilno varilno zaporedje
- Izboljšati kvaliteto spenjalnih varkov in pozicioniranje

11. RAZPOKA IN RAZPOREK V ŽRELCU – KRATERJU

Možen vzrok

- Nastanek napake zaradi krčenja varilne kopeli med fazo strjevanja
- Prehitro zmanjšanje varilne energije



Korektiven ukrep

- Na koncu zvara končati varjenje z rahlim pomikom nazaj
- Zmanjševanje varilne energije postopoma

12. BRIZGANJE

Možen vzrok

- Nepravilni varilni parametri
- Neustrezna polariteta
- Slaba kvaliteta dodatnega materiala
- Ne zadostna zaščita obloka oziroma vrsta plina



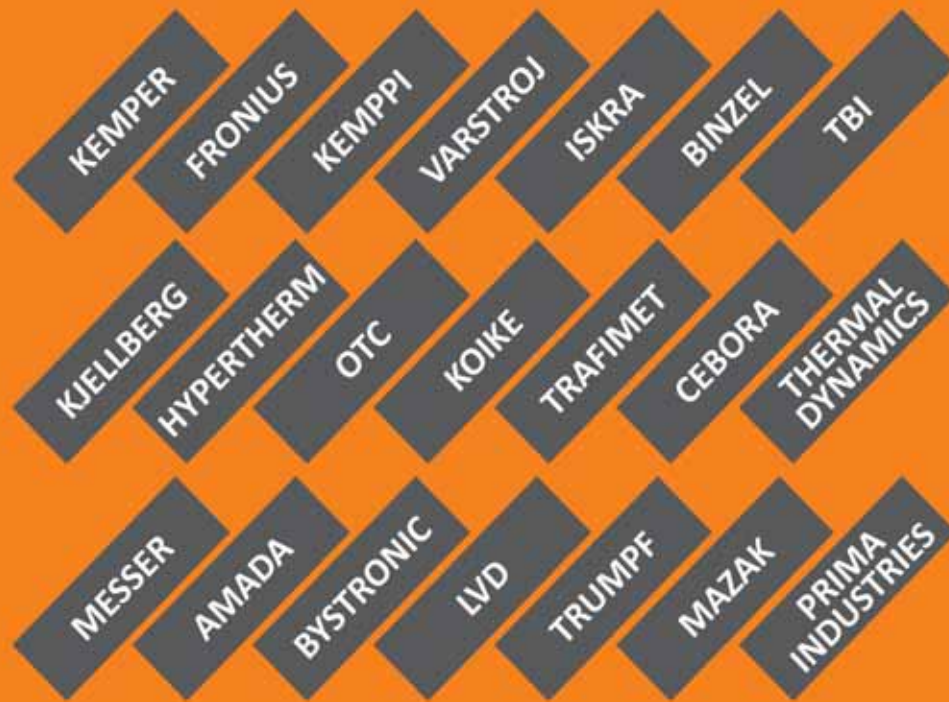
Korektiven ukrep

- Nastavi varilne parametre
- Spremeni polariteto
- Preveri dodatni material in pogoje skladiščenja
- Preveri vrsto zaščitnega plina oziroma ustreznost zaščite

Prevod in priredba: dr. A. Köveš

Vir: Poster Kemppi

VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3



VAR-TEHNIKA d.o.o.

Industrijska ul. 4B

SI-9220 Lendava

Tel: +386 (0)2 600 5000

Fax: +386 (0)2 600 5001

E: info@var-teh.si

I: www.var-teh.si

VAR-TEH

| varjenje | rezanje | potrošni materiali |
| servis |



Celoviti pristop k zaščiti okolja pri termičnem rezanju in varjenju kovin

Primeri iz prakse - zaščita okolja in delovnega mesta pri termičnem rezanju kovin

1. Priporočena rešitev odsesovanja pri uporabi portalnih CNC rezalnikov (postopek rezanja je avtogeno ali plazma)

Optimalne rezultate dobimo z ureditvijo odsesovanja plinov in prahu na delovnem mestu za termični razrez materiala (plazma/avtogeno) s filtriranjem odsesanega zraka na sledeči način:

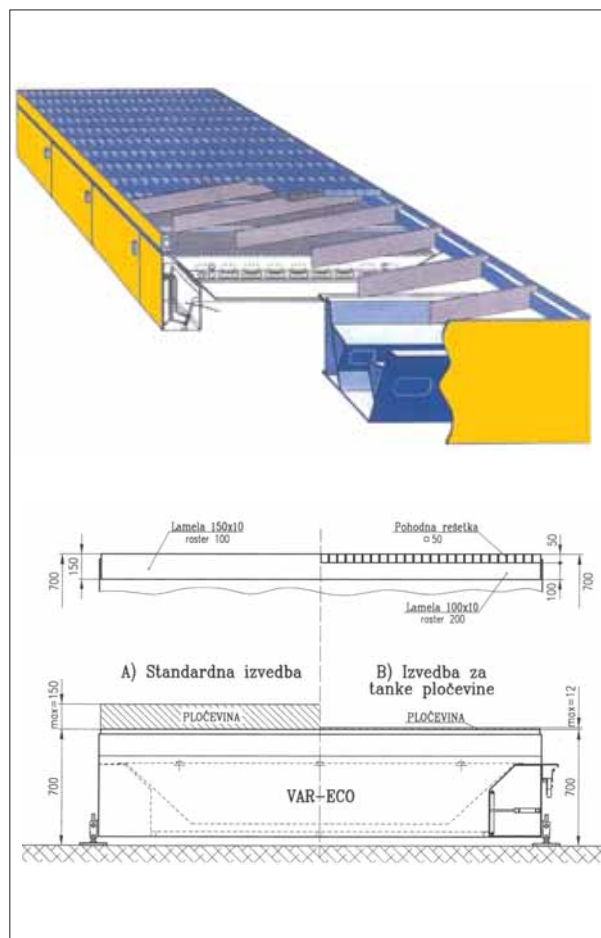
- za portalni CNC rezalnik, ki je lahko opremljen z gorilniki za plamensko in/ali plazemsko rezanje, uporabimo sodobno podložno mizo za pločevino s spodnjim odsesovanjem in pri tem upoštevamo velikost pločevine ter število rezalnih glav,
- podložno mizo za pločevino s spodnjim odsesovanjem povežemo na odsesovalni kanal,
- odsesovalni kanal speljemo do odsesovalno-filtrirne naprave, ki mora omogočiti odsesovanje in čiščenje zraka po veljavnih okoljevarstvenih predpisih (za odsesovanje na delovnih mestih, kot tudi za izpust filtriranega/očiščenega zraka v atmosfero)

2. Opis sodobne podložne mize za pločevino s spodnjim segmentnim odsesovanjem:

Večina prahu in plinov, ki nastane pri termičnem rezanju, se usmeri navzdol pod pločevino, ki se reže. Prečni odsesovalni kanali morajo biti tako oblikovani in nameščeni, da ne potegnejo večje delce, vse ostalo pa, kar je usmerjeno navzdol (prah, plin) in vse kar se odbije nazaj (ali navzgor) od stranic in dna podložne mize za pločevino, učinkovito posrka. Prostor med prečnimi odsesovalnimi kanali mora biti tudi fizično ločen s pregrado, sicer pride do velikih izgub pri odsesovanju (ventilator vleče zrak tudi iz sosednjega prostora!) in prah leti tudi izven področja odsesovanja.

Pri rezanju s plazmo sta lahko istočasno odprta tudi dva prečna kanala (pogoj za izpolnitev veljavnih EU predpisov pri vzdolžnem rezanju).

Priporoča se uporaba takšnih podložnih miz za pločevino s spodnjim segmentnim odsesovanjem (standardna izvedba kanalov za segmentno odsesovanje z rasterjem 500 mm, pnevmatsko odpiranje odsesovalnih loput, aktiviranje pnevmatskih ventilov opravlja sam CNC rezalnik, okvir za nalaganje pločevine in posoda za odpadni material z možnostjo dviganja pri čiščenju), ki jih npr. Varstroj proizvaja pod imeni VAR-ECO.



VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3



3. Opis sodobnega sistema za odsesovanje in filtriranje zraka, ki se priporoča za uporabo pri termičnem rezanju kovin

Sodobni odsesovalno-filterski sistemi, ki jih priporočamo za uporabo pri termičnem rezanju kovin, morajo imeti sledeče lastnosti:

- sestavljeni morajo biti iz ločene predčistilne enote (npr. ciklon za mehansko ločitev večjih delcev) in osrednje filterske enote (za filtriranje finih delcev), kjer so nameščeni tipski suhi filterski vložki cilindrične oblike,
- filterski vložki morajo biti tako nameščeni, da omogočajo enostavno kontrolo in zamenjavo,
- filterski vložki morajo imeti dober učinek filtriranja (kvaliteta mora biti potrjena s certifikatom po BIA ali po EN 1822) in imeti dolgo življensko dobo tudi pri čiščenju s suhim stisnjenim zrakom,
- odsesovalno-filterska naprava mora omogočati enostavni nadzor delovanja in imeti vgrajen sistem za avtomatsko čiščenje filterskih vložkov (patron) s stisnjenim zrakom
- pod filtrom se mora nahajati posoda za zbiranje prahu.

4. Napotki za izbiro velikosti odsesovalno-filterske naprave pri termičnem rezanju kovin

Za izbiro oz. določitev velikosti odsesovalno-filterske naprave oz. kapacitete odsesovalnega ventilatorja je potrebno poznati:

- a) Izvedbo podložne mize za pločevino s spodnjim odsesovanjem (npr. razdalja med prečnimi odsesovalni kanali je izveden z rasterjem 500 mm),
- b) Velikost podložne mize za pločevino oz. dimenzije pločevine (npr. za pločevine 1,5m x 3m, 2m x 4m, 2m x 6m, 2,5m x 6m, 3m x 6m, itd.),
- c) Konfiguracijo CNC rezalnika: postopke termičnega rezanja, število gorilnikov in vrste ter debelino materialov, ki se reže, kot tudi jakost naprave za rezanje s plazmo, npr.:
 - avtogeno z 4 gorilniki (navadno jeklo debeline do 150mm)
 - avtogeno z 2 gorilniki (navadno jeklo do 300 mm),
 - plazma z 1 gorilnikom (navadna jekla do 20 mm),
 - plazma z 1 gorilnikom (navadna in Cr-Ni jekla do 20 mm),
 - plazma z 1 gorilnikom (navadna in Cr-Ni jekla do 50 mm),
 - kombinirano: plazma z 1 gorilnikom (navadna in Cr-Ni jekla do 50 mm) in avtogeno z 2 gorilniki (navadno jeklo debeline do 150 mm), itd.

VARILNA TEHNIKA, Vol. 59, 2010-3



Slika. Varstoj priporoča uporabo odsesovalno-filterskih naprav serije AIR-ECO tipa MDB proizvajalca Varstoj-PlymoVent, ki so modullo grajeni sistemi z veliko kapaciteto odsesovanja (od 3.000 m³/h do 12.000 m³/h - odvisno od velikosti naprave in vgrajenega ventilatorja). Te naprave imajo vgrajene tipske filterske vložke-patrone visoke kvalitete (razred »C« po BIA oz. razred »M« po DIN EN 60335-2-69) iz poliestra, vsaka ima po 15m² aktivne filtrirne površine. Oblika je cilindrična (patronski filterski vložek), čiščenje je izvedeno avtomatsko s suhim stisnjenim zrakom, ki jo upravlja mikroprocesor.

Na osnovi teh podatkov je potem potrebno izbrati primerno veliko in preverjeno odsesovalno-filtersko napravo, ki je ustrezna pri termičnem rezanju kovin. Pri uporabi podložnih miz za pločevino s spodnjim segmentnim odsesovanjem tipa VAR-ECO se velikost odsesovalno-filterske naprave lahko določi na osnovi Preglednice 1.

5. Primer izvedbe odsesovanja na srednje velikem portalnem CNC rezalniku (avtogeno in plazemsko rezanje)

Portalni CNC rezalnik tipa VARCUT 3,2 L2/Ph-2,5x12/1(G+PL) je namenjen za avtogeno in plazemsko rezanje pločevin širine do 2.500 mm in dolžine do 12.000 mm s podatki, navedenimi v Preglednici 2.

Pri rezanju s plazmo je potrebno odsesovanje, zato smo se pri tem projektu odločili za uporabo podložne mize za pločevino s segmentnim odsesovanjem tipa VAR-ECO 2,6 x 12.

Po izkustvenih podatkih je potrebno z optimalno izvedbo odsesovanja za ta primer (en gorilnik za avtogeno rezanje, en gorilnik za rezanje s plazmo jakosti nad 250 A) uporabiti odsesovalno-filtersko napravo s kapaciteto min. 7.400 m³/h.

25



Preglednica 1.

Tip podložnog stola	Pločevina		Potrebno odsesovanje (m ³ /h)		
	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Avtogeno (max.2 gorilnika) HD-plazma (max.100A)	Avtogeno (2 gorilnika) Plazma (max.200A)	Avtogeno (>2 gorilnika) Plazma (>250A)
VAR-ECO 1,6	1.500	2.000 do 12.000	2.400	3.500	5.000
VAR-ECO 2,1	2.000	2.000 do 12.000	3.500	5.000	6.200
VAR-ECO 2,6	2.500	2.000 do 12.000	4.100	5.800	7.400
VAR-ECO 3,1	3.000	2.000 do 12.000	5.400	6.800	8.600

Preglednica 2.

Število gorilnikov za rezanje:	1 kom plazma do 300 A 1 kom avtogeno
Vrsta materiala:	nelegirana jekla, visokolegirana jekla (tudi Cr-Ni), ne reže se Al
Stanje površine, ki se reže:	table pločevin so nepobarvane in brez olja
Debelina materiala:	plazma: max. 60 mm, avtogeno: max. 150 mm
Odsesovanje obratuje:	neprekinjeno pri rezanju
Mesto postavitve odsesovalno-filterske enote je v neposredni bližini rezalnika	



Na osnovi teh podatkov je bila izbrana stabilna odsesovalno-filterska naprava z možnostjo avtomatskega čiščenja filterskih vložkov tipa ECO-AIR 180/11 MDB-12. Naprava omogoča kapaciteto odsesovanja do 9.000 m³/h in je opremljena s 11 kW ventilatorjem, ki se namesti ob odsesovalno-filtrirni napravi. Modulno zgrajeni osrednji filterski del vsebuje 12 kom filterskih vložkov visoke kvalitete iz polyestra od katerih ima vsaka po 15 m² aktivne filtrirne površine (skupaj 180 m² aktivne filtrirne površine).

Izgled izvedene kompletne linije za rezanje (CNC rezalnik + podložna miza za pločevino + odsesovalno-filterska naprava) moremo videti na naslednji sliki.

Literatura:

- 1) BGI 593 ... Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren, BG-Information, Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (2003),
- 2) Prospekti firm: PlymoVent Švedska in Varstroj Lendava

János Orbán, dipl. ing.
VARSTROJ d.d, Lendava

Slika. Modulno grajeni sistemi AIR-ECO tipa MDB



VAR-TEHNIKA d.o.o.

Industrijska ul. 4B
SI-9220 Lendava
Tel: +386 (0)2 600 5000
Fax: +386 (0)2 600 5001
E: info@var-teh.si
I: www.var-teh.si



**Dvoosni solarni dovajalni sistemi
KemTRACK**

- V ognju pocinkana jeklena konstrukcija z torzijskimi rokami
- Za vse vetrovne in snežne obremenitve po DIN EN 1055 standardu
- Dolgoživi industrijsko preizkušeni pogoni
- Drsní ležaji brez potrebe po vzdrževanju
- Permanentno natančni astronomski izračuni položaja sonca
- Avtarkično daljinsko krmiljenje posameznega sledilnika
- Nizki transportni stroški zaradi privijačenih modularnih elementov
- Preizkušena statika konstrukcije sledilnikov
- Povečevanje izkupička do 40 %
- Možnost izdelave konstrukcije glede na naravnani projekt



Dodatne opcije:

- Strelvodni lovilni drog na sledilnikih
- Azimut mehanično končno stikalo
- USV - baterija z nadziranjem položajev
- AC - prenapetostna zaščita
- Dajalnik vetra z gretjem in redundanco
- Boost - način za hitrejši doseg zaščitnega položaja pri vetrovnem alarmu

Tehnični podatki	KemTRACK			
	60	70	80	120
Priključna napetost	230 V / 50 Hz			
Modularna površina	63 m ²	73 m ²	83 m ²	123 m ²
Širina posameznega modula	10.400 mm	10.400 mm	11.750 mm	13.500 mm
Višina posameznega modula	6.200 mm	7.200 mm	7.200 mm	9.100 mm
PV – zmogljivost	8 – 11,4 kWp	9,2 – 13,2 kWp	10,8 – 15,4 kWp	15,8 – 22,6 kWp
Nosilnost	cca. 950 kg	cca. 1.100 kg	cca. 1.300 kg	cca. 1.900 kg
Masa	od 2.000 kg	od 2.300 kg	od 2.600 kg	od 3.200 kg
Izvedba pogonov	električni zasučni in linearni pogoni			
Zmogljivost pogonov	elevacija cca. 130 W azimut cca. 120 W		elevacija cca. 180 W azimut cca. 180 W	
Azimutni kot	280°			
Elevacijski kot	20 - 90°			30 - 90°
Premer stebra	355,6 mm		457 mm	660 mm
Odmik od tal	500 – 3000 mm			700 mm
Nastavljivost vetrobrana	do 15 m/s			
Temeljenje	vijačenje oz. betoniranje			



ZAVAR

Podjetje za VARILNO TEHNIKO d.o.o.

Mariborska c. 46 A
2352 Selnica ob Dravi
Tel: 02/673-02-55
Fax: 02/673-02-57
www.zavar.si
zavar@zavar.si



Plinska oprema:

- armature in naprave plinske tehnike
- razvoj plinske in varilne opreme,
- plinske instalacije,
- servis in rezervni deli plinske in varilne opreme,
- zastopstvo in trgovina.



Varilna šola in atestiranje varilcev:

- atestiranje varilcev po EN 287-1, 2,
- varilna šola in izobraževanje strokovnega kadra,
- reparaturno varjenje.



STANDARDNI TEČAJI:

- tečaj plamenskega varjenja,
- tečaj ročnega obločnega varjenja,
- tečaj varjenja po MIG/MAG postopku,
- tečaj varjenja po TIG postopku,
- tečaj plamenskega spajkanja jekla in barvnih kovin,
- tečaj plamenskega rezanja,
- tečaj reparaturnega varjenja,
- tečaj varilnega spajkanja po MIG postopku,



NAMENSKI TEČAJI:

- tečaj varjenja tanke pločevine po MAG postopku,
- tečaj varjenja po MIG postopku – razen Al,
- tečaj plamenskega varjenja cevi,
- tečaj varjenja cevi po TIG postopku,
- tečaj varjenja tanke pločevine po TIG postopku.



*Pooblaščen izvajalec poklicne
kvalifikacije za varilce*



Matematični model odvisnosti oblike in dimenzij zvara od parametrov navarajanja pri postopku EPP – II. del

S. Đurić¹, B. Sabo²,
M. Perović³, P. Dašić⁴

¹Institut IMK „14.oktobar“, Kruševac

²Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

³AD Kombinat aluminijuma, Podgorica

⁴Visoka tehnička mašinska škola Trstenik

V članku so opisani eksperimenti, ki so bili uporabljeni za določitev vplivov parametrov navarajanja EPP/SAW na obliko in dimenzije navara. Planirano je bilo več eksperimentov, ki so vključevali več različnih spremenljivk. Pri tem so se spreminjali najpomembnejši parametri navarajanja (I - jakost toka, U - napetost in v - hitrost navarajanja). Po izvedenem navarjanju je bila izvedena kontrola in merjenje vpliva parametrov navarajanja na navar, kot je h_n - višina temena navara, h_p - globina varjenja oziroma penetracija in širina temena navara. Rezultat eksperimentov je matematičen model obdelan s posebnim za to razvitim programskim paketom »Statistična obdelava eksperimentalnih podatkov«. Dobljene matematične enačbe zelo natančno opisujejo matematično odvisnost dimenzij navara od parametrov navarjanja.

Povzetek

Ključne besede

načrt eksperimentov, vplivni parametri navarjanja, EPP, jakost toka, napetost, hitrost navarjanja, višina temena navara, globina navara, trdota navara, obraba, matematičen model.

MATHEMATICAL MODEL DEPENDENCE OF BEVEL GROOVE SHAPE AND DIMENSION TO OVERWELDING PARAMETERS S A W TREATMENT – I-Part

In this paper is shown description of experiment that served for determination of EPP/SAW treatment overwelding parameters influence to overwelding shape and dimensions. According to set multifactor plan of experiment, many different factors of overwelding changed (I – Currency power, U – Voltage, v – Overwelding velocity) and overwelding dimensions and shape influences has been measured (h_n – Overwelding height, h_p – Overwelding depth, penetration, b – Overwelding width). Results of experiment are mathematically processed by, especially for this purpose, “Statistical process of experimental data” program package. Achieved mathematical data precisely describe mathematical dependence of overwelding dimensions to overwelding parameters.

Summary

Key words

experiment plan, factors, overwelding, arc welding in powder, currency power, voltage, overwelding velocity, overwelding height, overwelding width, overwelding depth, overwelding hardness, wearing, mathematical model.

6.1.2 Matematičen model višine navara $h_n = f(I, U, v)$ brez medsebojnih vplivov

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člana polinoma b_0 (enačba 5) in linijskim vplivom faktorjev b_i ($i = 1, 2, 3$) - enačbe 6, 7 in 8, ima njihov matematičen model za višino navara v kodirani obliki naslednjo obliko:

$$y = 1,29245 + 0,07412 \cdot x_1 - 0,05367 \cdot x_2 - 0,009390 \cdot x_3 \quad (12)$$

Na osnovi izračunanih podatkov se lahko določi prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp\left(b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i\right) = \exp(b_0) + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 1,2743 \quad (13)$$

Prav tako se lahko na osnovi izračunanih podatkov določijo parametri dekodiranega modela z linijskim vplivom faktorjev q_i ($i = 1, 2, 3$) na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot b_1 = 0,73876 \quad (14)$$

$$q_2 = A_2 \cdot b_2 = -0,58870 \quad (15)$$

$$q_3 = A_3 \cdot b_3 = -0,46317 \quad (16)$$

Regresijska enačba v naravnih koordinatah brez medsebojnih vplivov oziroma matematična odvisnost višine navara h_n od jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v je naslednja:

$$h_n = 1,27434 \cdot I^{0,73876} \cdot U^{-0,58870} \cdot v^{-0,46317} \quad (17)$$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnih vplivov znaša:

$$R = 0,79922 \quad (18)$$

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnih vplivov znaša:

$$\bar{a} = 5,48369 [\%] \quad (19)$$

6.1.3 Matematičen model višine navara $h_n = f(I, U, v)$ z medsebojnimi vplivi

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člana polinoma b_0 z linijskim vplivom faktorjev in faktorjev

medsebojnih vplivov drugega reda, ima matematičen model za višino navara z linijskim vplivom faktorjev in s faktorji medsebojnih vplivov drugega reda v kodirani obliki naslednjo obliko:

$$y = 1,29245 + 0,07412 \cdot x_1 - 0,05367 \cdot x_2 - 0,009390 \cdot x_3 - 0,03223 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,03240 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,02422 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (20)$$

Na osnovi izračunanih podatkov enačbe se lahko določi prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp\left(b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^3 b_{ij} a_i a_j\right) = 1,03109 \cdot 10^{-13} \quad (21)$$

Na osnovi izračunanih podatkov enačbe se lahko določijo parametri dekodiranega modela z linijskim vplivom faktorjev na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot (b_1 + b_{12} \cdot a_2 + b_{13} \cdot a_3) = 0,79240 \quad (22)$$

$$q_2 = A_2 \cdot (b_2 + b_{12} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_3) = -0,64596 \quad (23)$$

$$q_3 = A_3 \cdot (b_3 + b_{13} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_2) = -0,18777 \quad (24)$$

Na osnovi izračunanih podatkov se lahko določijo parametri dekodiranega modela dvo faktorjih medsebojnih vplivov na osnovi enačb:

$$q_{12} = A_1 \cdot A_2 \cdot b_{12} = -3,52378 \quad (25)$$

$$q_{13} = A_1 \cdot A_3 \cdot b_{13} = 1,59267 \quad (26)$$

$$q_{23} = A_2 \cdot A_3 \cdot b_{23} = 1,31057 \quad (27)$$

Regresijska enačba v naravnih koordinatah oziroma matematična odvisnost višine navara h_n od jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v z medsebojnimi vplivi se lahko opiše z enačbo:

$$h_n = 1,031109 \cdot 10^{-13} \cdot I^{0,79240} \cdot U^{-0,64596} \cdot v^{-0,18777} \cdot e^{-3,52378 \cdot \ln I \cdot \ln U + 1,59267 \cdot \ln I \cdot \ln v + 1,31057 \cdot \ln U \cdot \ln v} \quad (28)$$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$R = 0,85915 \quad (29)$$



Tabela 6.3 Matematična oblika regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami

Oblika regresijske enačbe	Regresijska enačba v kodirani obliki	Regresijska enačba v naravnih koordinatah	R	$\bar{\alpha}$
Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov	$y = 1,29245 + 0,07412 \cdot x_1 - 0,05367 \cdot x_2 - 0,009390 \cdot x_3$	$y = 1,29245 + 0,07412 \cdot x_1 - 0,05367 \cdot x_2 - 0,009390 \cdot x_3 - 0,03223 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,03240 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,02422 \cdot x_2 \cdot x_3$	0,79922	5,48370
Regresijska enačba z medsebojnimi vplivi	$h_n = 1,27434 I^{0,73876} \cdot U^{-0,58870} \cdot v^{-0,46317}$	$h_n = 1,031109 \cdot 10^{-13} \cdot I^{0,79240} \cdot U^{-0,64596} \cdot v^{-0,18777} \cdot e^{-3,52378 \cdot \ln I \cdot \ln U + 1,59267 \cdot \ln I \cdot \ln v + 1,31057 \cdot \ln U \cdot \ln v}$	0,85915	4,14384

Tabela 6.4 Korelacija vhodno-izhodnih informacij eksperimentalnih podatkov in računskih vrednosti funkcije $h_n = f(I, U, v)$

Stevilka eksperiment	Zaporedje eksperiment	Kodirane vrednosti				Izmerjene vrednosti		Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov			Regresijska enačba z medsebojnimi vplivi		
		x_0	x_1	x_2	x_3	h_{ni}	$y_i = \ln h_{ni}$	$\ln h_{nirač}$	$h_{nirač}$	α_i	$\ln h_{nirač}$	$h_{nirač}$	α_i
1.	08	+1	+1	+1	+1	3,50	1,2527630	1,219011	3,3838	2,694	1,243398	3,4674	0,748
2.	07	+1	+1	+1	-1	4,00	1,3862944	1,406810	4,0829	-1,480	1,317961	3,7358	4,929
3.	06	+1	+1	-1	+1	4,20	1,4350845	1,326345	3,7672	7,577	1,366751	3,9226	4,762
4.	05	+1	+1	-1	-1	4,70	1,5475625	1,515143	4,5455	2,159	1,538198	4,6562	0,605
5.	04	+1	-1	+1	+1	3,20	1,1631508	1,070763	2,9176	7,943	1,094818	2,9886	5,875
6.	03	+1	-1	+1	-1	3,70	1,3083328	1,258562	3,5204	3,804	1,298968	3,6655	0,716
7.	02	+1	-1	-1	+1	3,00	1,0986123	1,178096	3,2482	-7,235	1,089248	2,9720	0,852
8.	01	+1	-1	-1	-1	4,30	1,4586150	1,365895	3,9192	6,357	1,390282	4,0160	4,685
9.	09	+1	0	0	0	3,60	1,2809338	1,292453	3,6417	-0,899	1,292453	3,6417	-0,899
10.	10	+1	0	0	0	3,50	1,2527630	1,292453	3,6417	-3,168	1,292453	3,6417	-3,168
11.	11	+1	0	0	0	3,30	1,1939225	1,292453	3,6417	-8,253	1,292453	3,6417	-8,253
12.	12	+1	0	0	0	3,10	1,1314021	1,292453	3,6417	-14,235	1,292453	3,6417	-14,235

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$\bar{\alpha} = 4,14384 [\%] \quad (28)$$

6.1.4 Primerjalna analiza matematičnih modelov višine navara brez in z medsebojnimi vplivi

Matematični obliki regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami sta podani v tabeli 6.3.

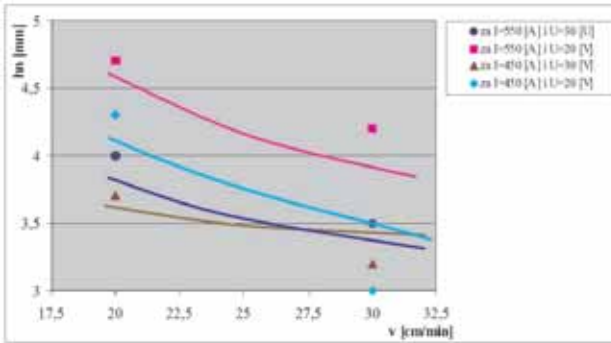
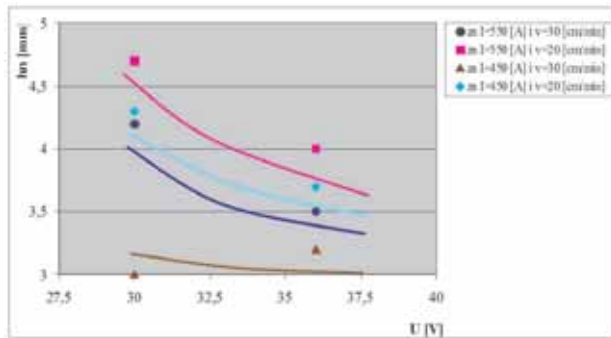
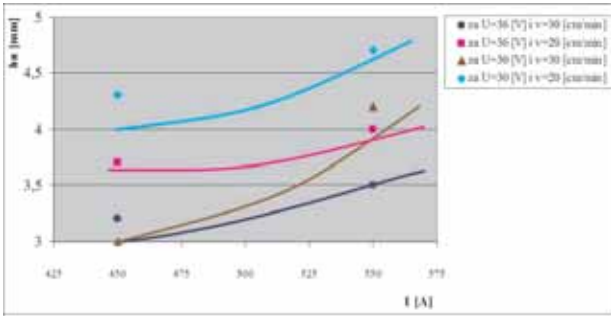
Na osnovi izmerjenih vrednosti za višino navara h_n (tabela 5.1) in izračunanih parametrov funkcije se lahko izračunajo vrednosti regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev ter napaka eksperimenta – tabela 6.4.

Na osnovi vrednosti koeficienta korelacije R in srednje relativne napake eksperimenta $\bar{\alpha}$ za re-

gresijsko enačbi brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev, tabela 6.3. in 6.4., lahko zaključimo, da regresijske enačbi dobro predstavljata eksperimentalne podatke. Koeficient korelacije R je pri obeh regresijskih enačbah večji od 0,799 ($R > 0,799$), srednja relativna napaka eksperimenta $\bar{\alpha}$ pa manjša od 5,5 [%] ($< 5,5 \%$). To pomeni, da se lahko faktorji medsebojnih vplivov b_{12} , b_{13} in b_{23} zanemarijo in izključijo iz regresijske enačbe. Tako lahko brez večje statistične napake uporabimo regresijsko enačbo brez medsebojnega vpliva faktorjev.

Na osnovi vrednosti koeficientov v enačbah v kodiranih koordinatah in se lahko oceni intenzivnost vpliva parametrov procesa na funkcijo odziva. V konkretnem primeru je največja vrednost koeficienta b_3 , nato b_1 ter na koncu b_2 , kar pomeni, da imajo največji vpliv na funkcijo višine navara h_n po vrsti hitrost v , jakost toka I in nazadnje napetost U , slika 6.2. Vpliv jakosti toka I je pozitiven oziroma rastoč medtem ko je vpliv napetosti U in hitrosti v negativen oziroma

padajoč. Faktorji medsebojnih vplivov imajo po vrsti od b_{13} , b_{12} do b_{23} najmanjši vpliv.



Slika 6.2 Grafičen prikaz vpliva faktorjev na funkcijo višine navara $h_p = f(I, U, v)$

6.2.1 Matematično modeliranje globine uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$

V času raziskav smo zasledovali vrednosti globine uvarjanja h_p [mm] v odvisnosti od jakosti toka I [A], napetosti U [V] in hitrosti varjenja v [cm/min] v pogojih, ki so bili dani v okviru pogojev raziskovanja. Izmerjene vrednosti globine uvarjanja h_p v [mm] za različne kombinacije I , U in v pri popolnem tri faktor-skem planu eksperimentov so prikazane v tabeli 6.5.

Prosti člen polinoma b_0 računamo po enačbi:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N X_{0u} \cdot Y_{iu} = 1,87277 \quad (29)$$

Koeficiente z linijskim vplivom faktorjev b_i ($i=1,2,3$) računamo po enačbah:

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot Y_{iu} = 0,21275 \quad (30)$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{2u} \cdot Y_{iu} = 0,03546 \quad (31)$$

$$b_3 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{3u} \cdot Y_{iu} = -0,05109 \quad (32)$$

Koeficiente z linijskim vplivom faktorjev b_{ij} ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$) računamo po enačbah:

$$b_{12} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot X_{2u} \cdot Y_{iu} = -0,02852 \quad (33)$$

$$b_{13} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot X_{3u} \cdot Y_{iu} = -0,04701 \quad (34)$$

$$b_{23} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n X_{2u} \cdot X_{3u} \cdot Y_{iu} = 0,02194 \quad (35)$$

Po zaporednem vključevanju faktorjev po vrsti oziroma po pomembnosti se iz množice $2^k - 1 = 7$ regresijskih enačb izdvoji $(k + m) = (3 + 3) = 6$ različnih regresijskih enačb za globino uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$, brez ali z medsebojno vplivnimi faktorji. Na osnovi izračunanih regresijskih parametrov b_0, b_1, b_{ij} in na osnovi razlik med koeficienti regresije (R^2) se za vsako novo vključeno regresijsko enačbo lahko izračuna procentualna vrednost vseh regresijskih parametrov B_i in B_{ij} v [%], tabela 6.6.

Na sliki 6.3. je podan grafični prikaz relativnega deleža v odstotkih za vsak faktor posebej na vrednost odvisne spremenljivke $h_p = f(I, U, v)$ v obliki histograma.

6.2.2 Matematičen model za globino uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$ brez medsebojnih vplivov

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člana polinoma b_0 in faktorjev b_i ($i = 1, 2, 3$), dobi matematični model za globino uvarjanja naslednjo obliko:

$$y = 1,87277 + 0,21275 \cdot x_1 + 0,03546 \cdot x_2 - 0,05109 \cdot x_3 \quad (36)$$



Tabela 6.5 Načrt matrike popolnega tri faktorskega eksperimenta in izmerjene vrednosti globine penetracije h_p [mm]

Številka	Številka vpliva parametra	Parametri regresije b_0, b_1, b_{ij}	Koeficient regresije (R) za rangirano regresijsko enačbo	Delež parametrov regresije v odstotkih B_i, B_{ij} [%]
1.	-	$b_0 = 1,87277$	-	-
2.	1.	$b_1 = 0,21275$	0,90502	81,906
3.	4.	$b_2 = -0,03546$	0,94635	1,583
4.	2.	$b_3 = -0,05109$	0,92300	3,287
5.	5.	$b_{12} = -0,02852$	0,95174	1,023
6.	3.	$b_{13} = -0,04701$	0,93795	2,782
7.	6.	$b_{23} = 0,02194$	0,95492	0,606
8.	-	ostanek	-	8,813

Tabela 6.6 Tabelaričen prikaz rangiranja in izbora faktorjev na funkcijo za globino uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$

Številka eksperimenta	Zaporedje eksperimenta	Kodirane vrednosti				Naravne vrednosti			Izmerjene vrednosti	
		x_0	x_1	x_2	x_3	I	U	v	h_{pi}	$y_i = \ln h_{pi}$
1.	08	+1	+1	+1	+1	550	36	30	7,50	2,0149030
2.	07	+1	+1	+1	-1	550	36	20	9,50	2,2512918
3.	06	+1	+1	-1	+1	550	30	30	7,70	2,0412203
4.	05	+1	+1	-1	-1	550	30	20	9,00	2,1972246
5.	04	+1	-1	+1	+1	450	36	30	6,20	1,8245493
6.	03	+1	-1	+1	-1	450	36	20	5,50	1,7047481
7.	02	+1	-1	-1	+1	450	30	30	4,80	1,5686159
8.	01	+1	-1	-1	-1	450	30	20	5,50	1,7047481
9.	09	+1	0	0	0	500	33	24,5	6,20	1,8245493
10.	10	+1	0	0	0	500	33	24,5	6,00	1,7917595
11.	11	+1	0	0	0	500	33	24,5	6,00	1,7917595
12.	12	+1	0	0	0	500	33	24,5	5,80	1,7578579

Po izračunu moremo določiti prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp\left(b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i\right) = \exp\left(b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3\right) = 7,165510^{-6} \quad (37)$$

Prav tako moremo na osnovi izračunanih podatkov določiti faktorje, kot parametre modela, q_i ($i=1,2,3$) na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot \lambda_1 = 2,12036 \quad (38)$$

$$q_2 = A_2 \cdot \lambda_2 = -0,38899 \quad (39)$$

$$q_3 = A_3 \cdot \lambda_3 = -0,25201 \quad (40)$$

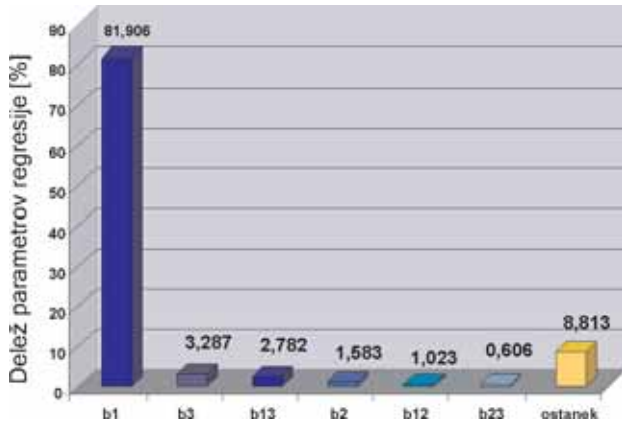
Regresijska enačba v naravnih koordinatah brez medsebojnih vplivov oziroma matematična odvisnost globine uvarjanja h_p od specifične jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v se lahko opiše z enačbo:

$$h_p = 7,1655 \cdot 10^{-6} \cdot I^{2,12036} \cdot U^{0,38899} \cdot v^{-0,25201} \quad (41)$$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnih vplivov znaša:

$$R = 0,931533 \quad (42)$$

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnih vplivov znaša:



Slika 6.3. Grafičen prikaz razvrščanja in izbora faktorjev z ozirom na funkcijo globine uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$

$$\bar{a} = 3,77140 [\%] \quad (43)$$

6.2.3 Matematičen model za globino uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$ z medsebojnimi vplivi

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člana polinoma b_o , z linijskim vplivom faktorjev $b_i (i=1,2,3)$ in faktorjev medsebojnih vplivov drugega reda $b_{ij} (i=1,2,3; j=1,2,3)$, ima matematičen model za globino uvarjanja z linijskim vplivom faktorjev in z faktorji medsebojnih vplivov drugega reda v kodirani obliki naslednjo obliko:

$$y = 1,87277 + 0,21275 \cdot x_1 + 0,03546 \cdot x_2 - 0,05109 \cdot x_3 - 0,02852 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,04701 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,02194 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (44)$$

Na osnovi izračunanih podatkov enačbe se lahko določi prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp(b_o + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^3 b_{ij} a_i a_j) = 2,0525 \cdot 10^{-49} \quad (45)$$

Na osnovi izračunanih podatkov enačbe se lahko določijo parametri dekodiranega modela z linijskim vplivom faktorjev $q_i (i=1,2,3)$ na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot (b_1 + b_{12} \cdot a_2 + b_{13} \cdot a_3) = 2,51061 \quad (46)$$

$$q_2 = A_2 \cdot (b_2 + b_{12} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_3) = 0,42177 \quad (47)$$

$$q_3 = A_3 \cdot (b_3 + b_{13} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_2) = -0,35769 \quad (48)$$

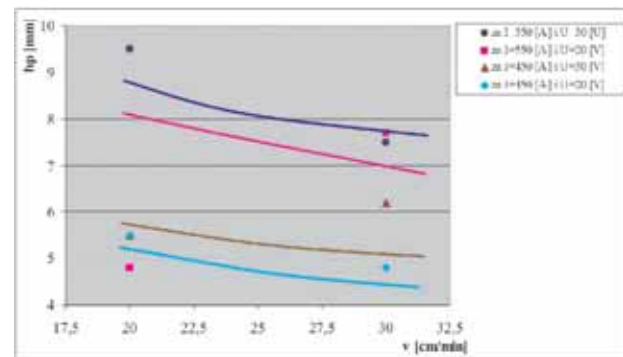
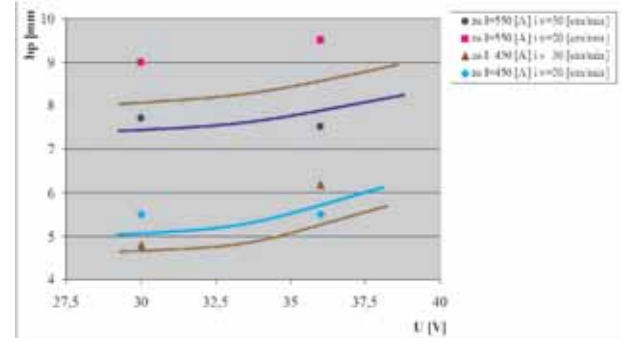
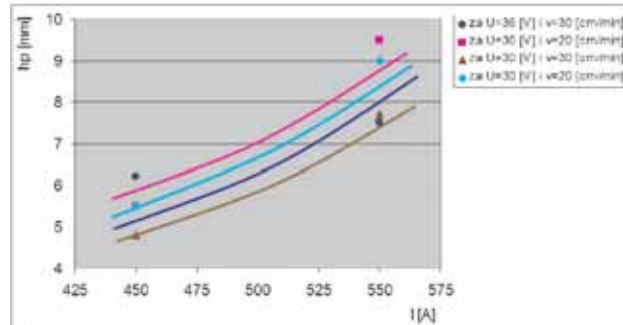
Na osnovi izračunanih podatkov se lahko določijo parametri dekodiranega modela dvo faktorjskih medsebojnih vplivov $q_{ij} (i=1,2,3; j=1,2,3)$ na osnovi enačb:

$$q_{12} = A_1 \cdot A_2 \cdot b_{12} = -3,11840 \quad (49)$$

$$q_{13} = A_1 \cdot A_3 \cdot b_{13} = -2,31096 \quad (50)$$

$$q_{23} = A_2 \cdot A_3 \cdot b_{23} = 1,18734 \quad (51)$$

Regresijska enačba v naravnih koordinatah oziroma matematična odvisnost globine uvarjanja h_p od jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v z medsebojnimi vplivi se lahko opiše z enačbo:



Slika 6.4 Grafičen prikaz vpliva faktorjev na funkcijo globine uvarjanja



Tabela 6.7 Matematična oblika regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami

Oblika regresijske enačbe	Regresijska enačba v kodirani obliki	Regresijska enačba v naravnih koordinatah	R	$\bar{\alpha}$
Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov	$y = 1,87277 + 0,21275 \cdot x_1 + 0,03546 \cdot x_2 - 0,05109 \cdot x_3$	$y = 1,87277 + 0,21275 \cdot x_1 + 0,03546 \cdot x_2 - 0,05109 \cdot x_3 - 0,02852 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,04701 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,02194 \cdot x_2 \cdot x_3$	0,93153	3,77140
Regresijska enačba z medseboj. vplivi	$h_p = 7,1655 \cdot 10^{-6} \cdot I^{2,12036} \cdot U^{0,38899} \cdot v^{-0,25201}$	$h_p = 2,0525 \cdot 10^{-49} \cdot I^{2,51061} \cdot U^{0,42177} \cdot v^{-0,35769} \cdot e^{-3,11840 \cdot \ln I \cdot \ln U - 2,31096 \cdot \ln I \cdot \ln v + 1,18734 \cdot \ln U \cdot \ln v}$	0,95492	2,96927

Tabela 6.8 Korelacija vhodno-izhodnih informacij eksperimentalnih podatkov in računskih vrednosti funkcije $h_p = f(I, U, v)$

Številka eksperimenta	Zaporedje eksperimenta	Kodirane vrednosti				Izmerjene vrednosti		Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov			Regresijska enačba z medsebojnimi vplivi		
		x_0	x_1	x_2	x_3	h_{pi}	$y_i = \ln h_{pi}$	$\ln h_{pirac}$	h_{pirac}	α_i	$\ln h_{pirac}$	h_{pirac}	α_i
1.	08	+1	+1	+1	+1	7,50	2,0149030	2,069886	7,9239	2,729	2,016299	7,5105	0,069
2.	07	+1	+1	+1	-1	9,50	2,2512918	2,172067	8,7764	3,519	2,168608	8,7461	3,673
3.	06	+1	+1	-1	+1	7,70	2,0412203	1,998965	7,3814	2,070	1,958537	7,0889	4,051
4.	05	+1	+1	-1	-1	9,00	2,1972246	2,101146	8,1755	4,373	2,198621	9,0126	0,064
5.	04	+1	-1	+1	+1	6,20	1,8245493	1,644392	5,1779	9,874	1,741866	5,7080	4,532
6.	03	+1	-1	+1	-1	5,50	1,7047481	1,746573	5,7349	2,453	1,706144	5,5077	0,082
7.	02	+1	-1	-1	+1	4,80	1,5686159	1,573471	4,8234	0,309	1,570012	4,8067	0,089
8.	01	+1	-1	-1	-1	5,50	1,7047481	1,675652	5,3423	1,707	1,622065	5,0635	4,850
9.	09	+1	0	0	0	6,20	1,8245493	1,872769	6,5063	2,643	1,872769	6,0635	2,643
10.	10	+1	0	0	0	6,00	1,7917595	1,872769	6,5063	4,521	1,872769	6,0635	4,521
11.	11	+1	0	0	0	6,00	1,7917595	1,872769	6,5063	4,521	1,872769	6,0635	4,521
12.	12	+1	0	0	0	5,80	1,7578579	1,872769	6,5063	6,537	1,872769	6,0635	6,537

$$h_p = 2,0525 \cdot 10^{-49} \cdot I^{2,51061} \cdot U^{0,42177} \cdot v^{-0,35769} \cdot e^{-3,11840 \cdot \ln I \cdot \ln U - 2,31096 \cdot \ln I \cdot \ln v + 1,18734 \cdot \ln U \cdot \ln v} \quad (52)$$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$R = 0,95492 \quad (53)$$

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$\bar{\alpha} = 2,96927 [\%] \quad (54)$$

6.2.4 Primerjalna analiza matematičnih modelov globine uvarjanja $h_p = f(I, U, v)$ brez in z medsebojnimi vplivi

Matematični obliki regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami sta podani v tabeli 6.7.

Na osnovi izmerjenih vrednosti za globina uvarjanja h_p , tabela 5.1, in izračunanih parametrov funkcije se lahko izračunajo vrednosti regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev ter napaka eksperimenta – tabela 6.8.

Na osnovi vrednosti koeficienta korelacije R in srednje relativne napake eksperimenta $\bar{\alpha}$ za regresijsko enačbo brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev, tabela 6.7 in 6.8., lahko zaključimo, da regresijsko enačbo dobro predstavljata eksperimentalne podatke. Koeficient korelacije R je pri obeh regresijskih enačbah večji od 0,93 ($R > 0,93$), srednja relativna

Tabela 6.9 Načrt matrike popolnega tri faktorskega eksperimenta z izmerjenimi vrednostmi širine navara b [mm]

Številka eksperimenta	Zaporedje eksperimenta	Kodirane vrednosti				Naravne vrednosti			Izmerjene vrednosti	
		x_0	x_1	x_2	x_3	I	U	v	b_i	$y_i = \ln b_i$
1.	08	+1	+1	+1	+1	550	36	30	27,00	3,295837
2.	07	+1	+1	+1	-1	550	36	20	29,00	3,367296
3.	06	+1	+1	-1	+1	550	30	30	21,00	3,044524
4.	05	+1	+1	-1	-1	550	30	20	22,00	3,091043
5.	04	+1	-1	+1	+1	450	36	30	21,00	3,044524
6.	03	+1	-1	+1	-1	450	36	20	27,60	3,317816
7.	02	+1	-1	-1	+1	450	30	30	22,50	3,113515
8.	01	+1	-1	-1	-1	450	30	20	24,30	3,190476
9.	09	+1	0	0	0	500	33	24,5	26,00	3,258097
10.	10	+1	0	0	0	500	33	24,5	25,00	3,218876
11.	11	+1	0	0	0	500	33	24,5	25,00	3,218876
12.	12	+1	0	0	0	500	33	24,5	24,50	3,198673

Tabela 6.10 Tabelaričen prikaz rangiranja in izbora faktorjev na funkcijo širine navara $b = f(I, U, v)$

Številka	Številka vpliva parametra	Parametri regresije b_0, b_1, b_{ij}	Koeficient regresije (R) za rangirano regresijsko enačbo	Delež parametrov regresije v odstotkih B_i, B_{ij} [%]
1.	-	$b_0 = 3,19663$	-	-
2.	6.	$b_1 = 0,01655$	0,95885	1,783
3.	1.	$b_2 = - 0,07324$	0,59138	34,973
4.	3.	$b_3 = - 0,05853$	0,89266	22,309
5.	2.	$b_{12} = 0,05865$	0,75747	22,403
6.	4.	$b_{13} = 0,02903$	0,92290	5,490
7.	5.	$b_{23} = - 0,02903$	0,95885	4,982
8.	-	ostanek variacije	-	8,061

napaka eksperimenta $\bar{\alpha}$ pa manjša od 3,5 [%] (<3,5 %). To pomeni, da se lahko faktorji medsebojnih vplivov b_{12} , b_{13} in b_{23} zanemarijo in izključijo iz regresijske enačbe. Tako lahko brez večje statistične napake uporabimo regresijsko enačbo brez medsebojnega vpliva faktorjev.

Na osnovi vrednosti koeficientov v enačbah v kodiranih koordinatah b_i ($i=1,2,3$) in se lahko oceni intenzivnost vpliva parametrov procesa na funkcijo odziva. V konkretnem primeru je največja vrednost koeficienta b_1 nato b_3 ter na koncu b_2 , kar pomeni, da imajo največji vpliv na funkcijo globine uvarjanja h_p po vrsti jakost toka I , hitrost v in nazadnje napetost U , slika 6.4. Vpliv jakosti toka I in napetosti U je pozitiven oziroma rastoč, medtem ko je vpliv hitrosti v negativen oziroma padajoč. Faktorji medsebojnih vplivov imajo po vrsti od b_{13} , b_{12} do b_{23} najmanjši vpliv.

6.3.1 Matematično modeliranje širine navara $b = f(I, U, v)$

Pri preizkušanju smo sledili vrednosti širine navara b [mm] v odvisnosti od jakosti toka I [A], napetosti U [V] in hitrosti v [cm/min] pri pogojih za preizkušanje. Izmerjene vrednosti širine navara b [mm] za različne kombinacije I , U in v pri popolnem tri faktor-skem načrtu eksperimentov so prikazani v tabeli 6.9.

Prosti člen polinoma b_0 računamo po enačbi:

$$b_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N X_{0u} \cdot Y_{iu} = 3,19663 \quad (55)$$

Koeficienta z linijskim vplivom faktorjev b_i ($i=1,2,3$) računamo po enačbah:



Tabela 6.11 Matematična oblika regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami

Oblika regresijske enačbe	Regresijska enačba v kodirani obliki	Regresijska enačba v naravnih koordinatah	R	$\bar{\alpha}$
Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov	$y = 3,19663 + 0,01655 \cdot x_1 + 0,07324 \cdot x_2 - 0,05853 \cdot x_3$	$y = 3,19663 + 0,01655 \cdot x_1 + 0,07324 \cdot x_2 - 0,05853 \cdot x_3 + 0,05865 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,02903 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,02766 \cdot x_2 \cdot x_3$	0,76853	1,56180
Regresijska enačba z medsebojnimi vplivi	$b = 1,33675 \cdot I^{0,16491} \cdot U^{0,80341} \cdot v^{-0,28870}$	$b = 3,727 \cdot 10^{+65} \cdot I^{0,12015} \cdot U^{0,61516} \cdot v^{-0,24555} \cdot e^{6,41248 \cdot \ln I \cdot \ln U + 1,42738 \cdot \ln I \cdot \ln v - 1,49659 \cdot \ln U \cdot \ln v}$	0,95885	0,72908

Tabela 6.12 Korelacija vhodno-izhodnih informacij eksperimentalnih podatkov in računskih vrednosti funkcije $b = f(I, U, v)$

Stevilka eksperimenta	Zaporedje eksperimenta	Kodirane vrednosti				Izmerjene vrednosti		Regresijska enačba brez medsebojnih vplivov			Regresijska enačba z medsebojnimi vplivi		
		x_0	x_1	x_2	x_3	h_{pi}	$y_i = \ln b_i$	$\ln b_{irač}$	$b_{irač}$	α_i	$\ln b_{irač}$	$b_{irač}$	α_i
1.	08	+1	+1	+1	+1	27,00	3,295837	3,227885	25,226	2,062	3,287913	26,787	0,240
2.	07	+1	+1	+1	-1	29,00	3,367296	3,344943	28,359	0,664	3,402221	30,031	-1,037
3.	06	+1	+1	-1	+1	21,00	3,044524	3,081407	21,789	1,211	3,079447	21,746	-1,147
4.	05	+1	+1	-1	-1	22,00	3,091043	3,198465	24,495	3,475	3,083119	21,826	0,256
5.	04	+1	-1	+1	+1	21,00	3,044524	3,194793	24,405	4,936	3,079447	21,746	-1,147
6.	03	+1	-1	+1	-1	27,60	3,317816	3,311852	27,436	0,180	3,309892	27,382	0,239
7.	02	+1	-1	-1	+1	22,50	3,113515	3,048315	21,080	2,094	3,105592	22,322	0,254
8.	01	+1	-1	-1	-1	24,30	3,190476	3,165373	23,698	0,787	3,225401	25,164	-1,095
9.	09	+1	0	0	0	26,00	3,258097	3,196629	24,450	1,887	3,196629	24,450	1,887
10.	10	+1	0	0	0	25,00	3,218876	3,196629	24,450	0,691	3,196629	24,450	0,691
11.	11	+1	0	0	0	25,00	3,218876	3,196629	24,450	0,691	3,196629	24,450	0,691
12.	12	+1	0	0	0	24,50	3,198673	3,196629	24,450	0,064	3,196629	24,450	0,064

$$b_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot Y_{iu} = 0,01655 \quad (56)$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{2u} \cdot Y_{iu} = 0,07324 \quad (57)$$

$$b_3 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{3u} \cdot Y_{iu} = -0,05853 \quad (58)$$

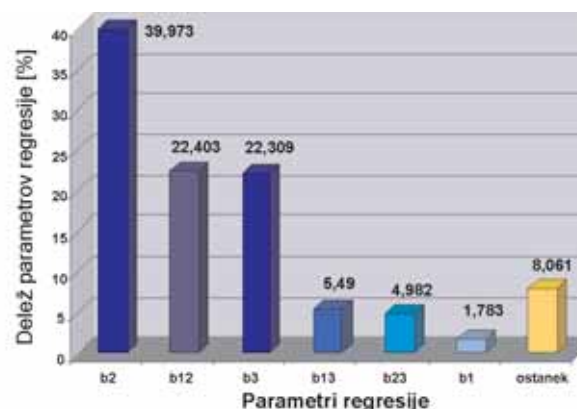
Koeficiente z linijskim vplivom faktorjev b_{ij} ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$) računamo po enačbah:

$$b_{12} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot X_{2u} \cdot Y_{iu} = 0,05865 \quad (59)$$

$$b_{13} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{1u} \cdot X_{3u} \cdot Y_{iu} = 0,02903 \quad (60)$$

$$b_{23} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n X_{2u} \cdot X_{3u} \cdot Y_{iu} = -0,02766 \quad (61)$$

Po zaporednem vključevanju faktorjev po vrsti oziroma po pomembnosti se iz množice $2^k - 1 = 7$ regresijskih enačb izdvoji $(k + m) = (3 + 3) = 6$ različnih regresijskih enačb za širino navara $b = f(I, U, v)$, brez ali z medsebojno vplivnimi faktorji. Na osnovi izračunov



Slika 6.5 Grafičen prikaz razvrščanja in izbora faktorjev z oziroma na funkcijo širine navara $b = f(I, U, v)$



Matematični model odvisnosti oblike in dimenzij zvara od parametrov navarajanja pri postopku EPP – II. del

nanih regresijskih parametrov b_0, b_1, b_{ij} in na osnovi razlik med koeficienti regresije (R^2) se za vsako novo vključeno regresijsko enačbo lahko izračuna procentualna vrednost vseh regresijskih parametrov B_i in B_{ij} v [%], tabela 6.10.

Na sliki 6.5. je podan grafični prikaz relativnega deleža v odstotkih za vsak faktor posebej na vrednost odvisne spremenljivke $b = f(I, U, v)$ v obliki histograma.

6.3.2 Matematičen model širine navara $b = f(I, U, v)$ brez medsebojnega vpliva

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člena polinoma b_0 in linijskim vplivom faktorjev b_i ($i = 1, 2, 3$), ima njihov matematičen model z linijskim vplivom faktorjev za širino navara v kodirani obliki naslednjo obliko:

$$y = 3,19663 + 0,01655 \cdot x_1 + 0,07324 \cdot x_2 - 0,05853 \cdot x_3 \quad (62)$$

Na osnovi izračunanih podatkov se lahko določi prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp(b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i) = \exp(b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3) = 1,33675 \quad (63)$$

Prav tako se lahko na osnovi izračunanih podatkov določijo parametri dekodiranega modela z linijskim vplivom faktorjev q_i ($i = 1, 2, 3$) na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot b_1 = 0,16491 \quad (64)$$

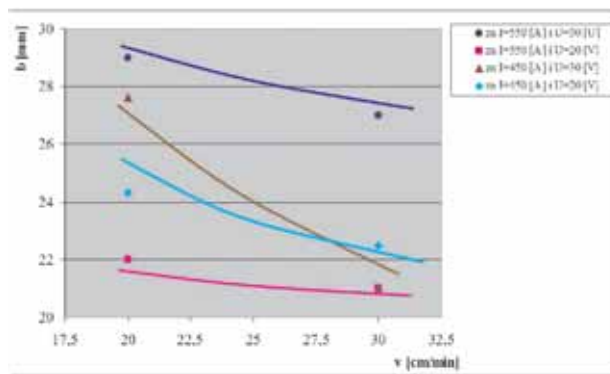
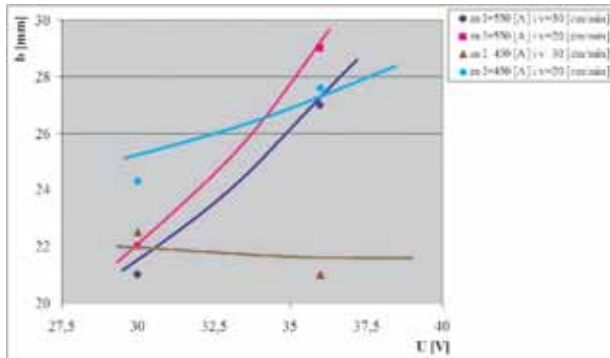
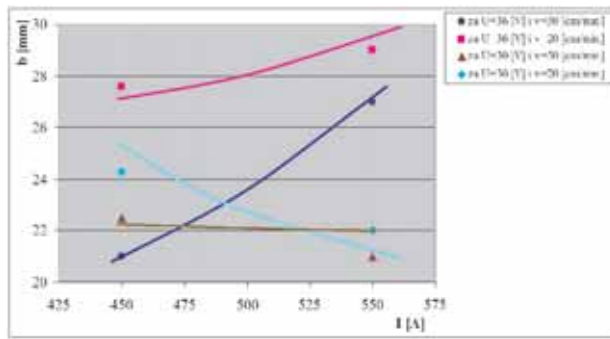
$$q_2 = A_2 \cdot b_2 = 0,80341 \quad (65)$$

$$q_3 = A_3 \cdot b_3 = -0,28870 \quad (66)$$

Regresijsko enačbo v naravnih koordinatah brez medsebojnih vplivov oziroma matematična odvisnost širine navara b od jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v v moremo opisati z:

$$b = 1,33675 I^{0,16491} \cdot U^{0,80341} \cdot v^{-0,28870} \quad (67)$$





Slika 6.6 Grafičen prikaz vpliva faktorja na funkcijo širine navara $b = f(I, U, v)$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnih vplivov znaša:

$$R = 0,76853 \quad (68)$$

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo brez medsebojnega vpliva znaša:

$$\bar{\alpha} = 1,56180 [\%] \quad (69)$$

6.3.3 Matematičen model širine navara $b = f(I, U, v)$ z medsebojnimi vplivi

Na osnovi izračunanih vrednosti prostega člena b_0 z linijskim vplivom faktorjev b_i ($i = 1, 2, 3$) in faktor-

jev medsebojnih vplivov drugega reda b_{ij} ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$), ima matematičen model za širino navara z linijskim vplivom faktorjev in z faktorji medsebojnih vplivov drugega reda v kodirani obliki naslednjo obliko:

$$y = 3,19663 + 0,01655 \cdot x_1 + 0,07324 \cdot x_2 - 0,05853 \cdot x_3 + 0,05865 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,02903 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,02766 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (70)$$

Na osnovi izračunanih podatkov enačbe se lahko določi prosti člen regresijskih enačb:

$$Q = \exp(b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \cdot a_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^3 b_{ij} a_i a_j) = 3,727 \cdot 10^{+65} \quad (71)$$

Prav tako se lahko na osnovi izračunanih podatkov enačbe določijo parametri dekodiranega modela z linijskim vplivom faktorjev q_i ($i = 1, 2, 3$) na osnovi enačb:

$$q_1 = A_1 \cdot (b_1 + b_{12} \cdot a_2 + b_{13} \cdot a_3) = 0,12015 \quad (72)$$

$$q_2 = A_2 \cdot (b_2 + b_{12} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_3) = 0,61516 \quad (73)$$

$$q_3 = A_3 \cdot (b_3 + b_{13} \cdot a_1 + b_{23} \cdot a_2) = -0,24555 \quad (74)$$

Na osnovi izračunanih podatkov se lahko določijo parametri dekodiranega modela dvo faktorjskih medsebojnih vplivov q_i ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$) na osnovi enačb:

$$q_{12} = A_1 \cdot A_2 \cdot b_{12} = 6,41248 \quad (75)$$

$$q_{13} = A_1 \cdot A_3 \cdot b_{13} = 1,42738 \quad (76)$$

$$q_{23} = A_2 \cdot A_3 \cdot b_{23} = -1,49660 \quad (77)$$

Regresijska enačba v naravnih koordinatah oziroma matematična odvisnost širine navara b od jakosti toka I , napetosti U in hitrosti v z medsebojnimi vplivi se lahko opiše z enačbo:

$$b = 3,727 \cdot 10^{+65} \cdot I^{0,12015} \cdot U^{0,61516} \cdot v^{-0,24555} \cdot e^{6,41248 \ln I \cdot \ln U + 1,42738 \ln I \cdot \ln v - 1,49659 \ln U \cdot \ln v} \quad (78)$$

Koeficient korelacije za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$R = 0,95885 \quad (79)$$

Srednja relativna napaka eksperimenta za izbrano regresijsko enačbo z medsebojnimi vplivi znaša:

$$\bar{\alpha} = 0,72908 \text{ [%]} \quad (80)$$

6.3.4 Primerjalna analiza matematičnih modelov širine navara $b = f(I, U, v)$ brez in z medsebojnimi vplivi

Matematični obliki regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev v kodirani in naravni obliki s statističnimi karakteristikami sta podani v tabeli 6.11.

Na osnovi izmerjenih vrednosti za širino navara b in izračunanih parametrov funkcije se lahko izračunajo vrednosti regresijskih enačb brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev ter napaka eksperimenta – tabela 6.12.

Na osnovi vrednosti koeficienta korelacije R in srednje relativne napake eksperimenta $\bar{\alpha}$ za regresijsko enačbo brez in z medsebojnimi vplivi faktorjev, tabela 11. in 12., lahko zaključimo, da regresijsko enačbo dobro predstavljata eksperimentalne podatke. Koeficient korelacije R je pri obeh regresijskih enačbah večji od 0,76 ($R > 0,76$), srednja relativna napaka eksperimenta $\bar{\alpha}$ pa manjša od 1,6 [%] (<1,6 %). To pomeni, da se lahko faktorji medsebojnih vplivov b_{12} , b_{13} in b_{23} vključijo v regresijsko enačbo in tako brez večje statistične napake uporabi regresijska enačba z medsebojnimi vplivi.

Na osnovi vrednosti koeficientov v enačbah v kodiranih koordinatah b_i ($i=1,2,3$) in se lahko oceni intenzivnost vpliva parametrov procesa na funkcijo odziva. V konkretnem primeru je največja vrednost koeficienta b_{21} , sledi mu koeficient b_{31} , najmanjši pa je b_{11} . Tako imajo po vrsti največji vpliv na funkcijo širine navara b jakost toka I , za njim hitrost varjenja v in nazadnje napetost U , slika 6.6. Vpliv jakosti toka I in napetosti U je pozitiven oziroma rastoč, medtem ko je vpliv hitrosti varjenja v negativen oziroma padajoč. Faktorji medsebojnih vplivov imajo zaporedoma od b_{12} , b_{13} do b_{23} najmanjši vpliv.

7 ZAKLJUČEK

Analiza rezultatov izmerjenih vrednosti širine, višine in globine uvara pri navarjanju kovine se je za posamezne eksperimentalne točke pokazalo, da se:

- Višina navara povečuje s porastom jakosti toka navarjanja in zmanjševanjem napetosti obloka in

hitrosti varjenja. Povečanje jakosti toka navarjanja vpliva na povečanje talilnega učinka in manjše razširjanje energije v prostoru, zaradi česar se poveča količina pretaljenega materiala, ki direktno vpliva na povečanje višine in širine temena navara;

- Širina navara povečuje s porastom obločne napetosti, s porastom jakosti toka in zmanjšanjem hitrosti navarjanja. Vzrok za to je v tem, ker povečanje obločne napetosti povzroči povečanje dolžine obloka, kar poveča površino prostora, po kateri se širi toplota oziroma zmanjšuje toplotni pretok. S tem se zmanjšuje globina uvara (penetracije) in višina navara.

- Globina uvara (penetracije) povečuje s porastom jakosti toka navarjanja in zmanjšanjem napetosti oziroma hitrosti navarjanja. Povečanje jakosti toka navarjanja vpliva na povečanje talilnega učinka osnovnega materiala oziroma na globino uvarjanja (penetracijo), medtem ko vpliva zmanjšanje hitrosti navarjanja na povečanje taljenja dodatnega materiala na enoto dolžine navara, kar se odraža v obliki povečanja globine penetracije (uvara).

Dobljeni matematični modeli odvisnosti dimenzije navara od parametrov navarjanja zadosti natančno opisujejo varilni proces in lahko služijo za določitev parametrov procesa navarjanja glede na želene dimenzije navara.

8 LITERATURA

1. Stanić, J.: Metod inženjerskih merjenja, Osnove matematičke teorije eksperimenta, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
2. Dašić, P., Statistička obrada eksperimentalnih podataka, knjiga 1: Jednofaktorna regresiona analiza. Monografija pripravljena za štampu. Trstenik: Viša tehniška mašinska škola, 2003.
3. Dašić, P.: Programski paket „Statistička obrada eksperimentalnih podataka“, Kruševac, 2000.
4. Sabo, B.: Zavisnost između parametara zavarivanja i dimenzija poprečnog presjeka spoja pri automatskom zavarivanju pod praškom, Zavarivanje, Zagreb, 1982.
5. Sabo, B.: Postupci navarivanja i reparaturnog zavarivanja, Predavanja na postdiplomskim studijama, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1986.
6. Perović, M.: Analiza uticaja parametara navarivanja na otpornost na habanje, Magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijski inženjering i menadžment, Novi Sad, 2006.
7. Dašić, P., Đurić, S.: Analiza izbora regresione funkcije debljine prevlake od parametara metalizacije, IMK- 14 Istraživanje i razvoj, broj 1 (10), Institut IMK “14.oktobar” Kruševac, Kruševac, 1999.
8. Dašić, P., Đurić, S.: Izbor regresionih funkcija dimenzija navara pri zavarivanju pod praškom, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, broj 4, Jugoslovenski savez za zavarivanje, Beograd, 1999.