



Slovenská zvaračská spoločnosť
spolu s partnermi
The Slovak Welding Society together with its partners



ZBORNÍK

47. medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2019

BOOK
47. International Conference WELDING 2019

6. až 8. november 2019

Tatranská Lomnica, Vysoké Tatry, Slovenská republika
November 6 ÷ 8, 2019, Tatranská Lomnica, High Tatras, Slovak Republic



47. medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2019



Vysoké Tatry / The High Tatras

Názov: **Zborník z 47. medzinárodnej konferencie ZVÁRANIE 2019**

Vydal: **Slovenská zvaračská spoločnosť**

člen Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností – **ZSVTS**

člen Medzinárodného zvaračského inštitútu – **IIW** (International Institute of Welding)

člen Slovenského plynárenského a naftového zväzu – **SNPZ**

Kocel'ova 15

815 94 Bratislava

Slovenská republika

e-mail: zvaranie@centrum.sk

web: www.szswelding.sk

Publikácia je vydaná v rámci osláv Týždňa vedy a techniky na Slovensku 2019

Pre internú potrebu Slovenskej zvaračskej spoločnosti.

Zostavil: Ing. Pavol Radič, PhD.

Tlač: Slovenská zvaračská spoločnosť

Vydanie: Prvé, november 2019

Rozsah: 162 strán

+ príloha CD Zborník prednášok ZVÁRANIE 2019

Všetky príspevky sú recenzované. Akceptované príspevky sú publikované v recenzovanom zborníku z konferencie vydanom na CD-ROM.

Náklad: 250 ks

ISBN: 978 - 80 - 89296 - 23 – 1

EAN: 9788089296231 čiarový kód

Copyright: © SZS 2019

Za jazykovú a obsahovú stránku príspevkov zodpovedajú autori.



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019**
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



ODBORNÝ PROGRAM

OBSAH

- **Slávnostné otvorenie 47. medzinárodnej konferencie ZVÁRANIE 2019**
- **Príhovory organizátorov a generálnych partnerov podujatia**
 - Ing. Ján MOKOŠ - primátor mesta Vysoké Tatry
 - Ing. Pavol RADIČ, PhD. - Slovenská zvaračská spoločnosť
 - Ing. Ľuboš LOPATKA, PhD. - Výskumný ústav zvaračský, z.z.p.o.
 - Dr. Eng. Krzysztof SADURSKI - Lincoln Electric Europe
 - Ing. Michal PAĽA - Messer Tatragas spol. s r.o.
 - Ing. Peter VALENT - ZVARCENTRUM - VALTEC spol. s r.o.
 - Ing. Martina SOLÍKOVÁ - Solík SK, s.r.o.
 - Prof. Ing. Janette BREZINOVÁ, PhD. - TU Košice, Sjf
 - Prof. Ing. Augustín SLÁDEK, PhD. - ŽU Sjf Žilina
 - Doc. Ing. Michal HATALA, PhD. - TU Košice, FVT so sídlom v Prešove
 - Prof. Ing. Milan MARÔNEK, CSc. - STU Bratislava, MtF v Trnave
 - Doc. Ing. Alaxander SCHREK, PhD. - Sjf STU Bratislava
 - Doc. Ing. Peter ČIČO, PhD. - SPU TF Nitra
 - Doc. Ing. Miroslava ŤAVODOVÁ, PhD. - TU FEaVT Zvolen
- **Development of original seamless FLUXOFIL cored wires: reduced fume emission rate of FLUXOFIL 464M and low temperature (-60°C) impact properties of FLUXOFIL MC466M** 9
Dr. Eng. Krzysztof SADURSKI - Lincoln Electric Europe, Poland
- **Problematika zvarania kryogenných tlakových nádob pre prácu pri ultranízkyh teplotách blízkyh absolútnej nule** 10
Doc. Ing. Milan ČOMAJ, PhD. – Auguste Cryogenics Slovakia s.r.o. Košice
- **Výroba oceľových konštrukcií pre energetiku v hladine EXC3, v súlade s inovovanou normou STN EN 1090-2 – zameranie sa na kľúčové zmeny** 13
Ing. Marián BARTOŠ, IWE – SPIE Elektrovod, a.s. Bratislava
- **Nový variant technológie REW pri spájaní hliníka a pozinkovaného oceľového plechu** 14
New modification of REW process for joining aluminum to galvanized steel sheet
prof. Ing. Pavol SEJČ, PhD., IWE; doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD.
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov,
Pionierska 15, 831 02 Bratislava
- **Vplyv prídavného zaťaženia na zostatkovú životnosť plynovodu** 24
Effect of additional loading on pipeline residual life
doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD., Ing. Ivan HAMÁK, Prof. Ing. Stanislav VEJVODA, CSc.
Konzultant /živnostník



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



ODBORNÝ PROGRAM

- **Inštalácia dvoch horákov Oxipyr®-Air na anódovej peci MAERZ** 30
Installation of two Oxipyr®-Air burners in anode furnace MAERZ
Ing. Jozef ŠUŠKA*, Ing. František ZIOLKOVSKÝ**, Dipl.-Ing. Johannes RAUCH***
* Messer Tatragas spol. s r.o., Bratislava
** Kovohuty a.s., Krompachy
*** Messer Austria GmbH, Gumpoldskirchen

- **Aplikácia predohrevu pri naváraní vrstiev odolných voči oteru** 36
Application of preheating for abrasion resistant welds
dr inž. Marek GUCWA*, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK*, doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.**,
Ing. Radoslav KOŇÁR, PhD.**, dr inž. Krzysztof MAKLES*
* Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer Science,
Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,
** Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

- **Servisné služby spoločnosti Valtec spol. s r. o. -ZVARCENTRUM** 36
Valtec ZVARCENTRUM - maintenance services
Michal ŽILKA - vedúci servisného oddelenia, Radoslav VAVRO, IWT
VALTEC spol. s r.o. (ZVARCENTRUM), Lieskovec

- **HyperFill™. Twin drát MIG/MAG - vysoký odtavovací** 37
výkon, nízka náročnosť, vysoká kvalita
HyperFill™. Twin wire GMAW – high deposition, low difficulty, better quality
Lorenzo COATO*, Industrial Segment Manager Lincoln Electric Italy
Ing. Martin DVORÁK**, Country Manager SK & CZ Lincoln Electric Europe B.V.
* Lincoln Electric Italy
** Lincoln Electric Europe B.V., Zúžená 3, Praha 6, Czech Republic
** MID svařování s.r.o., Nad Kajetánkou 1445/29, 169 00 Praha 6, Czech Republic

- **Zváranie tupého spoja hrúbky 3mm z ocele S960MC technológiou MAG** 38
Welding of butt joint of 3mm thick S960MC steel by MAG technology
doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.*, Ing. Daniel HARMANIÁK*, Ing. Libor TRŠKO, PhD.**,
dr inž. Marek GUCWA***, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK***, Ing. Lukáš PETRIČKO****
* Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina,
** Žilinská univerzita v Žiline, Výskumné centrum, Univerzitná 1, 010 26 Žilina,
*** Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering
and Computer Science, Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,
**** SvarExpert s.r.o., Kištofova 1443/27, 716 00 Ostrava Radvanice.

- **Prezentácia Metalco Testing s.r.o.** 46
Metalco Testing s.r.o. - presentation
Andrej PAVELKA
Metalco Testing s.r.o., Havlíčkova 361, 252 63 Roztoky u Prahy, Česká republika



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019**



ODBORNÝ PROGRAM

- **Spojovacie prvky na vytváranie spojov metódou Resistance Element Welding 47**
Welding elements for joints made by Resistance Element Welding method
doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD., Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD.,
prof. Ing. Pavol SEJČ, PhD., Ing. Ondrej ŠAUŠA
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov,
Pionierska 15, 831 02 Bratislava
- **Mikro zváranie - zváranie vodivých vlákien inteligentných textílií 54**
Micro welding - welding of conductive fibers of smart textile
Ing. Miroslav PAVLÍK - PROFI-WELD s.r.o. Bratislava
- **Možnosti úpravy geometrie dýzy plazmového horáka za účelom 60**
modifikácie tvaru plazmového lúča
Possibilities of plasma torch nozzle geometry options to modify the plasma beam shape
Ing. Radoslav KOŇAR, PhD.*, Ing. Miloslav MÁLEK*, doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.*,
prof. Ing. Augustín SLÁDEK, PhD.*, dr inž. Marek GUCWA**, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK**
* Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.
** Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer
Science, Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,
- **Vlastnosti zvaraných spojov z kalenej a termomechanicky valcovanej ocele 68**
Properties of welded joints made of tempered and thermomechanically rolled steel
dr inž. Marek GUCWA*, mgr inž. Grzegorz DĄBROWSKI**, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK*,
doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.***, Ing. Radoslav KOŇAR, PhD.***, dr inž. Krzysztof MAKLES*
* Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer
Science, Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,
** MGGP S.A.
*** Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.
- **Messer Tatragas, intenzifikácia vysokoteplotných procesov 69**
pomocou kyslíkových aplikácií
Messer Tatragas, intensification of high temperature processes by oxygen applications
Ing. Jozef ŠUŠKA*, Mgr. Juraj PETROVIČ*, Dr. Martin DEMUTH**
* Messer Tatragas spol. s r.o., Bratislava
** Messer Austria GmbH, Gumpoldskirchen
- **Hodnotenie plasticity laserom zvaraných kombinovaných polotovarov 75**
Plasticity assessment of laser tailor welded blanks
Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD., Doc. Alexander SCHREK, PhD.
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Sjf, Ústav technológií a materiálov, Bratislava
- **Aplikácia konceptu medzfázovej trhliny na odhad životnosti 89**
bodového zvaru dvoch dosiek
***Application of the interfacial crack concept for estimate of the service
life of a spot-weld between the two plates of dissimilar materials***
PhD. Ružica R. NIKOLIĆ*, PhD. Jelena M. DJOKOVIĆ**, PhD. Branislav HADZIMA*
* Výskumné centrum, Žilinská univerzita, Slovensko
** Technická fakulta v Boru, Univerzita v Belehrade, Srbsko



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019**



ODBORNÝ PROGRAM

- **Praktické skúsenosti s používaním oblúčkových zváracích poloautomatov** 96
Real work experience by using arc welding half-automats
Ing. Vladimír JANČO: Elektrotechnické produkty s.r.o
- **Hodnotenie zvarových spojov hliníkovej konštrukcie** 97
navrhnutej pre adaptéry lesnej techniky
Evaluation of welded joints of aluminum construction designed for forest technology adapters
doc. Ing. Miroslava ŤAVODOVÁ, PhD., Ing. Tomáš ŠVANTNER, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 24, 960 01 Zvolen
- **Spájkovanie kompozitných materiálov vo výrobe moderných** 105
výkonových elektronických polovodičových súčiastok
Soldering of composite materials in the production of advanced power electronic semiconductor devices
Ing. Igor KOSTOLNÝ, PhD., Ing. Ján URMINSKÝ, PhD.
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave
- **ZSVTS a jeho pôsobenie pri príprave euroinžinierov Slovenska** 112
Ing. Pavol RADÍČ, PhD.; Ing. Jozef KRAJČOVIČ, PhD.
ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika
- **Aktualizácia súboru noriem EN ISO 1090** 114
Updating of EN 1090 standards
Ing. Peter ONDRUŠ - TÜV SÜD Czech s.r.o. Novodvorská 994/138, CZ - 142 21 Praha 4
- **Zváranie MMA potrubia tranzitného plynovodu v polohe PJ** 116
MMA welding of pipes for transit gas pipelines in a 6G downhill position
Bc. Ján BOROŠ*, Ing. Ivan UHNÁK, IWE**
* Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave
** Power Boilers & Piping a.s., Levice
- **Autogenní pálicí stroje a svařovací vozíky KOIKE** 122
Oxy-fuel cutting machine and compact welding carriage KOIKE
Jakub MÁŠA
ARC-H Welding s.r.o. - výhradní zastoupení společnosti KOIKE v ČR a SR
- **Netradiční laserové aplikace a volba vhodných technických plynů** 123
Unconventional laser applications and selection of suitable technical gases
Ing. Jan KAŠPAR
Messer Technogas s.r.o., Zelený pruh 99, 140 02 Praha 4
- **Prezentácia firmy Solík SK, s.r.o.** 127
Companies Solík SK, s.r.o. - presentation
Ing. Martina SOLÍKOVÁ, Martin SOLÍK, Mgr. Jana BATRNOVÁ
Solík SK, s.r.o.; Odborov 2554; 01701 Považská Bystrica, Slovakia, www.solik.sk



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019**
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



ODBORNÝ PROGRAM

- **Profesor Arpád TESÁR - 100 rokov od narodenia** 129
Ing. Pavol RADIČ, PhD.: ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika
- **Oslavy 100. výročia založenia Československej republiky** 131
Ing. Pavol RADIČ, PhD.: ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika
- **72. výročné zasadanie IIW** 133
72th IIW Annual Assembly
Ing. Peter ĎURÍK: Výskumný ústav zväračský, z.z.p.o. Bratislava
- **Postavenie ZSVTS a jeho odborných spoločností v medzinárodných organizáciách** 135
Ing. Jozef KRAJČOVIČ, PhD.; Ing. Pavol RADIČ, PhD.
ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika
- **Hodnotenie SZS z pohľadu aktivít ZSVTS** 136
Ing. Pavol RADIČ, PhD. - Slovenská zväračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava
- **Slovenská zväračská spoločnosť udeľuje ocenenie "3x NAJ"** 137
Ing. Pavol RADIČ, PhD. – Slovenská zväračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava
- **HISTÓRIU DOPRAVY VO VYSOKÝCH TATRÁCH – krst knihy** 139
Ivan BOHUŠ – autor
- **Súťaž SZS pre amatérskych fotografov „ZVAR 2019“** 140
Ing. Pavol RADIČ, PhD. – Slovenská zväračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava
- **Aktualizácia normy EN ISO 14731** 141
Updating of EN ISO 14731 standard
Ing. Peter ONDRUŠ – TÜV SÜD Czech s.r.o. Novodvorská 994/138, CZ - 142 21 Praha 4
- **Najvyššie ocenenie vo zváraní v strednej Európe – Medaila Akademika ČABELKU** 145
Ing. Pavol RADIČ, PhD. – Slovenská zväračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava
- **Aditívna výroba – výhody a výzvy pre Slovenských výrobcov** 149
Ing. Peter BRZIAK, PhD., Ing. Peter JAŠKO, PhD.: Výskumný ústav zväračský, z.z.p.o. Bratislava
- **46. medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2018 - spomienky** 150
Ing. Helena RADIČOVÁ, PhD. – Slovenská zväračská spoločnosť, Bratislava, Slovenská republika
- **GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA** 160



Development of original seamless FLUXOFIL cored wires: reduced fume emission rate of FLUXOFIL 464M and low temperature (-60°C) impact properties of FLUXOFIL MC466M

Dr. Eng. Krzysztof SADURSKI

Organizácia / Organization:

Lincoln Electric Europe, Poland

Phone.: 0048/ 601 505 529

E-mail: ksadurski@lincolnelectric.eu

Abstract:

Production process of seamless cored was developed and patented by Oerlikon in 1968 and since that time this line of cored wires has gained great market recognition cause of specific technological advantages. The presentation presents properties and main technological features of newly developed seamless cored wires. Their naming directly corresponds to mechanical properties of weld metal and helps to choose optimal type of wire depending on the type of base metal. Rutile seamless flux cored wire Fluxofil 464M (T 46 4 PM 1 H5) is designed for welding with mix gas and poses one of best in class fume emission rate, fume class 5b, FER of 7,4mg/s after welding with 270A/28V. Metal cored type, Fluxofil MC466M (T 46 6 MM 1 H5), is designed to meet requirements of demanding base metals with Re of 460MPa and impact at -60°C. Is characterized by high stability of welding voltage measured with real time instruments, stable arc verified by observations with high speed camera and impact over 90J at -60°C (V60 positional butt welds).

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavol RADIČ, PhD.; VÚZ; Bratislava
doc. Ing. Peter LIPTÁK, CSc.; TUAD v Trenčíne



Problematika zvárania kryogenných tlakových nádob pre prácu pri ultranízkych teplotách blízkyh absolútnej nule

Doc. Ing. Milan ČOMAJ, CSc., EWE/IWE

Organizácia / Organization:

Auguste Cryogenics Slovakia s.r.o. Košice

Tel.: 00421/ 910 319 101

E-mail: mcomaj@post.sk

1. Úvod

V súčasnosti sa čoraz širšie používajú kryogenné tlakové zásobníky na skvapalnené plyny hlavne na zemný plyn LNG a najnovšie vodík. Ich výhodou je, že uložený plyn v kvapalnom stave má napr. v LNG až 600x menší objem, ako v plynnom stave. Ich výroba je náročná, nakoľko zásobníky musia uschovávať plyn v kvapalnom stave pri nízkych teplotách napr. LNG pri -162°C , Ar pri -186°C , O₂ pri -183°C , N₂ pri -196°C . Zvlášť náročná je výroba kryogenných nádob na skvapalnený vodík – plyn budúcnosti v automobilovom priemysle, kde sublimačná teplota je -253°C . Na výrobu kryogenných tlakových nádob sa v súčasnosti široko používajú austenitické ocele typu 19%Cr, 9%Ni. Tieto ocele sú však metastabilné a pri práci pri teplotách pod -196°C dochádza k ich čiastočnej degradácii vznikom podielu martenzitickej a karbidickej fáze v austenitickej matici. Preto pre nádoby pracujúce pri teplotách nižších ako -196°C , normy EN13455, EN13458, AD2000 Merkblatt, ASME Code majú sprísnené požiadavky na základný materiál zvarový kov, na ich krehkolomové vlastnosti pri teplotách blízkyh absolútnej nule (-272°C), s určitým podielom deltaferitu pre zabránenie vzniku solidifikačných trhlín. V súčasnosti Spoločnosť Auguste Cryogenics Slovakia, ako jedna z mála spoločností v EU, vyrába obriu kryogennú tlakovú nádobu na tekutý vodík (H₂) s obsahom 255.000 litrov.

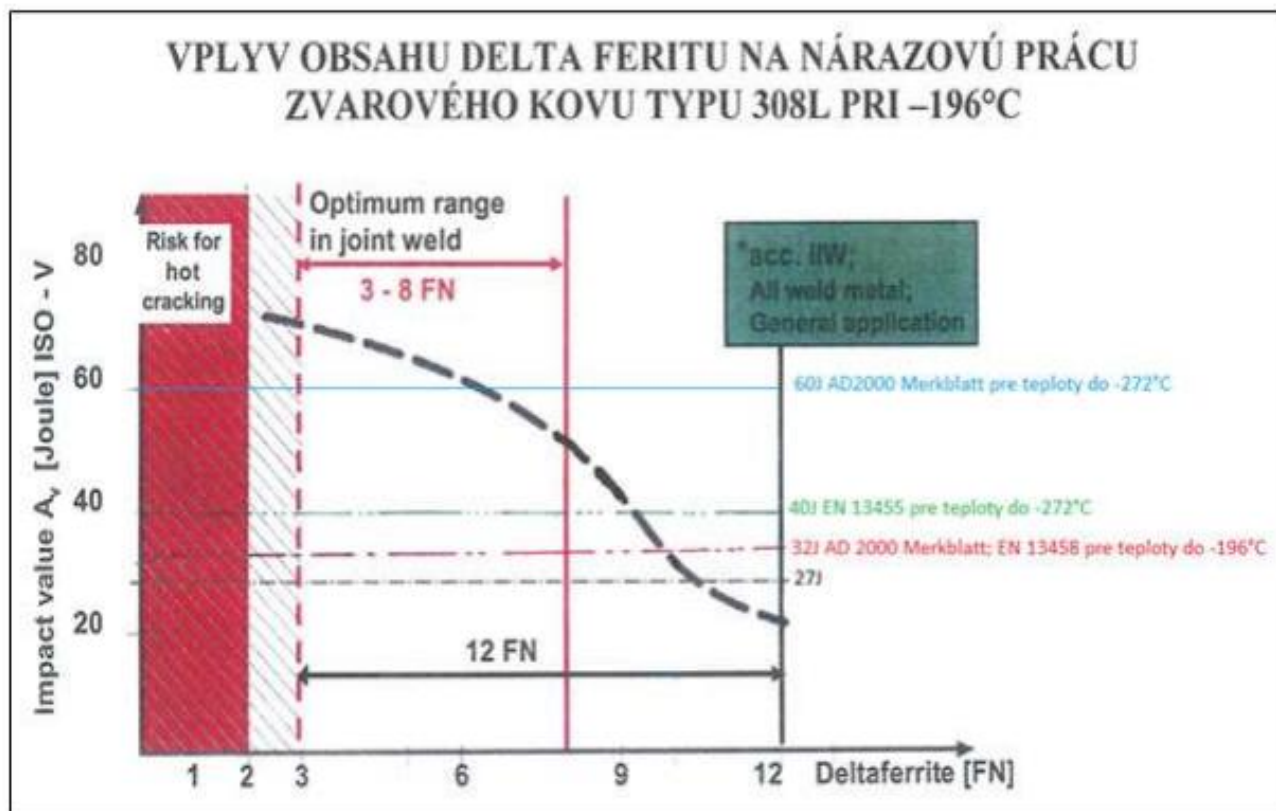
2. Experimentálna časť práce

Pre výrobu kryogennej tlakovej nádoby pre H₂ sa zvolila podľa EN 13455 a EN 13458 austenitická CrNi oceľ so zvýšeným obsahom Ni s označením X2CrNi19-11 podľa EN 10028-7 (W1.4306).

Pre danú oceľ sa navrhla technológia zvárania hybridnou plazmou (15+141) a pre porovnanie aj strojné zváranie pod tavivom (121). Prídavný materiál sa použil podľa noriem typ 308L.

Na obr.č1 vidíme vplyv delta feritu na nárazovú prácu zvarového kovu 308L pri teplote -196°C . Ďalej požiadavky na jej hodnoty, podľa jedn. noriem. Pre teploty pracujúce pri teplotách blízkyh absolútnej nule (-272°C), sa skúšky prevádzajú v tekutom dusíku podchladené vzorky pri -196°C , ale zvýšenými požiadavkami rázovej energie z 32J na 40 resp.60J. ASME Code požaduje hodnoty LE

(ISO148-1), namerané z teliesok vruboviek, ktoré udávajú odolnosť voči krehkému porušeniu nádoby pri 3 osom stave napätosti (hodnota min. 0,53mm).



Obr.č.1 Vplyv obsahu delta feritu na nárazovú prácu zvarového kovu 308L pri teplote -196°C.

Zvolené podmienky zvarovania

Základný materiál W.1.4306 hrúbky 8,0 mm

Prídavný materiál:

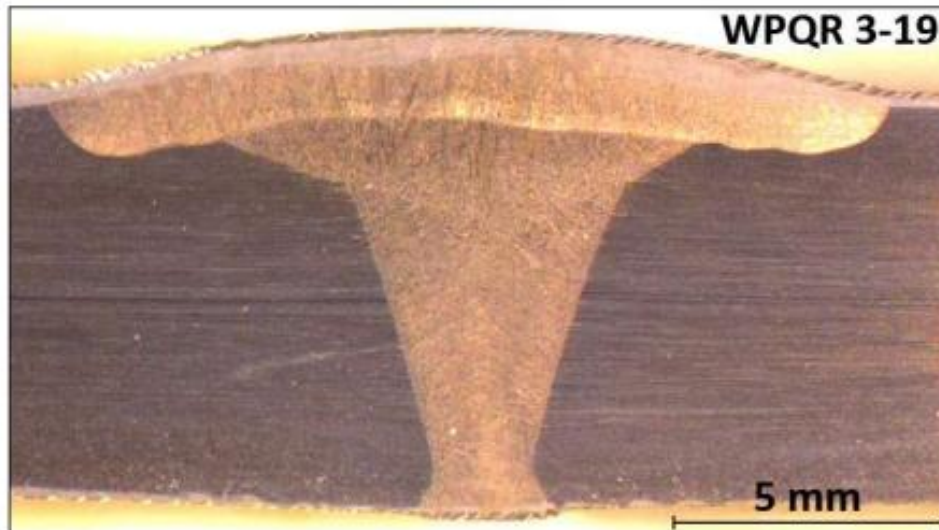
Plazma (key-hole systém) bez prídavného materiálu

TIG strojný – drôt OK Autrod 308LSi Ø1,2 mm

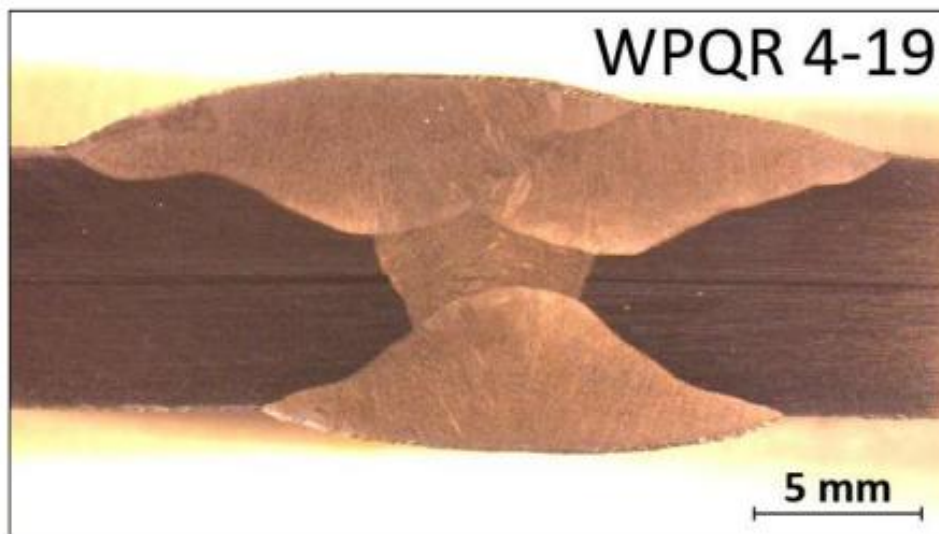
SAW drôt – OK Autrod 308L Ø2,4 mm

tavivo – OK Flux 10.93 fy.ESAB

Na obrázkoch č.2 a 3 vidíme makro zvarov.



Obr.č.2 Makro hybridna plazma



Obr.č.3 Makro SAW (4vrstvy)

3. Záver

Vysokonáročné zvarové spoje pre ultranízké teploty blízke absolútnej nule, sa úspešne riešia modernými zvarovacími metódami, ako bolo dokumentované vykonanými skúškami. Hybridna plazma, pracujúca key-hole systémom z dôvodu vysokej čistoty zvarového kovu bezpečne spĺňa podmienky výrobných noriem. Ukážky zvarovania nádoby budú prezentované v prednáške.

Použitá literatúra:

[1] Prospektové materiály fy.Böhler

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Viera MARKÉSOVÁ; Stavcert Praha, s.r.o.
Ing. Jozef ZOHN, PhD.; ASKOZVAR s.r.o. Košice



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



Výroba ocelových konštrukcií pre energetiku v hladine EXC3, v súlade s inovovanou normou STN EN 1090-2 – zameranie sa na kľúčové zmeny

Ing. Marián BARTOŠ, IWE

Organizácia / Organization:

SPIE Elektrovod, a.s. Bratislava

Abstrakt:

Energetické diela, ktoré sú namáhané čoraz väčšími účinkami vyplývajúcimi z klimatických zmien, konkrétne najmä nárazovými vetrami alebo tornádami, ktoré sú nové nielen na našom území, ale napríklad aj v Českej republike, Poľsku a Maďarsku.

Tieto fakty kladú nároky na zvýšenie odolnosti prenosových ciest v energetike a to ako u stožiarov VVN, tak i v rozvodných staniciach. Práve detaily a ich súbor rozhodujú o ich odolnosti z vyššie spomínaných dôvodov. Preto je prednáška zameraná a určené nielen pre koordinátorov zvarovania, ale hlavne pre projektových pracovníkov a výrobcov alebo dodávateľov ocelových konštrukcií pre energetiku.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavel FLORIAN; Stavcert Praha
doc. Ing. Ondrej HÍREŠ, CSc.; Dubnica nad Váhom



Nový variant technológie REW pri spájaní hliníka a pozinkovaného oceleového plechu

New modification of REW process for joining aluminum to galvanized steel sheet

prof. Ing. Pavol SEJČ, PhD., IWE; doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov,
Pionierska 15, 831 02 Bratislava

Tel.: 00421/ 905/ 460 855

E-mail: pavol.sejc@stuba.sk

Abstrakt

V predloženej práci je predstavená inovovaná technológia REW pri spájaní pozinkovaných oceleových plechov s hliníkom. Podstatou inovácie je použitie spojovacieho elementu (SE) na báze Al zliatiny, ktorá je vhodná na spájkovanie pozinkovaných oceleových plech a oblúkové zváranie hliníkových zliatin. Analýza štruktúry spoja ukázala, že pri použití vhodných parametrov odporového ohrevu (prúd, čas, prítláčná sila) dochádza k vzniku spájkovaného spoja medzi čelom spojovacieho elementu a oceleovým plechom, a zváraného spoja medzi SE a hliníkovým plechom.

Abstract:

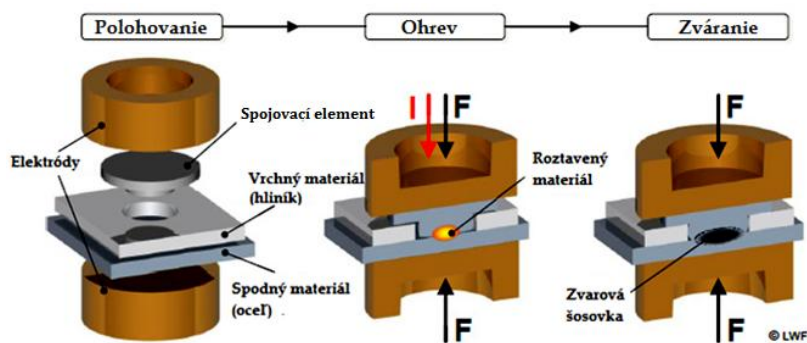
In the present work, an innovated resistance element welding (REW) technology is introduced for the joining of galvanized steel sheets with aluminum. The essence of the innovation is the use of an Al alloy joining element, which is suitable filler metal for brazing of galvanized steel sheets and arc welding of aluminum alloys.

Analysis of the joint structure showed that the use of suitable resistance heating parameters (current, time, force) results in a brazed joint between the face of the joining element and the steel sheet, and a welded joint between the joining element and the aluminum sheet.

1. Úvod

V súčasnosti sa pri spájaní tenkých plechov z ocelí a neželezných kovov používajú okrem tradičných technológií spájania: MAG zváranie/spájkovanie, RSW, zváranie/spájkovanie laserovým lúčom, [1 ÷ 3], aj nové postupy metalurgického a mechanického spájania [4, 5].

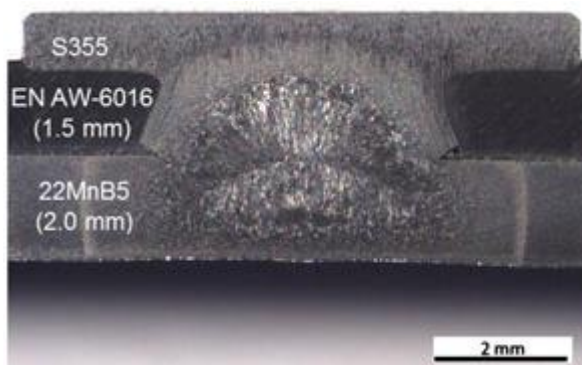
Technológiu REW (Resistance Element Welding) možno charakterizovať ako spájanie plechov pomocou spojovacieho elementu (kolíka) s využitím odporového ohrevu. Technológia bola vyvinutá z klasického bodového odporového zvárania a kombinuje tepelné a mechanické princípy spájania (obr. 1) [6].



Obr. 1. Princíp spájania metódou REW [6]

Najčastejšie sa technológia REW používa pri výrobe preplátovaných spojov na tenkých plechoch [6 ÷ 8]. Pred zváraním sa v hornom materiáli vyhotoví otvor, do ktorého sa vloží pomocný prvok - spojovací element s dříekom vhodným pre zasunutie do otvoru a väčším priemerom hlavičky (obr. 1).

Jedna elektróda prítlačá do miesta spoja spojovací element, druhá pôsobí zo spodnej strany na spájaný plech. Tlak a elektrický prúd sa aplikuje súčasne. Teplo vytvorené elektrickým odporom spôsobuje natavenie materiálov v mieste kontaktu spojovacieho elementu so základným materiálom (spodným plechom) a vznikne zvarová šošovka. Zvýšenie prítlačnej sily zabezpečí deformáciu spojovacieho elementu v axiálnom smere a tým aj pevné silové spojenie medzi spojovacím elementom a horným materiálom. Takto sa dosiahne mechanické spojenie medzi dříekom, resp. hlavičkou spojovacieho a horným plechom [6]. Princípiálne tak ide o vytvorenie metalurgického spoja medzi spodným materiálom a spojovacím elementom v kombinácii so silovým a tvarovým spojom medzi spojovacím elementom a horným materiálom (obr. 2).



Obr.2 Priečný rez REW spoja medzi ocelovým plechom a plechom z Al- zliatiny [6]

Vo všeobecnosti táto metóda bola vyvinutá na spájanie ocelových materiálov s hliníkovými pri použití ocelového spojovacieho elementu. V tomto prípade sa medzi ocelovým plechom a spojovacím elementom vytvorí zvarový spoj.

Hlavnými procesnými parametrami spájania REW sú:

- čas prechodu prúdu,
- prítlačná sila,
- zvarací prúd.

Čas prechodu prúdu je definovaný ako čas, počas ktorého preteká zvarací prúd cez zvárané materiály. Čas prechodu prúdu musí byť dostatočne dlhý na to, aby došlo k nataveniu spojovacieho elementu, ale pritom čo najkratší, aby nedošlo k nadmernému tepelnému ovplyvneniu okolia zvaru.

Prítlačná sila v podstatnej miere ovplyvňuje tepelné javy počas zvárania tým, že ovplyvňuje prechodový odpor medzi materiálmi, zaisťuje aby zvárané materiály na seba dosadli a zostali v kontakte. Na rozdiel od klasického bodového odporového zvárania prítlačná sila zabezpečí aj deformáciu spojovacieho elementu v axiálnom smere. Ak je prítlačná sila dostatočne veľká, vytvorí sa v dôsledku deformácií pevné silové spojenie medzi spojovacím elementom a vrchným materiálom.

Z Joule-Lenzovho zákona [9]:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t,$$

kde Q je teplo,

R – elektrický odpor,

I – elektrický prúd,

t – čas prechodu prúdu,

je zrejme, že teplo vytvorené v mieste zvaru je priamo úmerné druhej mocnine zváracieho prúdu. Z hľadiska tepelných javov je dôležitá aj prúdová hustota, ktorá udáva množstvo zváracieho prúdu pripadajúce na jednotku plochy. Z tohto hľadiska má veľký význam plocha kontaktu elektródy so zváraným materiálom. V porovnaní s bodovým odporovým zváraním, kontaktná plocha pri REW nebude závisieť iba od geometrických parametrov elektród, ale aj od geometrie spojovacieho elementu.

1.1 REW spájanie ocele s hliníkom použitím spojovacieho elementu na báze hliníka

Pri štandardnej technológii spájania ocele s hliníkom technológiou REW je spojovací element vyrobený z ocele. Medzi spojovacím elementom a oceľovým plechom vzniká tavný zvarový spoj v tvare šošovky (*obr. 2*). Objem materiálu šošovky je počas procesu zvárania ohriaty nad teplotou likvidu spájaných materiálov (pre nelegovanú nízkouhlíkovú oceľ nad 1540°C), pričom značná časť tepla je odvedená do hliníkového plechu a cez spojovací element a oceľový plech do vodou chladených elektród. Pri spájaní tenkých pozinkovaných oceľových plechov (do hrúbky 1 mm) môže prehriatie spájaného materiálu spôsobiť nadmernú deštrukciu Zn povlaku zo strany kontaktu s elektródou, ako aj neželateľný rozsah teplom indukovaných napätí a deformácií plechu. Rozsah takýchto deformácií môže byť neprijateľný napr. pri výrobe tzv. „pohľadových“ spojoch na autokarosériach. Navyiac, nízka teplota tavenia zinku (419°C) a jeho odparovania (907°C) výrazne znižujú životnosť kontaktných plôch elektród, čo je vážny problém pri RSW pozinkovaných oceľových plechov [9 ÷ 11].

Za uvedených podmienok vznikne medzi oceľovým spojovacím a hliníkovým plechom mechanické spojenie. Vlastnosti mechanického spojenia vrchného plechu budú výrazne závisieť od správnej voľby tvaru a geometrie spojovacieho elementu a otvoru v plechu. Pevnosť zovretia hliníkového plechu medzi spojovacím elementom a oceľovým plechom bude úmerná plastickej deformácií spojovacieho elementu (podstatnú úlohu tu bude zohrávať prítlačná sila počas odporového ohrevu) a súčiniteľu teplotnej rozťažnosti materiálu spojovacieho elementu. Celková pevnosť spoja tak do značnej miery bude závisieť od mechanických vlastností materiálu spojovacieho elementu v liatom (zvarový kov) resp. vo vyžíhanom stave (TOO). Na oceľový plech ako aj na spojovací element budú kladené prísne požiadavky z hľadiska zvariteľnosti: náchylnosť na vznik horúcich, resp. studených trhlin.

V navrhovanom riešení je spojovací element, na rozdiel od pôvodnej technológie REW, vyrobený z materiálu, ktorý je vhodný na spájkovanie spodného plechu. K spojeniu medzi čelom spojovacieho elementu a oceľovým plechom tak nedochádza mechanizmom tavného zvárania ale spájkovania. Výber materiálu tak nemusí spĺňať náročné kritéria prídavného materiálu na zváranie, je však potrebné, aby pri podmienkach odporového ohrevu došlo k nataveniu určitého objemu spojovacieho elementu. Po ohreve spájaného plechu na pracovnú teplotu dochádza k zmáčaniu spodného materiálu roztaveným kovom spojovacieho elementu. Pri vhodnom výbere materiálu elementu a parametrov ohrevu, spájkovaný spoj vzniká bez použitia taviva resp. bez použitia ochranného plynu.

Nové technické riešenie bolo overené pri spájaní pozinkovaného oceľového plechu a plechu, vyrobeného z Al zliatiny.

2. Experimentálna časť

Na výrobu skúšobných vzoriek sme použili tri rôzne materiáli. Ako oceľový materiál bol použitý plech s označením HX 220 BD-100 MBO a hrúbkou 0,8mm, ktorý bol obojstranne pozinkovaný. Hrúbka zinkového povlaku bola 15 µm. Chemické zloženie a vybrané mechanické vlastnosti tejto ocele sú

uvedené v tab. 1 a 2. Táto oceľ je určená na tvárnenie za studena, vyznačuje sa nízkym obsahom uhlíka a feritickou štruktúrou [12]

Tab. 1. Chemické zloženie ocele HX 220 BD-100 MBO (akosť EN 10346/09) [12]

Prvok/max. obsah (%)	C	Ti	Si	Mn	P	S	Nb	Al
HX 220 BD-100 MBO	0,1	0,12	0,5	0,7	0,08	0,025	0,09	0,10

Tab. 2. Vybrané mechanické vlastnosti ocele HX 220 BD-100 MBO [12]

$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{min} (%), $L_0=80\text{mm}$
220 ÷ 280	320 ÷ 400	32

S oceľovým plechom bol pomocou spojovacieho elementu spojený plech z technicky čistého hliníka s označením AW 1050 A (DIN Al99,5 / STN 424005). Chemické zloženie a vybrané mechanické vlastnosti sú uvedené v tab. 3 a 4. Použitý hliníkový plech mal hrúbku 0,8 mm.

Tab. 3. Chemické zloženie hliníka EN AW 1050 A [13]

Prvok/max. obsah (%)	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
AW 1050 A	99,5	0,25	0,40	0,05	0,01	0,05	0,07	0,05

Tab. 4. Vybrané mechanické vlastnosti hliníka AW 1050 A [13]

$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{min} (%), $L_0=50\text{mm}$
75 ÷ 85	105 ÷ 145	25

Spojovací element bol vyrobený objemovým tvárnením (lisovaním) za studena z materiálu, ktorý sa primárne používa ako prídavný materiál vo forme drôtu pri zváraní hliníkových zliatin metódou TIG [14]. Týmto materiál je hliníková zliatina s označením EN AW - AlSi5 (AWS A 5.10: ER 4043 / EN ISO 18273: S Al 4043 (AlSi5)). Priemer použitého zvaracieho drôtu na výrobu SE bol $\varnothing d=4$ mm. Chemické zloženie a vybrané mechanické vlastnosti materiálu SE sú uvedené v tab. 5 a 6. Interval teplôt tavenia použitého materiálu AlSi5 je 573 ÷ 625°C [15].

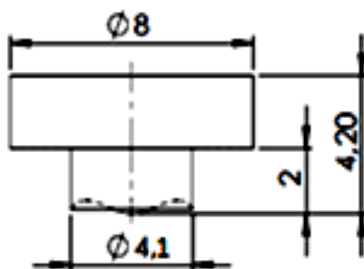
Tab. 5. Chemické zloženie zvaracieho drôtu EN AW – AlSi5 [15]

Prvok/max. obsah (%)	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti
AlSi5	Zvyšok	4,5 ÷ 6,0	≤ 0,6	≤ 0,3	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,1

Tab. 6. Vybrané mechanické vlastnosti zvaracieho drôtu AlSi5 [15]

$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{min} (%),
20 ÷ 40	120 ÷ 165	3 ÷ 18

Základná geometria a rozmery použitého spojovacieho elementu sú na obr. 3

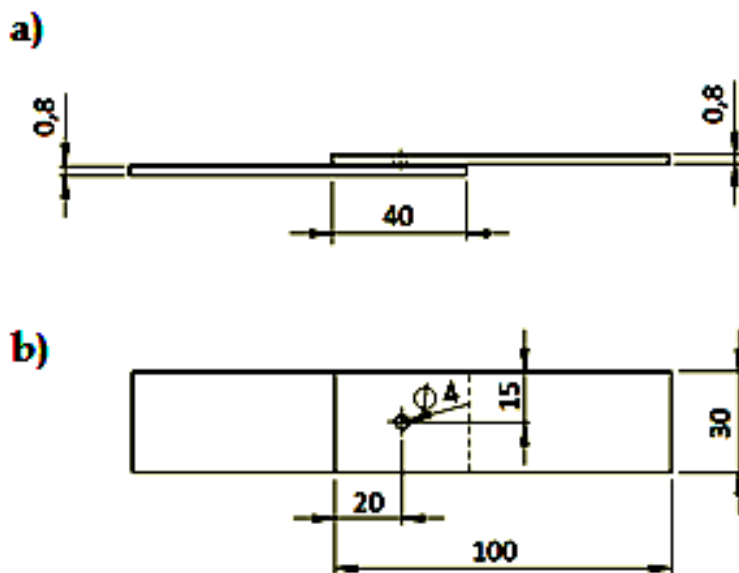


Obr. 3 Geometria a rozmery spojovacieho elementu

Štruktúra spoja pri použití spojovacieho elementu na báze hliníka bude značne ovplyvnená vlastnosťami hliníka. Hliník a jeho zliatiny sa vyznačujú pomerne nízkou teplotou tavenia, podstatne nižšou ako zváraný oceľový materiál. Táto teplota sa pohybuje v rozmedzí 463 ± 671 °C. Spojovací element s nízkou teplotou tavenia sa pri ohreve bude prednostne natavovať, čo je podporené aj vysokou tepelnou vodivosťou hliníka. Pri vhodných parametroch ohrevu sa pozinkovaný oceľový materiál nenataví, ale iba ohreje na spájkovaciu teplotu – roztavený materiál spojovacieho elementu plní funkciu spájky. Zmäčanie základného materiálu (pozinkovaného oceľového plechu) môžeme zabezpečiť vhodnou voľbou chemického zloženia spojovacieho elementu. Pre daný účel je vhodná zliatina AlSi5, ktorá sa vo forme prídavného materiálu používa aj pri oblúkovom spájkovaní kombinovaných spojov oceľ – hliník [16]. Spájkovanie tu prebieha v inertnej ochrannej atmosfére, Si preberá dezoxidačnú funkciu taviva.

Spájané plechy boli usporiadané preplátovane, pričom spodný plech bol oceľový a vrchný hliníkový. Hliníkový plech obsahoval predvyrobený otvor, do ktorého bol zasunutý spojovací element. Toto usporiadanie je znázornené na obr. 4.

Na ohrev sme použili odporové zväracie kliešte ARO typ: XMA 26kVA s univerzálnym riadiacim systémom VTS, typ: ULB 1.4. Riadiaci systém umožňuje reguláciu výkonu zväracieho zariadenia, času prechodu prúdu v jednotlivých fázach zvárania a prítlačnej sily. Vyhotovené boli 4 série vzoriek, kde sme pri každej sérii zmenili výkon zväracieho zariadenia o 10%, čím sa zmenila hodnota zväracieho prúdu. Zaznamenávanie reálnych parametrov zvárania: prúdu, napätia, času a prítlačnej sily, sa uskutočňovalo pomocou meracieho zariadenia Miyachi, typ: Weld Checker MM – 356 B. Pri spájaní boli použité elektródy typu II (CuCrZr), používané pri spájaní pozinkovaných oceľových plechov [9]. Zo strany spojovacieho elementu mala elektróda rovnú dosadaciu plochu, zo strany pozinkovaného oceľového plechu polguľovitú dosadaciu plochu.



Obr. 4. Rozmery a poloha zváraných plechov: a) pohľad spredu, b) pohľad zhora

Cieľom experimentov bola optimalizácia parametrov odporového ohrevu pri REW zváraní kombinovaných spojov oceľ – hliník spojovacím elementom z materiálu AlSi5. Hodnotili sme vplyv vybraných parametrov procesu na:

- charakter spojov a výskyt chýb vizuálnou kontrolou
- mechanické vlastnosti spojov statickou skúškou v ťahu
- štruktúru spojov a vnútorné chyby pomocou metalografických výbrusov na priečnych rezoch.

Na statickú skúšku v ťahu sme použili univerzálny stroj pre skúšky mechanických vlastností a tvárnosť materiálov – Instron 1195.

3. Dosiahnuté výsledky

V prvotnej optimalizácii parametrov sa ukázalo, že minimálny tepelný príkon na vytvorenie pevnostného spojenia vzniká pri nastavení min. 60% výkonu zváracieho zariadenia na riadiacej jednotke, čase zvárania 12 periód a prítlačnej sile 735 N. Uvedené parametre sa stali základom pre ďalšie testovanie procesných parametrov REW spájania pozinkovaného oceleového plechu s hliníkom. Použité parametre zvárania v procese optimalizácie sú dokumentované v *tab. 7*.

Spoje vykazovali charakter kombinovaného zváraného / spájkovaného spoja (*obr. 5 - 8*). Zo strany hliníkového plechu vznikol zvarový spoj premiešaním nataveného materiálu plechu a spojovacieho elementu. Zo strany oceleového plechu vznikol spájkovaný spoj.

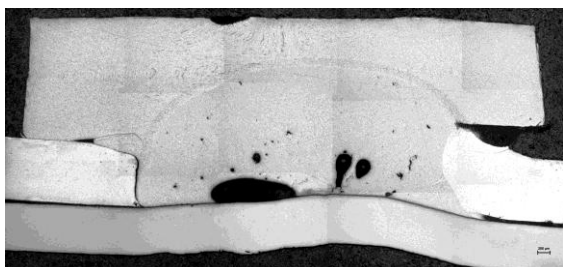
Priečny rez vzorky zváranej pri 60 % výkone stroja ($I_{zV}=8,70 \div 8,90$ kA, *tab. 7*) je na *obr. 5*. Množstvo vneseného tepla do zvarového spoja bolo pri uvedenej vzorke najmenšie. Ohrevom došlo k nataveniu približne 2/3 výšky spojovacieho elementu. Jeho deformácia počas spájania nebola dostatočná, t. j. hlava spojovacieho elementu nedosadla tesne na povrch hliníkového plechu. K nataveniu Al plechu došlo iba z pravej strany, na ľavej strane spoja nevznikol metalurgický spoj medzi spojovacím elementom a Al plechom. I pri najnižšom tepelnom príkone sa vyskytla v štruktúre pórovitosť. Póry boli prítomné najmä na rozhraní spojovací element – oceleový plech. Deformácia oceleového plechu bola minimálna, bez zmeny hrúbky.

Na *obr. 6* je priečny rez vzorky, ktorá bola vyhotovená pri 70 % výkone stroja ($I_{zV}=10,33 \div 10,48$ kA, *tab. 7*). Natavenie spojovacieho elementu bolo opäť približne do 2/3 jeho výšky. Pórovitosť spoja menšia ako pri použití 60% výkonu stroja. Natavená oblasť je lokalizovaná v centre spojovacieho elementu. Jeho hlavička však nedosadla z pravej strany tesne na hliníkový plech, čo v niektorých prípadoch umožnilo vystreknutie roztaveného kovu z oblasti zvaru. Keďže spodná elektróda mala polguľovitý tvar, dochádzalo aj tu k čiastočnej deformácii oceleového plechu bez zmeny jeho hrúbky.

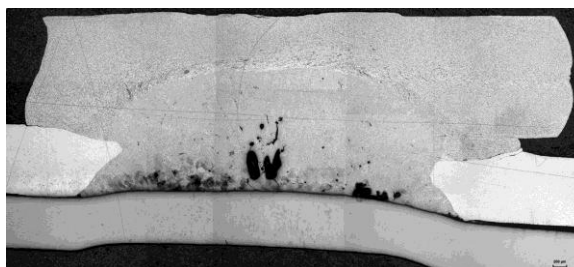
Tab. 7 Optimalizácia zváracích parametrov

Č. vz.	Výkon stroja [%]	F _z [N]	I [kA]	U [V]	t [per.]
72	60	735	8,78	1,10	12
73	60	735	8,81	1,10	12
74	60	735	8,70	1,12	12
75	60	735	8,73	1,12	12
76	60	735	8,90	1,10	12
77	60	735	8,86	1,10	12
78	60	735	8,84	1,08	12
58	70	735	10,43	1,15	12
59	70	735	10,48	1,14	12
60	70	735	10,40	1,13	12
61	70	735	10,38	1,15	12
62	70	735	10,39	1,14	12
63	70	735	10,37	1,15	12
64	70	735	10,33	1,15	12
51	80	735	11,77	1,21	12
52	80	735	11,72	1,22	12
53	80	735	11,81	1,20	12
54	80	735	11,84	1,17	12
55	80	735	11,76	1,20	12
56	80	735	11,71	1,22	12

57	80	735	11,78	1,20	12
65	90	735	12,89	1,23	12
66	90	735	12,93	1,24	12
67	90	735	12,85	1,22	12
68	90	735	12,77	1,27	12
69	90	735	12,78	1,26	12
70	90	735	12,90	1,22	12
71	90	735	12,67	1,29	12



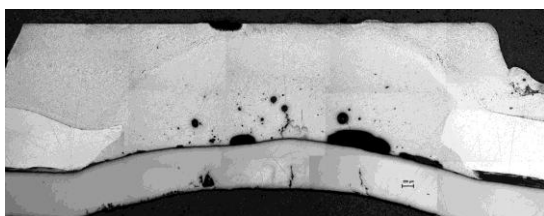
Obrázok 5 - Priechny rez vzorky č. 78



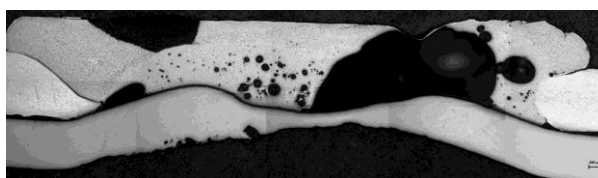
Obr. 6 - Priechny rez vzorky č. 64

Priechny rez spoja vyhotoveného pri 80 % výkone stroja ($I_{ZV}=11,71 \div 11,84$ kA, *tab. 7*) je na *obr. 7*. Počas spájania sa natavil pomerne veľký objem spojovacieho elementu, pričom rozsah natavenia v strednej časti dosiahol takmer vrch hlavičky. Aj tu vzorka na priechnom reze vykazovala určitú pórovitosť. Z tvaru natavenej oblasti je zrejmé, že pri ohreve dochádzalo k vytvoreniu zvarového spoja medzi spojovacím elementom a hliníkovým plechom. Na pravej strane obrázku už môžeme pozorovať vytlačenie určitého objemu roztaveného materiálu pod hlavičkou spojovacieho elementu. Z geometrického hľadiska natavená oblasť spojovacieho elementu nie je umiestnená centrálné, čo mohlo byť opäť spôsobené malými odchýlkami v polohovaní spájaných súčastí (plechov a spojovacieho elementu). Keďže spodná elektróda pri odporovom ohreve mala guľovitý tvar, dochádzalo aj tu k menšej deformácii oceleového plechu. K redukcii hrúbky Al plechu mimo spojovací element nedošlo.

Zvýšením výkonu stroja na maximálnu hodnotu 90% ($I_{ZV}=12,67 \div 12,93$ kA, *tab. 7*) dochádzalo k znehodnoteniu spojovacieho elementu počas ohrevu. Na *obr. 8* vidíme, že pri nadmerne veľkom tepelnom príkone dochádzalo k enormného rozstreku nataveného materiálu, čo spôsobilo výrazné tvarové zmeny (až deštrukciu) spojovacieho elementu. Oceleový plech je taktiež výrazne deformovaný, zaznamenali sme dokonca podstatnú redukciu jeho hrúbky.

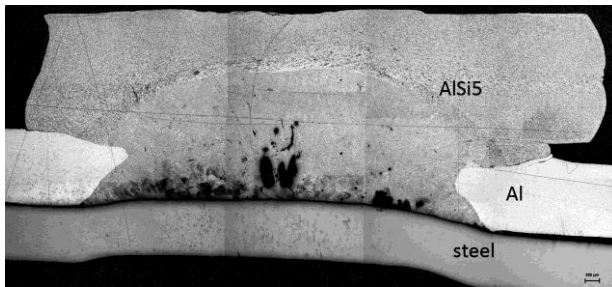


Obr. 7 - Priechny rez vzorky č. 57

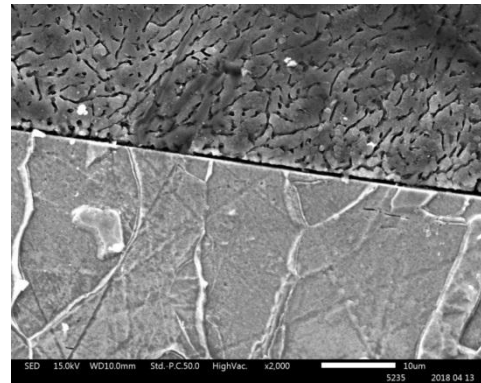


Obr. 8. - Priechny rez vzorky č. 71

Detailný pohľad na kombinovaný zvarový - spájkovaný spoj (vzorka č. 64, pozri *tab. 7*) je na *obr. 9*. Počas spájania došlo k nataveniu určitého objemu materiálu spojovacieho elementu a Al plechu. Pozinkovaný oceleový plech zostal počas spájania v tuhej fáze. Z obrázku je ďalej zrejmé, že roztavený objem spojovacieho elementu dobre zmáčal spodný oceleový plech. Túto skutočnosť dokumentuje aj detail rozhrania medzi spojovacím elementom a oceleovým plechom (*obr. 10*). Meraním bolo zistené, že hrúbka prechodovej oblasti v strednej časti spoja bola okolo $1\mu\text{m}$. Materiál zo strany spojovacieho elementu mal charakteristickú liacu štruktúru, v ocelevom plechu ohriatom na spájkovaciu teplotu nedošlo v výraznom zhrubnutí zrna.



Obr. 9. Detailný pohľad na kombinovaný spoj

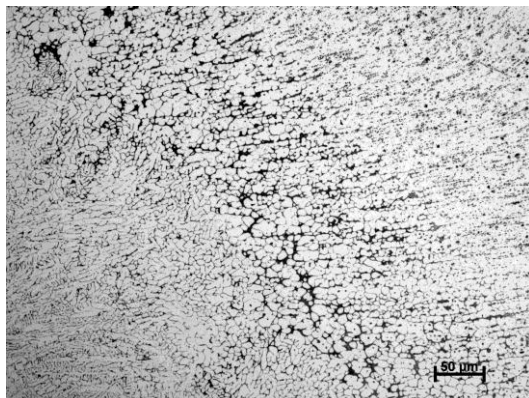


Obr. 10. Prechodová oblasť - oblasť spájkovaného spoja s oceľovým plechom (SCAN, leptané v HF)

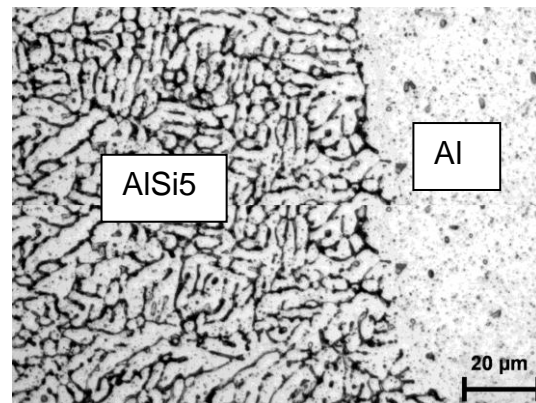
Štruktúra spojovacieho elementu vyrobeného z materiálu AISi5 pozostávala z tuhého roztoku $\alpha(\text{Al})$ a eutektickej zmesi $\alpha(\text{Al}) + \beta(\text{Si})$, obr. 11. Objemovým tvárnením za studena pri výrobe spojovacieho elementu došlo k charakteristickej deformácii pôvodných zrn.

Detail hranice natavenia (obr. 11) dokumentuje liacu štruktúru materiálu so strany zvarového kovu, TOO so zhrubnutým zrnom a zónu ZM bez tepelného ovplyvnenia so zachovanou riadkovitou štruktúrou.

Medzi spojovacím elementom a Al plechom došlo k vytvoreniu zvarového spoja. Detail zóny natavenia je na obr. 12. Obrázok dokumentuje prerastanie dendritov fázy $\alpha(\text{Al})$ z Al plechu do viacfázovej liacej štruktúry nataveného spojovacieho elementu. Tmavé oblasti v štruktúre Al plechu sú artefakty z metalografickej prípravy prierečného rezu spoja.



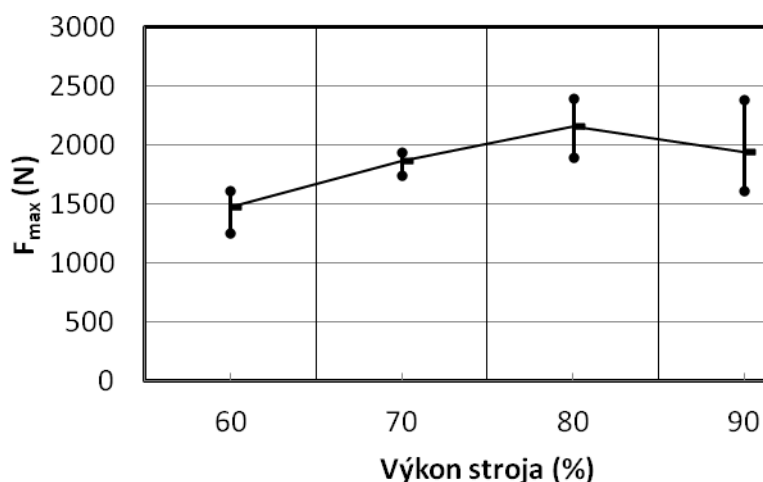
Obr. 112. Hranica natavenia spojovacieho elementu (leptané v HF)



Obr. 12 Detail zóny natavenia Al plechu (leptané v HF)

Pre ťahovú skúšku sme vyhotovili 4 série po 5 vzoriek pri nastavenom výkone zvaracieho stroja 60, 70, 80 a 90% (tab. 7).

Vzhľadom na skutočnosť, že nebolo možné určiť počiatočnú plochu prierezu spoja S_0 , pri posudzovaní pevnostných vlastností sa porovnávala sila F_{max} , získaná počas ťahovej skúšky. Výsledky ťahovej skúšky sú uvedené na obr. 13.



Obr. 13 Výsledky ťahovej skúšky

Z grafu na obr. 13 je zrejmé, že najväčšie hodnoty F_{max} sme zaznamenali pri 80% výkone stroja (čo zodpovedá zvaraciemu prúdu $I_{zV} = 11,71$ až $11,84$ kA, tab. 7). Pri vyššom výkone (90%, $I_{zV} = 12,67 \div 12,93$ kA) už výskyt chýb (pórovitosť, rozstrek) negatívne ovplyvnil pevnosť spoja. Najustálenejšie hodnoty pevnosti spoja (reprezentované F_{max}) sme namerali pri 70% výkone zvaracieho stroja ($I_{zV} = 10,33 \div 10,48$ kA), čo je z hľadiska praktickej aplikácie použitej technológie spájania veľmi dôležité.

4. Záver

V navrhovanom riešení bola predstavená modifikovaná technológia výroby preplátovaných spojov kombinovaných materiálov technológiou REW, kde je spojovací element, na rozdiel od pôvodnej technológie, vyrobený z materiálu, ktorý je vhodný na spájkovanie spodného plechu spoja. Konkrétnym cieľom experimentov bola optimalizácia parametrov odporového ohrevu pri REW zvaraní kombinovaných spojov oceľ – hliník spojovacím elementom z materiálu AISi5 z hľadiska vybraných mechanických vlastností. Z dosiahnutých výsledkov možno urobiť tieto závery:

1. Optimalizáciou parametrov odporového ohrevu boli získané vhodné podmienky pre vytvorenie: spájkovaného spoja medzi spojovacím elementom a pozinkovaným oceľovým plechom (bez použitia taviva) a zvarového spoja medzi spojovacím elementom a Al plechom. Pri výrobe skúšobných vzoriek vhodnými parametrami došlo iba k malej deformácii oceľového plechu. Príčinou bol polguľovitý tvar kontaktnej plochy použitej elektródy. K zmenám hrúbky Al plechu nedošlo.
2. Zvyšovaním tepelného príkonu do spoja (nárastom použitého výkonu zvaracieho zariadenia zo 60 na 80%) došlo postupne k zväčšovaniu objemu nataveného materiálu spojovacieho elementu. Výška natavenia sa tak zmenila z 2/3 výšky v strede spojovacieho elementu na takmer úplné pretavenie v jeho strede. Pri použití maximálneho výkonu stroja 90% bolo už prehriate materiálov v mieste spoja nadkritické – došlo k deštrukcii spojovacieho elementu, výstrekom veľkých objemov nataveného kovu a k výraznej redukcii hrúbky oceľového plechu.
3. Počas ťahovej skúšky nastalo porušenie všetkých vzoriek v mieste spájkovaného spoja. Najnižšia pevnosť spojov bola zaznamenaná pri použití najnižšieho výkonu stroja (60%). Maximálna pevnosť spojov bola nameraná pri použití 80% výkonu zvaracieho stroja. Tu sme však už zaznamenali zvýšený rozptyl nameraných hodnôt F_{max} pri ťahovej skúške. Pri použití 90% výkonu stroja sme zaregistrovali pokles pevnosti spojov vyhotovených najvyšším tepelným príkonom. Táto skutočnosť bola ovplyvnená zmenami, spôsobenými vysokým prehriatím spájaných materiálov, ktoré viedli z zvýšenému rozstrekmu a pórovitosti spojov

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou Grantovej agentúry MŠSR VEGA s registračným číslom 1/0405/19 a Univerziténeho vedeckého parku „ITMS kód 26240220084“.

Literatúra

- [1] Erdem Ünel¹ & Emel Taban^{2,3}: Properties and optimization of dissimilar aluminum steel CMT welds. *Weld in the World* (2017) 61:1–9
- [2] Alexandre Mathieu, Sébastien Pontevicci, Jean-claude Viala, Eugen Cicala, Simone Matteï, Dominique Grevey: Laser brazing of a steel/aluminium assembly with hot filler wire (88% Al, 12% Si). *Materials Science and Engineering A* 435–436 (2006) 19–28
- [3] Lihu Cui, Ranfeng Qiub, LongLong Hou, Zhongbao Shen, Qingzhe Li: Resistance Spot Welding between Steel and Aluminum Alloy. 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering (ICADME 2015), Published by Atlantis Press, 777 – 781
- [4] Jidong Kanga, Harish M. Raoa, David R. Siglerb, Blair E. Carlsonb: Tensile and Fatigue Behaviour of AA6022-T4 to IF Steel Resistance Spot Welds. *Procedia Structural Integrity* 5 (2017) 1425–1432
- [5] Jianbin Chen, Xinjian Yuan, Zhan Hu, Changzheng Sun, Yanxin Zhang, Yuxuan Zhang: Microstructure and mechanical properties of resistance-spot-welded joints for A5052 aluminum alloy and DP 600 steel. *Materials Characterization* 120 (2016) 45–52]
- [6] G. Meschut & O. Hahn & V. Janzen & T. Olfemann: Innovative joining technologies for multi-material structures. *Weld in the World* (2014) 58: 65–75.
- [7] G. Meschut, V. Janzen, and T. Olfemann: Innovative and Highly Productive Joining Technologies for Multi-Material Lightweight Car Body Structures. *Journal of Materials Engineering and Performance*, Volume 23(5) May 2014—1515
- [8] Yvan Chastel*, Lucas Passemard: Joining technologies for future automobile multi-material modules. *Procedia Engineering* 81 (2014) 2104 – 2110
- [9] Zhang H., Senkara J.: Resistance Welding: Fundamentals and Applications, 2nd Edition. CRC Press, 2017, 456 Pages, ISBN 9781138075245
- [10] Muftuoglu F., Keskinel T.: Effect of Coating Thickness on Electrode Life in the Spot Welding of Galvanized Steels. *Turkish J. Eng. Env. Sci.*31 (2007) , 183 – 187.
- [11] X. Hu^{1;2}, G. Zou^{2;3}, S. J. Dong¹, M. Y. Lee⁴, J. P. Jung^{5,*} and Y. Zhou²: Effects of Steel Coatings on Electrode Life in Resistance Spot Welding of Galvannealed Steel Sheets. *Materials Transactions*, Vol. 51, No. 12 (2010) pp. 2236 to 2242
- [12] <http://www.usske.sk/sk/produkty/ziarovo-pozinkovana-ocel/ocel-s-bh-efektom> (04.10.2018)
- [13] <https://www.alumeco.com/aluminium/sheets/en-aw-1050a/05-x--/p/390/3714> (04.10.2018)
- [14] *Metallurgy and Mechanics of Welding*. Edited by R. Blondeau. Wiley, 2008, pp. 496
- [15] <http://www.solyman.com/wp-content/uploads/2017/09/LNM-Al-Si5.pdf>
- [16] M. Potesser, T. Schoeberl, H. Antrekowitsch and J. Bruckner: The Characterization of the Intermetallic Fe-Al Layer of Steel-Aluminum Weldings. EPD C Congress 2006, TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), 2006, 167 - 176

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavol RADIČ, PhD., VÚZ Bratislava
doc. Ing. Harold MÄSIAR, CSc.; TUAD v Trenčine



Vplyv prídavného zaťaženia na zostatkovú životnosť plynovodu

Effect of additional loading on pipeline residual life

Doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD., Ing. Ivan HAMÁK,
Prof. Ing. Stanislav VEJVODA, CSc.

Organizácia / Organization:

Konzultant /živnostník

Tel.: . 00421 / 0907 494 163

E-mail: peter.bernasovsky@gmail.com

Abstrakt:

Posledné prípady havárií tranzitného plynovodu /Kamenné Kosihy, Slanec.../ ukazujú na významný vplyv ohybového prídavného zaťaženia vznikajúceho zosuvom pôdy, sadnutím potrubia alebo lokálnym zemetrasením. Havárie vznikajú hlavne v zvarových spojoch z neprípustných chýb typu neprevarený koreň, studený spoj, či trhlina. .Aj keď v súčasnosti prevádzkovateľ monitoruje kritické úseky plynovodu, nie sú známe limitné hodnoty zosuvu vzhľadom na veľkosť prítomných defektov. Cieľom predloženej práce bolo namodelovanie interakcii rôznych defektov zvarových spojov s prídavným ohybovým zaťažením pri prevádzkovom tlaku /7,5 MPa/ a experimentálne verifikovať tieto hodnoty so skúškami na špeciálnom ohybovom zariadení vo firme BMS Bojnanský s.r.o.. Skúšky sa robili na vyrezaných častiach potrubia DN 1200 akosti X-70 /L485MB/. Bol zostrojený nomogram prípustnej veľkosti trhliny vzhľadom

Abstract:

Last gas transmission pipeline failures show significant effect of the additional bend loading, that is originated due to soil sliding, pipeline settling-down.or local earthquake.The failures are mainly created from weld joint defects / cold laps, cracks, weld root defects.../. Even the critical sections of gas pipelines are monitored.at present, the limit values of soil sliding according to defect size are unknown..A presented work goal was modelling of defect interaction with additional bend loadind at gas operation pressure /7,5 MPa/. and its verification by special bend machine.in the BMS Bojnanský company. The tests were performed on cutted pipe sections /DN1200, X-70 grade/. Finally a nomogram of acceptable crack size according to bend loading level was.costructed.

1. Úvod

Posledné prípady havárií vysokotlakových plynovodov (Kamenné Kosihy, Slanec...) ukazujú na významný vplyv prídavného zaťaženia od ohybového momentu, ktorý je spôsobený zosuvom pôdy, sadnutím potrubia po oprave izolácie alebo lokálnym zemetrasením. Prídavné zaťaženia ohybovým momentom a priečnou silou výrazne ovplyvnia dvojsovú napätosť potrubia (valcová škrupina) zaťaženého vnútorným prevádzkovým tlakom plynu. Prídavný ohybový moment výrazne zvýši osové napätie na ťahanej strane potrubia a v niektorých prípadoch môže osové napätie prevýšiť tangenciálne napätie od vnútorného tlaku.

Havárie vznikajú hlavne v zvarových spojoch z neprípustných anomálii typu neprevarený koreň, studený spoj či trhlina.

Posúdenie prípustnosti nepriechodných defektov v obvodových aj vo výrobných zvaroch bolo spracované formou nomogramov, podľa normy BS 7910-1999 s uvažovaním membránového napätia od vnútorného tlaku. Avšak v prípade zosuvu pôdy, resp. sadnutia potrubia, osovú napätia od prídavného ohybového momentu zvyčajne prevýšia tangenciálne napätia, čo bolo aj príčinou spomínaných havárií.

V súčasnosti eustream a.s. monitoruje zmenu napätí v niektorých vybraných úsekoch plynovodu (kritické pásma zosuvu pôdy) pomocou rôznych snímačov (hlavne tenzometrické snímače).

Cieľom výskumnej úlohy bolo numericky namodelovať interakciu predpokladaných defektov s prídavným ohybovým zaťažením pri prevádzkovom tlaku a experimentálne verifikovať vypočítané výsledky deformácií s nameranými hodnotami pri jednotlivých skúškach. Defekty v obvodových zvaroch boli pôvodné a umelo vytvorené na prevádzkovaných rúrach DN 1200 akosti X-70 (L485 MB) vyrezaných z plynovodu. Najprv na 1. rúre bez defektov v zvarovom spoji za účelom stanovenia medzného stavu porušenia a upresnenia použitej metódy skúšania. Ďalej sa skúšala 2.rúra s anomáliou v montážnom obvodovom zvaru typu presadená hrana. Potom to bola 3.rúra s umelo vytvorenou trhlinou v obvodovom zvarovom spoji a nakoniec to bol 4.obvodový zvarový spoj s pôvodnými indikáciami typu studených spojov v koreni.

2. Metodika

Každá skúška pozostávala zo:

- Statickej skúšky rúry s vnútorným tlakom a prídavným zaťažením od ohybu a tenzometrického merania deformácií.
- Matematického modelu MKP a verifikácií modelu z výsledkov tenzometrických meraní.

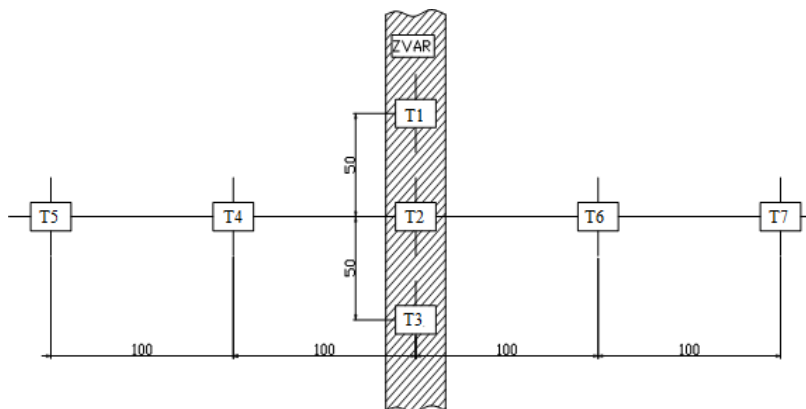
VÚZ má dlhodobé skúsenosti s hydraulickými modelovými skúškami rúr s vnútorným pretlakom, avšak nemá možnosti skúšania natlakovaných veľkorozmerných rúr prídavným ohybovým momentom. Za tým účelom využil spoluprácu s firmou BMS Bojnanský s.r.o. Velké Zálužie, ktorá vlastní vertikálne ohýbačky rúr až do priemeru DN 1200.



Obr. 1 Celkový pohľad na ohýbací stroj s nainštalovanou rúrou

Pre účely ohybovej a hydrostatickej skúšky boli na skúšobnú rúru nadvarené asi 2,5 m konce s dnami. Pozri nainštalovanú rúru v ohýbacom stroji (obr. 1).

Pri skúške bola rúra natočená tak, aby sa indikácie vyskytovali na ťahanej strane ohybu. V okolí indikácií sa na rúru prilepili tenzometre.



Obr. 2 Umiestnenie tenzometrov

Výpočet napätosti v oblasti zvarového spoja metódou MKP vykonával ústav VÍTKOVICE ÚAM a.s., ktorý má v tejto oblasti dlhodobé skúsenosti.

3. Výsledky

1. Skúška rúry DN 1200x18,9mm akosti L485 MB bez defektov v obvodovom zvarovom spoji

Plynovodná rúra bola natlakovaná na tlak 7,5 MPa.

Ohybovou skúškou sa zistilo, že jednorázovo (na jeden zdvih) je možné ohnúť rúru na uhol maximálne cca 7°. Pri uhle ohybu 5, 7° bola vnesená maximálna celková pomerná deformácia 2,4% v základnom materiáli vo vzdialenosti 100 mm od zvaru a celková pomerná deformácia 1,8% v zvarovom kove obvodového zvaru.

Vnútorný pretlak a ohybový moment, ktorý namáha rúru ohybom, vyvolali v stene rúry normálové napätia s malou zmenou po hrúbke steny, ale k porušeniu rúry nedošlo. Vnútorný pretlak mal charakter zaťaženia mechanického pôvodu a zaťaženia vyvolávajúce ohybový moment sú deformačného pôvodu.

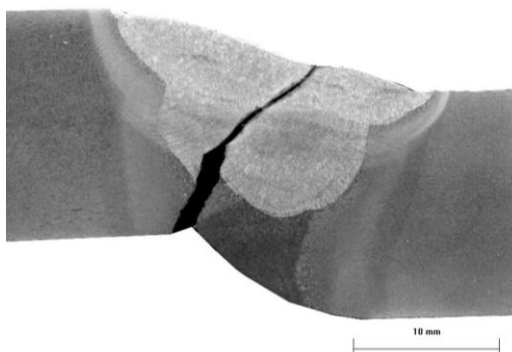
Celkovo treba povedať, že predmetná prvá etapa skúšok na bezdefektnej rúre slúžila na dopracovanie metódy skúšania a na stanovenie východiskového stavu pre skúšky ďalších etáp.

2. Skúška rúry DN 1200x16mm akosti L485 MB s presadenými hranami v obvodovom zvarovom spoji

Bola vykonaná skúška ohybom rúry DN 1200 x 16 mm s anomáliou v montážnom obvodovom zvare typu presadená hrana veľkosti 8 mm. Rúra bola počas ohybu zaťažená vnútorným pretlakom 7,5 MPa. Anomália bola umiestnená na ťahanej strane rúry.

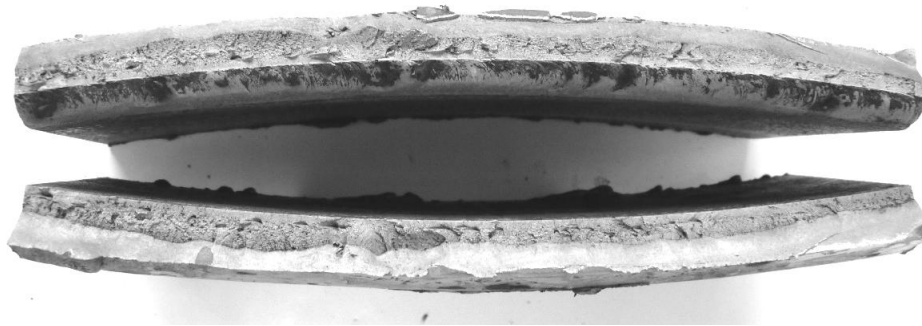


Obr.3a. Presadenie hrán



Obr.3b. Trhlina po ohybe

Porušenie nastalo postupným tvárnym trhaním, ktoré iniciovalo v koreni obvodového zvaru. Tvárne porušenie prerástlo v postupne sa zväčšujúcu trhlinu so zvyšujúcim sa membránovým napätím. Trhlina narastla v priemere do hĺbky 8 mm a dĺžky 225 mm. Pri týchto rozmeroch trhliny nastal plastický kolaps zvyškového prierezu rýchlym šmykovým lomom.



Obr.4. Dolomenie priechodzej trhliny

Najvýznamnejší podiel na porušení mal prídavný ohybový moment od 8 milimetrového presadenia hrán. Porušenie nastalo pri relatívne nízkom membránovom napätí cca 250 MPa (hodnota je odhadnutá z nameraných hodnôt deformácie tenzometrov umiestnených mimo zvaru na povrchu rúry). Hodnota membránového napätia 250 MPa nedosiahla ani polovicu medze klzu zvarového kovu (600 MPa).

Z výpočtu kritickej veľkosti trhliny vyplynulo, že porušenie nenastalo dosiahnutím kritickej hodnoty súčiniteľa intenzity napätia $180 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$, ale nárastom napätia vo zvyšnom priereze pod trhlinou. Podľa výpočtu by už trhlina o dĺžke 225 mm a hĺbke 3 mm bola nestabilná z titulu plastického kolapsu zvyškového prierezu pod trhlinou.

V prípade priehybu potrubia od sadania respektíve zosuvu svahu je najvhodnejšie spevniť obvodový zvar s anomáliou teplou objímkou, prípadne na krátke obdobie sledovať deformáciu priamo na povrchu zvaru v inkriminovanom mieste.

3. Skúška rúry DN1200x13,5mm akosti L485 MB s umelou trhlinou v obvodovom zvarovom spoji

Umelá trhlina sa vyrobila tak, že koreň zvaru sa v dĺžke 150 mm vybrúsil a vyvaril nevysušenou základnou elektródou E-B511 /13%Cr/. Tak vznikla ostrá vodíková trhlina dlhá 160 mm a hlboká 5,5 mm.

Takýto zvar bol z hľadiska mechanických vlastností neštandardný k iným zvarom použitým pri stavbe tranzitného plynovodu, bol zaťažovaný kombináciou vnútorného tlaku a prídavným ohybom. Membránové napätie nedosiahlo hodnotou medze klzu základného materiálu ani zvarového kovu. Nízka hodnota rázovej húževnatosti bola riadiacim parametrom v procese porušenia v mieste defektu.



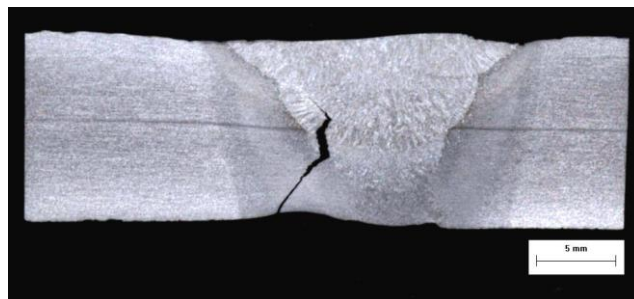
Obr.5a.Vonkajší povrch



Obr.5b.Vnútorý povrch

Porušenia malo teda charakter tvárneho trhania zvyškového ligamentu pod trhlinou. Vypočítané hodnoty lomovej húževnatosti generujú, že riadiacim faktorom porušenia nie je faktor intenzity napätia, ale vysoká plastická deformácia v koreni trhliny. Z nomogramu /Graf 3/ vyplýva, že rozmer a hĺbka trhliny je neprípustná, pri porušení by nastal iba únik média.

Po znížení tlaku (únik vody) a ukončení ohybu sa trhlina zastavila v húževnatom ZK pôvodného zvarového spoja. Interkrystalický štiepny lom umelej trhliny sa pri skúške širil tvárnym trhaním (rýchly šmykový lom). K totálnej deštrukcii potrubia by nedošlo.



Obr.6 Zastavenie trhliny v ZK

4, Skúšky rúry DN 1200x13,8mm akosti L485 MB s defektom studených spojov v obvodovom zvarovom spoji

V obvodovom zware boli dva defekty typu studený spoj, ktoré sa cyklicky zaťažovali s rozkmitom tlaku 0,5 až 7,5 MPa s počtom cyklov 2500. V koreni studených spojov sa zaznamenal nárast trhlín len s hĺbkou 0,2 mm a 0,4 mm, čo svedčí o pomerne dobrej odolnosti danej rúry proti šíreniu únavovej trhliny. Tento nárast preklasifikoval studené spoje na trhliny s dĺžkou 32,4 mm a 24 mm, s hĺbkou 3,4 mm a 2 mm.

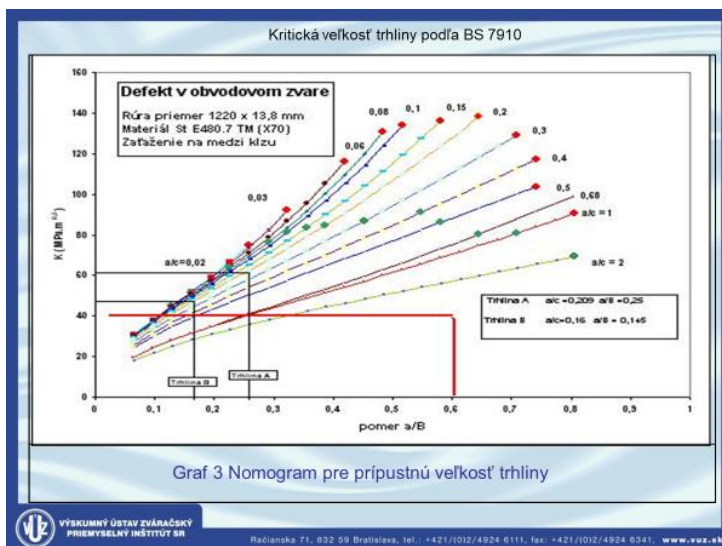


Obr.7.Lomové plochy po dolomení trhlín

Porušenie nastalo tvárnym trhaním defektu až do prieniku na povrch zvaru. Počiatok tvárneho trhania bol pod hodnotou medze klzu zvarového kovu pri nominálnom napätí 505 MPa pri súčasnom pôsobení prídavného ohybového momentu od geometrickej anomálie v koreni zvaru.

Riadiacim faktorom porušenia v obidvoch prípadoch nebola lomová húževnatosť zvarového kovu, ale plastický kolaps vo zvyšnom ligamente pod trhlinami.

Nomogram pre prípustnú veľkosť trhliny



4. ZÁVER

Z ohybových skúšok štyroch rúr možno vyvodiť nasledujúce závery:

Významné osovú zaťaženie ,ktoré môže pôsobiť deštručne na plynovod je zaťaženie od ohybového momentu pôsobiaceho na zasypanú rúru. Osovú silu od vnútorného pretlaku, jeho zmeny a zmeny teploty sú v zasypanom potrubí druhoradé a majú skôr oscilujúci charakter okolo jednej hodnoty

Pre plynovodnú rúru s bez defektnými zvarmi je možné pripustiť pre ZM pomernú plastickú deformáciu na úrovni 2 %. Potrubie by znieslo aj väčšiu deformáciu, ale v danom ohybovom stroji sa to nedalo overiť. Dvomi percentami plastickej deformácie odpovedá celková pomerná deformácia 22581 μS v osovom smere.

Vplyv ohybového momentu s defektmi v obvodovom zvare je potrebné riešiť individuálne. Ohybové skúšky s defektmi typu trhlín , geometrických anomálií a ich spolupôsobenia dokázali, že k deštrukcii prichádza hlboko pod medzou klzu materiálu rúry alebo zvarového spoja. Tento stav je problematické zachytiť meraním zmeny osového napätia tenzometrami, hlavne v prípade neznámeho deformačného stavu pred inštaláciou tenzometrov. V oblasti hroziacich zosuvov pôdy je potrebné okamžite odstrániť defektné miesta alebo ich na nevyhnutný čas monitorovať priamo v ich mieste výskytu

Studené spoje, krátke a plytké trhliny s rozmermi uvedenými v nomograme je možné tolerovať do úrovne maximálnej deformácie na úrovni medze klzu materiálu v ktorom sa nachádzajú. Táto hodnota okolo 1000 μs je dobre detekovateľná tenzometrickým meraním.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Peter LIPTÁK, CSc.; TUAD v Trenčíne
Ing. Pavol RADIČ, PhD., VÚZ Bratislava



Inštalácia dvoch horákov Oxipyr®-Air na anódovej peci MAERZ

Installation of two Oxipyr®-Air burners in anode furnace MAERZ

Ing. Jozef ŠUŠKA*, Ing. František ZIOLKOVSKÝ**, Dipl.-Ing. Johannes RAUCH***

Organizácia / Organization:

* Messer Tatragas spol. s r.o., Bratislava

** Kovohuty a.s., Krompachy

*** Messer Austria GmbH, Gumpoldskirchen

Abstrakt

Pri každoročnom celosvetovom využití približne 12 miliónov ton, je med' najdôležitejší kovový materiál po oceli a hliníku [1]. Hlavnými oblasťami aplikácií v ktorých sa využívajú medené výrobky sú napr. dodávky elektrickej energie, telekomunikácie, stavebníctvo, strojárstvo, doprava a spotrebný tovar. Recyklácia medi bola vždy veľmi dôležitá, keďže mnohé krajiny nemajú takmer žiadny vlastný zdroj rudy dostatočnej kvality. Kyslíkové aplikácie ako kyslíkové obohacovanie, kyslíkové horáky a iné, sú úspešne aplikované v oblasti priemyslu metalurgie, skla a tepelnej techniky. Použitím týchto technológií je možné znížiť výrobné náklady pre mnohé procesy. Tento článok popisuje inštaláciu dvoch horákov Oxipyr®-Air na anódovej peci MAERZ vo výrobnom závode Kovohuty, a.s. Krompachy.

Abstract

With a world-wide annual use of about 12 million tons, copper is the most important metallic material after steel and aluminium [1]. The main fields of application for copper products are power supply, telecommunications, the building industry, mechanical engineering, transportation and consumer goods. As many countries have almost none of its own ore resources of sufficient quality, the recycling of copper has always been of great importance. Oxygen applications as an oxygen enrichment, oxyfuel burners, etc., are successfully applied in the field of metallurgical industry, glass industry and heat engineering. By using of these technologies it is possible to reduce production costs for many processes. This article describes installation of two Oxipyr®-Air burners in anode furnace MAERZ at production plant Kovohuty, a.s. Krompachy.

1. Úvod

Množstvo medi, ktoré bude v budúcnosti k dispozícii, je do jednoznačnej miery ovplyvnené schopnosťou med' recyklovať. Druhotný kov nikdy nepokryje vo svete stále rastúci dopyt po medi – v súčasnej dobe je pokryté asi 40% bežnej spotreby. Takmer všetka už použitá med' môže byť použitá znova bez zhoršenia jej vlastností. Priemerná životnosť výrobkov obsahujúcich med' sa značne líši od niekoľkých málo rokov v elektronike, po sto a viac rokov v technických zariadeniach budov.

Recyklácia pomáha šetriť primárne zdroje a prináša taktiež veľké úspory energie, lebo pri porovnaní s energetickou náročnosťou získania kovu z rudy je úspornejšia. Priemysel zaoberajúci sa recykláciou „zachraňuje“ med' pochádzajúcu napr. zo zastaraných výrobných zariadení, z odpadu vznikajúcom pri výrobných procesoch, z automobilov, ktoré už poslúžili z vyradených káblov a pod.

Materiál je najskôr triedený, časť môže byť použitá priamo ako prísada do taviacich pecí, väčšia časť je pretavená a ďalej spracovaná.

2. Výroba medi

V závislosti od typu rudy, je možné meď (Cu) vyrábať pyrometalurgickými alebo hydrometalurgickými procesmi. Koncentráty vyrobené z Cu sulfidových rúd sa zvyčajne spracúvajú pyrometalurgickými procesmi a predstavujú približne 80% celkovej primárnej produkcie Cu [2]. Všetky výrobné postupy Cu vyžadujú energiu, či už vo forme elektrickej energie, uhľovodíkových palív (nafta, zemný plyn, vykurovací olej, uhlie a koks), alebo vo forme zabudovanej energie spotrebovaných materiálov (napr. chemikálie).

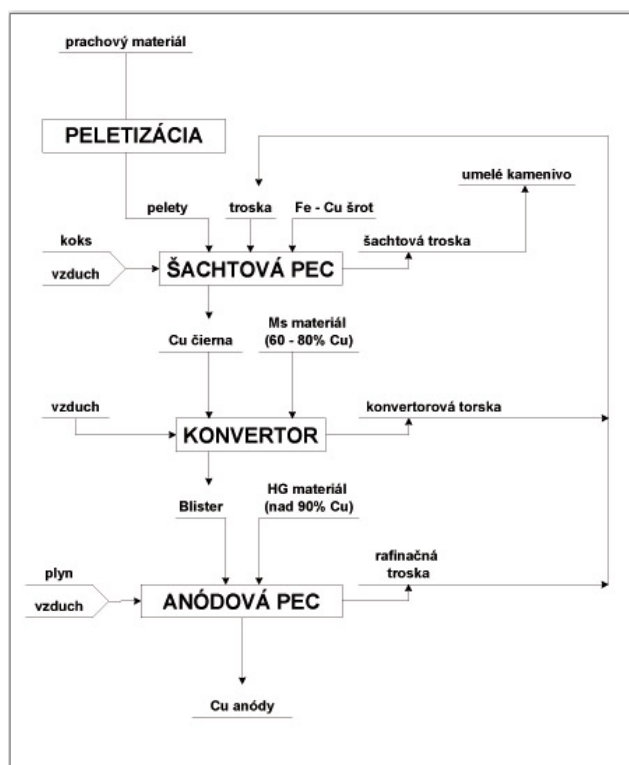
Hydrometalurgické procesy sú vo všeobecnosti energeticky náročnejšie ako taviace procesy a to hlavne z dôvodu neschopnosti využívať reakčné teplo sulfidov. Elektrolytické získavanie kovov používané vo väčšine hydrometalurgických procesov je tiež energeticky náročné a výskum v týchto oblastiach môže priniesť významné úspory energie. Významné zlepšenie sa môže dosiahnuť pri využívaní energie v hydrometalurgických procesoch, napr. efektívnejším využitím odpadového tepla, kombinovanými hydrometalurgickými a pyrometalurgickými procesmi s nízkou spotrebou energie.

3. Pyrometalurgická výroba Cu

Základný materiál z ktorého sa získava Cu, obsahuje okrem Cu množstvo iných prímiesí ako napr. nikel, olovo, cín, zinok a železo. Počas rafinačných procesov Cu, sú tieto prímеси odstránené. Takmer všetka Cu získaná pyrometalurgickým procesom prechádza elektrolytickou rafináciou Cu. V procese elektrolýzy je Cu anodicky rozpustená a na katóde kryštalizuje Cu bez nečistôt [3].

Na obr.1 je schéma výroby anódovej Cu v spoločnosti Kovohuty Krompachy [4]. Týmto výrobným procesom sú spracovávané materiály s obsahom Cu od 5% do 99% Cu. V závislosti na obsahu medi a granulometrii sú tieto materiály spracovávané na jednotlivých výrobných agregátoch:

- šachtová pec 5 - 60% Cu,
- konvertory 60 - 85% Cu,
- anódová pec - nad 90% Cu.



Obr.1: Pyrometalurgický proces výroby Cu [4]
Cu pyrometallurgical production [4]

Prvým stupňom spracovania Cu je šachtová pec. V šachtovej peci prebieha redukčné tavenie Cu materiálov. Ako palivo sa používa koks a výsledkom tavenia je čierna Cu o čistote 73 - 78% Cu a šachtová troska. Druhým stupňom spracovania Cu je konvertor. Vsádzka je tvorená produktom tavenia zo šachtovej peci „čierna Cu“ s prísadou materiálu s obsahom Cu 60 - 85% Cu. Výsledkom oxidačného procesu je „Blister“ s obsahom 93 - 96% Cu. Posledným stupňom výroby anódovej medi je Anódová pec typu Maerz, ktorá spracováva materiál s obsahom Cu nad 90%.

Vsádzkový materiál do anódovej peci tvorí:

- Blister (produkt z konvertorov)
- Cu klobúky (vratný materiál z anódovej peci)
- Paketované Cu balíky a voľná Cu (Cu šrot)
- Troskotvorné prísady (kremeň a vápenec)

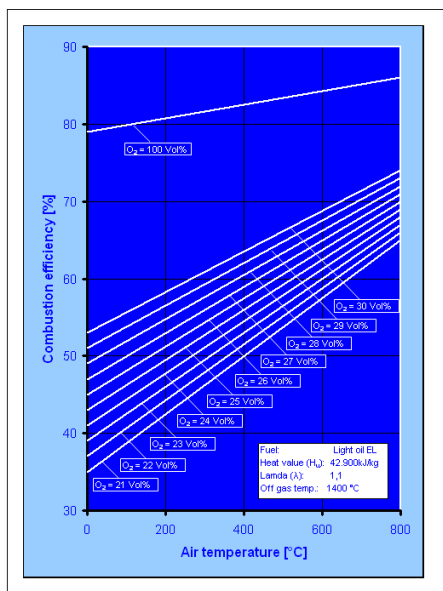
V pyrometalurgickom procese výroby Cu je anódová pec dôležitým výrobným zariadením, ktorým je možné dosiahnuť zvýšenie kvality Cu, selektívnou oxidáciou a redukciou. Kyslík a ďalšie nečistoty prítomné vo vsádzke, musia byť odstránené skôr ako bude Cu odlievaná do anód pre elektrolytické rafinovanie. Blister je čiastočne do anódovej pece vsádzaný vo forme taveniny, v takom prípade nie je potrebné jeho opätovné roztavenie. Niektoré nečistoty môžu byť odstránené v procese oxidácie, prostredníctvom pridávaného kyslíka, ktorý rafinuje taveninu anódovej pece. V procese spracovania Cu, dochádza k tvorbe trosky, ktorá sa priebežne odoberá. Záverečným krokom spracovania Cu v anódovej peci je redukcia Cu a odstránenie kyslíka z taveniny prostredníctvom pridávaného redukčného plynu napr. zemný plyn. Roztavená meď je následne pripravená na odlievanie do anód a finálne elektrolytické rafinovanie, ktorého výsledkom je Cu o čistote 99,99%.

4. Inštalácia dvoch horákov Oxipyr®-Air

V poslednej fáze výrobného procesu medených anód, využíva spoločnosť Kovohuty, a.s. v Krompachoch sklopnú anódovú pec o celkovej kapacite 250t. Účinnosť priemyselných spaľovacích procesov môže byť zvýšená dvoma spôsobmi (ktoré je možné vidieť na Obr.2), a to buď predohrevom paliva a vzduchu, alebo pridaním kyslíka. Z dôvodu vysokého obsahu balastného dusíka vo vzduchu (79%) je pri spaľovaní pomocou vzduchu možné dosiahnuť len nízke teploty plameňa. Balastný dusík spôsobuje vysoké teplotné straty z dôvodu nízkej účinnosti spaľovania. Kyslík je možné dostať do spaľovacej komory rôznymi spôsobmi:

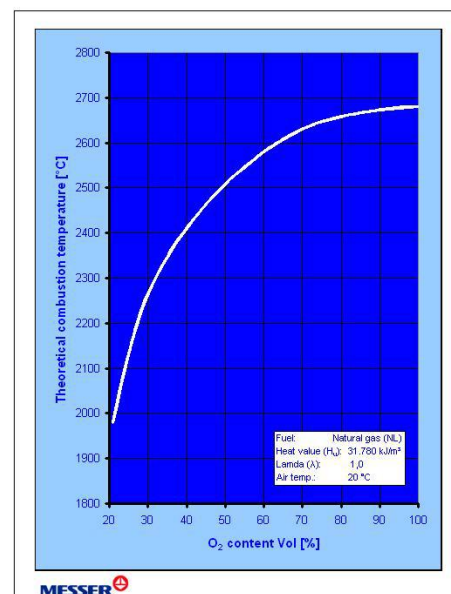
- Kyslíkovými horákmi
- Priamou injekciou kyslíka do vzduchovo-palivového plameňa
- Pridaním pod úroveň vzduchovo-palivového plameňa
- Nasýtením spaľovacieho vzduchu

Na Obr.3 je znázornená závislosť teoretickej teploty plameňa pri stechiometrickom spaľovaní zemného plynu od obohatenia vzduchu kyslíkom. Z toho vyplýva, že aj nízke hodnoty kyslíkového obohacovania sú schopné vytvoriť vyššie teploty plameňa a tým zvýšiť účinnosť spaľovania.



Obr.2: Vplyv teploty spaľovacieho vzduchu a stechiometrické koncentrácie kyslíka na účinnosť spaľovania [5]

Dependence of combustion efficiency on oxygen content [5]



Obr.3: Teoretická teplota plameňa pre

spaľovanie zemného plynu v závislosti od koncentrácie

kyslíka v spaľovacom vzduchu [5]

Theoretical combustion temperature for stoichiometric combustion of natural gas [5]

Pôvodná koncepcia výroby anódovej medi (Obr.4) počítala s využitím obidvoch vyššie zmienených spôsobov zefektívnenia procesu spaľovania zemného plynu. To znamená, že anódová pec v spaľovacom procese využívala predohriaty spaľovací vzduch z rekuperátora a systém kyslíkového obohacovania zvlášť pre každý horák. Postupom času klesala účinnosť rekuperátora a spaľovací proces sa stával menej efektívnym, čoho dôsledkom boli dlhšie časy jednotlivých taviieb.



Obr.4: Pôvodný stav anódovej pece inštalácii dvoch
Original state of anode furnace



Obr.5: Nový stav anódovej pece, po horákov Oxipyr®-Air
New state of anode furnace, after installation of two Oxipyr®-Air burners

Kovohuty, a.s. potrebovali daný stav zlepšiť a keďže spoločnosť Messer mala s danou aplikáciou praktické skúsenosti, začali prebiehať prvé diskusie ako tento stav zlepšiť. Navrhli sme vymeniť pôvodné horáky (Obr.5), za nové horáky typu Oxipyr®-Air, pomocou ktorých by sa dosiahli podstatné zlepšenia výrobných parametrov anódovej pece aj bez použitia rekuperátora a v neposlednom rade výrazné zlepšenie spaľovacieho procesu. Samotný projekt nezahŕňal len výmenu horákov, ale aj inštaláciu nového systému spaľovacieho vzduchu ako aj zmenu riadenia kyslíkového obohacovania. Horáky typu Oxipyr®-Air sú vybavené pohyblivým kónusom a pracujú v širokom rozsahu kyslíkového obohacovania 25 – 100%.

Parametre inštalovaného zariadenia:

- 2 x horáky Oxipyr®-Air (Min. 0,4 MW, Nom. 8 MW, Max. 12 MW / 1 horák)
- Dočasná kyslíková regulácia (2 x 2000 Nm³/h)
- Regulácia vzduchu (8000 Nm³/h)
- PLC implementácia riadenia horákov

Dosahované úspory s inštalovanými horákmi Oxipyr®-Air:

- Zníženie času jedného cyklu z pôvodných 30h (bez funkčného rekuperátora) na 24h
- Zníženie množstva spalín >50%
- Zlepšenie životnosti výmurovky po cca 70. tavných bez servisného zásahu

Po úspešnej realizácii prevádzkového pokusu je zariadenie využívané v trvalej prevádzke.

5. Záver

V súčasnej dobe aplikácie kyslíkového obohacovania neustále nachádzajú uplatnenie v rôznych odvetviach priemyslu. Aplikáciou kyslíkového obohacovania spaľovacieho vzduchu je v mnohých prípadoch možné dosiahnuť vysoké úspory prevádzkových nákladov s minimálnou počiatočnou investíciou.

Literatúra

- [1] Krippner M., Hähre S., Schultmann F.. Report on Best Available Techniques (BAT) in Copper Production. 1999
- [2] Kulczycka J., Lewandowska A., Wirth H., D. Bergesen J., Lelek L. Environmental Impacts of Energy-Efficient Pyrometallurgical Copper Smelting Technologies: The Consequences of Technological Changes from 2010 to 2050, Jurnal of Industrial Ecology, 2015
- [3] H. Antrekowitsch, C. Wenzl, I. Filzwieser, D. Offenthaler: Pyrometallurgical Refining of Copper in an Anode Furnace. TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), Year. 2005
- [4] Dostupné na internete: <http://www.kovohuty.sk/Sk/pyrometalurgia.html>
- [5] Holleis B., Spoljaric D., Adendorff M. Einsatz von technischen gasen in giessereien, Sauerstoff bei Schmelzprozessen, Giesserei-Rundschau 52, 2005

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Eva BREZOVÁ; živnostník
prof. Ing. Jozef MEŠKO, PhD.; Žilinská univerzita v Žiline



Aplikácia predohrevu pri naváraní vrstiev odolných voči oteru

Application of preheating for abrasion resistant welds

dr inž. Marek GUCWA*, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK*, doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.**, Ing .Radoslav KOŇÁR, PhD.**, dr inž. Krzysztof MAKLES*

Organizácia / Organization:

* Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer Science, Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,

** Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

Tel.: +48/ 34 3250 672

E-mail: mgucwa@spaw.pcz.pl

Abstrakt:

Návary odolné proti opotrebeniu sa používajú v mnohých priemyselných odvetviach, kedy je potrebné chrániť komponenty a konštrukcie stroja pred opotrebením spôsobeným prevádzkovými podmienkami. Hlavným parametrom určujúcich vlastnosti týchto návarov je vysoká tvrdosť dosahujúca okolo 60HRC. V mnohých prípadoch sa vytvorí v povrchovej vrstve návaru sieťka trhlín, čo môže ovplyvniť trvanlivosť použitých odolných vrstiev. Článok prezentuje analýzu vplyvu predohrevu pred naváraním do 400 °C na vlastnosti návarov a jeho vplyv na počet trhlín v povrchovej vrstve. Na posúdenie trvanlivosti zvaru sa použil tester G65.

Abstract:

Wear resistant welds are used in many industries when it is necessary to protect machine components and structures against wear caused by operating conditions. Often the main parameter determining the usefulness of these welds is high hardness reaching about 60HRC. In many cases, after the surfacing process, a mesh of cracks is formed in the surface layer, which can affect the durability of the hard-wearing layers used. The paper presents the analysis of the impact of preheating before welding up to 400 °C on the properties of surfacing welds and its effect on the number of cracks in the surface layer. The G65 tester was used to assess the durability of the weld.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Jozef PECHA, CSc.; Energoinvest, s.r.o. Bratislava
doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD.; VÚZ, Bratislava



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



Servisné služby spoločnosti Valtec spol. s r. o. ZVARCENTRUM

Valtec ZVARCENTRUM - maintenance services

Michal ŽILKA - vedúci servisného oddelenia
Radoslav VAVRO, IWT

Organizácia / Organization:

VALTEC spol. s r.o. (ZVARCENTRUM), Lieskovec

Tel.: 00421 / 918 966 577

E-mail: vavro@valtec.sk

Abstrakt:

Valtec ZVARCENTRUM Service - servisné služby poskytované zákazníkom - opravy, preventívne prehliadky, kalibrácie, revízie, poradenstvo. Nový koncept servisných zmlúv.

Naším zákazníkom poskytujeme nasledovné služby:

- Oprava a údržba VTZ elektrických pre oblúkové zváranie a delenie materiálov (MIG/MAG, TIG, MMA, Plazma).
- Oprava príslušenstva pre oblúkové zváranie a delenie/ delenie plynom (zváracie a deliace horáky, ochranné helmy, diaľkové regulátory).
- Oprava ručného náradia pre opracovanie povrchov a hrán
- Prestavby systémov podľa požiadaviek zákazníka.
- Poradenstvo a školenia pre obsluhu a údržbu zariadení.
- Revízie VTZ elektrických podľa EN 60974-4.
- Kalibrácie zváracích zariadení podľa EN 50504.
- Preventívne prehliadky zváracích zariadení.
- Čistenie zváracích zariadení.
- Zmluvy o údržbe zváracích zariadení.

Abstract:

Valtec ZVARCENTRUM Service - customer service - repairs, preventive inspections, calibrations, revisions, consultancy. A new concept of service contracts.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Andrej MAŠLONKA; REMOS Zvolen, s.r.o.
Ing. Anton ŽUFFA; Trstená



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



HyperFill™. Twin drát MIG/MAG – vysoký odtavovací výkon, nízka náročnosť, vysoká kvalita

HyperFill™. Twin wire GMAW – high deposition, low difficulty, better quality

Lorenzo COATO*, Industrial Segment Manager Lincoln Electric Italy
Ing. Martin DVOŘÁK**, Country Manager SK & CZ Lincoln Electric Europe B.V.

Organizácia / Organization:

* Lincoln Electric Italy

** Lincoln Electric Europe B.V., Zúžená 3, Praha 6, Czech Republic

** MID svařování s.r.o., Nad Kajetánkou 1445/29, 169 00 Praha 6, Czech Republic

Tel.: 00420/ 606 616 165
0039/ 348 476 5560

E-mail: lcoato@lincolnelectric.eu,
mdvorak@lincolnelectric.eu

Abstrakt:

- Výzvy v průmyslu a hodnotná nabídka
- HyperFill™. Přehled metody
 - Mechanické řešení
 - Charakteristika oblouku
- Hodnotná nabídka - Detaily

Abstract:

- *Industry Challenge and Value Proposition*
- *HyperFill™. Process Overview*
 - *Mechanical*
 - *Arc Characteristics*
- *Value Proposition - Details*

www.lincolnelectric.com/hyperfill

Odborný příspěvek recenzoval: Ing. Pavol RADIČ, PhD.; VÚZ, Bratislava
Ing. Ľubomír OLEXA, PhD.; TVIC, s.r.o., Prešov



Zváranie tupého spoja hrúbky 3mm z ocele S960MC technológiou MAG

Welding of butt joint of 3mm thick S960MC steel by MAG technology

doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.*, Ing. Daniel HARMANIAK*,
Ing. Libor TRŠKO, PhD.**, dr inž. Marek GUCWA***,
dr hab. inž. Jerzy WINCZEK***, Ing. Lukáš PETRIČKO****

Organizácia / Organization:

* Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina,

** Žilinská univerzita v Žiline, Výskumné centrum, Univerzitná 1, 010 26 Žilina,

*** Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer Science,
Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,

**** SvarExpert s.r.o., Kištofova 1443/27, 716 00 Ostrava Radvanice.

Tel.: 00421/ 903 143 248

E-mail: milos.mician@fstroj.uniza.sk

Abstrakt:

TMCP (termomechanicky spracované) ocele patria do skupiny ocelí s vysokou pevnosťou, ktoré vykazujú výnimočnú kombináciu pevnosti v ťahu a medze klzu, húževnatosti a ťažnosti. Vysoká pevnosť v ťahu a medza klzu tohto typu ocelí sa dosahuje kombináciou chemického zloženia, tepelného spracovania a spôsobom výroby. V tomto článku sú prezentované výsledky hodnotenia mechanických vlastností a štruktúrálnej analýzy zvarov tenkých plechov z ocele S960MC, ktoré boli zvárané metódou MAG. Mikroštruktúrálna hodnotenie poukázalo na významné zmeny v teplom ovplyvnenej oblasti (TOO). Analýza mikrotvrdości a výsledky ťahových skúšok ukázali, že oblasť čiastočnej prekryštalizácie (ICHAZ - inter-critical heat-affected zone) je limitujúcou oblasťou celého zváraného spoja.

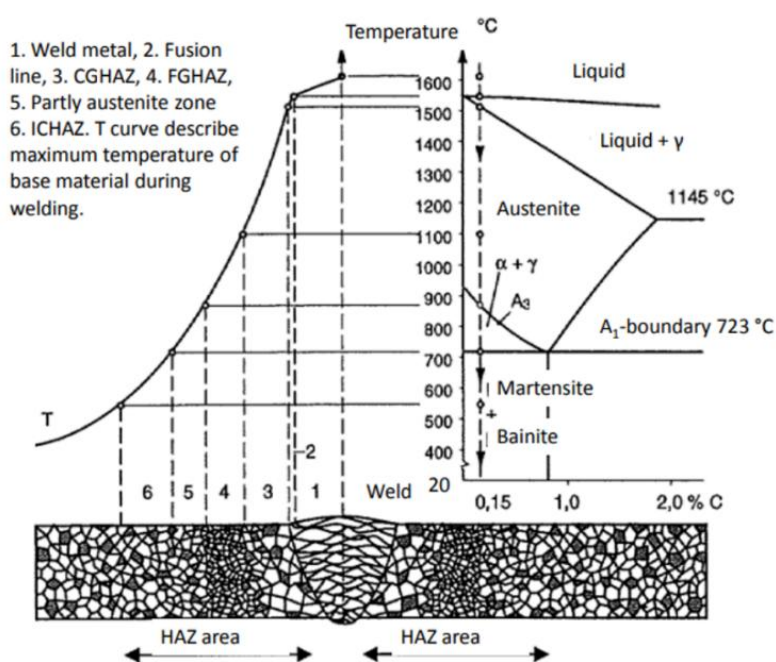
Abstract:

The TMCP (thermo-mechanically controlled processed) steels belong to the group of ultra-high strength steels, which exhibit exceptional combination of high tensile and yield strength, toughness and ductility. The high tensile and yield strength of this type of steels is obtained by the combination of the chemical composition, heat treatment and the mechanical processing. In this paper are presented results of mechanical properties evaluation and structural analysis of the welds of the thin sheets made of the S960MC steel, which were welded using the GMAW procedure. The microstructural evaluation referred significant changes in the HAZ. Analysis of microhardnes and the tensile tests results showed, that ICHAZ (inter-critical heat-affected zone) is the most critical area of the whole welded joint.

1. Úvod

Aplikácia vysokopevných nízkolegovaných ocelí (HSLA) súvisí so zabezpečením vyššej pevnosti konštrukcie pri zachovaní alebo znížení jej hmotnosti. Zároveň sa požadujú dobré spracovateľské vlastnosti, hlavne tvarovateľnosť a zvariteľnosť. Zníženie hmotnosti napr. pri mobilných dopravných prostriedkoch vedie k úspore paliva a následne k zníženiu emisií. Zlepšenie mechanických vlastností ocelí možno dosiahnuť chemickým zložením a výrobným procesom. Oba faktory však majú

významný vplyv na výslednú zvariteľnosť týchto materiálov. Pri HSLA oceliach sa používajú metódy zvyšovania pevnosti založené predovšetkým na riadených procesoch chladenia vo valcovniach a riadenia mikroštruktúry pomocou mikrolegovania ocele. Počas procesu zvarovania sa materiál zohrieva veľmi rýchlo a nasleduje rýchle ochladenie. Tento teplotný cyklus vedie k zmene mikroštruktúry a mechanických vlastností v teplom ovplyvnenej oblasti (TOO), hlavne k zmenám v zložení štruktúry, veľkosti zŕn, dochádza k rozpúšťaniu karbidov a pod. Tieto zmeny sa následne odrážajú na mechanických vlastnostiach, najmä v hodnotách tvrdosti, ťažnosti, húževnatosti, medze klzu a pevnosti v ťahu. Najväčší vplyv na tieto zmeny má tepelný príkon a následne parameter času chladnutia $t_{8/5}$, ktorý určuje výslednú mikroštruktúru zvarového spoja. Najkritickejšou oblasťou je oblasť TOO. Teplotný cyklus zvarovania definuje čiastkové zóny v TOO. V závislosti od vzdialenosti od zdroja tepla je v každej subzóne rozdielny teplotný vplyv. To vedie k tvorbe rôznych mikroštruktúr a mechanických vlastností konkrétnej oblasti. TOO možno rozdeliť do štyroch hlavných čiastkových zón, a to podhúsenicovú zónu (CGHAZ - coarse grained heat-affected zone), normalizačnú zónu (FGHAZ - fine grains heat-affected zone), zónu čiastočnej prekryštalizácie (ICHAZ - inter-critical heat-affected zone) a zónu žihania na mätko (SCHAZ - sub-critical alebo annealed heat-affected zone). Rozdelenie TOO do jednotlivých čiastkových zón je znázornené na obr. 1. [1, 2, 8].



Obr. 1 Maximálna teplota zvarovaného materiálu a výsledná mikroštruktúra v TOO ocelí [2]

Po zvaraní vysokopevných ocelí sa TOO stáva „mäkšou“. Pojem „zmäkčenie TOO“ sa používa pre podoblasť v TOO, kde je tvrdosť nižšia ako tvrdosť základného materiálu. Mikroštruktúra ocelí s pevnosťou v ťahu blízku 900 MPa sa zvyčajne skladá z martenzitu alebo bainitu, ktorý sa počas výroby temperuje pod bodom transformácie A_1 . Pretože počas zvarovania je materiál vystavený teplotám nad A_1 , mikroštruktúra TOO sa nezvratne zmení. Pri nasledujúcom ochladzovaní TOO nie je možné dosiahnuť podmienky, ako pri výrobe základného materiálu [3, 5], čím dochádza k „zmäkčeniu“ hlavne v subzónach ICHAZ a SCHAZ. Výskumy ukázali, že táto podoblasť má horšie mechanické vlastnosti, tiež väčšina únavových trhlin začína v tejto oblasti. Taktiež sa potvrdilo, že šírka zmäkčenej oblasti sa zvyšuje v dôsledku zvyšujúceho sa tepelného príkonu a tvrdosť klesá zo zvyšujúcim sa parametrom $t_{8/5}$ [5].

Väčšina najnovších prác týkajúcich sa zvarovania vysokopevných ocelí (najmä S960) skúma vplyv parametrov spracovania a technológie na výsledné vlastnosti, ale tieto štúdie sú väčšinou zamerané na plechy s hrúbkou 8 mm a viac. Je dobre známe, že zvarovanie tenkých plechov môže odhaliť určité rozdiely vo výsledných vlastnostiach zvarovaného spoja v porovnaní s hrubými plechmi [4, 6]. Cieľom tejto práce je poukázať na zmeny v mikroštruktúre a mechanických vlastnostiach tupého zvarovaného spoja ocele S960MC s hrúbkou 3mm, zvarovaného metódou MAG.

2. Experimentálny materiál a metodika experimentu

Pre experiment bola použitá oceľ S960MC dodaná podľa normy EN 10149-2 [9]. Požadované chemické zloženie podľa tejto normy a chemické zloženie podľa atestu skúmanej ocele sú uvedené v tab. 1. Požadované mechanické vlastnosti podľa normy EN 10149-2 a mechanické vlastnosti podľa atestu skúmanej ocele sú uvedené v tab. 2.

Tab. 1 Chemické zloženie ocele S960MC

Podľa	Chemické zloženie [%] hmot. ocele S960MC										
	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ti	Mo	B
EN 10149-2 *	0,20	0,60	2,20	0,025	0,010	0,015	0,090	0,20	0,250	1,000	0,005
SSAB Strenx S960MC **	0,12	0,25	1,30	0,020	0,010	0,015	0,05	0,05	0,07	-	-
Inšpekčný certifikát ***	0,087	0,18	1,11	0,009	0,001	0,030	0,002	0,01	0,022	0,128	0,001

* Maximálne hodnoty okrem Al. Hodnota Al je minimálna. Suma prvkov Nb, V a Ti môže byť max. 0,22%
 ** Maximálne hodnoty okrem Al. Hodnota Al je minimálna. Suma prvkov Nb, V a Ti môže byť max. 0,18%
 *** Nb+V+Ti=0,034%

Tab. 2 Mechanické vlastnosti ocele S960MC

Podľa	Mechanické vlastnosti ocele S960MC, hrúbka 3mm		
	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]
EN 10149-2	min. 960	980 - 1250	min. 7
SSAB Strenx S960MC	min. 960	980 - 1250	min. 7
Atest	1031	1154	12
	1038	1147	11

Zvarový spoj bol konfigurovaný ako tupý spoj s I zvarom s koreňovou medzerou 1,5mm. Rozmer plechov bol 150 × 300 mm s hrúbkou 3 mm. Zváranie bolo vyhotovené podľa navrhnutých zvaracích parametrov uvedených v tab. 3 procesom MAG.

Tab. 3 Zvaracie parametre

Húsenica	Zvarací proces	Priemer prídavného materiálu [mm]	Polarita	Prúd [A]	Napätie [V]	Rýchlosť zvarania [mm/s]	Rýchlosť podávania drôtu [m/min]	Prietok plynu [l/min]	Tepelný príkon [kJ/mm]
1	135	1	DC+	130	18,5	7,8	4,5	16	0,25

Ochranný plyn: M21, 82%Ar+18%CO₂ podľa EN ISO 14175 [10]
 Prídavný materiál: G 89 5 M21 Mn4Ni2.5CrMo podľa EN ISO 16834-A [11]
 Ďalšie parametre: bez predhrevu, ochladzovanie na voľnom vzduchu, bez tepelného spracovania

Ako prídavný materiál sa použil zvarací drôt Carbofil 3NiMoCr (EN ISO 16834-A: G 89 5 M21 Mn4Ni2,5CrMo). Chemické zloženie a mechanické vlastnosti tohto drôtu sú uvedené v tab. 4. Tento drôt patrí k tzv. „undermatched“ typu prídavného materiálu, kde minimálna medza klzu zvarového kovu je menšia ako medza klzu základného materiálu.

Tab. 4 Chemické zloženie (v % hmot.) a mechanické vlastnosti prídavného materiálu

Označenie prídavného materiálu: Carbofil 3NiMoCr, výrobca Oerlikon													
Klasifikácia: EN ISO 16834-A - G 89 5 M21 Mn4Ni2.5CrMo													
Chemické zloženie [%] hmot.													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	Ti	Zr
EN ISO 16834*	0.13	0.50-0.80	1.60-2.10	0.015	0.018	0.20-0.60	2.30-2.80	0.30-0.65	0.30	0.120	0.030	0.100	0.1000
Atest	0.11	0.66	1.77	0.009	0.007	0.41	2.43	0.46	0.17	0.007	0.007	0.069	0.0019
* Ide o maximálne hodnoty													
Mechanické vlastnosti zvarového kovu (as welded)													
EN ISO 16834	R _{p0,2} [MPa]	≥ 890		R _m [MPa]	940 - 1180		A [%]	≥ 15		KCV [J]	≥ 47 / -50°C		
Atest		≥ 930			≥ 980			≥ 14			≥ 47 / -50°C		

Po zváraní boli zvary v priečnom smere narezané na skúšobné telesá v minimálnej vzdialenosti 25 mm od začiatku zvárania. Boli vykonané nasledujúce mechanické skúšky:

- makroskopické a mikroskopické hodnotenie,
- hodnotenie mikrotvrdosti,
- skúška ťahom v priečnom smere.

Kvalita zvarového spoja sa hodnotila podľa nasledujúcich kritérií. Na hodnotenie mechanických vlastností zvarovaného spoja podľa normy EN ISO 15614-1 [14] platí:

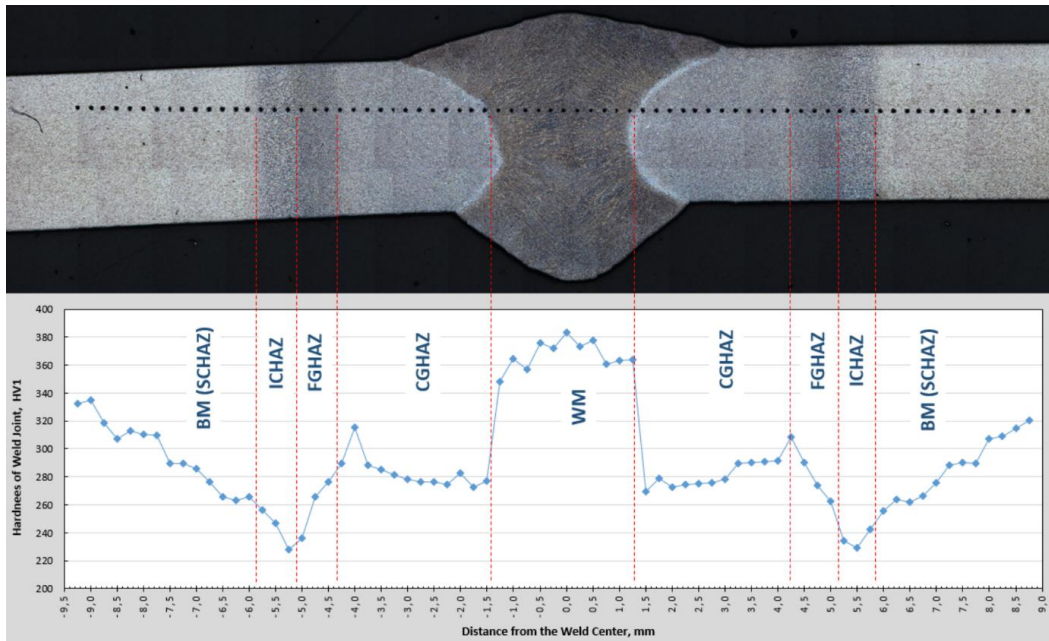
- pevnosť v ťahu zvarového spoja musí byť rovnaká alebo vyššia ako minimálna požadovaná pevnosť v ťahu základného materiálu (R_m ZS ≥ 980 MPa),
- maximálna tvrdosť zvarovaného spoja (pre základný materiál zaradený do skupiny 2.2 podľa normy EN ISO 15608 [15]) musí byť po zváraní 380 HV bez tepelného spracovania. Pre ocele nad R_{p0,2} ≥ 890 MPa sa musí dohodnúť kritická hodnota.

V praxi sa kritériálne hodnoty často znižujú. Napríklad pre zváranie ocele S960MC nemenovaný výrobca, resp. jeho zákazník požaduje R_{p0,2} ≥ 910MPa. Tiež predpisujú hornú a aj dolnú hranicu pre hodnotenie tvrdosti, pre oceľ S960MC musí byť v rozsahu 260 - 450 HV bez tepelného spracovania.

3. Výsledky a diskusia

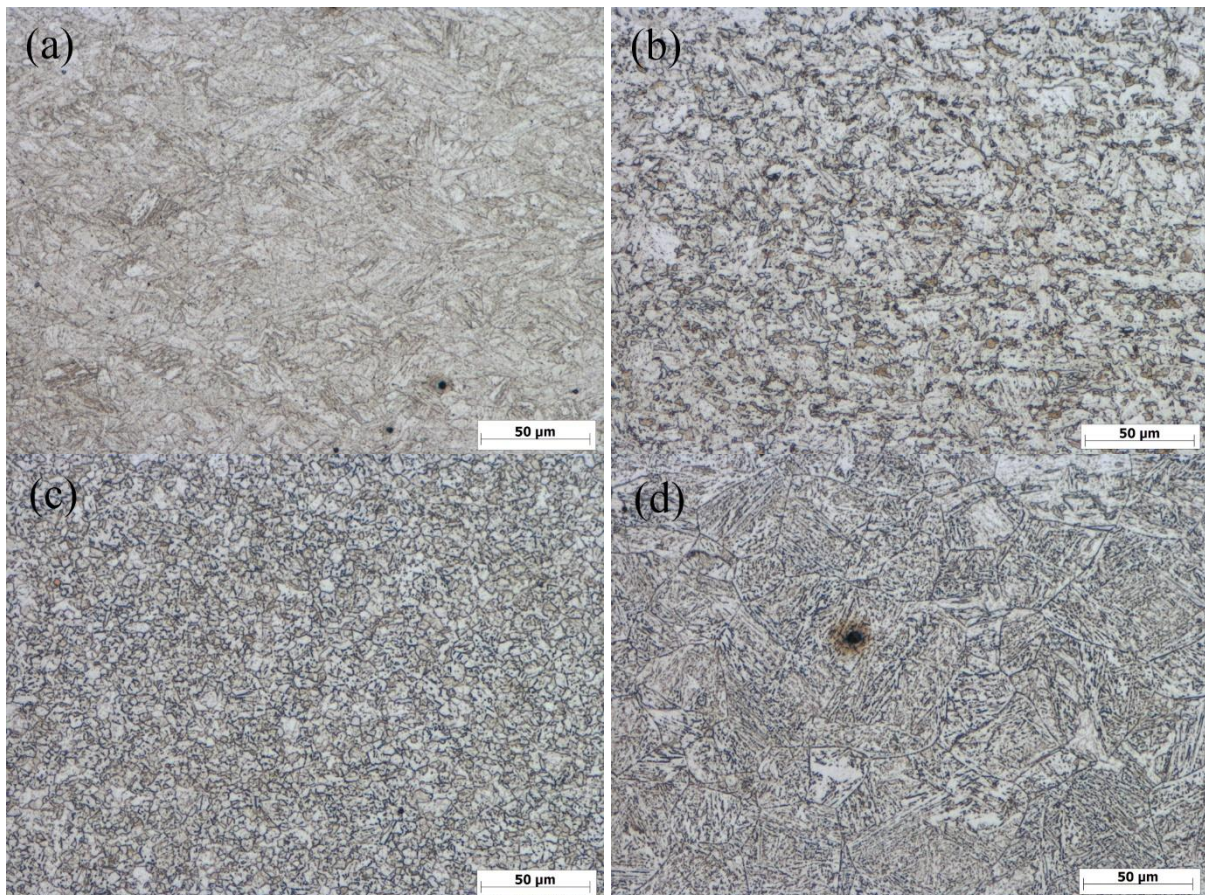
3.1. Hodnotenie makro a mikroštruktúry

Makro a mikroštruktúrálna hodnotenie sa vykonalo cestou optickej mikroskopie. Vzorky boli pripravené štandardným postupom na prípravu metalografických vzoriek a leptané 2% Nitalom. Makroštruktúra zvarového spoja (obr. 2) nevykazovala žiadne trhliny, póry a iné vnútorné chyby s plynulým prechodom zvarového kovu do základného materiálu. Prevýšenie zvaru a koreňa bolo v medziach normy EN ISO 5817-B. Mikroštruktúra základného materiálu je zobrazená na obr. 3a a pozostáva zo zmesi temperovaného martenzitu a bainitu. Mikroštruktúrne hodnotenie poukazuje na významné zmeny v TOO. Podľa pozorovania mikroštruktúry v TOO bolo zaznamenaných niekoľko štruktúrnych čiastkových zón. Fázové transformácie v TOO závisia od výšky maximálnej teploty a času, ktorému boli vystavené jednotlivé časti TOO. Bližšie k zvarovému kovu a zóne natavenia bola oblasť vystavená vyšším teplotám, ale zároveň tu bola aj vyššia rýchlosť ochladzovania. V TOO skúmaného zvaru boli identifikované tri hlavné podoblasti (prirodzene boli medzi týmito jasne rozlíšenými podoblastami prechodné oblasti). Podobné správanie uviedli autori [7, 13, 16, 17, 12].



Obr. 2 Makroštruktúra zvarového spoja ocele S960MC a profil mikrotvrdosti HV1 v jednotlivých subzónach TOO (BM – základný materiál, WM – zvarový kov)

V smere od zvarového kovu k základnému materiálu bola prvou pozorovanou zónou hrubozrnná oblasť (CGHAZ) (obr. 3d). CGHAZ je oblasť, ktorá bola vyhriata vysoko nad teplotou A_{c3} , čo viedlo k premene základného materiálu na austenit, ktorý následne rástol. Po rýchlom ochladení sa zväčšené austenitické zrná premenili späť na hrubý martenzit.

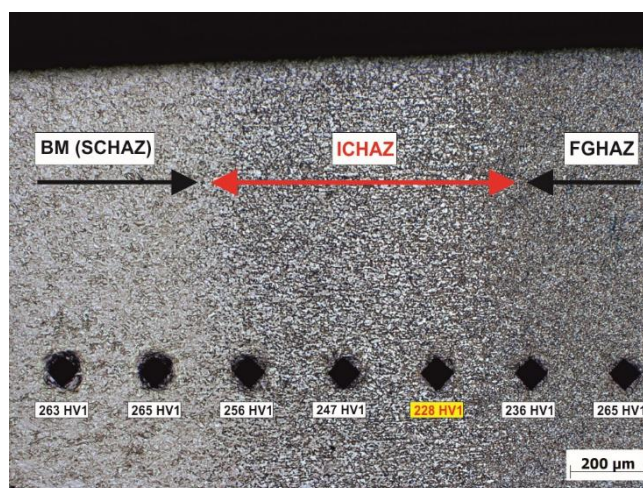


Obr. 3 Mikroštruktúra základného materiálu a jednotlivých sub-zón TOO zvarového spoja ocele S960MC
a) základný materiál, b) ICHAZ, c) FGHAZ, d) CGHAZ

Druhou oblasťou v TOO je zóna s jemnozrnnou štruktúrou (FGHAZ) (Obr. 3c). Táto oblasť bola vyhriatá mierne nad teplotou A_{c3} , ale len na veľmi krátku dobu. Toto spôsobilo síce premenu základného materiálu na austenit, ale v dôsledku relatívne nízkej teploty a veľmi krátkeho času, rýchleho ochladenia, to viedlo k zjemneniu austenitickej štruktúry a jej následnej transformácii na martenzit. Posledná oblasť TOO sa nazýva interkritická zóna (ICHAZ) (obr. 3b). Táto oblasť bola vystavená teplotám v rozmedzí medzi A_{c1} a A_{c3} , kde sa martenzit čiastočne transformoval na austenit. Táto expozícia viedla k vytvoreniu zmesi martenzitu a austenitu, ktorý sa po rýchlom ochladení transformoval na martenzit a ferit, zatiaľ čo netransformovaný martenzit bol temperovaný. Výsledná mikroštruktúra tejto oblasti je zmesou martenzitu, feritu a temperovaného martenzitu - podobne ako v iných štúdiách [7, 16]. Podľa iných autorov je ICHAZ najslabšou oblasťou zvarovaných vysokopevných ocelí [18]. Šírka ICHAZ bola približne 750 μm . Okrem tohto bola ešte pozorovaná jedna oblasť (SCCHAZ), kde teplota nepresiahla teplotu A_{c1} , takže nedošlo k transformácii štruktúry, iba k temperovaniu fázy martenzitu, čo malo za následok mierne zníženie mikrotvrdosti v uvedenej oblasti.

3.2. Hodnotenie mikrotvrdosti

Hodnotenie mikrotvrdosti sa použilo na opis štruktúrnych zmien v oblasti zvarového spoja. Mikrotvrdosť sa merala v línii od základného materiálu cez TOO, zvarový kov smerom k základnému materiálu na druhej strane. Bola použitá záťaž $F = 9,8 \text{ N}$ (metóda HV1), vzdialenosť medzi vpichmi bola 0,25 mm. Mikrotvrdosť základného materiálu bola 359 HV1 (priemerná hodnota s desiatich vpichov). Profil mikrotvrdosti (obr. 2) ukazuje postupné znižovanie mikrotvrdosti v smere zo základného materiálu ku sub-zóne ICHAZ. Tento pokles súvisí s popúšťaním martenzitu v štruktúre základného materiálu. Zníženie pevnosti je bežné u vysokopevnýchocelí (zušľachtené aj TMCP ocele), pri ich ohreve na teplotu v rozmedzí $450 \text{ }^\circ\text{C} - A_{c1}$ ako dôsledok temperovania martenzitu [19]. Najnižšie hodnoty mikrotvrdosti boli namerané v ICHAZ, kde sa zaznamenalo iba 66% tvrdosti základného materiálu. Je preto zjavné a potvrdené že ICHAZ je najkritickejšou oblasťou aj pri materiáloch s hrúbkou 3mm. V oblasti FGHAZ sa mikrotvrdosť začala zvyšovať a dosiahla maximum v celej TOO. V oblasti CGHAZ bolo zaznamenané mierne zníženie mikrotvrdosti v smere k zvarovému kovu, čo súviselo s nadmerným rastom zrn v tejto zóne. Obr. 4 zobrazuje detail TOO s hodnotami HV1 v podoblasti ICHAZ s minimálnou hodnotou 228 HV1. Priemerné hodnoty mikrotvrdosti v každej subzóne TOO sú uvedené v tab. 5.



Obr. 4 Detail TOO s ICHAZ subzónou a individuálnymi hodnotami mikrotvrdosti

Tab. 5 Hodnoty mikrotvrdosti jednotlivých individuálnych subzón v TOO

	Vľavo od zvarového kovu				Stred zvaru	Vpravo od zvarového kovu			
Subzóny TOO	SCHAZ	ICSHAZ	FGHAZ	CGHAZ	WM	CGHAZ	FGHAZ	ICSHAZ	SCHAZ
Priemerná hodnota HV1	297	244	267	283	368	283	276	236	287

3.3. Skúška ťahom v priečnom smere

Skúška ťahom sa vykonala v súlade s normou EN ISO 6892-1 [20]. Vzorky na skúšky boli pripravené podľa normy EN ISO 4136 [21]. Celkovo sa skúšali dve vzorky, pričom bola dosiahnutá priemerná hodnota $R_{p0,2} = 815$ MPa a $R_m = 842$ MPa. Výsledky skúšky ťahom zvarového spoja sú uvedené v tab. 6.

Tab. 6 Výsledky ťahovej skúšky v priečnom smere zvarového spoja

Označenie vzorky	Mechanické vlastnosti			Poznámky
	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	
1-1	794	826	5	Lom mimo zvaru
1-2	836	858	3	Lom mimo zvaru
Priemerná hodnota	815	842	4	

Skúška ťahom poukázala na významné zníženie pevnosti v ťahu a medze klzu v porovnaní s pôvodným základným materiálom. Pevnosť v ťahu bola znížená na 73% hodnoty základného materiálu. Rovnako sa znížila medza klzu a dosiahla 78% základného materiálu. Lom nastal približne 6 mm od stredu zvaru v obidvoch vzorkách, čo zodpovedá meraniam mikrotvrdosti v „najmäkšej“ subzóne TOO. Dá sa teda povedať, že k lomu dochádza v úzkej oblasti ICHAZ. Obr. 5a zobrazuje profil lomu a obr. 5b makroskopický povrch lomu jednej časti vzorky po ťahovej skúške. Aj z týchto analýz sa potvrdilo že lom nastal v oblasti ICHAZ. Vzorka sa po ťahovej skúške rozdelí na dva segmenty, pričom hranica medzi segmentmi sa zhoduje s polohou stredu hrúbky plechu. Autori [7] vyslovili konštatovanie, že toto špecifické štiepenie môže byť spôsobené procesom valcovania a výroby plechu, kedy môže dôjsť k zmenám chemického zloženia v smere cez hrúbku. Keď sa plastická deformácia hromadí, prasklina sa môže najskôr vytvoriť rovnobežne so smerom valcovania pred vytvorením konečného lomu.

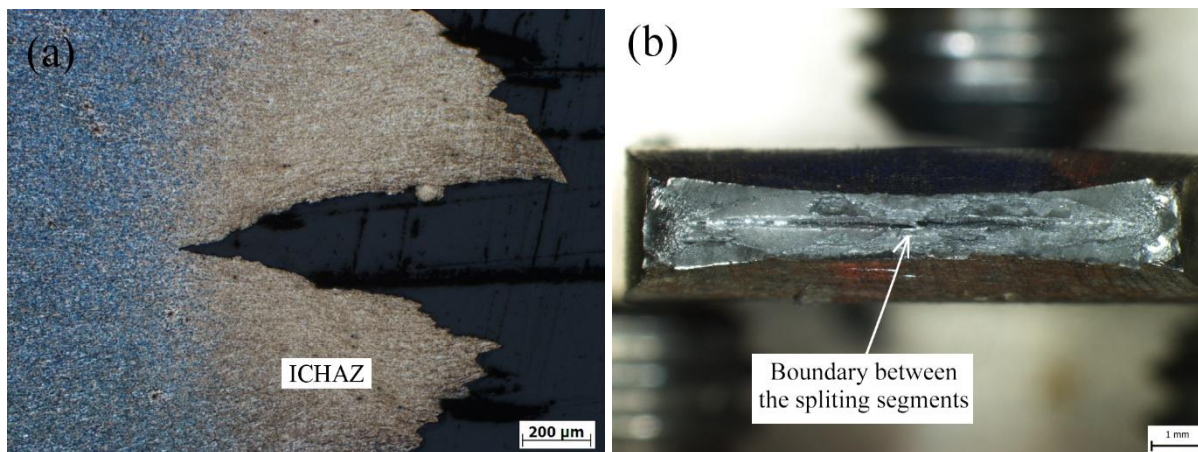


Fig. 5 Lomový profil (a) a makroštruktúra lomovej plochy (b) vzorky po ťahovej skúške

4. Záver

Na základe metalografického hodnotenia a mechanických skúšok zvarových spojov ocele S960MC je možné vyvodit' tieto závery:

- zvarový spoj ocele S960MC s hrúbkou 3 mm bol úspešne vyhotovený s prídavným materiálom G 89 5 M21 Mn4Ni2,5CrMo bez výskytu akýchkoľvek trhlín a s dobrou geometriou zvaru,
- pozorovania mikroštruktúry poukázali na niekoľko rôznych zón v TOO. Podoblasti CGHAZ, FGHAZ, ICHAZ, SCHAZ boli jasne identifikované,
- meranie mikrotvrdosti ukazuje, že ICHAZ je najslabšou oblasťou celého zvaru, s mikrotvrdosťou rovnajúcej sa iba 66% tvrdosti základného materiálu,
- tvrdosť základného materiálu (v zóne SCHAZ), ešte aj vo vzdialenosti 9 mm od stredu zvaru, nedosahuje svoju pôvodnú hodnotu,
- zvarový kov má približne rovnakú tvrdosť (368 HV1) ako základný materiál (359 HV1).

- skúšky ťahom ukazujú významné zníženie mechanických vlastností oproti základnému materiálu. Pre kriteriálne hodnoty podľa EN 10149-2 bola pevnosť v ťahu 85% základného materiálu, medza klzu 86% a predĺženie menšie ako 65% oproti hodnotám základného materiálu. Podľa atestu bola pevnosť v ťahu 79% základného materiálu, medza klzu 73% a predĺženie menej ako 33% oproti hodnotám základného materiálu.

Podakovanie

Autori ďakujú za možnosť publikovať výsledky výskumu aj vďaka finančnej pomoci agentúry KEGA, číslo projektu 009ŽU-4/2019 a tiež agentúry APVV s projektom č. APVV-16-0276.

Literatúra

- [1] SSAB. 2019. A Stronger, Lighter, and More Sustainable World. [Online] 2019. [Dátum: 10. Január 2019.] <https://www.ssab.com/>.
- [2] T. Pirinen, PhD. thesis, The Effects of Welding Heat Input on the Usability of High Strength steels in welded structures, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland (2013).
- [3] Hochhauser, F., Ernst, W., Rauch, R. et al. Weld World, **56** (5–6), 56-77 (2012)
- [4] M. Jambor, R. Ulewicz, F. Nový, O. Bokůvka, L. Trško, M. Mičian, D. Harmaniak, Evolution of Microstructure in the Heat Affected Zone of S960MC GMAW Weld, Terotechnology 2017, Materials Research Proceedings, **5**, 78-83 (2018)
- [5] Lundin, C. D., Gill, T. P. S. a Qiao, C. Y. 1990. Heat affected zones in low carbon microalloyed steels. Recent trends in Welding Science and Technology Proceedings, 2nd International Conference, Gatlinburg (1990)
- [6] Jambor, M., Novy, F., Mician, M., Trsko, L., Bokuvka, O., Pastorek, F., Harmaniak, D., Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, **20** (4), 29-35, (2018)
- [7] W. Guo et al., Materials and Design, **85**, 534–548 (2015)
- [8] J. Moravec, P. Rohan, METAL 2011: 20th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials, 803-808 (2011)
- [9] EN 10149-2 Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming - Part 2: Technical delivery conditions for thermomechanically rolled steels
- [10] EN ISO 14175 Welding consumables. Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes
- [11] EN ISO 16834-A Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded arc welding of high strength steels - Classification
- [12] T. Pała, I. Dzioba, Arch. Metall. Mater. **62** (4), 2081-2087 (2017)
- [13] S. Błacha, M.S. Węglowski, S. Dymek, M. Kopyściański, Arch. Metall. Mater. **62** (2), 627-634 (2017)
- [14] STN EN ISO 15614-1 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys
- [15] TNI CEN ISO/TR 15608 Welding - Guidelines for a metallic materials grouping system
- [16] Guo, W., Li, L., Dong, S., Crowther, D., Thompson, A., Optics and Lasers in Engineering, **91**, 1-15 (2017).
- [17] Nowacki, J., Sajek, A., Matkowski, P., Archives of Civil and Mechanical Engineering, **16**, 777-783 (2016)
- [18] Sharma, V., Shahi, A. S., Journal of Materials Processing Technology, **253**, 2-16, (2018)
- [19] Gaspar, M., Balogh, A., Production Processes and Systems, **6**, 9-24 (2013)
- [20] EN ISO 6892-1 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature
- [21] EN ISO 4136 Destructive tests on welds in metallic materials - Transverse tensile test

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Michal HATALA, PhD.; TU Košice; FVT so sídlom v Prešove
Ing. Miroslav SAHUL, PhD.; STU Bratislava, MfF Trnava



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



Prezentácia Metalco Testing s.r.o.

Metalco Testing s.r.o. - presentation

Andrej PAVELKA

Organizácia / Organization:

Metalco Testing s.r.o., Havlíčkova 361, 252 63 Roztoky u Prahy, Česká republika

Tel.: 00420 / 739 111 591

E-mail: info@metalco.cz

Abstrakt:

Metalco Testing s.r.o - www.metalco.cz



NOVÁ ŘADA MAKRO TVRDOMĚŘŮ **EVO**

- rozsah testovací síly 0,3 kg - 3000 kg
- 8-pozicová revolverová hlava
- robustní, rychlý a tichý

VSTUPTÉ >

Odborný příspěvek recenzoval: Ing. Katarína PUPÁKOVÁ; VÚZ, Bratislava
Ing. Ľubomír OLEXA, PhD.; TVIC, s.r.o., Prešov



Spojovacie prvky na vytváranie spojov metódou Resistance Element Welding

Welding elements for joints made by Resistance Element Welding method

doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD., Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD.,
prof. Ing. Pavol SEJČ, PhD., Ing. Ondrej ŠAUŠA

Organizácia / Organization:

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov,
Pionierska 15, 831 02 Bratislava

Tel.: 00421/ 905/ 460 855

E-mail: alexander.schrek@stuba.sk

Abstrakt:

Na vytváranie preplátovaných spojov výliskov z tenkých plechov z kovových (Fe-Fe, Fe-Al) aj kovových-nekovových (Fe-PMMA, Al-PMMA) materiálov metódou Resistance Element Welding (REW) boli zvolené spojovacie elementy tvorené bimetalickým prietlačkom v tvare T. Polotovary na výrobu elementov sú z rúrky Cu 99,9 s rozmermi 4 x 0,5 – 11 mm vyplnené spájkou Sn60Pb40. Požadovaný tvar získajú elementy objemovým tvárnením za studena. Na optimalizáciu tvárniaceho procesu a geometrie funkčných častí tvárniaceho nástroja, umožňujúcu použiť len jednu tvárniacu operáciu, bola zvolená simulácia v prostredí softvéru ANSYS. Výsledky simulácií troch navrhnutých spôsobov tvárnenia boli porovnané s prietlačkami vyrobenými na laboratórnych nástrojoch. Vyhotovené REW spoje vybraných kombinácií materiálov boli podrobené makroskopickému analýze.

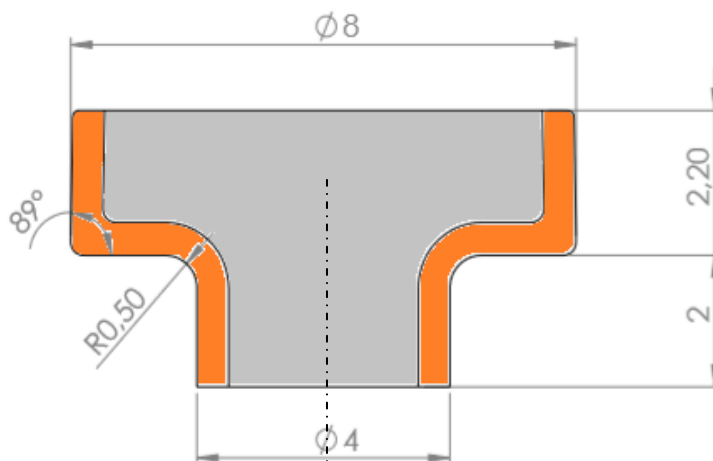
Abstract:

The assembling elements that were formed bimetallic billet in T-shape were chosen for lap joints creating of workpieces from thin sheets of metallic (Fe-Fe, Fe-Al) as well as metallic – nonmetallic (Fe-PMMA, Al-PMMA) materials by Resistance Element Welding method (REW). The tubes of Cu 99.9 with dimensions 4 x 0.5 mm and a length 11 mm filled with a brazing solder Sn60Pb40 were used for the elements producing. The required shape of elements is obtaining by the cold solid forming. Simulation by ANSYS software code was chosen for optimization of forming process and functional parts geometry of forming tool allowing to use only one extrusion forming operation. The simulation results are stresses, strains and modification of cross-section geometry of billets for three proposed forming modes. The functional parts geometry of tool was compared with the results of cross-section macroanalysis of billets made by laboratory tools. Also, REW joints of selected material combination that were subjected to macroanalysis were presented.

1. Úvod

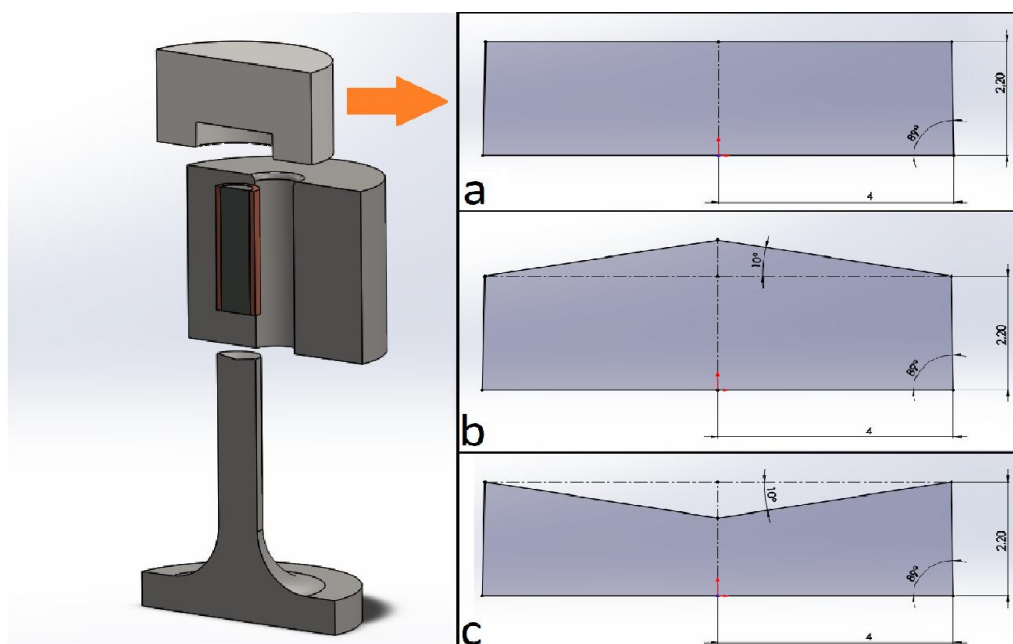
Jednou z nových metód spájania plechov z materiálov metalurgicky nespojiteľných (Al-Fe, Plast-Fe) je Resistance Element Welding (REW) [1], [2]. Metóda REW je určená na výrobu preplátovaných spojov. Princíp spočíva v ohreve spojovacieho elementu medzi spájanými plechmi odporovým ohrevom a vytvorením spájkového spoja. Na spájanie je možné využiť štandardné technické vybavenie (zváracie kliešte), určené na bodové odporové zváranie (RSW) oceľových plechov.

Na zabezpečenie požadovaných mechanických vlastností REW spoja je dôležitá správna voľba geometrie a rozmerov spojovacieho elementu, ako aj chemické zloženie materiálu na jeho výrobu. Pri spájaní ocele s hliníkom tak dôjde k prispájkovaniu konca spojovacieho elementu k ocelovému plechu, pričom hliníkový plech je v spoji viazaný iba mechanickým zaklivením. Spojovací element môže byť vyrobený z Al zliatiny. Spojenie je zo strany pozinkovaného ocelového plechu (natavenie spojovacieho elementu plní funkciu spájky), aj zo strany hliníkového plechu - medzi spojovacím elementom a plechom celom obvode vznikne tavný zvarový spoj. Problémom je tvorba rozstretku hlavy spojovacieho elementu zhoršujúceho funkčné aj estetické vlastnosti spoja. Ďalším riešením je použitie bimetalického spojovacieho elementu, kde materiál plášťa má vyššiu teplotu tavenia, ako jadro. Pri voľbe materiálovej kombinácie bol navrhnutý plášť tvorený rúrkou z Cu 99,9% s $\varnothing 4$ mm a hrúbkou steny 0,5 mm. Jadro tvorí spájka Sn60Pb. Rúrka vyplnená spájkou tvorí polotovár, ktorý je delený na dĺžku 11 mm pre požadovaný rozmer elementu podľa Obr. 1.



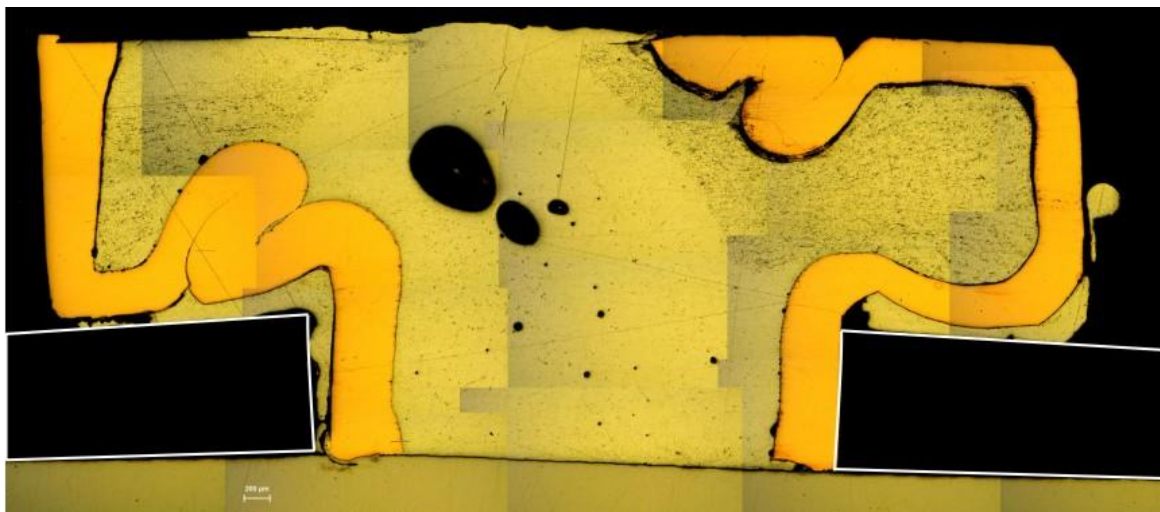
Obr. 1 Spojovací element pre REW

Na výrobu spojovacieho elementu bolo zvolené objemové tvárnenie za studena. Tvorba hlavy sa môže realizovať viacerými spôsobmi. Snahou bolo použiť taký spôsob, ktorý umožní dosiahnuť požadovaný tvar na jednu tvárniacu operáciu bez vzniku vnútorných defektov [3]. Čelo hlavy bude ploché podľa Obr. 2a, konkávne pod uhlom $+10^\circ$ Obr. 2b, alebo konvexné pod uhlom -10° Obr. 2c.



Obr. 2 Tvary hláv spojovacích elementov

Na Obr. 3 je REW spoj s výraznými vadami spojovacieho elementu v podobe výrazných preložiek [4]. V spájke sa objavili tiež póry, ktoré sú však metalurgickým problémom a nie sú predmetom tohoto príspevku. Tvorba preložiek bola riešená voľbou rôznej geometrie lisovníka, usmerňujúceho tok materiálu, ako aj vzájomným pohybom jednotlivých častí - polotovaru a nástroja pri tvorbe hlavy [5]. Pôvodný proces využíval ubíjanie. Pri navrhovanom a overenom procese sa pohyboval polotovar proti lisovníku tvoriaceho hlavu elementu. Na overenie navrhovaných zmien bola použitá simulácia v softvéri ANSYS a praktické experimenty [6], [7].



Obr. 3 REW spoj kombinácie plast-ocelový pozinkovaný plech s defektami spojovacieho elementu v podobe preložiek

2. Materiály spojovacieho elementu

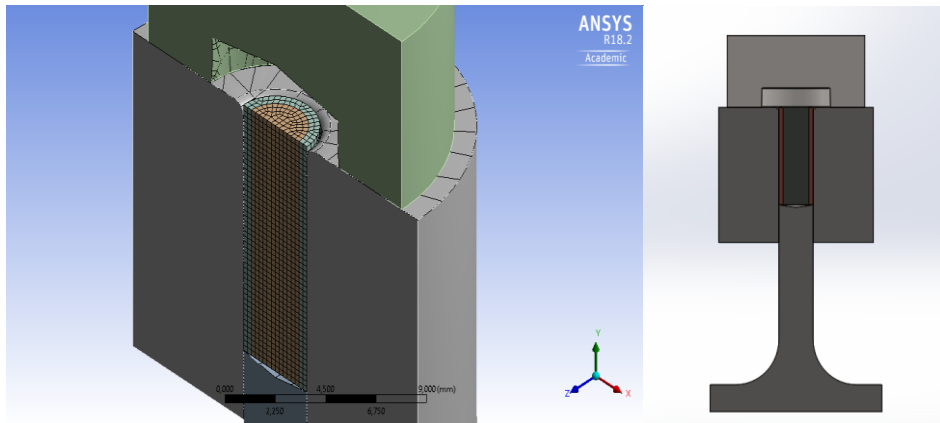
Ako okrajové podmienky pre simuláciu tvorby hlavy elementu okrem modelu geometrie nástroja boli použité napätovodeformačné charakteristiky oboch materiálov bimetalického prietlačku. Boli určené statickou skúškou v ťahu na stroji INSTRON 1195 a uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Napätovodeformačné vlastnosti materiálov spojovacieho elementu

Material	Density [g/cm ³]	Yield strength Re [MPa]	Tensile strength Rm [MPa]	Elongation A _{Re} [%]	Elongation A _{Rm} [%]	Young Modulus [GPa]	Poisson ratio [-]	Tangent Modulus [MPa]
Cu	8,96	293	347,5	0,2	3,6	146	0,35	1602,94
SnPb40	8,5	40,2	61,5	1,3	10,8	3,01	0,38	224,32

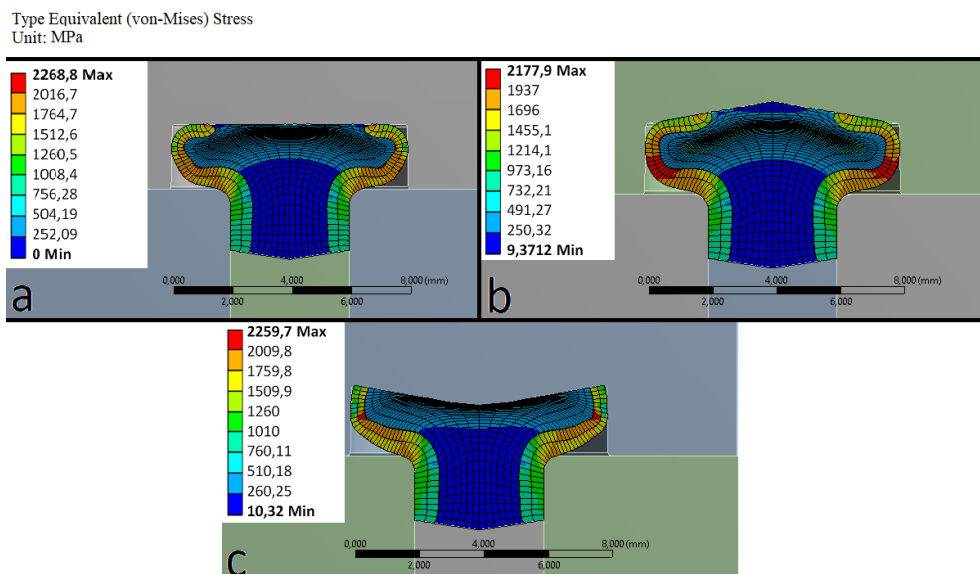
3. Simulácia technologického procesu

Na simuláciu napätí, pretvorení bimetalu, celkových pretvorení a vzhľadu prietlačku bol použitý softvér ANSYS 18.2. Okrajovými podmienkami okrem geometrie nástroja, napätovodeformačných vlastností materialov boli: rýchlosť pohybu polotovaru (tvárnenia) $v = 2,67 \text{ mm/s}$; súčiniteľ trenia $f = 0,1$; mashing - veľkosť elementu = $0,25 \text{ mm}$, teplota $T = 20^\circ\text{C}$, definovanie rozhrania bimetalu funkciou **Rough**. Model nástroja pre simuláciu technologického procesu je na Obr. 4. Vytvorenie hlavy je spôsobené pohybom spodného lisovníka a polotovaru nahor.

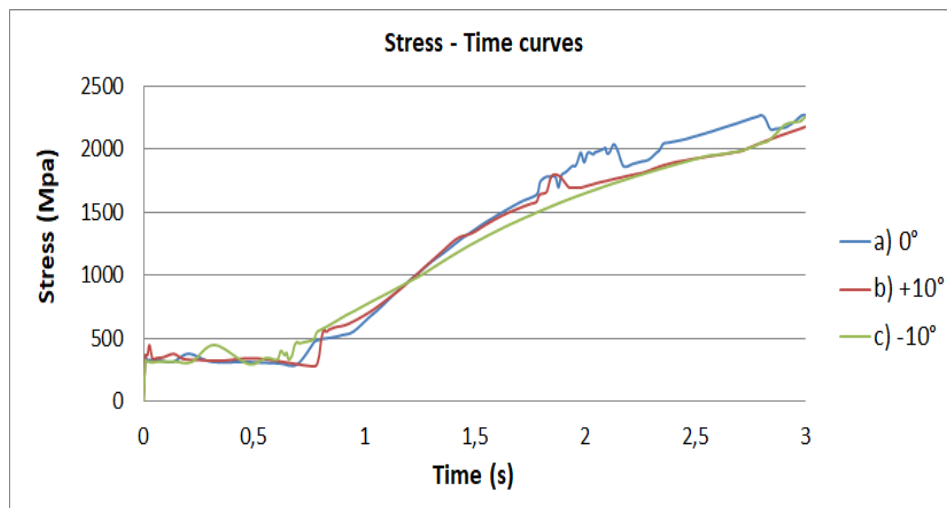


Obr. 4 Model nástrojovej zostavy s polotovarom pre simuláciu

Veľkosť a rozloženie vzniknutých napätí pri vytváraní hlavy elementu je zdokumentovaná na Obr. 5. Na dokonalé vyplnenie dutiny lisovnice v spodných rohoch hlavy sú podľa simulácie potrebné napätia do 2250 MPa. V simuláciách sa neprejavili náznaky vzniku preložiek a rozloženie napätí je osovo symetrické. Priebeh síl pre jednotlivé tvarové alternatívy v závislosti na zdvihu a čase je na Obr.6.



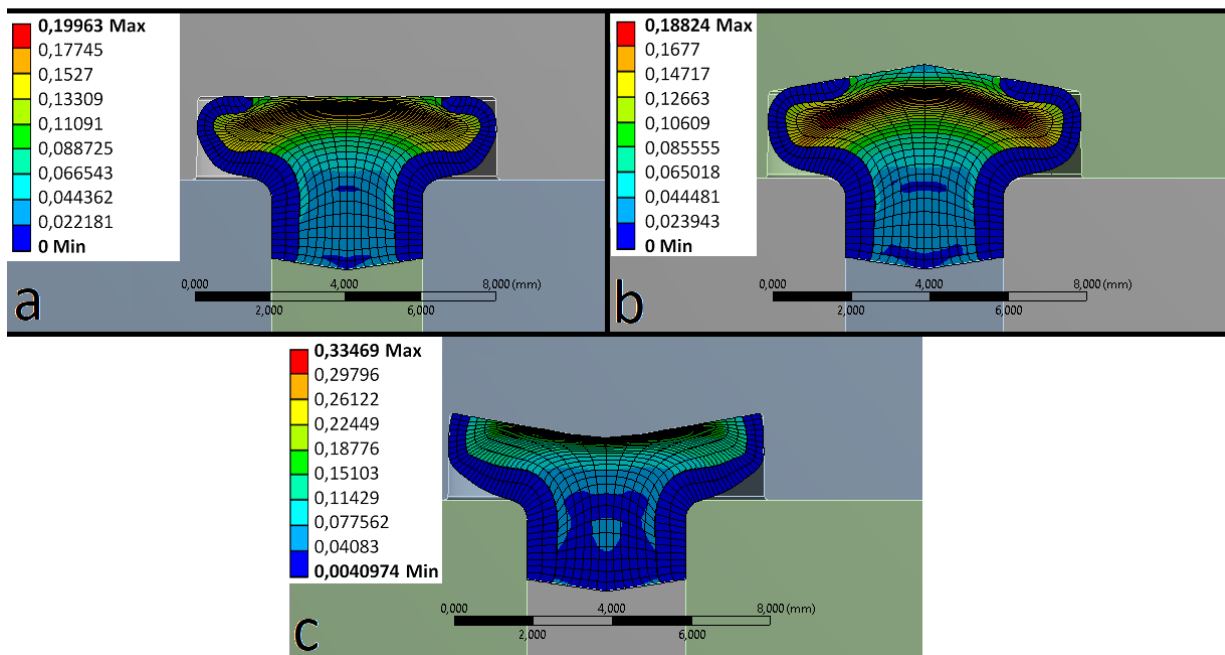
Obr. 5 Rozloženie a veľkosť napätí v priereze prietlačku pre jednotlivé tvarové alternatívy



Obr. 6 Priebeh napätí pri tvárniacom procese pre jednotlivé tvarové alternatívy

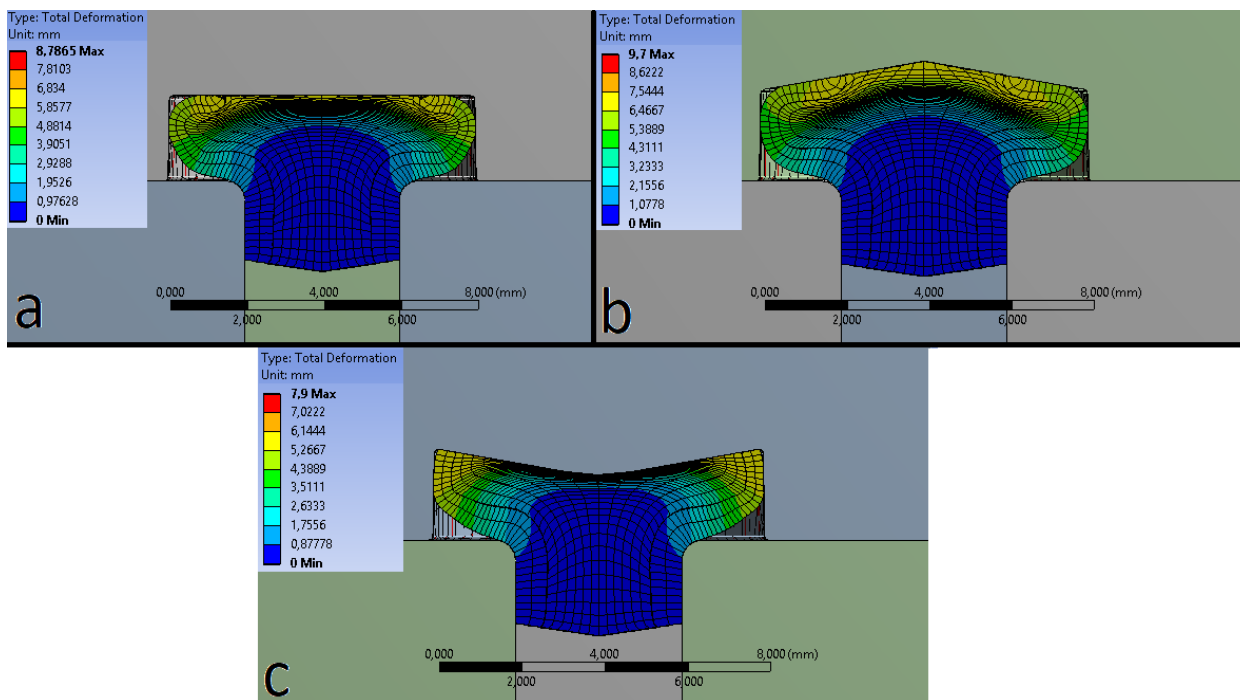
Veľkosť a rozloženie vzniknutých pretvorení bimetalu elementu pri vytváraní hlavy je zdokumentovaná na Obr. 7. Najväčšie pretvorenie je v mieste najväčšej zmeny prierezu. Pretvorenie plášťa (stenčenie a zhrubnutie hrúbky steny) Cu rúrky korešponduje so zmenami prierezu.

Type: Equivalent Elastic strain
Unit: mm/mm



Obr. 7 Priebeh pretvorení bimetalu pri tvárniacom procese pre jednotlivé tvarové alternatívy

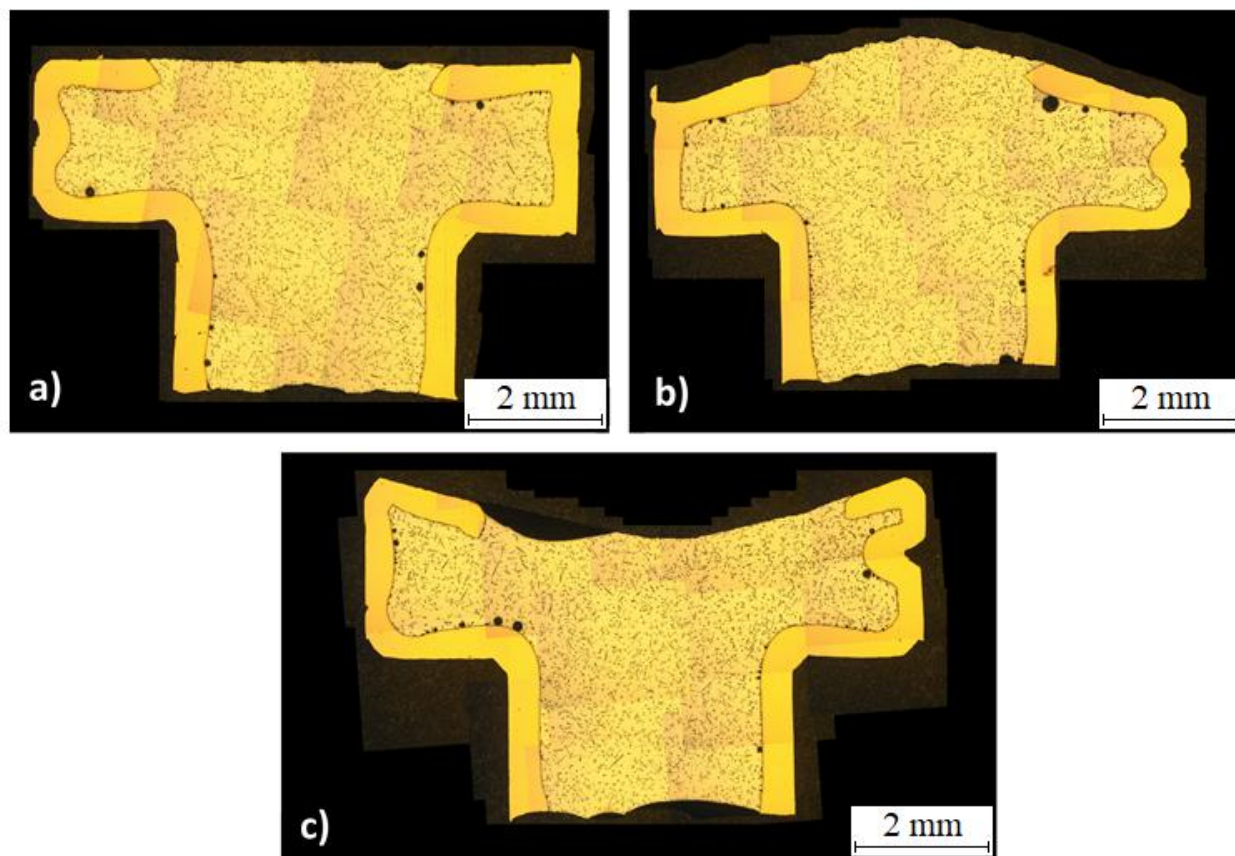
Veľkosť a rozloženie celkových pretvorení určené simuláciou tvárnenia spojovacieho elementu pri vytváraní hlavy je zdokumentovaná na Obr. 8. Najväčšie pretvorenie je v mieste najväčšej zmeny prierezu – hlavy prietlačku. Keďže sa priemer drieku nemení, jeho celkové pretvorenie je nulové.



Obr. 8 Celkové pretvorenia pri tvárniacom procese pre jednotlivé tvarové alternatívy

4. Experimenty

Spojovacie elementy boli tvárnené na nástroji s vymeniteľnými lisovníkmi tvarujúcimi čelo hlavy na hydraulickom lise DP1600 pri maximálnej tvárniacej sile 25 kN. Rezy prietlačkov boli podrobené makroskopickému analýze s dôrazom na pretvorenie plášťa, tvorbu preložiek a celkovú symetričnosť. Na Obr. 9 sú makrá rezov spojovacích elementov. Prietlačky **a** a **b** sa vyznačujú dobrou symetričnosťou, len malým náznakom tvorby preložky. Prietlačok **c** vplyvom výraznejšej preložky mal väčšiu nesymetričnosť. V porovnaní s úvodnými experimentami využívajúcimi tvárnenie hlavy ubíjaním je však aj tento tvar akceptovateľný. Náznaky preložiek boli spôsobené nepresnosťou čelnej plochy polotovarov, ktorá nebola ideálne kolmá na smer pôsobenia tvárniacej sily a rovnobežná s čelnými plochami horného a spodného lisovníka. Zaujímavosťou je štruktúra spájky. Nevyznačuje sa textúrou po tvárnení, ale dendritickou štruktúrou. Vznikla pri výrobe vzoriek pre makroskopickú analýzu lisovaní do plastu pri teplote cca 190 °C. Na štruktúre spájky sa prejavila prekryštalizácia.



Obr. 9 Makroskopická analýza rezov spojovacích elementov

5. Záver

Pri vytváraní nemetalurgických preplátovaných spojov materiálov plechov v kombinácii Al-Fe alebo plast-Fe je vhodnou metódou REW (Resistance Element Welding). Spoj je vytvorený prostredníctvom spojovacieho elementu, nie zváraním, ale spájkovaním a tým znížením tepelného ovplyvnenia spoja. Experimenty ukázali, potrebu riešiť spojovací element bimetalický. Eliminovať sa tým problém rozstretu materiálu spojovacieho elementu zhoršujúce funkčné i estetické vlastnosti spoja. Pri výrobe spojovacích elementov bolo snahou vytvoriť produkt s minimom vnútorných väd v podobe necentrickosti spájky a plášťa a taktiež výrazných preložiek plášťa Cu rúrky negatívne ovplyvňujúcich proces spájkovania. Spojovacie elementy sú vyrobené z polotovaru tvoreného tenkostennou Cu rúrkou vyplnenou Sn60Pb spájkou. Na vytvorenie hlavy je možné použiť niekoľko spôsobov objemového tvárnenia za studena. Zvolený a simuláciou bol potvrdený jednooperačný technologický postup,

eliminujúci problém so vzpernou tuhosťou „voľnej“ časti polotovaru spôsobujúcej tvorbu nežiaducich preložiek. Na simuláciu v softvéri ANSYS 18.2 boli použité napätovodeformačné parametre materiálov bimetalu určené mechanickými skúškami. Súčasťou simulácie bol nástrojový model s rôznou geometriou časti tvoriacej hlavu elementu. Získané výsledky simulácie aj experimentov potvrdili správnosť návrhu technologického postupu. Bude využitý v produkčnom združenom postupovom nástroji, slúžiacom na delenie polotovaru na rozmer a výrobu spojovacieho elementu. Navrhnutá a overená metóda výroby bimetalických prietlačkov bude použitá i pre iné rozmery výrobkov a iné materiály spájky napr. SnZn9.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou Grantovej agentúry MŠSR VEGA s registračným číslom 1/0405/19 a Univerziténeho vedeckého parku „ITMS kód 26240220084“.

Literatúra:

- [1] MESCHUT, G. – SCHMAL, Ch. – OLFERMANN, T.: Process characteristics and load-bearing capacities of joints welded with elements for the application in multi-material design. *Welding in the World*. 2017. vol. 61, no. 3, pp. 435-442.
- [2] MESCHUT, G. – HAHN, O. – JANZEN, V. and OLFERMANN, T.: Innovative joining technologies for multi-material structures. *Welding in the World*. 2014. vol. 58, no. 1, pp. 65-75.
- [3] KHOSRAVIFARD, A. – EBRAHIMI, R.: Investigation of parameters affecting interface strength in Al/Cu clad bimetal rod extrusion process. *Materials & Design*. 2010. vol. 31, no. 1, pp. 493-499.
- [4] QAMAN, S.Z. – PERVEZ, T. – CHEKOTU, J.Ch.: Die Defects and Die Corrections in Metal Extrusion. *Metals*. 2018. vol. 8, no. 6, art. No. 380.
- [5] KAZANOWSKI, P. – EPLER, M.E. – MISIOLEK, W.Z.: Bi-metal rod extrusion - process and product optimization. *Materials Science and Engineering: A*. 2004. vol. 369, no. 1-2, pp.170-180.
- [6] HAGHIGHAT, H. – MAHDAVI, M.M.: Analysis and FEM simulation of extrusion process of bimetal tubes through rotating conical dies. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. 2013. vol. 23, no. 11, pp. 3392-3399.
- [7] ZHENG, P.F. – CHAN, L.C. – LEE, T.C.: Numerical analysis of the sheet metal extrusion process. *Finite Elements in Analysis and Design*. 2005. vol. 42, no. 3, pp. 189-207.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Renáta KOZMOVÁ; Messer Tatragas, spol. s r.o., Bratislava
Ing. Miroslav SAHUL, PhD.; STU Bratislava, MTF Trnava

Mikro zváranie - zváranie vodivých vlákien inteligentných textílií

Micro welding - welding of conductive fibers of smart textile

Ing. Miroslav PAVLÍK

Organizácia / Organization:

PROFI-WELD s.r.o. Bratislava

Tel.: 00421 / 904 184 561

E-mail: miroslavp@profiweld.sk

Abstrakt:

Príspevok sa zaoberá zváraním vodivých vlákien inteligentných textílií. Odporové zváranie, zváranie tepelnou kompresiou.

Abstract:

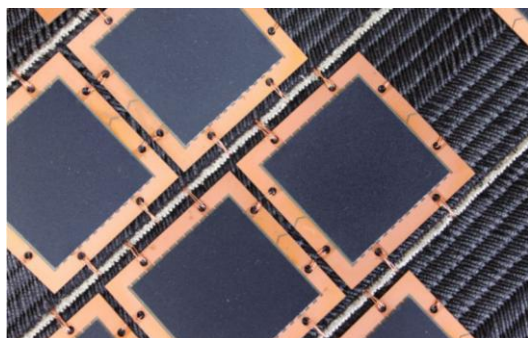
The contribution deals with welding of conductive fibers of smart textiles. Resistance welding, thermal compression welding

1. Úvod

Rozvojom výroby syntetických vlákien ako náhrady za tradične vlákna dochádzalo aj k vývoju nových produktov, ktoré pri spojení s miniaturizáciou produktov z oblasti elektrotechniky a IT techniky viedli ku vzniku inteligentných tkanín.

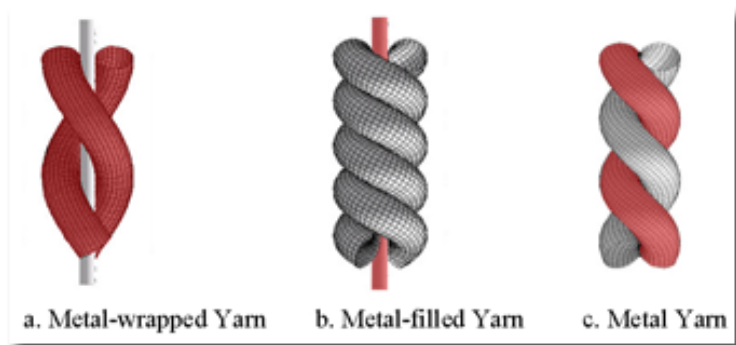
2. Inteligentné textílie

Inteligentné textílie, sú v princípe výrobky spájajúce bežné textílie s elektronickými prvkami. Sú to textílie, ktoré dokážu reagovať na vonkajšie podnety. Môžu byť pasívne, to znamená, že majú funkciu senzorov, zachytávajú podnety, ale ich nevyhodnocujú. Ďalej aktívne, kedy na základe podnetu vyvolajú jednoduchú reakciu a v poslednom rade sú super inteligentne textílie, ktoré majú v sebe integrovanú vyhodnocovaciu jednotku.



Obr.1. Príklad textílie s integrovanými fotovoltaiickými článkami [1]

Samozrejme všetky tieto textilie majú jedno spoločné a to vodivé prvky v nich obsiahnuté. Sú to zvyčajne vodivé vlákna vo forme jemných drôtov, vodivých polymérov, optických vlákien, ktoré sú votkane do textílie. V prípade použitia kovových drôtov sú tieto pokrývane skleneným vláknom o hrúbke 10 mikrometrov. Drôty sú zvyčajne z medi, striebra prípadne CrNi materiálov.



Obr. 2. Princíp tvorby vodivého vlákna z textilného a vodivého (červeného) vlákna [2]

Aby textília plnila svoj účel musia sa tieto vodivé cesty spájať. Tieto spojenia musia umožniť prenos elektrického prúdu alebo signálu. Medzi dôležité parametre spojov patria elektrická vodivosť, prúdová hustota a v neposlednom rade spoľahlivosť a životnosť. Okrem týchto parametrov je pri výrobe spojov dôležité splniť aj ďalšie kritéria. Medzi ne patria technologická vykonateľnosť takéhoto spoja, ekologická akceptovateľnosť, zachovanie integrity preneseného signálu, vykazovanie minimálnych strát, splnenie požiadaviek na indukčnosť, kapacitu, odtienenie a mechanické vlastnosti.

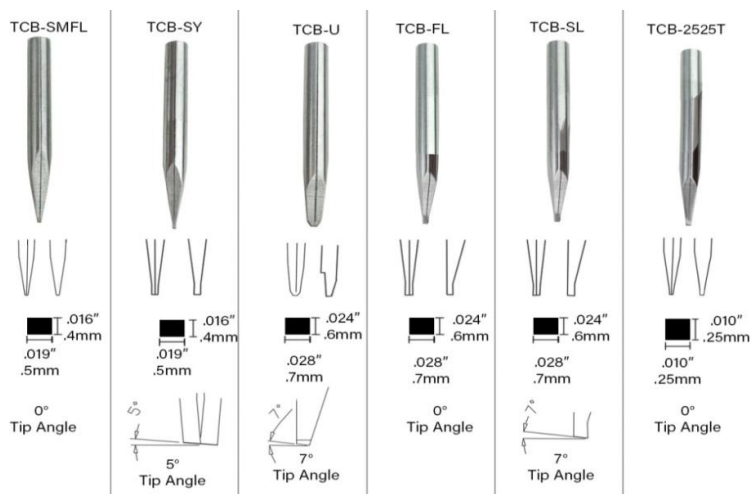
Spoje sa vytvárajú mechanicky alebo metalurgicky. Pri metalurgických spôsoboch sa využíva spájkovanie cínovou spájkou a zváranie elektrickým odporom.

3. Zváranie vodičov v inteligentných textíliach

Pri zváraní elektrickým odporom je možné použiť klasické zváranie medzi dvoma mikroelektrodami ktoré sú vzhľadom na typ zváraných materiálov vyrobené z molybdénu, alebo použiť tepelno-kompresné zváranie.

Zváranie pomocou tepelnej kompresie používa DC zvárací systém s tepelnou kompresnou elektródou. Tieto elektródy majú veľmi jemný hrot, v ktorom sú metalicky spojené. Táto špička je špeciálne navrhnutá na zahrievanie a prenos tepla na zváranú súčiastku. Tlak pôsobí smerom dole na spoj a ako energia prechádza cez TCB elektródu, špička elektródy sa zahrieva a s aplikovaným tlakom vytvára zvar.

Teplo počas prúdovej špičky roztaví kov cez povlak drôtu a vytvorí kovový spoj. Špeciálne volfrámové TCB elektródy pre tento spôsob zvárania sú dostupné v nasledovných rozmeroch. Elektróda TCB-SL je špeciálne upravená aby zvarila drôt k podkladu a zároveň odstrihla nepotrebný koniec drôtu.



Obr. 3. TCB elektródy [3]



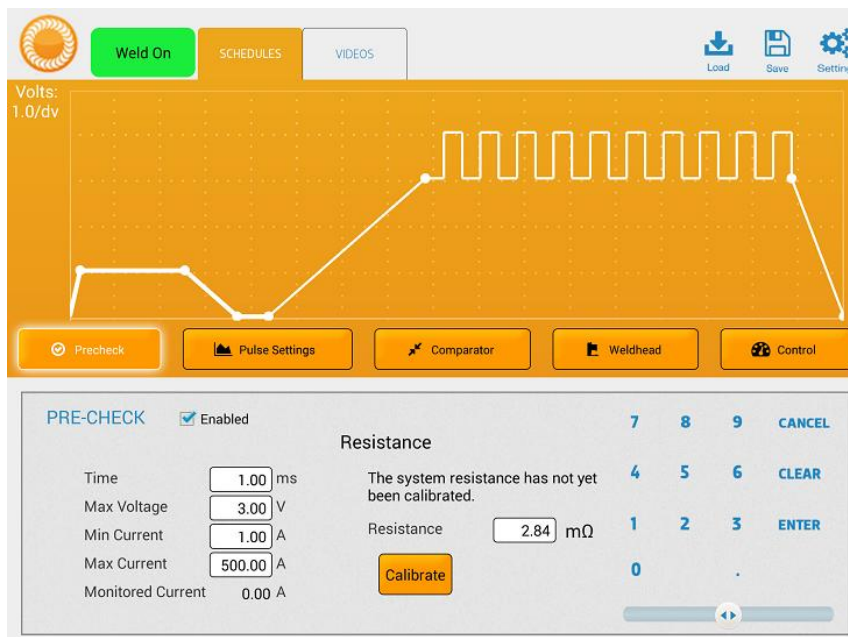
MEL AG MEL AMo MEL BMo
 0,015" x 0,025" 0,015" x 0,025" 0,010" x 0,010"

Obr.4. Molybdénové a strieborné mikroelektrody pre zváranie pomocou dvoch paralelných elektród

4. Použité zváracie zariadenie

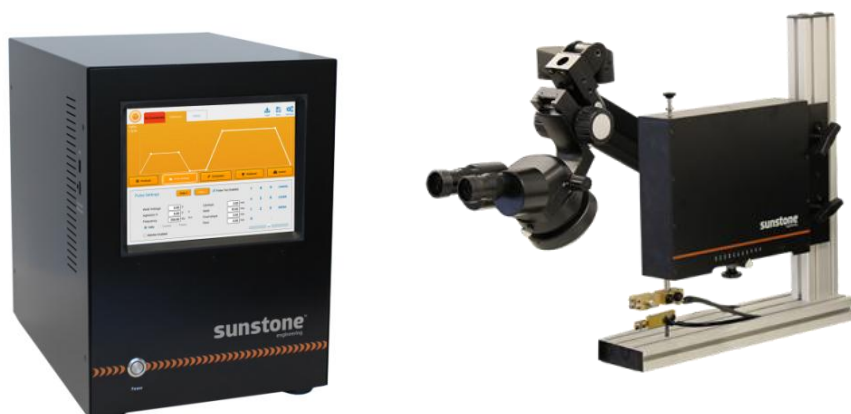
Na zváranie jednotlivých typov textíl sme zvolili zvárací zdroj Linear DC. Výrobcom je firma Sunstone Welders Inc. Jedná sa o precízny odporový zvárací zdroj s mikrozváraciou hlavou MH 3000, ktorá je štandardne vybavená mikroskopom.

Zváracie zdroje Linear DC majú schopnosť ovládať zvarový prúd pri veľmi nízkych úrovniach a s dostatočnou presnosťou a opakovateľnosťou. Zváracie zdroje s jednosmerným zváracím prúdom sú vhodné pre aplikácie, kde potrebujeme nastaviť a monitorovať celý priebeh zváracích parametrov. Zdroj Linear DC je špeciálne vyvinutý zdroj pre aplikácie mikrobodovania. Poskytuje širší rozsah nastavenia parametrov ako bežný DC zdroj. Je vybavený 10" dotykovým displejom na ktorom je možné detailne nastavovať priebeh zváracích parametrov. Zdroj Linear DC umožňuje nastaviť zvárací prúd v rozsahu 10-4000 A. Doba trvania zvárania sa môže pohybovať od 0,1 do 1000 milisekúnd a je nastaviteľná v krokoch po 0,01 ms. Okrem nastavenia prúdu, napätia alebo výkonu, je možné nastaviť čas svahovania prúdu a čas pôsobenia tlaku elektród pred i po zváraní. Zdroj Lineár DC je oproti klasickým DC zdrojom vybavený funkciou vysokofrekvenčného premiešania kovu. Táto funkcia poskytuje dodatočnú energiu vnesenú do zvaru a tým vyššiu penetráciu zvaru, rovnomernejšiu kovovú kryštalizáciu, pevnejšie zvary a môže uľahčiť vytvorenie pevnejších zvarových spojov s nižším celkovým príkonom tepla. Frekvenciu vysokofrekvenčných pulzov je možné samostatne nastaviť. Zdroj po vykonaní zvárania zobrazí okrem skutočných parametrov aj nameranú hodnotu prechodového odporu v mΩ.



Obr. 5. Predný panel zdroja [3]

Taktiež je možné navoliť zváranie s jedným impulzom. Používa sa pre kovovo čisté dielce alebo s dvoma impulzmi pre zaoxidované dielce, kedy prvým impulzom dochádza k predhriatiu zváratej súčiastky a odstráneniu oxidov. Zdroj umožňuje naprogramovať celý priebeh zvaru a tento následne uložiť do pamäte pre neskoršie opätovne použitie. Súčasťou zváracej zostavy je zváracia hlava MWH3000.

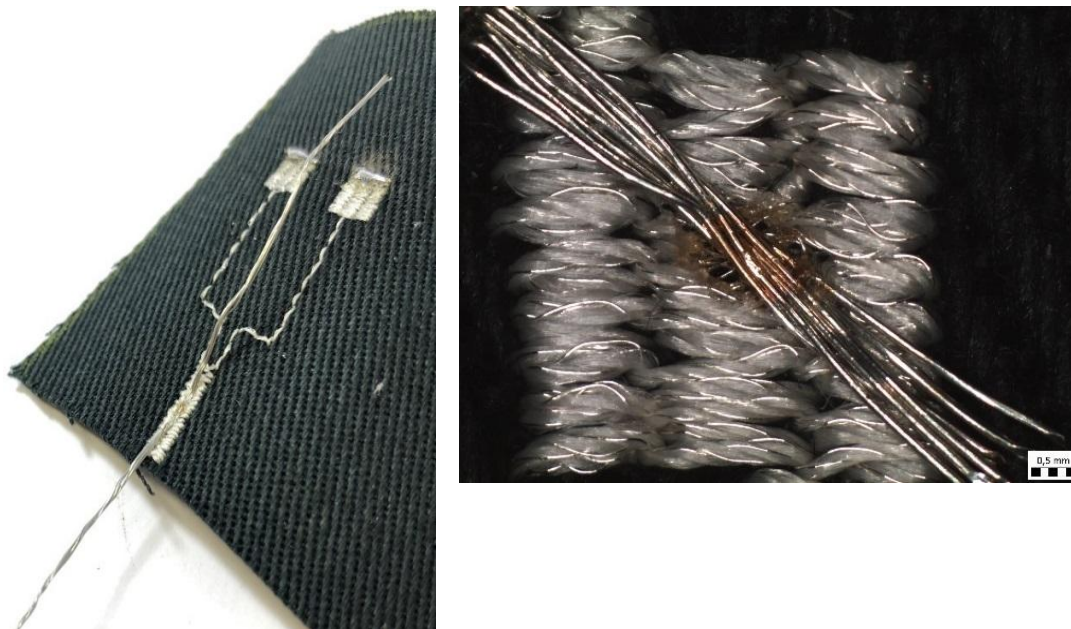


Obr.5. Zvárací zdroj Linear DC so zváracou hlavou MWH3000 [3]

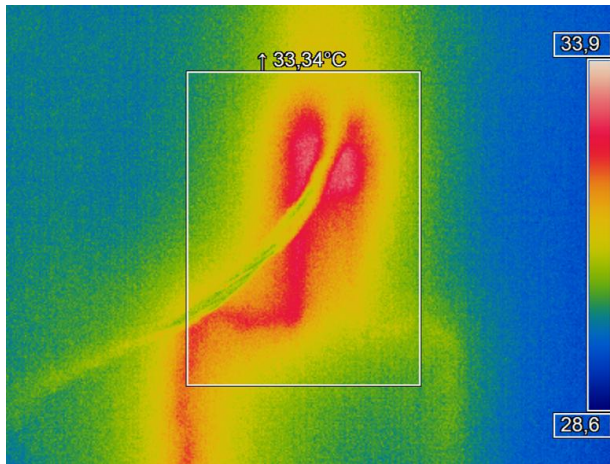
Zváracia hlava sa ovláda pomocou mechanického ťahového pedála, čo umožňuje precízne nastaviť potrebný tlak. Tlak je možné nastaviť od 350-3000 gramov.

Hlavy poskytujú svojou konštrukciou presnosť a opakovateľnosť zhotovovania spojov. Zváracie hlavy s nízkou silou MWH3000 obsahujú mikroskop, ktorý je namontovaný na kĺbovom ramene a má zväčšenie 5x zoom.

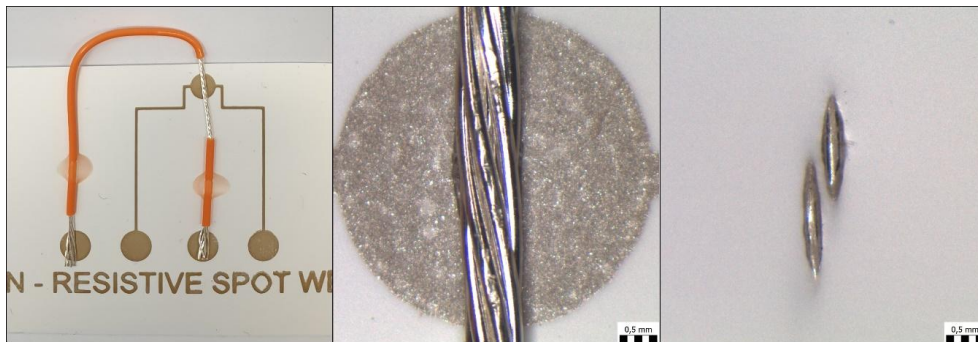
5. Obrázková časť



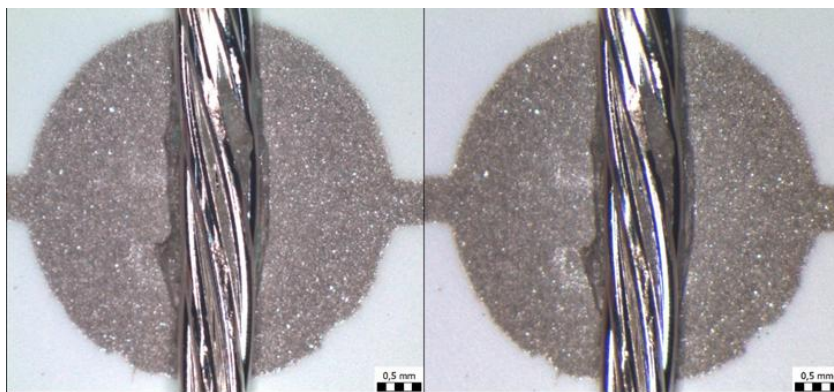
Obr.8. Odporovo zváraný kontakt na vyšité vodivé ploche realizované pomocou hybridnej šijacej nite s Cu/Ag mikro drôtikmi [4]



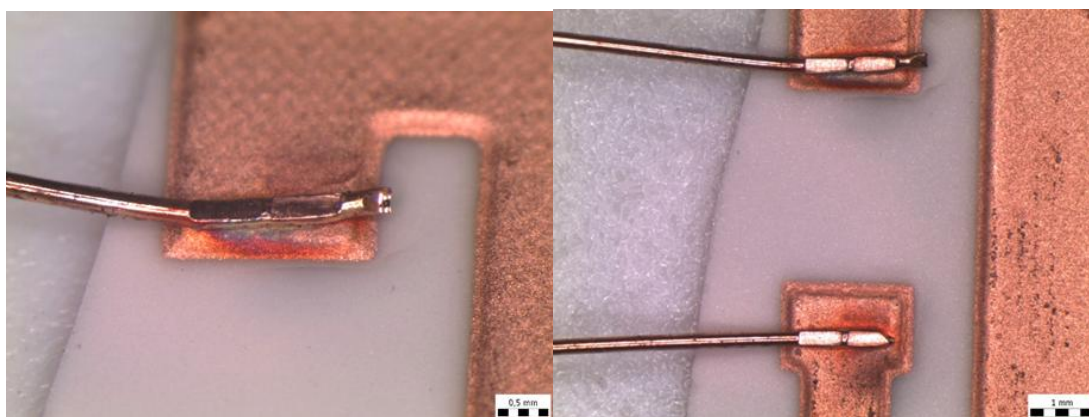
Obr.9. Snímka z IR kamery na spoj – kvalitní spoj, žádný hotspot v mieste zvaru [4]



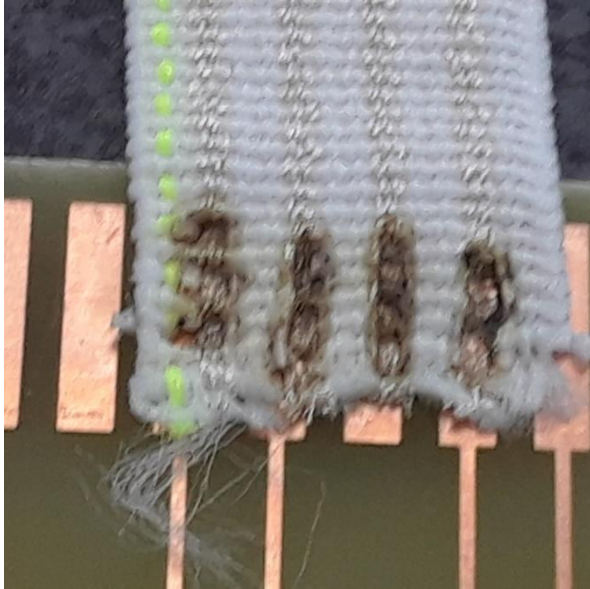
Obr.10. Odporovo zváraný kontakt na Ag ploche vytlačenej pomocou sietotlaču na polyesterovom substráte [4]



Obr.11. Odporovo zváraný kontakt na Ag plôške nanesej sietotlačou na polyesterovom substráte – pred a po 1000 teplotných šokových cykloch -25°C/ 85°C [4]



Obr.12. Odporovo zváraný kontakt na Cu plôške na korundovom substrátu [4]



Obr.13. Odporovo zvárané textílie s vodivými vláknami k kontaktu na PCB [5]



Obr.14. Zvar zhotovený tepelnou kompresiou TCB U elektródou [5]

Zoznam literatúry a použitých zdrojov

- [1] Solar Handbag – Kabelka, ktorá vám dobije mobil 2013, 12.3.2013 Dostupne z : <http://www.happymaterials.com /imgs/articles/262>
- [2] Prevzaté z //www.textileworld.com/textile-world/features/2010/04/e-textiles-for-wearability-review-of-integration-technologies/
- [3] Prospekt Linear DC Sunstome Engineering Inc.
- [4] Materiál poskytnutý Ing. Jan Řeboun, Ph.D. Západočeská Univerzita Plzeň
- [5] Archívne snímky firmy PROFI-WELD s.r.o.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Ondrej HÍREŠ, CSc.; Dubnica nad Váhom
Ing. Renáta KOZMOVÁ; Messer Tatragas, spol. s r.o., Bratislava



Možnosti úpravy geometrie dýzy plazmového horáka za účelom modifikácie tvaru plazmového lúča

Possibilities of plasma torch nozzle geometry options to modify the plasma beam shape

Ing. Radoslav KOŇAR, PhD.*, Ing. Miloslav MÁLEK*,
doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.*, prof. Ing. Augustín SLÁDEK, PhD.*,
dr inž. Marek GUCWA**, dr hab. inž. Jerzy WINCZEK**

Organizácia / Organization:

* Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

** Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer Science, Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,

Tel.: 00421 /41 / 513 2768

E-mail: miloslav.malek@fstroj.uniza.sk

Abstrakt:

Článok sa zaoberá tepelným delením materiálov, konkrétne možnosťami úpravy geometrie činnejšou dýzy plazmového horáka a ich vplyvu na tvar plazmového lúča. V úvode sú stručne zhrnuté teoretické poznatky z danej problematiky. Príspevok pokračuje simuláciami prúdenia plazmového lúča pôvodnou dýzou a jej modifikovanými tvarmi v programe Ansys - Fluent, experimentálnymi meraniami tvaru plazmového lúča a jeho vplyv na kvalitu reznej plochy. V závere sú zhrnuté a zhodnotené dosiahnuté výsledky.

Abstract:

This article deals with thermal cutting of materials, especially the possibilities of modifying functional part of nozzle geometry and their affects to shape of the plasma beam. The theoretical knowledge are briefly summarized in the introduction. The report continue with the flow simulation of plasma beam through the origin nozzle and its modified shapes at the program Ansys – Fluent, experimental messuarements of the plasma beam shape and its affects to cutting surface quality, and conclusion, where reached results are summarized.

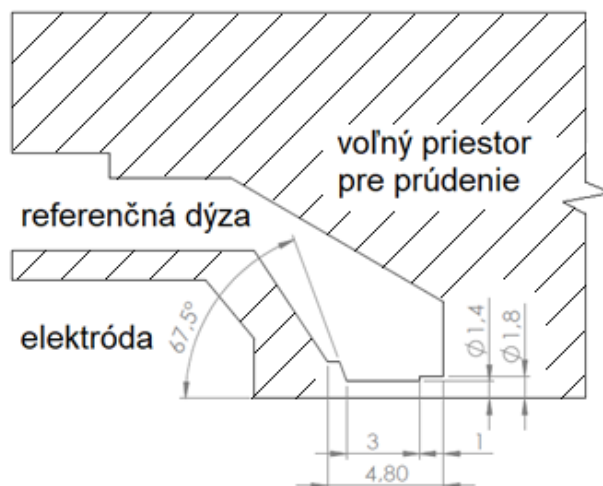
Úvod

Článok je zameraný na možnosti pozitívnej modifikácie konvenčného tvaru činnejšou dýzy plazmového horáka pomocou numerických simulácií v programe ANSYS – Fluent. Účelom geometrickej zmeny bolo zvýšenie úžitkových vlastností rezania. Hlavným cieľom výpočtových ako aj praktických experimentov bolo dosiahnuť pomocou úpravy geometrického tvaru činnejšou dýzy plazmového lúča zvýšenie kvality rezu a zníženie odchýlky kolmosti reznej plochy pri rezaní plazmovým lúčom. Pre dosiahnutie týchto cieľov bolo východiskovou ideou pozorovanie prúdiaceho plazmového lúča za dýzou a tiež predpoklad, že tvar prúdiaceho plazmového lúča bude ovplyvňovať aj kvalitu rezu. Cieľom modifikácie tvaru plazmovej dýzy bolo teda dosiahnutie čo najväčšej fokusácie pri zachovaní cylindrického tvaru do čo najväčšej vzdialenosti od výstupu lúča z dýzy [1-3].

Vytvorenie geometrického modelu plazmovej dýzy pre potreby modifikácie jeho tvaru a následnej simulácie

Pre účely modifikácie tvaru plazmovej dýzy bolo potrebné vychádzať z jej konvenčného tvaru. V prvom kroku riešenia bolo teda potrebné vytvoriť 3D geometrický model v grafickom programe. Presné rozmery plazmovej dýzy ako aj ostatných častí plazmového horáka boli zmerané pomocou mechanických meradiel a 3D meracích prístrojov [2].

Pre účely simulácií bol spracovaný zjednodušený 2D plošný model, ktorý je zložený z plazmovej dýzy a z elektródy. Tieto dva členy plazmového horáka boli z nášho pohľadu najdôležitejšími členmi, ktoré ovplyvňujú výsledný tvar prúdiaceho plazmového lúča. Pre minimalizovanie výpočtových časov bola simulácia vykonaná na polovičnom osovo symetrickom modeli [2,4].



Obr. 1 Schéma 2D modelu dýzy s elektródou pre účely simulácie

Jednotlivé návrhy na úpravu geometrie dýzy vychádzali z nasledujúcich zadefinovaných požiadaviek:

- jednoduchá vyrobiteľnosť konvenčnými technológiami,
- nízka časová náročnosť výroby (úpravy) dýzy,
- nízke finančné náklady na úpravu tvaru pôvodnej dýzy.

Pri zmene geometrie dýzy sa vychádzalo z teoretických poznatkov o prúdení tekutín, ale i z praktických skúseností pri rezaní plazmovým lúčom. Ako jeden z modifikovaných tvarov bol použitý aj tvar lavalovej dýzy, ktorý sa používa pri nadzvukových rýchlostiach prúdenia tekutín. Ďalšie modifikácie pozostávali v zmene rozmerov ústia dýzy ako napr. predĺženie ústia, ukončenie dýzy bez rozšírenia a pod. Upravené modely pre simuláciu sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Modifikované tvary činnnej časti dýzy [2]

Modifikovaný tvar č. 2	Modifikovaný tvar č. 3	Modifikovaný tvar č. 4

Modifikovaný tvar č. 5	Modifikovaný tvar č. 6	Modifikovaný tvar č. 7
Modifikovaný tvar č. 8	Modifikovaný tvar č. 9	Modifikovaný tvar č. 10

Numerické simulácie prúdenia plazmy

Výpočtová úloha bola riešená ako symetrická, preto pre proces simulácie postačovalo vykonať výpočet iba pre polovicu modelu. Os symetrie modelu prechádzala cez os horáka. Zjednodušenie slúžilo na skrátenie času výpočtu, pričom časová náročnosť finálneho výpočtu pre jeden 2D model sa pohybovala v intervale 120 – 200 min. Pre každý modifikovaný tvar bol vypracovaný 2D model pre simuláciu. Príklad 2D modelu pre simuláciu je na obr. 2.



Obr. 2 2D model pre simuláciu: 1- elektróda zasunutá v dýze, 2 - stena dýzy, 3 - os symetrie, 4 - voľný priestor („solid body“) cez ktoré bude prúdiť médium

2D modely boli nasietované 2D konečnými prvkami. V kritických miestach modelu, ako sú ostré prechody a hrany, bola sieť vhodne zhustená. V týchto miestach bol predpoklad vzniku turbulentného prúdenia, kde je potrebný väčší počet uzlových bodov pre podrobný popis prúdenia [2, 5, 7].

Výsledná sieť obsahovala približne 3500 uzlových bodov a 3200 konečných elementov elementov. Okrajové podmienky simulácie boli zvolené nasledovne: vstupný tlak 2,26 MPa, vstupná teplota 1200 K, výstupný tlak 39,365 kPa pri teplote 273,15 K. Počet iterácií bol zvolený na 4500.

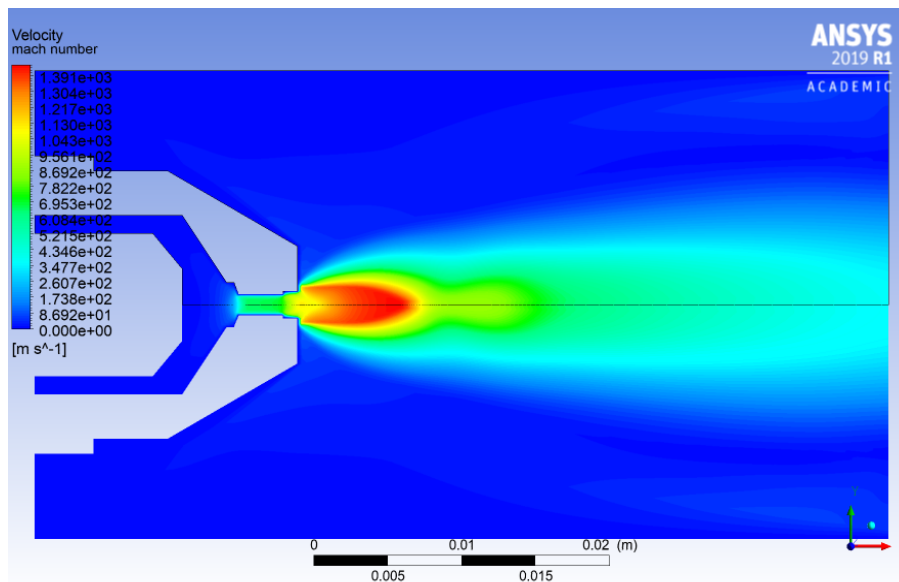
Ako prúdiacie médium bol zvolený ideálny plyn, ktorý z daných možností v programe najviac vyhovoval riešenej úlohe. Medzi ďalšie podstatné okrajové podmienky patria hranice prúdenia, os symetrie, vstupné a výstupné miesto. Okrajové podmienky pre simuláciu sú uvedené na obr.3.



Obr. 3 Hranice prúdenia, 1 vstup plynného média, 2 nepriechodné steny, 3 os symetrie, 4 výstup prúdenia

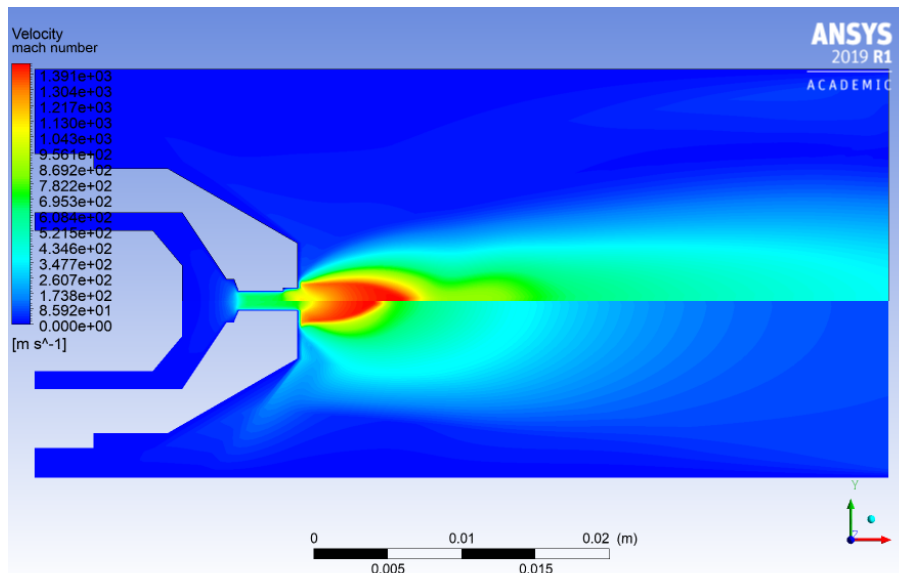
Výsledky numerických simulácií v programe Ansys – Fluent

Simulácie prúdenia dýzy boli zameraná na získanie tvaru plazmového lúča pri výstupe z modifikovanej činnei časti dýzy a následne porovnané s pôvodným nemodifikovaným tvarom. Na Obr. 4 je výsledok numerickej simulácie prúdenia na modeli bez modifikácie geometrie plazmovej dýzy. Rýchlosti prúdenia ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) sú zobrazené pomocou farebnej škály. Tvar lúča mal na úseku 5 mm za výstupom z dýzy takmer valcovitý tvar, ktorý bol zakončený zaobleným hrotom. Daný tvar vystupujúceho lúča významne ovplyvňuje kvalitu povrchu rezu, kolmosť reznej hrany, drsnosť povrchu, teplom ovplyvnenú oblasť. Celkový tvar prúdenia s nižšími rýchlosťami, mal valcovitý charakter prúdenia. Celkovo bolo vypočítaných 10 výpočtových úloh [1, 2, 7].



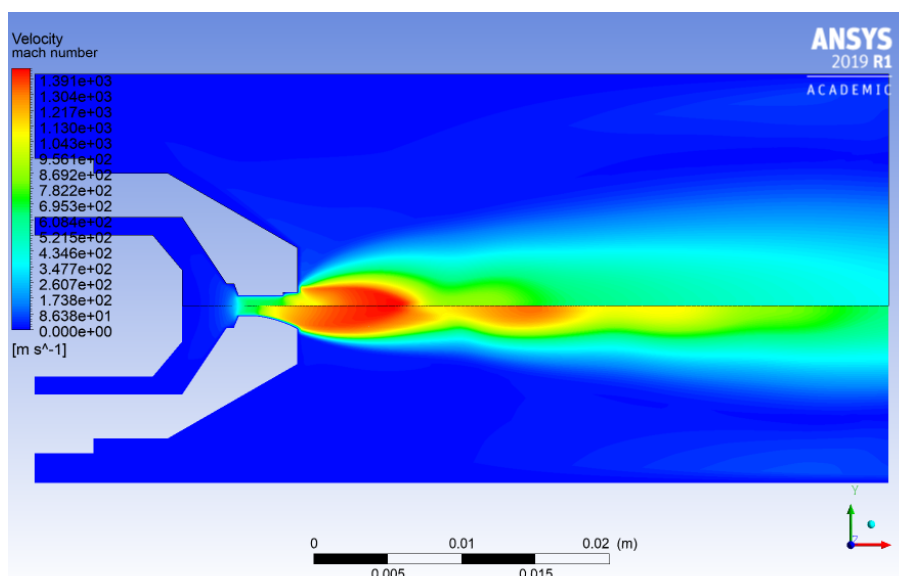
Obr. 4 Výsledky simulácie prúdenia cez pôvodný tvar dýzy (tvar č.1)

Nižšie uvedené výsledky numerickej simulácií boli vybrané ako reprezentatívne vzorky. Prvá simulácia na modifikovanom tvare č. 2 (Obr. 5) poukazuje na markantný negatívny dopad zmeny tvaru dýzy na tvar prúdenia. V tomto prípade bolo odstránené valcové osadenie ústia dýzy. Z pohľadu vplyvu zmeny geometrie na tvar prúdenia bol výsledok považovaný za nevyhovujúci [2, 6].



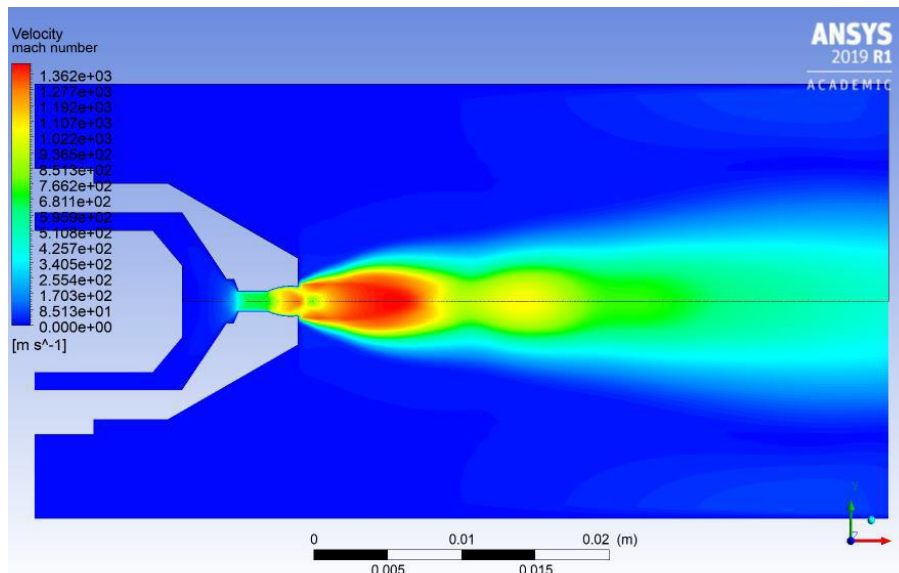
Obr. 5 Porovnanie prúdenia upravenej dýzy – tvar č.2 (dolná polovica) voči pôvodnej dýze – tvar č.1 (horná polovica).

Pri modifikovanom tvare č.7 malo prúdenie mierne rozširujúci sa charakter, ale hlavné pole najvyšších rýchlostí prúdenia malo dlhší dosah od konca ústia dýzy. Pole s najvyššími rýchlosťami prúdenia sa iba čiastočne uzatváralo a udržiavalo si cylindrický tvar. Za týmto hlavným rýchlostným poľom sa objavilo ďalšie pole s vysokými rýchlosťami prúdenia, ktoré môže napomáhať pri rezaní a odstraňovaní už nataveného kovu z reznej medzery [2, 5].



Obr. 6 Porovnanie prúdenia upravenej dýzy – tvar č.7 (dolná polovica) voči pôvodnej dýze – tvar č.1 (horná polovica).

Výsledok simulácie rýchlosti prúdenia pre modifikovaný tvar č. 10 bol jednoznačne nevyhovujúci. Za dýzou dochádzalo k rozdzvojeniu prúdenia, čo značne rozšírilo prúdenie a tak isto aj znížilo prúdenie v predĺženej osi dýzy.



Obr. 7 Výsledky simulácie prúdenia cez modifikovaný tvar dýzy č.10

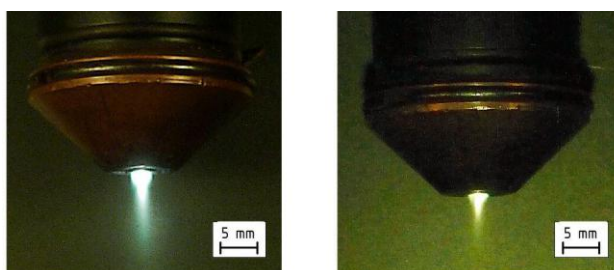
Príprava a výsledky experimentálneho merania modifikovanej dýzy

Po vykonaných simulačných výpočtoch, bol ako najvhodnejší tvar pre výrobu dýzy zvolený modifikovaný tvar č. 7. Experimentálne meranie pozostávalo z hodnotenia fotografií pilotného oblúka, rezacieho oblúka a tiež makroštruktúry rezných plôch, vyhotovených modifikovanou a pôvodnou referenčnou dýzou.



Obr. 8 Dýza s vyrobeným modifikovaným tvarom č. 7 (vľavo), referenčná dýza (vpravo)

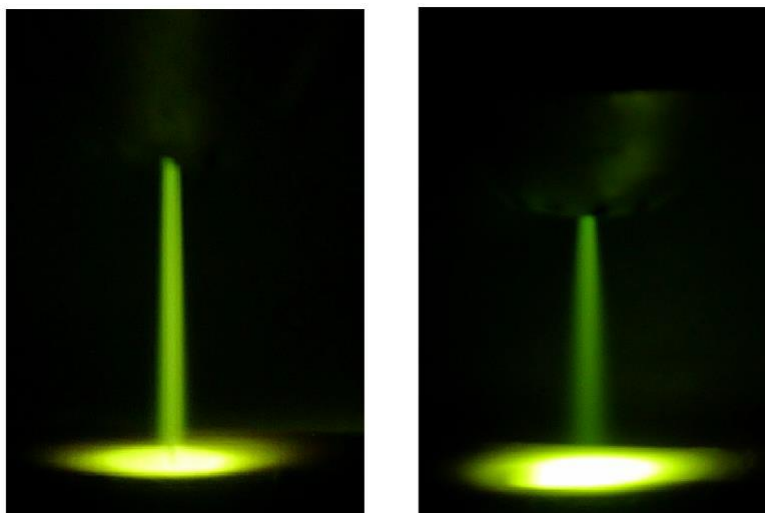
Pilotný oblúk bol zaznamenaný pomocou digitálneho fotoaparátu s použitím prídavného osvetlenia s výkonom 1000 W a s použitím ochranného skla pre zväranie s tmavosťou DIN 5.



Obr. 9 Tvar lúča pri referenčnej dýze (vľavo), tvar lúča pri modifikovanej dýze č. 7

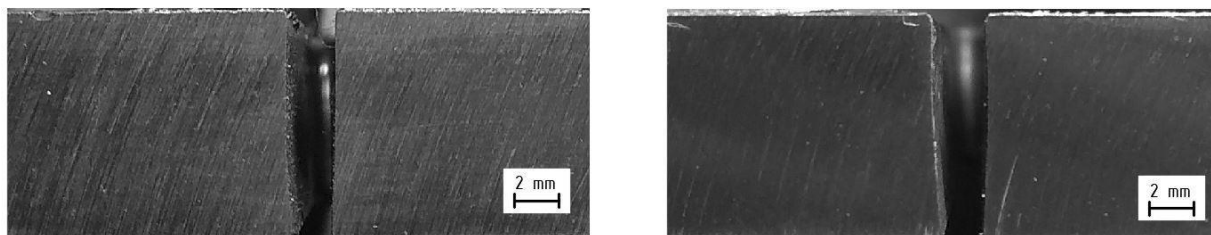
Tvar pilotného oblúka pri modifikovanom tvare dýzy č. 7 voči referenčnej dýze bol výrazne ostrejší, bez závoja pri ústí dýzy. Dĺžka lúča pri zanedbaní svetelného závoja bola približne rovnaká pri oboch dýzach. Z výsledkov vizuálneho hodnotenia pilotného oblúka sa nám nepotvrdili výsledky simulácie, kde dochádzalo pri prúdení modifikovaným tvarom č. 7 k výraznému predĺženiu lúča.

Rezací oblúk, bol zaznamenaný digitálnym fotoaparátom pomocou sekvenčného snímokovania, pri dostatočnom osvetlení. Z dôvodu vysokého žiarenia bol použitý ako filter ochranné sklo pre zváranie s tmavosťou DIN 13. Pri snímaní bol pilotný oblúk zapálený vo výške 3 mm od grafitovej podložky. V momente zapálenia rezacieho oblúka, bol horák postupne manuálne oddiaľovaný od povrchu podložky až do zhasnutia oblúka. Počas tohto oddiaľovania bolo spustené sekvenčné snímkanie pre snímkovanie oblúka [1-3].



Obr. 10 Snímky rezacieho oblúka: referenčný tvar dýzy (vľavo) a modifikovaný tvar dýzy č. 7 (vpravo)

Pôvodný referenčný tvar dýzy si oproti modifikovanému zachoval rovnomerný prierez lúča do väčšej vzdialenosti. Pri referenčnom tvare dýzy oblúk zhasol vo vzdialenosti 28 mm a pri modifikovanom tvare vo vzdialenosti 22 mm. Vyplýva z toho aj zistenie, že pri modifikovanom tvare dochádzalo vplyvom rozširovania plazmového lúča k poklesu ionizácie plynu, ktorá spôsobila stratu vodivosti a teda aj zhasnutie oblúka. Porovnanie tvaru rezných plôch vykonaných referenčnou a modifikovanou dýzou, bolo vykonané na plechu z ocele S235 o hrúbke 10 mm. Obe experimentálne vzorky boli rezané pri nastavenom rezacom prúde 70 A a rýchlosti rezania $610 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ [2, 7].



Obr. 11 Makroštruktúra reznej medzery: referenčný tvar dýzy (vľavo) a modifikovaný tvar dýzy (vpravo)

Rezné plochy referenčnej vzorky oproti vzorke vyrezanej s modifikovaným tvarom dýzy boli výrazne rovinnéjšie, šírka reznej medzery bola menšia a bola pozorovaná aj nižšia odchýlka kolmosti reznej plochy od povrchu vzorky. Rezné plochy ale aj snímka rezacieho oblúka pri modifikovanom tvare dýzy však približne kopírujú výsledky simulačného výpočtu.

Záver

Tento článok sa zaoberá termickým rezaním materiálov plazmovým lúčom, konkrétne analýzou prúdenia plazmového lúča a možnosti jeho modifikácie zmenou tvaru geometrie činnejšej časti dýzy za účelom zvýšenia úžitkových vlastností rezania. Výsledky simulácie pre jednotlivé modifikované tvary boli vždy porovnávané s výsledkami získanými z referenčného tvaru. Porovnávaný bol výsledný tvar

lúča zobrazený na základe rýchlosti prúdenia. Modifikovaný tvar č. 7 na základe vykonanej numerickej simulácie vykazoval najlepšie vlastnosti [2].

Na základe pozorovania praktických experimentálnych výsledkov práce, bola pozorovaná zmena pri vizuálnom hodnotení tvaru pilotného oblúka, kde bol dosiahnutý ostrejší tvar lúča pri modifikovanej dýze. Pri vizuálnom porovnaní rezacieho oblúka už dochádzalo pri modifikovanom tvare k výraznej rozbiehavosti a poklesu energie s narastajúcou dĺžkou oblúka, čo sa prejavilo aj na kratšej vzdialenosti, pri ktorej oblúk zhasol. Rezná medzera a rezná plocha bola z pohľadu úžitkových vlastností výhodnejšia pri referenčnom tvare dýzy, kedy bola rezná plocha rovinnnejšia, odchýlka kolmosti od povrchu nižšia a tiež bola dosiahnutá užšia rezná medzera. Zistené skutočnosti mohli nastať nedostatočným nadefinovaním okrajových podmienok pre simuláciu prúdiaceho média akým je plazma. Pri numerických výpočtoch nebol tiež zohľadnený vplyv magnetického poľa, elektrického usmernenia ionizovaného plynu, tepelné straty a pod.

PodĎakovanie:

Autori ďakujú za možnosť publikovať výsledky výskumu aj vďaka finančnej pomoci agentúry KEGA, číslo projektu 009ŽU-4/2019.

Literatúra:

- [1] A. Iosub, G. N. (2008) Plasma cutting of composite materials. *International Journal of Material Forming*. Vol. 2008, Iss. 1, p. 1347-1350, 2008, ISSN 1960-6206.
- [2] Málek, M. (2019) *Možnosti úpravy geometrie dýzy plazmového horáka za účelom modifikácie tvaru plazmového lúča*. Žilinská univerzita v Žiline – Dizertačná práca. 53 s., 2019
- [3] Ambrož, O. a kol. (2001) *Technológie svařování a zařízení*. Ostrava: Zebros, 395 s., 2001, ISBN 80-85771-81-0
- [4] Ranganath, B. J. (2008) *Thermal metal cutting processes*. IK International, 325 p., 2008, ISBN 978-81-898-669-07
- [5] Škorpiřík, J. (2006) *Efekty při proudění vysokými rychlostmi*. Dostupné na Internetu: <http://www.transformacni-technologie.cz/39.html>
- [6] Uruba, V. (2009). *Turbulence*. Praha: České vysoké učení technické. 141 s., 2009.
- [7] Vavro, K. (2004). *Tok tekutin v potrubných systémech*. Bratislava: STU, 179 s., ISBN 8022720186.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Harold MĀSIAR, CSc.; TUAD v Trenčíne
Ing. Ľubomír OLEXA, PhD.; TVIC, s.r.o., Prešov



Vlastnosti zváraných spojov z kalenej a termomechanicky valcovanej ocele

Properties of welded joints made of tempered and thermomechanically rolled steel

dr inž. Marek GUCWA*, **mgr inž. Grzegorz DĄBROWSKI****,
dr hab. inž. Jerzy WINCZEK*, **doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.*****,
Ing. Radoslav KOŇÁR, PhD. ***, **dr inž. Krzysztof MAKLES***

Organizácia / Organization:

* Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and Computer Science,
Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa,

** MGGP S.A.

*** Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

Tel.: 0048 / 34 3250 672

E-mail: mgucwa@spaw.pcz.pl

Abstrakt:

Na výstavbu distribučných a tranzitných plynovodov sa používajú ocele so zvýšenou pevnosťou. Tieto ocele procesom termomechanického valcovania alebo zušľachtovania dosahujú vyššie pevnostné vlastnosti. Stretávame sa so situáciami zvärať tieto materiály, ktoré majú rovnakú medzu klzu ale sú zaradené podľa ISO / TR 15608 do iných odlišných skupín. Práca analyzuje zvarový spoj vyhotovený z ocele L485QB a L485ME metódou 141/111. Boli vykonané deštruktívne skúšky takéhoto spoja a analyzované zmeny mikroštruktúry.

Abstract:

For the construction of transmission gas pipelines, steels with increased strength are used, in which strength properties can be shaped in the process of thermomechanical rolling or thermal improvement. In the consequence is the need to make joints unlike in elements with the same yield point, but according to ISO/TR 15608 classified in different groups. The work analyzes an unlike joint made of L485QB and L485ME steel. Destructive tests were carried out for the joint and microstructure changes caused by welding process 141/111 were determined.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavol RADIČ, PhD.; VÚZ
doc. Ing. Viliam LEŽDÍK, PhD.; SPP-distribúcia, a.s., Žilina



Messer Tatragas, intenzifikácia vysokoteplotných procesov pomocou kyslíkových aplikácií

Messer Tatragas, intensification of high temperature processes by oxygen applications

Ing. Jozef ŠUŠKA*, Mgr. Juraj PETROVIČ*, Dr. Martin DEMUTH**

Organizácia / Organization:

* Messer Tatragas spol. s r.o., Bratislava

** Messer Austria GmbH, Gumpoldskirchen

Abstrakt:

Messer Tatragas spol. s r.o. člen skupiny MesserGroup, je najväčší dodávateľ technických plynov a aplikácií na Slovensku. Aplikácie nachádzajú okrem iného uplatnenie v nasledovných odvetviach priemyslu: potravinárstvo, farmácia, mletie za studena, recyklácia, zváranie, rezanie, vysokoteplotné procesy alebo tepelné spracovanie. Kyslík je nevyhnutný pre akékoľvek procesy spaľovania. Hoci je vzduch najbežnejším zdrojom kyslíka, nie je najefektívnejší, pretože obsahuje približne 78% dusíka. Dusík je relatívne inertný a neprispieva k reakciám spaľovania. Dusík obsiahnutý vo vzduchu v skutočnosti inhibuje reakcie paliva s kyslíkom a absorbuje teplo z reakcie spaľovania. Technológia kyslíkového obohacovania bola úspešne aplikovaná v oblasti priemyslu metalurgie, skla a tepelnej techniky. Použitím tejto technológie je možné znížiť výrobné náklady pre množstvo procesov, keďže sa cena paliva neustále zvyšuje.

Abstract:

Messer Tatragas Ltd. a member of the MesserGroup, is the largest supplier of technical gases and applications in Slovakia. Applications are used i.g. in the following industries: food, pharmacy, cold milling, recycling, welding, cutting, high temperature processes or heat treatment. Oxygen is required for any combustion process. Although air is the most common source of oxygen, it is not the most efficient, since it also contains about 78% nitrogen. Nitrogen is relatively inert and does not contribute to the combustion reaction. The nitrogen contained in air actually inhibits fuel from reacting with oxygen and absorbs heat from the combustion reaction. Technology of oxygen enrichment has been successfully applied in the field of metallurgical industry, glass industry and heat engineering. By using this technology it is possible to reduce production costs for many processes because fuel costs are continuously on rise.

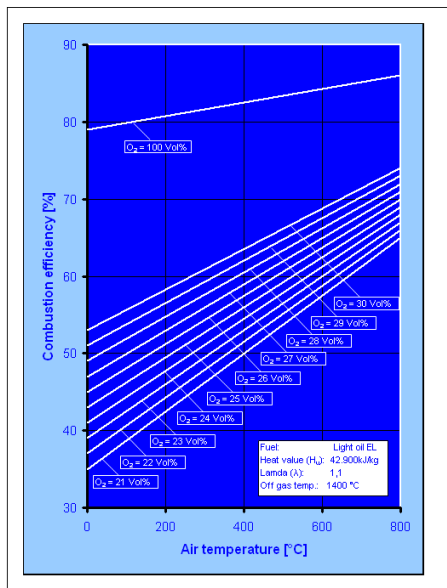
Úvod

Účinnosť priemyselných spaľovacích procesov môže byť zvýšená dvoma spôsobmi (ktoré je možné vidieť na Obr.1 a Obr.2), a to buď predohrevom paliva a vzduchu, alebo pridaním kyslíka. Z dôvodu vysokého obsahu balastného dusíka vo vzduchu (78%) je pri spaľovaní pomocou vzduchu možné dosiahnuť len nízke teploty plameňa. Balastný dusík spôsobuje vysoké teplotné straty z dôvodu nízkej účinnosti spaľovania. Kyslík je možné dostať do spaľovacej komory rôznymi spôsobmi:

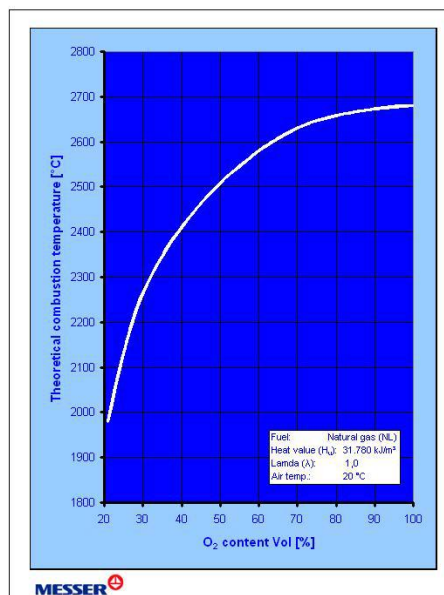
- Kyslíkovými horákmi
- Priamou injekciou kyslíka do vzduchovo-palivového plameňa

- Pridaním k vzduchovo-palivovému plameňu
- Nasýtením spaľovacieho vzduchu

Na obrázku je znázornená závislosť teoretickej teploty plameňa pri stechiometrickom spaľovaní zemného plynu od obohatenia vzduchu kyslíkom. Z toho vyplýva, že aj nízke hodnoty obohatenia sú schopné vytvoriť vyššie teploty plameňa a tým zvýšiť účinnosť spaľovania.

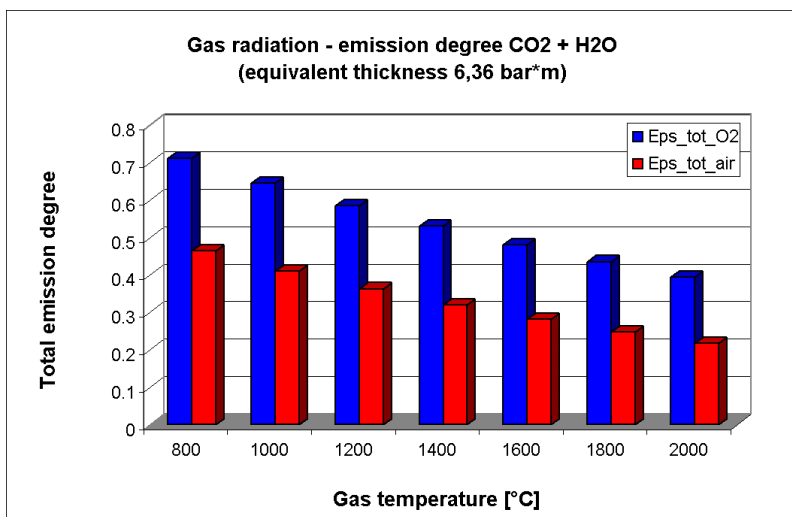


Obr.1: Vplyv teploty spaľovacieho vzduchu a koncentrácie kyslíka na účinnosť spaľovania [5]



Obr.2: Teoretická teplota plameňa pre stechiometrické spaľovanie zemného plynu v závislosti od koncentrácie kyslíka v spaľovacom vzduchu [5]

Okrem vyššej tepelnej účinnosti kyslíkových horákov v porovnaní so vzduchovými horákmi je oveľa vyššia energetická účinnosť vzhľadom na prestup tepla druhým dôvodom pre použitie kyslíka. Prestup tepla nastáva konvekciou a radiáciou. S rastúcou teplotou, pomer radiácie rastie oproti konvekcie. Navyše je tepelná radiácia u kyslíkového plameňa kvôli vyššiemu obsahu troch molekúl plynov CO₂ a H₂O a taktiež nízkej hodnote NO_x v spalinách intenzívnejšia ako u plameňa zo spaľovania so vzduchom. Obr.3 zobrazuje vyššie hodnoty emivity kyslíkových horákov v porovnaní s horákmi so spaľovaním vzduchu.



Obr.3 Porovnanie úrovne emisivity kyslíkový horák a vzduchový horák

Použitie kyslíkových horákov je cenovo a časovo efektívne riešenie pre zníženie výrobných nákladov, zvýšenie výrobných kapacít a flexibility.

Obohacovanie kyslíkom je taktiež spomínané v mnohých odborných publikáciách, venujúcich sa najlepším dostupným technológiám (BAT - best available techniques). Najčastejšie dôvody pre použitie kyslíka sú:

- Vyššia flexibilita vďaka vyššiemu tavnému výkonu a kratšej dobe striedania šarží
- Zníženie špecifickej spotreby energie
- Nižšie množstvo odplynov
- Nižší environmentálny dopad emisií
- Nižšie straty na materiáli z dôvodu nižšieho množstva plynov prúdiacich pecou
- Nižšie investičné náklady vďaka menším jednotkám filtrov
- Nie je potrebný predohrev vzduchu
- Umožňuje integrované dospaľovanie

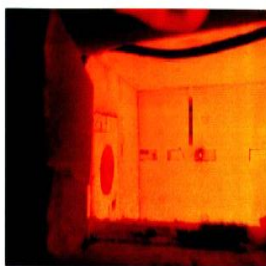
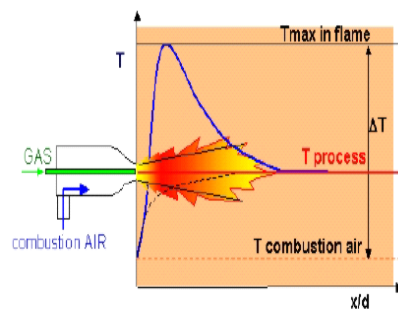
Bezplameňové spaľovanie vedie ku “studenému spaľovaniu” s kyslíkom

Bezplameňové spaľovanie (správny vedecký názov je objemové spaľovanie) je proces, v ktorom sa plameň riedi odplynom v záujme jeho chladenia a predĺženia. Efektom tejto procedúry je takmer neviditeľný plameň. Samotným cieľom je ale významné zníženie tvorby NO_x a výrazne lepšia distribúcia tepla (riedený plameň stále obsahuje rovnaké množstvo tepla). Napriek tomu, že pri použití kyslíka sa do spaľovania neprivádza žiadny dusík (na rozdiel od spaľovania so vzduchom, kde vzduch obsahuje 78% dusíka), vysoká teplota plameňa napomáha tvorbe NO_x , ktoré vznikajú z dusíka v palive, alebo falošnom vzduchu, prisávanom do pece. Pri bezplameňovom spaľovaní sú ale emisie NO_x znížené pod zákonné limity.

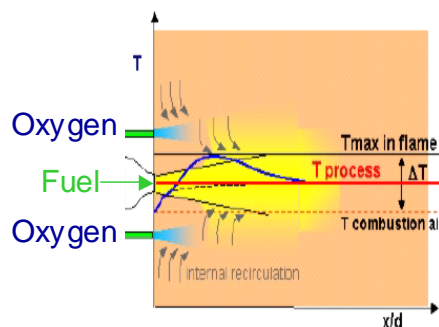
Spôsob prevádzky riedeným, alebo “studeným” spaľovaním je zrejмый z Obr.4. Recirkuláciou odplynu sa zabezpečí zriedenie plameňa, ktoré vedie k redukcii teploty na ústí horáka a tak isto k redukcii hodnôt NO_x . Tento efekt je možné dosiahnuť ako vzduchovými, tak aj kyslíkovými horákmi. Teploty kyslíkových horákov sú na tých istých hodnotách, ako u konvenčných vzduchových horákov.



Conventional Flame - 1.5 MW

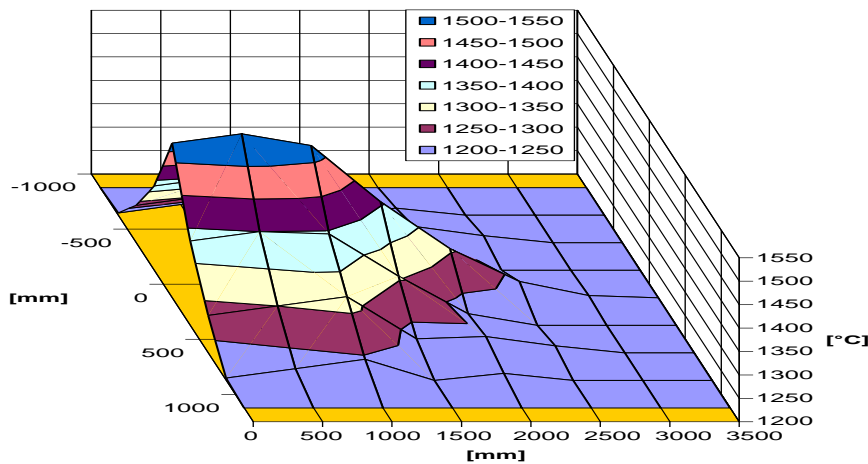


Diluted Flame - 1.5 MW



Obr.4 Riedené spaľovanie

Bezplameňové spaľovanie vedie k homogenizácii teploty v peci. Na Obr.5 je možné vidieť rozloženie teploty v peci. Pri bezplameňovom spaľovaní pomocou technológie „Oxy-fuel“ je teplota nižšia a rovnomernejšie distribuovaná vďaka silnej vnútornej recirkulácii pecnej atmosféry pred ústím horáka.

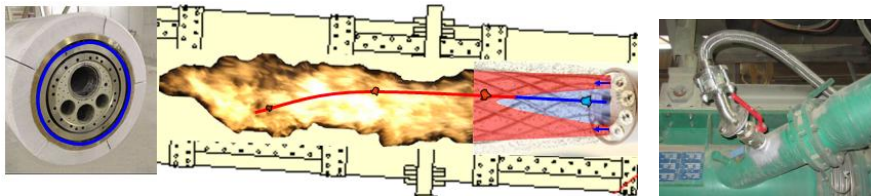


Obr.5 Distribúcia teploty v spaľovacej komore pri bezplameňovom spaľovaní technológiou “oxy-fuel”. Cieľová teplota pece je 1200 °C.

Možnosti kyslíkového obohacovania

Obohacovanie primárneho vzduchu

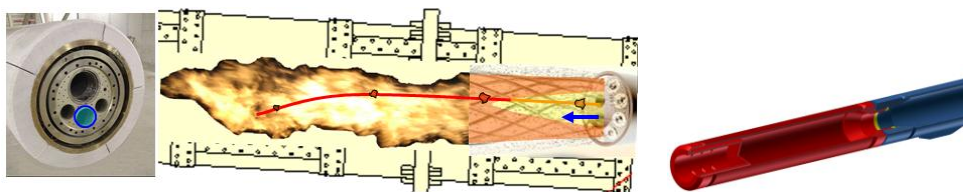
Obohacovanie primárneho vzduchu kyslíkom (Obr.6) je jednoduchý spôsob, ale musí byť aplikovaný v súlade s miestnymi predpismi. Výsledkom kyslíkového obohacovania vzduchu je vyššia reakčná rýchlosť v objeme primárneho paliva a skrátenie dĺžky plameňa. Tento spôsob obohacovania môže pomôcť s problémom pri dosahovaní vysokých teplôt. Obohacovanie primárneho vzduchu je najmä vhodné za účelom dosiahnutia vyššej kapacity výroby.



Obr.6 Kyslíkové obohacovanie primárneho vzduchu

Kyslíková tryska

Kyslík môže byť dávkovaný pomocou nerezovej trubky, ktorá môže alebo nemusí byť ukončená tryskou (Obr.7). Táto nerezová trubka je umiestnená v hlavnom horáku rotačnej pece. Výhodou je, že pred čelom hlavného horáka vznikne oblasť, ktorá má 100% koncentráciu kyslíka. Pokiaľ je nerezová trubka ukončená tryskou, táto môže byť impulzná alebo vírivá. Impulzné trysky majú sklon nastreľovať kyslík ďaleko do plameňa, čo spôsobuje zníženie účinnosti. Preto Messer používa špeciálne navrhnutú vírivú trysku, bez zvarovaných častí, čo umožňuje miešať kyslík v prúde transportného vzduchu alternatívneho paliva. Týmto spôsobom môže byť tvorba FeO v slinku znížená, kým spotreba alternatívneho paliva je zvyšovaná (čo je žiadúce).

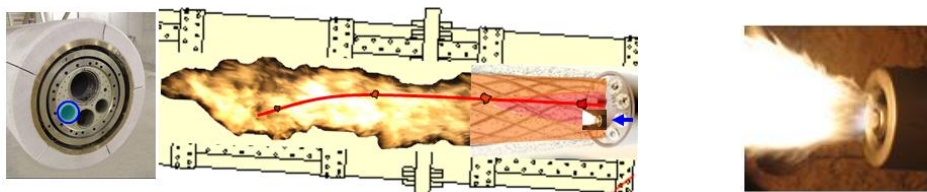


Obr.7 Pridávanie kyslíka pomocou kyslíkovej trysky

Atomizácia kvapalného paliva kyslíkom

Väčšina cementární používa olejové trysky v procese výroby slinky na rotačných peciach. Spoločnosťou Messer bola navrhnutá atomizačná tryska (Obr.8), ktorá nahradila pôvodnú atomizačnú trysku využívajúcu vzduch na atomizáciu paliva, za trysku ktorá využíva kyslík na atomizáciu

kvapalných palív. S touto metódou „plameň v plameni“ môže byť zlepšená atomizácia a dodatočný kyslík zvyšuje teplotu plameňa pre okolité alternatívne palivo. Messer zistil, že je to najvhodnejší spôsob na zvýšenie množstva alternatívneho paliva, pričom sa zníži parameter FeO.

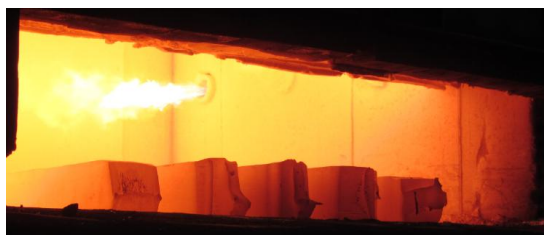
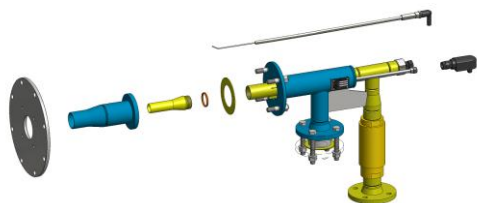


Obr.8 Atomizácia kvapalného paliva kyslíkom

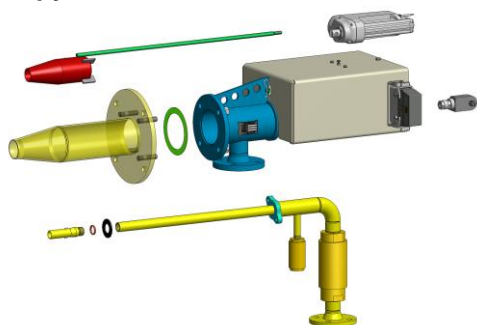
Horáky Oxipyr®

Horáky Oxipyr® sú vhodné pre takmer všetky aplikácie tavenia a ohrevu, pre plynné a kvapalné palivá. Rozdeliť ich môžeme do viacerých skupín, či už podľa výkonu, chladenia, prípadne podľa aplikácie. Všetky horáky typu Oxipyr® sú vyrobené na mieru podľa požiadaviek zákazníka a typu aplikácie. Na Obr.9 sú uvedené príklady horákov Oxipyr®.

Oxipyr – F



Oxipyr-Flex



Oxipyr – Air



Obr.9 Príklady horákov Oxipyr®

Záver

Vyššie zmienené kyslíkové aplikácie sú navrhované a dizajnované priamo pre potreby daného výrobného procesu. Prostredníctvom kyslíkových aplikácií je v mnohých prípadoch možné dosiahnuť vysoké úspory prevádzkových nákladov s minimálnou počiatočnou investíciou. Medzi hlavné výhody kyslíkových aplikácií patrí napr.: zvýšenie výkonu jestvujúceho zariadenia, úspora paliva, elektrickej energie a iné. V súčasnej dobe aplikácie kyslíkového obohacovania neustále nachádzajú uplatnenie v rôznych odvetviach priemyslu.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Renáta KOZMOVÁ; SZS Bratislava
Ing. Michal KRBAŤA, PhD.; FŠT, Trenčianska univerzita A Dubčeka v Trenčíne



Hodnotenie plasticity laserom zváraných kombinovaných polotovarov

Plasticity assessment of laser tailor welded blanks

Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD., Doc. Alexander SCHREK, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská technická univerzita v Bratislave, SjF, Ústav technológií a materiálov, Bratislava

Tel.: 00421/ 905 460 855

E-mail: alena.brusilova@stuba.sk

Abstrakt:

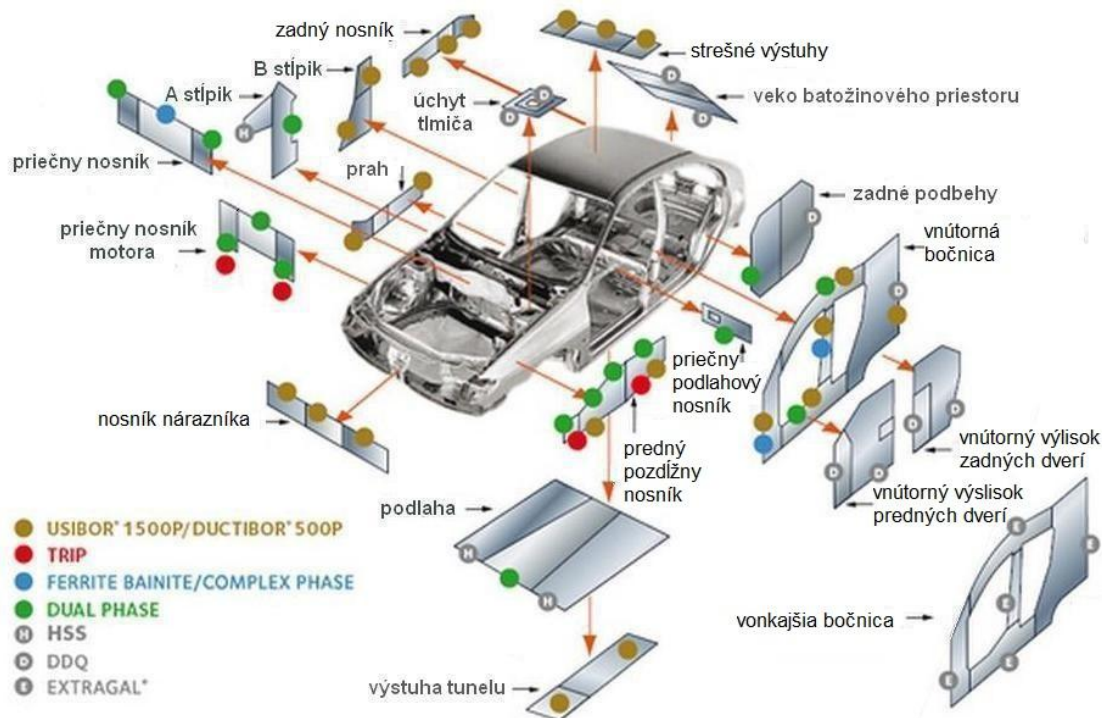
Nosná štruktúra skeletov automobilov je vyrábaná z výliskov na ktoré sú kladené špecifické požiadavky. Vysoká tuhosť a pevnosť nízka hmotnosť, programovateľná deformovateľnosť sa dosahuje použitím kombinovaných polotovarov tvorených z jednotlivých častí s výrazne odlišnými vlastnosťami. Ich spoj je najčastejšie tvorený laserovým zvarom, ktorý i keď má úzku oblasť TOO, negatívne ovplyvňuje tvárnosť, ktorá sa hodnotí technologickými skúškami. Prvá skupina testovaných vzoriek mala spoj simulovaný len prievarom vyhotoveným za rovnakých podmienok ako skutočný spoj, druhá skupina vzoriek bola priamo vyrobená z kombinovaných polotovarov. Pri porovnaní hodnôt hĺbokofažnosti oboch skupín vzoriek boli získané úplne protichodné výsledky, ktoré sú predmetom tohto príspevku.

Abstract:

The body car construction is made from workpieces on which specific demands are put. The high stiffness and strength, low weight, programmable deformability have been achieved by using of tailored welded blanks (TWBs) that are composed of materials with markedly different properties. The weld joint is most commonly formed by a laser weld. In spite of its narrow heat affected zone, this weld joint negatively influences on a formability which is evaluated through technological tests. The first group of tested samples had the joint simulated only by the weld bead that was made at the same welding conditions as an original weld joint, the second group of samples has been made directly from TWBs. The comparison values of deep-drawability of both samples groups showed totally contradictory results that have been subject of this study.

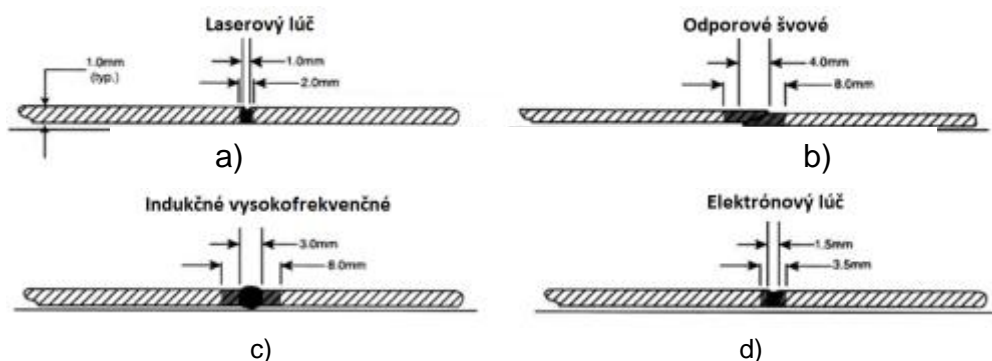
1. Úvod

Na výrobu výliskov nosnej štruktúry skeletov automobilov sa vo veľkej miere používajú kombinované polotovary tvorené materiálmi s odlišnými napäťovodeformačnými vlastnosťami, alebo odlišnými hrúbkami. Úlohou je dosiahnuť požadovanú tuhosť, pevnosť, ale zároveň schopnosť pohltiť deformačnú prácu pri náraze pri čo najmenšej hmotnosti [1], Obr.1.



Obr.1 Rozsah použitia TWB polotovarov v nosnej konštrukcii automobilu

Medzi veľmi často používané materiály kombinovaných polotovarov sú ocele BH, HSLA, DP-HCT, TRIP. Zmeny štruktúry v teplom ovplyvnenej oblasti zvarového spoja ovplyvňujú ich pretvárne vlastnosti a môžu byť zdrojom tvorby trhlín pri výrobe výlisok. Spájanie jednotlivých častí sa realizuje rôznymi spôsobmi zvarovania, Obr.2 [1].



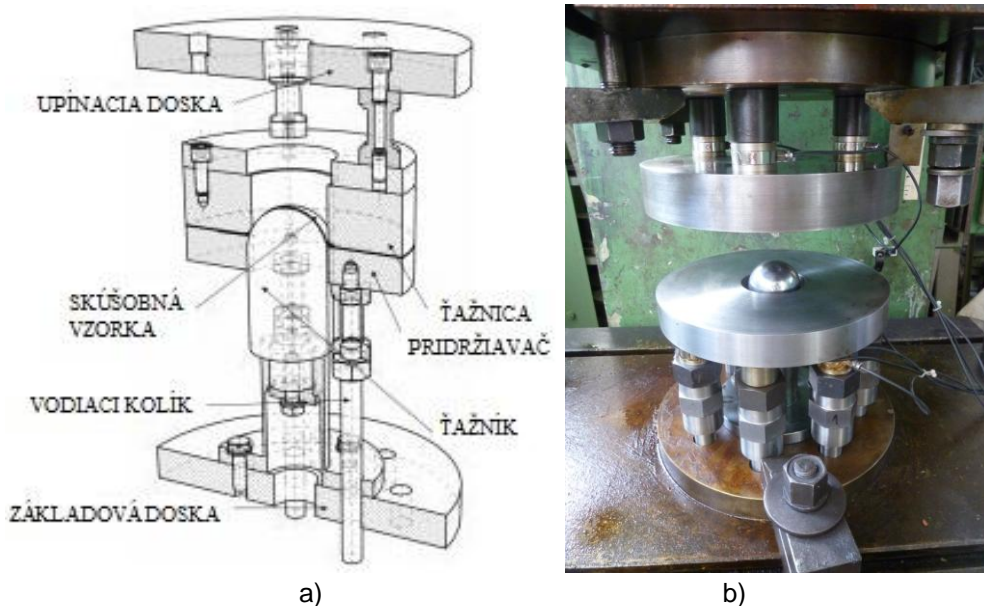
Obr.2 Zváranie kombinovaných polotovarov a porovnanie šírky zvaru a teplom ovplyvnenej oblasti pri použití: a) laserového lúča, b) odporového švového zvarovania, c) indukčného zvarovania, d) elektrónového lúča

Najčastejším spôsobom vytvorenia spoja je laserové zvarovanie s najužšou teplom ovplyvnenu oblasťou. Vhodná voľba technologických podmienok zvarovania umožní udržať pretvárne vlastnosti oblasti zvarového spoja čo najbližšie k základnému materiálu [2].

2. Podmienky experimentu

Na určenie vplyvu laserového zvaru na pretvárne vlastnosti a hĺbokoťažnosť kombinovaného plechového polotovaru bola zvolená Erichsenova skúška hĺbokoťažnosti na vzorkách, kde bol laserový spoj simulovaný prievarom plechu s hrúbkou 1,2 mm z ocele DP – HCT600 a vzorky z produkčného kombinovaného polotovaru tvoreného plechmi s hrúbkou 1 a 1,2 mm z ocele HX420 a TRIP780.

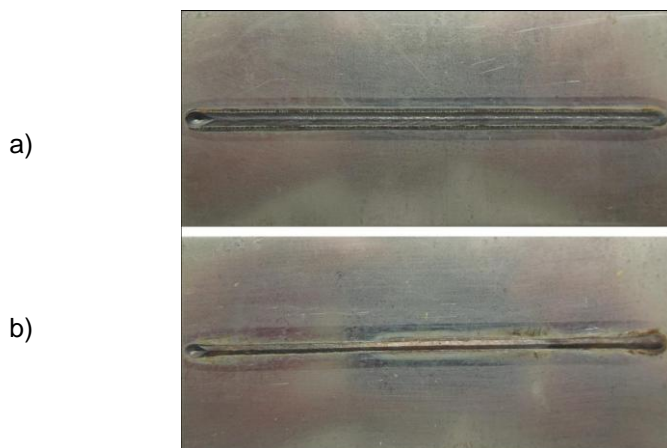
Erichsenova skúška bola vykonaná na nástroji, Obr.3. Ťažník nástroja je v spodnej doske pevne upevnený na stole lisu. Ťažnica je upevnená na šmykadle lisu. Rýchlosť pohybu šmykadla bola 5 mm/s. Pridržiavacia sila je vyvodená prostredníctvom spodného šmykadla dvojitinného hydraulického lisu PYE 160 S. Aby nedošlo k posuvu príruby, veľkosť pridržiavacej sily bola 320 kN.



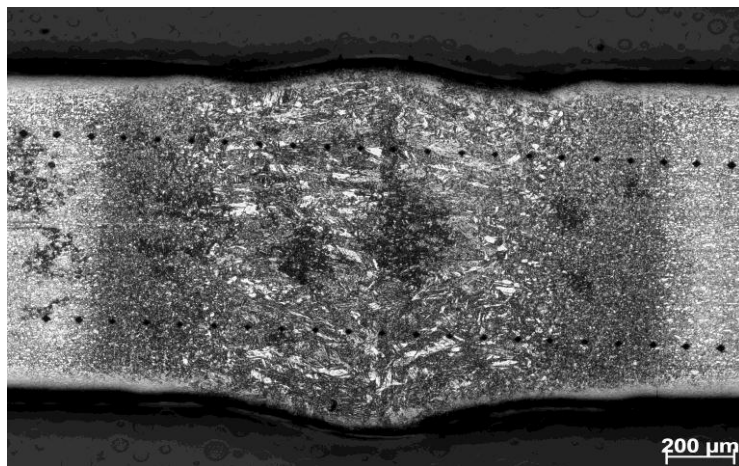
Obr.3 Nástroj na Erichsenovu skúšku hĺbkoťažnosti. a) rez konštrukciou, b) celkový pohľad

3. Skúšky hĺbkoťažnosti plechu z materiálu HCT600 s prievarom

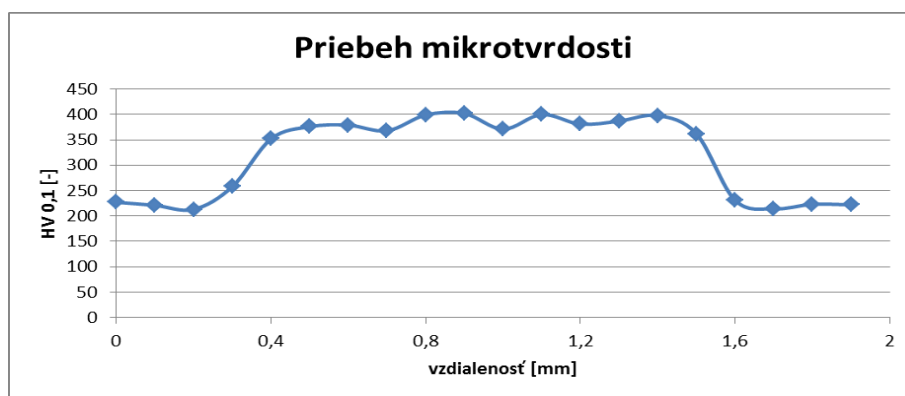
Pre experimenty bol zvarový spoj nahradený prievarom základného materiálu vzoriek, Obr.4. Na Obr.5 je zobrazená oblasť prievaru ocele HCT600 v reze rovinou kolmou na smer valcovania leptaná 4% roztokom nitalu. Je rozdelená na tri časti: základný materiál (ZM) tvorený feritickou matricou s 15 až 25% martenzitu a veľmi malým podielom zvyškového austenitu, teplom ovplyvnenú oblasť (TOO) a oblasťou s dendritickou štruktúrou - zvarový kov (ZK). Zvarový kov aj tepelne ovplyvnená oblasť majú heterogénnu štruktúru, pričom v zvarovom kove je heterogenita výraznejšia. Mikroštruktúra tepelne ovplyvnenej oblasti je tvorená jemným martenzitom. Na hranici tepelne ovplyvnenej oblasti a základného materiálu bol pozorovaný ferit vo forme bielych blokov. Mikroštruktúra zvarového kovu je heterogénna, tvorená väčšími martenzitickými doštičkami [3,4]. Táto oblasť bola miestom primárneho vzniku trhlín na skúšaných vzorkách všetkých skupín. Tvrdosť zvarového spoja - prievaru sa pohybuje od 205 HV_{0,1} po 410 HV_{0,1}, Obr.6 [5].



Obr.4 Zvarový prievar simulujúci zvarový spoj: a) výkon laserového lúča 4 kW, b) výkon laserového lúča 3 kW



Obr.5 Makroštruktúra priečného rezu prievaru HCT600



Obr.6 Priebeh tvrdosti prievaru

Prievar plechu z ocele HCT600 s technologickými vlastnosťami podľa Tab.1 bol vytvorený za týchto podmienok:

- Na vzorkách skupiny A pri rýchlosti $v_A = 20 \text{ mm.s}^{-1}$, skupiny B pri rýchlosti $v_B = 30 \text{ mm.s}^{-1}$ a skupiny C pri rýchlosti $v_C = 40 \text{ mm.s}^{-1}$ a zväzacom výkone 4 kW v ochrannej atmosfére argónu.
- Vzorky skupiny D boli zvárané v ochrannej atmosfére hélia a vzorky skupiny E v ochrannej atmosfére argónu. Zväzací výkon bol 3 kW, proces zvárania prebiehal pri rýchlosti $v = 20 \text{ mm.s}^{-1}$.

Tab.1 Technologické vlastnosti materiálu HCT600 zistené statickou skúškou v ťahu

Re [MPa]	832			
Rm [MPa]	1066			
A [%]	10,25			
Z [%]	16,36			
r	1,06			
smer valcovania	0°	90°	45° ↙↘	45° ↗↘
p _A	0	0,025	0,044	0,031
p _{Rm}	0	-0,031	-0,035	-0,041
p _{Re}	0	-0,051	-0,059	-0,050
n	0,264			

Na vzorkách zvarových spojov skupín A až E neboli pozorované pred vykonaním skúšky vonkajšie necelistvosti, prípadne chyby v mieste prievaru, ktoré mohli ovplyvniť výsledok experimentov. Hĺbky vtlačkov, Erichsenov index, ako kritérium hĺbkoťažnosti, bol porovnaný s vtlačkami na vzorkách bez prievaru označených ZM.

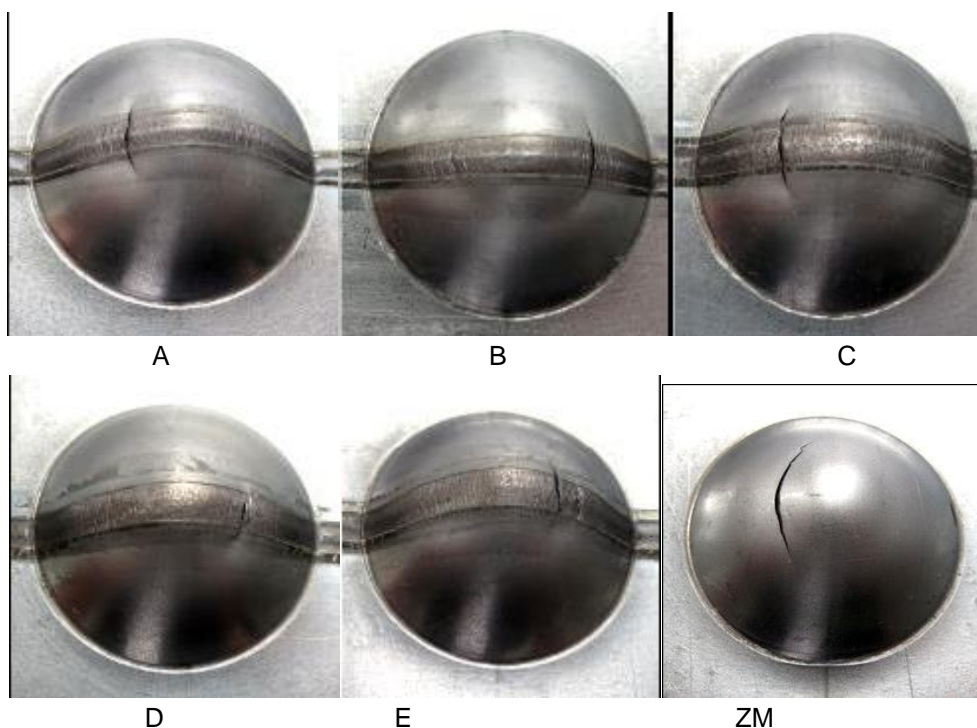
3.1 Meranie Erichsenovho indexu

Na Obr.7 a 8 je povrch vtláčkov a tvar trhlín na vzorkách skupín A, B, C, D, E a ZM, vzniknutých hĺbením. Vzhľad povrchu z vnútornej strany vtláčku je na vzorkách všetkých skupín lesklý. Na vonkajšej strane zvaru je matný. Na vzorkách A až E vznikli trhliny vysokou rýchlosťou v oblasti zvarového kovu. Ich vznik bol sprevádzaný charakteristickým zvukom. Šírenie trhliny bolo ukončené v teplom ovplyvnenej oblasti. Tvar trhliny vzorky ZM bez prievaru (Obr.9b) bol v porovnaní s tvarom trhliny vzorky s prievarom (Obr.9a) rovnaký. Smer rastu trhliny bol v smere valcovania plechu.

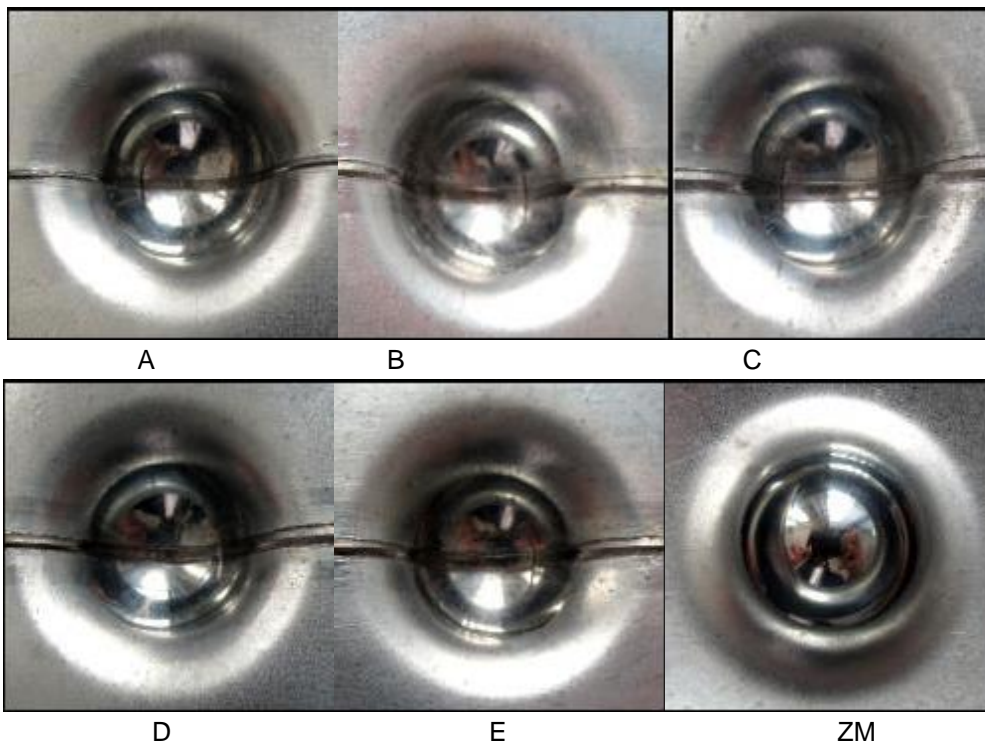
V Tab.2 sú zaznamenané hodnoty Erichsenovho indexu - hĺbky vtláčku IE [mm] pre vzorky skupín A, B, C, D, E a ZM. Percentuálny pokles hĺbky vtláčku vzoriek tried A až E oproti hĺbke vtláčku vzoriek ZM je v poslednom stĺpci.

Tab. 2 Hodnoty hĺbky vtláčku IE [mm] pre jednotlivé vzorky

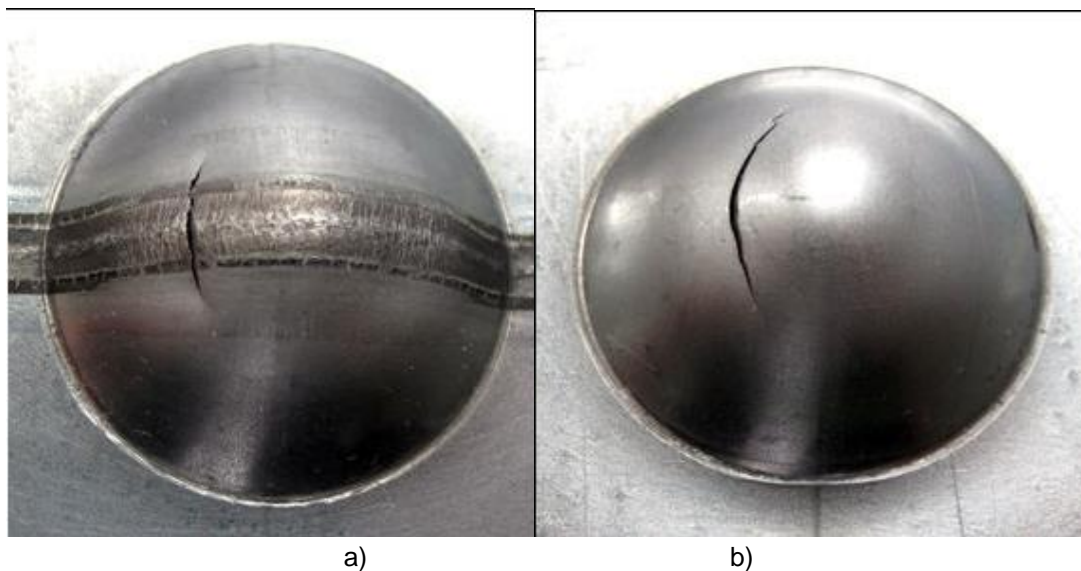
	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	13,3	13,35	12,95	13,25	13,05	13,18	100,0%
A	12,1	12,2	12,5	12,2	12,4	12,28	93,2%
B	12,3	12,7	12,2	12,3	12	12,3	93,3%
C	12,45	12,2	12,05	12,2	12,2	12,22	92,7%
D	11,35	12,4	11,75	11,7	11,35	11,71	88,8%
E	11,5	11,15	11,75	11,5	11,8	11,54	87,6%



Obr.7 Vzhľad vtláčkov a trhlín vzoriek z vonkajšej strany (A-20 mm.s⁻¹, B-30 mm.s⁻¹, C-40 mm.s⁻¹, D-argón, E-hélium, ZM-základný materiál)



Obr.8 Vzhľad vtlačkov a trhlín vzoriek z vnútornej strany (A-20 mm.s⁻¹, B-30 mm.s⁻¹, C-40 mm.s⁻¹, D-argón, E-hélium, ZM-základný materiál)



Obr. 9 Porovnanie veľkosti a tvaru trhliny prístrihu: a) obsahujúceho prievar, b) bez prievaru (vpravo)

3.2 Vplyv rýchlosti zvárania laserovým lúčom na hlbokot'ážnosť prievaru

Technologické podmienky boli sledované na vzorkách skupín A, B a C. Skúškou hĺbením podľa Erichsena bola hĺbka vtlačku vyjadrená číslom IE [mm]. Výsledky sú uvedené v Tab.3, hodnota IE pre každú skupinu je vyjadrená aritmetickým priemerom hodnôt hĺbky vtlačku piatich vzoriek, vyhotovených v rámci jednej skupiny. Rozdiel vo výsledkoch vzoriek A, B a C je minimálny. Výraznejší rozdiel dokumentujúci zníženú hlbokot'ážnosť vznikol len medzi vzorkami zvarových spojov a vzorkami ZM.

Tab.3 Vplyv rýchlosti zvarovania na hĺbku vtlačku IE [mm]

	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	13,3	13,35	12,95	13,25	13,05	13,18	100,0%
A 20	12,1	12,2	12,5	12,2	12,4	12,28	93,2%
B 30	12,3	12,7	12,2	12,3	12	12,3	93,3%
C 40	12,45	12,2	12,05	12,2	12,2	12,22	92,7%

3.3 Vplyv ochranného plynu na hĺbkoťažnosť prievaru

Vplyv ochranného plynu na hĺbkoťažnosť zvarového spoja bol sledovaný na vzorkách triedy D a E. Erichsenova skúška bola realizovaná na piatich vzorkách pre každú skupinu vzoriek. Hodnoty zo skúšok, vyjadrené Erichsenovým číslom IE [mm] pre vzorky tried D, E a ZM sú uvedené v Tab.4. Porovnaním hĺbky vtlačkov vzoriek skupiny D a E bol zaznamenaný minimálny rozdiel. Výrazný rozdiel je však pri porovnaní vzoriek zvarového spoja so ZM.

Tab.4 Vplyv ochranného plynu na hĺbku vtlačku IE [mm]

	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	13,3	13,35	12,95	13,25	13,05	13,18	100,0%
D	11,35	12,4	11,75	11,7	11,35	11,71	88,8%
E	11,5	11,15	11,75	11,5	11,8	11,54	87,6%

3.4 Vplyv výkonu zvarového lúča na hĺbkoťažnosť prievaru

Vyhodnotený bol zo vzoriek skupiny A a E. Vzorky A boli prevárané pri výkone 4 kW a E vzorky pri výkone 3 kW. Rýchlosť pretavenia bola $v = 20 \text{ mm.s}^{-1}$ v ochrannej atmosfére argónu. Porovnanie výsledkov skúšky hĺbkoťažnosti pre vzorky tried A, E a ZM sú uvedené v Tab.5. Vzorky A pri vyššom výkone dosiahli vyššiu hodnotu hĺbky vtlačku a lepšiu hĺbkoťažnosť v porovnaní so vzorkami skupiny E pretavené pri nižšom výkone.

Tab.5 Vplyv zmeny výkonu lúča na hĺbku vtlačku IE [mm]

	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	13,3	13,35	12,95	13,25	13,05	13,18	100,0%
A	12,1	12,2	12,5	12,2	12,4	12,28	93,2%
E	11,5	11,15	11,75	11,5	11,8	11,54	87,6%

4. Diskusia výsledkov

Hodnota Erichsenovho indexu IE získaná z pozorovania vplyvu rýchlosti tvorby prievaru sa pri rýchlosti $v_A = 20 \text{ mm.s}^{-1}$ (vzorky A) znižuje o 6,8% v porovnaní s hĺbkoťažnosťou základného materiálu. Pri rýchlosti $v_B = 30 \text{ mm.s}^{-1}$ (vzorky B) o 6,7% a pri rýchlosti $v_C = 40 \text{ mm.s}^{-1}$ (vzorky C) o 7,3%. Zo získaných hodnôt vyplýva, že zvarovanie pri rýchlostiach v rozmedzí 20 - 40 mm.s^{-1} znižuje hĺbkoťažnosť v mieste zvarového kovu o 6,7% - 7,3%.

Hodnoty Erichsenovho indexu IE získané z analýzy vplyvu ochranného plynu na hĺbkoťažnosť prievaru, ktoré boli sledované na vzorkách skupiny D, E vplyvom ochranného plynu Ar (vzorky D) mali zníženú hodnotu o 12,2 % a prievary zhotovené v ochrannom plyne He (vzorky E) mali zníženú hĺbkoťažnosť o 13,4 % v porovnaní so základným materiálom (vzorky ZM). Použitie ochranného plynu Ar sa javí mierne výhodnejšie v porovnaní s He (vzorky E).

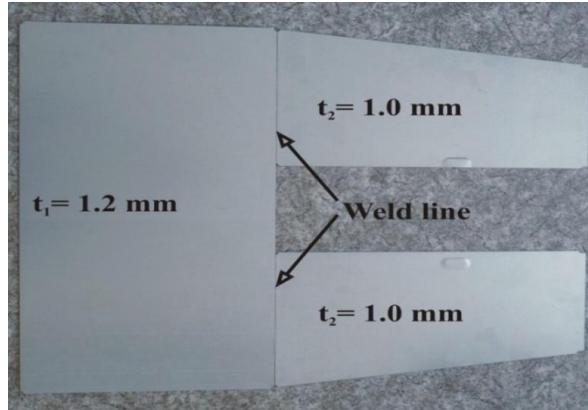
Hodnoty Erichsenovho indexu IE získané z pozorovania vplyvu výkonu lúča na hĺbkoťažnosť prievaru boli sledované na vzorkách A, E a ZM,

Prievary vyhotovené pri výkone $P = 4 \text{ kW}$ (vzorky A), znižuje hĺbkoťažnosť prievaru o 6,8% v porovnaní s hĺbkoťažnosťou základného materiálu (vzorky ZM). Prievary zhotovené pri výkone $P = 3$

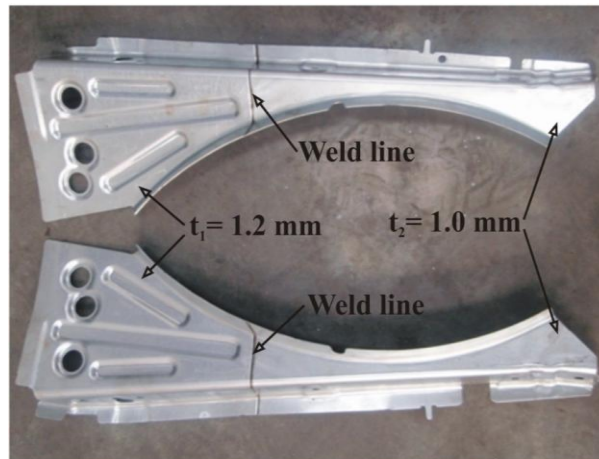
kW (vzorky E), znižuje hlbokotážnosť spoja oproti základnému materiálu až o 12,4%. Výhodnejšie sa javí použitie vyššieho výkonu (vzorka A). Výkon laserového lúča, resp. hustota výkonu laserového lúča a množstvo dodanej energie, majú významný vplyv na rozsah a intenzitu pretavenia v oblasti.

5. Skúška hlbokotážnosti kombinovaných polotovarov TRIP780 - HX420

Polotovary boli kombináciou plechov TRIP780 s hrúbkou 1,2 mm a HX420 s hrúbkou 1 mm podľa Obr.10 použité pre výlisky predných nosníkov skeletu osobného automobilu Obr.11, 12.



Obr.10 Kombinovaný polotovary



Obr.11 Výlisky predného nosníka z kombinovaného polotovaru



Obr.12 Výlisky na skelete automobilu

Kombinované polotovary boli podrobené skúške hlbokoťažnosti. Index hlbokoťažnosti IE bol porovnaný so základnými materiálmi.

5.1 Základný materiál HX420

Ide o vysokopevnú mikrolegovanú oceľ triedy HSLA (High-Strength Low-Alloy Steels), jej vlastnosti sú kombináciou procesu precipitácie a zjemnenia zrna. Vyznačuje sa veľmi dobrou zvariteľnosťou, mechanickými vlastnosťami, vysokou únavovou a rázovou pevnosťou. Obsah uhlíka (C) od 0,12 hm%, mangán (Mn) 1,6 hm%, kremík (Si) okolo 0,6 hm%, Ti 0,015 hm%, Al 0,015%, Nb 0,1%. Najdôležitejšie mikrolegujúce prvky (Ti), Nb a Al sa podieľajú na zjemnení zrna [1]. Namerané napäťovo-deformačné vlastnosti sú v Tab.6.

Tab.6 Technologické vlastnosti materiálu HX420 zistené statickou skúškou v ťahu.

Re [MPa]	518			
Rm [MPa]	424			
A [%]	25,64			
Z [%]	39,57			
r	1,48			
smer valcovania	0°	90°	45° ↖ ↗	45° ↘ ↙
a _A	0	-0,026	0,001	-0,062
a _{Rm}	0	-0,040	0,007	0,001
a _{Re}	0	-0,045	0	-0,017
n	0,196			

Skúška hlbokoťažnosti podľa Erichsena bola vykonaná na dvoch prístrihoch s rozmermi 180x180 mm a hrúbkou 1mm s nameranými hodnotami podľa Tab.7. Vzhľad vtlačkov z vonkajšej a vnútornej strany je na Obr.13, 14. Trhlina vznikla v „nepodopretej“ - časti vtlačku mimo ťažník a ťažnicu a šírila sa v smere valcovania plechu.

Tab.7 Hodnoty hĺbky vtlačku IE pre materiál HX420

	1	2	3	4	5	Ø
A ₁	25,4	25,8	25,9	25,6	25,8	25,7
B ₁	25,4	25,7	25,8	25,8	25,5	25,64



Obr.13 Vzhľad vtlačkov a trhlín na vzorkách z HX420 z vonkajšej strany



A₁ B₁
Obr.14 Vzhľad vtláčkov a trhlin na vzorkách z HX420 z vnútornej strany

5.2 Základný materiál TRIP780

TRIP ocele majú vďaka mikroštruktúre vynikajúcu kombináciu pevnosti a ťažnosti. Sú vhodné pre konštrukčné a výstužné časti skeletov automobilov.

Mikroštruktúra týchto ocelí sa skladá z globúl tvrdého zvyškového austenitu a bainitu bez dispergovaných karbidov uložených v mäkkej feritickej matrici. Austenit sa počas plastického pretvorenia transformuje na martenzit (TRIP - Transformation Induced Plasticity effect), čím sa dosiahne väčšie plastické pretvorenie pri vysokej pevnosti výlisku. Technologické vlastnosti sú v Tab.8.

Tieto ocele majú vysokú schopnosť spevňovania. V dôsledku deformačného spevnenia sú mechanické vlastnosti a najmä medza klzu hotového komponentu výrazne vyššie ako u základného polotovaru. Vysoká schopnosť spevnenia a mechanická pevnosť umožňujú týmto oceliam vynikajúcu absorpciu energie.

V dôsledku svojej vysokej absorpčnej kapacity a únavovej pevnosti sú ocele TRIP obzvlášť vhodné pre konštrukčné a bezpečnostné časti automobilov, ako sú priečne nosníky, pozdĺžne nosníky, výstuženia B stĺpkov a výstuže nárazníkov [1].

Tab.8 Technologické vlastnosti materiálu TRIP780 zistené statickou skúškou v ťahu.

Re [MPa]	638			
Rm [MPa]	816			
A [%]	16,52			
Z [%]	24,96			
r	1,02			
smer valcovania	0°	90°	45° ↙↘	45° ↗↘
a _A	0	-0,117	0,068	0,038
a _{Rm}	0	0,001	-0,007	-0,009
a _{Re}	0	0,051	-0,004	0,022
n	0,216			

5.3 Meranie Erichsenovho indexu

Skúška hĺbkoťažnosti podľa Erichsena bola vykonaná na dvoch prístrihoch s rozmermi 180x180 mm s hrúbkou materiálu 1,2 mm. Namerané hodnoty IE sú v Tab.9. Vzhľad vtláčkov z vonkajšej a vnútornej strany je na Obr.15, 16. Trhlinka vznikla v „nepodopretej“ - časti vtláčku mimo ťažník a ťažnicu a šírila sa v smere valcovania plechu a čiastočne i v smere kolmom na smer valcovania, čo je spôsobené takmer žiadnou plošnou anizotropiou (r = 1,02).

Tab.9 Hodnoty hĺbky vtláčku IE pre materiál TRIP780

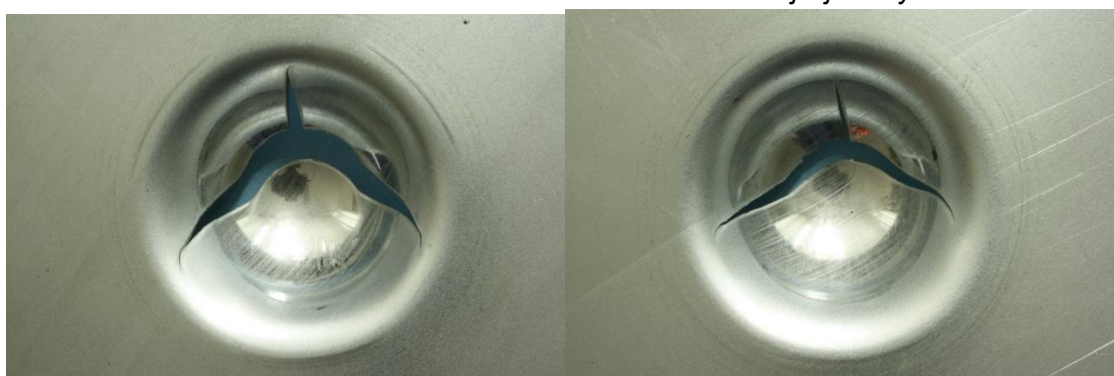
	1	2	3	4	5	Ø
A ₂	25,8	26,7	26,8	26,9	26,5	26,54
B ₂	26,1	25,7	26,0	25,9	25,9	25,92



A₂

B₂

Obr.15 Vzhľad vtláčkov a trhlin z vonkajšej strany

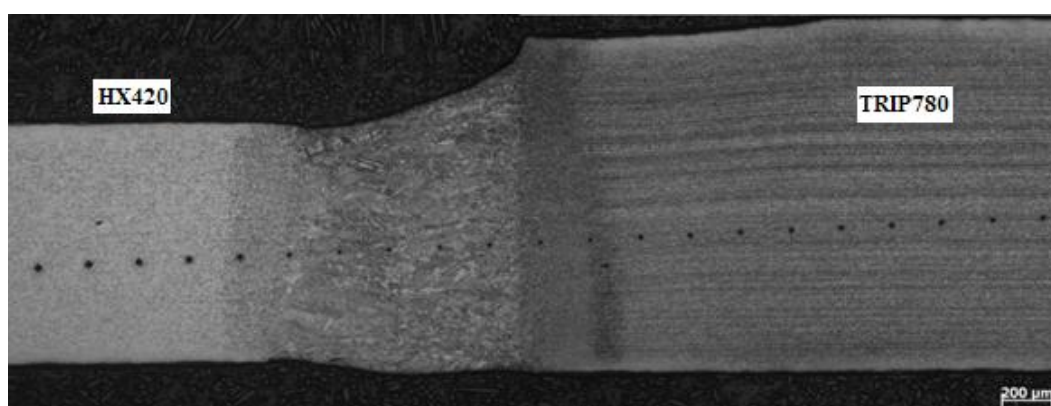


A₂

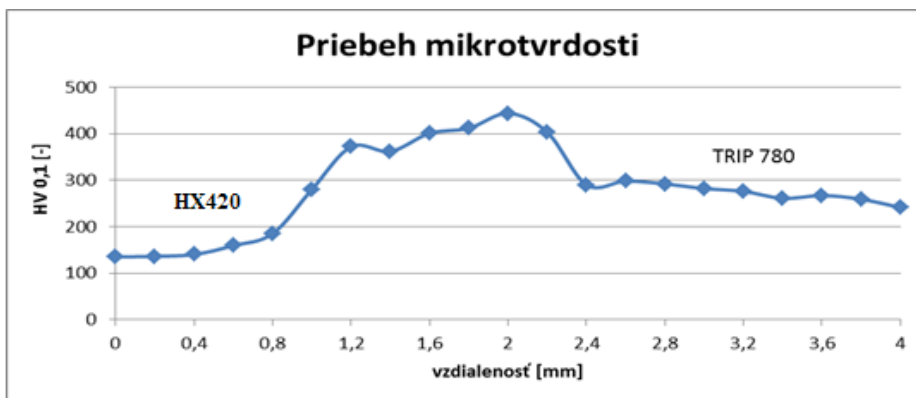
B₂

Obr.16 Vzhľad vtláčkov a trhlin z vnútornej strany

Na kombinovanom polotovare z ocelí TRIP780 a HX420 bola vykonaná makroskopická analýza zvaru Obr.17 a meranie tvrdosti 21 vtláčkami s krokom 0,2mm. Orientácia valcovania plechu z ocele TRIP780 je v smere rezu, plechu z ocele HX420 kolmo na rovinu rezu leptaného 4% roztokom nitalu. Priebeh mikrotvrdosti kombinovaného polotvaru je na Obr.18.



Obr.17 Makroštruktúra priečného rezu kombinovaného polotvaru HX420-TRIP780



Obr.18 Pribeh mikrotvrlosti kombinovaného polotovaru

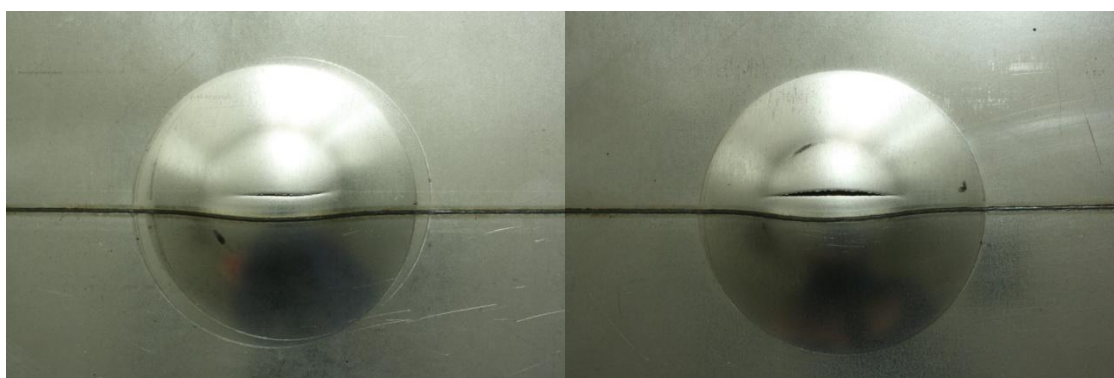
V Tab.10 a 11 sú uvedené hodnoty indexu IE pre základný materiál a kombinovaný polotovar. Skúšky boli realizované na štyroch polotovaroch A, B, C, D; pričom z každého bolo pripravených 5 vzoriek. Na Obr.19 a 20 je povrch vtláčkov a tvar a poloha trhlín na vzorkách skupín ZM, C, D, E, F vzniknutých hĺbením.

Tab.10 Priemerné hodnoty indexu IE a percentuálne vyjadrenie kombinovaného polotovaru v porovnaní s HX420

	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	25,4	25,75	25,85	25,7	25,65	25,67	100
C	12,7	12,8	12,8	12,6	12,7	12,72	49,55
D	12,9	13,1	13,3	13,6	13,2	13,22	51,50
E	13,0	13,1	13,4	13,0	13,2	13,14	51,19
F	13,1	13,3	13,0	13,5	13,3	13,24	51,58

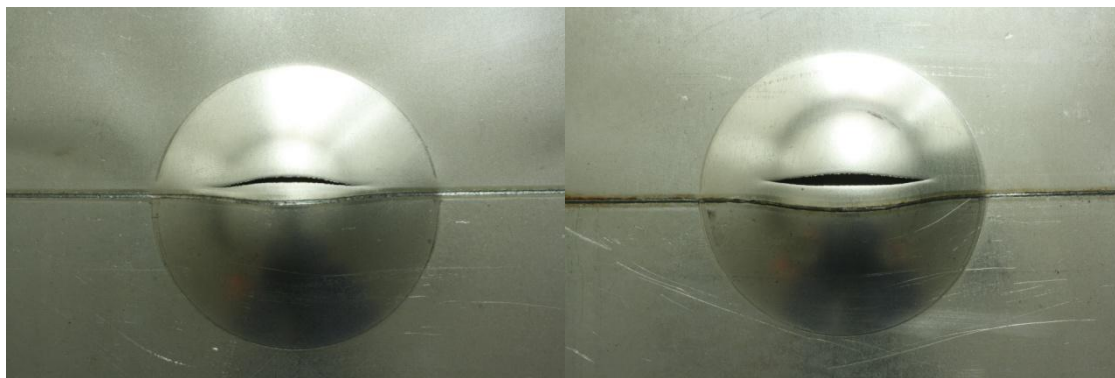
Tab.11 Priemerné hodnoty indexu IE a percentuálne vyjadrenie kombinovaného polotovaru v porovnaní s TRIP780

	1	2	3	4	5	Ø	%
ZM	25,95	26,2	26,4	26,4	26,2	26,23	100
C	12,7	12,8	12,8	12,6	12,7	12,72	48,49
D	12,9	13,1	13,3	13,6	13,2	13,22	50,40
E	13,0	13,1	13,4	13,0	13,2	13,14	50,09
F	13,1	13,3	13,0	13,5	13,3	13,24	50,48



C₄

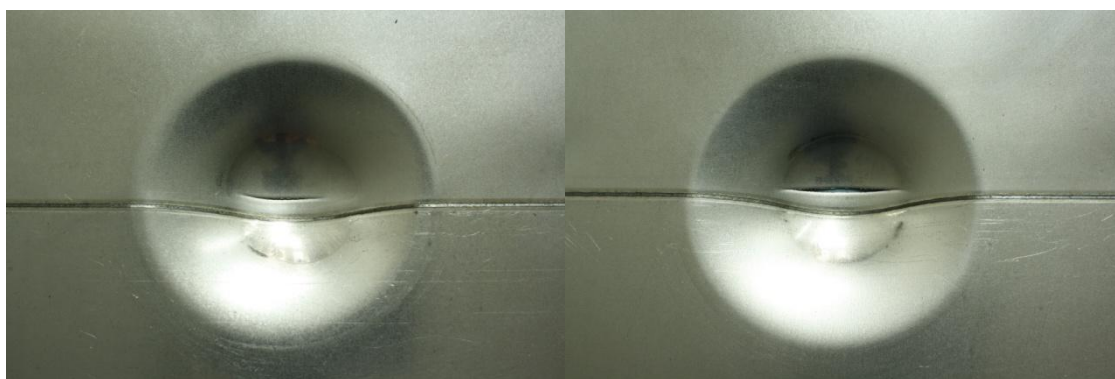
D₄



E₄

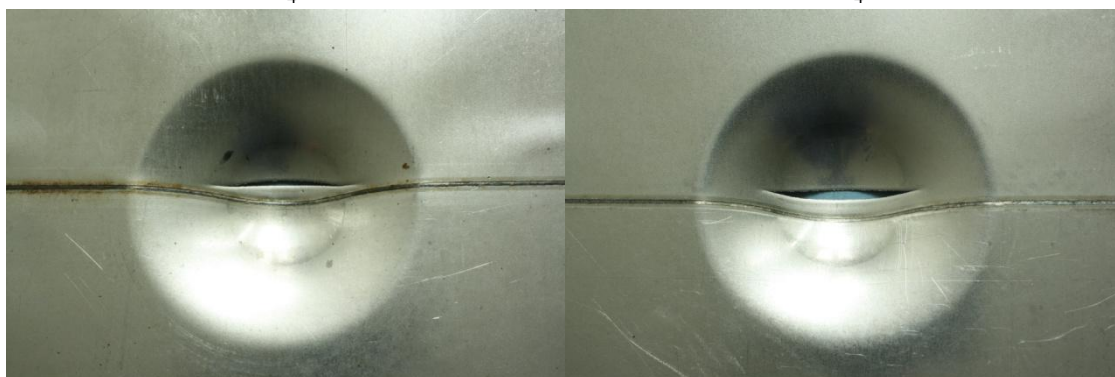
F₄

Obr. 19 Vzhľad vtlačkov a trhlin kombinovaného polotovaru z vonkajšej strany



C₄

D₄



E₄

F₄

Obr. 20 Vzhľad vtlačkov a trhlin kombinovaného polotovaru z vnútornej strany

6. Diskusia výsledkov

Hlbokoťažnosť základných materiálov kombinovaných polotovarov HX420 a TRIP780 charakterizovaná Erichsenovým indexom je takmer rovnaká 25,67 vs. 26,23. Namerané hodnoty na vzorkách so zvarom predstavovali výrazný pokles. V porovnaní s HX420 49,55% až 51,58% a s TRIP780 bol nameraný pokles IE 48,49% až 50,48%.

7. Záver

Experimenty mapujúce vplyv laserového zvárania na hlbokoťažnosť boli orientované na vyhodnotenie a porovnanie výsledkov Erichsenovej skúšky hlbokoťažnosti na vzorkách z ocele HCT600 s hrúbkou 1.2 mm kde bol zvar simulovaný prievarom, a vzorkách z produkčného kombinovaného polotovaru tvoreného materiálmi HX420 a TRIP780 s hrúbkami 1 a 1.2mm. Z ocele HCT600 bolo vyhotovených päť skupín po päť skúšobných vzoriek. Vzorky boli pozdĺžne pretavené pri rôznych parametroch laserového lúča. Pretavenie sa realizovalo na pevnolátkovom Nd:YAG lasere s označením ROFIN-DY 044 použitím adaptívnej zvárackej hlavy SCANSONIC-ALO 3, ktorá je súčasťou robotického

ramena KUKA. Z kombinovaných polotovarov, ktoré boli produktom fy. Arcelor Mittal Tilorred blanks Senica boli vyrobené štyri skupiny po päť vzoriek

Výsledky experimentov:

1. Hlbokotažnosť pretavenej oblasti bola oproti základnému materiálu nižšia v rozmedzí od 6,7% do 13,4%.
2. Rôzna rýchlosť pretavenia nemá výraznejší dopad na hlbokotažnosť zvarových spojov.
3. Hlbokotažnosť vzoriek zhotovených v ochrane Ar bola nepochybne vyššia ako hlbokotažnosť vzoriek zhotovených v ochrane He.
4. Vplyv výkonu laserového lúča na hlbokotažnosť pretavenej oblasti bola posudzovaná pri výkone 3 kW a 4 kW. Pretavená oblasť vytvorená pri vyššom výkone laserového lúča, mala lepšiu hlbokotažnosť v porovnaní so základným materiálom, oproti prievarom zhotoveným pri nižšom výkone približne o 6%.
5. Pozorovania charakteru, tvaru a veľkosti trhlín vzniknutých pri skúške hĺbením preukázali, že vzorky zhotovené pri zvolených parametroch mali vysoký stupeň anizotropie.
6. Vzorky A a B, vytvorené pri najvyššom výkone laserového lúča preukázali najvyššiu hlbokotažnosť, najviac sa blížili hlbokotažnosti základného materiálu a boli najvhodnejšie na ďalšie spracovanie tvárnením.
7. Na všetkých vzorkách sa trhlinka začala šíriť od stredu prievaru, kde bola nameraná najvyššia tvrdosť a je predpokladaná najmenšia plasticita a kolmo na rovinu prievaru.
8. Kombinované polotovary s laserovým zvarom jednotlivých častí sa vyznačovali oveľa výraznejším poklesom indexu IE. V porovnaní s oboma základnými materiálmi HX420 aj TRIP780, ktorých plasticita je takmer rovnaká, bol pokles IE cca 50%.
9. Trhlinka na všetkých vzorkách vznikla v mieste tenšieho materiálu HX420 orientovaná rovnobežne so zvarom, v smere valcovania plechu mimo teplom ovplyvnenej oblasti.
10. Poloha zvaru na vzorkách sa po skúške posunula na stranu hrubšieho plechu v dôsledku väčšieho stenčenia steny na strane materiálu HX420.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že je potrebné tvárniteľnosť hodnotiť priamo na produkčných polotovarochoch, pretože skutočný zvar zásadne ovplyvňuje výsledky skúšky hlbokotažnosti. Parametre tvorby prievaru - rýchlosť, výkon a ochranná atmosféra nie sú tak dominantné pri znížení hlbokotažnosti.

Literatúra:

- [1] Kinsey, L. B.- Wu, X.: Tailor-welded blanks for advanced manufacturing. Woodhead publishing, ISBN 978-0-85709-385-1, Cambridge, 2011, p. 202
- [2] Ševčík, P.- Ďuríček, D.- Iždinská, Z.: Vplyv technologických parametrov laserového zvarovania na veľkosť a tvar zvarového spoja vysokopevnej dvojfázovej ocele DP 600. Medzinárodná konferencia Technológia 2011, SĽF STU v Bratislave, september 2011, pp. 454-459, ISBN978-80-227-3545-2
- [3] Evin, E.- Tomáš, M.: Deformation behaviour of laser welded advanced high strength steels, Kovárenství 2017, pp. 6 -11
- [4] Bílík, J.- Balážová, M.- Kršíaková, L.- Šuba, R.: Analýza vlastností a tvárniteľnosť duplexnej ocele DP 450, Hutnícke listy 4, 2010, pp. 74 - 77.
- [5] Schrek, A.- Činák, M.- Švec, P.- Kostka, P.- Gajdošová, V.: Vplyv napäťovo-deformačnej charakteristiky na celkovú tvárniteľnosť zvarovaných polotovarov, *Metallurgical journal*, 4, 2014, pp. 41 - 44

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou Grantovej agentúry MŠSR VEGA s registračným číslom 1/0405/19 a Univerziténeho vedeckého parku „ITMS kód 26240220084“.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Ondrej HÍREŠ, CSc.; Dubnica nad Váhom
Ing. Ivan KOVÁČ, PhD., Katedra kvality a strojárskych technológií, Technická fakulta SPU v Nitre



Aplikácia konceptu medzifázovej trhliny na odhad životnosti bodového zvaru dvoch dosiek

Application of the interfacial crack concept for estimate of the service life of a spot-weld between the two plates of dissimilar materials

PhD. Ružica R. NIKOLIĆ*, PhD. Jelena M. DJOKOVIĆ,
PhD. Branislav HADZIMA***

Organizácia / Organization:

* Výskumné centrum, Žilinská univerzita, Slovensko

** Technická fakulta v Boru, Univerzita v Belehrade, Srbsko

Tel.: 00421 / 948 610 520

E-mail: ruzicarnikolic@yahoo.com

Abstrakt:

Stanovenie životnosti bodových zvarov je veľmi dôležité pri navrhovaní konštrukcií v automobilovom priemysle. Vzhľadom k aktuálnemu trendu znižovania spotreby paliva a emisií škodlivých plynov, je veľký záujem o výskum zváraných spojov ľahkých materiálov, ako sú hliníkové zliatiny. V tomto článku je prezentovaný výskum analýzy správania sa bodového zvaru dosiek vyrobených z rôznych materiálov. Uvádza sa tu tiež vplyv hrúbky dosiek a priemeru zvaru na životnosť zvarov. Na túto analýzu sa používa koncept medzifázovej trhliny medzi dvoma lineárnymi elastickými materiálmi. Z výsledkov získaných v tomto článku je zrejmé, že hrúbka dosiek, veľkosť zvaru, ako aj pracovné zaťaženie spôsobujú významné vplyvy na životnosť bodového zvaru medzi dvoma odlišnými materiálmi.

Abstract:

Determination of the service life of spot welds is of a great importance when designing structures in the automotive industry. Considering that lately a trend is on reducing the fuel consumption and harmful gasses emission, investigation of the welded joints of the light-weight materials, like the aluminum alloys, becomes interesting. This is why in this paper a research is presented on analysis of behavior of a spot-weld between the plates made of dissimilar materials. Influence of the plates' thickness and the weld's diameter on welds' service life is presented, as well. The concept of the interface crack between the two linear elastic materials is used for this analysis. From the results, obtained in this paper, one can see that the plates' thickness, the weld's size, as well as the working load, impose significant influences on the service life of a spot weld between the two dissimilar materials.

1. Introduction

The spot-welding is the most frequent method used for joining the components in the automotive industry. The car body contains several hundred points of the spot-welds. There are other methods of joining, as well, like joining with rivets, screws and studs or gluing, which to some extent can replace the joints made by the spot-welding. However, the spot-welding remains the most important

method of joining the thin sheets made of construction and low-alloyed steels, since this is the cheap and robust joining method. The strength of the spot-weld in the executed construction determines the integrity of the carrying performance of a car in exploitation. Majority of the spot-welds carries only the shear forces, however, under certain loading conditions in some spot-welds can appear the peeling forces, as well as the tensile forces perpendicular to the weld itself. Combination of the stress state and the geometry of the spot-weld's shape can cause appearance of the stress concentration, which as a consequence can have development of a fatigue crack around the spot-weld. Presence of the fatigue cracks can degrade the carrying performance and increase the noise and vibrations of the vehicle's structure. This is why knowing the fatigue strength of the spot-weld is very important in designing the automotive components.

The spot-welding technique is not used only for joining the thin sheets made of a single material, like the steel sheets, but it can be also applied for joining the thin sheets made of dissimilar materials. Considering the requirements for reducing the fuel consumption, as well as the harmful gasses emission, in automotive industry are present significant efforts to design and manufacture vehicles made of the light materials. Such materials, like for instance the aluminum alloys, offer much bigger savings of fuels then the traditional materials like the cast iron or "classical" steel, thus the idea of joining aluminum and steel in a car body and the vehicle's components, becomes all the more popular. Since in the car exploitation the majority of cracks appear on the car body, it is of a great importance to estimate the fatigue fractures that are the results of the spot-welding, as well as the service life of such a spot-weld.

Many researchers were dealing with predicting the fatigue service life of the spot-welds, trying to solve various problems like determining the stress intensity factor (SIF) for the spot-weld between the plates of different thicknesses [1] or made of different materials [2], developing the model that describes the initiation of a fatigue crack of the spot-weld [3], determining the analytical expressions for the SIFs and the J -integral for various loading cases [4], applying the fracture mechanics fundamentals for studying the fatigue of spot-welds [5], developing a method for predicting the spot-weld's fatigue service life based on deformation [6], performing experimental work in order to study the spot-weld's fatigue fracture [7-8], performing the fatigue tests to compare the spot-welded and glued joints' performances [9-10], etc.

The spot-welding between the two plates made of dissimilar materials is considered in this paper as a problem of an interface crack between the two elastic layers with application of the linear elastic fracture mechanics assumptions.

2. Problem formulation

In Figure 1 is shown the geometry of the overlap spot-weld of the two plates of thicknesses h and H , respectively, made of the two different materials. The spot-weld diameter is d . The assumption is that the fatigue crack is propagating along the interface.

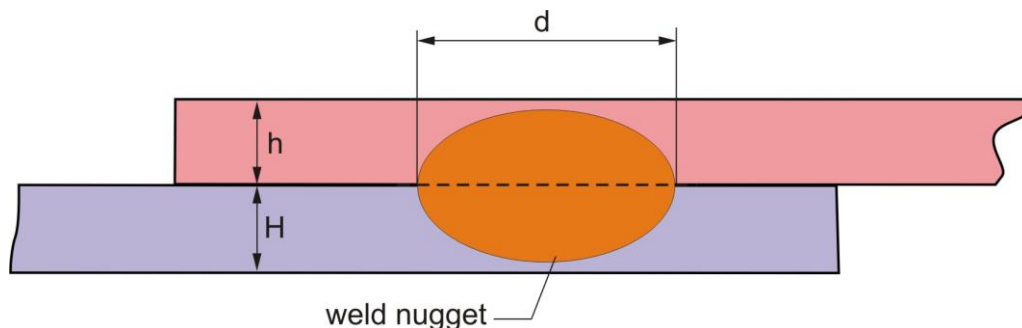


Fig. 1. The geometry of the overlap spot-welded joint

The unstable crack growth appears when the stress intensity factor K_I becomes bigger than the experimentally determined material characteristics, the fracture toughness K_{Ic} . The crack growth equation gives the relationship between the crack length increase Δa and increase of the loading cycles' number ΔN . Paris and Erdogan have established in 1963 that the variation of the stress intensity factor can describe the sub-critical crack growth in the fatigue loading conditions in the same way as the stress intensity factor describes the critical or the fast fracture, [11].

They determined that the crack growth rate is a linear function of the stress intensity factor variation in the logarithmic diagram:

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m, \quad (1)$$

where: a is the crack length that varies from the initial value a_i to the critical value a_{cr} that leads to fracture, N is the number of loading cycles, C and m are the material constants and $\Delta K = K_{max} - K_{min}$ is the stress intensity variation, i.e. the difference between the stress intensity factors at maximum and minimum load.

The remaining service life is obtained by integration of equation (1) as:

$$N = \int_{a_i}^{a_{cr}} \frac{da}{C(\Delta K)^m}. \quad (2)$$

The problem presented in Figure 1 is here considered as a problem of the crack at the interface between the two dissimilar layers. In Figure 2 is shown a semi-infinite crack at the interface between the two homogeneous isotropic elastic materials under the general loading conditions; M_s are the loading moments and F_s are the normal forces,

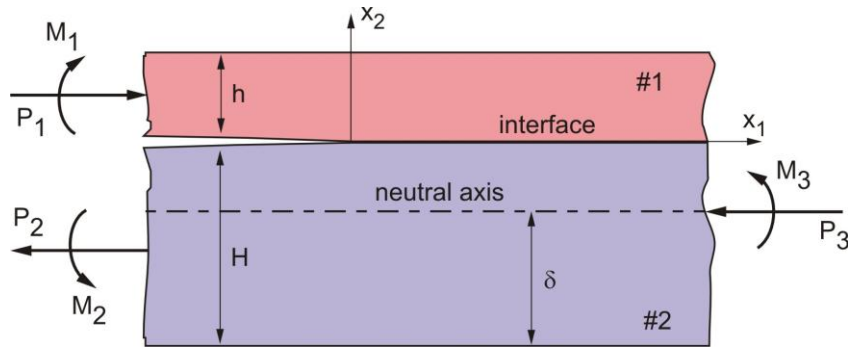


Fig. 2. Semi-infinite crack at the interface between the two layers

Based on analysis by Suo and Hutchinson, far ahead of the crack tip this two-layered sample can be considered as a composite beam [12]. The neutral axis lies at a distance $\Delta = \Delta h$ from the bottom of a layer 2, where:

$$\Delta = \frac{1 + 2\Sigma\eta + \Sigma\eta^2}{2\eta(1 + \Sigma\eta)}, \quad (3)$$

with: $\eta = h/H$ being the relative thickness of the layers and $\Sigma = \bar{E}_1 / \bar{E}_2$ being the ratio of reduced elasticity moduli, where $\bar{E}_1 = E_1 / (1 - \nu_1^2)$ and $\bar{E}_2 = E_2 / (1 - \nu_2^2)$ are valid for the plane strain conditions. Variables E_1 and E_2 represent the Young's elasticity moduli of layers 1 and 2, while ν_1 and ν_2 are their Poisson's ratios, respectively.

The two-layered sample is in conditions of pure tension combined with pure bending. The only stress component, which is not equal to zero, is σ_{11} . The corresponding strain component is a linear function of the distance from the neutral axis, i.e.:

$$\varepsilon_{11} = -\frac{1}{\bar{E}_2} \left(\frac{P_3}{hA} + \frac{M_3}{h^3 I} x_2 \right), \quad (4)$$

where the dimensionless values of the cross-section area and the inertia moment are defined as:

$$A = \frac{1}{\eta} + \Sigma, \quad I = \Sigma \left[\left(\Delta - \frac{1}{\eta} \right)^2 - \left(\Delta - \frac{1}{\eta} \right) + \frac{1}{3} \right] + \frac{\Delta}{\eta} \left(\Delta - \frac{1}{\eta} \right) + \frac{1}{3\eta^3}. \quad (5)$$

The energy release rate can be calculated, within the plane strain concept, as a difference between energies in material far ahead and far behind the crack tip. The result is a positive quadratic form of P and M , which can be written as:

$$G = \frac{1}{2E_1} \cdot \left[\frac{P^2}{Uh} + \frac{M^2}{Vh^3} + 2 \frac{PM}{h^2 \sqrt{UV}} \cdot \sin \gamma \right], \quad (6)$$

where P and M are the linear combinations of the applied loads, determined by:

$$P = P_1 - C_1 P_3 - \frac{C_2 M_3}{h}, \quad M = M_1 - C_3 M_3, \quad (7)$$

while the geometric factors are determined as:

$$C_1 = \frac{\Sigma}{A}, \quad C_2 = \frac{\Sigma}{I} \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{2} - \Delta \right), \quad C_3 = \frac{\Sigma}{12I} \quad (8)$$

and

$$U = \frac{1}{1 + \Sigma(4\eta + 6\eta^2 + 3\eta^3)}, \quad V = \frac{1}{12(1 + \Sigma\eta^3)}, \quad \gamma = \arcsin(6\Sigma\eta^2(1 + \eta)\sqrt{UV}). \quad (9)$$

The energy release rate determines the intensity of the singularity in the vicinity of the crack tip, but it does not determine the mixed mode. That can be determined based on the complex stress intensity factor, which, in accordance with linearity and the dimensional analysis, can be written as:

$$K = K_1 + iK_2 = h_1^{-i\varepsilon} \sqrt{\frac{1-\alpha}{1-\beta^2}} \cdot \left(\frac{P}{\sqrt{2Uh}} - ie^{i\gamma} \frac{M}{\sqrt{2Vh^3}} \right) e^{i\omega}, \quad (10)$$

where α and β are the Dundurs' parameters, defined by [13]:

$$\alpha = \frac{\mu_2(\kappa_1 + 1) - \mu_1(\kappa_2 + 1)}{\mu_2(\kappa_1 + 1) + \mu_1(\kappa_2 + 1)}, \quad \beta = \frac{\mu_2(\kappa_1 - 1) - \mu_1(\kappa_2 - 1)}{\mu_2(\kappa_1 + 1) + \mu_1(\kappa_2 + 1)}, \quad (11)$$

while the parameter ε , called the bielastic constant or the oscillatory index, which is a characteristics of the interfacial crack, is defined by Rice as [14]:

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{1-\beta}{1+\beta} \right). \quad (12)$$

The angle ω is a function of Dundurs parameters and the relative layer's thickness, i.e. $\omega \equiv \omega(\alpha, \beta, \eta)$. This function is defined by Veljkovic and Nikolic [15] based on solution of the elasticity problem and the tabular results of Suo and Hutchinson [16].

If h is the reference length variable, for the real and imaginary part of the complex stress intensity factor one can write:

$$\begin{aligned} K_1 = \text{Re}(Kh^{i\varepsilon}) &= \sqrt{\frac{1-\alpha}{1-\beta^2}} \cdot \left[\frac{P}{\sqrt{2Uh}} \cos \omega + \frac{M}{\sqrt{2Vh^3}} \sin(\omega + \gamma) \right], \\ K_2 = \text{Im}(Kh^{i\varepsilon}) &= \sqrt{\frac{1-\alpha}{1-\beta^2}} \cdot \left[\frac{P}{\sqrt{2Uh}} \sin \omega - \frac{M}{\sqrt{2Vh^3}} \cos(\omega + \gamma) \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

The load phase angle, as a measure of the relative value of the Mode 2 with respect to Mode 1, for the reference length h ahead of the crack tip, according to [16] can be written as:

$$\psi = \text{arctg} \frac{K_2}{K_1} = \text{arctg} \left[\frac{\xi \sin \omega - \cos(\omega + \gamma)}{\cos \omega + \sin(\omega + \gamma)} \right], \quad (14)$$

where:

$$\xi = \frac{Ph}{M} \sqrt{\frac{U}{V}}. \quad (15)$$

3. Results and discussion

Based on equations (1), (2) and (13), using the symbolic programming routine *Mathematica*[®], an estimate of the fatigues service life of a spot-weld was performed. The following data were taken into account in calculations: $h = 0.5$ mm, $H = 2.0$ mm, $E_1 = 0.7 \times 10^5$ N/mm², $E_2 = 2.1 \times 10^5$ N/mm², $\nu_1 = \nu_2 = 0.3$. Three spot-weld diameter values were taken: 3, 5 and 8 mm. The material constants for calculation of the remaining fatigue service life, according to Paris' law, were $m = 2.75$ and $C = 1.95 \times 10^{-12}$.

In Figure 3 is shown the influence of the thin sheet 1 thickness and the spot-weld diameter on the service life of the spot-weld.

From Figure 3 one can see that the service life of the spot-weld increases with increase of the thin sheet 1 thickness, as well as with increase of the spot-weld diameter.

In Figure 4 is shown the influence of the thin sheet 2 thickness and the spot-weld diameter on the service life of the spot-weld.

From Figure 4 can be seen that the service life of the spot-weld increases with increase of the thin sheet 2 thickness, as well as with increase of the spot-weld diameter.

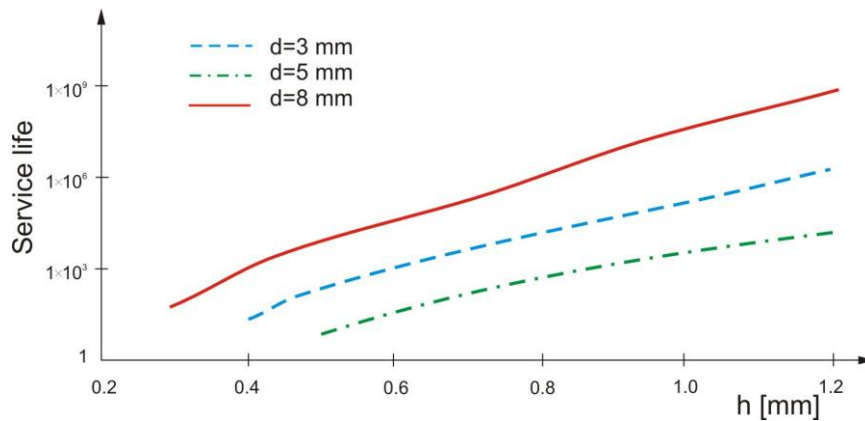


Fig. 3. Influence of the thin sheet 1 thickness on the service life of the spot-weld for three different spot-weld diameters

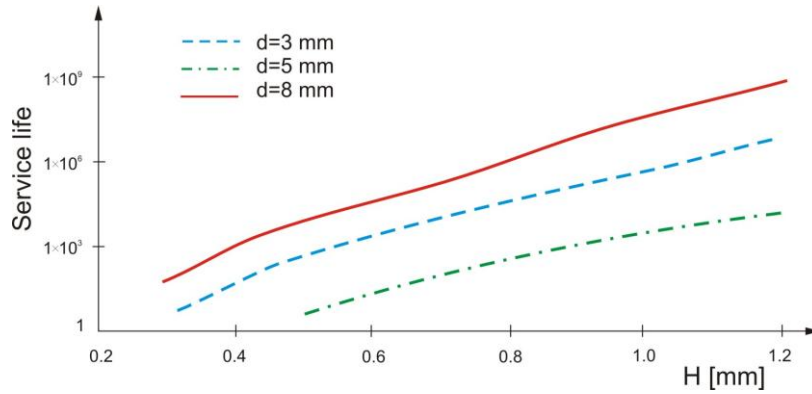


Fig. 4. Influence of the thin sheet 2 thickness on the service life of the spot-weld for three different spot-weld diameters

Figure 5 presents result of analysis of the loading influence on the service life of the spot-weld for three different spot-weld diameters.

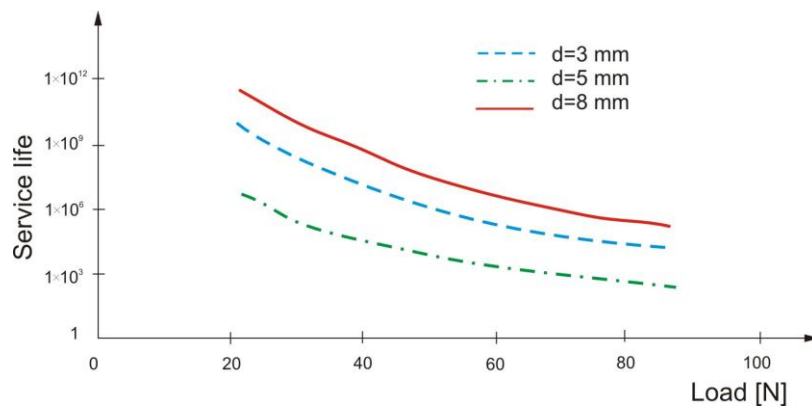


Fig. 5. Influence of the loading on the service life of the spot-weld for three different spot-weld diameters

From Figure 5 can be seen that the service life of the spot-weld decreases with increase of the load.

In Figure 6 is shown the number of loading cycles needed for the crack propagation.

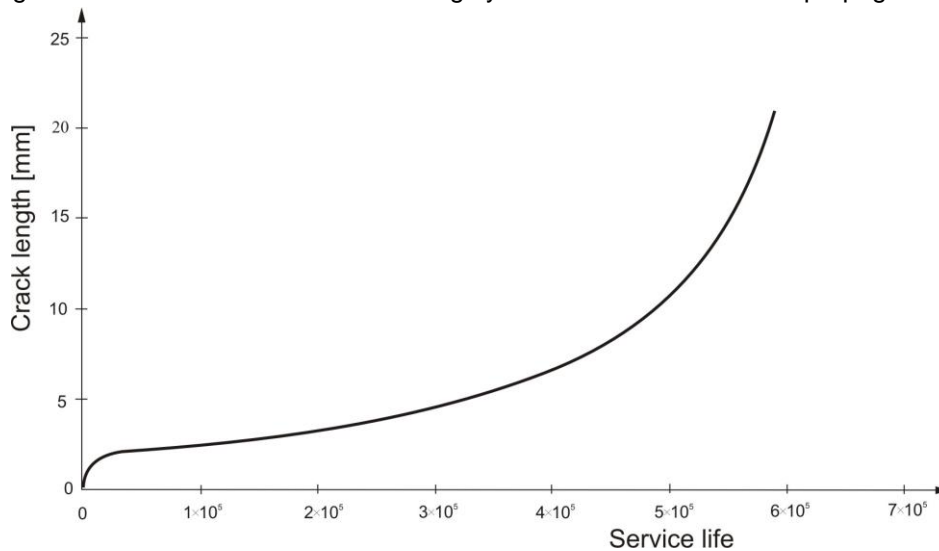


Fig. 6. Number of load cycles needed for the crack propagation

From Figure 6 can be seen that the crack would not propagate until the number of cycles reaches 30 000. Then its length increases linearly up to 40 000 cycles, when the crack growth rate increases faster and the crack becomes unstable.

4. Conclusions

Considering that in the vehicle's exploitation, the majority of cracks appear on the car body, it is of a great importance to estimate the fatigue fractures, which are the consequence of the spot-welded joints, as well as the remaining service life of such joints.

In this paper is considered the spot-welded joint between the two plates made of the dissimilar materials. Analysis was performed based on the problem of an interface crack between the two elastic layers with application of the linear elastic fracture mechanics concept.

Based on obtained results it is concluded that the diameter of the spot-weld and the thickness of the two layers constituting the interface impose significant influence on the service life of the spot-welded joint. That service life increases with increase of the both layers' thickness, as well as with increase of the spot-weld diameter, while it decreases with increase of the load applied to the spot-welded joint.

References

- [1] Radaj, D. – Shang, Z.: Stress intensity factors for spot welds between plates of unequal thickness, *Engineering Fracture Mechanics*, 39(2), 1991, pp. 391-413.
- [2] Radaj, D. – Shang Z.: Stress intensity factors for spot welds between plates of dissimilar materials, *Engineering Fracture Mechanics*, 42(3), 1992, pp. 401-426.
- [3] Sheppard, S. D. – Strange M.: Fatigue life estimation in resistance spot welds: initiation and early growth phase, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 15(6), 1992, pp. 531-549.
- [4] Zhang, S.: Stress intensities at spot welds, *International Journal of Fracture*, 88, 1997, pp. 167-185.
- [5] Newman, J. – Dowling, N.: A crack growth approach to life prediction of spot-welded lap joints, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 21, 1998, pp. 1123–1132.
- [6] Pan, N. – Sheppard, S.: Spot welds fatigue life prediction with cyclic strain range, *International Journal of Fatigue*, 24, 2002, pp. 519-528.
- [7] Ertas, A. H. – Vardar, O. – Sonmez, F. O. – Solim, Z.: Measurement and Assessment of Fatigue Life of Spot-Weld Joints, *Journal of Transactions of the ASME - Engineering Materials and Technology*, 131(1), 2009, pp. 011011-11 pages.
- [8] Salvini, P. – Vivio, F. – Vullo, V.: Fatigue life evaluation for multi-spot welded structures, *International Journal of Fatigue*, 31, 2009, pp. 122-129.
- [9] Fujii, T. – Tohgo, K. – Suzukib, Y. – Yamamoto, T. – Shimamura, Y. – Ojima, Y.: Fatigue Properties of Spot Welded and Spot Weld-Bonded Joints of Steel Sheet, *Procedia Engineering*, 10, 2011, pp. 1075-1080.
- [10] Shariati, M. – Nejad, R.: Fatigue Strength and Fatigue Fracture Mechanism for Spot Welds in U-Shape Specimens, *Latin American Journal of Solids and Structures*, 13, 2016, pp. 2787-2801.
- [11] Paris, P. – Erdogan, F.: A Critical Analysis of Crack Propagation Laws, *Journal of Basic Engineering*, D85, 1963, pp. 528-534.
- [12] Suo, Z. – Hutchinson, J. W.: Interface crack between two elastic layers, *International Journal of Fracture*, 43, 1990, pp. 1–18.
- [13] Dundurs, J.: Elastic Interaction of Dislocations with Inhomogeneities, In: *Mathematical Theory of Dislocations*, Editor: T. Mura, ASME, New York, 1969.
- [14] Rice, J. R.: Elastic fracture mechanics concepts for interfacial cracks, *ASME Journal of Applied Mechanics*, 55, 1988, pp. 98-103.
- [15] Veljkovic, J. M. – Nikolic, R. R.: Application of the interface crack concept to the problem of a crack between a thin layer and a substrate, *Facta universitates: Series Mechanics, Automatics control and Robotics*, 3(13), 2003, pp. 573-581.
- [16] Hutchinson, J. W. – Suo, Z.: Mixed mode cracking in layered materials, *Advances in Applied Mechanics*, 29, 1992, pp. 63-191.

Odborný príspevok recenzoval: doc. Ing. Harold MÄSIAR, CSc.; TUAD v Trenčíne
Ing. Peter ŽÚBOR, PhD.; INWELD CONSULTING, s.r.o., Trnava



Elektrotechnické produkty spol. s r.o. - poznatky výrobcu poloautomatov MIG-MAG z praxe

*Electrotechnical products Co.Ltd. – experience of manufacturer of
semi-automatic welding machines MIG – MAG from real work*

Ing. Vladimír JANČO

Organizácia / Organization:

Elektrotechnické produkty s.r.o.

Tel.: 00421/ 903 26 701

E-mail: etp@etpsro.sk

Abstrakt:

1. Úvod.
2. Prezentácia slovenského výrobcu oblúkových zvaracích strojov.
3. Príklady z praxe.

Abstract:

- 1) *Introduction.*
- 2) *Presentation of slovac manufacturer of arc welding machines.*
- 3) *Examples from real work.*

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavel FLORIAN; Stavcert Praha
doc. Ing. Ondrej HÍREŠ, CSc.; Dubnica nad Váhom



Hodnotenie zvarových spojov hliníkovej konštrukcie navrhnutej pre adaptéry lesnej techniky

Evaluation of welded joints of aluminum construction designed for forest technology adapters

doc. Ing. Miroslava ŤAVODOVÁ, PhD.*, Ing. Tomáš ŠVANTNER, PhD.**

Organizácia / Organization:

* Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 24, 960 01 Zvolen

** Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, detašované pracovisko INOVAL, Žiar nad Hronom

Tel.: 00421/ 45 5206 016

E-mail: tavodova@tuzvo.sk

Abstrakt:

Článok sa zaoberá možnosťou náhrady oceľových prvkov za hliníkové pre vybrané časti rámu adaptéra určeného pre likvidáciu lesných požiarov. Lesné hospodárstvo je charakteristické rôznorodosťou prírodných podmienok, ktorým je potrebné prispôbiť nie len výber a uplatnenie technologických postupov, ale venovať pozornosť aj materiálom, ktoré sú použité pri konštrukcii jednotlivých častí zariadení. Dôvodom náhrady je dosiahnuť postupné znižovanie ich celkovej hmotnosti. Ako náhrada za oceľové časti bol vybraný materiál AlSiMgMn. Ako prídavný materiál bol zvolený plný drôt AlMg5Cr. Zváranie sa uskutočnilo metódou MIG (131). Zvolené parametre zvárania by mali zaručiť vytvorenie dostatočne kvalitného spoja. Zvarové spoje boli analyzované makroskopickou analýzou, meraním tvrdosti podľa Vickersa a analýzou zvarového spoja, využitím SEM s EDX analýzou. Uvedené výsledky laboratórneho experimentu dokazujú, že zvoleným postupom zvárania s danými parametrami, boli dosiahnuté zvarové spoje s dostatočnou kvalitou. Po uskutočnení ďalších analýz môžu byť odporučené ako náhrada za doteraz používané zvarové spoje oceľových konštrukcií.

Abstract:

The paper deals with the possibility of replacing steel elements with aluminum ones for selected parts of the adapter frame designed for forest fires. Forestry is characterized by a variety of natural conditions, which need to be adapted not only to the selection and application of technological processes, but also to the materials used in the construction of individual parts of the equipment. The reason for the replacement is to achieve a gradual reduction in their total weight. AlSiMgMn was selected as a replacement for the steel parts. Solid AlMg5Cr wire was selected as add-on material. Welding was performed by the MIG (131). The selected welding parameters should guarantee the creation of a sufficiently high quality joint. Weld joints were analyzed by macroscopic analysis, Vickers hardness measurement and weld joint analysis, using SEM with EDX analysis. The results of the laboratory experiment show that the welds with sufficient quality were achieved by the chosen welding procedure with given parameters. After further analyzes, welded joints of steel structures can be recommended as a substitute for hitherto used.

1. ÚVOD

K základným mechanizmom pracujúcich pri výchovných a pestovných činnostiach v lesníctve patria železné kone, vyvážacie prostriedky, adaptéry a jednoúčelové zariadenia na báze motorových píl mechanizmy na presádzanie drevín, veľmi ľahké lesnícke lanovky, ľahké lesnícke lanovky a traktorové technológie. Výskum a vývoj technických riešení dosiahne požadovaný výsledok, ak technické riešenia

rešpektujú prírodné, technologické, ekonomické a ergonomické požiadavky [1,2]. Z tohto pohľadu je potrebné zamerať sa aj na hmotnosť jednotlivých častí a komponentov lesných mechanizmov. Pracujú v prírodnom prostredí, ktoré často trpí vysokou záťažou. Tá prispieva k výraznej technickej devastácii pracovného prostredia. Používaním ľahších konštrukcií pre ich stavbu môžeme prispieť k zníženiu tohto nepriaznivého javu. Možnosti odľahčenia konštrukcií sú aj v používaní ľahších materiálov ako sú napr. hliníkové zliatiny. Lesné mechanizmy pozostávajú z mnohých konštrukčných uzlov. Patria medzi ne aj zvarové spoje. Pevnosť týchto spojov musí byť dostatočná, aby preniesla rôzne typy zaťaženia a namáhania a bola porovnateľná s ocelovými zvarovými spojmami.

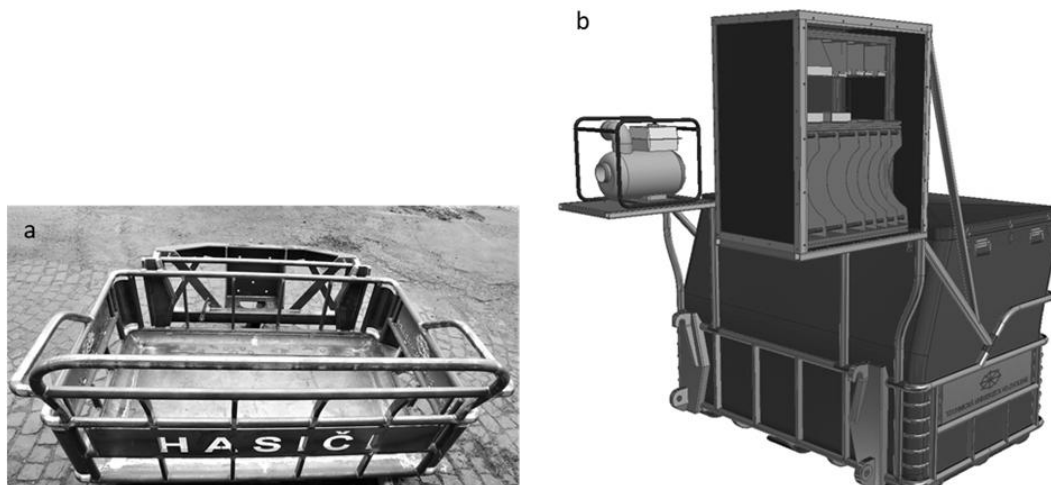
2. MATERIÁL A METÓDY

Bezpečnostné konštruovanie je potrebné vnímať z pohľadu, že sa nejedná len o návrh a dimenzovanie strojných zariadení, ale o tvorbu uceleného systému plniaceho definované ciele [2,3].



Obr.1 Bázový stroj s nosičom a hasičskou nadstavbou [4]

Adaptér – hasičská nadstavba, ako prídavné zariadenie bázového stroja (napr. LKT) je prioritne určený na likvidáciu lesných požiarov v neprístupných terénoch (Obr.1). Ďalej sa môže použiť pre núdzový dovoz materiálu v nedostupnom teréne. V tom prípade sa vyberie z ochranného ocelového rámu (Obr.2a) nádrž (Obr. 2b). Adaptér je možné využiť ako možnú náhradu uzatvorených jazierok (vakov, typ II, v minulosti využívané z rezerv OS SR) [4,5].



Obr. 2 Protipožiarny adaptér DATEFF - rám adaptéra (a), bočná časť rámu adaptéra - privarený plech nahradený ohnutými ocelovými rúrkami (b)

Na výrobu adaptéra bola použitá konštrukčná oceľ. Niektoré časti, pre jej odľahčenie boli navrhnuté aj inom prevedení, ako je vyobrazené napríklad na obr. 2b. Je to rohová časť rámu adaptéra,

kde bol privarený pôvodný plech nahradený ohnutými oceľovými rúrkami. Náhrada oceľových prvkov – v celom rozsahu, alebo len niektoré jej časti, za hliníkové, by mohla prispieť k odľahčeniu celého adaptéra.

Možnosti náhrady oceľových zvarových využitím konštrukcií hliníkových si vyžadujú hlavne znalosti mechanických vlastností hliníka ako aj vlastností technologických, z ktorých je podstatná zvariteľnosť. Zvarový spoj rozhoduje zvyčajne o vlastnostiach zvareného dielu. Štruktúrne odlišnosti zvarového spoja od štruktúry základného materiálu ovplyvňuje nie len mechanické a únavové vlastnosti spoja, ale aj jeho koróziu odolnosť. Zmeny štruktúry, a tým i zmena vlastností, u zvarového spoja závisí ako na použitej metóde zvárania, tak na type zváraných materiálov [6,7]. Vo všeobecnosti je pri zvaroch potrebné v prvom rade brať do úvahy, či je namáhanie statické, alebo dynamické. Voľba dovolených napätí pre zvary závisí predovšetkým na druhu namáhania, na mechanických vlastnostiach základného materiálu, na prevedení zvaru, na spoľahlivosti, s akou je možné zistiť skutočné prevádzkové zaťaženie a na dôkladnosti kontroly zvaru.

Medzi základné metódy tavného zvárania patrí metóda MIG a TIG. Pri metóde MIG horí oblúk medzi zváraným materiálom a kovovou elektródou, ktorá je súčasne prídavným materiálom. Tieto metódy zvárania a metódy od nich odvodené, ktoré umožňujú bez problémov zvärať napríklad hliník a oceľ, sa presadzujú hlavne v dopravnom strojárstve [6,8].

Zváranie hliníka a jeho zliatin je známe niekoľko desiatok rokov. Napriek tomu má hliník niektoré špecifické vlastnosti, ktoré doteraz spôsobujú zváranie nie malé problémy. Hliník má nízky bod tavenia (cca 660 °C) a jeho farba sa nemení pri prechode do tekutého stavu. Má veľmi vysokú tepelnú vodivosť, čo znamená, že pre natavenie potrebuje vysokú koncentráciu energie. Ďalej má vysokú afinitu ku kyslíku a prioritne vytvára Al_2O_3 . Tento oxid vytvára na povrchu plyny, ktoré spôsobujú, že funguje ako tepelná a elektroizolačná bariéra, čo znemožňuje zváranie. Al_2O_3 je hygroskopický, čo znamená, že je tu nebezpečenstvo vzniku vodíkových pórov. Je to spôsobené rôznou rozpustnosťou vodíku v roztavenom a studenom kove. Rovnako je hliník pri zváraní citlivý aj na CO_2 , ktorý tiež môže tvoriť póry aj pri nízkych koncentráciách [9].

3. EXPERIMENT

Za účelom odľahčenia konštrukcie - rámu adaptéra bolo pre jej niektoré časti navrhnuté použitie hliníkovej zliatiny. V prvom kroku by išlo o rohové, prípadne bočné časti konštrukcie, ochranný kryt výpustného ventilu a pod., teda nie priamo nosné, resp. pripájacie prvky ku samotnej konštrukcii adaptéra.

AlSiMgMn EN AW-6082 je zliatina hliníka, ktorá patrí do rady 6000 – zliatiny s Mg a Si. Je to stredne odolná zliatina s vynikajúcou odolnosťou proti korózií. Má najvyššiu pevnosť zo zliatin rady 6000. Zliatina 6082 je známa ako konštrukčná zliatina. Považuje sa za náhradu zliatiny 6061. Pridaním väčšieho množstva Mn ovplyvňuje štruktúru zrna, čo má za následok zlepšenie jej vlastností vo viacerých smeroch. U zliatin série 6000 je z hľadiska pevnostných vlastností dôležité množstvo intermetalickej fázy MgSi, vďaka ktorej sú tieto zliatiny tepelne spracovateľné a majú určitú analógiu so samokaliteľnými oceľami, teda sú samokaliteľné. Charakteristickou vlastnosťou je ich výborná tvárnosť, zvariteľnosť, odolnosť voči korózii a obrobitelnosť pri stredných pevnostných vlastnostiach. Hlavná aplikácia je v komponentoch pre dopravu, segmentoch mostných konštrukcií, architektúre a v oblasti športovaných výrobkov, napr. rámy bicyklov a pod. Zliatina AlSiMgMn má veľmi dobrú zvariteľnosť pri všetkých spôsoboch zvárania (oblúkové, odporové, MIG/MAG) [9,10].

Tab. 1 AlSiMgMn EN AW-6082 a AlMg5Cr - chemické zloženie [10]

Prvok	Si	Mn	Mg	Fe	Cr	Zn	Ti	Cu	Al
Základný materiál AlSiMgMn	0,7-1,3	0,4-1,0	0,6-1,2	<0,5	< 0,25	< 0,2	< 0,1	< 0,1	zvyšok
Prídavný materiál AlMg5Cr	<0,25	0,6-1,0	5,0-5,5	<0,4	0,05-0,2	<0,2	0,05-0,5	<0,1	zvyšok

Prídavný zvarový materiál sa odporúča drôt AlMg5Cr (5356). Bol vyvinutý pre zváranie hliníkových zliatin s maximálnym obsahom Mg%. Má veľmi dobré zvaracie vlastnosti, vynikajúcu odolnosť voči korózií a veľmi dobré mechanické vlastnosti. Vo vytvrdenom stave je $R_m=275-315\text{MPa}$ a $R_{p0,2}=115-140\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$. Zvarový kov sa vytvára bez pórov, potrebné je ale dodržať dokonalú prípravu zváraných plôch. Hrubšie materiály je potrebné predohriať na teplotu asi 150°C . Vzhľadom na jeho vlastnosti, je to najpoužívanejší drôt v kategórii hliníkových zliatin. Používa sa hlavne pri výrobe lodí, v železničnej, cestnej doprave apod. [9,10]. V Tab.1 je jej chemické zloženie obidvoch materiálov.

V Tab.2 je uvedená špecifikácia parametrov zvárania. Všetky relevantné parametre boli konzultované odborníkmi, s bohatými skúsenosťami z oblasti zvárania hliníka.

Tab. 2 Špecifikácia parametrov zvárania

Parameter		Hodnota/Označenie	Schémy zvaru
Hrúbka plechov AlSiMgMn		$t_{1,2}=5\text{mm}$	
Zvarová medzera		$c=0-0,5\text{mm}$	
Typ zvaru		kútový zvar – FW	
Výška zvaru		a4	
Poloha zvárania		PB	
Rozsah hrúbky spoja		5,5mm	
Typ zvaracieho procesu		MIG - 131	
Prídavný materiál – plný drôt		EN ISO 18273-S Al 5356 AlMg5Cr	
Priemer zvaracieho drôtu		1.2mm	
Počet vrstiev		1	
Podávanie drôtu		$10,4\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	
Rýchlosť zvárania		$461-489\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	
Prúd	Základ	163-165 A	
	Impulz	130-135 A	
	Frekvencia	176 Hz	
Napätie		23.6-23.8 V	
Druh prúdu/polarita		$=/+$	
Energia zvárania		$0,25-0,30\text{ kJ}\cdot\text{mm}^{-1}$	
Ochranný plyn (EN ISO 14175)		I1-Ar	
Prietok plynu		$15\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$	
Kvalifikácia zvarača		STN EN ISO 9606-2	

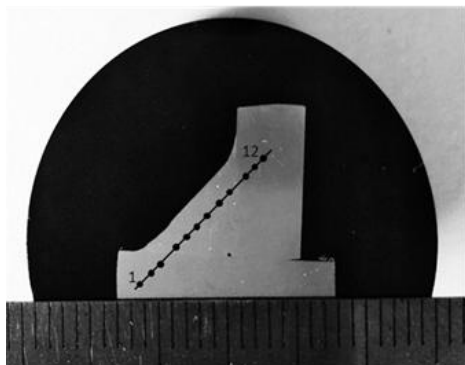
4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre hodnotenie kvality zvaru boli použité nasledovné postupy a metódy:

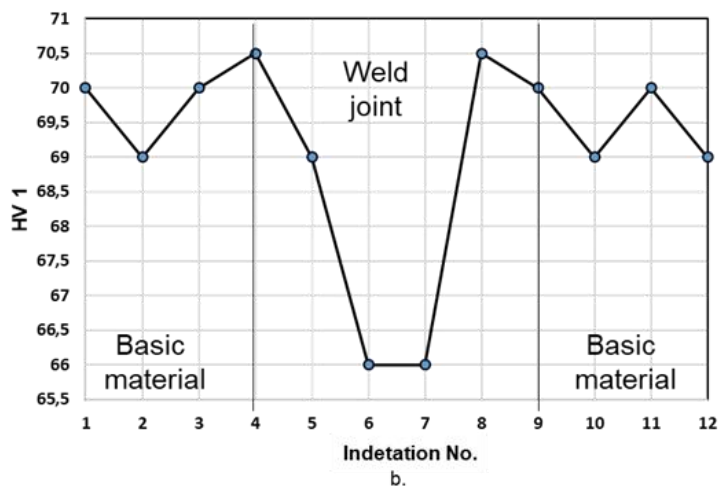
- makroskopická analýza s meraním tvrdosti podľa Vickersa;
- mikroskopická analýza pomocou SEM s EDX analýzami.

4.1 Makroskopická analýza a meranie tvrdosti HV1

Pre hodnotenie kvality vyhotovených zvarových spojov bola vykonaná makroskopická analýza. Na leptanie pre vyvolanie štruktúry bolo použité leptadlo NaOH 1%. Ďalej bolo vykonané meranie tvrdosti podľa Vickersa HV1 [11,12]. Meranie sa uskutočnilo na vzorke (Obr. 3a). Na obr. 3b je graf priebehu tvrdosti od základného materiálu cez zvar a opäť do základného materiálu.



a.

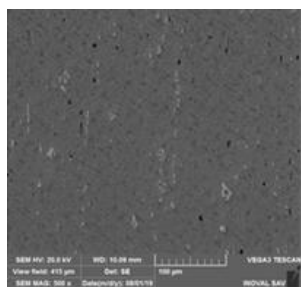


b.

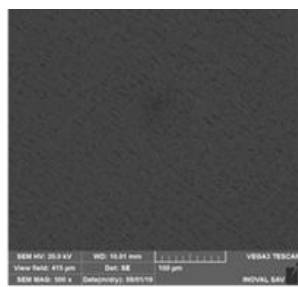
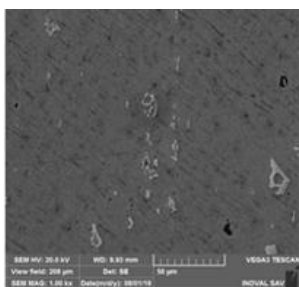
Obr. 3 Meranie HV1 na vzorke (a.); graf - priebeh tvrdosti vo zvarovom spoji (b.)

4.2 Hodnotenie zvarového spoja SEM s EDX analýzou

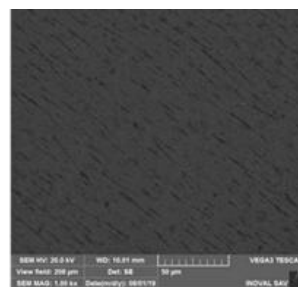
Hodnotenie zvarového spoja elektrónovou mikroskopiou sa uskutočnilo za účelom hodnotenia a kontroly základného materiálu (Obr.4a) ako aj prídavného materiálu (Obr.4b).



a.

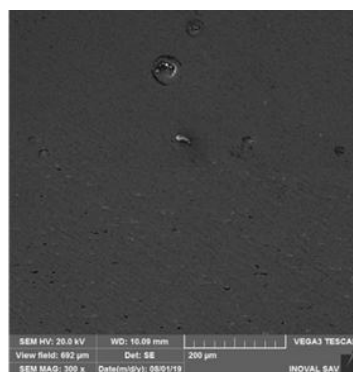
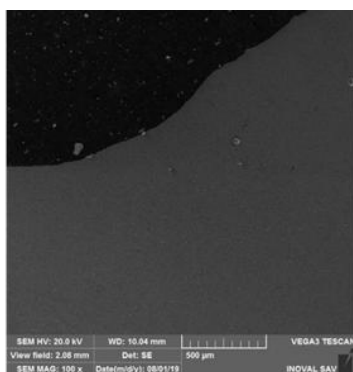
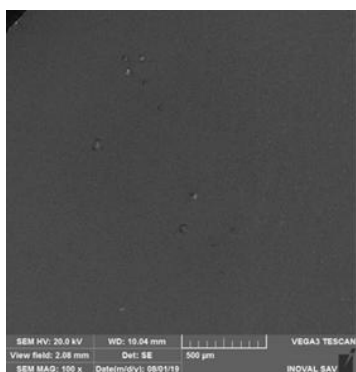


b.



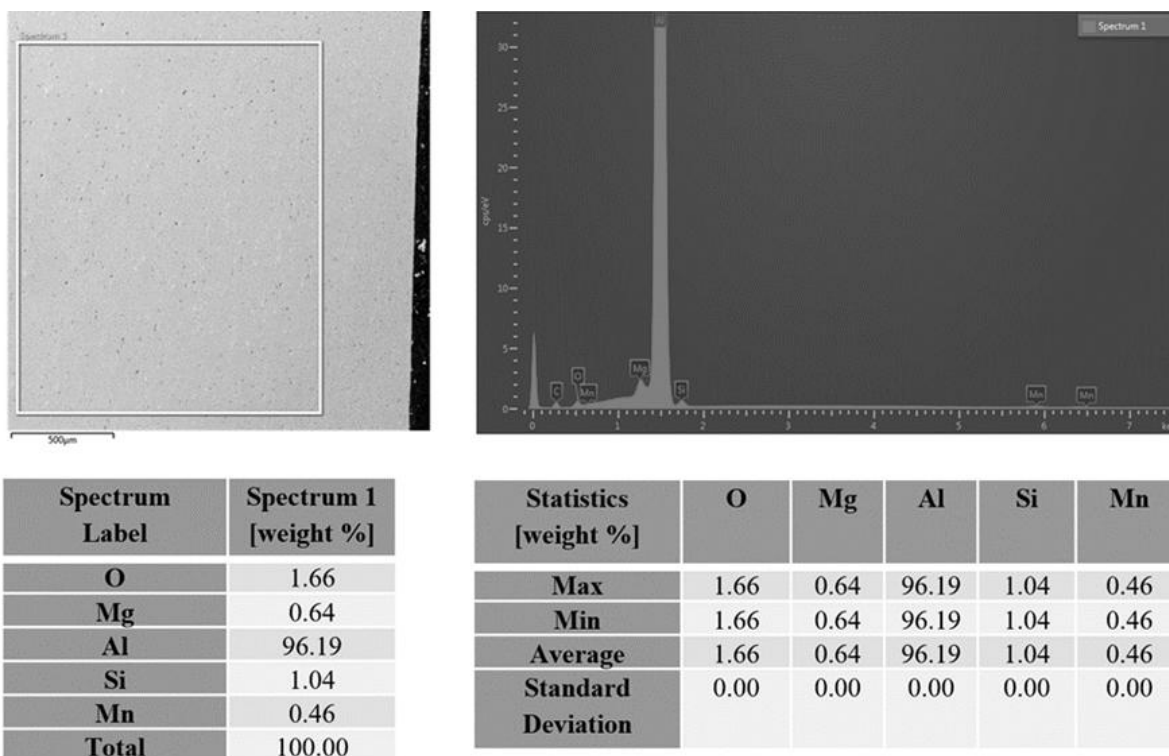
Obr. 4 Základný materiál AISiMgMn EN AW-6082 (a.); zvar AlMg5Cr (b.)

Pozorovanie kvality premiešania materiálov je možné vidieť na obr.5., kde je znázornený detail rozhrania zvarového spoja.



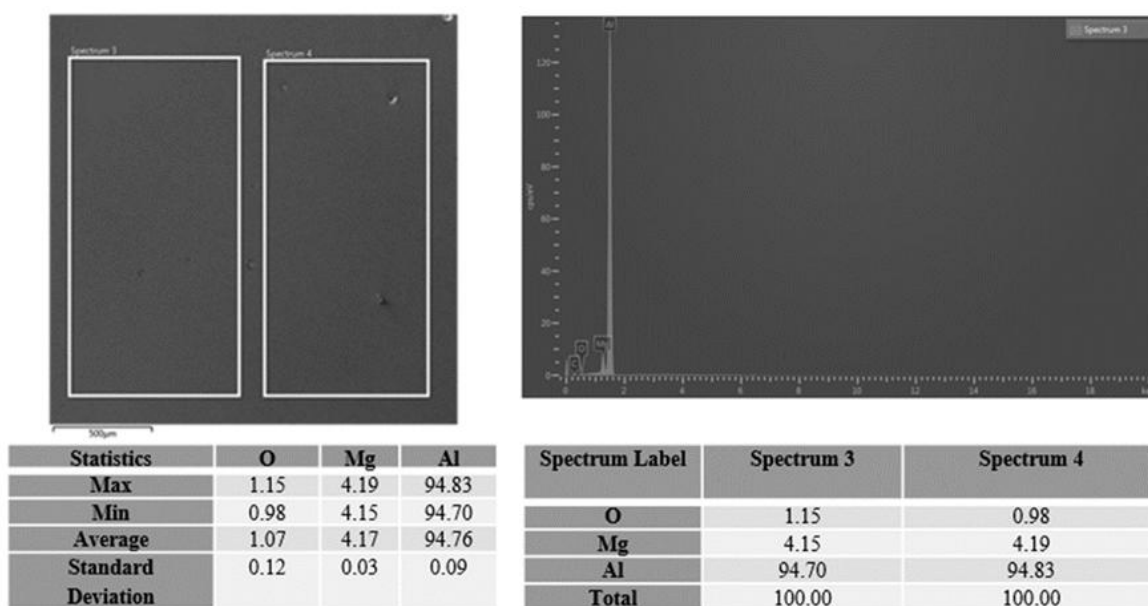
Obr. 5 Detaily rozhrania zvarového spoja

Na obr.6 sú znázornené snímky zo SEM s výsledkami EDX analýzy základného materiálu. Zistené hodnoty zodpovedajú hodnotám uvedených v materiálovom liste.



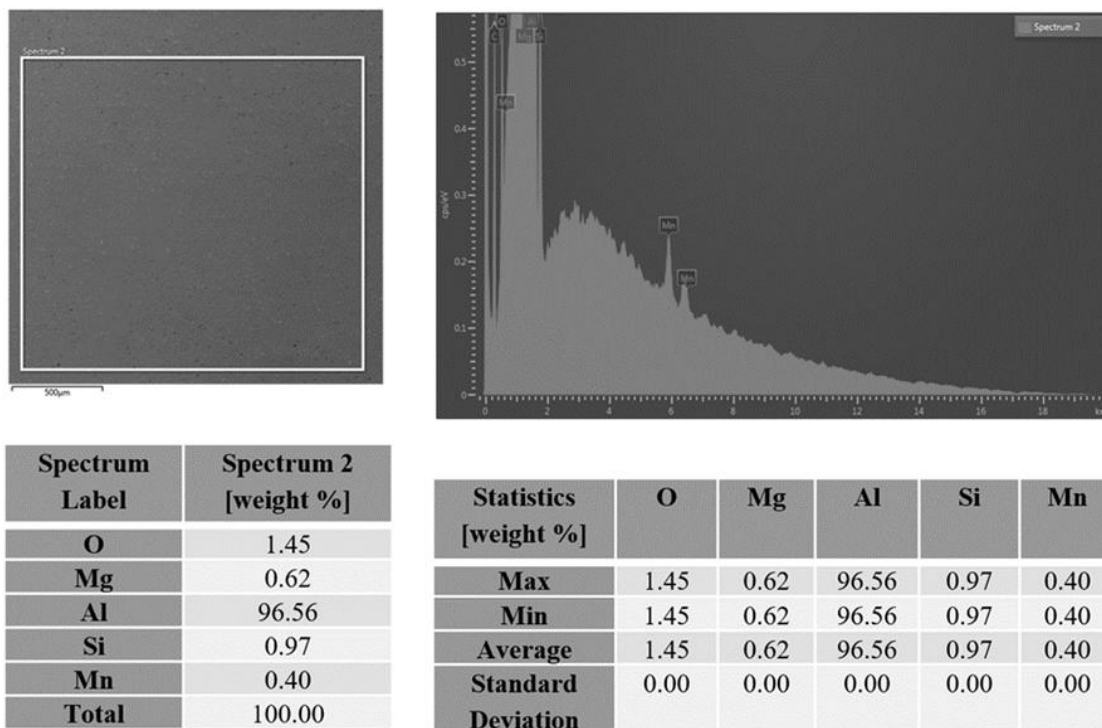
Obr. 6 SEM analýza s výsledkami EDX analýzy AISiMgMn

Snímka zo SEM s EDX analýzou zvarového spoja je uvedená v obr. 7. Majoritne bola zachytená hodnota horčíka, vo výške zodpovedajúcej chemickému obsahu zvarového materiálu podľa materiálového listu prídavného materiálu.



Obr. 7 SEM analýza s výsledkami EDX analýzy AIMg5Cr

Na obr.8 sú znázornené snímky prechodovej oblasti. Premiešaním základného materiálu a materiálu prídavného bolo zachytené väčšie spektrum chemických prvkov na analyzovanej ploche.



Obr. 8 SEM analýza s výsledkami EDX analýzy prechodovej oblasti

Makroskopickou analýzou, hodnotením tvrdosti HV1 a mikroskopickou analýzou spojenou s EDX analýzou boli hodnotené zvary hliníkovej zliatiny AlSiMgMn EN AW-6082 s prídavným materiálom AlMg5Cr. Pozornosť bola venovaná voľbe parametrov zvarovania metódou MIG. Správne nastavené parametre zvaračského zariadenia sú zárukou kvalitne vyhotoveného spoja [9]. Spomínanými metódami hodnotenia vyhotovených zvarov sme skúmali, či majú zvary dostatočné premiešanie základného a prídavného materiálu, bez viditeľných chýb a defektov, ako sú trhliny, neprievary či studený spoj. Aj keď navrhnuté zvary nie sú priamo zvarmi nosnými, podľa STN EN ISO 6520:2008 [13], napr. trhlina nie je prípustná v nijakom prípade. Hodnotenie tvrdosti v metódou HV1 boli získané hodnoty zo základného materiálu ako aj zo zvarového spoja. Ako je vidieť na grafe (Obr.3b), vo zvare bol zaznamenaný pokles tvrdosti cca o 5HV jednotiek. V prechodovej oblasti je naopak tvrdosť najvyššia (70HV1). Z uvedeného môžeme vyvodit' záver, že zvarový spoj by mal byť dostatočne pevný aby preniesol zaťaženie, akému je v prevádzke vystavený.

5. ZÁVER

Záverom môžeme konštatovať, že vyhotovené zvary spĺňajú základné požiadavky na tento typ zvarov kladené. Parametre zvarovania boli vhodne zvolené. Po uskutočnení ďalších skúšok a experimentov, môžu byť navrhované zvarové spoje použité pri konštrukcii rámu.

Znižovanie hmotnosti prídavných zariadení, používaných v lesníckej technike je potrebné z viacerých dôvodov. Sú to dôvody ekonomické – hlavne znižovanie energetickej náročnosti zariadení, a tiež environmentálne, týkajúce sa zaťažovania pôdy všetkých pracovných činnostiach v lesnom hospodárstve. Používaním ľahších konštrukcií, ako je v článku popísaná náhrada ocelových za hliníkové prvky pri ich konštrukcii môžeme prispieť k znižovaniu tohto nepriaznivého javu.

PodĎakovanie

„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0194“.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0468 „Vývoj adaptéra a jeho technologické nasadenie pre zvýšenie efektivity hasenia lesných požiarov“.

Literatúra:

- [1] SCHWARZ M. et al.: Environmentálne problémy v priemysle a ťažbe: vysokoškolská elektronická učebnica. 1.vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013. 337 s. ISBN 978-80-228-2546-7.
- [2] HNILICA R. et al: Možnosti mechanizácie prác pri zakladaní a výchove lesa. Vedecká monografia (2015). pp. 99, ISBN 978-80-228-2722-5.
- [3] WIESIK J. - ANISZEWSKA M.: Urządzenia Techniczne w produkcji lesnej, Tom 1 Urządzenia do hodowli i ochrony lasu, Warszawa 2011, ISBN 978-83-7583-219-8, s.237-240.
- [4] HNILICOVÁ M. et al.: Analýza využitia lesného kolesového ťahača k doprave vody na miesto lesného požiaru, In Aktuálne otázky v ochrane lesov pred požiarimi : medzinárodný zborník vedeckých a odborných prác, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2018. - ISBN 978-80-228-3092-8. - S. [26-33] [DVD-ROM].
- [5] MATEJ J. - HNILICOVÁ M. - HNILICA R.: Modifikácia nosnej konštrukcie hasičskej nadstavby In Aktuálne otázky v ochrane lesov pred požiarimi : medzinárodný zborník vedeckých a odborných prác - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2018. - ISBN 978-80-228-3092-8. - S. [58-64] [DVD-ROM].
- [6] MICHNA Š. et al: Encyklopedie hliníku, Adin,s.r.o. Prešov 2005 ISBN 80-89041-88-4.
- [7] MORAVEC J. - NOVÁKOVÁ, I. - BRADÁČ, J.: Effect of Age Hardening Conditions on Mechanical Properties of AW 6082 Alloy Welds In: Manufacturing Technology, Vol. 16, No.1, 192-198 ISSN 1213-2489
- [8] PATEK, M. - MIČIAN, M. - SLÁDEK, A. - KADÁŠ D.: Numerical Analysis of T-Joint Welding with Different Welding Sequences In: Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 1 ISSN 1213-2489
- [9] GRUNDMANN J.: Zváranie MIG hliníka a jeho zliatin [online]. [cit. 17.07.2019]. Available on <https://www.engineering.sk/clanky2/zvaranie/197-zvaraniemighlinikaajehozliatin>.
- [10] NPS PROAL s.r.o. Hliník [online]. [cit. 17.07.2019]. Available on <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-6082/>
- [11] STN EN ISO 6507-1:2006 Kovové materiály: Vickersova skúška tvrdosti. Časť 1., Skúšobná metóda. SÚTN Bratislava.
- [12] STN EN ISO 6507-4:2006 Kovové materiály: Vickersova skúška tvrdosti. Časť 4., Tabuľky hodnôt tvrdostí. SÚTN Bratislava.
- [13] STN EN ISO 6520:2008 Zváranie a príbuzné procesy. Zatriedenie chýb zvarových spojov kovových materiálov. Časť 1: Tavné zváranie.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Helena RADIČOVÁ, PhD.; VÚZ, Bratislava
Ing. Peter BRZIAK, PhD.; VÚZ, Bratislava



Spájkovanie kompozitných materiálov vo výrobe moderných výkonových elektronických polovodičových súčiastok

Soldering of composite materials in the production of advanced power electronic semiconductor devices

Ing. Igor KOSTOLNÝ, PhD., Ing. Ján URMINSKÝ, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave

Tel.: 00421 / 918 746 159

E-mail: igor.kostolny@stuba.sk

Abstrakt:

Príspevok sa zaoberá využívaním technológií spájkovania na výrobu moderných výkonových zapuzdrených polovodičových elektronických súčiastok. Tieto zariadenia sú vyrábané z moderných progresívnych materiálov, ktoré zvyšujú možnosti a požiadavky dnešnej doby na výkon, rozmer, spotrebu a spoľahlivosť. Využívanie kompozitných materiálov pre ochranu a chladenie polovodičových obvodov, chladičov alebo rozptyľovačov tepla je vhodné hlavne z dôvodu vyššej stability sústavy. Vďaka vysokej tepelnej vodivosti a nízkemu koeficientu teplotnej rozťažnosti sú tieto materiály vhodnou náhradou za klasické medené riešenia. Problematike spájkovania kompozitných materiálov sa v rámci rôznych projektov venuje aj Materiálovotechnologická fakulta STU v Trnave.

Abstract:

The paper deals with the use of soldering technologies for the production of modern power semiconductor electronic components. These devices are made of advanced progressive materials that increase the capabilities and requirements of today's performance, size, consumption and reliability. The use of composite materials for the protection and cooling of semiconductor circuits, heatsinks or heat dissipators is particularly suitable for higher system stability. Due to their high thermal conductivity and low coefficient of thermal expansion, these materials are a suitable substitute for conventional copper solutions. The issue of soldering of composite materials is also dealt with in various projects by the Faculty of Materials Science and Technology in Trnava.

1. Úvod

Neustále prebiehajúci technologický pokrok udáva výzvy všetkým oblastiam techniky na ich zdokonaľovanie a vývoj. V oblasti elektronického a mikroelektronického priemyslu je hlavnou potrebou vývoj nových sofistikovaných elektronických zariadení, ktoré dokážu pracovať rýchlejšie, spoľahlivejšie a úspornejšie. Jadrom týchto zariadení sú vysokovýkonné tranzistorové polovodičové súčiastky, ktoré v jednom zapuzdrenom balení vytvárajú výkonový elektronický čip [1-3].

Najpoužívanejšie komponenty, ktoré spĺňajú tieto podmienky sú planárne MOSFET tranzistory, HEMT tranzistory, výkonové Schotkyho bariérové diódy a v súčasnosti sa testujú aj kremíkové nanotranzistory niekedy označované ako FINFETy [4-7]. Výroba polovodičových výkonových zapuzdrených čipov sa vo všeobecnosti skladá z niekoľkých materiálov rôzneho druhu spájaných do

jedného celku. Celok sa skladá výmenníka tepla (chladiča – Cu, CuSiC) spojeného s keramickým materiálom, ktorý sa spája s výkonným polovodičovým čipom (SiC, GaN) s ktorého povrchom je spojený vonkajší obvod z vodivých materiálov (Al, Cu, Cu-SiC). Celok je následne uložený v jednom puzdre [8, 9].

Elektronické zapuzdrowanie zahŕňa prepájanie, napájanie, ochranu a chladenie polovodičových obvodov používaných v rozmanitých elektronických aplikáciách. Pri výkonových elektronických moduloch typu IGBT (bipolárny tranzistor s izolovaným prestupom) sa počas silového zaťaženia v kremíkových čipoch vytvára teplo. Preto má zapuzdrowanie poskytnúť účinne chladenie, aby sa modul udržal v stabilnej prevádzkovej teplote. Okrem toho účinné chladenie obvykle zvyšuje aj spoľahlivosť súčastí. Hlavným typom porušenia výkonových modulov je tepelná únava mätko spájkovaných spojov, v dôsledku odlišných koeficientov tepelnej rozťažnosti (CTE) polovodičových čipov a zapuzdrowacích materiálov. Preto sa na tepelné chladiče alebo rozptyľovače tepla vyžadujú materiály so zníženým koeficientom tepelnej rozťažnosti v kombinácii s vysokou tepelnou vodivosťou [10, 11]. Z toho dôvodu sa v rámci technologického pokroku na tieto účely začal používať kompozit CuSiC kombinujúci vysokú tepelnú vodivosť a nízky koeficient teplotnej rozťažnosti [12].

Článok sa zaoberá výskumom spájkovania kompozitných materiálov vo svete a na Materiálovotechnologickej fakulte STU v Trnave smerovaného pre moderné výkonové elektronické súčastky.

2. Aplikácie kovokeramických kompozitov s kovovou maticou v elektronických výkonových moduloch

2.1 Chladiče alebo tepelné rozptyľovače

Pre vyriešenie teplotných problémov v elektronických súčastkách sa začali na ich povrch pripieňovať chladiče, ktoré zabezpečia ďalší odvod tepla pomocou konvenčných vodivých síl. Ďalším účinným zariadením rozptyľujúcim teplo je rozptyľovač tepla, ktorý slúži na zlepšenie distribúcie tepla pomocou tepelného vyrovnávania nerovnomerných teplôt spojenia spôsobených nerovnomerným rozdelením energie integrovaného obvodu. Od týchto materiálov sa vyžaduje, aby pracovali spoľahlivo a rýchlo odvádzali teplo z horúcich oblastí v procese výkonu súčastky. Pre tieto aplikácie sú odporúčané kovokeramické kompozitné materiály s kovovou maticou Al alebo Cu, vystuženými časticami SiC. Príklady ich použitia ako chladičov alebo tepelných rozptyľovačov sú uvedené na obr. 1.



Obr. 1 Tepelné chladiče alebo rozptyľovače na zapúzdrených súčastkách

a) AlSiC na IGBT moduly; b) CuSiC termoelektrický chladič; tekutinou chladený kryt energetického modulu lietadla

Ak by sa na odvádzanie tepla použil Al alebo Cu, musí sa počítať s kompromismi, ktoré by v konečnom dôsledku znížili účinnosť chladenia. Kvôli tomu sa v praxi na zapuzdrowenie používali polymérové TIM (thermal interface materials) materiály. Často sa ale tieto materiály začali považovať za významné tepelné odpory v týchto systémoch [13]. Od začiatku 90. rokov bol už dostupný AlSiC kompozit a začalo sa jeho využitie ako elektronického obalového materiálu na zapuzdrowené súčastky. Jeho výhoda bola v jeho stabilite pri teplotných cykloch kvôli nízkemu koeficientu teplotnej rozťažnosti. Avšak podľa

zistení [14] má tento materiál asi len polovičnú tepelnú vodivosť medi. Kvôli tomu bol vyvinutý kompozitný materiál CuSiC, ktorý kombinuje vysokú tepelnú vodivosť a nízky koeficient teplotnej rozťažnosti.

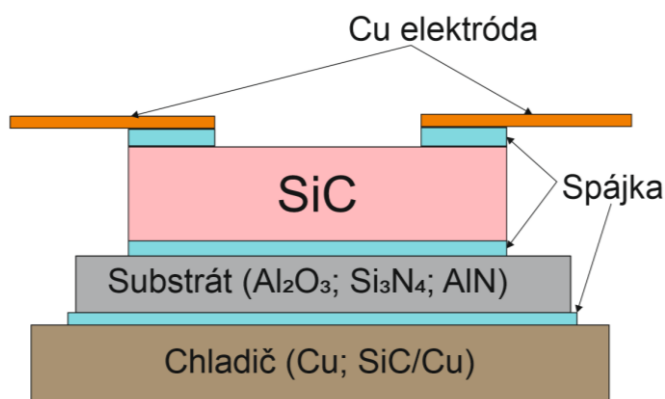
2.2 Polovodičové moduly

Výkonové polovodičové čipy súčasnosti sú najčastejšie založené na jadre z Si alebo SiC. V dnešnej dobe sa ako nosný polovodičový materiál začína používať SiC (karbid kremíka) alebo GaN (nitrid gália), ktorý v porovnaní s Si umožňuje konfigurovať výkonové zariadenia s napätím 600 až tisíce voltov. Umožňujú dosiahnuť vyššie frekvencie, vyššie výdržné napätia s extrémne nízkym odporom na jednotku plochy. Pri použití Si bola horná hranica teploty chodu zariadenia približne 150 °C. Trojnásobný pásmový rozsah SiC v porovnaní s kremíkom umožňuje napájanie zariadenia za oveľa vyšších teplôt, čo značne rozširuje použiteľnosť. Výsledkom je prelomový výkon, menšie rozmery a nižšia spotreba energie [15-17].

Základný výkonový polovodičový modul sa skladá zo zväzku štyroch hlavných častí:

- Výkonové polovodičové čipy - IGBT, FRED, MOSFET, Thyristor, Rectifier
- Izolačný substrát - rôzne druhy keramiky
- Základový materiál - Cu, Cu kompozity, Al kompozity atď.
- Spojovací materiál - bezolovnaté spájky

V moderných výkonových polovodičových moduloch sa pre dosiahnutie vyššej stability a spoľahlivosti zariadenia používajú namiesto kovových (Al, Cu) častí celku kompozitné materiály s kovovou maticou. Často sú to kompozity AlSiC, AlAl₂O₃ a CuSiC [18]. Základná schéma takého modulu v reze je znázornená na obr. 2.



Obr. 2 Schématické znázornenie výkonového polovodičového modulu

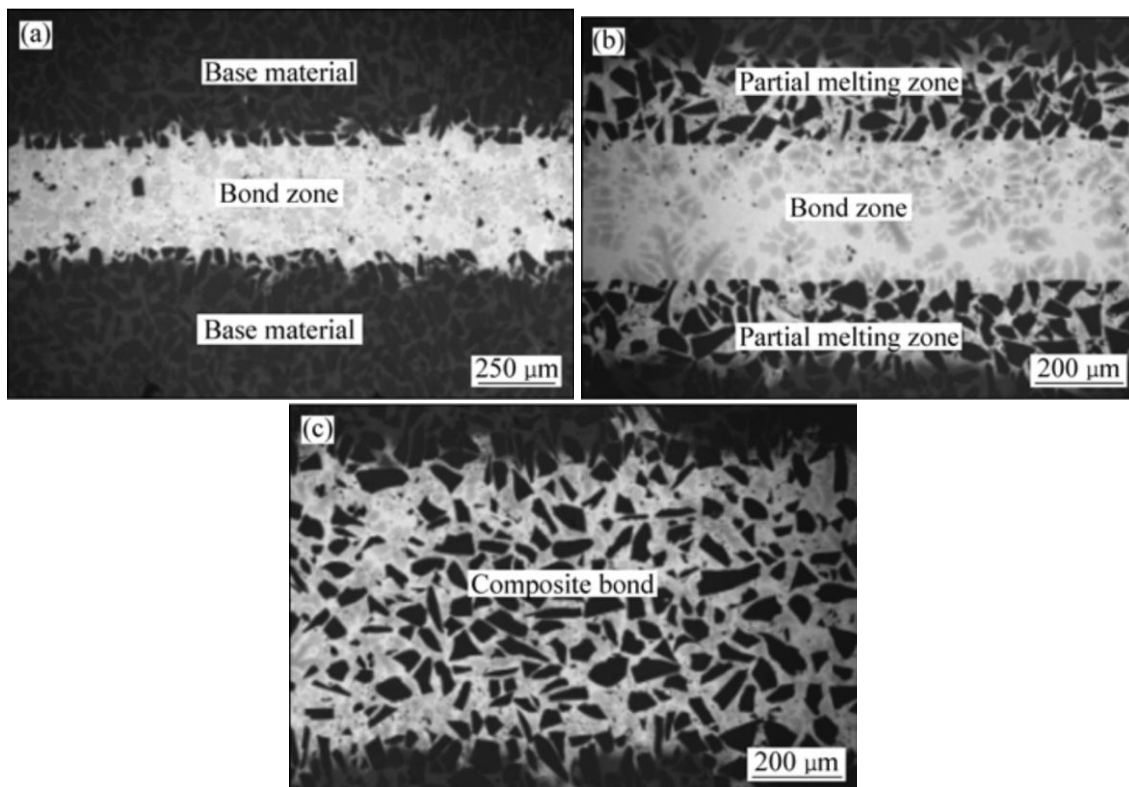
3. Problematika spájkovania kovokeramických kompozitov

Výkonné čipy IGBT / FRED, terminály, keramické substráty a kovové základové dosky sú spájané spájkou. Na tieto časti spojov sa používajú spájkovacie zliatiny na báze Sn, Bi, In, Zn s prídavkami ďalších prvkov ako Al, Au, Cu, In, Mg, Ti atď.

Bežná metóda pripájania komponentov v zostave polovodičových modulov je proces spájkovania dvoma rozdielnymi spájkami. Spájka 1 je určená na pripojenie silových čipov ku keramickému substrátu, zatiaľ čo spájka 2 slúži na pripojenie svoriek/spojovacích mostíkov ku keramickému substrátu a keramickému substrátu ku kovovej (kompozitnej) základovej doske. Spájka 1 má teplotu tavenia vyššiu ako spájka 2. Toto riešenie je nutné kvôli tomu, aby sa nepoškodili už zaspájkované spoje v celkovej súčiastke [18]. Pre riešenie spájky s nižšou teplotou tavenia sa používajú spájky na báze Sn-Cu, Sn-In, Sn-Sb, Sn-Bi či Bi-Sn [20, 21]. Opačným prípadom je navrhovanie vhodnej spájkovacej zliatiny, ktorá v súčiastke musí odolávať vyšším aplikačným teplotám. Spájky vhodné pre vyššie aplikačné teploty by mali mať teplotu tavenia v rozsahu približne od 260 °C do 420 °C. Pre tieto podmienky sú vhodné spájkovacie zliatiny na báze Zn, Sn, Au alebo Bi so správne zvolenou kombináciou legujúcich prvkov [22, 23].

Problematike spájkovania kompozitných materiálov pre výrobu výkonových polovodičových modulov sa venuje rada autorov po celom svete. Najčastejšie sa týmto výskumom zaoberajú východné krajiny ako Čína, Kórea či Japonsko.

Výskumné tímy z Číny sa zaoberali spájkovaním Al zliatiny spevnenej keramikou Al_2O_3 alebo SiC [24, 25]. Pre vytvorenie spojov použili technológie spájkovania ultrazvukom alebo spájkovanie vo vákuu. V prípade spájkovania kompozitných materiálov sa predpokladá vznik nového kompozitného pásma medzi spájkou a substrátom. V niektorých prípadoch sa pri zvyšujúcej výdrži na teplote spájkovania dokáže vytvoriť kompletný kompozitný spoj (obr. 3) ako uvádzajú autori [26].



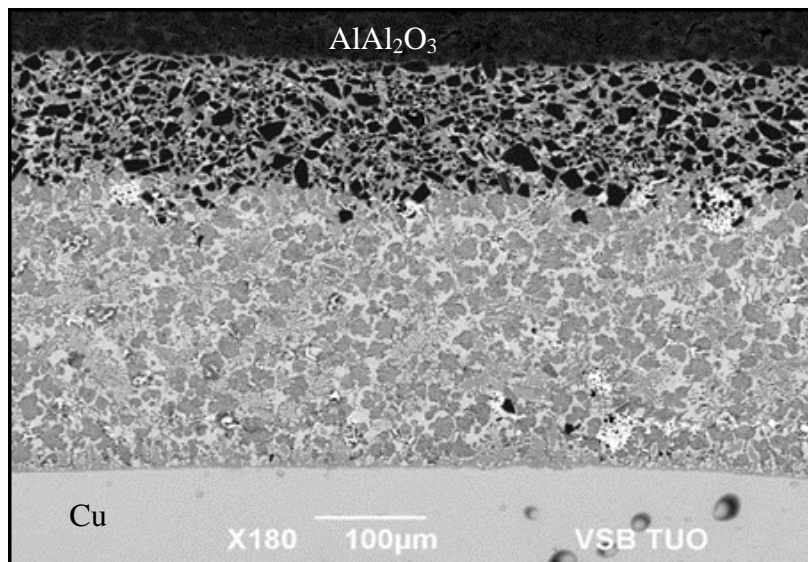
Obr. 3. Spoje vytvorené pomocou pôsobenia ultrazvuku medzi dvoma kompozitmi [26]
a) 420 °C pri 1s; b) 475 °C pri 5min; c) 475 °C pri 10min

Výhodou spájkovania kovokeramických (kompozitných) materiálov je vznik metalurgického spoja na rozhraní vďaka interakcii matrice kompozitu so spájkou. Druhým a náročnejším problémom je vytvorenie spoja s keramickým materiálom. Často sa na keramické substráty pred spájkovaním nanášajú povlaky napr. z Ni, Au alebo Co. Je to z dôvodu nezmáčateľnosti bežných spájok na keramických materiáloch. Trendom dnešnej doby v tejto oblasti je výskum vytvorenia spoja s keramikou bez potreby nanášania zmáčateľných povrchov. V zostave keramika/kompozit (tieto kombinácie sa používajú pre pokročilé polovodičové zapúzdrené moduly) už nestačí používať bežné spájkovacie zliatiny. Pre priame spoje bez povlakov je potrebné navrhnuť univerzálnu spájkovaciu zliatinu, ktorá zabezpečí spojenie tak s kompozitom ako s keramikou. Pre tieto účely sú aj na MTF STU v Trnave vyvíjané nové aktívne spájkovacie zliatiny.

4. Výskum spájkovania kovokeramických kompozitov na Materiálovotechnologickej fakulte STU v Trnave

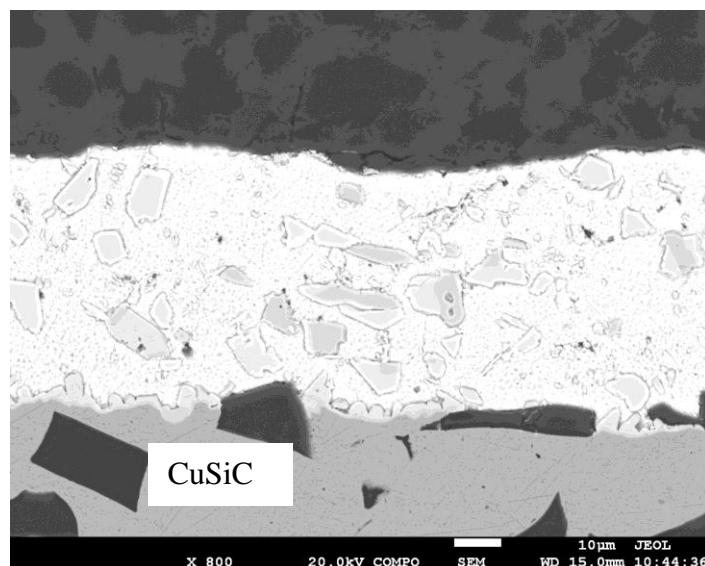
Na MTF STU v Trnave boli a sú riešené projekty zaoberajúce sa spájkovaním kovových, keramických či kompozitných materiálov. Snaženie v tejto oblasti sa smeruje do výroby moderných výkonových polovodičových modulov pre rôzne aplikačné teploty. V oblasti spájkovania keramiky či kompozitov priamym beztavivovým spôsobom boli navrhované nové spájkovacie zliatiny a vytvorené poznatky o procese vytvárania spoja týchto materiálov. V súčasnej dobe je riešená problematika

spájkovania dvoch druhov kompozitných materiálov AlAl_2O_3 a CuSiC . Čiastočné výsledky výskumov sú publikované v karentovaných časopisoch. Napríklad v práci [27] sme sa venovali spájkovaniu kompozitu AlAl_2O_3 s Cu . Použila sa spájka na báze Zn-In-Mg počas hybridného spájkovania horúca doska/ultrazvuk. Frekvencia ultrazvukových vibrácií počas spájkovania bola 40 kHz a čas pôsobenia ultrazvuku 5 sekúnd. Mikroštruktúra spájkovaného spoja je znázornená na obr. 4. Spoj kompozitu so spájkou Zn-In-Mg vzniká nasledovne. Pri ultrazvukovom spájkovaní na vzduchu sa najskôr pod roztavenou vrstvou zinkovej spájky rozrušia povrchové oxidy na kompozitnom substráte. Následne dôjde k rozpúšťaniu hliníkoveho povrchu kompozitu vplyvom pôsobenia tekutej zinkovej spájky. Rozpúšťaním hliníkovej matrice substrátu v zinkovej spájke sa dajú do pohybu aj častice Al_2O_3 , ktoré boli pôvodne v kompozitnom substráte. V prechodovej oblasti spoja vzniká nový kompozit tvorený z objemu spájky, matrice kompozitu a častíc kompozitu.



Obr. 4 Mikroštruktúra spoja $\text{AlAl}_2\text{O}_3/\text{Cu}$

Odlišný princíp vytvárania spoja sme pozorovali na spájkovanom spoji s kompozitom CuSiC . Na vytvorenie spoja SiC/CuSiC bolo znovu použité hybridné spájkovanie horúca doska/ultrazvuk. Mikroštruktúra tohto spájkovaného spoja je na obr. 5. V tomto prípade bola na experiment použitá spájka na báze Sn . Aktívny prvok v spájke zabezpečil interakciu s povrchom keramiky SiC . Na strane kompozitu už nebol pozorovaný presun častíc do objemu spájky ale tvorba intermetalických zlúčenín na tesnom rozhraní medzi medenou matricou kompozitu a Sn zo spájky.



Obr. 5 Mikroštruktúra spoja SiC/CuSiC

Na základe výsledkov experimentov boli definované parametre a podmienky spájkovania metódou horúca doska/ultrazvuk. Spoje boli celistvé bez prítomnosti trhlin či pórov. Pevnosti spájkovaných spojov dosahovali hodnoty, ktoré presahujú podmienky pre výrobu zapúzdrených súčiastok v elektronickom priemysle. Z hľadiska zlepšovania vlastností spojov je experimentálne snaženie na MTF STU v Trnave zamerané na návrh a výrobu nových spájkovacích zliatin pre tieto aplikácie. Nové spájkovacie zliatiny, ktoré dosahujú dobré výsledky sú pravidelne patentované. Pri návrhu nových spájkovacích zliatin sa dodržiava podmienka univerzálnosti použitia pre kovové, keramické a kompozitné materiály.

5. Záver

Požiadavky pre výkon elektronických zariadení dnešnej informačnej doby sú neustále rastúce. Trendom súčasnosti je čoraz vyšší výkon, menšie rozmery, nižšia hmotnosť, nízka spotreba energie a vysoká spoľahlivosť. Tieto požiadavky prinášajú výzvy vo viacerých oblastiach výskumu moderných elektronických výkonových zariadení. Jednou z oblastí je vytváranie spojov medzi kombinovanými progresívnymi materiálmi. Pre zaistenie funkčnosti a spoľahlivosti sú navrhované nové spájkovacie materiály a postupy vytvárania spojov keramických či kompozitných materiálov. Uplatnenie kompozitných materiálov je v týchto zariadeniach jedinečné, pretože poskytujú výhody oproti bežným materiálom hlavne z hľadiska stability, čo zaručuje vyššiu životnosť aj pri extrémnych podmienkach. Z toho dôvodu je MTF STU v Trnave v rámci rôznych projektov zapojená do výskumu problematiky spájkovania týchto materiálov progresívnymi a vysokoproduktívnymi technológiami.

Podakovanie

Táto práca vznikla v rámci projektu na podporu excelentných tímov mladých výskumníkov v podmienkach Slovenskej Technickej Univerzity - Projekt Mladý výskumník -excelentné tímy - č. 1392.

Literatúra

- [1] BENDA, VÍTĚZSLAV & GRANT, DUNCAN A. (DUNCAN ANDREW) & GOWAR, JOHN, Power semiconductor devices : theory and applications, Wiley, Chichester ; New York, 1999. ISBN: 978-0-471-97644-8
- [2] HUNTER, LLOYD P. Handbook of Semiconductor Electronics: a Practical Manual Covering the Physics, Technology, and Circuit Applications of Transistors, Diodes, and Other Semiconductor Devices in Conventional and Integrated Circuits. McGraw-Hill, 1970. ISBN: 978-0070313057
- [3] A. K. SHARMA. Semiconductor Electronics; New Delhi, 2001. ISBN: 81-224-0802-8
- [4] Y. CAO, T. SATO, M. ORSHANSKY, D. SYLVESTER and C. HU. New paradigm of predictive MOSFET and interconnect modeling for early circuit simulation, Proceedings of the IEEE 2000 Custom Integrated Circuits Conference (Cat. No.00CH37044), Orlando, FL, USA, 2000, pp. 201-204.
- [5] L. SHEN ET AL..AlGaIn/AlIn/GaN high-power microwave HEMT, in IEEE Electron Device Letters, vol. 22, no. 10, pp. 457-459, Oct. 2001.
- [6] U. AYDEMIR, İ. TAŞÇIOĞLU, Ş. ALTINDAL, İ. USLU, A detailed comparative study on the main electrical parameters of Au/n-Si and Au/PVA:Zn/n-Si Schottky barrier diodes, In Materials Science in Semiconductor Processing, Volume 16, Issue 6, 2013, pp. 1865-1872, ISSN 1369-8001,
- [7] U. WULF, J. KUČERA, H. RICHTER, M. WIATR, J. HÖNTSCHEL. Characterization of nanotransistors in a semiempirical model, In Thin Solid Films, Volume 613, 2016, Pages 6-10, ISSN 0040-6090
- [8] T. Stockmeier, P. Beckedahl, C. Goebel, and T. Malzer, "SKiN: Double side sintering technology for new packages," in 2011 IEEE 23rd International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs, IEEE, 2011, pp. 324-327.

- [9] W. W. Sheng and R. P. Colino, Power electronic modules: design and manufacture. CRC press, 2004.
- [10] C. Zweben, Adv. Packag., 15 (2) (2006), pp. 1-5
- [11] R.M. German, K.F. Hens, J.L. Johnson J. Powder Metall., 30 (2) (1994), pp. 205-215
- [12] Th. Schubert, B. Trindade, T. Weißgärber, B. Kieback, Interfacial design of Cu-based composites prepared by powder metallurgy for heat sink applications, Materials Science and Engineering A, Vol. 475, 2008, pp. 39-44
- [13] M. Sherif El-Eskandarany Mechanical Alloying for Fabrication of Advanced Engineering Materials, Al-Azhar University, Cairo, Egypt, (2001).
- [14] Bukhari M.Z, Brabazon D, Hashmi M.S.J Assessment of Suitable Thermally Enhanced Materials for Electronics Packaging Application, The 1st International Malaysia-Ireland Joint Symposium on Engineering, Science and Business, 09-11 June (2011).
- [15] D. R. FREAR, L. N. RAMANATHAN, J. JANG AND N. L. OWENS. Emerging reliability challenges in electronic packaging, 2008 IEEE International Reliability Physics Symposium, Phoenix, AZ, 2008, pp. 450-454.
- [16] P. YANG, Y. WANG, L. DENG. A review on reliability of electronic packaging in micro/nano manufacturing, International Journal of Materials and Structural Integrity, Vol. 9, 2015, pp. 131-143
- [17] R. PLIENINGER, M. DITTES, K. PRESSEL. Modern IC packaging trends and their reliability implications, Microelectronics Reliability, Vol. 46, 2006, pp. 1868-1873
- [18] William W. Sheng. - Ronald P. Colino: Electronic Modules: Design and Manufacture. CRC Press. 2005. ISBN 9780849322600
- [19] Un-Byoung Kang and Young-Ho Kim, "A new COG technique using low temperature solder bumps for LCD driver IC packaging applications," in IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, vol. 27, no. 2, pp. 253-258, June 2004. doi: 10.1109/TCAPT.2004.828585
- [20] Z. Mei, H. Holder, and H. V. Plas, Hewlett-Packard J. 48, 91 (1996).
- [21] Min-Suk Suh, Chan-Jin Park, Hyuk-Sang Kwon, Effects of plating parameters on alloy composition and microstructure of Sn–Bi electrodeposits from methane sulphonate bath, in Surface and Coatings Technology, 200 (11), 2006, pp. 3527-3532, doi.10.1016/j.surfcoat.2004.08.162
- [22] J. E. Lee, K. S. Kim, K. Suganuma, J. Takenaka, K. Hagio, "Interfacial properties of Zn–Sn alloys as high temperature lead-free solder on Cu substrate", Mater. Trans., vol. 46, no. 11, pp. 2413-2418, 2005
- [23] C. Tschudin, O. Hutin, S. Arsalane, F. Bartels, P. Lambracht, M. Rettenmayr, "Lead free soft solder die attach process for power semiconductor packaging", Proc. Semicon, pp. 1-6, 2002.
- [24] Shi, L., Yan J., Han, Y., Peng, B. Behaviors of Oxide Layer at Interface between Semi- solid Filler Metal and Aluminium Matrix Composites during Vibration. In Journal of Materials Science and Technology, 2011, Vol. 27(8), pp. 746-752
- [25] Zhang X. P. a kol.: Preliminary investigation on joining performance of SiCp-reinforced aluminium metal matrix composite (Al/SiCp-MMC) by vacuum brazing. Xian Jiaotong University, Čína
- [26] Yang ZHANG, Jiu-chun YAN, Xiao-guang CHEN, Yan CUI. Ultrasonic dissolution of brazing of 55% SiCp/A356 composites. In Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Vol. 20, 2010, pp. 746-750.
- [27] KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - DRIENOVSKÝ, Marián - SAHUL, Martin. Research on joining metal-ceramics composite Al/Al₂O₃ with Cu substrate using solder type Zn-In-Mg. In Journal of Composite Materials. Vol. 53, iss. 10 (2019), s. 1411-1422. ISSN 0021-9983

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Ján CIRIAK; Energoinvest, a.s. Bratislava
Ing. Pavol RADÍČ, PhD.; VÚZ



ZSVTS a jeho pôsobenie pri príprave euroinžinierov Slovenska

Ing. Pavol RADIČ, PhD.; Ing. Jozef KRAJČOVIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

ZSVTS, Koceľova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421/ 905/ 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Abstrakt:

ZSVTS je dobrovoľné, verejnoprospešné, neziskové, demokratické a nepolitické združenie záujmových odborných vedeckotechnických spoločností, komitétov, zväzov, územných koordinačných centier a ďalších samostatných právnických osôb.

Vznik: 17.3.1990

Sídlo: Koceľova 15, Bratislava

ZSVTS predstavuje:

- 45 odborných subjektov technického, prírodovedného a spoločenského zamerania
- viac ako 700 kolektívnych členov
- viac ako 20 tisíc individuálnych členov
- viac ako 300 odborných akcií ročne
- databáza expertov
- udeľovanie titulu euroinžiniera

Odborné poslanie ZSVTS:

- pomoc pri zvyšovaní úrovne vedy a techniky v Slovenskej republike
- podpora vzdelávania v oblasti vedy a techniky
- oceňovanie tvorivej práce vedcov a technikov
- riešenie úloh v rámci štátnej technickej politiky
- rozvoj medzinárodnej spolupráce v oblasti vedy a techniky

Hlavné oblasti pôsobenia ZSVTS:

- veda a technika
- vzdelávanie
- medzinárodné aktivity
- ekonomika
- rozvoj a investície

Výsledky aktivít ZSVTS pri príprave euroinžinierov:

- rešpektovanie profesných a morálnych kvalít euroinžinierov firmami i spoločnosťou
- založenie Klubu euroinžinierov Slovenska
- zvyšujúci sa záujem o štúdium technických a prírodovedných študijných programov na slovenských univerzitách
- rastúci záujem o získavanie certifikátu EUR ING
- podpora ďalšieho vzdelávania
- podpora zvyšovania profesionality našich odborníkov
- záujem ďalších technických fakúlt SR o zápis do Indexu FEANI

Informácie o EUR-ACE akreditácii Vám poskytne AC ZSVTS, ktoré je organizačnou zložkou ZSVTS. Táto organizačná zložka ZSVTS bola zriadená na realizáciu EUR-ACE akreditácií inžinierskych študijných programov slovenských univerzít.

Kontaktná adresa:

AC ZSVTS
Kocel'ova 15
815 94 Bratislava
tel.: 00421 / 2 5020 7649
e-mail: zsvts@zsvts.sk
www.zsvts.sk



Odborný príspevok recenzoval: Ing. Božena TUŠOVÁ; ZSVTS
Ing. Anton BITTNER, MBA; ZSVTS



Aktualizácia súboru noriem EN ISO 1090

Updating of EN 1090 standards

Ing. Peter ONDRUŠ

Organizácia / Organization:

TÜV SÜD Czech s.r.o. Novodvorská 994/138, CZ - 142 21 Praha 4,

Tel.: .00420 / 727 813 617

E-mail: .peter.ondrus@tuv-sud.cz

Oblasť EN 1090 – aktuálny stav

- 1.1: Posudzovanie a ověřovanie stálosti vlastností konstrukčných prvků
- 1.2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
- 1.3: Technické požadavky na hliníkové konstrukce
- 1.4: Technické požadavky na ocelové za studena tvarované prvky a konstrukce pro použití ve střeších, stropech, podlahách a stěnách
- 1.5: Technické požadavky na hliníkové za studena tvarované prvky a konstrukce pro použití ve střeších, stropech, podlahách a stěnách

ČSN EN 1090-1+A1

- Harmonizovaná norma
- Jako jediná není ještě revidovaná
- Uvádí metody a požadavky na posudzovanie vlastností konstrukčních dílců při jejich uvádění na trh
- Platí ČSN EN 1090-1:2009+A1:2011 plus ČSN P CEN TR 17052 (Směrnice pro používání EN 1090-1+A1)
- CEN/TC – WG15 schválila aktualizovaný návrh s následujícími výjimkami:
 - V předmluvě uvést všechny změny oproti předchozímu vydání
 - Zkontrolovat odkazy
 - Znovu zavést charakteristiku Odolnost proti ohni
 - Provést redakční vyčištění

ČSN EN 1090-1

Bude se jinak jmenovat

- Ocelové dílce a sestavy a hliníkové dílce a sestavy pro používání v konstrukcích
- 5.11.2019 zasedání CEN/TC 135 v Dánsku
- Vydání 2020 – možná – velký ?

ČSN EN 1090-2

- Jako ČSN zavedena překladem k 01. 03. 2019
- Byly odstraněny Přílohy B a J
- Byly přečíslovány Přílohy D, K, L (B, J, K)
- Byly včleněny nové Přílohy D, I, L
- Přílohy A, C, E, F, G, H a M zůstávají a byly zahrnuty do nich některé změny
- Byla vyňata výroba OK / AI K z tenkostěnných profilů a přesunuta do EN 1090-4 / EN 1090-5

ČSN EN 1090-3

- Tato norma stanovuje požadavky na provádění hliníkových konstrukcí
- Norma je převzata vyhlášením jako EN v 1.10.2019 (účinnost jako ČSN EN k 1. 11. 2019)

ČSN EN 1090-4

- Tato norma stanovuje požadavky na výrobu a montáž ocelových konstrukčních prvků a plošných profilů tvarovaných za studena pro použití ve střeších, stropech, podlahách a stěnách
- Byla převzata překladem v srpnu 2019

ČSN EN 1090-4

- Tato norma stanovuje požadavky na výrobu a montáž ocelových konstrukčních prvků a plošných profilů tvarovaných za studena pro použití ve střeších, stropech, podlahách a stěnách
- Byla převzata překladem v srpnu 2019

ČSN EN 1090-5

- Tato norma stanovuje požadavky na výrobu a montáž hliníkových konstrukčních prvků a plošných profilů tvarovaných za studena pro použití ve střeších, stropech, podlahách a stěnách. Byla převzata vyhlášením v červnu 2019

Informace z koordinační schůzky k CPR

- 11. 04. 2019 – Itálie, přednášel Pan Elbeck
- Řešilo se minimum technických informací, spíše politické otázky

Závěr ze schůzky:

- Soupravy zábradlí, určené k použití ve stavbách pouze pro prevenci proti pádu a nepodléhající svislému zatížení konstrukcí – jsou vyňaty z EN 1090-1+A1.
 - Rozhodnutí zatím nevyšlo v OJEU
 - Systém posuzování podle CPR – 4 (bez účasti OS) – taky ještě není schváleno
- Poziční dokumenty poradní skupiny OS k CPR:
<http://www.tzus.cz/certifikace-vyrobku/koordinacni-pracoviste/pozicni-dokumenty-poradni-skupiny-os-k-cpr>
- Výrobky, které nespádají pod EN 1090:
<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/5744/attachments/1/translations/>

Flexibilita

- ČSN EN 1993-4-2+A1 – Výpočty ocelových nádrží a zásobníků s objemem nad 300 l
 - Změna A1 k ČSN EN 1993-4-2
 - Do této normy byla doplněna národní příloha NA, která obsahuje informaci o odstranění článků NA.2.10 a NA.2.11, které se odkazovaly na části normy zrušené touto změnou A1. V národní předmluvě se seznam národně stanovených parametrů nahrazuje následujícím: " 2.2 (1), 2.2 (3), 2.9.2.1 (1)P, 2.9.2.1 (2)P, 2.9.2.1 (3)P, 2.9.2.2 (3) P, 2.9.3 (2); 3.3 (3); 4.1.4 (3)." Hlavní změny spočívají v přečíslování některých článků normy, náhradě a doplnění obrázků a odstavců.
- ČSN EN 12516-1+A1 - Armatury v instalacích pro dopravu, rozvody a skladování kapalin nebo plynů
 - Hlavní změny spočívají v aktualizaci normativních odkazů, v návaznosti na ně jsou změněny tabulky. Vztah ke směrnici 2014/68/EU (Evropská směrnice o tlakových zařízeních) je definován v informativní příloze ZA, která je nedílnou součástí tohoto dokumentu.
- ČSN EN 61439-2 ed. 2 - Nástěnné rozvaděče pro montáž na povrch a zapuštěné
 - Oprava 1 k normě ČSN EN 61439-2 ed. 2. Změny spočívají pouze ve formálních úpravách původního textu normy.

Literatura:

[1] Ing. Dušan Stavinoha – prezentace na semináři „ Materiály, technologie a zařízení pro svařování“ 18.9.-20.9.2019

Odborný příspěvek recenzoval: doc. Ing. Harold MĀSIAR, CSc.; TUAD v Trenčíně
doc. Ing. Michal HATALA, PhD.; TU Košice; FVT so sídlom v Prešove



Zváranie MMA potrubia tranzitného plynovodu v polohe PJ

MMA welding of pipes for transit gas pipelines in a 6G downhill position

Bc. Ján BOROŠ*, Ing. Ivan UHNÁK, IWE**

Organizácia / Organization:

* Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave

** Power Boilers & Piping a.s., Levice

Tel.: 00421/ 948 500 048

E-mail: janyborossk@gmail.com

Abstrakt:

Predložený príspevok pojednáva o zváraní rúr tranzitných plynovodov v polohe PJ. Vychádza z aktuálnych poznatkov v oblasti technológie zvárania, metódou ručného oblúkového zvárania obalenou elektródou. Autor v teoretickej časti diplomovej práce, na základe dostupnej slovenskej a zahraničnej odbornej literatúry, detailne popisuje princíp uvedeného spôsobu zvárania a venuje sa problematike, ktorá je s touto metódou spojená. V praktickej časti práce sa realizuje úplný návrh a výroba zvarového spoja rúry požadovaných vlastností. Samotným cieľom príspevku je vysvetliť, aký dôležitý je význam polohy zvárania na zvarový spoj z hľadiska jeho kvality, vlastností a ekonomickej efektivity.

Abstract:

The submitted contribution deals with a welding of pipes for transit gas pipelines in a vertical down position. It is based on current knowledge in the field of welding technology by the method of manual metal arc welding with a coated electrode. In the theoretical part of the thesis; based on the available Slovak and foreign professional literature; the principle of the method of welding is described in a detail and is dealt with the issues associated with this method. In the practical part of the thesis, a complete proposal and production of the welding joint of the required properties are realized. The aim of the contribution is to explain the importance of the welding position on the welding joint in terms of its quality, properties and economic efficiency.

Úvod

Termín tranzitné potrubie sa zvyčajne vzťahuje na potrubia, ktoré sú určené na vedenie kvapalín ako je voda, ropa a benzín a plynov, akým je zemný plyn. Všetky potrubné systémy a potrubia, sú dnes v priemysle takmer úplne zhotovené technológiou zvárania. [1]

Na základe požiadavky na návrh zvarového spoja potrubia tranzitného plynovodu, sa tento príspevok zaoberá vytvorením vhodného technologického postupu s prihliadnutím na kvalitu a efektívnosť riešenia. Pre vyhotovenie daného zvaru je však potrebné poznať množstvo vlastností či už samotného základného materiálu, ako napr. chemické zloženie, ktoré ovplyvňuje zvariteľnosť, jeho prevádzkové vlastnosti apod.. Rovnako tak treba navrhnuť aj vhodný prídavný materiál a zvoliť optimálne parametre zvárania. Po vyhotovení zvaru je potrebné podľa normy uskutočniť aj kontrolu

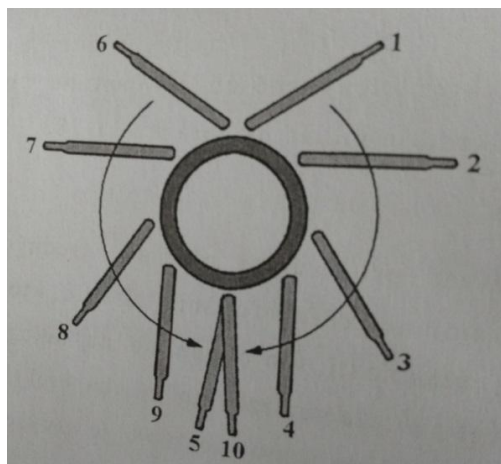
kvality a mechanické skúšky potvrdzujúce jeho vhodnosť na daný účel. Ako optimálne riešenie sa navrhlo zváranie skúšobného kusu rúry v polohe PJ – t.j. zhora nadol, ktorého najväčšia výhoda oproti zváraniu v polohe PH – t.j. zdola nahor, spočíva v kratšom čase zvárania. Kvalita zvarového spoja sa hodnotila podľa platných noriem, a to vizuálnou metódou, kapilárnou metódou a skúškou ultrazvukom a tiež deštruktívnymi skúškami. Na základe výsledkov skúšok je možné vytvoriť vhodný technologický postup zvárania.

Polohy zvárania a ich význam

Ako hlavné kritérium pre návrh technologického postupu, bol čo najmenší čas vyhotovenia zvarového spoja. Výberom vhodného základného aj prídavného materiálu sa splnila podmienka pre optimálnu výrobu skúšobného spoja. Veľmi dôležitým faktorom, ktorý vplýva na rýchlosť, je poloha zvárania.

Poloha PH – *zdola nahor* – táto poloha je určená na zváranie tupých zvarov na rúre. Patrí medzi najčastejšie ručné spôsoby zvárania rúr. Zváranie zdola nahor sa vykonáva buď celulóznymi alebo bázickými elektródami, ktoré sú charakterizované nižšími prúdmi a menšími rýchlosťami zvárania. [3]

Poloha PJ – *zhora nadol* – Jedná sa o veľmi produktívny spôsob ručného zvárania rúr. Tento postup zvárania vyžaduje špeciálne elektródy na zváranie rúr (ojedinele aj elektródy s celulóznym obalom) a taktiež zvláštne zaškolenie zvárača. Polohu elektródy v jednotlivých úsekoch obvodu rúry, spôsob kladenia húseníc a pohyb elektródy vidieť na Obr. 1. [2]



Obr. 1: Postup výroby spoja na hrubostenných rúrach zhora nadol [2]

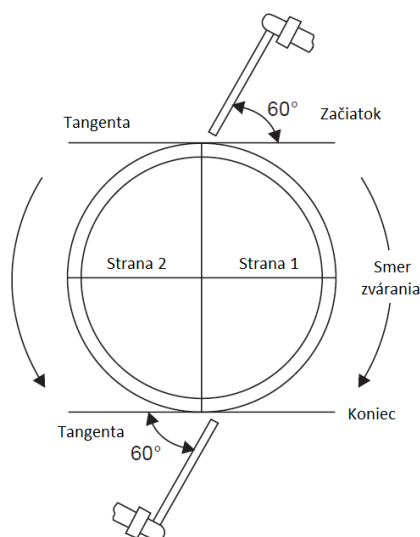
Zváraný spoj po celom obvode rúry sa vyhotovuje postupne. Zvárač najprv vyrobí koreňovú húsenicu na jednej strane rúry (polohy elektródy 1 – 2 – 3 – 4 – 5) a potom na druhej strane rúry (polohy 6 – 7 – 8 – 9 – 10). Podobne sa postupuje pri výrobe jednotlivých výplňových vrstiev. Jednotlivé húsenice na oboch stranách rúry možno výhodne vyrobiť dvomi zváračmi naraz. [2]

Ako bolo spomenuté v úvode, skúšobný kus rúry sa zváral polohou zhora nadol t.j. PJ. Keďže sa jedná o špecifickú polohu zvárania, v praxi sa využíva mnoho variácií vyhotovenia zvarového spoja polohou PJ. Je možné povedať, že na vyhotovenie zvarového spoja pri tejto polohe má vplyv hneď niekoľko faktorov ktorými môžu byť napr.:

- chemické zloženie a mechanické vlastnosti základného materiálu,
- chemické zloženie a mechanické vlastnosti prídavného materiálu,
- rozmery základného materiálu – pre rúru hrúbka a priemer,
- použitý druh elektródy,
- sklon elektródy,
- príprava zvarových plôch,
- zvolené parametre zvárania.

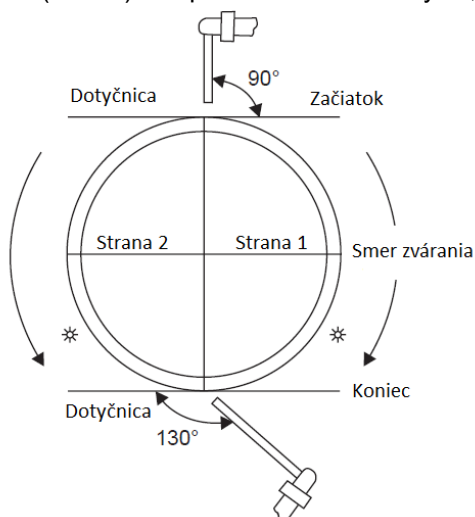
Na Obr. 1 možno vidieť aj približné sklony elektród, pričom tento sklon je daný meniacou sa polohou na rúre. Na základe dostupnej domácej i zahraničnej odbornej literatúry, autori ponúkajú niekoľko spôsobov vyhotovenia zvarového spoja polohou PJ. Podrobnejší popis polohy PJ sa nachádza na nasledujúcich obrázkoch.

Pri tomto spôsobe sa proces zvarovania začína v polohe 12 hodín na rúre a pokračuje smerom dole, až kým sa nedosiahne poloha 6 hodín (Obr. 2). Po dokončení jednej polovice rúry sa protiľahlá strana zvarí rovnakým spôsobom, čím sa vytvorí kompletná koreňová vrstva. Nasleduje druhá vrstva, známa ako hot – pass vrstva. Jej názov vychádza zo skutočnosti, že na zvarovanie tejto vrstvy sa použije vyšší zvarací prúd, aby sa odstránili všetky prípadné nečistoty a chyby z koreňovej vrstvy. Nasledujú vrstvy krycie, ktorých účelom je vyplniť zvarový spoj tesne pod úroveň povrchu rúry. Počet požadovaných výplňových vrstiev závisí predovšetkým na hrúbke základného materiálu. [1]



Obr. 2: Uhol sklonu elektródy pri polohe PJ – zvaranie koreňovej a hot – pass vrstvy [1]

Na nanášanie výplňových vrstiev, je potrebné zmeniť uhol sklonu elektródy zo 60° na 90° na myšlenú dotyčnicu (tangentu). Po dosiahnutí 4. hodiny sa však uhol sklonu elektródy zväčší z 90° na 130° až do polohy 6. hodín na rúre (Obr. 3). Na poslednú vrstvu - kryciu, sa využíva rovnaký spôsob. [1]



Obr. 3: Uhol sklonu elektródy pri polohe PJ pre výplňové vrstvy a kryciu vrstvu [1]

Praktická časť

Na realizáciu návrhu bol zvolený základný materiál L485MB (STN EN 10208 – 2). Jedná sa o termomechanicky spracovaný materiál, ktorý sa okrem iného, používa na stavbu tranzitných plynovodov a iných potrubných trás s veľkým priemerom. Samotný skúšobný kus bola rúra s priemerom

D = 813 mm a hrúbkou steny t = 12,5 mm. V Tab. 1 je uvedené chemické zloženie základného materiálu a v Tab. 2 mechanické vlastnosti zvoleného materiálu.

Tab. 1: Chemické zloženie L485MB

C	0,16%
Si	0,45%
Mn	1,70%
P	0,025%
S	0,020%
Ti	0,06%
V	0,10%
Nb	0,06%
Al	0,024%
Cu	0,25%
Ni	0,30%
Cr	0,30%
Mo	0,10%
V+Nb+Ti	0,15%
Fe	zvyšok %

Tab. 2: Mechanické vlastnosti L485MB

R _m [MPa]	R _{p0,5} [MPa]	KV [kJ/m ²]	A ₅ [%]
570	485 – 605	45	18

Daný materiál bol zváraný metódou ručného oblúkového zvárania obalenou elektródou (MMA). Radí sa medzi najpoužívanejšie spôsoby oblúkového zvárania, medzi jeho výhody patria nízke náklady oproti iným spôsobom zvárania, zvárač má voľnejší rozsah pohybu a je možné zvärať široké spektrum materiálov iba výmenou druhu elektródy. [1]

Pred samotným zváraním skúšobného kusu bolo treba zistiť, či daný materiál potrebuje kontrolovaný teplotný cyklus. Zo známeho vzťahu sa vypočítal uhlíkový ekvivalent:

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \leq 0,43$$

$$C_E = 0,16 + \frac{1,70}{6} + \frac{0,30 + 0,10 + 0,10}{5} + \frac{0,25 + 0,30}{15} \leq 0,43$$

$$C_E = 0,58 \leq 0,43$$

Z výpočtu je zrejmé, že podmienka nie je splnená a preto volíme predohrev na teplotu T_p = 150°C propán butánovým horákom. Ďalším dôležitým kritériom bolo správne navrhnutie elektród. Samotný zvarový spoj tvoria 3 vrstvy a to koreňová, výplňová a krycia, pri hrúbke materiálu t = 12,5 mm.

V praxi sa možno stretnúť pri rovnakej hrúbke základného materiálu s prídavným materiálom s rozmermi D = 2,5 mm na koreňovú vrstvu a D = 3,5 mm na zvyšné vrstvy, ktorých výroba je však časovo náročnejšia, preto sa volili elektródy, ktoré čas významne skracujú. Na vyhotovenie zvarového spoja skúšobného kusu sa navrhli bázické elektródy od výrobcu Böhler FOX BVD 90 s priermi D = 3,2 mm pre koreňovú a výplňovú vrstvu a D = 4 mm pre kryciu vrstvu (Obr. 4). V Tab. 3 sú uvedené parametre zvárania. V porovnaní oproti zváraníu zdola nahor, sa ušetrený čas pohybuje v rozmedzí 40 – 50%. Na ušetrený čas má vplyv jednak poloha zvárania a rovnako tak aj zvolené priemery elektród.

Na základe praktických skúseností technológa a zváračov, sa volil aj uhol sklonu elektródy, ktorý bol 80° ± 5° a zváranie prebehlo v jednej z najťažších polôh a to J – L045 (Obr. 6). Taktiež bolo odporúčané začať so zváraním jednotlivých vrstiev v polohe 11 hod. na rúre a ukončiť ho približne na 7. hodine.

EN 757:1997: E 55 5 Z2Ni B 4 5 H5
AWS A5.5-96: E9018-G

BÖHLER FOX BVD 90
SMAW stick electrode for vertical-down welding,
basic coating, pipe welding

Description

Basic coated electrodes for vertical-down welds of large diameter pipelines and for structural work. Suitable for filler and cover pass welding in pipeline construction. Deposit is extremely crack resistant, and features high toughness and a very low hydrogen content (HD < 5 ml/100 g). Special design and development work has enabled this electrode to provide exceptional striking characteristics and the avoidance of start porosity on cover (cap) passes. Due to this and the good welding characteristics this special basic electrode offers easy handling even under field conditions. Deposition rate is 80-100 % higher than for vertical up welding.

Typical Composition of All-weld Metal

wt-%	C	Si	Mn	Ni
	0,04	0,3	1,2	2,2

Mechanical Properties of All-weld Metal

(*)	u	
yield strength R _e N/mm ² :	600	(≥ 550)
tensile strength R _m N/mm ² :	650	(620 - 720)
elongation A (L ₀ = 5d ₀) %:	27	(≥ 20)
impact work ISO-V KV J	+ 20 °C: 170	(≥ 120)
	± 0 °C: 145	
	- 20 °C: 130	
	- 40 °C: 110	
	- 50 °C: 80	(≥ 47)

(*) u untreated, as-welded

Operating Data

	re-drying if necessary:	ø mm	L mm	amps A	=+
	300 - 350 °C, min. 2 h	3,2	350	110 - 160	
	electrode identification:	4,0	350	180 - 210	
	FOX BVD 90 9018-G E 55 5 Z 2Ni B	4,5	350	200 - 240	

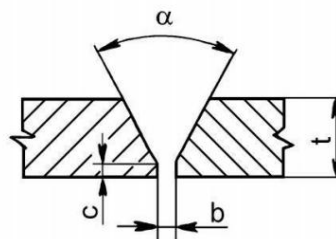
Base Materials

L485MB, L555MB
API Spec. 5 L: X 70, X 80

Approvals and Certificates

TÜV-D (03402), CL (1178), GdF (X), Statoil, UDT, GdF ø3.2; 4.0; 5.0 mm, SEPROZ

Obr. 4: Zvolený prídavný materiál



Obr. 5: Rozmery spoja

t = 12,5 mm

α = 60°

c = 1,5 mm

b = 2 mm

Tab. 3: Parametre zvarania:

Húsenica č.	1	2	3	4
Spôsob zvarania	111	111	111	111
Prídavný materiál Ø [mm]	3,2	3,2	4,0	4,0
Zvárač prúd [A]	115	160	200	180
Napätie [V]	20,5	21,5	23,3	22,0
Prúd/Polarita	=/+	=/+	=/+	=/+
Čas zvarania [min]	45	60	60	60

Tab. 4: Porovnanie ekonomickej efektivity polohy PH a PJ

Poloha ¹	Čas zvarania ¹ [hod]	Hodinová mzda zvárača [€/hod]	Denná mzda ¹ [€]	Mesačná mzda ¹ [€]	Ročná mzda ² [€]
H – L045	6,5	40	260	5980	65 000
J – L045	4,5	40	180	4140	46 800

1 – platí iba pre daný skúšobný kus, t.j. Ø = 813 mm a t = 12,5 mm

2 – 250 pracovných dní (mimo sviatkov, víkendov...)



Obr. 6: Vyhotovený zvar



Obr. 7: Poloha J – L045

Záver

Cieľom príspevku bolo uviesť čitateľa do problematiky zvárania tranzitných plynovodov a to z hľadiska polohy zvárania. Poukazuje na rozdiel medzi spomínanými polohami zvárania a vysvetľuje princíp pre zváranie v polohe PJ. Technika zvárania v tejto polohe je však v praxi veľmi náročná a preto vyžaduje skúsených zvaračov a tak isto zvaračský personál a trpezlivosť pri osvojení si tejto metódy. Praktickou časťou pristupuje k návrhu vhodných parametrov pre vyhotovenie zvarového spoja požadovaných vlastností. Na výrobu skúšobného zvaru v polohe PJ sa použili 2 druhy elektród s priermi 3,2 mm a 4 mm. Po vyhotovení zvarového spoja sa skúšobný kus podrobil podľa normy skúškam kvality zvarového spoja a mechanickým skúškam, ktoré preukázali jeho vyhovujúcu kvalitu pre daný účel. Okrem výroby zvarového spoja, sa experimentálna časť práce zaoberá aj ekonomickým hľadiskom, na ktorý má priamy vplyv poloha zvárania. Pre výrobu skúšobného kusu rúry, bola zvolená poloha zvárania zhora nadol. Daná poloha má z hľadiska ekonomiky výrazný vplyv na šetrení nákladov, keďže sa časy zvárania skrátili v priemere o 40 – 50%.

Zoznam použitej literatúry

- [1] KHAN, I.: *WELDING SCIENCE AND TECHNOLOGY*. New Age International (P) Limited, Publishers, 2007, ISBN 978 – 81 – 224 – 2621 – 5.
- [2] Országh, P., Országh, V.: *ZVÁRANIE MMA OCELÍ A NEŽELEZNÝCH KOVOV*. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava, 2003, ISBN 80 – 224 – 0758 – 5.
- [3] LINCOLN ELECTRIC: *WELDING PRESSURE PIPELINES & PIPING SYSTEMS – PROCEDURES AND TECHNIQUES*. [cit. 2019 – 08 – 29]. Dostupné na internete: https://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_PipelinerConsumables-Pipeliner-PipelinerLH-D90/c2420.pdf

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Pavel FLORIAN; Stavcert Praha
Ing. Martin TREBICHAŤSKÝ, živnostník



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



Autogenní pálicí stroje a svařovací vozíky KOIKE

Oxy-fuel cutting machine and compact welding carriage KOIKE

Jakub MÁŠA

Organizácia / Organization:

ARC-H Welding s.r.o. - výhradní zastoupení společnosti KOIKE v ČR a SR

Tel.: 00420 / 603 192 126

E-mail: jakub.masa@archwelding.cz

Abstrakt:

Novinky v sortimentu japonské společnosti KOIKE, která se zabývá automatizací v oblasti autogenních a plasmových pálicích strojů a svařovacích vozíků. Nové stroje reagují na aktuální požadavky svých uživatelů a dynamický vývoj ve strojírenské výrobě.

Jakub Máša – ARC-H Welding s.r.o., Brno - výhradní zastoupení společnosti KOIKE v ČR a SR.

Abstract:

News in the assortment of the Japanese company KOIKE, which deals with automation in the field of autogenous and plasma cutting machines and welding carriages. New machines respond to the current requirements of their users and dynamic development in mechanical engineering.

Jakub Masa - ARC-H Welding s.r.o., Brno - exclusive representation of KOIKE in the Czech and Slovak Republics.

Odborný příspěvek recenzoval: doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD.; Bratislava
Ing. Helena RADIČOVÁ, PhD.; VÚZ, Bratislava



Netradiční laserové aplikace a volba vhodných technických plynů

Unconventional laser applications and selection of suitable technical gases

Ing. Jan KAŠPAR

Organizácia / Organization:

Messer Technogas s.r.o., Zelený pruh 99, 140 02 Praha 4

Tel.: 00420 / 602 339 217

E-mail: jan.kaspar@messergroup.com

Abstrakt:

Laserové aplikácie jsou již velmi rozšířené a své uplatnění nacházejí v mnoha oborech. Ve strojírenské praxi se lasery používají především v oblasti tepelného dělení materiálu. Tento příspěvek se zaměřuje na využití laserů pro méně obvyklé operace, jako je navařování, svařování, 3D tisk a řezání přírodních materiálů. V příspěvku jsou také zmíněna kritéria pro volbu vhodných technických plynů pro jednotlivé aplikace.

Abstract:

Laser applications are enlarged nowadays and are found in many fields. Lasers are used mainly for thermal cutting of material in engineering. This paper is focused on the use of lasers for less common operations such as cladding, welding, 3D printing and cutting of natural materials. Criteria for selection of suitable technical gases for each application are also mentioned in the paper.

1. Úvod

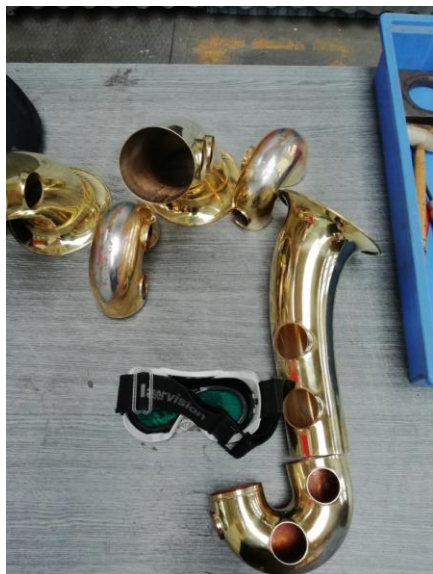
Hlavním těžištěm využití laserů ve strojírenské praxi je bezesporu dělení materiálu. Lasery se však stále častěji uplatňují i v dalších oblastech, jako je svařování, pájení, kalení a navařování. Každý z těchto procesů vyžaduje pro svůj zdárný průběh použití příslušných technických plynů.

2. Laserové svařování tenkých plechů na bázi mosazi

Laserové svařování se díky svým výhodám a zároveň vysokým investičním nákladům uplatňuje hlavně ve velkosériové výrobě. Jsou však případy, kdy se laser využívá i pro kusovou či zakázkovou výrobu. Konkrétním příkladem je výroba hudebních nástrojů - saxofonů (obr. 1 a obr. 2) ve firmě MATEX PM. Svařovaným materiálem byly různé typy mosazi až po "Tombak" s vysokým obsahem Cu. Tloušťka základního materiálu nepřesahuje 1 mm. Svařovací proces probíhal v inertní ochranné atmosféře argonu čistoty 4.8.

Svařování laserem bylo v tomto případě provedeno natupo, bez přídavného materiálu. Jedná se o rychlou a spolehlivou metodu, která však vyžaduje nejen velmi přesné sesazení jednotlivých dílů, ale také precizní nastavení provozních parametrů (výkon laseru, rychlost svařování, průtok a správná volba

ochranného plynu, velikost spotu...). Laserový svar je úzký a vykazuje čisté rozhraní. Ani v případě svařování různých druhů mosazi není po svaření a rozleštění patrné nepravidelné promíšení, které by kazilo vizuální jakost. Při správné volbě parametrů nedochází k propalu základního materiálu. Vzniklé deformace jsou minimální.



Obr. 1 Díly saxofonu před svařováním



Obr. 2 Částečně svařený saxofon

Pro spojování jednotlivých dílů saxofonu lze použít také pájení, ale tato technologie přináší určité komplikace. Dochází ke znečištění okolí spoje pájkou a tavídem, což vyžaduje nutnost obtížného čištění. Další nevýhodou je vznik hrany na spoji jak na vnitřní, tak i na vnější straně. Výsledkem je nejen zhoršený estetický dojem z výrobku, ale i případné nebezpečí akustické vady vlivem vnitřní hrany.

3. Laserové řezání přírodních materiálů

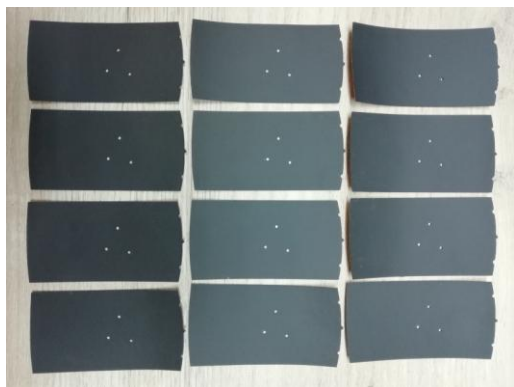
Laserové řezání nachází své stabilní aplikace i v oblastech mimo tradičního "pálení plechů". Používá se rovněž k řezání přírodních materiálů jako je dřevo, překližka, papír, textil, umělá i přírodní kůže. V těchto aplikacích nebývá kladen důraz na produktivitu, ale spíše na kvalitu řezu, neboť se obvykle jedná o estetické, pohledové výpalky. Při klasickém řezání plechů se používá buď oxidační, nebo inertní plyn, podle toho, zda má řezací plyn pouze vyfukovat roztavený materiál nebo jej i spalovat.

V případě řezání přírodních materiálů je jejich oxidace velmi nežádoucí, neboť dochází ke vzniku těžko odstranitelného zabarvení okolí řezné hrany. Rovněž riziko vznícení řezaných dílů není zanedbatelné. Z tohoto důvodu se používají ochranné plyny, které mají za cíl snížit vznik kouře, který znečišťuje řezané díly a také absorbuje část energie laserového paprsku. Možnou volbou je stlačený vzduch aplikovaný koaxiální tryskou nebo ze strany podobně jako při svařování. Toto standardní řešení sice úspěšně chrání optiku laseru před znečištěním, ale nijak nebrání oxidaci - spíše naopak.

Použití argonu nebo dusíku jako řezného plynu se jeví jako velmi vhodná volba. Při správném nastavení průtoku plynu, vzdálenosti trysky a řezných parametrů lze dosáhnout velmi kvalitních řezů bez přítomnosti kouřových stop v okolí řezu a dokonce i zcela čisté řezné hrany. Dalším vítaným přínosem je podstatné snížení zápachu řezaných dílů, který je typický pro řezy bez ochranné atmosféry.

Jako konkrétní příklad uveďme laserové řezání kůže (obr. 3).

Jako řezný plyn se v tomto případě používá N_2 . Řez je vysoce jakostní, čistý, bez opalů a nutnosti dalšího opracování (obr. 4).



Obr. 3 Laserové řezání kůž



Obr. 4 Řezná plocha na kožených výpalcích

4. Laserové navařování titanových vrstev

V poslední době se často mluví o aditivní výrobě, či 3D tisku kovových materiálů. Na trhu je celá řada tiskáren, které pracují obvykle metodou „powder bed“, tedy tisknou po vrstvách postupným spékáním prášku v uzavřeném prostoru. Celý objem komory je buď vyvacuován nebo naplněný ochranným inertním plynem. Alternativou jsou metody odvozené z navařování práškem nebo drátem, kdy robot nebo CNC stroj postupně navařuje požadovaný tvar (obr. 5). Tato metoda je mnohem rychlejší a není omezena velikostí komory, nicméně je třeba dokonale zvládnout problematiku ochranného plynu.



Obr. 5 Laserové navařování titanových vrstev

Touto metodou je možné vyrábět polotovary pro obrábění nebo návarové vrstvy z materiálů na bázi nástrojových ocelí, nerezů, kobaltových i niklových slitin, ale i slitin titanu.

Titan je oprávněně považován za téměř nesvařitelný materiál pro běžné metody kvůli extrémní reaktivitě. Je tedy zřejmé, že použitý ochranný plyn musí být inertní. Do této kategorie plynů patří argon a helium. V praxi se používá většinou argon, který je výrazně levnější než helium. Navíc je těžší než vzduch, což napomáhá k lepší ochraně svarové lázně.

Ve firmě MATEX PM se podařilo vyvinout postup navařování Ti vrstev laserem bez použití vakua, tedy pouze s důkladně vyřešeným přívodem ochranného plynu. Postup se využívá k navařování definovaně porézních vrstev pro medicínské implantáty. Při určité velikosti pórů dochází k výrazně lepšímu spojení mezi implantátem a kostní tkání. Tyto návarové vrstvy je možné nanést na polotovary zhotovené ze všech materiálů schválených pro výrobu implantátů. Výhodou vyvinuté metody je velmi vysoká produktivita, možnost zpracování obecných 3D ploch bez omezení velikosti a rovněž snadná možnost kombinace různých materiálů vrstvy, jako např. Ti Grade 1 a Grade 6.

5. Renovace a opravy hřídelí

Opravy poškozených hřídelí se tradičně provádí buď galvanickým chromováním, žárovými nástřiky nebo navařováním metodou MIG/MAG nebo SAW, případně PTA. Záleží na tloušťce nanášené vrstvy, rozměrech hřídele a požadovaných vlastnostech nanášené vrstvy.

MATEX PM používá s úspěchem moderní metodu laserového navařování „laser cladding“. Jedná se o metodu, kdy laserový paprsek navařuje na povrch součásti přídavný materiál ve formě prášku nebo drátu. Tato metoda je, co se týká tloušťky návarové vrstvy, někde mezi žárovými nástřiky a PTA. Obecně se vyznačuje velmi nízkým vneseným teplem, nízkým stupněm promíchání návarového materiálu s podkladem a přitom metalurgickým spojením. Důležité je, aby celý proces probíhal v ochranné atmosféře. Volba vhodného plynu je závislá nejen na základním materiálu, ale též na druhu přídavného materiálu. Velmi často se pro tyto aplikace používá argon.

Při správném provedení nedochází k odlupování vrstvy ani po cyklickém zatěžování. Vrstvy nanášené laserovým navařováním lze využít pro celou řadu strojírenských aplikací. Jedná se o prosté obnovení původního tvaru součásti, o zvýšení otěruvzdornosti, odolnost proti korozi nebo proti cyklickým teplotním změnám. Pokud je proces navařování dobře zvládnutý s ohledem na riziko oxidace, pak lze zajistit prakticky zcela čistý, nezoxidovaný návar, který může být použitý i jako antikorozi ochrana. Dalším cílem je také možnost vytváření teoreticky neomezené tloušťky návaru postupným kladením vrstev přes sebe.

V minulosti byla tato metoda používána spíše pro speciální aplikace v energetice či v leteckém průmyslu. V současné době máme zpracované postupy pro opravy lisovacích nástrojů, různých typů hřídelí a hydraulických válců. Zmíněné součásti byly často opravovány opakovaně, přičemž laserový návar byl zvolen jako modernější náhrada za původní metodu chromování, HVOF, případně i namísto SAW. V žádném případě se již nejedná o laboratorní práce, ale o plně zvládnutou metodu, díky které lze zpracovávat i součásti o hmotnosti více než 10 tun.

6. Závěr

Laserové technologie patří bezesporu mezi nejmodernější metody zpracování materiálu. Možnosti jejich uplatnění jsou velice široké a zasahují i do méně známých oblastí. Správná volba provozních parametrů v kombinaci s vhodnou volbou technických plynů napomáhá jejich bezvadné funkci a plnému využití výrobního potenciálu.

Odborný příspěvek recenzoval: Ing. Pavol RADIČ, PhD., VÚZ Bratislava
Ing. Simona MRKVOVÁ, PhD., Trstená



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



Prezentácia firmy Solík SK, s.r.o.

Companies Solík SK, s.r.o. - presentation

Ing. Martina SOLÍKOVÁ, Martin SOLÍK, Mgr. Jana BATRNOVÁ

Organizácia / Organization:

Solík SK, s.r.o.; Odborov 2554; 01701 Považská Bystrica, Slovakia
www.solik.sk

Tel.: 00421 / 905 939 611
00421 /917 880 640

E-mail: martina.solikova@soliksk.sk
jana.batrnova@solik.sk

Abstrakt:

Firma Solík SK, s.r.o. ponúka širokú škálu výrobkov pre potreby bežnej výrobnéj praxe zameranej na zvaračskú výrobu. Prezentáciu súoločnosti Solík SK, s.r.o. májdate na adrese: <https://prezi.com/view/A1Lk1eVVD7IR3G898v0d>



!!! POZOR NOVÁ E-MAILOVÁ ADRESA !!!
Prešli sme na novú doménu www.solik.sk

@soliksk.sk → **@solik.sk**

solik | zväracia
technika

facebook.com/SolikSK

instagram.com/soliksk

youtube.com/soliksk

linkedin.com/company/soliksk

<http://bit.ly/ponte-201>

<http://bit.ly/lorch-micortig>

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Anton ŠOŠKA, VÚZ Bratislava
Ing. Anton ŽUFFA; Trstená



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



Profesor Arpád TESÁR - 100 rokov od narodenia

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421/ 905/ 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Dňa 1. februára 2019 si technická verejnosť pripomína sté výročie narodenia profesora Arpáda Tesára. S menom profesora Arpáda Tesára (1919–1989), veľkého slovenského vedca a inžiniera, sú spojené mnohé inžinierske konštrukcie a vedecké diela, význam ktorých prerástol rámec jeho rodnej krajiny. Arpád Tesár sa narodil 1. februára 1919 v železničiarkej rodine vo Vrútkach. Gymnázium absolvoval v Liptovskom Mikuláši a po maturite študoval dva roky architektúru na VUT Brno. V roku 1939 mu bolo udelené Humboldtovo štipendium a v jeho rámci pokračoval v štúdiu stavebného inžinierstva na TU Charlottenburg v Berlíne, ktorú v roku 1945 ukončil. Po ukončení štúdia pôsobil ako asistent profesora Schleichera na TU Charlottenburg a neskôr v leteckých závodoch Messerschmidt-Werke v Nemecku.

V povojnovom období sa výrazne podieľal na budovaní priemyselnej základne Slovenska (v Istebnom, Krompachoch, Brezne a Podbrezovej). Zaujímavé mostné stavby – predpätý lanový potrubný most v Kralupoch alebo potrubný most cez rameno Dunaja v bratislavskom prístave a ďalšie, ktorých je autorom, získali uznanie a obdiv technickej verejnosti doma i v zahraničí.

Po návrate na Slovensko pôsobil najprv na Mostnom oddelení Slovenských železníc v Bratislave, kde navrhol a vyprojektoval také diela ako Červený most v Bratislave, železničnú časť Starého mosta cez Dunaj v Bratislave, Bánovský a Tisovecký viadukt a ďalšie mosty a železničné ako aj priemyselné stavby v Československu.

Neskôr vo funkcii riaditeľa bratislavskej pobočky Vítkovických železiarní Klementa Gottwalda bol autorom radu veľkých oceľových mostných konštrukcií a priemyselných stavieb. V nadväznosti sa stal riaditeľom Hutného projektu v Bratislave. Okrem iných stavieb bol autorom nosného systému Mincovne v Kremnici, oceľových konštrukcií železiarní v Krompachoch, ako aj ďalších priemyselných stavieb.

Jeho ďalšie odborné pôsobenie prebiehalo na Výskumnom ústave zvaračskom v Bratislave, kde bol vedúcim Oddelenia zvaraných konštrukcií a v spolupráci s akademikom Čabelkom vytvorili nové unikátne technológie zvarania oceľových mostov. Potom prešiel na Slovenskú vysokú školu technickú v Bratislave, kde vo funkcii vedúceho Katedry oceľových a drevených konštrukcií a mostov vychoval niekoľko generácií statikov, mostárov a stavebných inžinierov. Pri riešení problémov mostného inžinierstva úzko spolupracoval s Vysokou školou dopravy a spojov v Žiline ako aj s Technickou univerzitou v Košiciach.

Neoddeliteľnou panorámou Bratislavy je prekrásna silueta Mosta SNP nad Dunajom, odvážnej konštrukcie, ktorej návrh a realizácia boli jedným z vrcholov inžinierskej invencie profesora Tesára. Most bol ocenený titulom Stavba storočia na Slovensku. Pre svoj unikátny šikmý pylón je členom renomovanej World Association of Tall Towers a právom sa zaraďuje medzi najkrajšie mostné konštrukcie na svete. Technicky je most SNP nádherným a fascinujúcim inžinierskym dielom, ktoré zákonite budí obdiv technickej verejnosti na celom svete a vystupuje ako mýtus v učebniciach mostného inžinierstva.

Poloha mosta, okrem iného, bola vynútená existenciou tzv. železnej opony v lokalite Pečenského lesa v Bratislave v období totality, ktorá v tom období nepripúšťala inú lokalizáciu mosta ako spojnice centra mesta s Petržalkou. Na základe tejto skutočnosti základnou ideou jeho architektonického návrhu sa stala myšlienka, aby most so svojim šikmým pylónom a reštauráciou na jeho vrchole vytvoril optickú protiváhu hradnej skale s bratislavským hradom a vežou Dómu svätého Martina. Táto idea, viditeľná zo Starého mosta, sa odkryla po otvorení hraníc s Rakúskom, pri prízjazde od Hainburgu k hraničnému prechodu Berg.

Bratislave zanechal aj iné konštrukcie a objekty, ktoré patria ku koloritu mesta. Jeho zásada **“staticky dokonalá konštrukcia je aj esteticky krásna”**, ktorá je plodom práce a myslenia veľkých inžinierov, sa v plnej miere prejavila vo všetkých jeho návrhoch a konštrukciách.

Originálne inžinierske diela, ktorých bol autorom, ho zákonite viedli k vypracovaniu nových netradičných teoretických a výpočtových postupov v rámci mechaniky konštrukcií. Jeho vedecké práce v oblasti tenkostenných konštrukcií, v mostnom inžinierstve, v oblasti mechaniky škrupinových konštrukcií ako aj v problémoch stability kovových konštrukcií našli vysoké uznanie vo vedeckých kruhoch doma i v zahraničí. Spolu s profesorom Aurelom Stodolom sú preto v odborných kruhoch právom považovaní za najvýznamnejších inžinierov a vedcov Slovenska v dvadsiatom storočí.



Silueta mosta SNP, bratislavského hradu a Dómu Sv. Martina



100. výročia založenia Československej republiky

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421/ 905/ 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Český svaz vědeckotechnických společností a Zváz slovenských vedecko-technických spoločností si 20. októbra 2018 uctil 100. výročie založenia Československé republiky. Stretnutie nielen čelných predstaviteľov obidvoch zväzov, pozvaných hostí z akademickej oblasti a spoločenského života, ale hlavne inžinierov a technikov sa uskutočnilo v Pevnosti poznania v Olomouci (Areál Korunní pevnůstky). Mezi nimi byli rektor Univerzity Palackého v Olomouci prof. Jaroslav Miller, prof. Jiří Hirš, prorektor Vysokého učení technického v Brně, předseda olomoucké oblasti Českejvkomory autorizovaných inžinierov Ing. Jiří Kožušníček a Mgr. Ing. Tomáš Sýkora člen predstavenstva Okresnej hospodárskej komory Olomouc. Akcia sa konala pod záštitou Univerzity Palackého v Olomouci. Mottom udalosti bola myšlienka: Veda a technika pre život.

Spoločným stretnutím sme si pripomenuli akým spôsobom sa česká a slovenská komunita inžinierov a technikov v priebehu posledných 100 rokov podieľala na spoločenskom a hospodárskom živote našich štátov. V prednáškach boli vyzdvihnuté popredné udalosti uplynulých 100 rokov od vzniku Československa z pohľadu vedy, techniky a inžinierstva na území dnešných dvoch samostatných štátov.

Slávnostné otvorenie pripadlo na hostiteľa, doc. Ing. Daniela Hanusa, CSc., predsedu ČSVTS. Zdravicu za Slovenskú stranu predniesla Ing. Božena Tušová, viceprezidentka ZSVTS.

Po vystúpení delegátov jednotlivých pozvaných inštitúcií nasledovali hlavné prednášky podujatia v tomto poradí:

- Věda, výzkum a transfer technologií na Univerzitě Palackého v Olomouci, Dr. Ing. Petr Kubečka - vedúci oddelenia transferu technológií Vedecko-technického parku UPOL
- Sto let od vzniku Československa z pohľadu vedy, techniky a inžinierstva na území dnešných dvoch štátov, PhDr. Miloš Hořejš, Ing. Karel Zeithammer, CSc. – Národné technické múzeum v Prahe.
- Historie inženýrských a vědeckotechnických spolků v Českých zemích, doc. Ing. Daniel Hanus, CSc., EUR ING - predseda ČSVTS.
- Akreditácia EUR ACE na Slovensku, prof. Ing. Dušan Petráš, PhD. – predseda ZSVTS.
- Význam ocenenia „Plaketa za rozvoj spolupráce“ medzi ČSVTS a ZSVTS, Ing. Jiří Frýba - zástupca ocenených osobností.



Významnosť spoločného stretnutia podčiarklo aj slávnostné odovzdávanie "Plakiet za rozvoj spolupráce" medzi ČSVTS a ZSVTS. Tohtoroční laureáti sú Ing. Dušan Ferienc zo Slovenskej spoločnosti geodetov a prof. Jiří Hirš z českej Spoločnosti pre techniku prostredia. Plakety oceneným spoločne odovzdali prezident ZSVTS prof. Dušan Petráš a predseda ČSVTS doc. Daniel Hanus.

Príjemná atmosféra stretnutia ukázala, že spolupráca medzi odborníkmi obidvoch zväzov v oblasti vedy, výskumu, techniky a inžinierstva pretrváva bez ohľadu na to, že už nie sme spojení v jednom štáte a že nie sú žiadne prekážky, aby tomu tak bolo aj v budúcnosti.



Pevnosť poznania v Olomouci z vtácej perspektívy



Pohľad do auditória



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019**
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



72. výročné zasadanie IIW

72th IIW Annual Assembly

Ing. Peter ĎURÍK

Organizácia / Organization:

Výskumný ústav zvaračský, z.z.p.o. Račianska 71, 832 59 Bratislava

Tel.: 00421 / 918 714 624

E-mail: durikp@vuz.sk

Abstrakt:

72. výročné zasadnutie IIW - Medzinárodného zvaračského inštitútu – v Bratislave. Udelenie cien IIW. Medaila akademika Čabelku – ocenenie SZS a VÚZ. Ocenenie ZSVTS. Delegáti a experti za Slovenska. Zasadnutie odborných komisií IIW. Konferencia, plánované výročné zasadnutia a kongresy.

Abstract:

72th Annual Assembly of the IIW - International Welding Institute – in Bratislava. Award of IIW Prizes. Medal's of academic Čabelka – Prizes of SZS and VÚZ. The Prizes ZSVTS. Delegates and Experts from Slovakia, Technical Commissions IIW. Conference, future Annual Assemblies and National Congresses.



72nd IIW Annual Assembly and International Conference
7th - 12th July 2019

72. Výročné zhromaždenie a medzinárodná konferencia Medzinárodného inštitútu Zváranie (IIW) sa konala od 7.7. do 12.7. 2019 v Bratislave.

Počet účastníkov bol takmer 800 ľudí z celého sveta. Zhromaždenie schválilo zmenu sídla IIW, nové sídlo je Istituto Italiano della saldatura (IIS) Group (Talianско) na päťročné obdobie od 1. január y 2020 do 31. decembra 2024.

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Beáta MACHOVÁ; VÚZ





47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



Postavenie ZSVTS a jeho odborných spoločností v medzinárodných organizáciách

Ing. Jozef KRAJČOVIČ, PhD.; Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

ZSVTS, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421/ 905/ 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Abstrakt:

Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností ZSVTS

- 48 členských spoločností
- vyše 20 000 členov
- zastúpenie v 35 medzinárodných mimovládnych organizáciách

Členstvo ZSVTS a jeho subjektov v medzinárodných mimovládnych organizáciách

AREA	EFEE	EURACHEM	IGIP	IWA
AUTEX	EFNMS	EUROSIM	IIW	Lux Europa
CIE	EHPA	FEANI	IMEKO	NucNet
CIGR	EFQM	FEZA	ISRM	REHVA
CLGE	ENAAE	FIG	ITC	SAVE
ECERS	ENS	ICG	IUCr	WFEO
EFCATS	EOQ	IFIP	IUVSTA	WRA

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Božena TUŠOVÁ; ZSVTS
Ing. Anton BITTNER, MBA; ZSVTS



Hodnotenie SZS z pohľadu aktivít ZSVTS

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská zvaračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421 905 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Slovenská zvaračská spoločnosť (SZS) dlhodobo patrí medzi najaktívnejšie spoločnosti v rámci Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností (ZSVTS). Pritom činnosť členských organizácií zväzu je všestranná a má široký záber. Dominantné postavenie SZS sa potvrdilo aj na májovom zasadnutí Rady ZSVTS, kde boli prezentované aktivity ZSVTS a jeho členských subjektov za uplynulé obdobie.

Zo všetkých členských organizácií zväzu, ktoré sa podieľali na bohatom sumáre odborných a vzdelávacích činností treba osobitne vyzdvihnúť najúspešnejších päť ČO ZSVTS. Za rok 2017 sa na popredných priečkach umiestnili tieto spoločnosti:

1. Slovenská zvaračská spoločnosť,

1. Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia,
3. Slovenská cestná spoločnosť.

Aj keď v poslednom hodnotenom období SZS skončila na 1. mieste, z historického pohľadu jej patrí druhé miesto, čo je zdokumentované aj v doleuvedenej tabuľke.

Rok	Umiestnenie		
	1. miesto	2. miesto	3. miesto
2018	SZS	SSTP	SCS
2017	SZS	SSTP	SCS
2016	SZS	SSTP	SCS
2015	SSTP	SCS	SZS
2014	SSTP	SZS	SCS
2013	SSTP	SZS	SNUS

Tabuľka 1: Najúspešnejšie členské organizácie ZSVTS v hodnotení odborných aktivít za roky 2013 až 2017. (SSTP – Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia; **SZS** – Slovenská zvaračská spoločnosť; SCS – Slovenská cestná spoločnosť; SNUS – Slovenská nukleárna spoločnosť)

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Jozef KRAJČOVIČ, PhD.; ZSVTS
Ing. Anton BITTNER, MBA; ZSVTS

Slovenská zväračská spoločnosť udeľuje ocenenie “3x NAJ“

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Slovenská zväračská spoločnosť (SZS) od roku 2010 udeľuje ocenenie “3x NAJ“ ako výraz morálneho ohodnotenia domácich a tiež zahraničných prednášateľov, ktorí sa na území SR aktívne (t.j. s prednáškou týkajúcou sa problematiky zvárania) zúčastnili odborných akcií, seminárov, konferencií a kongresov.

Ocenenie sa udeľuje vždy za uplynulý kalendárny rok v nasledovných kategóriách:

- najlepší prednášateľ,
- najoriginálnejší prednášateľ,
- najpútavejší prednášateľ.

Základným kritériom pri rozhodovaní o udelení ocenenia je úroveň a prednes príspevku. Výbor SZS udeľuje ocenenie na základe vyhodnotenia všetkých návrhov od jednotlivých príslušníkov zväračskej verejnosti. Návrhy je možné podávať na sekretariát SZS v písomnej forme počas celého kalendárneho roka, avšak uzavretie ročného cyklu podávania návrhov končí vždy 31. októbra. Návrhy doručené po tomto termíne budú spracované až v nasledujúcom ročnom cykle. Návrh musí obsahovať:

základné údaje o osobe navrhutej na udelenie ocenenia,

zdôvodnenie návrhu (stručný opis odbornej činnosti),

meno a priezvisko osoby, ktorá návrh podala s vlastnoručným podpisom.

Návrhy na udelenie ocenenia spolu so zdôvodnením eviduje sekretariát SZS. Ocenenie „3x NAJ“ sa odovzdáva pri príležitosti Týždňa vedy a techniky na Slovensku, a to na medzinárodnej konferencii ZVÁRANIE, ktorej usporiadateľom je SZS. Zoznam dosiaľ udelených ocenení je uvedený v nasledovnej tabuľke.

Ocenenia „3x NAJ“ udelené v roku 2010 až 2017

Ocenenie udelené za rok:	Kategórie ocenenia „3x NAJ“		
	NAJlepší prednášateľ	NAJoriginálnejší prednášateľ	NAJpútavejší prednášateľ
2010	prof. Ing. Milan TURŇA, PhD.	doc. Ing. Milan ČOMAJ, PhD.	Ing. Marián BARTOŠ
2011	doc. Ing. Jozef PECHA, PhD.	RNDr. Libor MRŇA, PhD.	Dr. eng. Krzysztof SADURSKI
2012	Ing. Jaroslav KUBÍČEK	doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD.	doc. Ing. Harold MÄSIAR, CSc.
2013	Ing. Ľuboš MRÁZ, PhD.	doc. Ing. Viliam LEŽDÍK, PhD.	Ing. Jan KAŠPAR
2014	Ing. Miroslav MUCHA, PhD.	prof. Mgr. Ružica NIKOLIĆ, PhD.	doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD.
2015	prof. Ing. Pavol ŠVEC, PhD.	doc. Ing. Stanislav NĚMEČEK, PhD.	Ing. Peter ŽÚBOR, PhD.
2016	prof. Ing. Pavol SEJČ, PhD.	Peter BRHLÍK	doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD.
2017	Ing. Magdalena ŠMÁTRALOVÁ, PhD.	Ing. Šárka STEJSKALOVÁ	Ing. Radoslav KOŇÁR, PhD.
2018	Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD.	Ing. Vlastimil KUKLÍK, PhD.	Ing. Daniel DOPJERA, PhD.



Návrh na udelenie Ocenenia "3x NAJ" za rok 2019



Kategória: NAJLEPŠÍ PREDNÁŠATEĽ

Meno, priezvisko, titul*:
Názov organizácie:
Adresa:
tel./fax:
e-mail:

Kategória: NAJORIGINALNEJŠÍ PREDNÁŠATEĽ

Meno, priezvisko, titul*:
Názov organizácie:
Adresa:
tel./fax:
e-mail:

Kategória: NAJPÚTAVEJŠÍ PREDNÁŠATEĽ

Meno, priezvisko, titul*:
Názov organizácie:
Adresa:
tel./fax:
e-mail:

Poznámka:

- 1) navrhovateľ podľa vlastného uváženia navrhne prednášateľov na jednu, dve alebo všetky tri kategórie ocenení,
- 2) údaje označené hviezdikou je navrhovateľ povinný vypísať.

Doplňujúce údaje (napr.: názov príspevku, termín, miesto a názov odbornej akcie, seminára, konferencie alebo kongresu, kde bol príspevok prednesený a podobne):

.....
.....
.....

Návrh na Ocenenie "3x NAJ" podáva:

Názov právnickej osoby / meno, priezvisko, titul fyzickej osoby:

.....
Adresa:
tel./fax:
e-mail:

V, dňa

.....
podpis navrhovateľa

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Katarína PUPÁKOVÁ; SZS
Ing. Renáta KOZMOVÁ; SZS

HISTÓRIU DOPRAVY VO VYSOKÝCH TATRÁCH – krst knihy

Ivan BOHUŠ

Abstrakt:

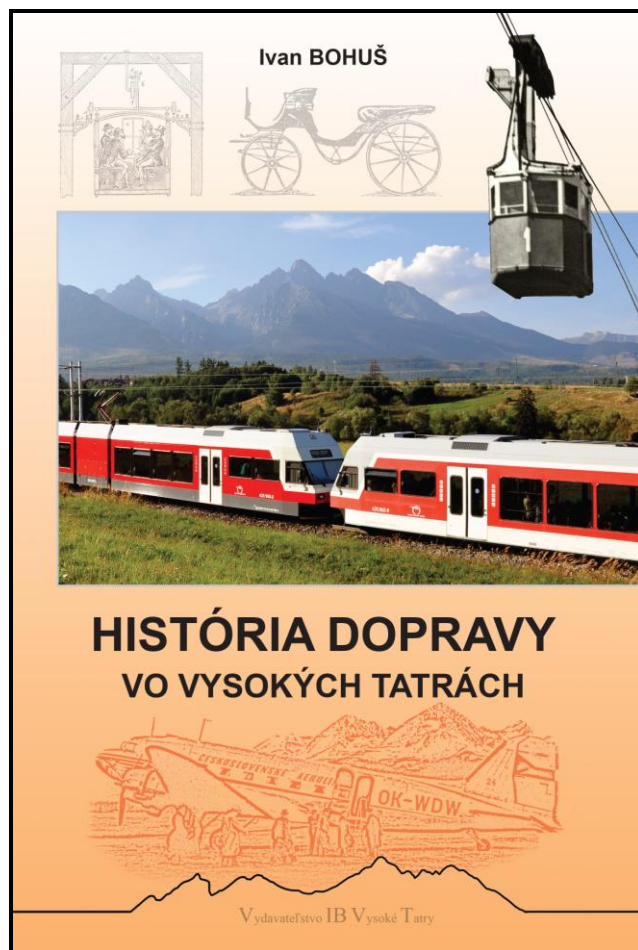
Históriu dopravy začali písať exploatátori tatranskej prírody z podtatranských miest a obcí, ktorí už v stredoveku prichádzali do lesov a dolín nad nimi. Lovci, bylinkári, pastieri.

V roku 1793 vznikla prvá tatranská osada, Starý Smokovec. Ďalším významným míľnikom v dejinách dopravy a turistického ruchu vo Vysokých Tatrách bol rok 1871, kedy bol dokončený podtatranský úsek Košicko-bohumínskej železnice (KBŽ). S tým súvisel aj vznik ďalších tatranských osád, ktoré sa rozvíjali ako centrá kúpeľníctva, cestovného ruchu, rekreácie, turistiky a zimných športov.

Typickými horskými dopravnými prostriedkami sú lanové dráhy. Prvá pozemná lanová dráha vo Vysokých Tatrách vznikla v roku 1908 medzi Starým Smokovcom a Hrebienkom. Visutú lanovú dráhu z Tatranskej Lomnice na Lomnický štít dali na celom úseku do prevádzky pre verejnosť v roku 1941. Dodnes ju považujeme za najatraktívnejšie dopravné zariadenie vo Vysokých Tatrách.

Od roku 1943 pristávajú na letisku Poprad-Tatry dopravné lietadlá. Vo vysokohorskom teréne našli uplatnenie vrtuľníky, ktoré uľahčujú prácu horským záchranárom a vrtuľníky, ktoré slúžia ako „lietajúce žeriavy“ pri rôznej stavebnej činnosti v ťažko prístupnom teréne alebo pri sezónnom zásobovaní chat.

Vývoj dopravných zariadení je veľmi zaujímavý najmä v horách, kde sú často nutné aj netypické riešenia.





**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



Súťaž SZS pre amatérskych fotografov „ZVAR 2019“

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská zvaračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421 905 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Proces zvarovania a diela vytvorené zvarovaním sú dostatočne inšpiratívne pre pekné zábery a stále nové pohľady. Vaše fotografie, s ktorými sa stretávame v každodennom živote, svedčia o záujme zdokumentovať nevšedné momenty zo zvarovania a možno ich aj porovnať s inými autormi. Preto sa Slovenská zvaračská spoločnosť (SZS) opätovne rozhodla vyhlásiť fotografickú súťaž s názvom „ZVAR 2019“.

Súťaž amatérskych fotografov dáva dostatočný priestor pre rôznorodé zábery z oblasti zvarovania a príbuzných procesov. Zameriava sa na nasledovné tematické okruhy:

- Krásy zvarovania (zvarové spoje, zvarované diela, detaily a pod.).
- Zvarač a jeho dielo (zachytenie človečenstva zvarača).
- Trápenie, alebo trápnosti pri zvarovaní (pokús o humorný pohľad na naše čierne remeslo).

Podľa pravidiel súťaže uverejnených na internetových stránkach www.szswelding.sk je možné do súťaže prihlásiť čiernobiely aj farebné fotografie. Jeden autor môže do každej kategórie poslať maximálne 3 fotografie. O výsledkoch súťaže rozhodne odborná rozhodcovská komisia. Každá súťažná téma bude vyhodnotená samostatne. Výhercovia získajú hodnotné vecné ceny od SZS a od sponzorov súťaže.

Súťažné fotografie posielajte **do 31. decembra 2019** na adresu **Slovenskej zvaračskej spoločnosti, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava**. Vyhodnotenie súťaže sa uskutoční až v roku 2019. Ocenené fotografie budú vystavené v priestoroch Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností, ktorého je SZS členom, ako aj pri slávnostných príležitostiach a podujatiach organizovaných SZS.



„Fotosúťaž ZVAR 2019“



ZÁVÄZNÁ PRIHLÁŠKA

Meno, priezvisko:		Telefón/mobil:
Adresa:		E-mail:
Súťažná téma:	Počet čiernobielych fotografií:	Počet farebných fotografií:
1.		
2.		
3.		



Aktualizácia normy EN ISO 14731

Updating of EN ISO 14731 standard

Ing. Peter ONDRUŠ

Organizácia / Organization:

TÜV SÜD Czech s.r.o. Novodvorská 994/138, CZ - 142 21 Praha 4,

Tel.: .00420 / 727 813 617

E-mail: .peter.ondrus@tuv-sud.cz

Svářečský dozor – Úkoly a odpovědnosti ČSN EN ISO 14731

Svářečský dozor

EN ISO 14731 je základní norma pro popis úkolů a odpovědností pro personál koordinující svařování.

Tato norma určuje základní odpovědnosti a úkoly ve vztahu k jakosti, zahrnuté do dozoru nad činnostmi souvisejícími se svařováním.

- Principem vyhodnocení podle tohoto dokumentu je, že personál pro svářečský dozor potřebuje být kompetentní pro svěřené úkoly.
- Předpokládá se, že personál svářečského dozoru má nezbytné vzdělání, kvalifikaci a zkušenosti a je jmenován výrobcem.
- Legislativní dokumenty, aplikační normy a smlouvy mohou poskytnout specifické požadavky na personál svářečského dozoru. V opačném případě je odpovědností výrobce být v souladu s tímto dokumentem.

• Termíny a definice

1. výrobce (manufacturer)

subjekt provádějící svařovací a se svařováním související činnosti a to pod jednotným technickým řízením a řízením jakosti

- POZNÁMKA 1 k heslu Svařovací a související činnosti mohou být prováděny v dílně nebo na montáži nebo na obou místech, ale výrobce zůstává zodpovědný za svářečskou výrobu .

2. svářečský dozor (Welding coordination)

dozor výrobních svářečských operací a činností souvisejících se svařováním

- POZNÁMKA 1 k heslu Svářečský dozor může být přiřazen jednotlivci nebo týmu.

3. personál svářečského dozoru (Welding coordination personnel)

svářečský dozor (Welding coordinator)

osoba odpovědná nebo skupina osob způsobilá provádět svářečský dozor

- POZNÁMKA 1 k heslu Může vzniknout potřeba jmenovat výrobcem (3.1) různé pracovníky pro různé úkoly.
- POZNÁMKA 2 k heslu Může být požadována kvalifikace a /nebo zkušenosti.

4. svářečská inspekce (Welding inspection)

vyhodnocení shody v záležitostech týkajících se svařování pomocí pozorování a posouzení příslušných závěrů měření a zkoušení

- POZNÁMKA 1 k heslu Svářečská inspekce je součástí svářečského dozoru.

5. dovednost (skill)

schopnost aplikovat znalosti a zkušenosti při plnění úkolů a řešení problémů

- POZNÁMKA 1 k heslu Dovednosti jsou popsány jako kognitivní (zahrnující logické, intuitivní a kreativní myšlení) nebo praktické (zahrnující manuální obratnost a použití metod, materiálů, nástrojů a přístrojů).
- [Převzato z doporučení Evropské rady 2017 / C 189/03, příloha I písm. g] ^[1]

6. znalosti (knowledge)

výsledek asimilace informací, soubor faktů, principů, teorií a postupů, které se vztahují k oblasti práce, prostřednictvím učení (teoretického a / nebo praktického)

- [Převzato z doporučení Evropské rady 2017 / C 189/03, příloha I písm. f] ^[1]

7.kvalifikace (qualification)

výsledek asimilace informací, soubor faktů, principů, teorií a postupů, které se vztahují k oblasti práce, prostřednictvím učení (teoretického a / nebo praktického)

- [Převzato z doporučení Evropské rady 2017 / C 189/03, příloha I písm. a] ^[1]

8. kompetence (competence)

prokázaná schopnost efektivně využívat znalostí, dovedností a osobních, sociálních a / nebo metodických schopností v širokém spektru pracovních situací z hlediska odpovědnosti a autonomie

- [Převzato z doporučení Evropské rady 2017 / C 189/03, příloha I písm. i] ^[1]

9. odpovědnost (responsibility)

odpovědnosti, povinnosti a související pravomoci stanovené výrobcem (3.1) v důsledku způsobilosti k práci

Popis práce

- Výrobce musí připravit popisy práce pro všechny pracovníky svářečského dozoru, které musí obsahovat alespoň jejich úkoly a odpovědnosti a rozsah oprávnění
- Výrobce stanoví úroveň vzdělání, kvalifikace a praxe , který je vyžadován pro svářečský dozor.
- Personál svářečského dozoru musí být schopen prokázat svou způsobilost pro splnění stanovených úkolů
- Každý výrobce je zodpovědný za jmenování svého personálu svářečského dozoru. Toto označení není přenosné na jiné výrobce.

Úrovně kompetence pro personál svářečského dozoru

- V novém vydání uvedené normy EN ISO 14731:2019, došlo ke smazání informativní přílohy A. Jako zdůvodnění bylo uvedeno, že odkazy na vzdělávací programy vytvořené jinými asociacemi (např. IIW) nejsou plně v souladu s CEN-CENELEC-Guide 31.

Personál svářečského dozoru musí být přiřazen do jedné z následujících úrovní v závislosti na povaze a / nebo složitosti výroby:

- Komplexní úroveň
- Specifická úroveň
- Základní úroveň

Komplexní úroveň

- Na komplexní úrovni musí mít personál svářečského dozoru vysoce specializované dovednosti při řešení problémů. Tyto dovednosti zahrnují kritické a originální vyhodnocení pro definování nebo rozvoj nejlepších technických a ekonomických řešení při aplikaci svařovacích a souvisejících technologií pro vysoce složité (komplexní) a nepředvídatelné podmínky.
- Musí být schopni řídit a přizpůsobovat svařovací a související technologie pro svařované výrobky, včetně situací s vysokou složitostí.
- Musí být způsobilí rozhodovat a definovat a revidovat úkoly spojené se svařováním a úkolů souvisejících pracovníků.

Specifická úroveň

- Na specifické úrovni musí mít personál svářečského dozoru pokročilé dovednosti při řešení problémů. Tyto dovednosti zahrnují kritické hodnocení pro výběr vhodných technických a ekonomických řešení při použití svařovacích a souvisejících technologií pro složité a nepředvídatelné podmínky.
- Musí být schopni řídit aplikaci svařovacích a souvisejících technologií pro svařované výrobky, včetně složitých situací.
- Jsou způsobilí rozhodovat a definovat úkoly spojené se svařováním a souvisejícími pracovníky.

Základní úroveň

- Na základní úrovni musí mít personál svářečského dozoru základní dovednosti při řešení problémů. Tyto dovednosti zahrnují schopnost identifikovat a vyvinout vhodná řešení při aplikaci svařovacích a souvisejících technologií pro obecné základní a specifické problémy.
- Musí být schopni dohlížet na běžné nebo standardní svařovací a související technologie v situacích předvídatelného charakteru, které však mohou podléhat drobným změnám.
- Jsou způsobilí rozhodovat ve společné nebo standardní práci a dohlížet na základní úkoly spojené se svařováním a souvisejícími pracovníky.

Posouzení personálu svářečského dozoru

Personál svářečského dozoru je odpovědný za to, jak se svary provádějí, aby splňovaly stanovené požadavky, s přihlédnutím k problémům se svařitelností, které se mohou vyskytnout ve vztahu k použitým materiálům, procesům a výrobním postupům. To zahrnuje zajištění kvality svaru a splnění předpisů, norem, specifikací a dalších požadavků klienta. Posouzení odborné způsobilosti pracovníků svářečského dozoru by mělo ve vztahu k povaze a / nebo složitosti výroby zahrnovat alespoň:

- předchozí zkušenosti se svařováním podobných výrobků s normami používanými výrobní organizací;
- rozsah zkušeností s materiály používaných výrobcem;
- předchozí zkušenosti s používáním norem pro podporu svařování, které používá výrobní organizace, (např. kvalifikace WPQR, WPS, kvalifikace svářečů a svářečských operátorů);
- pochopení souboru norem ISO 3834 a tohoto dokumentu (tj. ISO 14731);
- zkušenosti s řešením problémů se svařováním;
- znalost příslušných základních svařovacích a souvisejících úkolů,
- teoretické znalosti na úrovni relevantní pro výrobce

Posouzení způsobilosti pracovníků svářečského dozoru by mělo zahrnovat přezkoumání, buď samostatný profesionální rozhovor a / nebo pohovor během procházky ve výrobní hale. Pokud je to možné, měla by přezkoumání provést osoba s úrovní kvalifikace stejnou nebo vyšší než přezkoumávaná osoba svářečského dozoru.

Smluvní subdodávky

Ve vztahu k subdodávkám, musí být bráno v úvahu, zda každý subdodavatel je schopen zajistit požadovanou svářečskou výrobu a jejich schopnost vyhovět příslušným ustanovením řady ISO 3834 (pokud je to smluvně vyžadováno).

Praxe

Na normu EN ISO 14731 se odkazuje v následných / podpůrných normách, a Směrnících např. v Nařízení EU č. 305/2011 (Nařízení o stavebních výrobcích nebo nařízení CPR) a ve směrnici o tlakových zařízeních (PED) (2014/68 / EU) a v řadě EN 15085 pro železniční aplikace. ISO 14731 je proto důležitá norma pro udržení kvality svarů ve výrobě. Organizace si musí být vědoma, že kompetence budou zahrnovat mnohem více, než jen znalost svařování nebo odbornou způsobilost.

Informativní příloha A v ISO 14731:2006 již v novém vydání ISO 14731: 2019 neexistuje. Tato příloha A poskytla doporučení pro technické znalosti ve svařování, jak je uvedeno v několika dokumentech IIW (a EWF). Evropská federace pro svařování, spojování a řezání (EWF) a Mezinárodní institut pro svařování (IIW) však vytvořilo strukturu vzdělávacích programů pro svařování, aby poskytlo pevný základ pro provádění požadovaných úkolů svářečského dozoru.

Svářečský dozor je pracovní funkce!

- Termín „svářečský dozor“, jak je používán v normě, je pracovní funkcí, to znamená, že je povinnost výrobce zjistit, zda má určitá osoba znalosti, dovednosti a zkušenosti splnit požadavky na práci a musí smluvně jmenovat tuto osobu.
- Pouhé jmenování někoho na základě jeho vzdělání nestačí; je to vhodnost pro konkrétní zaměstnání v konkrétní společnosti. To znamená znalosti materiálů, konstrukce, svařovacích procesů atd. a věcí používaných společností (firmou) nejdůležitější položky. Nezapomeňte: norma říká,

„Svářečský dozor (koordinace svařování) je výhradní odpovědností výrobce“

Literatúra:

- [1] [1] Official Journal of the European Union. COUNCIL RECOMMENDATION of 22 May 2017 on the European Qualifications Framework forlifelong learning and repealing the recommendation of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on the establishment of the European Qualifications Framework for life long learning (2017/C 189/03)

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Anton ŠOŠKA; VÚZ Bratislava
Ing. Pavol RADIČ, PhD.; VÚZ Bratislava



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



Najvyššie ocenenie vo zváraní v strednej Európe – Medaila Akademika ČABELKU

Ing. Pavol RADIČ, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská zvaračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421 905 452 894

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Medaila Akademika ČABELKU je najvyššie ocenenie vo zváraní v strednej Európe. Predstavuje morálne ocenenie odborníkov za rozvoj zvárania a príbuzných procesov počas ich celoživotnej, alebo dlhoročnej práce. Ocenenie nesie meno významného slovenského vedca svetového formátu - **Dr. h. c., prof. Dr. Ing., Ing. ESSA, Jozef Čabelka, DrSc.** O pravidelnom udeľovaní Medaily akademika Čabelku (ďalej Medaila) rozhodli jej zakladatelia (odborníci na zváranie a zároveň poprední funkcionári SZS) ešte v roku 1988. Už v roku 1989 bola medaila odovzdaná prvým laureátom. Medaila sa udeľuje odborníkom, ktorí pôsobia alebo pôsobili v oblasti:

- výskumu a vývoja materiálov na zváranie, fyziky zvaracích procesov, metalurgie zvárania, hodnotenia únosnosti a životnosti zvaraných konštrukcií, fyzikálnej metalurgie a materiálového inžinierstva, hygieny a bezpečnosti pri zváraní;
- vývoja zvaracích technológií, zariadení na zváranie, prídavných materiálov a ďalších prostriedkov na zváranie;
- praktického uplatňovania moderných poznatkov z oblasti zvárania vo výrobní praxi;
- výchovy zvaračských odborníkov, certifikácie zvaračského personálu, certifikácie zvaracích procesov a požiadaviek na kvalitu vo zváraní, výrobkovej certifikácie a skúšobníctva;
- riadenia pracovníkov a spoločností, ktoré sa zaoberajú zváraním a príbuznými procesmi;
- ďalších činností súvisiacich so zváraním (normalizácia, nedeštruktívna kontrola a skúšania, VTEI a pod.).

Medailu udeľuje dvojica partnerov. A to Slovenská zvaračská spoločnosť (ďalej SZS) a Výskumný ústav zvaračský (ďalej VÚZ). Spravidla bývajú ocenení traja kandidáti za ten ktorý kalendárny rok a to jeden kandidát zo zahraničia a dvaja za Slovenskú republiku. Základným kritériom pri rozhodovaní o udelení Medaily je úroveň osobného príspevku kandidáta k zvýšeniu úrovne zvárania na Slovensku alebo vo svete a k priaznivému hodnoteniu nášho zvárania v zahraničí. Je dôležité upozorniť na skutočnosť, že toto ocenenie môže byť udelené odborníkom aj in memoriam. Písomné návrhy na udelenie Medaily môže priebežne počas celého roka predkladať každá fyzická alebo právnická osoba a to prostredníctvom sekretariátov VÚZ a SZS alebo Výboru SZS. Pre právoplatne zaevidovanie budúceho kandidáta na Medailu akademika ČABELKU musí predkladateľ zabezpečiť, aby návrh minimálne obsahoval: - základné údaje o osobe navrhutej na udelenie Medaily (meno, dátum a miesto narodenia), - zdôvodnenie udelenia Medaily (stručný opis odbornej činnosti s uvedením dĺžky trvania pôsobenia v uvedených odborných oblastiach) a samozrejme meno fyzickej alebo právnickej osoby, ktorá návrh podala.

Udelenie Medaily akademika ČABELKU nie je spojená so žiadnou finančnou, ani vecnou odmenou. Napriek tomu má toto ocenenie vysoký kredit nielen u nás, ale aj v zahraničí. Slávnostné odovzdávanie Medailí akademika Čabelku sa uskutočňuje spravidla počas významných odborných podujatí. Patria k nim napríklad pravidelné medzinárodné konferencie s názvom „ZVÁRANIE“, ktorých usporiadateľom je SZS.

V súčasnej dobe je evidovaných už 121 držiteľov tohto ocenenia. Z toho bolo ocenených len šesť žien. 37 ocenení bolo udelených zahraničným osobnostiam z 14 štátov. Predovšetkým z Českej republiky, ale aj z Ukrajiny, Japonska, Bosny a Hercegoviny, Holandska, Maďarska, Anglicka, Portugalska, Poľska, Nemecka, Švédska, Srbska, Rumunska a Číny. Presný zoznam dosiaľ udelených Medailí akademika Čabelku je uvedený v nasledovnej tabuľke.

Zoznam držiteľov Medaily akademika Čabelku od roku 1989

Rok udelenia	Držiteľ Medaily akademika Čabelku	Zamestnávateľ, krajina
1989	Akademik Boris Jevgenevič PATON	I. E. PATONA Kyjev, UKRAJINA
	Akademik Václav PILOUS	ÚTSK Plzeň, ČESKÁ REPUBLIKA
	Ing. Štefan HORVÁTH	VÚZ Bratislava
1991	Dr. Takeshi SHINODA	University Nagoya, JAPONSKO
	Ing. Vladimír GREGOR, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Milan LIPA, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Július LOMBARDINI, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ladislav MÜNCNER, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Eduard PIKNA, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Július ZEKE, DrSc.	VÚZ Bratislava
1992	Jaroslav VIDRMA	Železárný, a. s. Vamberk, ČR
	Ing. Stanislav SYNEK	VÚ ČKD Praha, ČESKÁ REPUBLIKA
1993	Ing. Karol PAWERA	VÍTKOVICE Ostrava, ČR
	Ing. Ján ŠKRINIAR, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ladislav LÁNYI, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Michal BAŠISTA	VÚZ Bratislava
	Doc. Ing. Emil GRUTKA, CSc.	TU SJF Košice
	Ján ZUZÁK <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
1994	Prof. Fukuhisa MATSUDA	University Nagoya, JAPONSKO
	Dr. Edib TARABAR	ZENICA, BOSNA A HERCEGOVINA
	Ing. Fridrich SKOKNA	VÚZ Bratislava
	Ing. Štefan JANIČKO, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Koloman MALÍK, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ľudovít OZOGÁN	VÚZ Bratislava
	RNDr. Alojz ZAPLETÁLEK, CSc. <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
1995	Ing. Vladimír KVIZDA	Královopolská strojírna Brno, ČR
	Ing. Václav PRÁŠIL	Považské strojárne Pov. Bystrica
	Prof. Ing. Ivan HRIVŇÁK, DrSc.	Technická univerzita HF Košice
	Ing. Jozef ŠINÁL	VÚZ Bratislava
	Ing. Jozef VLNA <i>In memoriam</i>	ZŤS UTAR Bratislava
	Ing. Milan VLTAVSKÝ <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
1996	Ing. Antonín SVÍTIL, CSc.	ČS VTS Praha, ČR
	Doc. Ing. Ladislav LAKATOŠ, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Oskár IŽDINSKÝ, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ján NOVOTNÝ, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ružena DARMOVÁ	Pozemné stavby Bratislava
	Ing. Valter BYSTRICKÝ	VÚZ Bratislava
	Ing. Stanislav PILÁRIK, CSc. <i>In memoriam</i>	STU Bratislava
	Ing. Ján PUCHÝ <i>In memoriam</i>	ZŤS Detva
1997	John Bernard van den BRUG	NIL, HOLANDSKO
	Ing. Jaroslav ČABLA, CSc.	ČKD Blansko, ČR
	Ing. Pavol HRBÁL, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Viliam RUŽA, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Viktor ORSZÁGH, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Vladimír MÁJEK <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
	Ing. Miroslav DOMANSKÝ <i>In memoriam</i>	VSŽ Košice
	Ing. Miloslav NOVOMESTSKÝ, CSc. <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava

Pokračovanie tabuľky:

Rok udelenia	Držiteľ Medaily akademika Čabelku	Zamestnávateľ, krajina
1998	Prof. Ing. Peter SEYFFARTH	SLV, NEMECKO
	Ing. Josef BEČKA	CHEPOS Brno, ČR
	Ing. Eva MALINOVSKÁ, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Dušan HALABRÍN	VÚZ Bratislava
	Doc. Ing. Peter ONDREJČEK, DrSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ján POVAŽAN, CSc. <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
1999	Prof. Ing. Tibor KONKOLY, DrSc.	TU Budapest, MAĎARSKO
	Ing. Zdeněk BAJER	ŠKODA Plzeň, ČR
	Ing. Miroslav KOSEČEK, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Alexander KALČÍK, CSc.	VÚZ Bratislava
	Doc. Ing. Karol KÁLNA, DrSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Alojz MARTIŠÍK <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
2000	Prof. Ing. Jan PILARCZYK	IS Gliwice, POLSKO
	Ing. Otakar LIBRA	KOVOPROJEKTA Brno, ČR
	Prof. Ing. Bernard BENKO, CSc.	STU SjF Bratislava
	Ing. Ľudovít KOSNÁČ, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Ladislav ŠIMONČIČ	ZSVTS Bratislava
	Ing. Ladislav KASZÁS, CSc. <i>In memoriam</i>	SES Tlmače
	Prof. Ing. Jozef ADAMKA, DrSc. <i>In memoriam</i>	Trenčianska univerzita Trenčín
2001	Doc. Ing. Oldřich AMBROŽ, CSc.	Ústav stroj. technologie Brno, ČR
	Doc. Ing. Martin JANOTA, DrSc.	ESAB SLOVAKIA Bratislava
	Ing. Vladimír UHER	VÚZ Bratislava
	Ing. Ondrej HANO, CSc. <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
2002	Ing. Tim JESSOP	TWI Abington, VEĽKÁ BRITÁNIA
	Ing. Ákos ÁKOSSY	SES Tlmače
	Prof. Ing. Ján BOŠANSKÝ, PhD.	VÚZ Bratislava
	Ing. Jozef BARBORKA, PhD.	VÚZ Bratislava
2003	Prof. Ing. Jaroslav KOUKAL, PhD.	TU VŠB Ostrava, ČR
	Doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ PhD.	VÚZ Bratislava
	Prof. Ing. Pavel BLAŠKOVITŠ, DrSc.	STU - MtF Trnava
	Ing. Alojz JAJCAY	VÚZ Bratislava
2004	Dr. Bertil PEKKARI	ESAB AB, ŠVÉDSKO
	Dr. Chiaki SHIGA	JWRI Osaka, JAPONSKO
	Prof. Ing. Milan TURŇA, PhD.	STU MtF Trnava
2005	Prof. Ing. Jiří DUNOVSKÝ, CSc.	ČVÚT Praha, ČESKÁ REPUBLIKA
	Ing. Ladislav VEHNER, CSc.	VÚZ Bratislava
	Ing. Alojz GAŠPAR	Dubnica nad Váhom
2006	Ing. Josef TREJTNAR	ESAB Vamberk, ČR
	Doc. Ing. Milan ČOMAJ, PhD.	TWH, s. r.o. Košice
	Ing. Koloman MIHALKOVIČ	VÚZ Bratislava
2007	Ing. Viliam PAVELKA	VÚZ Bratislava
	Ing. Jozef HORNIG	VÚZ Bratislava
	Ing. Vladimír MUTŇANSKÝ <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
2008	Prof. Kenji IKEUCHI	JWRI Osaka, JAPONSKO
	Ing. Dušan ŠEFČÍK	VÚZ Bratislava
2009	Doc. Ing. Heinz NEUMANN, CSc.	TU Liberec, ČESKÁ REPUBLIKA
	Ing. Ľuboš MRÁZ, PhD.	VÚZ Bratislava
2010	Ing. Vladimír Ilarionovič GALINIČ, PhD.	I. E. PATONA Kyjev, UKRAJINA
	Ing. Elena MANASOVÁ	VÚZ Bratislava
	František KHANDL	VÚZ Bratislava

Pokračovanie tabuľky:

Rok udelenia	Držiteľ Medaily akademika Čabelku	Zamestnávateľ, krajina
2011	Ing. Vladimír BUBENÍK	ŠKODA Welding s.r.o. Plzeň, ČR
	Ing. Anton FURJEL	TAVROS, a.s. Žilina
	Ing. Elemír EHRENSTEIN	VÚZ Bratislava
2012	Ing. Pavel FLORIAN	STAVCERT Praha, ČR
	Ing. Ľudovít BÖHM	Slovnaft MaO Bratislava
	Ing. Roman MINÁRIK	VÚZ Bratislava
2013	prof. He SHI	HWI, Harbin, ČÍNA
	Ing. Gabriel RÁCZ, CSc. <i>In memoriam</i>	VÚZ Bratislava
	doc. Ing. Jozef PECHA, CSc.	Energoinvest, Bratislava
2014	prof. Du BING	HWI, Harbin, ČÍNA
	Ing. Marcel SEDLÁK	VÚZ Bratislava
	doc. Ing. Július VESELKO, CSc.	Žilinská univerzita v Žiline
2015	Dr. Stan T. MANDZIEJ	AMA Ltd., HOLANDSKO
	Ing. Miloš CHROMČÍK	VÚZ Bratislava
	doc. Ing. Harol MÄSIAR, CSc.	TU A. Dubčeka v Trenčíne
2016	prof. Mgr. Ružica R. NIKOLIĆ, PhD.	University of Kragujevac, SRBSKO
	Ing. Jozef ZOHN	ASKOZVAR s.r.o., Košice
	Ing. Ján PLEVA, PhD.	Žilinská univerzita v Žiline
2017 až 2019	Prof. Dr. Ing. Maria Luísa Coutinho Gomes de Almeida QUINTINO	Universidade de Lisboa, PORTUGALSKO
	Dr.-Ing. Hans Georg GROSS	DVS Baltikum, NEMECKO
	Prof. Dr. Ing. Dorin DEHELEAN	University Aurel Vlaicu Arad, RUMUNSKO
	prof. Ing. Dáša HRIVŇÁKOVÁ, DrSc.	STU - MtF Trnava
	Ing. Jozef VRBENSKÝ	VÚZ Bratislava
	Ing. Marián BARTOŠ	SPIE Elektrovod, a.s.





47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



Aditívna výroba – výhody a výzvy pre Slovenských výrobcov

Ing. Peter BRZIAK, PhD., Ing. Peter JAŠKO, PhD.

Organizácia / Organization:

Výskumný ústav zvaračský, z.z.p.o. Račianska 71, 832 59 Bratislava

Tel.: 00421 / 915 751 724

E-mail: brziakp@vuz.sk

Abstrakt:

Aditívna výroba – výhody a výzvy pre Slovenských výrobcov – príklady z praxe.



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019**



46. medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2018 - spomienky

Ing. Helena RADIČOVÁ, PhD.

Organizácia / Organization:

Slovenská zvaračská spoločnosť, Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika

Tel.: 00421 / 915 751 708

E-mail: zvaranie@centrum.sk

Tak ako každý rok v mesiaci november, aj v roku 2018, usporiadala Slovenská zvaračská spoločnosť (ďalej len SZS) v spolupráci s partnermi najstaršiu medzinárodnú zvaračskú konferenciu "ZVÁRANIE". Už tradične sa táto konferencia konala v krásnom prostredí Vysokých Tatier, v Tatranskej Lomnici, v hotely SOREA Urán, 21. až 23. novembra. Úspešnosť medzinárodnej konferencie ZVÁRANIE 2018 nám tiež potvrdzuje vysoký počet prihlásených účastníkov.

Organizátormi a garantmi konferencie ZVÁRANIE 2018, okrem SZS (SZS je zakladajúci člen Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností - ZSVTS) bol VÚZ, z.z.p.o. Bratislava a univerzity: STU SjF Bratislava, ŽU SjF Žilina, TU SjF Košice, FVT so sídlom v Prešove, Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave; SPU TF Nitra, TU FEaVT Zvolen a TUAD FŠT Trenčín. Hlavnými spoluorganizátormi z priemyslu boli: MESSER TATRAGAS spol. s r.o., VALTEC spol. s r.o., Solík SK, s.r.o., SVARMETAL s.r.o., Lorch Schweisstechnik GmbH., Lincoln Electric Europe B.V., "TMV SS" spol. s r.o., Elektrotechnické produkty s.r.o., Technická inšpekcia, a.s. a ZSVTS. Konferencia sa konala pod patronátom primátora mesta Vysoké Tatry, Ing. Jána Mokoša. Mottom medzinárodnej konferencie bolo, tak ako hlavné moto SZS, známe heslo: "ZVÁRANIE NÁS SPÁJA".

Mediálni partneri konferencie boli tieto médiá: Zváranie/Svařování; Strojárstvo–Strojirenství; Al MAGAZINE; VTS-neus ZSVTS; Tatranský dvojtýždenník; TI SR, a.s.; Slovenský plynárenský a naftový zväz (SPNZ); PlasticPortal.eu a All for Power.

Po príhovoroch organizátorov a generálnych partnerov podujatia nasledovali oponované prednášky z oblasti zvárania a príbuzných procesov od výskumnej a vývojovej inštitúcie a tiež výrobných podnikov. V ďalšom texte sa v stručnosti vrátíme k jednotlivým predneseným odborným príspevkom. Pre objasnenie uvádzame len názvy prednesených prednášok, ich autorov a abstrakty:

Vlastnosti zvarových spojov novozaradenej austenitickej ocele X2CrMnNiN 17-7-5 (1.4371) pre tlakové nádoby EN 10028-7 zvarané metódou SAW a hybridnou plazmou

Doc. Ing. Milan ČOMAJ, CSc., EWE/IWE

Auguste Cryogenics Slovakia s.r.o., Košice

Novozaradená úsporne legovaná austenitická oceľ 1.4271, vlastnosti, porovnanie s austenitickou oceľou 1.4301. Vykonané skúšky zvárania metódou SAW a hybridnou plazmou. Porovnanie vzájomných výsledkov a ich zhodnotenie.

Hodnotenie stavu ocele a jej typických väd zvaraných a skrutkovaných konštrukcií v energetike

Ing. Marián BARTOŠ, IWE

SPIE Elektrovod, a.s., Bratislava

Na základe výskytu a súčasnej existencie defektov povrchu a vnútorných väd (najmä zdvojenín a delaminácií) valcovaných profilov konštrukcií (OK), bola zvolená téma zameraná na objasnenie ich pôvodu i prejavov. Tieto vady predstavuje celá séria prejavov od väd homogenity povrchu valcovaných profilov, ďalej okuje zavalcované do povrchu, pleny a šupiny kovu, atď., ktoré výrazne znehodnocujú kvalitu a odolnosť najmä žiarovo pozinkovaných OK s dnes už požadovanou životnosťou 80 rokov.

WEB aplikácie pre proces zvárania

Dr. Jozef GOPPERT – Peter BRHLÍK

LORCH Schweisstechnik GmbH

Krátka prezentácia činnosti spoločnosti LORCH ako popredného výrobcu zvaracích zariadení.

Aspekty žárového zinkování svařenců z vysokopevných ocelí

Ing. Vlastimil KUKLÍK, PhD.¹⁾ – Ing. Jan KUDLÁČEK, PhD.¹⁾ – Ing. Michal ZOUBEK²⁾

¹⁾ *InPÚ z.ú. Praha*

²⁾ *Fakulta strojní ČVUT v Praze*

Povlaky na bázi zinku poskytují ocelovým výrobkům jedinečnou protikorozní ochranu. Více než čtvrtina světové produkce oceli je žárově zinkována ponorem do roztaveného kovu. Ocelové dílce jsou při tom zpravidla vystaveny účinkům významného termického pnutí, které dosahuje meze kluzu běžných konstrukčních ocelí. Znalost vlivu zvýšené teploty na ocel a představa o průběhu nerovnoměrného prohřívání jednotlivých prvků svařenců jsou nezbytnými předpoklady pro předcházení nežádoucím přetvořením pozinkovaných součástí.

Vplyv zinkovania na spoľahlivosť konštrukcií a výrobkov z ocele

Ing. Ľuboš MRÁZ, PhD.

Výskumný ústav zvaračský, z.z.p.o., Bratislava

Zinkovanie je významný spôsob ochrany ocelí pred koróziou vo všeobecnosti. Proces zinkovania je známy už viac ako jedno storočie. V ostatných, viac ako desiatich, rokoch sme analyzovali viacero prípadov zinkovaných konštrukcií a výrobkov, na ktorých sa zistili významné chyby. Identifikácia príčin vzniku týchto chýb potvrdila, že každý technologický výrobný proces má svoje hranice využitia.

Prezentácia rúrkových zvaracích drôtov DIAMOND SPARK od spoločnosti voestalpine Böhler Welding

Radoslav VAVRO, IWT

VALTEC spol. s r.o. (ZVARCENTRUM), Lieskovec

Komplexný prehľad portfólia rúrkových drôtov DIAMOND SPARK od voestalpine Böhler Welding - popredného svetového výrobcu zvaracích materiálov. Názorné príklady uplatnenia v priemyselnej praxi. Zhodnotenie hodnoty a efektívnosti použitia rúrkových drôtov DIAMOND SPARK.

Welding consumables with reduced emission of Cr^{VI}

Sorin CRACIUN¹⁾ – Daniel TONCELLI²⁾ – Bruno LEDUEY³⁾ – Krzysztof SADURSKI⁴⁾

¹⁾ *Head of R&D at Lincoln Electric Europe, Ductil, Romania*

²⁾ *Senior Chemist, Lincoln Electric Europe, SAF-FRO, Italy*

³⁾ *Director of R&D Consumables, Lincoln Electric Europe, France*

⁴⁾ *Product Manager, Lincoln Electric Europe, Poland*

The present paper summarizes the development of a new range of welding consumables, 308L-309L-316L stick electrodes and flux cored wires grades, which provides a significant reduction of fume emission rate and decreased content of hexavalent chromium in the fumes. Such consumables will contribute to improved welders' working conditions. The new range of stick electrodes can be produced in industrial conditions and electrode coating shows stable mechanical resistance and good adherence to the electrode core. It is believed that presented new MMA and FCW electrodes, delivering reliable welding performances, are the first products of such type on the market.

Ultrazvuková kontrola odliatkov z liatiny s guľôčkovým grafitom

Ing. Michal BOHÁČIK – doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD. – doc. Ing. Břetislav SKRBEK, CSc. – prof. Ing. Augustín SLÁDEK, PhD. – Dr hab. inž. Prof. PCz. Jerzy WINCZEK – Dr inž. Marek GUCWA

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva, Žilina

Príspevok je zameraný na ultrazvukové testovanie (UT) odliatkov z liatiny s guľôčkovým grafitom (LGG). Cieľom bolo vyhodnotiť objemové chyby v odliatkoch pomocou DAC kriviek (Distance Amplitude Correction Curve) stanovených z náhradných chýb typu bočného valcového vývrtnu. Základné informácie ohľadne základov UT testovania odliatkov sú uvedené v teoretickej časti tohto príspevku. Pre experimentálne meranie boli vyhotovené a testované vzorky z Y-blokov z LGG, na ktorých sa vyvíjali bočné valcové vývrty rôznych priemerov. Ultrazvukové záznamy z kontroly odliatkov sú uvedené a popísané v experimentálnej časti. Hodnotenie výsledkov merania a vyhodnotenie DAC kriviek v porovnaní s príslušnou normou pre ultrazvukové skúšanie odliatkov z LGG.

Vliv čistoty ochranného plynu na jakost svarových spojů při svařování hliníku metodou TIG/MIG

Ing. Jan KAŠPAR

Messer Technogas s.r.o. Praha

Příspěvek se zaměřuje na problematiku vlivu čistoty ochranných plynů při TIG a MIG svařování hliníku a jeho slitin. Je popsán negativní vliv vlhkosti a kyslíku na jakost svarového spoje a možné příčiny kontaminace ochranného plynu při cestě ze zdroje do místa svařování. Experimentální část příspěvku se věnuje souvislostem mezi obsahem vlhkosti v ochranných plynech a tvorbou pórů. Závěrem je popsán pozitivní vliv helia na snížení pórovitosti.

Krištáľovo čisté videnie so zväračkou kuklou Optrel Crystal 2.0

Martin SOLÍK

Solík SK, s.r.o. Považská Bystrica

Solík SK je výhradným a jediným zlatým distribútorom firmy Optrel na Slovensku. Táto švajčiarska spoločnosť opäť dokazuje, že inovácie a nové technológie nie sú výnimkou ani vo zväračskom svete. Na trh prináša novinku v podobe zväračky kukly Crystal 2.0. Prečo sa rozhodnúť pre túto revolučnú kuklu? Výhod je mnoho - najväčšou však tá, že oproti štandardu na trhu (DIN 4.0 v svetlom stave), ponúka čisté videnie až DIN 2.0 čo je obrovským posunom vpred. Priezor je tak jasný, že pohľad cez kuklu Vám pripomína pohľad cez slnečné okuliare. S Optrel Crystal 2.0 neuveríte vlastným očiam!

Krátka prezentácia spoločnosti VALTEC, s r.o. Zvolen

Radoslav VAVRO, IWT

VALTEC spol. s r.o. (ZVARCENTRUM), Lieskovec

Krátka prezentácia činnosti spoločnosti Valtec spol. s r.o. ako popredného slovenského predajcu. Spoločnosť pôsobí na slovenskom trhu od roku 2004. Za toto obdobie sa vyprofilovali na spoľahlivého partnera. Pôsobí na celom území Slovenska, má šiestich regionálnych zástupcov. V novembri 2016 sa presťahovali do nových priestorov na Lieskovej ceste 13, kde je k dispozícii sklad o rozlohe 650 m² a 1400 paletových miest.

Prezentácia značky KOWAX a spoločnosti SVARMETAL s.r.o.

Tomáš KALINA

SVARMETAL s.r.o., www.KOWAX.cz

Podrobné oboznámenie účastníkom konferencie s výrobným sortimentom KOWAX®.

Spoločnosť SVARMETAL s.r.o. je čisto česká spoločnosť, ktorá je výrobcou prídavných materiálov KOWAX s výrobnými závodmi v Ázii a Európe. Pre ucelený sortiment spoločnosť ponúka zväraciu techniku ako aj širokú škálu spotrebných dielcov vrátane ďalšieho príslušenstva. Výrobky spoločnosti sú predovšetkým známe v strednej európe.

Požiadavky na zváranie ocelí s vysokou balistickou odolnosťou

Ing. Peter ŽÚBOR, PhD.

MSM Martin, s.r.o., prevádzka Trenčín

Požiadavky na zváranie ocelí typu ArmoX. Špecifikom týchto ocelí je martenzitická mikroštruktúra získaná náročnými procesmi termomechanického spracovania. Na zvarových spojoch z ocelových plechov ArmoX rôznych hrúbok vyhotovených tavným oblúkovým zváraním procesom 135 bol študovaný vplyv parametrizácie zvárania na pevnostné charakteristiky a prípadné zmeny v teplom ovplyvnenej oblasti zvarového spoja. Zvarové spoje boli vyhotovené ako jedno alebo viacvrstvé.

Výber tvrdonávarových materiálov pre aplikáciu na nástroje lesných strojov

Ing. Miroslava ŤAVODOVÁ, PhD. – doc. Ing. Daniela KALINCOVÁ, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobných techník, Zvolen

Aplikácia tvrdonávarových materiálov na funkčné plochy nástrojov predstavuje jednu z možností predĺženia ich doby v prevádzke. Nástroje na drvenie nežiaducich nárastov podliehajú abrazívnemu opotrebeniu v heterogénnom prostredí. Článok opisuje výber a hodnotenie dvoch tvrdonávarových materiálov. Po identifikovaní najvhodnejších miest na tele nástroja pre ich aplikáciu boli vybrané tvrdonávarové elektródy pre oblúkové naváranie (MMA), konkrétne elektródy E 520 RB a E DUR 600. Naváranie sa uskutočnilo v dvoch vrstvách. Laboratórnymi skúškami – meranie tvrdosti HRC a HV10, hodnotenie abrazívneho opotrebenia a mikroanalýza bola zisťovaná ich vhodnosť použitia v prevádzke.

Porovnanie dvoch vyhotovení heterogénneho zvarového spoja žiarupevných ocelí

doc. Ing. Peter BERNASOVSKÝ, PhD.

Na zváranie žiarupevných rúr DN 270x32 mm akosti P91 a Cr0.5Mo0.5V0.25 sa odskúšala metóda poduškovania s meniacim sa obsahom legúr, ktorá sa konfrontovala so zvarom vyhotoveným Ni zliatinou. Porovnali sa štruktúrne, mechanické aj krátko creepové skúšky.

Svařování heterogenních materialu – vysokopevné ocele

Ing. Lukáš PETRIČKO

SvarExpert s.r.o., Ostrava, ČR

Článek je zaměřený na požadavky svařování heterogenních materialu, jejich specifikace, technologické postupy a možné problémy vznikající u daných typu spojů. Dále poukazuje na vhodnou volbu prídavného materialu a technologie svařování.

Možnosti a aplikácie priemyselného čistenia laserom

Mario BABIK¹⁾, Ing. Peter ŽÚBOR, PhD.²⁾

¹⁾ P-LASER SLOVAKIA s.r.o.

²⁾ INWELD CONSULTING, s.r.o.

Čistenie laserom nachádza veľmi vhodné uplatnenie v priemyselných aplikáciách. Lasery nahrádzajú použitie toxických chemikálií alebo používanie otryskávacích prostriedkov či rôznych roztokov na morenie a pasiváciu kovových povrchov. Systémy P-Laser majú široké spektrum použitia na čistenie foriem, odstraňovanie korózie z predmetov s rôznym stupňom oxidácie, odstraňovanie mastnoty z povrchov, prípravu povrchov pred aplikáciou náterov alebo na čistenie zvarov pri zváraní vysokolegovaných ocelí.

Vplyv laserového zvárania na hĺbkot'ážnosť ocele DP600

doc. Ing. Alexander SCHREK, PhD. – Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD. – prof. Ing. Pavol ŠVEC, PhD. – prof. Ing. Ernest GONDÁR, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov, Bratislava
Progresívne vysokopevné ocele sú súčasťou kombinovaných polotovarov (TWB - tailor-welded blank, EB - engineering blank) slúžiacich na výrobu výliskov s osobitnými vlastnosťami pre nosné štruktúry skeletov automobilov. Jednotlivé časti polotovarov sú spájané laserovým zváraním pre jeho úzku teplom ovplyvnenú oblasť základného materiálu. Štruktúrne zmeny v tejto oblasti však ovplyvňujú pretvárne vlastnosti použitých materiálov. Pri tvárnení výliskov môžu trhliny vznikajúť vedúce k vzniku technologického lomu. Pri analýze bola venovaná pozornosť dvojfázovej oceli DP600 často používanej na kombinované polotovary výliskov predných nosníkov pohonnej sústavy, výstuh B-stípičkov atď.

Experimentálne meranie teplotných cyklov pri zváraní ocele S690QL

Ing. Daniel HARMANIAK – doc. Ing. Miloš MIČIAN, PhD. – prof. Ing. Augustín SLÁDEK, PhD. – Dr hab. inž. Prof. PCz. Jerzy WINCZEK – Dr inž. Marek GUCWA

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Žilina

Príspevok pojednáva o metodike merania teplotných cyklov pomocou termočlánkov pri zváraní tupého spoja z vysokopevnnej ocele S690QL. V texte je uvedený postup prípravy vzoriek a rozloženie termočlánkov na skúšobných vzorkách. Pri zváraní bol vyhotovený viacprechodový zvarový spoj metódou 135 (MAG) v dvoch polohách PC a PF. V priebehu zvárania boli zaznamenané zväracie parametre pre stanovenie tepelného príkonu, ktorý bude ovplyvňovať charakter teplotných cyklov. Taktiež bola vyhodnotená makroštruktúra a mikrotrvdosť jednotlivých metalurgických zón zvarového spoja.

Aplikácia gradientných materiálov v energetických zariadeniach spaľujúcich biomasu – technologické a ekonomické aspekty

Ing. Peter BRZIAK, PhD. – prof. Ing. Ľudovít PARILÁK, PhD. – Ing. Mariana BALÁŽOVÁ, PhD. – Ing. Štefan SMETANA – Ing. Pavol BERAXA - *Výskumný ústav zväračský z.z.p.o., Bratislava*

Príspevok sumarizuje výsledky riešenia projektu EU v rámci programu RFCS GRAMAT. Projekt GRAMAT je zameraný na vývoj technológie odlievania polotovarov pre výrobu rúr ich výroby valcovaním s využitím tradičných technológií. Predpokladaný výsledok riešenia projektu je gradientná rúrka pre inštaláciu v spaľovniach biomasy s parametrami pary cca 450°C / 100bar. Z pohľadu úžitkových vlastností sa predpokladá, že vonkajšia časť rúrky bude odolávať pôsobeniu korózneho prostredia spaľín vznikajúcich pri spaľovaní biomasy a odpadov technológií a vnútorný materiál bude zabezpečovať odolnosť rúrky voči creepovému zaťaženiu.

Praktické skúsenosti s používaním oblúkových zväracích poloautomatov pre zváranie v ochrannnej atmosfére

Ing. Vladimír JANČO

Elektrotechnické produkty s.r.o.

Úvod do problematiky. Konkrétne príklady. Kvalita minimalizuje výdavky na záručné opravy. Pripravovaná európska norma na zrušenie používania klasických transformátorov.

Vlastnosti kompozitných návarov zhotovených laserom

Ing. Alena BRUSILOVÁ, PhD. – Doc. Alexander SCHREK, PhD. – Prof. Ing. Ernest GONDÁR, PhD. – Ing. Zuzana GÁBRIŠOVÁ, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, SjF, Ústav technológií a materiálov, Bratislava

Vysoko-koncentrované zdroje tepla umožňujú zhotovenie návarov pretavením práškov s veľmi tenkou vrstvou podkladového materiálu. Analyzované boli vlastnosti kompozitných návarov Ni-Cr-B-Si-C s prítomnosťou 50% WC častíc na základnom materiáli S235JRG1 v závislosti od zmeny výkonu laserového lúča a rýchlosti navárania. Vzorky boli vyhotovené laserovým lúčom s výkonom 1,8 kW a 3,5 kW pri rýchlostiach navárania 5, 7, 10 mm/s. Makroštruktúra návarov preukázala čiastočnú celistvosť všetkých typov návarov. Zvyšujúca sa rýchlosť navárania zväčšovala nedokonalosti tvaru prierezu

navarenej húsenice a spôsobovala pokles tvrdosti Ni matrice návaru až o 25,3%. Pri dvojvrstvom návare naopak stúpila tvrdosť o 39%. Zistená bola 5,8-násobne vyššia odolnosť proti abrazívnemu opotrebeniu návarov s prítomnosťou WC častíc v porovnaní so základným materiálom S235JRG1.

Zváranie železničných koľajových vozidiel a ich častí podľa normy EN 15085

Ing. Peter ONDRUŠ, IWE, IWI-C

TÚV SÚD Czech s.r.o. Praha

Požiadavky na certifikácia výrobcov, ktorí vykonávajú zváranie železničných koľajových vozidiel, súčastí a podzostáv. Postup pri zápise do registra odborne spôsobilých firiem v oblasti zvárania koľajových vozidiel v registri ECWRV (European Commitee for Welding of Railway Vehicles)

Analýza návarových materiálov, ich aplikácia na dláta lemeša a odskúšanie v prevádzke

doc. Ing. Peter ČIČO, CSc.¹⁾ – Ing. Radovan ŠOŠKA, PhD.¹⁾ – Ing. Ivan KOVÁČ, PhD.¹⁾ – Ing. Zdenko RÓNA²⁾

¹⁾ *Katedra kvality a strojárskych technológií, Technická fakulta SPU v Nitre*

²⁾ *Transmisie Engineering a.s. Martin*

Na základe výsledkov laboratórných skúšok sa vybrali návarové materiály, ktoré sa navarili na dláta pluhu. V prevádzkových podmienkach sa následne odskúšala odolnosť dlát pluhu renovovaných preventívnym tvrdomávarom. Najintenzívnejšie sa opotrebovával hrot dlát (po rovinu E). Dosiahnuté výsledky ukázali, že návarové materiály, dosiahli dvoj až dva a pol krát menší úbytok opotrebenia ako nenavarené, továrensky vyrobené dláta. Zvýšenie odolnosti proti opotrebeniu podmieňuje prítomnosť tvrdých štruktúr karbidu chrómu a volfrám karbidu, ktorý sa u návarových materiálov nachádzal, len bol rozdielne rozložený v základnej hmote. Správnym technologickým postupom navárania s vhodným návarovým materiálom sa dá predĺžiť technický život dlát.

Akreditácia inžinierskych študijných programov EUR-ACE

Ing. Pavol RADIČ

ZSVTS, Bratislava

Akreditáciou EUR-ACE získa vysoká škola značku EUR-ACE, ktorá jej umožňuje zaradiť sa medzi popredné európske univerzity, ktoré túto značku už získali. Značka EUR-ACE garantuje, že jej držiteľ spĺňa náročné kritériá, ktoré sa týkajú nielen organizácie ale aj obsahu a výstupov študijného programu. Táto značka je Európskou komisiou zahrnutá medzi "European Quality Labels", čo garantuje kvalitu inžinierskeho študijného programu a súčasne zaisťuje vedeckú a akademickú kvalitu študijného procesu a praktické znalosti a zručnosti absolventov pre zamestnanie.

Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – EN 1090

Ing. Peter ONDRUŠ, IWE

TÚV SÚD Czech s.r.o. Praha

Požadavky na posouzení shody dílců a požadavky na provádění ocelových a hliníkových konstrukcí podle řady norem EN 1090. Základní členění a možnosti certifikace společností. Významní faktory vplývající na kvalitu zavedeného plnění požadavek podle EN 1090.

Meranie metódou pulzné vírivé prúdy (PEC)

Ing. Daniel DOPJERA, PhD.

ÚJV Řež, a.s.

Pri prevádzke zariadení z uhlíkovej ocele (potrubí, tlakových nádob a pod.) dochádza k ich poškodeniu vplyvom korózie. Na kontrolu sa prevažne používa metóda UTT (meranie hrúbky ultrazvukom), ktorá vyžaduje prístup k povrchu zariadenia. Ak je zariadenie obalené vrstvou izolácie, tak tá sa musí pred meraním odstrániť. Pulzné vírivé prúdy umožňujú tzv. mapovanie korózie aj cez vrstvu izolácie. Táto NDT metóda ponúka novú efektívnejšiu kontrolu v mnohých oblastiach priemyslu

TMV SS" spol. s r.o. je obchodní společností, zastupující zahraniční firmy na trhu ČR a SR, které se specializují na měřící a zobrazovací techniku.

Martin CRKAL

"TMV SS" spol. s r.o. Praha

"TMV SS" je obchodní a servisní firmou založenou v roce 1991. Je zaměřena na prodej a servis měřících, diagnostických, testovacích a monitorovacích přístrojů zejména pro oblast energetiky a těžkého průmyslu. Cílem naší firmy je poskytovat kvalitní služby firmám v oblasti energetiky a průmyslu. Společnost "TMV SS" je nejen výhradním obchodním, ale i servisním zastoupením. Samozřejmostí je předávání zakoupené techniky přímo u uživatele, zaškolení uživatelů, manuály v českém jazyce a následná podpora zákazníků formou konzultací, seminářů a firemního "hotline". Novou aktivitou firmy je i možnost pronajmout si vybrané měřící přístroje.

Zváranie reformingovej jednotky rúrok metódou TIG s prídavným materiálom niklovej zliatiny ER Ni Cr Co Mo-1

Ing. Ivan UHNÁK, IWE

PBP – POWER BOILERS & PIPING, a.s., Levice

Zváranie rúr v spoločnosti DUSLO Šafa a.s. v roku 2018.

Krátka prezentácia spoločnosti Solík SK, s.r.o

Ing. Martina SOLÍKOVÁ – Martin SOLÍK

Solík SK, s.r.o. Považská Bystrica

Firma Solík SK, s.r.o., ako dlhodobo popredný Slovenský predajca, ponúka širokú škálu výrobkov pre potreby bežnej výrobných praxe zameranej na zväračskú výrobu.

Štúdium zvariteľnosti titánovej zliatiny Grade 2 elektrónovým lúčom

Ing. Michaela LOPATKOVÁ – Ing. Beáta ŠIMEKOVÁ, PhD. – Prof. Ing. Milan MARÔNEK, CSc. – Ing. Miroslav SAHUL, PhD. – Ing. Jozef BARTA, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Ústav výrobných technológií

Článok je zameraný na vyhotovenie a analýzu zvarových spojov titánovej zliatiny Grade 2 s hrúbkou 2,0 mm. Na zváranie bola použitá technológia zvárania elektrónovým lúčom pričom boli menené hlavné parametre zvárania, ako rýchlosť zvárania a zväračiaci prúd. V rámci hodnotenia kvality spoja bola vykonaná vizuálna skúška, makroskopická analýza, mikroskopická analýza a statická skúška ťahom. Pri použití vhodných parametrov zvárania, vzorky nevykazovali žiadne vnútorné chyby. Teplom ovplyvnená oblasť bola úzka a prišlo tu k transformácii α na β fázu. K porušeniu testovacej vzorky pri statickej skúške ťahom došlo v základnom materiáli, pričom maximálna nameraná hodnota pevnosti bola 454,3 MPa.

Opravy v Jadrovej Energetike

Ing. Miroslav JÁŇA, PhD. – doc. Ing. Vladimír MAGULA, PhD. – Ing. Oliver ROVNÝ – Ing. Gabriel BATISTA – Ing. Peter JAŠKO, PhD. – Ing. Anton ŠOŠKA, – Ing. Vojtech VÁCLAV – Ing. Ľuboš MRÁZ, PhD. – Ing. Peter BAXA, PhD. – Ing. Milan BALÁŽ, PhD. – Ing. Alena KOŠINOVÁ, PhD. – Ing. Peter BRZIAK, PhD. - *Výskumný ústav zväračský, z.z.p.o., Bratislava*

Príspevok pojednáva o troch unikátnych technologických zásahoch ktoré vykonal VÚZ v primárnom okruhu JE v rokoch 2015 – 2018:

- Heterogénne Zvarové Spoje (HZS) superhavarijného napájania parogenerátora
- Rozvádzacie Kolesá Hlavného Cirkulačného Čerpadla (RKHCC)
- Nátrubok Havarijného a Regulačného Kompenetu (HRK)

71. výročné zasadanie IIW

Ing. Peter ĎURÍK

Výskumný ústav zväračský, z.z.p.o. Bratislava

71. výročné zasadnutie IIW - Medzinárodného zväračského inštitútu – v Bali. Udelenie cien. Delegáti a experti za Slovenska. Zasadnutie odborných komisií IIW. Konferencia, plánované výročné zasadnutia a kongresy.

Používání právně - technických předpisů a technických norem a jiných potřebných dokumentů v praxi

Ing. Vladimír KUDĚLKA, Ph.D. – Mgr. Marek KUDĚLKA

TESYDO, s.r.o., Brno

Právní předpisy - jsou zákony, vyhlášky a nařízení i prováděcí předpisy. Právní předpisy jsou základním pramenem práva. Jsou to příkazy, zákazy, povolení, omezení. Dodržování se vyžaduje na základě soudní moci a právního řádu. Mají strukturu podle právní síly. Právně-technické předpisy - jsou technickým předpisem pro účely tohoto zákona, je to právní předpis, obsahující technické požadavky na výrobky, popřípadě omezení pro služby nebo upravující povinnosti při uvádění výrobku na trh, popřípadě do provozu, při jeho používání nebo při poskytování nebo zřizování služby nebo zakazující výrobu, dovoz, prodej či používání určitého výrobku nebo používání, poskytování nebo zřizování služby.

Hodnotenie SZS z pohľadu aktivít ZSVTS

Ing. Pavol RADIČ

Slovenská zväračská spoločnosť, Bratislava

Slovenská zväračská spoločnosť dlhodobo patrí medzi najaktívnejšie spoločnosti v rámci Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností. Pritom činnosť členských organizácií zväzu je všestranná a má široký záber. Dominantné postavenie SZS sa potvrdilo aj na májovom zasadnutí Rady ZSVTS, kde boli prezentované aktivity ZSVTS a jeho členských subjektov za uplynulé obdobie.

Zo všetkých členských organizácií zväzu, ktoré sa podieľali na bohatom sumáre odborných a vzdelávacích činností bola v roku 2018 (tak isto ako v roku 2016) Slovenská zväračská spoločnosť opäť na 1. mieste.

Slovenská zväračská spoločnosť udeľuje ocenenie "3x NAJ"

Ing. Pavol RADIČ

Slovenská zväračská spoločnosť, Bratislava

Slovenská zväračská spoločnosť od roku 2010 udeľuje ocenenie "3x NAJ" ako výraz morálneho ohodnotenia domácich a tiež zahraničných prednášateľov, ktorí sa na území SR aktívne (t.j. prednáškou o problematike zvärania) zúčastnili odborných akcií, seminárov, konferencií a kongresov.

Súťaž SZS pre amatérskych fotografov „ZVAR 2018“

Ing. Pavol RADIČ

Slovenská zväračská spoločnosť, Bratislava

Proces zvärania a diela vytvorené zväraním sú dostatočne inšpiratívne pre pekné zábery a stále nové pohľady. Preto sa Slovenská zväračská spoločnosť opätovne rozhodla vyhlásiť fotografickú súťaž s názvom „ZVAR 2018“. Súťaž amatérskych fotografov dáva dostatočný priestor pre rôznorodé zábery z oblasti zvärania a príbuzných procesov.

Prestávku medzi prednáškami a večerou spestrilo pútave rozprávanie o najnovšej knihe z tatrankou tematikou: PRÍBEHY ZEMEPISNÝCH NÁZVOV od autorov: Ivan BOHUŠ st., Ivan BOHUŠ ml. Slávnostné predstavenie knihy podporené pásmom fotografií bolo spojené s autogramiádou a prednáškou o danej knihe. Spoločenské večery sú každoročne spájané s banketom, tombolou a sprievodným programom. Večer hlavného sponzora podujatia obohatila ľudová hudba. Naopak, Večer SZS bol sprevádzaný modernou tanečnou hudbou.

Zaujímavým spestrením spoločenského večera bolo tiež vyhlásenie výsledkov ankety o najprednášateľa - ocenenia „3x NAJ“ (NAJlepší, NAJpútavejší a NAJoriginálnejší). Toto ocenenie SZS udeľuje vždy za uplynulý kalendárny rok v troch kategóriách. Za rok 2018 bolo ocenenie udelené nasledovným osobám:

- NAJlepší prednášateľ – Ing. Magdalena ŠMÁTRALOVÁ, PhD.
- NAJoriginálnejší prednášateľ – Ing. Šárka STEJSKALOVÁ.
- NAJpútavejší prednášateľ – Ing. Radoslav KOŇÁR, PhD.

V spoločenskej oblasti dominovala riadená ochutnávka odrodových vín z Malokarpatskej vinohradníckej oblasti – rodinné vinárstvo PAVELKA – Ing. Milan Pavelka, Pezinok. Nežnejšiu časť konferencie zaujala ochutnávka ČOKOLÁDY spojená s výkladom. Mužskú časť zase príjemne prekvapila riadená degustácia vysokokvalitných liehovinových produktov FRNDŽALICA ako aj degustácia produktov 1. Tatranského pivvaru. Každý však ocenil nepretržitú, trojdňovú ochutnávku KÁVY (100%-ná arabika) spojenú s odborným výkladom.

Účastníci konferencie aj hostia podujatia si už zvykli na bohatú tombolu. Tá tohtoročná obsahovala viac ako 150 cien. Bazén, sauna, vírivka, hydromasážna vaňa, fitness a wellness centrum, solárium, ručná masáž, bahenný zábal, stolný tenis a biliard – sú doplnkové služby, ktoré sú už pre zúčastnených samozrejmosťou. Pre sprevádzajúce osoby je v rámci konferencie vždy pripravený pútavý program. Medzi hlavné tohtoročné voľnočasové aktivity patrila oddychová túra "Chodníka v korunách stromov". Chodník korunami stromov Bachledka sa nachádza v srdci druhovo pestrých lesov Pieninského národného parku.









22/11/2018



Spomienky na vydarenú akciu účastníkom zostanú v pamäti

Odborný príspevok recenzoval: Ing. Katarína PUPÁKOVÁ; VÚZ
Ing. Renáta KOZMOVÁ; Messer Tatragas spol. s r.o.



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA

Messer Tatragas, spol. s r.o.
Chalupkova 9, 819 44 Bratislava, Slovenská republika

MESSER



Gases for Life

Messer Tatragas je členom nadnárodnej skupiny Messer, ktorá patrí k vedúcim svetovým výrobcam priemyselných plynov a je aktívna v 30 krajinách Európy, Ázie ako aj v Alžírsku, Novom Zélande a Peru, celkovo prostredníctvom 60 spoločností. Skupina Messer zamestnáva viac ako 5.000 pracovníkov.

Od acetylénu až po xenón ponúka skupina Messer široké portfólio výrobkov - produkuje a predáva technické plyny ako kyslík, dusík, argón, kysličník uhličitý, vodík, hélium, ochranné plyny pre zváranie, špeciálne plyny, medicínalne plyny a veľké množstvo rozličných zmesí. V moderných výskumných a kompetenčných centrách vyvíja skupina Messer aplikačné technológie pre použitie plynov takmer vo všetkých odvetviach priemyslu, v potravinárstve, v technike prostredia, medicíne ako aj vo výskume a vede.

Messer Tatragas, s.r.o. je najväčšou spoločnosťou skupiny Messer na Slovensku. Vznikol v roku 1990 ako spoločný podnik skupiny Messer a spoločnosti Chemika, Bratislava. Od roku 1998 je 100%-nou dcérskou spoločnosťou firmy Messer Group GmbH..

Činnosť

- výroba, distribúcia a predaj technických, medicínalých a špeciálnych plynov
- aplikácie technických plynov vo všetkých oblastiach hospodárstva
- predaj zväracej a rezacej techniky
- prenájom zariadení pre použitie technických plynov



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019

Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA

VALTEC spol. s r.o.

Neresnícka 12, 960 01 Zvolen, Slovenská republika



valtec



ZVARCENTRUM

Spoločnosť VALTEC spol. s.r.o. bola založená v roku 2004 ako pokračovanie živnosti Ing. Petra Valenta. Od roku 2008 sa vyprofilovali tri hlavné divízie (divízia zvaracej techniky, divízia prepravy a divízia prenájmu kancelárskych a skladových priestorov). Divízia zvaracej techniky je prezentovaná logom ZVARCENTRUM. Filozofiou je dodávať pre zákazníkov tie najkvalitnejšie produkty, s cieľom šetrenia celkových výrobných nákladov.

Dlhodobo spolupracujeme s renomovanými svetovými výrobcami, ktorých aj zastupujeme pre Slovenskú republiku. Team odborníkov je pravidelne školený na všetky ponúkané produkty s dôrazom na poskytovanie tých najlepších poradenských služieb v oblasti inovatívnych technológií s cieľom ich implementácie do výrobných procesov zákazníkov. Súčasťou portfólia služieb je zaškolenie Vášho personálu pre správnu aplikáciu inovatívnych postupov a technológií. Záručný a pozáručný servis v servisnom stredisku VALTEC alebo priamo u zákazníka je samozrejmosťou.

Servis a poradenstvo je začiatok dobrého obchodu. Team ZVARCENTRUM je pripravený šetriť Vaše peniaze.



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA

Lorch Schweisstechnik GmbH.

Im Anwaender 24-26, 71549 Auenwald, Germany

LORCH

Tam, kde vznikajú svařovací zdroje Lorch, se opravdu chytrým a mimořádně šikovným lidem říká „koumák“. Koumák je někdo, kdo nejenom myslí dopředu, nýbrž si i proklatě dobře umí poradit. Všude jinde na světě se pro takové lidi používá pojem „smart“.

Na vývoji svařovacího zdroje Lorch se ve švábském Auenwaldu podílí opravdu dost koumáků, kteří vědí, jak se vyvíjí a vyrábí prvotřídní procesorová technika, inteligentní software a pouze nejvyšší kvalitu komponenty, aby přitom vznikla prvotřídní profesionální technika. Ta nadchne všechny, kteří chtějí produktivně pracovat se svařovacím zdrojem a dlouhodobě vydělávat.

A tak se dává dohromady to, co k sobě patří: „Řešení svařování od firmy Lorch a všichni koumáci tohoto světa“. Nebo mezinárodně: „Welding solutions for the world's smartest companies“.



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA

Lincoln Electric Europe B.V.
Zúžená 3, 169 00 Praha 6, Česká republika

Lincoln Electric Europe



Prídavné materiály pre každé použitie.



LincolnElectricEurope www.lincolnelectric.eu





47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



GENERÁLNY PARTNER PODUJATIA

Solík SK, s.r.o.

Odborov 2554, 01701 Považská Bystrica,
Slovenská republika

solík

zváracia technika

Firma Solík SK, s.r.o. je obchodná spoločnosť zaoberajúca sa veľkoobchodným a maloobchodným predajom a servisom zváracieho techniky. Prostredníctvom obchodných zástupcov obsluhuje zákazníkov vo všetkých regiónoch Slovenska.

V ponuke máme široký a ucelený sortiment, v ktorom zákazníci nájdu všetko, čo súvisí so zvaraním. Ponúkame zvaracie zdroje a zvaraciu techniku od renomovaných výrobcov.



**47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019**
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



SLOVENSKÁ ZVÁRAČSKÁ SPOLOČNOSŤ

Slovenská zväračská spoločnosť (SZS) vznikla 16. marca 1955 prijatím uznesenia Vlády Republiky československej č. 594 o zriadení vedeckých a technických spoločností a Rady vedeckých a technických spoločností pri ČSAV. V prílohe uznesenia je zoznam 12 vedeckých a technických spoločností združovaných v Rade VTS, medzi nimi číslo 11 patrilo Československej vedeckej technickej spoločnosti pre zváranie.

Proces politických riadených transformácií začlenil zväračskú spoločnosť do bývalej Československej vedeckotechnickej spoločnosti (ČSVTS).



V roku 1990 sa SZS stala občianskym združením a bola zakladajúcim členom Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností.

Slovenská zväračská spoločnosť je dobrovoľným nepolitickým občianskym záujmovým združením zväračských odborníkov všetkých profesií. Hlavným poslaním SZS je podpora progresívneho rozvoja zvárania a príbuzných technológií v SR najmä šírením informácií a poskytovaním konzultačných a poradenských služieb o progresívnych, nových a perspektívnych technológiách zvárania a o ich aplikácií v priemyselnej výrobe, o výchove zväračských odborníkov, ako aj o možnostiach nadväzovania stykov so zahraničnými odborníkmi.



Slovenská zväračská spoločnosť je od roku 2005 členskou organizáciou Medzinárodného zväračského inštitútu IIW, na základe čoho sprostredkuje aktuálne informácie o činnosti a dokumentoch tejto medzinárodnej inštitúcie svojim individuálnym a kolektívnym členom. Slovenská zväračská spoločnosť je celoštátnou platformou stavovskej spolupatričnosti zväračských odborníkov a ich spoločného stretávania sa.

Slovenská zväračská spoločnosť je od roku 2015 tiež členom Slovenského plynárenského a naftového zväzu. SZS sa ako člen SPNZ aktívne podieľa sa tvorbe TPP (Technických pravidiel pre plyn).



SZS vykonáva svoje aktivity za súčinnosti svojich individuálnych a kolektívnych členov a organizačných zložiek (pobočiek SZS, regionálnych a odborných skupín SZS).

Aktivity SZS sú orientované ako na prierezové šírenie nových poznatkov, tak aj na konkrétnu odbornú pomoc zainteresovaným fyzickým a právnickým osobám. Slovenská zväračská spoločnosť vykonáva svoje poslanie najmä:

- usporadúvaním odborných a spoločenských podujatí – konferencií, kongresov, seminárov, dní novej techniky, firemných prezentácií, klubov zväračov a účasti na výstavách a veľtrhoch,
- informovaním svojich členov, ale aj ostatných zväračských odborníkov o aktuálnych problémoch zvárania prostredníctvom svojej web stránky a masmédií,
- poskytovaním konzultačných, poradenských a sprostredkovacích služieb svojim členom, ako aj ostatným zväračským odborníkom.

Kontakty:

Slovenská zväračská spoločnosť
Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava
Slovenská republika

Mobil: +421(0)905/ 452 894
e-mail: zvaranie@centrum.sk
web: www.szswelding.sk



47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.+08. november 2019



SLOVENSKÁ ZVÁRAČSKÁ SPOLOČNOSŤ

BEZPEČNOSŤ TECHNICKÝCH ZARIADENÍ 2020
28. – 29. apríl 2020, Wellness Hotel Chopok ****

Vážené dámy a vážení páni,

Technická inšpekcia, a.s. a Slovenská zväračská spoločnosť si Vás dovoľujú pozvať na **XII. ročník** konferencie Bezpečnosť technických zariadení.

Cieľom konferencie je poskytnúť účastníkom aktuálne informácie z oblasti bezpečnosti technických zariadení, preto organizátor tradične oslovuje renomovaných odborníkov a lektorov v danej oblasti.

Cieľová skupina

manažéri zodpovední za bezpečnosť strojov a zariadení, prevádzkovatelia technických zariadení, útvary hlavných mechanikov, špecialisti BOZP, bezpečnostní technici a autorizovaní bezpečnostní technici, inšpektori práce, projektanti, revízni technici, výrobcovia technických zariadení, podnikatelia a vlastníci pracovných prostriedkov, servisné firmy a iní.

Organizátor

Technická inšpekcia, a.s.
Trnavská cesta 56, 821 01 Bratislava

Spoluorganizátor

Slovenská zväračská spoločnosť
Kocel'ová 15, 815 94 Bratislava

Prihlášky

- prihlásiť sa môžete cez online formulár na webovej stránke www.tisr.sk
- e-mailom (naskenované prihlášky) na: koczmanova@tisr.sk
- alebo písomne na adresu: Technická inšpekcia, a.s., Trnavská cesta 56, 821 01 Bratislava

Informácie poskytnite

- sekretariát generálneho riaditeľa Technickej inšpekcie, a.s.
na telefóne: 02/492 08 100, email: koczmanova@tisr.sk

Informácie o konferencii nájdete na webovej stránke Technickej inšpekcie, a.s.
v sekcii Výchova a vzdelávanie → Konferencia BTZ
www.tisr.sk

„Už 25 rokov sa staráme o bezpečnosť Vašich zariadení“



47. medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2019

Tatranská Lomnica, 6.-8. november 2019



PARTNERI PODUJATIA

GENERÁLNI PARTNERI PODUJATIA

MESSER

Gases for Life

LORCH



LINCOLN® ELECTRIC

THE WELDING EXPERTS®



solik

zváracia
technika

PARTNERI A ODBORNÍ GARANTI PODUJATIA



MEDIÁLNI PARTNERI PODUJATIA





47. medzinárodná konferencia
ZVÁRANIE 2019
Tatranská Lomnica, 06.-08. november 2019



ISBN: 978 - 80 - 89296 - 23 - 1