

BIULETYN

INSTYTUTU SPAWALNICTWA



Spawalnictwo w dobie przemysłu 4.0



KS

16-18 PAŹDZIERNIKA 2018

www.konferencja.is.gliwice.pl

Targi ExpoWelding, 16-18.10.2018 r

Nr 5/2018
Rocznik 62

BIULETYN

INSTYTUTU SPAWALNICTWA W GLIWICACH

Nr 5

DWUMIESIĘCZNIK

Rocznik 62

SPIS TREŚCI

■ Badania:	
• R. FERRAZ, I. FERNANDES, M. SIBISTEANU, L. QUINTINO, C. EADY - Znaczenie zintegrowanego systemu zapewnienia jakości w rozwoju i wdrażaniu kwalifikacji zawodowych	11
• M. St. WĘGŁOWSKI - Przemysł 4.0 a spawalnictwo	19
• S. KEITEL, U. MÜCKENHEIM, U. WOLSKI, S. LOTZ, J. MÜGLITZ, T. SIGMUND - Zrobotyzowane spawanie węzłów konstrukcyjnych zestawionych z kształtowników o przekroju rurowym	26
• Z. MIRSKI, T. WOJDAT, P. KUSTROŃ, W. DREKO, L. MROCZKOWSKI, D. ŁADYSZKOWSKA - Zrobotyzowane lutowanie łukowe CMT rur ze stali 10CrMo9-10 z wewnętrzną wykładziną miedzianą	33
• D. GOLAŃSKI, T. CHMIELEWSKI, B. SKOWROŃSKA, D. ROCHALSKI - Współczesne zastosowanie spawania mikroplazmowego	40
• E. TURYK, M. ŁOMOZIK - Wielokrotne spawanie naprawcze metodą MAG stali S1100QL, z usuwaniem wadliwej części spoiny za pomocą obróbki mechanicznej	49
• D. TONCELLI, S. CRACIUN, B. LEDUEY - Materiały spawalnicze charakteryzujące się obniżoną emisją chromu sześciowartościowego	57
• T. BRTNÍK, I. MIKA, J. DOLEJŠ - Zwiększanie trwałości zmęzeniowej spoin stali o wysokiej wytrzymałości metodą HFMI	61
• S. G. GRIGORENKO, V. Ju. BELOUS - Wpływ spawania elektronowego i obróbki cieplnej na strukturę i własności tytanu technicznego z domieszką stopową boru	66
• L.N. ORŁOW, A.A. GOLIAKEVICZ, I.I. ALEKSEJENKO - Napawanie utwardzające drutem proszkowym w celu zwiększenia trwałości dysków wirujących roz włóknarki do produkcji wełny mineralnej	70
• G. POSCH, J. BRUCKNER, H. ENNSBRUNNER - Przemysł 4.0 a spawalnictwo	72
• D. MIARA, J. MATUSIAK - Wpływ warunków zgrzewania na strukturę i własności złączy ze stopu aluminium przerabianego plastycznie przy wysokowydajnym zgrzewaniu metodą FSW	78
• M. KORZENIOWSKI, A. DOMIŃCZUK, J. JURENC, T. PIWOWARCZYK - Zastosowanie systemu wizyjnego do automatycznej oceny stopnia zużycia elektrod na zrobotyzowanym stanowisku do zgrzewania rezystancyjnego punktowego	84
• J. GÓRKA, K. GRZESICA, K. GOLDA - Wpływ czystości gazu formującego grań na jakość złączy spawanych orbitalnie metodą TIG austenitycznych stali nierdzewnych	90
• D. FYDRYCH, A. ŚWIERCZYŃSKA, G. ROGALSKI, J. ŁABANOWSKI - Zastosowanie statystycznych metod wielowymiarowych do badań zagadnień spawalniczych	96
• J. SŁANIA, M. MATUSZEWSKI - Radiografia cyfrowa - przygotowanie systemu do badań	102
• K. PAŃCIKIEWICZ, L. TUZ, Z. ŻUREK - Nowe spojrzenie na klasyfikację pęknięć połączeń spawanych i lutowanych	109
• L. TUZ - Wpływ podgrzewania wstępnego na strukturę i właściwości mechaniczne stali S1300QL	115

CONTENTS

■ Research:	
• R. FERRAZ, I. FERNANDES, M. SIBISTEANU, L. QUINTINO, C. EADY - The importance of an integrated quality assurance system in professional qualification development and implementation	10
• M. St. WĘGŁOWSKI - Industry 4.0 vs welding engineering	19
• S. KEITEL, U. MÜCKENHEIM, U. WOLSKI, S. LOTZ, J. MÜGLITZ, T. SIGMUND - Robotic welding on tube nodes	26
• Z. MIRSKI, T. WOJDAT, P. KUSTROŃ, W. DREKO, L. MROCZKOWSKI, D. ŁADYSZKOWSKA - Robotic CMT arc braze welding of 10CrMo9-10 steel tubes with internal copper lining	33
• D. GOLAŃSKI, T. CHMIELEWSKI, B. SKOWROŃSKA, D. ROCHALSKI - Advanced applications of microplasma welding	40
• E. TURYK, M. ŁOMOZIK - Multiple MAG repair welding of steel S1100QL with the removal of defective fragments of welds using mechanical treatment	49
• D. TONCELLI, S. CRACIUN, B. LEDUEY - Welding consumables characterised by reduced emission of hexavalent chromium	57
• T. BRTNÍK, I. MIKA, J. DOLEJŠ - HFMI method-based increase in fatigue service life of welds in high-strength steels	61
• S. G. GRIGORENKO, V. Ju. BELOUS - Effect of electron beam welding and heat treatment on the structure and properties of technical titanium with an alloying dope of boron	66
• L.N. ORŁOW, A.A. GOLIAKEVICZ, I.I. ALEKSEJENKO - Hardening surfacing with flux-cored wire increasing the service life of rotating discs of defiberiser for mineral wool production	70
• G. POSCH, J. BRUCKNER, H. ENNSBRUNNER - Industry 4.0 in welding engineering	72
• D. MIARA, J. MATUSIAK - Effect of welding conditions on the structure and properties of joints made of wrought aluminium alloys in high-speed FSW	78
• M. KORZENIOWSKI, A. DOMIŃCZUK, J. JURENC, T. PIWOWARCZYK - The use of video systems in the automatic evaluation of electrode consumption in a robotic spot resistance welding station	84
• J. GÓRKA, K. GRZESICA, K. GOLDA - Purity of backing gas and the quality of TIG orbitally welded joints in stainless austenitic steels	90
• D. FYDRYCH, A. ŚWIERCZYŃSKA, G. ROGALSKI, J. ŁABANOWSKI - Application of multivariate analysis methods in welding engineering	96
• J. SŁANIA, M. MATUSZEWSKI - Digital radiography - preparation of the system for tests	102
• K. PAŃCIKIEWICZ, L. TUZ, Z. ŻUREK - A new look at the classification of cracks in welded and braze welded joints	109
• L. TUZ - Effect of preheating on the structure and mechanical properties of steel S1300QL	115
• J. NOWACKI, A. SAJEK - Verification of properties of joints made of advances high strength steels in the conditions of the complex thermal cycles of the HPAW process	119



INSTYTUT SPAWALNICTWA
Członek Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa
i Europejskiej Federacji Spawalniczej



Biuletyn Instytutu Spawalnictwa

PL ISSN 0867-583X

Wydawca:

Instytut Spawalnictwa w Gliwicach

Redaktor Naczelny: prof. dr hab. inż. Jan Pilarczyk

Sekretarz Redakcji: mgr Alojzy Kajzerek

Adres Redakcji:

44-100 Gliwice, ul. Bł. Czesława 16-18
tel. 32 3358201, 32 3358202, kom. 500 473364, fax: 32 2314652

e-mail: Alojzy.Kajzerek@is.gliwice.pl,

biuletyn@is.gliwice.pl; www.bis.is.gliwice.pl

Rada Naukowa Biuletynu:

Akademik Borys E. Paton - Instytut Elektrosvariki im. E.O. Patona, Kijów; Nacionalnaia Akademia Nauk Ukrainy

Prof. Luisa Coutinho - European Federation for Welding, Joining and Cutting, Lizbona, Portugalia

Dr Mike J. Russel - The Welding Institute (TWI), Cambridge, Anglia

Dr Cécile Mayer - International Institute of Welding, Paryż, Francja

Prof. Slobodan Kralj - Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Chorwacja

Prof. Edmund Tasak - Akademia Górniczo-Hutnicza,

Katedra Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków

Prof. Andrzej Klimpel - Politechnika Śląska,

Katedra Spawalnictwa, Gliwice

Prof. Jan Pilarczyk - Instytut Spawalnictwa, Gliwice

Rada Programowa Biuletynu:

Członkowie zewnętrzni:

Prof. dr hab. inż. Andrzej Ambroziak - Politechnika Wroclawska, Katedra Metaloznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa

Prof. dr hab. inż. Andrzej Gruszczak

- Politechnika Śląska, Katedra Spawalnictwa

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kolasa - Politechnika Warszawska, Zakład Inżynierii Spajania

Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabanowski

- Politechnika Gdańska, Zakład Inżynierii Spajania

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Mirski - Politechnika Wroclawska,

Katedra Metaloznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa

Prof. dr hab. inż. Jerzy Nowacki - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Zakład Spawalnictwa

Dr inż. Jan Plewniak - Politechnika Częstochowska, Zakład Spawalnictwa

Prof. dr hab. inż. Jacek Senkara - Politechnika Warszawska, Zakład Inżynierii Spajania

Członkowie międzynarodowi:

Prof. Peter Bernasovsky - Výskumný ústav zvaračský - Priemyselny inštitút SR, Bratislava, Słowacja

Prof. Alan Cocks - University of Oxford, Anglia

Dr Luca Costa - Istituto Italiano della Saldatura, Genua, Włochy

Prof. Petar Darjanow - Technical University of Sofia, Bułgaria

Prof. Dorin Dehelean - Romanian Welding Society, Timisoara, Rumunia

Dr Hongbiao Dong - University of Leicester, Anglia

Dr Lars Johansson - Swedish Welding Commission, Sztokholm, Szwecja

Ing. Peter Klamo - Výskumný ústav zvaračský

- Priemyselny inštitút SR, Bratislava, Słowacja

Akademik Leonid M. Łobanow - Instytut Spawania

Elektrycznego im. E. O. Patona, Kijów, Ukraina

Prof. Dr.-Ing. Hardy Mohrbacher - NiobelCon bvba, Belgia

Prof. Ian Richardson - Delft University of Technology, Holandia

Mr. Michel Rousseau - Institut de Soudure, Paryż, Francja

Prof. dr Aleksander Zhelew - Schweisstechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV-München Bulgarien GmbH, Sofia

Członkowie z Instytutu Spawalnictwa:

dr inż. Bogusław Czwońóg, dr hab. inż. Mirosław Łomozik,

prof. I.S., dr inż. Zygmunt Mikno,

dr inż. Adam Pietras, dr hab. inż. Jacek Ślania,

prof. I.S., dr hab. inż. Eugeniusz Turyk, prof. I.S.,

dr inż. Piotr Sędek, prof. I.S.

Wersją pierwotną Biuletynu Instytutu Spawalnictwa jest wersja elektroniczna:

<http://bulletin.is.gliwice.pl>

WARUNKI PRENUMERATY NA 2019 R.

W związku z docierającymi do nas sygnałami o opóźnieniach w kolportażu prenumeraty Biuletynu Instytutu Spawalnictwa informujemy, że **gwarancją terminowego otrzymywania naszego czasopisma jest zamówienie prenumeraty bezpośrednio w Instytucie Spawalnictwa**. Dystrybucja Biuletynu przez Instytut Spawalnictwa zawsze następuje niezwłocznie po ukazaniu się czasopisma, z zachowaniem terminów przewidzianych cyklem wydawniczym. Cena prenumeraty na 2019 r., wynosi 222 zł brutto. Warunkiem przyjęcia prenumeraty jest przesłanie do Instytutu Spawalnictwa zamówienia oraz dokonanie odpowiedniej wpłaty na konto Instytutu. Można także zamawiać starsze wydania (do wyczerpania nakładu). Formularz zamówienia prenumeraty dostępny jest na stronie internetowej

<http://biuletyn.instytutu.spawalnictwa.pl/strona-cms/prenumerata>.

Zamówienia należy kierować:

Instytut Spawalnictwa

44-100 Gliwice, ul. Bł. Czesława 16-18, telefon 32 33-58-222, fax 32 33-16-105; e-mail: iwona.kender@is.gliwice.pl

konto: BANK PEKAO S.A O/Gliwice nr 59 1240 4272 1111 0000 4838 7224

Dodatkowych informacji dotyczących prenumeraty udziela Redakcja Biuletynu (tel. 32 33-58-201, 202)

oraz Ośrodek Marketingu i Informacji Naukowej (tel. 32 33-58-222)

Zdjęcie na okładce: Dariusz Olszewski

Zakład Poligraficzny W. Wiliński, Gliwice, ul. Chopina 6, tel. 32 231-32-16, 32 238-82-75, zam. nr 198. Nakład 1200

- | | | | |
|--|-----|---|-----|
| • J. NOWACKI, A. SAJEK - Kontrola właściwości złącza martenzytycznej stali AHSS w warunkach złożonego cyklu cieplnego procesu HPAW | 119 | • V. KANCHARLA, M. MENDES, M. GRUPP, B. BAIRD - New achievements in the fibre laser welding technology | 124 |
| • V. KANCHARLA, M. MENDES, M. GRUPP, B. BAIRD - Nowe osiągnięcia technologii spawania laserem włóknowym | 124 | • M. URBAŃCZYK, S. STANO, M. BANASIK, J. ADAMIEC - Effect of hybrid laser arc welding on the structure and properties of high yield point steel S960QL | 132 |
| • M. URBAŃCZYK, S. STANO, M. BANASIK, J. ADAMIEC - Wpływ technologii spawania hybrydowego na strukturę i właściwości stali o podwyższonej granicy plastyczności S960QL | 132 | • J. ADAMIEC - Cracking of welded structures in power engineering systems | 137 |
| • J. ADAMIEC - Pęknięcie konstrukcji spawanych w energetyce | 137 | • J. MATUSIAK, J. WYCIŚLIK-SOŚNIERZ - Welding of zinc-coated steel plates versus emission of welding fumes to work environment | 141 |
| • J. MATUSIAK, J. WYCIŚLIK-SOŚNIERZ - Spawanie blach stalowych z cynkowymi powłokami ochronnymi a emisja zanieczyszczeń pyłowych i gazowych do środowiska pracy | 141 | • P. CEGIELSKI, D. GOŁAŃSKI, P. KOŁODZIEJCZAK, A. KOLASA, D. ROCHALSKI, T. SARNOWSKI - advanced design and verification of tracks and welding positioners - external axes of robots | 149 |
| • P. CEGIELSKI, D. GOŁAŃSKI, P. KOŁODZIEJCZAK, A. KOLASA, D. ROCHALSKI, T. SARNOWSKI - Zaawansowane metody projektowania i weryfikacji torów jezdnych i pozycjonerów spawalniczych - zewnętrznych osi robotów .. | 149 | ■ PhD dissertation defence by mgr. inż. Krzysztof Pańcikiewicz | 158 |
| ■ Obrona pracy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa Pańcikiewicza | 158 | ■ Press releases | 159 |
| ■ Komunikaty prasowe | 159 | | |

R. Ferraz, I. Fernandes, M. Sibisteanu, L. Quintino, C. Eady - Znaczenie zintegrowanego systemu zapewnienia jakości w rozwoju i wdrażaniu kwalifikacji zawodowych

Rosnące tempo zmian technologicznych w produkcji skracca okres przydatności tradycyjnych kwalifikacji. Utrzymanie wysokiego poziomu aktualnie obowiązującego monolitycznego kształcenia zawodowego wymaga dużego wkładu pracy w zakresie jego aktualizacji i przeglądu, zwłaszcza w kontekście międzynarodowym. Czwarta rewolucja przemysłowa przesuwa tradycyjne systemy edukacji do granic ich możliwości i rzuca światło na ich niedociągnięcia. Zapewnienie, że przyszli pracownicy będą zdolni do wyzwań związanych z Przemysłem 4.0 obejmuje kilka aspektów. Pracodawcy i ich pracownicy wymagają odpowiedniego i na wysokim poziomie szkolenia przed rozpoczęciem zatrudnienia, które dostarczy zarówno podstawowej wiedzy inżynierskiej, jak i wiedzy o najnowszych materiałach i procesach. Celem systemu szkolenia EWF jest zapewnienie właściwego i we właściwym czasie kwalifikowania personelu. Sukces firmy wywodzi się z solidnego i zorientowanego na przemysł systemu jakości z szerokim zaangażowaniem różnych zainteresowanych stron, do których należą instytuty spawalnictwa, ośrodki szkoleniowe, jednostki certyfikujące, firmy, wykładowcy i uczestnicy szkoleń. Podejście oparte na współpracy członków EWF i zainteresowanych stron zapewnia zharmonizowane zapewnienie jakości, które z kolei zapewnia wiarygodność międzynarodowych kwalifikacji, dzięki czemu zyskały one zaufanie pracodawców. W artykule przedstawiono, w jaki sposób kwalifikacje międzynarodowe wspierają wdrażanie i wykorzystywanie nowych technologii, umożliwiając wprowadzanie innowacji do produkcji. Ponadto przedstawiono znaczenie zin-

tegowanego systemu zapewnienia jakości w opracowywaniu i wdrażaniu kwalifikacji zawodowych, które wspierają mobilność i rozwój w zatrudnieniu.

M. St. Węglowski - Przemysł 4.0 a spawalnictwo

Koncepcja Przemysłu 4.0 stanowi nowe wyzwanie dla przedsiębiorstw, również dla szeroko pojętej branży spawalniczej. Obecnie mamy do czynienia z IV Rewolucją Przemysłową, która rozpoczęła się w roku 2010, i która spowoduje znaczące zmiany nie tylko w zakresie produkcji wyrobów masowych ale również dotknie życia codziennego. Wiele rozwiązań jakie związane są z nową rewolucją przemysłową będzie wpływało na nas przez najbliższe lata. By sprostać nowym wymaganiom, kadra inżynierska będzie musiała ściślej współpracować w zespołach interdyscyplinarnych i w ten sposób wdrażać do praktyki przemysłowej również technologie spawania, zgrzewania lub klejenia. Producenci urządzeń spawalniczych oferują już rozwiązania, które wpisują się w idee Przemysłu 4.0. Czas jedynie pokaże, w jakim kierunku pójdzie rozwój branży spawalniczej. W pracy przedstawiono idee poszczególnych rewolucji przemysłowych, zarys historyczny rozwoju technologii spawania oraz wymagania dla personelu, który będzie wdrażał i korzystał z efektów Przemysłu 4.0. Zaprezentowano również przykładowe rozwiązania związane ze spawalnictwem.

S. Keitel, U. Mückenheim, U. Wolski, S. Lotz, J. Müglitz, T. Sigmund - Zrobotyzowane spawanie węzłów konstrukcyjnych zestawionych z kształtowników o przekroju rurowym

Konstrukcje inżynierskie wykonane z kształtowników o przekroju zamkniętym wykazują znacznie większą stabilność niż konstrukcje wykonane z profili otwartych. Węzły konstrukcyjne tego rodzaju ustrojów wymagają połączeń spawanych o krzywoliniowej trajektorii usytu-

owanej w przestrzeni. Spawanie ram i kratownic z profili o przekroju zamkniętym wytwarzanych w małych i średnich przedsiębiorstwach prowadzone jest zazwyczaj w trybie ręcznym, co jest bardzo czasochłonne i kosztowne. Wymaga też personelu o odpowiednich kwalifikacjach. Spawacze muszą dostosowywać się do stale zmieniających się warunków zarówno w odniesieniu do przygotowania złączy, jak i pozycji spawania. Wymaga to intensywnego szkolenia. Zastąpienie zatem spawania ręcznego procesem zmechanizowanym odciążałoby spawaczy w sposób znaczący.

Z. Mirski, T. Wojdat, P. Kustron, W. Dreko, L. Mroczkowski, D. Łądzyszowska - Zrobotyzowane lutowanie łukowe CMT rur ze stali 10CrMo9-10 z wewnętrzną wykładziną miedzianą

Przedstawiono problematykę związaną z lutowaniem łukowym rur ze stali kotłowej 10CrMo9-10 (10H2M) wyłożonych wewnątrz wykładziną miedzianą. Wskazano na możliwości wytwarzania tego rodzaju połączeń przy użyciu konwencjonalnych i innowacyjnych metod spawalniczych. Przedstawiono wyniki badań radiograficznych, metalograficznych oraz mechanicznych (statyczna próba rozciągania i technologiczna próba zginania poprzecznego, pomiary twardości) złączy lutowanych wykonanych na zrobotyzowanym stanowisku do lutowania metodą CMT (Cold Metal Transfer).

D. Golański, T. Chmielewski, B. Skowrońska, D. Rochalski - Współczesne zastosowanie spawania mikroplazmowego

Omówiono zagadnienia związane z łukiem mikroplazmowym wykorzystywanym w procesach spawania, napawania i przetapiania. Scharakteryzowano istotę działania oraz warunki jarzenia się łuku plazmowego. Podano właściwości oraz zakres zastosowania spawania plazmowego. Zaprezentowano przykłady złączy cienkich elementów spawanych mikroplazmowo. Omówiono na przykładach wykorzystanie łuku mikroplazmowego w procesach napawania oraz przetapiania. Wskazano na korzystne cechy łuku plazmowego oraz jego potencjał aplikacyjny jako alternatywę dla innych spawalniczych źródeł ciepła.

E. Turyk, M. Łomozik - Wielokrotne spawanie naprawcze metodą MAG stali S1100QL, z usuwaniem wadliwej części spoiny za pomocą obróbki mechanicznej

Przeprowadzono badania wpływu jedno- i czterokrotnego oddziaływania cyklu cieplnego spawania naprawczego na właściwości mechaniczne złączy doczołowych blach o grubości 18 mm ze stali ulepszonej cieplnie gatunku S1100QL. Określono właściwości mechaniczne złącza produkcyjnego oraz złączy naprawianych z użyciem obróbki mechanicznej, wykonywanych metodą MAG drutem elektrodowym proszkowym o rdzeniu metalicznym (proces 138) gatunku STEIN-MEGAFIL 1100 M. Stwierdzono, że właściwości mechaniczne złączy naprawianych z użyciem obróbki mechanicznej są zbliżone do odpowiednich właściwości złączy po spawaniu naprawczym z usuwaniem wadliwej części spoiny za pomocą żłobienia elektropowietrznego.

D. Toncelli, S. Craciun, B. Leduey - Materiały spawalnicze charakteryzujące się obniżoną emisją chromu sześciowartościowego

Podano informacje o nowych materiałach dodatkowych do spawania popularnych gatunków stali nierdzewnych. Omówiono powstawanie Cr6+ w pyłe i związek metali alkalicznych z tym procesem. Opracowane zostały elektrody otulone i druty z rdzeniem proszkowym charakteryzujące się zmniejszoną emisją pyłu podczas spawania i mniejszą zawartością kancerogennego chromu sześciowartościowego w pyłe. Jedną z głównych trudności, jaką było zapewnienie niezbędnych właściwości otuliny elektrod rozwiązano, stosując otulinę dwuwarstwową. Nowe gatunki elektrod i drutu proszkowego poddano testom, m. in. w brytyjskim TWI, w celu porównania emisji pyłu i zawartości Cr6+ z materiałami standardowymi. Badania wykazały, że emisja Cr6+ u źródła jest 4 razy mniejsza w przypadku elektrod i 3-krotnie mniejsza dla drutów proszkowych, w porównaniu z materiałami standardowymi.

T. Brtnik, I. Mika, J. Dolejś - Zwiększanie trwałości zmęczeniowej spoin stali o wysokiej wytrzymałości metodą HFMI

Trwałość zmęczeniowa połączeń spawanych w warunkach zmęczenia średnio i wysokocyklowego była do niedawna jednym z czynników ograniczających szersze zastosowanie stali o wysokiej wytrzymałości. Ostatnie badania nad zwiększeniem trwałości zmęczeniowej złączy spawanych pokazują, że trwałość zmęczeniowa spoin (złączy spawanych) może zostać znacznie zwiększona za pomocą wysokoczęstotliwościowej

mechanicznej obróbki udarowej (High Frequency Mechanical Impact - HFMI). Przeprowadzone niezależnie badania wykazały, że wzrost trwałości zmęczeniowej jest proporcjonalny do wytrzymałości materiału rodzimego przy stosowaniu tej metody. Metoda ta opiera się na wprowadzeniu naprężenia ściskającego w punkcie krytycznym przejścia spoiny w materiał rodzimy i jest zaawansowaną wersją metod opracowanych w latach siedemdziesiątych na terytorium ówczesnego Związku Radzieckiego, stosowanych w celu zwiększenia trwałości zmęczeniowej złączy spawanych konstrukcji łodzi podwodnych. Metoda nadaje się do obróbki zarówno spoin czołowych, jak i pachwinowych. Niniejszy artykuł podsumowuje aktualną wiedzę na temat użyteczności i praktycznego zastosowania metody HFMI dla stali konwencjonalnych (o niższych właściwościach wytrzymałościowych) i wysokowytrzymałych. Istotnym czynnikiem wpływającym na wzrost zainteresowania metodą HFMI było uwzględnienie tej metody w zaleceniach Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa (MIS) dotyczących obliczeń zmęczeniowych konstrukcji.

S. G. Grigorenko, V. Ju. Belous - Wpływ spawania elektronowego i obróbki cieplnej na strukturę i własności tytanu technicznego z domieszką stopową boru

Rozpatrzono charakterystyczne cechy formowania połączenia spawanego stopu tytanu (Ti - TiB) wykonanego wiązką elektronów. Zbadano wpływ późniejszej obróbki cieplnej na przemiany strukturalno-fazowe w metalu spoiny i strefie wpływu ciepła. Obróbka cieplna połączeń spawanych prowadzi do rozpadu fazy metastabilnej, rozmieszczenia cząsteczek boru w strukturze i zwiększa jednorodność strukturalną, co przyczynia się do polepszenia właściwości mechanicznych.

L.N. Orłow, A.A. Goliakewicz, I.I. Aleksejenko - Napawanie utwardzające drutem proszkowym w celu zwiększenia trwałości dysków wirujących rozwałkniarki do produkcji wełny mineralnej

Omówiono technologię napawania dysków rozwałkniarki wełny mineralnej drutem proszkowym metodą MAG, łukiem samoosłonowym oraz łukiem krytym. Podano wyniki badań trwałości dysków w zależności od składu chemicznego napawanej warstwy roboczej.

G. Posch, J. Bruckner, H. Ennsbrunner - Przemysł 4.0 a spawalnictwo

Aby przejść do kolejnego etapu rozwoju technologii spawalniczych, tj. zastosowania koncepcji Przemysłu 4.0 i „Internetu rzeczy” w spawaniu, konieczne jest zrozumienie i przekazanie niezbędnej wiedzy personelowi spawalniczemu odpowiedzialnemu za rozwój technologii już dzisiaj, by łatwiej było uzyskać niezbędne dane maszynowe w przyszłości. Dlatego konieczne jest rozwijanie i dostosowywanie nowoczesnego sprzętu spawalniczego do potrzeb inteligentnej fabryki oraz gromadzenia i analizy wielu danych, które są istotne dla procesu spawania. W artykule przedstawiono krótki przegląd możliwości i pomysłów, jakie są dostępne już dzisiaj w celu dostosowania obecnych rozwiązań na potrzeby Przemysłu 4.0 w przyszłości.

D. Miara, J. Matusiak - Wpływ warunków zgrzewania na strukturę i własności złączy ze stopu aluminium przerabianego plastycznie przy wysokowydajnym zgrzewaniu metodą FSW

Proces zgrzewania tarcowego FSW w większości przypadków jest stosowany do łączenia elementów wykonanych z materiałów jednoimiennych. Zasadniczo, do tego rodzaju konstrukcji wykorzystuje się również niewielką prędkość zgrzewania. W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące wysokowydajnego zgrzewania metodą FSW stopu aluminium przerabianego plastycznie, a także określono wpływ warunków zgrzewania na strukturę i własności powstałych złączy. Uzyskane rezultaty wskazują, że otrzymane połączenia cechują się wysoką jakością i nie zawierają niezgodności spawalniczych.

M. Korzeniowski, A. Domińczuk, J. Jurenc, T. Piwowarczyk - Zastosowanie systemu wizyjnego do automatycznej oceny stopnia zużycia elektrod na zrobotyzowanym stanowisku do zgrzewania rezy-stancyjnego punktowego

Problematyka oceny stopnia zużycia elektrod do zgrzewania rezy-stancyjnego punktowego jest istotnym zagadnieniem, mającym znaczący wpływ na jakość połączeń zgrzewanych. W artykule przedstawiono autorskie stanowisko, które zintegrowano poprzez połączenie robota przemysłowego, systemu wizyjnego, kolumnowej ostrzałki do elektrod oraz lampy „Smart Light”. Elementy stanowiska: czujniki i system wizyjny

zostały dobrane pod kątem ich wykorzystania w seryjnej produkcji konstrukcji zgrzewanych. Opracowany i zoptymalizowany system pozwala na automatyczną ocenę stopnia zużycia nasadek do zgrzewania rezy-stancyjnego punktowego, a zaimplementowane i przetestowane al-gorytmy decyzyjne umożliwiają przeprowadzenie procesu zgrzewania z ciągłą kontrolą jakości nasadek oraz ocenę możliwości ich dalszego ostrzenia w toku procesu produkcyjnego.

J. Górka, K. Grzesica, K. Golda - Wpływ czystości gazu formujące-go grań na jakość złączy spawanych orbitalnie metodą TIG austeni-tycznych stali nierdzewnych

W artykule przedstawiono badania określające wpływ czystości gazu formującego na jakość złączy rur z austenitycznej stali nierdzewnej X5CrNi18-10 (1.4301) o wymiarach: ϕ 50,8 x 1,5 mm, wykonanych metodą spawania orbitalnego TIG bez użycia materiału dodatkowego. W zakresie przeprowadzonych badań wykonano: badania składu che-micznego, badania zawartości ferrytu delta, badania nieniszczące złą-czy spawanych, w tym badania wizualne wraz z oceną barw nalotowych od strony grani spoiny oraz od strony lica spoiny, badania radiograficz-ne i metalograficzne, a także badania niszczące złączy spawanych. Ochronę metalurgiczną lica spoiny stanowił gaz osłonowy w postaci argonu o czystości 5.0, którego natężenie przepływu wynosiło 8 dm³/min. Grań powstającej spoiny była początkowo chroniona poprzez zastosowanie gazu formującego w postaci argonu o czystości 5.0, a następnie mieszan-ek argonu z powietrzem. Przeprowadzone badania wykazały, że wraz ze wzrostem zawartości tlenu szątkowego w mieszance gazu formują-cego następuje zmiana barw warstw tlenkowych występujących w obrę-bie obszaru SWC oraz obszaru grani spoiny. Ze względu na wymagania zawarte w duńskim raporcie 94.34 Instytutu Force Technology oraz ame-rykańskiej normie ASME BPE-2012, dotyczące barw nalotowych, je-dynie złącze o zawartości 4 i 25 ppm tlenu szątkowego w mieszance gazów formujących mogą być dopuszczone do użytku po uprzednim oczyszczeniu i pasywacji.

D. Fydrych, A. Świerczyńska, G. Rogalski, J. Łabanowski - Zastoso-wanie statystycznych metod wielowymiarowych do badań zagadnień spawalniczych

Zjawiska i procesy zachodzące podczas spajania są zazwyczaj bar-dzo złożone i należy je opisywać metodami wielowymiarowymi. W ar-tykule opisano podstawy metodologiczne i wybrane obszary zastoso-wania rozwiązywania problemów spawalniczych z wykorzystaniem staty-stycznych metod wielowymiarowych. Przedstawiono przykłady użycia teorii planowania eksperymentu, analizy regresji wielokrotnej, analizy skupień, analizy składowych głównych i analizy regresji logistycznej. Zastosowanie analiz wielowymiarowych daje możliwość matematycz-nego opisu procesów spajania, co można, po przeprowadzeniu weryfikacji merytorycznej, wykorzystywać do przewidywania ich skutków, a zwłaszcza do prognozowania właściwości i trwałości eksploatacyjnej konstrukcji spawanych.

J. Ślania, M. Matuszewski - Radiografia cyfrowa - przygotowanie systemu do badań

Radiografia cyfrowa znajduje coraz szersze zastosowanie w bada-niach nieniszczących złączy spawanych i odlewów, pozwalając na otrzy-manie powtarzalnej metody badań i skrócenia czasu badania do mini-mum. Jednak by móc otrzymać prawidłowy wynik, należy w procesie badania wyrobów dokonać weryfikacji poziomów jakości zgodnie z normą wyrobu lub specyfikacją klienta. Proces przygotowania bada-nia w przypadku radiografii cyfrowej ma zasadniczy wpływ na wyniki badań, w związku z czym w artykule omówiono procedurę kalibracji systemu do badań, która pozwala na wzrost poziomu wykrywalności i spełnienia stawianych wymagań jakościowych.

K. Pańcikiewicz, L. Tuz, Z. Żurek - Nowe spojrzenie na klasyfikację pęknięć połączeń spawanych i lutospawanych

Wytwarzanie konstrukcji z użyciem nowoczesnych materiałów i technologii łączenia nierzadko niesie za sobą problemy związane z ich ograniczoną spawalnością. Zdolność do otrzymywania złączy o wymaganych własnościach może być ograniczona m.in. przez skłon-ność do występowania pęknięć. W pracy dokonano przeglądu sposo-bów klasyfikacji pęknięć złączy spawanych i lutospawanych opartych na przyczynach i okresie ich powstawania. Jako podstawowy podział

pęknięć związanych z produkcją/wytwarzaniem przyjęto pęknięcia go-rące, zimne, lamelarne oraz wyżarzeniowe. Zaproponowano rozszerze-nie tej klasyfikacji o szczególnie przypadki pęknięć występujących w temperaturze wyższej od temperatury otoczenia i niższej od dolnej granicy zakresu kruchości wysokotemperaturowej. W powstałym w ten sposób przedziale temperatury mogą wystąpić pęknięcia spowodowane utratą plastyczności w stanie stałym na skutek wystąpienia kruchości wysokotemperaturowej II rodzaju oraz pęknięcia spowodowane krucho-ścią w obecności ciekłych metali.

L. Tuz - Wpływ podgrzewania wstępnego na strukturę i właściwości mechaniczne stali S1300QL

Zastosowanie nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych niesie za sobą konieczność dostosowania typowych procesów spawalniczych do specjalnych wymagań wynikających z ograniczonej spawalności wyko-rzystywanych materiałów. Wynika to istotnie z złożonego składu chemicznego lub unikatowych właściwości mechanicznych uzyskiwa-nych w procesach technologicznych wytwarzania stali i stopów. Przykładem takiej stali jest stal o gwarantowanej granicy plastyczności 1300 MPa, gdzie wysoką wytrzymałość uzyskuje się przez dodatek nie-wielkich ilości pierwiastków węglilotwórczych i złożonych procesów obróbki cieplnej. Powoduje to, że nie tylko wprowadzenie ciepła pod-czas spawania może spowodować zmniejszenie tych właściwości, ale i wszelkie zabiegi dodatkowe związane z przygotowaniem brzegów do spawania czy proces podgrzewania wstępnego. W badaniach przepro-wadzono proces symulowanego podgrzewania wstępnego przy zastoso-waniu różnych warunków chłodzenia. Pozwoliło to określić dopuszczalną temperaturę, przy której nie zachodzą istotne zmiany, jak również tem-peratury krytyczne, powyżej których następuje istotna zmiana właści-wości mechanicznych.

J. Nowacki, A. Sajek - Kontrola właściwości złącza martenzytycznej stali AHSS w warunkach złożonego cyklu cieplnego procesu HPAW

Scharakteryzowano podstawowy problem kontroli właściwości złą-czy wykonanych ze stali AHSS w odniesieniu do konwencjonalnych stali konstrukcyjnych, bazujący na wyznaczeniu czasu stygnięcia $t_{8/5}$. Zaproponowane rozwiązanie w postaci zastosowania metody elemen-tów skończonych bazuje na dwóch modelach obliczeniowych. Przedsta-wiono model materiałowy, który uwzględnia właściwości pojedynczych faz metalicznych oraz ich interakcje w trakcie cyklu spawania. Jako drugi, opisano numeryczny model hybrydowego źródła ciepła HPAW (plazma + MAG) składający się z dwóch predefiniowanych w oprogramowaniu Simufact.Welding modeli, adekwatnych do charakterów procesów skła-dowych. Przeprowadzono symulację spawania oraz eksperyment wery-fikujący. Wykazano zgodność wyników symulacji i jej wysoką przydat-ność w zakresie kontroli właściwości analizowanych złączy.

V. Kancharla, M. Mendes, M. Grupp, B. Baird - Nowe osiągnięcia technologii spawania laserem włóknowym

Lasery włóknowe stanowią nowatorskie narzędzie w rękach spawal-nika. Nieustanny ich rozwój, a także opracowywane nowe techniki spa-wania umożliwiają wykonanie zadań technologicznych bardzo trudnych bądź niemożliwych do spełnienia za pomocą konwencjonalnych lase-rów technologicznych i konwencjonalnych technik spawania, jak np. spawanie precyzyjnych elementów wykonanych z miedzi, materiałów różnoimiennych, a także materiałów w postaci cienkich folii metalo-wych lub elementów niedokładnie wykonanych czy też niedokładnie zestawionych. W artykule przedstawiono technikę spawania wiązką pro-mieniowania laserowego odchylaną dynamicznie i omówiono jej zalety w zastosowaniu do spawania miedzi i stopów aluminium, a także do łączenia tworzyw sztucznych. Opisano także technikę zintegrowanego monitorowania procesu „inline coherent imaging (ICI)” umożliwiającą poprawę jakości spawanych elementów.

M. Urbańczyk, S. Stano, M. Banasik, J. Adamiec - Wpływ technolo-gii spawania hybrydowego na strukturę i właściwości stali o podwyższonej granicy plastyczności S960QL

Opisano zalety procesu spawania hybrydowego laser + MAG. Pod-a-no korzyści oraz przykłady zastosowania stali o wysokiej granicy pla-styczności S960QL. Przedstawiono wyniki badań spawania hybrydo-wego złączy doczołowych o różnych grubościach ze stali ulepszonych cieplnie o podwyższonej granicy plastyczności 960 MPa zarówno

w pozycji PA, jak i PC. Przedstawiono także wyniki badań metalograficznych makro i mikroskopowych uzyskanych złączy.

J. Adamiec - Pęknięcie konstrukcji spawanych w energetyce

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną powoduje konieczność modernizacji i budowy instalacji o coraz większej sprawności. Budowa bloków energetycznych na parametry nadkrytyczne i ultranadkrytyczne wymaga stosowania nowych technologii i nowych materiałów. W pracy przedstawiono dwa przykłady pęknięcia instalacji kotłowych związane z zastosowaniem nowej technologii spawania hybrydowego oraz nowego materiału Alloy 59. Stwierdzono, że stosowanie najnowszych osiągnięć, zarówno technologicznych, jak i materiałowych, jest zasadne pod warunkiem analizy i weryfikacji założeń konstrukcyjnych i warunków eksploatacji.

J. Matusiak, J. Wyciślik-Sośnierz - Spawanie blach stalowych z cynkowymi powłokami ochronnymi a emisja zanieczyszczeń pyłowych i gazowych do środowiska pracy

Przedstawiono badania których celem była ocena wpływu parametrów technologicznych spawania łukowego elektrodą topliwą blach stalowych z powłokami ochronnymi na wielkość emisji pyłu i gazów (CO, NOx). Wyznaczono korelacje pomiędzy metodą spawania, rodzajem powłoki ochronnej, parametrami prądowymi, rodzajem materiału dodatkowego a emisją zanieczyszczeń. Badania prowadzone były dla spawania metodami MAG, CMT, ColdArc oraz AC MIG Pulse blach stalowych z różnymi rodzajami powłok ochronnych antykorozyjnych. Jako materiał dodatkowy zastosowano drut lity w gat. G3Si1 o śr. 1,2 mm oraz drut proszkowy z wypełnieniem metalicznym o oznaczeniu T3T Z M M 1 H15 o śr. 1,2 mm.

P. Cegielski, D. Golański, P. Kołodziejczak, A. Kolasa, D. Rochalski, T. Sarnowski - Zaawansowane metody projektowania i weryfikacji torów jezdnych i pozycjonerów spawalniczych - zewnętrznych osi robotów

Wielooosiowe pozycjonery spawalnicze oraz tory jezdne przeznaczone do zintegrowania z robotem przemysłowym jako ich zewnętrzne osie powinny cechować się, oprócz określonej struktury kinematycznej i szerokiego zakresu ruchów, także wysoką sztywnością, przekładającą się na założoną powtarzalność pozycjonowania. Tego typu wymagania stają nierzadko w sprzeczności, stąd opracowanie bezpiecznej i funkcjonalnej konstrukcji wymaga zaawansowanych metod projektowania i weryfikacji. Dochodzenie do ostatecznego rozwiązania nie może być prowadzone wyłącznie w oparciu o intuicję konstruktora, czy kryterium najniższej ceny. Jednym z uznanych sposobów weryfikacji modeli konstrukcyjnych CAD jest zastosowanie analizy wytrzymałościowej MES (metodą elementów skończonych). W artykule przedstawiono efekty prac badawczo - rozwojowych dotyczących budowy i wdrożenia przemysłowego w PPU "ZAP Robotyka" w Ostrowie Wielkopolskim nowych typów maszyn manipulacyjnych - zewnętrznych osi robotów.

SUMMARIES OF THE ARTICLES

R. Ferraz, I. Fernandes, M. Sibisteanu, L. Quintino, C. Eady - The Importance of An Integrated Quality Assurance System in Professional Qualification Development and Implementation

The increasing pace of technological changes in manufacturing is reducing the useful life of formal qualifications. High level monolithic qualifications require large amounts of effort to review and revise them, especially in an international context. The fourth industrial revolution is pushing traditional education systems to their limits and shedding light on their shortcomings. Ensuring that the future workforce is qualified for the challenges of Industry 4.0 involves addressing several aspects. Employers and their employees demand highly relevant pre-employment education, delivering both the fundamental engineering knowledge and addressing the latest materials and processes. The EWF education and qualification approach aims to provide the right qualification at the right time. Its success is derived from a robust and industry-focused quality system, with wide stakeholder involvement from welding research institutes, educational organisations, certification bodies, companies, trainers and trainees. The cooperative approach of EWF members and stakeholders delivers harmonized quality assurance that has ensured the reliability and credibility of the international qualifications so that they have

become trusted by employers. This paper aims to present how international qualifications support the implementation and exploitation of new technologies, enabling innovation in manufacturing. Furthermore, it presents the importance of an integrated quality assurance system in the development and implementation of professional profiles that support mobility and progression in employment.

M. St. Węglowski - Industry 4.0 vs Welding Engineering

The notion of Industry 4.0 poses a new challenge for various industries, including the widely defined welding engineering. Presently, we are witnessing the Fourth Industrial Revolution initiated in 2010. This revolution will significantly influence not only mass production of goods but our daily life as well. Many solutions related to the new industrial revolution will affect our reality in the years to come. To face these new challenges, welding engineering personnel will need to collaborate in interdisciplinary teams on a much closer basis to implement fusion welding, pressure welding and adhesive bonding technologies in industrial practice. Producers of welding equipment are already offering solutions constituting inherent elements of Industry 4.0. Only time will show the developmental direction of welding engineering. The study presents ideas behind individual industrial revolutions, the historical outline concerning the development of welding technologies, requirements which should be satisfied by personnel implementing and benefiting from Industry 4.0 as well as exemplary welding engineering-related solutions.

S. Keitel, U. Mückenheim, U. Wolski, S. Lotz, J. Müglitz, T. Sigmund - Robotic Welding on Tube Nodes

Hollow-profile structures are significantly more stable than structures made using open profiles, which is the main reason for their use in truss and truss-like structures. The node inter-sections of such structures require three-dimensional curved welded joints. Small and medium-sized enterprises usually weld tubular frame and truss structures manually, which is highly time-consuming and cost-intensive. In addition, this method requires personnel with corresponding qualifications to carry out the work as the welders need to adapt to constantly changing conditions in weld preparation and welding positions, which obviously requires intensive training. Replacing this manual activity with mechanised welding processes would provide great relief to welders.

Z. Mirski, T. Wojdat, P. Kustron, W. Dreko, L. Mroczkowski, D. Ładyszowska - Robotic CMT arc braze welding of 10CrMo9-10 steel tubes with internal copper lining

The article presents issues related to arc braze welding of tubes made of 10CrMo9-10 (10H2M) boiler steel lined inside with copper. In addition, the study points to possibilities of producing joints using conventional and innovative welding methods as well as presents results of radiographic, metallographic and mechanical tests (static tensile test, technological bending test, hardness measurements) of braze welded joints made using a robotic braze welding stand and the CMT (Cold Metal Transfer) method.

D. Golański, T. Chmielewski, B. Skowrońska, D. Rochalski - Advanced Applications of Microplasma Welding

The article discusses microplasma arc applications in welding, surfacing and remelting processes, describes the effect of microplasma arc and its burning conditions as well as presents the properties and the application range of plasma welding. In addition, the article presents examples of microplasma welded joints of thin elements and discusses the application of microplasma arc in surfacing and remelting as well as indicates advantageous features of plasma arc and its application potential as an alternative to other welding power sources.

E. Turyk, M. Łomozik - Multiple MAG Repair Welding of Steel S1100QL with the Removal of Defective Fragments of Welds Using Mechanical Treatment

The research discussed in the article involved the performance of tests assessing the effect of a one-time and four-time repair welding thermal cycle on mechanical properties of 18 mm thick butt joints made of toughened steel S1100QL. The tests also involved the determination of mechanical properties of a production joint and joints subjected to mechanical treatment-based repair, involving the use of the MAG method (138) and metallic flux-cored wire STEIN-MEGAFIL 1100 M. It was

ascertained that the mechanical properties of the joints subjected to mechanical treatment-based repair were similar to those of the joints subjected to repair welding involving the removal of a defective part using arc-air gouging.

D. Toncelli, S. Craciun, B. Leduey - Welding Consumables Characterised by Reduced Emission of Hexavalent Chromium

The article provides information about new filler metals used in the welding of popular stainless steel grades and discusses the formation of Cr6+ in dusts as well as alkaline metals connected with the process. Newly developed covered electrodes and flux-cored wires are characterised by the reduced emission of dust during welding and by the lower content of carcinogenic hexavalent chromium in dust. One of the major difficulties, i.e. the obtaining of required properties of the electrode cover, was solved by using a two-layer cover. New grades of electrodes and flux-cored wires were subjected to tests, among others at the British TWI, to compare the emission of dust and that of Cr6+ with those generated by standard materials. The above-named tests revealed that the at-the-source emission of Cr6+ was 4 times lower in terms of the electrodes and 3 times lower as regards the flux-cored wires than emissions accompanying the use of standard materials.

T. Brtník, I. Mika, J. Dolejš - HFMI Method-Based Increase in Fatigue Service Life of Welds in High-Strength Steels

Until recently, the fatigue service life of welded joints exposed to medium and high-cycle fatigue has been a factor restraining the wider use of high-strength steels. Recent research on increasing the fatigue service life of welded joints (weld) has revealed that the aforesaid strength can be significantly increased using the high frequency mechanical impact (HFMI) method. Independently performed tests demonstrated that an increase in fatigue service life was proportional to the strength of the base material subjected to the aforesaid method. The HFMI method involves the application of compressive stress at the critical point of the interface between the weld and the base material. The method is an advanced variant of methods developed in the Soviet Union in the 1970s, used to increase the fatigue service life of welded joints in submarine structures. The method can be applied both in relation to butt and fillet welds. The article summarizes the current state of the art concerning the practical usability of the HFMI method in relation to conventional steels (characterised by lower mechanical properties) and high-strength steels. An important factor affecting increasingly high popularity of the HFMI method is that fact that the method has been included in IIW's recommendations concerning fatigue-related structural calculations.

S. G. Grigorenko, V. Ju. Belous - Effect of Electron Beam Welding and Heat Treatment on the Structure and Properties of Technical Titanium with an Alloying Dope of Boron

The study discussed in the article included the analysis of features characterising the formation of an electron beam-welded joint made of a titanium alloy (Ti-TiB). The study also involved the investigation of the effect of heat treatment on structural-phase transformations in the weld metal and in the heat affected zone. The heat treatment of the welded joints resulted in the decomposition of the metastable phase, the distribution of boron particles in the structure as well as the increase in the structural homogeneity, leading to the improvement of mechanical properties.

L.N. Orłow, A.A. Goliakewicz, I.I. Aleksejenko - Hardening Surfacing with Flux-Cored Wire Increasing the Service Life of Rotating Discs of Defiberiser for Mineral Wool Production

The article discusses the MAG method-based surfacing of discs of a mineral wool defiberiser performed using self-shielded arc and submerged arc. In addition, the article presents results of tests concerning the service life of discs in relation to the chemical composition of the surfaced layer.

G. Posch, J. Bruckner, H. Ennsbrunner - Industry 4.0 in Welding Engineering

To reach the next developmental stage of welding technologies, i.e. the implementation of the Industry 4.0 concept and the Internet of Things (IOT) in welding, it is crucial to understand and provide the welding responsible for technological development with necessary data; the objective being the facilitated obtaining of necessary machine data in future. The foregoing necessitates the development and adaptation of

modern welding equipment to needs of the smart factory as well as to collect and evaluate a considerable amount of data relevant to welding processes. This paper presents a short overview of already available possibilities and ideas enabling the adaptation of today's solutions to the needs of Industry 4.0. in future.

D. Miara, J. Matusiak - Effect of Welding Conditions on the Structure and Properties of Joints Made of Wrought Aluminium Alloys in High-Speed FSW

The FSW process is primarily used to join elements made of similar materials. Generally, the making of structures involving the use of similar materials require low welding rates. The article presents research results connected with the high-speed FSW of wrought aluminium alloys and the effect of welding conditions on the structure and properties of joints. The welds made within the research-related tests were characterized by high quality and free from any imperfections.

M. Korzeniowski, A. Domińczuk, J. Jurenc, T. Piwowarczyk - The Use of Video Systems in the Automatic Evaluation of Electrode Consumption in a Robotic Spot Resistance Welding Station

The assessment of the consumption of electrodes used in resistance welding processes is an important issue significantly affecting the quality of welded joints. The article presents an individually developed station integrating an industrial robot, a video system, a columnar sharpener and a "Smart Light" lamp. The elements of the station, i.e. sensors and the video system were selected in view of their use in the lot production of welded structures. The developed and optimised system enables the automatic evaluation of the consumption of spot resistance welding attachments. In turn, tested and implemented decision-making algorithms enable the performance of welding processes with the permanent monitoring of the quality of the above-named attachments and the assessment of their further sharpening possibility during the production process.

J. Górka, K. Grzesica, K. Golda - Purity of Backing Gas and the Quality of TIG Orbitally Welded Joints in Stainless Austenitic Steels

The article discusses research involving tests aimed to identify the effect of the purity of backing gas on the quality of TIG orbitally welded joints in tubes made of stainless austenitic steel X5CrNi18-10 (1.4301) having dimensions of $\phi 50.8 \times 1.5$ mm, without the use of a filler metal. The research-related tests included the analysis of the chemical composition, the identification of the content of ferrite delta, non-destructive tests of welded joints (including visual tests involving the evaluation of temper colours on the face side and on the root side), radiographic tests, metallographic tests and destructive tests of welded joints. The metallurgical shield of the weld face was provided by the shielding gas (argon; purity class 5.0), the flow rate of which amounted to 8 dm³/min. Initially, the root of a weld was shielded by the backing gas (argon; purity class 5.0) and, afterwards, by mixtures of argon and air. The tests revealed that an increase in the content of residual oxygen in the backing gas mixture was accompanied by a change in the colour of oxide layers present in the HAZ area and in the weld root area. Because of the requirements contained in Danish report no. 94.34 by the FORCE Technology Institute and American Standard no. ASME BPE-2012, related to temper colours, only the joint containing 4 and 25 ppm of residual oxygen in the mixture of backing gases can be applied after previous purification and passivation.

D. Fydrych, A. Świerczyńska, G. Rogalski, J. Łabanowski - Application of Multivariate Analysis Methods in Welding Engineering

Phenomena and processes taking place during welding are usually very complex and, for this reason, should be described using multivariate methods. The article discusses the methodological basis and selected application areas as regards the solving of welding problems using statistical multivariate methods. In addition, the article presents exemplary applications of the design of experiment, multiple regression analysis, cluster analysis, principal component analysis and logistic regression analysis. The application of multivariate analyses provides the possibility of performing the mathematical description of joining processes, which, after verification, could be used to forecast results of such processes, particularly in relation to the properties and fatigue service life of welded structures.

J. Stania, M. Matuszewski - Digital radiography - Preparation of the System for Tests

Digital radiography is becoming increasingly popular in non-destructive tests of welded joints and castings, enabling the obtainment of a repeatable testing method and the minimisation of test time. However, the obtainment of proper test results requires the verification of quality levels (during tests of products) in accordance with a related standard concerning a given product or following the customer's specification. In terms of digital radiography, the process of preparation significantly affects test results. For this reason, the article discusses the calibration of a testing system, enabling the obtainment of enhanced detectability and the satisfaction of primary quality requirements.

K. Pańcikiewicz, L. Tuz, Z. Żurek - A New Look at the Classification of Cracks in Welded and Braze Welded Joints

The making of structures using advanced materials and joining technologies is frequently accompanied by limited weldability problems. The obtainability of joints characterised by required properties can be limited, among other things, by susceptibility to crack formation. The article presents an overview of classification of cracks in welded and braze welded joints based on reasons for crack formation and the period of crack development. The primary division of fabrication/production-related cracks includes hot, cold, lamellar and annealing cracks. The study recommends the extension of the above-presented classification by including cracks occurring at a temperature higher than ambient temperature and lower than the lower limit of high-temperature brittleness range. The above-named temperature range could include cracks triggered by the loss of plasticity in the solid state resulting from the occurrence of ductility-dip brittleness and cracks related to liquid metal embrittlement.

L. Tuz - Effect of Preheating on the Structure and Mechanical Properties of Steel S1300QL

The use of advanced structural materials entails the necessity of adapting typical welding processes to special requirements resulting from the limited weldability of new materials, often tied to their complex chemical composition or unique mechanical properties obtained in technological processes used in the production of steels and alloys. An example of steel characterised by limited weldability is steel having a guaranteed yield point of 1300 MPa, where such high strength is obtained by adding slight amounts of carbide-forming elements and using complex heat treatment processes. As a result, not only a heat input accompanying the process of welding but also any additional procedures connected with the pre-weld preparation of edges or preheating could adversely affect the above-named properties. The tests described in the article involved the simulation of preheating combined with various cooling conditions. The tests enabled the identification of a permissible temperature, at which no unfavourable changes took place as well as the determination of critical temperatures, the exceeding of which could significantly alter mechanical properties.

J. Nowacki, A. Sajek - Verification of Properties of Joints Made of Advances High Strength Steels in the Conditions of the Complex Thermal Cycles of the HPAW Process

The article discusses the primary issue related to the verification of properties of joints made in AHSS in relation to conventional structural steels and based on the identification of cooling time $t_{8/5}$. The solution suggested in the study involving the application of the Finite Element Method is based on two computational models. In addition the article presents a material model allowing for properties of single metallic phases and their interaction during the welding cycle. The study also describes the numerical model of the HPAW (plasma + MAG) heat source composed of two models predefined in the Simufact.Welding software programme corresponding to the nature of constituent processes. The research-related tests also involved welding simulations and experimental verification. The tests demonstrated the conformity of simulation results and the high usability of simulation when verifying properties of joints.

V. Kancharla, M. Mendes, M. Grupp, B. Baird - New Achievements in the Fibre Laser Welding Technology

Fibre lasers are innovative tools in the welder's hands. The continuous development of fibre lasers combined with newly developed welding techniques enable the performance of technological tasks extremely difficult or even impossible to carry out using conventional technological lasers and conventional welding techniques, e.g. the welding of precise elements made of copper, dissimilar materials, thin metal foils or the joining of imprecisely made or matched elements. The article presents the laser welding process involving the use of a dynamically inclined laser beam and discusses its advantages when welding copper, aluminium alloys and plastics. In addition, the article describes the technique of integrated process monitoring referred to as inline coherent imaging (ICI), enabling the improvement of welded joint quality.

M. Urbańczyk, S. Stano, M. Banasik, J. Adamiec - Effect of Hybrid Laser Arc Welding on the Structure and Properties of High Yield Point Steel S960QL

The article discusses the advantages of the hybrid laser + MAG welding method as well as the advantages and exemplary applications of high yield point steel S960QL. The study involved the performance of the hybrid welding of butt joints having various thicknesses and made of high yield point steel (960 MPa) in the flat and in the horizontal position. In addition, the study included macro and microscopic metallographic tests of the test joints.

J. Adamiec - Cracking of Welded Structures in Power Engineering Systems

An increase in demand for electric power necessitates the revamping and construction of systems characterised by increasingly high efficiency. The construction of power units exposed to supercritical and ultra-supercritical parameters requires the use of new technologies and materials. The study presents two examples concerned with the cracking of boiler systems related to the use of a new hybrid welding technology and the use of a new material, i.e. Alloy 59. It was ascertained that the use of state-of-the-art technologies and materials is justified, yet requires the analysis and verification of designs assumptions and operating conditions.

J. Matusiak, J. Wyciślik-Sośnierz - Welding of zinc-coated steel plates versus emission of welding fumes to work environment

The article presents an investigation concerning assessment of the influence of technological parameters of metal arc welding of zinc-coated steel plates on welding fumes emission (CO, NOx). It has been designed correlation between welding method, type of protective coating, welding current parameters, type of filler metal and welding fumes emission. The research was performed for MAG, CMT, Cold Arc oraz AC MIG Pulse welding of steel plates with different types of protective coatings. As a filler metal there has been used solid wire type G3Si1 with diameter of 1.2 mm and metal cored wire type T3T Z M M 1 H15 with a diameter of 1.2 mm.

P. Cegielski, D. Golański, P. Kołodziejczak, A. Kolasa, D. Rochalski, T. Sarnowski - Advanced Design and Verification of Tracks and Welding Positioners - External Axes of Robots

Multiaxial welding positioners and tracks intended for integration with an industrial robot as their external axes should be characterised by specific kinematic structure, the wide range of movements and high rigidity translating into previously assumed positioning repeatability. The above-named requirements are often contradictory to one another, therefore the development of a safe and functional structure requires the application of advanced design and verification methods. The pursuit of the accomplishment of the ultimate solution cannot be solely based on the design engineer's intuition or the lowest price criterion. One of the recognised methods of the verification of CAD models CAD involves the application of FEM-based strength analysis (Finite Element Method). The article presents the effect of research and development works related to the design and industrial implementation of new types of manipulators (external axes of robots) in PPU ZAP Robotyka, Ostrów Wielkopolski.