

ISSN 0867-583X

# BIULETYN

INSTYTUTU SPAWALNICTWA



**Nr 2/2018**  
**Rocznik 62**

# BIULETYN

## INSTYTUTU SPAWALNICTWA W GLIWICACH

Nr 2

DWUMIESIĘCZNIK

Rocznik 62

### SPIS TREŚCI

■ Konferencje, seminaria, targi .....	5
■ Badania:	
• M. St. WĘGŁOWSKI - Badania ultradźwiękowe złączy zgrzewanych metodą FSW o grubości poniżej 8 mm .....	13
• M. RESTECKA, R. WOLNIAK - Porównanie kosztów i wydajności spawania ręcznego oraz zrobotyzowanego metodą MAG z uwzględnieniem czynników jakościowych i społecznych .....	18
• K. PAŃCIKIEWICZ - Ocena skłonności do pęknięcia zimnego złączy spawanych stali w próbie CTS .....	29
• A. KISZKA, A. CZUPRYŃSKI, E. BASZCZYŃSKA - Wpływ azotu w gazie osłonowym na własności złączy rurowych ze stali duplex spawanych orbitalnie metodą TIG i A-TIG .....	33
• L.I. MARKASZOWA, W.D. POZNIJAKOW, E.N. BERDNIKOWA - Wpływ parametrów spawania na strukturę, własności mechaniczne i odporność na pęknięcie połączeń spawanych stali 14HGN2MDAFB .....	37
• P. PROCHENKA, K. MAKOWSKA, J. JANISZEWSKI - Ocena właściwości mechanicznych złączy spawanych wiązką laserową stali Strenx S700MC w warunkach obciążenia uderowego .....	43
• A. V. MOLTASOV, I. N. KLOCZKOV, S. I. MOTRUCZ, V. V. VERUSZKIN - Wpływ odkształceń plastycznych w strefie bocznikowania na parametry siłowe podczas zgrzewania doczołowego ogniw łańcuchów .....	49
■ Zalety technologii spawania laserem włóknowym (IPG Photonics) .....	55
■ Kempfi wprowadza do oferty wszechstronne rozwiązanie do spawania zrobotyzowanego (Antti Kahri - Kempfi Oy) .....	57
■ Spawanie orbitalne metodą TIG - gdy jakość jest najważniejsza (POLYSOUDE) .....	61
■ Obrona pracy doktorskiej Pana Jacka Tomkowa (Poli-technika Gdańska) .....	63
■ Kolejne kursy Międzynarodowego Personelu Spawalniczego .....	65
■ Konkurs „Diamenty PTS” .....	72
■ Nowe urządzenia i materiały .....	73
■ Komunikaty .....	78

### CONTENTS

■ Conferences, seminars, exhibitions .....	5
■ Investigations:	
• M. St. WĘGŁOWSKI - Ultrasonic tests of FSW joints of thicknesses below 8 mm .....	13
• M. RESTECKA, R. WOLNIAK - Comparison of costs and efficiency of MAG manual and robotic welding for quality and social factors .....	18
• K. PAŃCIKIEWICZ - Assessing the susceptibility of welded joints to cold cracking in the CTS test .....	29
• A. KISZKA, A. CZUPRYŃSKI, E. BASZCZYŃSKA - Effect of shielding-gas nitrogen content on the properties of TIG and A-TIG orbital-welded tubular joints made of duplex steel .....	33
• L.I. MARKASZOWA, W.D. POZNIJAKOW, E.N. BERDNIKOWA - Effect of welding parameters on the structure, mechanical properties and crack resistance of welded joints made of steel 14HGN2MDAFB .....	37
• P. PROCHENKA, K. MAKOWSKA, J. JANISZEWSKI - Assessment of mechanical properties of laser beam welded joints made of steel Strenx S700MC subjected to high impact load .....	43
• A. V. MOLTASOV, I. N. KLOCZKOV, S. I. MOTRUCZ, V. V. VERUSZKIN - Effect of plastic strains in the shunting zone on force parameters in the butt welding of chain links .....	49
■ Advantages of fiber laser welding (IPG Photonics) .....	55
■ An universal solution for robotized welding introduced by Kempfi (Antti Kahri - Kempfi Oy) .....	57
■ Orbital TIG welding - when quality is the primary concern (Polysoude) .....	61
■ Mr Jacek Tomków (Gdańsk University of Technology) - defence of doctoral thesis .....	63
■ Another training for International Welding Staff .....	65
■ „Diamonds of PTS” - the contest by Polish Welding Association .....	72
■ New welding equipment and materials .....	73
■ Press releases .....	78



**INSTYTUT SPAWALNICTWA**  
Członek Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa  
i Europejskiej Federacji Spawalniczej



## STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW

### **M. St. Węglowski - Badania ultradźwiękowe złączy zgrzewanych metodą FSW o grubości poniżej 8 mm**

Przedstawiono wyniki badań ultradźwiękowych złączy zgrzewanych metodą FSW o grubości 6 mm wykonanych ze stopu aluminium w gat. 2017. Badania były przeprowadzone na złączach ze sztucznie wprowadzonymi niezgodnościami po procesie zgrzewania oraz na złączach charakteryzujących się niezgodnościami wewnętrznymi. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że przy użyciu techniki ultradźwiękowej można oceniać jakość złączy zgrzewanych metodą FSW o grubości 6 mm. Należy jednak zaznaczyć, iż charakterystyczna geometria złączy zgrzewanych tą metodą powoduje, że wprowadzana fala ultradźwiękowa ulega zjawiskom transformacji, odbiciu i tłumieniu. Ponadto niezbędnym jest zastosowanie specjalistycznych głowic typu tandem, które są przeznaczone do badania elementów cienkościennych.

### **M. Rostecka, R. Wolniak - Porównanie kosztów i wydajności spawania ręcznego oraz zrobotyzowanego metodą MAG z uwzględnieniem czynników jakościowych i społecznych**

Artykuł podejmuje problematykę wdrażania robotyzacji do procesów spawalniczych z uwzględnieniem czynników ekonomicznych, jakościowych oraz społecznych. Problematyka związana z robotyzacją procesów spawania obecna jest na rynkach światowych od wielu lat, jednak czynniki społeczne i ekonomiczne zwłaszcza w Polsce są nadal przyczyną małej liczby wdrożeń tego typu. Przeprowadzono analizę porównawczą wydajności i kosztów spawania.

### **K. Pańcikiewicz - Ocena skłonności do pęknięcia zimnego złączy spawanych stali w próbie CTS**

Przedstawiono charakterystykę próby CTS stosowanej do oceny skłonności złączy spawanych do pęknięć zimnych oraz wyniki prób dla stali 7CrMoVTiB10-10. Wykonano badania metalograficzne makroskopowe oraz mikroskopowe przy zastosowaniu mikroskopii świetlnej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej. Na ich podstawie dokonano oceny charakteru pęknięcia. Wykazano, że wzrost liczby ostrości cieplnej powoduje zwiększanie średniej długości powstałych pęknięć zimnych.

### **A. Kiszka, A. Czupryński, E. Baszczyńska - Wpływ azotu w gazie osłonowym na własności złączy rurowych ze stali duplex spawanych orbitalnie metodą TIG i A-TIG**

Omówiono wyniki badań dotyczących łączenia rur ze stali duplex z wykorzystaniem technologii spawania orbitalnego TIG i A-TIG (z dodatkiem topnika aktywującego). Jako gaz osłonowy stosowano zarówno sam argon, jak również argon z dodatkiem azotu. Przeprowadzono próby technologiczne spawania z użyciem głowicy zamkniętej bez podawania materiału dodatkowego. Wykonano badania wizualne i penetracyjne, następnie badania makro i mikroskopowe, a także pomiary zawartości ferrytu w spoinach z wykorzystaniem ferrytomierza.

### **L.I. Markaszowa, W.D. Poznjakow, E.N. Berdnikowa - Wpływ parametrów spawania na strukturę, własności mechaniczne i odporność na pęknięcie połączeń spawanych stali 14HGN2MDAFB**

Przedstawiono wyniki badań struktury i składu fazowego metalu spoin oraz strefy wpływu ciepła połączeń spawanych stali o wysokiej wytrzymałości 14ХГН2МДАФВ (o granicy plastyczności ponad 700 MPa), wykonanych za pomocą spawania zmechanizowanego. Przeprowadzono analityczne oceny wpływu parametrów strukturalnych na własności mechaniczne ( $R_e$ ,  $K_{IC}^*$ ) połączeń spawanych. Określono rolę czynników strukturalnych (składu fazowego, struktur ziarnowej, podziarnowej i dyslokacyjnej) w zmianie poziomu lokalnych naprężeń wewnętrznych ( $\tau_c$ ) - koncentratorów powstawania pęknięć. Określono optymalne warunki technologiczne zapewniające uzyskanie jakościowych i niezawodnych połączeń spawanych z punktu widzenia tworzącej się struktury, która zapewnia wysokie wskaźniki własności mechanicznych i odporności na pęknięcie połączeń spawanych.

### **P. Prochenka, K. Makowska, J. Janiszewski - Ocena właściwości mechanicznych złączy spawanych wiązką laserową stali Strenx S700MC w warunkach obciążenia udarowego**

W artykule dokonano oceny wytrzymałości i ciągliwości złączy spawanych laserowo wykonanych ze stali Strenx S700MC na podstawie

wyników badań struktury, rozkładu twardości oraz quasi-statycznej i dynamicznej próby rozciągania. Badania dynamiczne na rozciąganie z szybkością odkształcania rzędu  $10^3 \text{ s}^{-1}$  wykonano za pomocą techniki dzielonego pręta Hopkinsona. Uzyskane wyniki wykazały, że o ile wytrzymałość złączy w warunkach quasi-statycznego i dynamicznego rozciągania jest wysoka i zbliżona, to ich ciągliwość znacząco pogarsza się pod wpływem udarowego obciążenia.

### **A. V. Moltasov, I. N. Kloczkov, S. I. Motrunicz, V. V. Veruszkin - Wpływ odkształceń plastycznych w strefie bocznikowania na parametry siłowe podczas zgrzewania doczołowego ogniwi łańcuchów**

Artykuł dotyczy opracowania metody obliczania siły niezbędnej do gięcia ogniwa łańcucha podczas zgrzewania doczołowego z uwzględnieniem odkształceń plastycznych w strefie bocznikowania. W pracy przedstawiono osłabiwości technologiczne zgrzewania jednostykowych ogniwi łańcuchów o dużej sztywności zginania oraz opisano reguły sprężysto-plastycznego odkształcania ich strefy bocznikowania podczas gięcia. Teoretycznie uzasadniono możliwość obliczenia wielkości siły gnącej w oparciu o stan graniczny oraz sformułowano wzór analityczny, który w sposób jawny ustala związek matematyczny pomiędzy siłą graniczną a parametrami geometrycznymi i własnościami fizyko-mechanicznymi materiału zgrzewanego ogniwa łańcucha. Na przykładzie łańcucha kotwicy, za pomocą uzyskanego wzoru analitycznego oraz metody elementów skończonych wykonano obliczenia siły gnącej, co umożliwiło potwierdzenie wiarygodności zaproponowanej metody. Stwierdzono, że uwzględnienie odkształceń plastycznych ma istotny wpływ na wyniki obliczeń siły gnącej podczas zgrzewania doczołowego wyrobów o kształcie zamkniętym cechujących się dużą sztywnością zginania. Wartość siły gnącej obliczona w oparciu o idealną sprężystość materiału ogniwa badanego łańcucha kotwicy jest o ponad rząd wielkości większa od wartości tej siły obliczonej z uwzględnieniem odkształceń plastycznych w strefie bocznikowania ogniwa.

## SUMMARIES OF THE ARTICLES

### **M. St. Węglowski - Ultrasonic Tests of FSW Joints of Thicknesses Below 8 mm**

The article presents results of ultrasonic tests concerning 6 mm thick FSW joints made of aluminium grade 2017. The tests were performed using joints with artificial post-weld welding imperfections and joints characterised by internal imperfections. The test results revealed that the use of the ultrasonic technique enabled assessments of the quality of 6 mm FSW joints. However, it should be noted that the characteristic geometry of welded joints made using the above-named method is responsible for the fact that an ultrasonic wave undergoes transformation, reflection and damping after entering a tested object. In addition, it is necessary to use specialist tandem-type probes applied when testing thin-walled elements.

### **M. Rostecka, R. Wolniak - Comparison of Costs and Efficiency of MAG Manual and Robotic Welding for Quality and Social Factors**

The article is concerned with the implementation of robotic welding processes taking into consideration economic, quality-related and social factors. The robotisation of welding processes has been an ongoing process in the global market for many years, yet social and economic factors, particularly in Poland, continue to be responsible for a relatively small number of robotic welding implementations. The study presents the comparative analysis related to welding costs and efficiency.

### **K. Pańcikiewicz - Assessing the Susceptibility of Welded Joints to Cold Cracking in the CTS Test**

The article presents the CTS tests used when assessing the susceptibility of welded joints to cold cracking as well as test results related to steel 7CrMoVTiB10-10. The research work involved macro and microscopic metallographic tests performed using light and scanning electron microscopy. The macro and microscopic metallographic tests were used to assess the nature of cracking. It was demonstrated that an increase in thermal intensity was accompanied by an increase in the average length of cold cracks.

### **A. Kiszka, A. Czupryński, E. Baszczyńska - Effect of Shielding-Gas Nitrogen Content on the Properties of TIG and A-TIG Orbital-Welded Tubular Joints Made of Duplex Steel**

The article discusses test results concerning the joining of duplex steel pipes performed using the TIG and A-TIG (with the addition of activating

flux) orbital welding technology. The shielding gas used in related tests contained pure argon as well as argon with an addition of nitrogen. Technological welding tests were performed using a closed head without the feeding of a filler metal. The research work included visual and penetrant tests as well as macro and microscopic observations and ferrite meter-aided measurements of the ferrite content in welds.

**L.I. Markaszowa, W.D. Poznjakow, E.N. Berdnikowa - Effect of Welding Parameters on the Structure, Mechanical Properties and Crack Resistance of Welded Joints Made of Steel 14HG2MDAFB**

The article presents test results concerning the structure and the phase composition of the weld and HAZ metal of welded joints made of high yield point (above 700 MPa) steel 14XГН2МДΔΦБ using the mechanised welding method. The tests involved the analytical assessment of the effect of structural parameters on the mechanical properties ( $R_e$ ,  $K*1_c$ ) of welded joints as well as the determination of the role of structural factors (phase composition, grain structure, subgrain structure and dislocation) in terms of changes in local internal stresses ( $\tau_i$ ), i.e. crack formation concentrators. The tests enabled the identification of optimum technological conditions ensuring the obtaining of high quality and reliable welded joints of structures characterised by high mechanical properties and crack resistance.

**P. Prochenka, K. Makowska, J. Janiszewski - Assessment of Mechanical Properties of Laser Beam Welded Joints Made of Steel Strenx S700MC Subjected to High Impact Load**

The article assesses the strength and ductility of laser welded joints made of steel Strenx S700MC. The assessment was based on tests results concerning the material structure, hardness as well as quasi-static and dynamic tensile tests. The dynamic tests were performed

using the tensile split Hopkinson pressure bar technique and strain rates of  $10^3 \text{ s}^{-1}$ . The obtained results revealed that the strength of joints under quasi-static and dynamic tensile test conditions were high and similar, yet their ductility significantly deteriorated under the impact load.

**A. V. Moltasov, I. N. Kloczkov, S. I. Motrunicz, V. V. Veruszkin - Effect of Plastic Strains in the Shunting Zone on Force Parameters in the Butt Welding of Chain Links**

The article presents the development of a method enabling the calculation of force necessary to bend a chain link during butt welding, taking into consideration a plastic strain in the shunting zone. The study also discusses technological peculiarities concerned with the welding of single-contact chain links characterised by high bending rigidity and describes principles of the elastic-plastic strain of chain link shunting zone during bending. The work also contains the theoretical justification of the possibility of calculating the value of bending force based on the ultimate limit state and presents an analytical formula identifying the mathematical correlation between ultimate force, geometrical parameters and physico-chemical properties of the welded chain link material. Using an anchor chain as an example, the above-named analytical formula and the Finite Element Method were used to calculate the value of bending force, thereby confirming the reliability of the proposed method. It was ascertained that taking plastic strains into consideration significantly affected calculations results concerning the value of bending force during the butt welding of products having a closed shape and characterised by significant bending rigidity. The value of bending force calculated on the basis of the ideal elasticity of the anchor chain link material was higher (by more than an order of magnitude) than the value of the above-named force calculated taking into consideration plastic strains in the chain shunting zone.