

Jacek Słoma

Ireneusz Szczygieł

Andrzej Sachajdak

### **Modelowanie zjawisk cieplnych w procesie napawania**

*Modelling of heat effects in the arc weld surfacing process*

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych zjawisk występujących podczas napawania. Do modelowania zjawisk w spawalniczym łuku elektrycznym: topienia, krystalizacji, generacji ciepła oraz przepływów wielofazowych użyto pakietu CFD Fluent. Opracowano model 3D wycinka blachy 50 x 30 x 6 mm napawanej metodą GMA drutem litym o średnicy 1,2 mm. Skoncentrowano się głównie na zaprezentowaniu rozkładu temperatury w czasie, badano proces topienia materiału dodatkowego do spawania, a następnie krystalizacji jeziora oraz przenoszenie stopionego metalu w łuku spawalniczym. Przeprowadzono również wstępną weryfikację modelu, porównując wyniki z obrazem zarejestrowanym przez szybką kamerę z prędkością 1000 klatek/s.

**Słowa kluczowe:** modelowanie, napawanie

#### **Abstract**

The results of numerical calculations of phenomena which occur in the arc weld surfacing was presented in the paper. The CFD Fluent package was used for modeling the following phenomena in the electric arc: melting, solidifying, generation of heat and multiphase flows. The 3D model of a 50 x 30 x 6 metal plate cutaway padded with the use of the GMA method with a wire of 1.2 mm diameter was developed. The presentation of the distribution of temperature in time, the process of melting and later solidifying of the material, as well as the transport of the material from the arc to the padding weld were focused the article. The initial verification of the model by comparison the results with a picture recorded by 1000 frames/second fast camera was shown.

**Keywords:** modelling, surface arc welding

Strony / Pages: 4-8

Benedykt Ślązak

**Analiza wartości chwilowych parametrów napięciowo-prądowych  
w ocenie stabilności procesu spawania elektrodą otuloną***Process stability evaluation of manual metal arc welding using digital signals  
of welding current and voltage parameters***Streszczenie**

Rzeczywiste sygnały napięcia i prądu spawania stanowią źródło wielu cennych informacji na temat jakości i stabilności procesu spawania. Przetworzone do postaci cyfrowej sygnały napięciowo-prądowe można poddać analizie, wykorzystując w tym celu różnorodne narzędzia statystyczne, tj. wartość średnią prądu i napięcia ( $I_{sr}$ ,  $U_{sr}$ ), odchylenie standardowe ( $\sigma_I$ ,  $\sigma_U$ ), współczynnik zmienności napięcia i prądu ( $K_{V_I}$ ,  $K_{V_U}$ ), czas zwarcia ( $T_z$ ), czas jarzenia ( $T_j$ ), współczynnik Carrera ( $n$ ), ilość zwarć, jak również histogramy prądowo-napięciowe. Badania eksperymentalne miały na celu sprawdzenie możliwości wykorzystania przebiegów chwilowych napięcia i prądu spawania do opisu i oceny stabilności spawania elektrodą otuloną. Na podstawie analizy wyników uzyskanych podczas badań najistotniejsze z punktu widzenia opisu procesu oraz oceny stabilności jarzenia się łuku wydają się wskaźniki napięciowe, wyliczone na podstawie wartości chwilowych napięcia.

**Słowa kluczowe:** spawanie elektrodą otuloną, sygnały napięciowo-prądowe, analiza statystyczna

**Abstract**

The experimental investigation has been carried out to evaluate process stability for two rutile types of electrode supplied with two type of DC power sources – traditional 3-phase-thyristor and inverter type. During welding tests current and voltage signals were recorded separately with the aid of A/D converter. On the basis of digital signals obtained from each electrode type and power sources, a number of statistical indicators have been computed, such as current and voltage means ( $I_{sr}$ ,  $U_{sr}$ ), standard deviation ( $\sigma_I$ ,  $\sigma_U$ ), coefficient of variation ( $K_{V_I}$ ,  $K_{V_U}$ ), short circuit time ( $T_z$ ), arc burning time ( $T_j$ ), Carrer factor ( $n$ ) and average number of short circuits. Furthermore voltage and current histograms have been determined for each signals. The experimental results reveal that the arc stability can be successfully evaluate using analysis of current and voltage signals. However, statistical indicators of voltage signals has been proved as more useful for evaluation of welding process.

**Keywords:** MMAW, current and voltage signals, statistic analysis

Strony / Pages: 9-13

Jerzy Dobosiewicz

Wojciech Brunné

### **Przyczyny nieszczelności rurociągu wody amoniakalnej w obszarze połączeń spawanych**

*Causes of pipeline leakage ammonia water near to welded joints*

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w celu ustalenia przyczyn pęknięcia rurociągu wody amoniakalnej wykonanego ze stali P235GN. Badania wykazały, że przyczyną powstawania pęknięć w pobliżu złączy spawanych jest korozja międzykrystaliczna na skutek działania środowiska agresywnego (siarczek żelazowy). Stwierdzono, że dodatkową przyczyną mógł być brak podgrzewania wstępnego i wyżarzającego połączeń spawanych.

**Słowa kluczowe:** złącza spawane, rurociągi, korozja

#### **Abstract**

The article presents the results of tests conducted to determine the causes of cracking of ammonia water pipe made of steel P235GN. Studies show that the cause of cracks near to welded joints is intergranular corrosion by the action of aggressive environment (iron sulfide). It is found that an additional reason could be the lack of preheating and annealing of welded joints.

**Keywords:** welds, pipelines, corrosion

Strony / Pages: 14-16

---

Marek Banasik

Sebastian Stano

### **Lasery dyskowe – źródło ciepła dla procesów spawalniczych**

*The disk lasers – heat source for welding processes*

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono konstrukcję i zalety spawalniczych laserów dyskowych. Przedstawiono zakres zastosowań tych laserów do cięcia i spawania różnymi technikami: spawania z głębokim wtopieniem, spawania metodami hybrydowymi, wiązką ogniskowaną w dwóch punktach oraz spawania wiązką skanującą. Omówiono zmodernizowane zrobotyzowane stanowisko Instytutu Spawalnictwa wyposażone w najnowszej generacji laser dyskowy o mocy 12 kW.

**Słowa kluczowe:** laser dyskowy, zastosowanie, charakterystyka

#### **Abstract**

The constructions and also advantages of disk lasers for welding applications are described in the article. The basic information about application of this lasers in welding and cutting different methods: with deep penetration, hybrid welding methods, with two-points focused beam and scanning beam welding are presented. Moreover, the modernized welding station in Welding Institute with robot and the new generation disk laser with power up to 12 kW are presented.

**Keywords:** disk laser, applications, characteristic

Strony / Pages: 17-21

Sławomir Krajewski

Jerzy Nowacki

**Mikrostruktura i właściwości stali o wysokiej wytrzymałości AHSS***Microstructure and mechanical properties of Advanced High – Strength Steels (AHSS)***Streszczenie**

Przedstawiono nowe stale o wysokiej wytrzymałości AHSS na podstawie analizy danych źródłowych. Zaprezentowano składy chemiczne i właściwości mechaniczne wybranych gatunków tych stali. Stale o wysokiej wytrzymałości coraz częściej używane są w przemyśle motoryzacyjnym oraz w budowie ciężkich maszyn. Właściwości mechaniczne i ciągliwość tych stali pozwalają na projektowanie lżejszych i bardziej wytrzymałych konstrukcji o dotąd nieosiągalnych możliwościach. Spawalność stali AHSS jest dobra. Dzięki prostemu składowi chemicznemu i małej liczbie dodatków stopowych możliwość doboru metody i parametrów spawania jest szeroka i dotyczy zarówno zgrzewania, jak i spawania metodami MMA, GTA i GMA.

**Słowa kluczowe:** mikrostruktura, właściwości mechaniczne, stale wysokowytrzymałe

**Abstract**

The characteristic of this novel group of steels is done on literature source bases. Chemical composition and mechanical properties of representatives of different groups of these steels is presented. Advanced High-Strength Steels are increasingly used in the automotive industry and in the construction of heavy machines. The mechanical properties and toughness of these steel permit to design lighter and high strength structures with previously unattainable possibilities. Weldability of these steels is defined as a good. Due to a plain chemical composition and small amount of alloying elements, possibility of welding method and parameters selection is large and allow use well known resistance spot welding as well as MMA, GTA and GMA methods.

**Keywords:** microstructure, mechanical properties, advanced high-strength steels

Strony / Pages: 22-27

Jacek Górka  
Marcin Adamiak  
Ewa Darda

**Analiza struktury i składu chemicznego połączeń spawanych:  
plyta trudnościeralna – stal konstrukcyjna**  
The structure and chemical composition of joint of abrasion-resisting  
plate and construction steel analysis

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono analizę strukturalną i składu chemicznego połączenia spawanego płyty trudnościeralnej ze stalą konstrukcyjną S235JR wykonanego metodą MAG drutem litym G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie mieszanki aktywnej Arcal 21 (92% Ar + 8% CO<sub>2</sub>). Przeprowadzone badania wizualne i penetracyjne, badania metalograficzne: makro- i mikroskopowe oraz mikroanaliza rentgenowska składu chemicznego i rozkładu pierwiastków stopowych w obszarze spoiny pozwoliły na określenie zmian struktury i towarzyszących im zmian składu chemicznego zachodzących w poszczególnych obszarach złącza spawanego. Badania dowiodły, że w wyniku spawania dochodzi do stopienia materiału warstwy odpornej na zużycie ściernie i przejścia węglików do spoiny oraz częściowego niejednorodnego wymieszania spawanych materiałów, co powoduje wzrost twardości w tym obszarze do 600 HV i może być przyczyną powstania pęknięć od strony lica spoiny. Badania nie wykazały obecności pęknięć w obszarze grani spoiny. Analizując wyniki badań, należy stwierdzić, że wykonane złącze spawane spełnia wymogi eksploatacyjne stawiane połączeniom tego typu.

**Słowa kluczowe:** płyta trudnościeralna, stal konstrukcyjna, struktura złączy, skład chemiczny

**Abstract**

The article analyzes the structural and chemical composition of the abrasive-resistant plates with structural steel S235JR welded joints made by MAG G3Si1 solid wire with a diameter of 1.2 mm in the shielding active gas Arcal 21 (92% Ar + 8% CO<sub>2</sub>). Visual and penetrate testing, metallographic examination: macro, micro and microscopic X-ray analysis of chemical composition and distribution of alloying elements in the weld area allowed us to identify structural changes and accompanying changes in chemical composition occurring in the various areas of the welded joints. Research shown that the abrasive-resistant layer is melted in the welding process. Moreover the carbide transition into the weld and the partial non-homogenous mixing of welded materials, which increases the hardness in this area up to 600 HV and may cause cracks on the face of the weld are obtained. The study does not reveal the cracks in the weld root. Analyzing the results of the study should be noted that the welded joint made meets the requirements of this type of connections.

**Keywords:** abrasion-resisting plate, construction steel, structure of joints, chemical composition

Strony / Pages: 31-35

Łukasz Blacha

Aleksander Karolczuk

**Porównanie energetycznego modelu wyznaczania trwałości zmęczeniowej  
złączy spawanych z zaleceniami międzynarodowymi**

*Comparison of energetic approach to international recommendations  
for fatigue analysis of welded joints*

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono model energetyczny wyznaczania trwałości zmęczeniowej, odniesiony do problemu wyznaczania trwałości złączy spawanych. Zaproponowano połączenie modelu energetycznego opisanego już w literaturze z metodą zastępczego jednostkowego promienia zaokrąglenia. Obliczenia przeprowadzono dla krzyżowego złącza spawanego przy obciążeniach stałoaamplitudowych (wahadłowe rozciąganie-ściskanie). Dodatkowo, dla celów porównawczych, przeprowadzono obliczenia dla dwóch metod uwzględnionych w zaleceniach międzynarodowych: metody naprężeń nominalnych oraz metody zastępczego jednostkowego promienia zaokrąglenia. Otrzymane wyniki obliczeń zostały porównane z wynikami badań eksperymentalnych. Wykazano dużą zgodność wyników obliczeń według zaproponowanego modelu energetycznego z wynikami eksperymentalnymi.

**Słowa kluczowe:** trwałość zmęczeniowa, model energetyczny

**Abstract**

An energetic approach for fatigue analysis of welded joints is presented in this paper. Calculations were carried out for transverse stiffener welded element from S355N steel, submitted to fully reversed constant amplitude tension- compression loading. In order to address the issue of stress state in a weld notch, combination of energetic model and effective notch stress method for fatigue analysis is proposed. Procedures that were undertaken and introduced in this study are based on critical plane criterion of fatigue failure for life prediction. Critical plane orientation was determined by the direction of normal vector which is the same as the first principal direction. It is an improvement of the energetic model already proposed in the literature for structural elements. To further illustrate the effectiveness of the presented procedures, fatigue resistance against nominal stress and effective notch stress (fictitious notch radius) was evaluated, according to recommendations from International Institute of Welding. All the calculated fatigue lives were compared to test results. The presented energetic model produced results which closely resemble fatigue test results.

**Keywords:** fatigue strength, energetic model

Strony / Pages: 39-44

Izabela Kalemba

Stanisław Dymek

**Mikrostruktura i właściwości połączeń stopów aluminium wykonanych metodą zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału zgrzeiny**

Microstructure and properties of friction stir welded aluminum alloys

**Streszczenie**

Stop aluminium 7136 należy do stopów Al-Zn-Mg-Cu umacnianych wydzieleniowo. Stopy te mają dobre właściwości, tj. wysoką wytrzymałość przy wysokiej odporności korozyjnej, dzięki czemu są odpowiednim materiałem do zastosowań lotniczych. Ograniczone zastosowanie tych stopów wynika z problemów pojawiających się podczas ich łączenia. Stopy Al-Zn-Mg-Cu uznawane są za stopy niespawalne. W pracy podjęto próbę określenia jakości i właściwości złączy stopu 7136-T76 wykonanych metodą zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału zgrzeiny (z ang. Friction Stir Welding – FSW). Istotą zaprezentowanych badań było szczegółowe zbadanie właściwości mechanicznych oraz mikrostruktury złączy FSW. Wykazano, że zgrzewanie tarcowe z mieszaniem materiału zgrzeiny jest odpowiednią techniką łączenia stopów Al-Zn-Mg-Cu. Otrzymane złącza FSW charakteryzują się dobrą jakością oraz wysokimi właściwościami mechanicznymi. Wykonane badania złączy wytworzonych przy różnych prędkościach obrotowych narzędzia wykazały, że odpowiednią jakość złączy, zarówno pod względem mikrostruktury, jak i właściwości, można uzyskać przy stosunkowo szerokim zakresie parametrów procesu. Zastosowane w pracy prędkości obrotowe narzędzia podczas procesu zgrzewania nie miały istotnego wpływu na jakość zgrzeiny.

**Słowa kluczowe:** FSW, aluminium, właściwości złączy

**Abstract**

The alloy 7136 belongs to the Al-Zn-Mg-Cu age hardenable class of aluminum alloys. These alloys offer very good properties, i.e. high strength and simultaneously good corrosion resistance. Thanks to these properties Al-Zn-Mg-Cu alloys are very attractive to aerospace applications. However application of these alloys is limited due to problems associated with their welding. Al-Zn-Mg-Cu alloys are classified as non-weldable. The aim of the work is characterization of quality and properties of friction stir welded 7136-T76 extrusions. This research addresses the detailed investigation microstructure and mechanical properties of FSW welds. These studies demonstrated that friction stir welding applied to the Al-Zn-Mg-Cu alloys produces high quality, sound welds. The FSW joints are fundamentally defect-free and display high mechanical properties and good corrosion resistance. The performed investigations show relatively large range of process parameters, which allow to obtain good quality of welds, both in respect of microstructure and properties. The applied tool rotation speeds do not have influence on quality welds.

**Keywords:** FSW, aluminum, joints properties

Strony / Pages: 45-50



Lechosław Tuz

Paweł Kołodziejczak

Andrzej Kolasa

### **Struktura złączy doczołowych odlewniczych stopów magnezu**

*Structure of butt joint of as-cast magnesium alloys*

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono ocenę struktury złączy odlewniczych stopów magnezu, wykonanych trzema metodami spajania: zgrzewaniem tarciovym z mieszaniem materiału zgrzeiny (FSW), spawaniem laserowym przy zastosowaniu lasera CO<sub>2</sub> oraz spawaniem łukowym w osłonie gazu obojętnego elektrodą wolframową (TIG). Oceniano makro- i mikrostrukturę złączy doczołowych przy zastosowaniu mikroskopu optycznego z układem cyfrowej rejestracji obrazu. Do badań zastosowano dwa stopy magnezu: AZ91 i AM-Lite, w których cynk i aluminium stanowią główne dodatki stopowe. Materiałem wyjściowym były gąski odlewnicze, które sfrezowano na określony wymiar, a następnie wycięto z nich płaskowniki o grubości 3 mm. Przeprowadzona ocena wykazała, że możliwe jest uzyskanie złączy ze stopów magnezu o wysokiej jakości. Odnotowano jednak śladowe ilości porów w obszarze złącza.

**Słowa kluczowe:** złącza doczołowe, stopy magnezu, struktura

#### **Abstract**

The paper presents the structure of butt joints analysis of magnesium alloys welded with the use of friction stir welding (FSW), CO<sub>2</sub> laser and tungsten arc method. The macro- and microstructure on the cross-sections perpendicular to the welding direction using optic microscope with image recording device have been analyzed. Two types of die-cast magnesium alloys: AZ91 and AM-Lite are used in the research. The main alloying elements of the alloys are zinc and aluminum. The materials as ingot are delivered by manufacturer and then they are cut in plate samples of 3 mm thickness. The structure analysis show that achieved quality butt joints of magnesium alloys is possible to achieve, however the presence of some pores are also observed.

**Keywords:** butt joints, magnesium alloys, structure

Strony / Pages: 51-55