

Janusz Adamiec  
Michał Więcek  
Grzegorz Kokot

## Technologia spawania laserowego rur ożebrowanych

*Finned pipes laser welding technology*

### Streszczenie

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w Europie wymaga ciągłego poszukiwania nowych źródeł energii, rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych. Utrzymanie dotychczasowego poziomu produkcji energii elektrycznej wymaga nie tylko napraw i modernizacji eksploatowanych jednostek, ale także budowy nowych bloków na parametry nadkrytyczne i ultranadkrytyczne. Podwyższenie sprawności termicznej przy jednoczesnej redukcji kosztów energii możliwe jest dzięki zastosowaniu rur żebrowanych na wymienniki ciepła.

W pracy przedstawiono technologie wytwarzania rur ożebrowanych, ze szczególnym uwzględnieniem innowacyjnej technologii spawania laserowego opracowanej w Energoinstal. Wykorzystanie laserów dyskowych dużej mocy umożliwia spawanie rur ożebrowanych z kilkakrotnie większą wydajnością w stosunku do technologii spawania łukowego, przy zachowaniu restrykcyjnych wymagań jakościowych i technicznych.

**Słowa kluczowe:** rury ożebrowane, spawanie laserowe, kocioł energetyczny, sprawność energetyczna

### Abstract

The increase in demand for electricity in Europe requires a continuous search for new sources of energy, engineering and technology solutions. Maintaining the current level of electricity production requires not only repair and modernization of the operating units, as well as construction of new blocks of supercritical and ultra-supercritical. Increasing thermal efficiency while reducing energy costs is possible through the use of finned tubes for heat exchangers.

This paper presents the technologies of finned tubes, with particular emphasis on innovative laser welding technology developed in the Energoinstal company. The use of high power disk laser allows the welding of finned tubes several times more efficient compared to arc welding technology, while maintaining stringent quality and technical requirements.

**Keywords:** finned tubes, laser welding, power boiler, energy efficiency

Strony / Pages: 3÷9

Aleksander Warsz  
Aleksander Wilk

**Prefabrykacja i instalacja Sensing Lines  
na budowie elektrowni jądrowej Olkiluoto 3 w Finlandii  
realizowana przez ELEKTROBUDOWĘ SA przy współpracy z firmą WAREXIM**

*Prefabrication and instalation of Sensing Lines  
at Olkiluoto 3 Nuclear Power Plant in Finland  
by ELEKTROBUDOWA in cooperation with WAREXIM company*

**Streszczenie**

W artykule omówiono przykładowe doświadczenia firmy ELEKTROBUDOWA SA z budowy bloku elektrowni jądrowej (części zwanej „Nuclear Island”) Olkiluoto 3 w Finlandii realizowanej przy wsparciu technologicznym firmy WAREXIM z Gliwic.

Poruszono kwestie przygotowania i obiegu dokumentacji wykonawczej i kontroli, zasady zatwierdzania technologii zgodnie z obowiązującymi na budowie przepisami i procedurami z uwzględnieniem klas bezpieczeństwa (Safety Class). Zaprezentowano zagadnienia związane z procesem prefabrykacji i instalacji Sensing Lines.

**Słowa kluczowe:** elektrownia jądrowa, instalacja Sensing Lines, spawanie orbitalne

**Abstract**

In this paper examples of experiences of ELEKTROBUDOWA SA company's during erection of 3-rd unit of Olkiluoto Nuclear Power Plant in Finland (part called “Nuclear Island”) realized with technological support provided by WAREXIM (Gliwice, Poland) company were shown.

Following issues were raised: circulation of records considering fabrication and control, rules of approving of technologies according to applicable at the site procedures and regulations with consideration of Safety Classes. Issues related to process of fabrication and installation of Sensing Lines were presented.

**Keywords:** nuclear Power Plant, installation of Sensing Lines, orbital welding

Strony / Pages: 10÷16

Dariusz Mężyk

### Magnetyczna ocena naprężeń w instalacjach rurociągowych z wykorzystaniem efektu Barkhausena

*Magnetic evaluation of stress in the operation of pipeline using the Barkhausen effect*

#### Streszczenie

Elementy konstrukcji stalowych wykazują niezerowy stan naprężeń na każdym etapie eksploatacji, od fazy wytwarzania do wyłączenia obiektu. Znajomość wielkości, a także charakteru naprężeń, w tym wartości naprężeń głównych i kierunków ich działania, pozwala na określenie stopnia wyczerpania trwałości konstrukcji lub poszczególnych jej elementów. Do badań stanu naprężeń w materiałach stalowych stosowane są m.in. metody tensometryczne i magnetyczne. W artykule przedstawiono wyniki badań naprężeń własnych w wybranych fragmentach rurociągu. Celem badań było określenie przydatności metody magnetycznej do określenia stanu naprężeń w tego typu konstrukcji. Mierzono poziom natężenia efektu Barkhausena (EB) w wybranych punktach, a następnie wyznaczono znak i poziom naprężeń w tych fragmentach. Wyniki badań za pomocą EB zostały zweryfikowane przez pomiar naprężeń metoda tensometryczną.

**Słowa kluczowe:** rurociągi, naprężenia, efekt Barkhausena

#### Abstract

Elements of steel structures exhibit a non-zero state of stress at every stage of operating, from the manufacturing phase to the recycling of the object. Knowledge of the size and the nature of stress, including the principal stresses and directions of their actions cause to determination the degree of exhaustion of the sustainability of the structure or its individual components. To test the stress state in the steel materials are used, inter alia, strain gauge and magnetic methods. The paper presents the results of stresses in the selected parts of the pipeline. The aim of the study was to determine the usefulness of magnetic methods for determining the state of stress in this type of construction. Measured the level of intensity of the Barkhausen effect in certain points, and then determined the character and the level of stress in these passages. The test results by means of the EB has been verified by measurement of stress by the strain gauge method.

**Keywords:** pipelines, stress, Barkhausen effect

Strony / Pages: 17÷22

Dominik Kukla  
Paweł Grzywna  
Radosław Karczewski

**Ocena rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego  
na podstawie zmian odkształcenia i parametrów prądowirowych  
w kolejnych cyklach obciążenia**

*Fatigue damage growth evaluation  
based on changes in the strain and eddy current parameters  
in the subsequent cycles load*

**Streszczenie**

W pracy zaprezentowano wyniki badań nad opracowaniem metodyki ilościowej oceny rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego wysokostopowej stali X10CrMoVNb9-1 z wykorzystaniem nieniszczącej techniki diagnostycznej – metody prądów wirowych. W oparciu o procedurę charakteryzowania stopnia degradacji zmęczeniowej na podstawie zmierzonych wartości odkształceń średnich oraz odkształceń plastycznych w kolejnych cyklach obciążenia zdefiniowano odkształceniowy współczynnik uszkodzenia zmęczeniowego ( $\Phi$ ) opisujący dynamikę zmian odkształcenia w kolejnych cyklach. Wyznaczone w ten sposób parametry uszkodzenia skorelowano z wynikami pomiarów kąta fazowego sygnału prądowirowego mierzonego w ustalonych etapach procesu zmęczenia, przy amplitudzie naprężenia w zakresie 360÷420 MPa. Na podstawie opracowanych procedur pomiarowych uzyskano wyniki wskazujące na możliwość identyfikacji i lokalizacji uszkodzenia zmęczeniowego we wczesnym etapie jego rozwoju, jak również na ilościową ocenę stopnia degradacji w oparciu o zdefiniowany parametr uszkodzenia oraz wyniki uzyskane za pomocą nieniszczącej techniki diagnostycznej.

**Słowa kluczowe:** pękanie zmęczeniowe, spoiny, odkształcenia, prądy wirowe

**Abstract**

This paper presents the results of the work on the quantitative method for evaluation the fatigue damage development of the high alloy steel X10CrMoVNb9-1 by eddy current testing. The degree of fatigue degradation described by measured values of the deformation (mean deformation and nonelastic deformation) of load cycles. The basis on this measurement defined fatigue damage strain indicator ( $FDSI-\phi$ ), which described changes of strain dynamic in the fatigue tests. The damage parameters determined in this way are correlated with the results of measurements the Eddy current phase angle, which was measured in the selected cycles of fatigue, in the range of stress amplitude 360÷420 MPa. The results indicate

---

the possibility of identification and location of fatigue damage at an early stage of its development, as well as to quantities description of the degree of degradation based on defined damage parameter correlated with the results obtained by using non-destructive diagnostic technique.

**Keywords:** fatigue damage, weld, strain, Eddy current

Strony / Pages: 23÷31

Michał Scheithauer  
Jakub Scheithauer  
Katarzyna Scheithauer

## Porównanie metod pomiaru temperatury pirometrem i termometrem stykowym w operacjach spawalniczych

*Comparison of temperature measurements' methods in welding operations using pyrometer and contact thermometer*

### Streszczenie

Celem artykułu jest porównanie metod pomiaru temperatury z wykorzystaniem pirometru i termometru stykowego, na podstawie przeprowadzonych badań. Próby prowadzone były tak, aby możliwie jak najwierniej odwzorować warunki pomiarów temperatury występujące przy podgrzewaniu do spawania i kontroli temperatury międzyścigowej. Ostatecznym celem dokonanej analizy jest wybór metody bardziej niezawodnej i mniej obciążonej błędem wynikającym z nieprawidłowo prowadzonych pomiarów.

**Słowa kluczowe:** temperatura, pirometr, termometr stykowy

### Abstract

The aim of this article is comparison of temperature measurements' methods using pyrometer and contact thermometer, basing on researches. Tests were executed to map temperature measurements' conditions during preheating and interpass temperature control as accurate as possible. The final aim of the analysis is choice of more reliable method which is less affected by error resulting from improperly executed measurements.

**Keywords:** temperature, pyrom eter, contact thermometer

Strony / Pages: 32÷36

Jacek Michalczyk  
Kwiryn Wojsyk

### **Bezpieczne i ekonomiczne konstruowanie ekranów wymienników ciepła ze stali i innych stopów o ograniczonej spawalności**

*Safety and economical heat exchanger walls construction made of steels and other alloys with low weldability*

#### **Streszczenie**

W artykule wskazano możliwość ekonomicznego konstruowania bezpiecznych w eksploatacji ścian szczelnych z wyciskanych rur kształtowych. Konstrukcja taka zmniejsza czterokrotnie liczbę spoin i wielokrotnie zmniejsza naprężenia własne. Przedstawiono liczne zalety takiego rozwiązania, zmniejszającego awaryjność kotłów.

**Słowa kluczowe:** ściana szczelna, stal energetyczna, rura wymiennika ciepła

#### **Abstract**

The work presents the possibility of economical construction of safe in exploitation leak tight walls that are made of extruded pipes of dedicated shape. The suggested construction process reduces the number of welds fourfold and reduces significantly residual stresses. The work presents the numerous advantages of the solution that increase the reliability of boilers.

**Keywords:** leak tight wall, power engineering steel, heat exchange pipe

Strony / Pages: 37÷42

Wojciech Gawrysiuk

### **Spawanie hybrydowe (laser + MAG) paneli ścian szczelnych kotłów energetycznych ze stali 7CrMoVTiB10-10**

*Hybrid laser welding (laser + MAG) of membrane walls panels of power boilers from 7CrMoVTiB10-10*

#### **Streszczenie**

Problemy przy spawaniu łukiem krytym paneli ścian szczelnych z nowej bainitycznej stali 7CrMoVTiB10-10 przyczyniły się do poszukiwania innych technologii wytwarzania paneli z tej stali. Jedną z nowo opracowanych technologii jest spawanie hybrydowe laser + MAG. W pracy przedstawiono wyniki prób spawania paneli ścian szczelnych ze stali 7CrMoVTiB10-10 (T/P24) na nowym stanowisku w Centrum Innowacyjnych Technologii Laserowych wyposażonym w dwa lasery o mocy 12 kW każdy

**Słowa kluczowe:** ściany szczelne, spawanie hybrydowe

#### **Abstract**

Problems with the submerged arc welding membrane walls panels made from the new bainitic steel 7CrMoVTiB 10-10 contributed to the search for other production technology of the panels. One of the newly developed technology is the hybrid welding laser + MAG. This paper presents the results of tests of welding membrane walls panels made of 7CrMoVTiB10-10 (T/P24) in a new plant at the Center of Innovative Laser Technologies equipped with two lasers with power 12 kW each.

**Keywords:** membrane wall, hybrid welding

Strony / Pages: 43÷48



Grzegorz Golański  
Izabela Pietryka  
Jacek Słania  
Joanna Jasak  
Paweł Urbańczyk

### **Mikrostruktura i właściwości mechaniczne złącza spawanego stali 12HMF po długotrwałej eksploatacji**

*Microstructure and mechanical properties of welded joint of 12HMF steel after long-term service*

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrostruktury i właściwości mechanicznych złącza spawanego stali 12HMF. Badany materiał pobrany został z rurociągu z obwodowym złączem spawanym po długotrwałej eksploatacji w temperaturze 490oC, ciśnieniu pary 8 MPa i czasie pracy 419 988 godzin. Przeprowadzone badania wykazały, że materiał rodzimy (stal 12HMF) charakteryzuje się po eksploatacji typową dla tego gatunku stali mikrostrukturą ferrytyczno-bainityczną z dominującym udziałem ferrytu quasipolygonalnego. W spoinie obserwowano mikrostrukturę bainityczną z pojedynczymi ziarnami ferrytu, natomiast mikrostruktura strefy wpływu ciepła była zróżnicowana: od bainitycznej w pobliżu linii wtopienia do drobnoziarnistej ferrytyczno-bainitycznej. Badania właściwości mechanicznych wykazały, że materiał rodzimy i spoina charakteryzowały się bardzo niską udatnością KV. Materiał rodzimy charakteryzował się również niższą od wymaganego minimum granicą plastyczności. Przeprowadzone badania wskazują, że główną przyczyną degradacji mikrostruktury badanego złącza były: wydzielanie i koagulacja węglików M<sub>2</sub>C, powstawanie stref przygranicznych zubożonych w wydzielenia oraz segregacja fosforu do granic ziaren.

**Słowa kluczowe:** złącze spawane, mikrostruktura, wydzielenia węglików

#### **Abstract**

The paper presents the results of research on the microstructure and mechanical properties of a welded joint after long-term service. The investigated material was taken from a pipeline with circumferential welded joint after 419 988 h of service at the temperature of 490oC and steam pressure of 8 MPa. Performed research has shown that the native material (12HMF steel) after service is characterized by a typical microstructure for this grade of steel, i.e. ferritic-bainitic microstructure with dominant amount of quasipolygonal ferrite. In the weld, however, a bainitic microstructure with single grains of ferrite was observed. Whilst

---

the microstructure of the heat-affected zone was diverse: from the bainitic one near the line of fusion, to the fine-grained ferritic-bainitic one. The investigation of the properties has proved that the native material and the weld are characterized by very low impact strength KV. The native material was also characterized by the yield strength lower than the required minimum. Performed tests also show that the main causes of degradation of the microstructure of the examined joint were: precipitation and coagulation of M<sub>2</sub>C carbides, formation of precipitate depleted zones near the boundaries and segregation of phosphorus to grain boundaries.

**Keywords:** welded joint, microstructure, precipitation of carbides

Strony / Pages: 49÷53

Anna Pocica  
Michał Najwer

### Obróbka cieplna zgrzewanych wybuchowo bimetalu ze stali austenitycznych

*The heat treatment process of the bimetallic joint  
made by explosive cladding method*

#### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań bimetalu ze stali austenitycznych ASME SB-625-ASME SA-240 316Ti uzyskanego przez zgrzewanie wybuchowe. Bimetal poddano wyżarzaniu w temperaturze 610°C przez 90 min i w temperaturze 910°C przez 30 min. Dla otrzymanych złączy wykonano badania właściwości mechanicznych, obejmujące próby ścinania, zginania, określenie wytrzymałości na rozciąganie, badanie udarności, badania struktury oraz pomiary mikrotwardości. Na podstawie tych badań oceniono jakość uzyskanego połączenia, a także określono wpływ obróbki cieplnej na strukturę i właściwości złącza. Stwierdzono, że w wyniku zgrzewania następuje umocnienie w strefie złącza, a zastosowana obróbka cieplna nie spowodowała spadku twardości w strefie połączenia, w związku z czym przeprowadzenie tego typu zabiegów wydaje się niecelowe.

**Słowa kluczowe:** złącza różnorodne, zgrzewanie wybuchowe

#### Abstract

Presented results of test of the bimetallic joint: austenitic stainless steel ASMESB-625+austenitic stainless steel ASMESA-240 316Ti, produced by explosive cladding method. Manufactured joint was stress relief annealed at 610°C with holding time of 90 min as well as normalized at 910°C with holding time of 30 min. Joints were tested in aim to check its mechanical properties, including: shear test, bend test, tensile test, impact tests, microstructure and micro-hardness measurements. Basis on performed tests, evaluated quality of manufactured joint as well as determined influence of heat treatment for its structure and properties. Concluded that due to the influence of explosive cladding, follow hardening of bond zone. The heat treatment does not reduce hardness of the bond zone, therefore process of heat treatment is needless for that joint.

**Keywords:** dissimilar joints, explosive welding

Strony / Pages: 54÷58

Anna Pocica  
Wojciech Popanda  
Dawid Nowak

## **Badania spoin wykonanych metodą MAG w różnych osłonach gazowych**

*Investigations of welded joints produced by MAG process in shielding gases*

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki badań złączy wykonanych metodą MAG w osłonach różnych mieszanek gazowych. Stwierdzono, że osłona gazowa oraz rodzaj transportu materiału w łuku powodują różną głębokość wtopienia, wielkość strefy wpływu ciepła oraz twardość uzyskanych złączy. Ze względu na złożoność czynników wpływających na formowanie się spoiny (prąd, napięcie, prędkość spawania, osłona gazowa) należy zawsze analizować wszystkie zmienne i dopiero na podstawie takiej analizy możliwe jest określenie zalecanych parametrów spawania czy osłony gazowej.

**Słowa kluczowe:** gazy osłonowe, geometria spoin, spawanie MAG

### **Abstract**

The investigations of welded joint produced by MAG process in various shielding gases are presented. It was concluded that shielding gas and type of material transfer in arc cause different penetration depth, the size of heat affected zone and the hardness obtained connectors. Due to the complexity of the factors affecting the formation of the weld (current, voltage, rate of welding, shielding gas), all the variables should always be analyzed, and only on the basis of this analysis it is possible to determine the recommended welding parameters or shielding gas.

**Keywords:** shielding gases, weld geomtry, GMAW

Strony / Pages: 59÷63

Lechosław Tuz  
Krzysztof Pańcikiewicz  
Edmund Tasak  
Janusz Adamiec

### Ocena mikrostruktury wybranych stopów niklu

*Microstructure assessment of selected nickel alloys*

#### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki oceny mikrostruktury wybranych stopów niklu, tzn. 600, 617 i 625. Stosując mikroskopię świetlną poddano ocenie obserwowane mikrostruktury w odniesieniu do ich składu chemicznego. Przedstawiono również typowe mechanizmy utwardzania występujące w stopach niklu.

**Słowa kluczowe:** stopy niklu, mikrostruktura, skład chemiczny

#### Abstract

The paper presents the results of selected nickel base alloys assessment - 600, 617 and 625. Using light microscopy observed microstructure were compared with chemical composition of tested alloys. The typical for nickel base alloys strengthening mechanisms are presented.

**Keywords:** nickel base alloys, microstructure, chemical composition

Strony / Pages: 64÷67