

Krzysztof Pańcikiewicz
Anna Zielińska-Lipiec
Edmund Tasak

Mikrostruktura i właściwości mechaniczne złączy stali T24 spawanych metodami konwencjonalnymi i wysokoenergetycznymi

*Microstructure and mechanical properties of T24 steel joints
welded by typical and high-power processes*

Streszczenie

Przedstawiono wyniki obserwacji wizualnych, badań makro- i mikroskopowych oraz pomiarów twardości złączy doczołowych blach ze stali 7CrMoVTiB10-10 (T24). Złącza spawane wykonano łukiem krytym, wiązką laserową i metodą hybrydową (wiązka laserowa + spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazów). Obserwacje wizualne pozwoliły na ujawnienie nielicznych niezgodności spawalniczych, których obecność została potwierdzona w badaniach makroskopowych. Badania mikroskopowe nie wykazały istotnego wpływu technologii spawania na mikrostrukturę SWC, natomiast spoiny uzyskane w poszczególnych procesach charakteryzowały się zróżnicowaną mikrostrukturą, determinowaną m.in. szybkością odprowadzania ciepła. Pomiary twardości wykazały, iż niezależnie od zastosowanej technologii maksymalna wartość twardości przekracza 350 HV10.

Słowa kluczowe: energetyka, stal T24, spawanie

Abstract

The paper presents the results of visual observation, macro- and microscopic examination and hardness testing of butt-welded joints of 7CrMoVTiB10-10 steel. Welded joints was made by Submerged Arc Welding, Laser Beam Welding and a hybrid method (Laser Beam Welding + Gas Metal Arc Welding). Visual observation shown the presence of a few imperfections, what confirmed the macroscopic examination. Microscopic examination shown no significant effect of welding processes in the HAZ microstructure, while weld metal obtained by different processes is characterized by varied microstructure, that is determined i.e. heat removal rate. Hardness measurement shown that maximum hardness value exceed 350 HV10, regardless of welding process.

Keywords: power industry, T24 steel, welding

Strony / Pages: 5÷10

Mateusz Ścisłowski
Leopold Michał Barwicki
Anna Zielińska-Lipiec
Edmund Tasak
Krzysztof Pańcikiewicz

Badanie właściwości i struktury połączeń spawanych nowej i eksploatowanej stali 14 MoV6-3 (13HMF)

*Evaluation of the mechanical properties and microstructure
of before and after operations 14 MoV6-3 (13HMF) steel joints*

Streszczenie

W pracy przedstawiono właściwości i strukturę połączenia spawanego pomiędzy elementem ze stali eksploatowanej 14 MoV6-3 oraz elementem nowym, nieeksploatowanym, również ze stali 14 MoV6-3. Oba elementy w postaci płyt o wymiarach 110x220x20 mm połączono dwoma metodami spawania łukowego. Grań spoiny wykonano metodą spawania elektrodą nietopliwą w osłonie gazu obojętnego (TIG), natomiast wypełnienie metodą spawania elektrodą otuloną (MMAW). Pospawany element został poddany wyżarzaniu odprężającemu. Powstałe złącze spawane zostało poddane badaniom nieniszczącym: VT, PT, RT oraz badaniom niszczącym: badaniu udarności, rozciąganiu złącza, badaniom metalograficznym oraz badaniu rozkładu twardości w złączu. W wyniku badań ustalono, iż istnieje możliwość wykorzystania zastosowanych metod spawania do wykonywania remontów lub modernizacji instalacji energetycznych.

Słowa kluczowe: stal 13HMF, właściwości, mikrostruktura

Abstract

The paper presents the structure and properties of the weld joint between the operated steel 14MoV6-3 and a new, non-operated steel 14MoV6-3 element. Both elements in the form of plates of dimensions 110 x 220 x 20 mm were joined by two methods of arc welding. Ridge welds made by welding tungsten inert shielding gas TIG, while filling was made by welding with coated electrode MMAW. Welded item has been heat treated stress-relief annealing. The resulting joint has been subjected to non-destructive testing: VT, PT, RT and destructive testing: impact test, tensile joints, metallographic examination and testing of hardness distribution in the joint. The research found that there is a possibility to use the methods of welding for repair or upgrading of power plants structures.

Keywords: 13HMF steel, properties, microstructure

Strony / Pages: 11÷17

Robert Bański
Dariusz Rozumek

Wpływ temperatury wygrzewania na trwałość zmęczeniową w bimetalach stal-tytan otrzymanych metodą zgrzewania wybuchowego

The effect of annealing temperature on the fatigue life in bimetals steel-titanium made by explosive welding

Streszczenie

W pracy opisano wpływ obróbki cieplnej na rozwój pęknięć zmęczeniowych w próbkach stal-tytan wykonanych metodą zgrzewania wybuchowego. Badane próbki o przekroju poprzecznym prostokątnym poddano zginaniu przy wartości średniej naprężenia równej zero. Dokonano pomiaru twardości w obszarze złącza. Wzrost pęknięć zmęczeniowych był cyklicznie mierzony przy użyciu mikroskopu optycznego. W próbkach obserwowano wzrost pęknięć zmęczeniowych równoległe do przyłożonego obciążenia, którego kierunek zmieniał się na linii złącza bimetalu. Następnie obserwowano rozwój pęknięcia wzdłuż linii złącza powodując rozwarstwienie bimetalu. Rozwój pęknięć następował od strony stali lub tytanu w zależności od zastosowanej obróbki cieplnej (wielkość ziarna). Na przełomach bimetalu występują zarówno pęknięcia przebiegające transkrystaliczne jak i po granicy ziaren.

Słowa kluczowe: zgrzewanie wybuchowe, bimetal, stal, tytan, mikrostruktura, pęknięcia

Abstract

The paper presents influence of heat treatment on the fatigue crack growth in steel-titanium specimens made by the explosive welding. The tested specimens of the rectangular cross-section were subjected to bending under the stress mean value equal to zero. The measurement of hardness was performed in the joint area. The fatigue crack growth was measured in cycles by means of the optical microscope. In the specimens, the fatigue crack growth was observed in parallel to the applied loading, the direction of which varied along the interface line. Next, the crack growth was observed along the interface line when the bimetal was stratified. The crack growth started from the side of steel or titanium depending on the heat treatment (grain size). At the bimetal fractures there were both the cracks running transcrystalline and along the grain boundary ones as well.

Keywords: explosive welding, bimetals, steel, titanium, microstructure, cracks

Strony / Pages: 18÷22

Paweł Urbańczyk
Jacek Słania
Grzegorz Golański
Miroslaw Matusik

Wpływ pełzania na uszkodzenia złącza spawanego rurociągu pary świeżej

The effect of creep on the welded joint of steam pipeline damage

Streszczenie

W artykule przedstawiono opis uszkodzenia głównego rurociągu parowego po przpracowaniu ponad 251 tyś. h powstałego wskutek wystąpienia pęknięcia połączenia spawanego w strefie wpływu ciepła (SWC) spowodowanego zjawiskiem pełzania.

Opisano również zabieg polegający na wymianie uszkodzonego odcinka rurociągu ze znacznym stopniem wyczerpania materiału oraz uszkodzonym połączeniem spawanym na odcinek o identycznych wymiarach i w tym samym gatunku materiału pobrany z bloku energetycznego wycofanego z eksploatacji kilka lat wcześniej o znacząco niższym stopniu wyczerpania.

Przedstawiono wyniki badań metalograficznych połączeń spawanych w zakresie oceny mikrostruktury w poszczególnych strefach, tj. w materiale rodzimym (MR), strefie wpływu ciepła (SWC) oraz spoinie (S) uszkodzonego rurociągu oraz po zabiegu wymiany.

Zwrócono uwagę na konieczność poszerzenia prowadzonych badań diagnostycznych elementów poddanych długotrwałej eksploatacji, a w szczególności elementów pracujących w warunkach pełzania o diagnostykę opartą na określaniu stopnia degradacji mikrostruktury połączeń spawanych tych elementów.

Słowa kluczowe: diagnostyka, rurociągi parowe, połączenia spawane, pełzanie

Abstract

The paper describes damage to a main steam pipeline which has been in operation for 251 thousand hours and which occurred as a result of a crack in a welded joint in the heat affected zone (HAZ) caused by the creep effect.

This article describes the replacement of the damaged sector of the pipeline with a high factor of material depletion and with a damaged welded joint in a sector with identical dimensions with the same grade of material taken from a phased-out power unit several years earlier with a significantly lower degree of material depletion.

The findings present the results of the welded joint metallographical tests in the range of microstructural assessment, in particular such areas as the parent material (PM), the heat affected zone (HAZ), the damaged welded joint (W) and the pipeline after replacement.

Attention was drawn to the necessity to widen diagnostic tests of elements used in long-time operation, especially creep effected elements, by introducing diagnostic tests based on defining the level of microstructure degradation of welded joints of such elements.

Keywords: high-strength steel, properties

Strony / Pages: 23÷30

Janusz Lewandowski
Dariusz Rozumek

Metody nieniszczące w badaniach połączeń spawanych wirnika wentylatora

Non-destructive methods in the tests on welded joints of the rotor fan

Streszczenie

W pracy zaprezentowano krótką charakterystykę metod nieniszczących używanych do badań połączeń spawanych. Badaniom poddano wirnik wentylatora WPK 5,0 celem sprawdzenia jego przydatności do dalszej eksploatacji. Płyte czołową oraz łopaty wirnika wykonano ze stali S355. Podczas badań metodą magnetyczno-proszkową wykryto pęknięcia w niektórych złączach spawanych wirnika. Po naprawie pęknięć dokonano ponownie badań nieniszczących metodą ultradźwiękową nie stwierdzając dalszych uszkodzeń wirnika.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, złącza spawanie, nieciągłość spoiny

Abstract

The paper presents a brief description of the methods used for non-destructive testing of welded joints. Rotor fan type WPK 5.0 was examined to verify its suitability for continued service. The front plate and the rotor blades are made of steel S355. During the test cracks by magnetic-particle were detected in some of the welded joints of the rotor. Non-destructive testing (ultrasonic method) was repeated after repairing cracks. This did not confirm further damage to the rotor.

Keywords: non-destructive testing, welded joint, discontinuity of weld seam

Strony / Pages: 31÷35

Mariusz Prażmowski
Henryk Paul
Fabian Żok

**Zastosowanie technologicznej warstwy pośredniej
w układach platerowanych wybuchowo na przykładzie układu cyrkon–stal**

*Application of a technological interlayer
in the explosive welding on the example of zirconium–steel clad*

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki prób związanych z doбором optymalnych parametrów procesu zgrzewania wybuchowego próbnych płyt z cyrkonu Zr 700 o grubości 10 mm ze stalą niestopową (P265GH). Do badań przygotowano układ bimetalowy Zr-stal oraz trimetalowy Zr-Ti-stal, w którym tytan jest międzywarstwą technologiczną ułatwiającą uzyskanie połączenia. Badania prowadzono dla złączy w stanie wyjściowym, tj. bezpośrednio po zgrzewaniu wybuchowym. Poddano analizie zmiany strukturalne łączonych blach, ze szczególnym uwzględnieniem charakterystyki granicy połączenia. Wykonano badania właściwości mechanicznych otrzymanych platerów, tj. próbę ścinania, odrywania oraz zginania bocznego. Systematyczne pomiary rozkładu mikrotwardości umożliwiły analizę zjawiska umocnienia materiału w procesie zgrzewania wybuchowego, zarówno w strefie bezpośrednio przy granicy połączenia, jak i w całym przekroju plateru. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na ocenę wpływu zastosowania międzywarstwy technologicznej z czystego technicznie tytanu na jakość uzyskanego połączenia, tj. jego charakterystykę i właściwości wytrzymałościowe. Stwierdzono, że w przypadku platerowania cyrkonem o grubości 10 mm zastosowanie międzywarstwy technologicznej pozwala uzyskać połączenie o dobrych właściwościach mechanicznych i optymalnej charakterystyce granicy połączenia.

Słowa kluczowe: platerowanie, złącza różnorodne

Abstract

The paper presents the results of trials aimed at selecting optimal settings of the explosion welding process of 10 mm thick zirconium (Zr 700) plates with carbon steel (P265GH). A bimetal Zr-steel and trimetal Zr-Ti-steel were prepared for testing purposes, where titanium serves as a technological intermediate layer facilitating the bonding. The research was carried out for as-bonded joints, i.e. immediately following explosion welding. Structural changes of the joined sheets underwent analysis, particularly focusing on the characteristic of the joint interface.

Mechanical properties of the obtained cladders were tested with shearing, peel test and lateral bending test. Systematic measurements of microhardness distribution enabled analyzing the strengthening of the material resulting from explosion welding both at the bond interface zone and throughout the whole section of the clad. The resulting analysis enabled the assessment of the impact the application of the interlayer of pure titanium had on the quality of the bond, i.e. its characteristic and strength properties. It was established that during explosion welding with 10 mm zirconium the application of the interlayer allows obtaining a joint with good mechanical properties and optimal characteristic of the interface.

Keywords: explosion welding, dissimilar joints

Strony / Pages: 36÷44

Mariusz Prażmowski
Dariusz Rozumek

Rozwój pęknięć przy cyklicznym zginaniu w złączu cyrkon-stal powstałych w wyniku zgrzewania wybuchowego

*Cracks growth under cyclic bending
in zirconium-steel joint made by explosive welding*

Streszczenie

W pracy opisano rozwój pęknięć zmęczeniowych w próbkach cyrkon-stal wykonanych metodą zgrzewania wybuchowego. Badano próbki bez warstwy przetopionej A1 i z warstwą przetopioną A2. Badane próbki o przekroju poprzecznym prostokątnym poddano zginaniu przy wartości średniej naprężenia równej zero. Wykonano pomiary twardości (w skali mikro) w obszarze złącza. Wzrost pęknięć zmęczeniowych był cyklicznie mierzony przy użyciu mikroskopu optycznego. W próbkach obserwowano wzrost pęknięć zmęczeniowych równoległe do przyłożonego obciążenia. Rozwój pęknięć następował od strony stali, potem występował w cyrkonie. Dominowały pęknięcia transkrystaliczne zarówno w cyrkonie, jak i w stali.

Słowa kluczowe: złącza różnorodne, zgrzewanie wybuchowe

Abstract

The paper presents fatigue crack growth in zirconium--steel specimens made by the explosive welding. Specimens without remelted layer A1 and with a remelted layer A2 were tested. The tested specimens of the rectangular cross-section were subjected to bending under the stress mean value equal to zero. The point measurement of hardness was performed in the joint area. The fatigue crack growth was measured in cycles by means of the optical microscope. In the specimens, the fatigue crack growth was observed in parallel to the applied loading. The crack growth started from the side of steel then was initiated in zirconium. At the crack paths in the zirconium and steel, transcrystalline cracks are dominating.

Keywords: dissimilar joints, explosive welding

Strony / Pages: 45÷50

Marian Zeman
Sylwester Błacha

Spawalne martenzytyczne stale żarowytrzymałe nowej generacji

Weldable new generation martensitic creep-resisting steels

Streszczenie

W artykule przedstawiono konieczność obniżenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy. Podano podstawowe charakterystyki wybranych stali martenzytycznych nowej generacji, przeznaczonych na odpowiedzialne elementy kotłów energetycznych, tj. stali P92, E911, VM12- SHC i PB2. Ocenę spawalności powyższych stali wykonano na podstawie wykresów przemian austenitu dla warunków spawalniczych CTPc-S, badań wpływu cykli cieplnych spawania na właściwości mechaniczne oraz badań skłonności do tworzenia pęknięć. W oparciu o analizę literatury podano podstawowe warunki spawania omawianych stali, scharakteryzowano stosowane materiały dodatkowe i właściwości złączy spawanych. Ponadto zwrócono uwagę na bezwzględną konieczność stosowania obróbki cieplnej połączeń spawanych tych stali.

Słowa kluczowe: spawalność stali, stale energetyczne, stale martenzytyczne, stale odporne na pełzanie

Abstract

In the paper there are presented general characteristics of high temperature and creep-resisting steels which are intended for apply in the power industry i.e. T/P92, E911, VM12- SHC and PB2. Each of the aforesaid steels possess martensitic microstructure. The weldability of the these steels is discussed on the basis of CCT diagrams of austenite transformation in welding conditions, results of mechanical properties tests and investigation of tendency to form various types of cracking. The paper also contains information about technological recommendations on welding and heat treatment of joints.

Keywords: weldability of steels, power industry, martensitic steels, creep-resisting steel

Strony / Pages: 51÷61

Mirosław Nowak
Jacek Buchowski
Daniel Wiśniewski

Możliwości programowania off-line w zrobotyzowanym spawaniu elementów wielkogabarytowych w energetyce

The capabilities of off-line programming method in the large structure welding robot systems in the energetic industry

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowoczesne technologie oraz innowacyjne funkcje programistyczne wspomagające programowanie robotów marki Panasonic do spawania konstrukcji wielkogabarytowych. Jako przykładem posłużono się procesem produkcyjnym słupów energetycznych.

Słowa kluczowe: robotyzacja, programowanie, spawania zrobotyzowane

Abstract

The paper presents new technologies and innovative software functions which support programming of Panasonic robots for welding large structures. As an example the production process of energetic pillars is used.

Keywords: automation, programming, robot montioned welding

Strony / Pages: 62÷67