

Jan Pilarczyk
Marek Banasik
Sebastian Stano
Jerzy Dworak

Spajanie laserowe z materiałem dodatkowym i mechanicznym układem śledzenia złącza

Laser joining with wire filler material and mechanical seam tracing system

Streszczenie

Prezentowano dotykowy (taktylny) system śledzenia styku złącza w przypadku zrobotyzowanego spawania laserowego ze spoiwem w postaci drutu i lutospawania na przykładzie wykorzystania głowicy Scansonic ALO3. Opisano konstrukcję i system sterowania takim stanowiskiem zbudowanym w oparciu o laser dyskowy i robot przemysłowy. Zbadano wpływ podstawowych parametrów systemu śledzenia przy spawaniu i lutospawaniu złączy zakładkowych o grubości do 2 mm.

Słowa kluczowe: spawanie laserowe, układ śledzenia złącza, automatyzacja

Abstract

The paper describes the principle of mechanical seam tracking system in the laser welding and laser brazing processes, using a wire as a mechanical sensor. The construction and control system of station with disk laser and robot are presented. The influence of laser welding and brazing parameters on the seam tracking in lap joints upto 2 mm thickness is obtained.

Keywords: laser welding, seam tracing system, automation

Strony / Pages: 9-14

Zbigniew Mirski
Kazimierz Granat
Sebastian Stano

Możliwości spajania węglików spiekanych ze stalą wiązką lasera

Possibilities of laser-beam joining hardmetals to steel

Streszczenie

Połączenia spajane węglików spiekanych ze stalą powszechnie występują w produkcji narzędzi, stosowanych głównie w obróbce skrawaniem i w przemyśle wydobywczym. W artykule przedstawiono możliwości łączenia węglików spiekanych H10S i G10 ze stalą C45 za pomocą promienia lasera. Są to pierwsze, innowacyjne próby przeprowadzone w kraju. Połączenia pomiędzy węglkami spiekаными i stalą wykonano jako bezpośrednie oraz przy zastosowaniu przekładek między łączonymi materiałami, wykonanych z miedzi, lutu 3-warstwowego Ag49/Cu oraz niklu. Próby spajania wykonano w Centrum Techniki Laserowej w Instytucie Spawalnictwa w Gliwicach. W tym celu zastosowano laser dyskowy ($\lambda = 1030$ nm) TruDisk 12002 o mocy 12 kW, firmy Triumphf. Wiązka lasera ogniskowano najczęściej na powierzchni stali, aby nie doprowadzić do bezpośredniego oddziaływania lasera na strukturę węglików spiekanych. Ocenę złączy węglików spiekanych ze stalą C45 przeprowadzono na podstawie badań metalograficznych, analiz EDX i pomiarów mikrotwardości.

Słowa kluczowe: spawanie laserowe, węgliki, struktura, właściwości

Abstract

Welded joints of hardmetals with steel are commonly present in manufacture of tools, mainly those used in the machining and in the mining industry. The paper presents possibilities of joining hardmetals H10S and G10 with steel C45 using laser radiation. These are first, innovative experiments carried-out in Poland. Joints between hardmetals and steel were made both directly and using spacers of copper, 3-layer filler Ag49/Cu and nickel between the materials to be joined. The trials were carried-out at Laser Technology Centre of the Polish Centre for Welding Technology in Gliwice. Applied was a disk laser Tru- Disk 12002 ($\lambda = 1030$ nm, output power 12 kW) made by Triumphf. The laser beam was basically focused on steel surface to avoid direct action of laser beam on hardmetal structure. Joints of hardmetals with C45 steel were evaluated on the grounds of metallographic observations, EDX analyses and microhardness measurements.

Keywords: laser welding, carbides, structure, properties

Strony / Pages: 15-20

Marek Węglowski

Tomasz Chmielewski

Krzysztof Kudła

Ocena wydajności spawania niskoenergetycznego procesu SpeedRoot w pozycji PG

The capacity assessment of low energy SpeedRoot welding process in PG position

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań, poświęconych porównaniu warunków spawania i właściwości technologicznych spawania złączy doczołowych innowacyjną niskoenergetyczną odmianą metody MAG – SpeedRoot w pozycji PG z tradycyjnym spawaniem metodą TIG w pozycji PF. Oceniono wydajność spawania obu procesów, charakterystyki dynamiczne źródeł zasilania oraz geometrię i budowę makrostrukturalną uzyskanych spoin.

Słowa kluczowe: spawanie łukowe, proces SpeedRoot, wydajność procesu,

Abstract

The article presents the results of experimental studies of welding conditions and compared the properties of butt-welding technology using innovative low energy variant of the MAG method – SpeedRoot in the PG position with a conventional TIG welding in the PF position. Rated capacity of both welding processes, the dynamic characteristics of power sources and the macrostructure of obtained joints.

Keywords: arc welding, SpeedRoot process, process efficiency

Strony / Pages: 26-30

Jacek Górka

**Właściwości spoin stali obrabianych termomechanicznie
o wysokiej granicy plastyczności**

Properties of thermomechanically treated Wells of high yield point steel

Streszczenie

W artykule przedstawiono właściwości spoin stali obrabianej termomechanicznie S700 MC o grubości 10 mm wykonanych różnymi metodami spawania, przy różnych energiach liniowych. Badania metalograficzne, wytrzymałościowe oraz pomiar twardości pozwoliły na ocenę struktury i właściwości spoin oraz określenie wpływu ilości ciepła dostarczonego do obszaru spawania na wytrzymałość na rozciąganie, udarność i twardość spoin.

Słowa kluczowe: spoiny, obróbka termomechaniczna, granica plastyczności

Abstract

The article presents the properties of thermomechanically treated welds of S700 MC 10 mm thick steel. Welds are made with various methods of welding, and with different welding energies. The metallographic study, tensile test results and hardness measurement show the structure and properties of the welds. Moreover, it is obtained the effect of heat input to the welding area on the tensile strength, toughness and hardness of welds.

Keywords: welds, termomechanically treatment, yield point

Strony / Pages: 31-35

Lechosław Tuz
Andrzej Kolasa
Tomasz Pfeifer

**Struktura i właściwości mechaniczne złączy doczołowych
ze stopów magnezu spawanych metodą MIG**

Structure and mechanical properties of MIG welded butt-joints of magnesium alloys

Streszczenie

W artykule przedstawiono ocenę struktury i właściwości mechanicznych doczołowych złączy z odlewniczych stopów magnezu AZ91, AM-Lite i AM50 spawanych metodą MIG. Jako gaz osłonowy zastosowano mieszankę argonu i helu. Oceniano makro- i mikrostrukturę przy zastosowaniu mikroskopu świetlnego i elektronowego mikroskopu skaningowego na zglądach metalograficznych wykonanych w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku spawania. Przeprowadzono analizę rozkładów pierwiastków stopowych przy zastosowaniu elektronowego mikroskopu skaningowego. Ocenę właściwości mechanicznych wykonano na podstawie rozkładów mikrotwardości w złączy oraz wytrzymałości na zginanie i rozciąganie złączy. Ocena wykazała, że możliwe jest uzyskanie wysokiej jakości złączy doczołowych ze stopów magnezu wykonanych metodą MIG. Odnotowano śladowe ilości porów w obszarze złącza.

Słowa kluczowe: spawanie łukowe, stopy magnezu, struktura, właściwości

Abstract

The paper presents the structure and mechanical properties of butt joint analysis of as-cast magnesium alloys AZ91, AM-Lite, AM50 welded with the use of MIG method. As the shielding gas the mixture of argon and helium is used. The macro- and microstructure on the cross-sections of perpendicular to welding direction using optic microscope and scanning electron microscope is analyzed. The surface analysis of main alloying elements with the use of scanning electron microscope is made. The mechanical properties of joints on the basis of microhardness distribution in the joints and bending and tension strength of joints. The results show the high quality butt joints of magnesium with the use of the MIG method is possible to achieved, however the presence of some pores are also observed.

Keywords: arc welding, magnesium alloys, structure, properties

Strony / Pages: 36-42

Marek Burda
Tomasz Kik
Krzysztof Koziół
Andrzej Gruszczyk

Opracowanie metod wprowadzania nanorurek węglowych do jeziora ciekłego metalu
Development of methods of carbon nanotubes input to weld pool

Streszczenie

Niezwykłe właściwości nanorurek węglowych stwarzają perspektywy do ich wykorzystania w wielu dziedzinach nauki i techniki. W obszarze inżynierii materiałowej główne badania z udziałem nanorurek węglowych obejmują wytwarzanie materiałów kompozytowych. Kompozyty o osnowie metalowej wzmacniane nanorurkami węglowymi MM-CNT (ang. metal matrix – carbon nanotube composites) mogą być projektowane w celu uzyskania materiału o małej gęstości, wysokiej wytrzymałości, niskim współczynniku rozszerzalności cieplnej oraz wysokiej przewodności cieplnej. Lekkie i wytrzymałe materiały konstrukcyjne stanowią podstawę przyszłych, efektywnych energetycznie, a tym samym ekologicznych i ekonomicznych rozwiązań technologicznych przemysłu lotniczego i samochodowego. W artykule przedstawiono przebieg badań nad opracowaniem metod wprowadzania nanorurek węglowych do jeziora ciekłego metalu w celu wytworzenia eksperymentalnych materiałów kompozytowych MM-CNT oraz określenia wpływu CNTs na strukturę i właściwości stali. Zaproponowane procedury, wykorzystujące techniki spawalnicze, stanowią nową, obok odlewania i infiltracji porowatego „performu”, metodę wytwarzania MM-CNT w stanie ciekłym. Przeprowadzona analiza struktury i właściwości uzyskanych obszarów przetopień stali austenitycznej potwierdza zasadność dalszych badań z wykorzystaniem nanorurek węglowych oraz innych metali i stopów o niskiej temperaturze topnienia.

Słowa kluczowe: jezioro spawalnicze, nanorurki, właściwości

Abstract

Unusual properties of carbon nanotubes offer prospects for their use in many fields of science and technology. In the materials engineering major study involving carbon nanotubes includes production of composite materials. Metal matrix composites reinforced with carbon nanotubes MM-CNT (matrix metal – carbon nanotube composites) can be designed in order to obtain a material with low density, high strength, low coefficient of thermal expansion and high thermal conductivity. Lightweight and high-resistant construction materials are the basis for future energy efficient and thus the ecological and economical technology for aerospace and automotive industry. The paper presents the research on the development of carbon nanotubes input methods to weld pool to form an experimental MM-CNT composite, and determine the impact of CNTs on the structure and properties of steel. The proposed procedures with the use of welding techniques are a new, next to casting and infiltration of a porous „perform”, methods of producing MM-CNT in a liquid state. The analysis of the structure and properties of the weld penetration regions of austenitic stainless steel confirms the further research validity of using carbon nanotubes and other metals and alloys with low melting point.

Keywords: welding pool, nanotubes, properties

Strony / Pages: 43-51

Grzegorz Gontarz
Tomasz Chmielewski
Dariusz Golański

**Modyfikacja natryskiwanych powłok aluminiowych na stali
skoncentrowanym źródłem ciepła**

Modification of sprayed aluminum layers on steel substrate by the concentrated heat source

Streszczenie

W pracy przedstawiono wstępne wyniki badań nad wytwarzaniem powierzchniowych powłok ochronnych Fe-Al na podłożu stalowym. Powłokę opartą na fazach międzymetalicznych z układu Fe-Al otrzymano w dwustopniowym procesie natryskiwania czystego aluminium na podłoże stalowe oraz przetapiania otrzymanej warstwy Al z żelazem z podłoża. Zapoczątkowana przy przetapianiu synteza aluminium z żelazem umożliwiła otrzymanie powłoki składającej się ze stopu na bazie uporządkowanej fazy międzymetalicznej, co potwierdzone zostało badaniami twardości oraz dyfrakcji rentgenowskiej. Opracowana metoda wytwarzania powłoki Fe-Al jest znacznie tańsza od innych metod nanoszenia powłok, wykorzystujących komercyjnie przygotowany materiał powłokowy Fe-Al. Ponadto, proces przetapiania znacząco zwiększa przyczepność powłoki do podłoża (w stosunku do powłok natryskiwanych), zbliżając ją do wartości osiągniętych w procesach napawania.

Słowa kluczowe: natryskiwanie, aluminium, właściwości, fazy międzymetaliczne

Abstract

The paper presents the initial results of research on producing surface protective coatings made of Fe-Al intermetallic compounds on the steel substrates. The Fe-Al coating is obtained in two-step process. First, the steel substrate is thermally sprayed with pure aluminum having thickness about 0,2 mm. This way both components (Fe, Al) are prepared for subsequent melting and synthesis. In the final step, the aluminum coating is remelted together with the steel substrate by the microplasma beam. The formation of Fe-Al intermetallic compound has been verified by the microhardness and X-ray diffraction measurements of analyzed coatings. The developed method is the cheap alternative comparing to other surface modification processes utilizing commercially prepared intermetallic coating materials. Beside that, the remelting process substantially increases the coating bond strength reaching levels observed for hard-facing processes.

Keywords: hard-facing, aluminum, properties, intermetallic compounds

Strony / Pages: 52-55

Artur Wypych

**Mikrostruktura i właściwości eksploatacyjne Inconelu 625
w postaci warstw natryskiwanych cieplnie**

Microstructure and service properties of Inconel 625 as a thermal spraying surface layers

Streszczenie

Badaniom poddano warstwę wierzchnią wytworzoną metodą natryskiwania łukowego. Materiał dodatkowy w postaci Inconelu 625 natryskiwano na podłoże ze stali 13CrMo4-5. Wytworzone warstwy natryskiwane poddano badaniom twardości, określono przyczepność do podłoża, porowatość warstw oraz chropowatość przed obróbką wykańczającą. Przedstawiono parametry wytwarzania warstw przeznaczonych do pracy w warunkach obciążenia.

Słowa kluczowe: natryskiwanie łukowe, inconel 625, właściwości

Abstract

Surface layer create by arc spraying has been investigated. As an addition material Inconel 625 has been used and spray on low alloyed steel type 13CrMo4-5 as a base material. Created layer has been researched in the range of hardness, surface adhesion, porosity and surface roughness before postspray machining. Variables of layers to work in service conditions creating have been presented.

Keywords: arc spraying, Inconel 625, properties

Strony / Pages: 56-58

Tomasz Chmielewski

Dariusz Golański

Grzegorz Gontarz

Pomiar naprężeń własnych powłok metalicznych natryskiwanych termicznie

Measurement of residual stresses in thermally sprayed metallic layers

Streszczenie

Przeprowadzono ocenę rozkładu naprężeń w natryskiwanych powłokach tytanowych i kompozytowych (Al₂O₃+Ti) na podłożach ceramicznych. Celem badań była weryfikacja wyników naprężeń otrzymanych na stanowisku pomiarowym do badania naprężeń metodą krzywizny wygięcia. Wyniki pomiarów zestawiono z naprężeniami obliczonymi metodą numeryczną (MES) dla analogicznych próbek i materiałów. Zbudowane stanowisko pomiarowe umożliwiło wstępną weryfikację obliczeń numerycznych, które udostępniają znacznie więcej danych o rozkładzie naprężeń na przekrojach próbek.

Słowa kluczowe: natryskiwanie, powłoki metaliczne, naprężenia własne

Abstract

The evaluation of residual stresses in thermally sprayed titanium and composite Ti+Al₂O₃ coatings on ceramic substrates have been conducted. The main purpose of the research was to perform initial verification of stresses obtained by the curvature measurement of analyzed samples. The results has been compared to numerical simulations (FEM) of residual stresses in models reflected real coating/substrate samples. The built curvature measuring system allowed for initial verification of obtained results from numerical computations, which give us much more data about the distribution of residual stresses across the coating and substrate.

Keywords: thermally spraying, metallic layers, residual stresses

Strony / Pages: 59-64

Andrzej Miklaszewski
Mieczysława Jurczyk
Mieczysław Jurczyk

**Modyfikacja warstwy wierzchniej biomateriałów
na przykładzie tytanu metodą stopowania plazmowego**

Biomaterials surface modification on the titanium example by microplasma alloying

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki modyfikacji warstwy wierzchniej tytanu metodą stopowania plazmowego powierzchni, a następnie jej trawienia elektrochemicznego. Zastosowanie prekursora nanokrystalicznego w istotny sposób wpływa na właściwości wyjściowe otrzymywanych warstw. Zastosowanie procesu mechanicznej syntezy prowadzi do zmniejszenia wielkości ziarna prekursora z jego częściową amorfizacją. Zmodyfikowaną przez proces stopowania plazmowego mikrostrukturę obserwowano przy użyciu mikroskopii optycznej. Dla zastosowanego nanopreksursora proszkowego otrzymano strukturę kompozytową warstwy składającą się z matrycy Ti (α) oraz wydzieleni fazy TiB potwierdzoną badaniami strukturalnymi XRD. Uzyskano znaczący wzrost mikrotwardości otrzymanej warstwy 900 HV w porównaniu z podłożem 160 HV. Zaprezentowano wyniki badań biokompatybilności otrzymanej warstwy na hodowli komórkowej ludzkich osteoblastów w zestawieniu z mikrokrystalicznym tytanem. Wykonano testy odporności korozyjnej w roztworze Ringera w temperaturze 37°C, powierzchni po modyfikacji. Z analiz wynika, iż stopowanie plazmowe jest efektywną metodą wytwarzania warstw kompozytowych typu Ti+TiB.

Słowa kluczowe: biomateriały, stopowanie plazmowe, tytan

Abstract

The paper presents the results of surface modification of pure titanium by boride microplasma alloying approach and following process of electrochemical treatment of obtained layer. Application of nanocrystalline precursor affects significant on properties of obtained layers. Applied mechanical alloying process of precursor powders leads to its partially amorphization and grain size decrease. Additionally, the modified microstructure was observed by optical microscopy. For used nano precursor, composite microstructure consisted from Ti (α) matrix and TiB precipitation confirmed by XRD analysis, were observed. The Vickers microhardness was significantly improve from 160 HV for original substrate to even 900 HV in obtained composite layer structure. In vitro biocompatibility test on human osteoblast cell culture for obtained layer in comparison with pure microcrystalline titanium results were present. The surface corrosion resistance test in Ringer solution at 37°C, were performed on obtained layer. Results shows that boride microplasma alloying is an effective method of composite Ti+TiB layer structure formation.

Keywords: biomaterials, microplasma alloying, titanium

Strony / Pages: 65-69