

Procesy inicjowane udarem zachodzące w stalach o różnych mikrostrukturach przeznaczonych na elementy konstrukcji maszyn

Mgr inż. Marcin Szmul

Streszczenie

Rozprawa dotyczy nowej technologii spawania złącza doczołowego stali platerowanej wybuchowo tytanem, pozwalającej na udoskonalenie stosowanego dotychczas procesu wytwarzania aparatury procesowej przeznaczonej do pracy w agresywnych chemicznie środowiskach oraz zwiększenie jej jakości użytkowej. W ramach przeprowadzonych badań opracowano również technologię napawania naprawczego tytanu, stanowiącego materiał nakładany w procesie zgrzewania wybuchowego. Istotny element składowy opracowanej technologii spawania złącza doczołowego stali platerowanej wybuchowo tytanem stanowiła obróbka cieplna pozwalająca na zredukowanie występujących w konstrukcji naprężeń własnych. Przeprowadzone badania pozwoliły na dobór odpowiednich parametrów procesu wyżarzania odpężającego doczołowego złącza spawanego stali platerowanej wybuchowo tytanem.

W celu osiągnięcia wyżej wymienionych rezultatów dokonano szczegółowej charakterystyki mikrostruktury zarówno złącza zgrzewanego wybuchowo jak i uzyskiwanych w trakcie badań złączy spawanych z zastosowaniem zaawansowanych technik skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Dzięki wykonanym badaniom dokonano opisu zmian w mikrostrukturze strefy rozdziału tytan/stal złącza zgrzewanego wybuchowo, zachodzących w wyniku wyżarzania odprężającego, a następnie powiązano je z testami mechanicznymi platerów po serii obróbek cieplnych, obejmujących testy gięcia bocznego, wytrzymałości na ścinanie oraz zmian mikrotwardości w kierunku poprzecznym do strefy rozdziału tytan/stal. Przeprowadzono również analizę zmian właściwości korozyjnych materiału nakładanego (Ti Gr. 1) przy użyciu badań potencjodynamicznych oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej i związanych z nimi zmian mikrostruktury. W dalszej części opracowania została przedstawiona szczegółowa analiza mikrostruktury charakterystycznych stref doczołowego złącza spawanego stali platerowanej wybuchowo tytanem, scharakteryzowana w świetle zaistniałych zjawisk zachodzących w czasie procesu łączenia. Wysoką jakość uzyskanego połączenia potwierdzono próbami gięcia bocznego, statycznymi próbami rozciągania, testami udarności oraz poprzez wykonane pomiary mikrotwardości. Zbadano również odporność korozyjną doczołowego złącza spawanego w warstwie materiału nakładanego. Przeprowadzone badania pozwoliły na opracowanie technologii napawania naprawczego materiału nakładanego oraz technologii spawania złącza doczołowego stali platerowanej wybuchowo tytanem spełniających wysokie wymagania jakościowe stawiane przez stosowne normy przemysłowe. Uzyskano dzięki temu możliwość wdrożenia opracowanych technologii do procesu produkcji aparatury chemicznej i procesowej, co otwiera technologiczną możliwość wytwarzania wysokiej jakości urządzeń ciśnieniowych z zastosowaniem stali platerowanej wybuchowo tytanem.

Abstract

The dissertation deals with a new technology of butt welding of steel clad explosively with titanium, allowing to improve the process used so far to produce process apparatus designed for work in chemically aggressive environments and to increase its functional quality. The research also included the development of a repair surfacing technology for titanium, which is a clad material in the explosive welding process. An important component of the developed technology for butt welding of explosively clad steel was the heat treatment allowing to reduce the residual stresses present in the structure. Conducted investigations made it possible to select appropriate parameters of annealing of welded butt-joint of steel clad explosively with titanium.

In order to achieve the aforementioned results, detailed characterization of the microstructure of both the explosively welded joint and the welded butt-joints of steel clad explosively with titanium obtained during testing, was performed using advanced scanning and transmission electron microscopy techniques. Thanks to the performed investigations, changes in the microstructure of the titanium/steel interfacial zone of the explosively welded joint, occurring as a result of annealing, were described and then related to mechanical tests of bimetal plates after a series of heat treatments, including tests of lateral bending, shear strength and changes in microhardness in the direction perpendicular to the titanium/steel separation zone. An analysis of changes in the corrosion properties of the clad material (Ti Gr. 1) using potentiodynamic and electrochemical impedance spectroscopy tests and associated microstructure changes was also performed. In the further part of the paper a detailed analysis of the microstructure of the characteristic zones of welded butt-joint of steel explosively clad with

titanium is presented, characterized in the light of the phenomena occurring during the welding process. The high quality of the obtained joint was confirmed by lateral bending tests, static tensile tests, impact tests and by microhardness measurements performed. The corrosion resistance of the welded butt-joint regarding the titanium clad layer was also investigated. Conducted research allowed to develop a technology of repair surfacing of the clad material and a welding technology of butt-joint of steel clad explosively with titanium that meets high quality requirements set by the relevant industrial standards. Thus, it was possible to implement the developed technologies into the production process of chemical and process apparatus, which opens the technological possibility of manufacturing high quality pressure equipment with the use of steel clad explosively with titanium.

[Recenzja - Prof. D. Kopyciński](#)

[Recenzja - Prof. L. Śnieżek](#)