

Sposób i urządzenie do spawania obwodowego elementów rurowych skoncentrowanym strumieniem energii

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do spawania obwodowego elementów rurowych skoncentrowanym strumieniem energii w postaci wiązki laserowej, plazmy lub wiązki elektronowej.

Spawanie obwodowe rur znajduje zastosowanie przy produkcji elementów rurociągów, armatury i instalacji przemysłowych. Do przeprowadzania procesu spawania stosuje się znane konwencjonalne metody spawania MIG, MAG lub TIG. W metodach tych łuk elektryczny powoduje stopienie brzegów łączonych elementów rurowych i wytworzenie trwałej spoiny. Spawanie może być prowadzone ręcznie lub w sposób zautomatyzowany.

Spawanie skoncentrowanym strumieniem energii, zwane spawaniem laserowym, należy do niekonwencjonalnych technik spawalniczych wykorzystywanych w technikach wykonywania połączeń nierozłącznych. Specyfika tych technologii sprawia, że są one coraz częściej wykorzystywane do wykonywania połączeń materiałów uznawanych dotychczas za trudno spawalne bądź też niespawalne. Wykonywanie połączeń z wykorzystaniem skoncentrowanego strumienia energii, czy to w postaci fotonów, elektronów czy strumienia zjonizowanego gazu, nie wymaga stosowania materiału dodatkowego w postaci spoiwa, jednak konieczne jest bardzo dokładne dopasowanie krawędzi łączonych elementów oraz wcześniejsze ich przygotowanie. Elementy rurowe, ze względu na bardzo wąską strefę oddziaływania promienia laserowego na spawane krawędzie, muszą bardzo dokładnie do siebie przylegać. Dodatkowo powierzchnie czołowe muszą być oczyszczone z nalotów i nagarów, na przykład poprzez szlifowanie. Bez wcześniejszego przygotowania krawędzi spawanych rur wystąpią liczne niezgodności spawalnicze w spoinie. Specyfika procesów metalurgicznych wymaga często wstępnego podgrzania brzegów materiału przed spawaniem do temperatury około 200 – 250°C, a po jego zakończeniu element musi być odprężany przez powtórne nagrzanie do temperatury rzędu 600 – 650°C. Ma to na celu uzyskanie właściwych parametrów mechanicznych spoiny oraz uniknięcie pęknięć powstających podczas stygnięcia.

Wymaga to skomplikowanych operacji transportu elementu lub montażu urządzeń grzewczych na brzegach łączonego elementu, które muszą być wykonane szybko, by uniknąć zbyt dużego spadku temperatury. Podgrzewanie materiału odbywa się z wykorzystaniem mat indukcyjnych bądź palników gazowych. Kłopotliwe w tym przypadku jest szybkie usunięcie dodatkowego oprzyrządowania, tak aby zachować odpowiednią temperaturę początkową, która powinna wynosić ok. 200 – 250°C. W przypadku spawania laserowego, ze względu na mniejszą objętość stopionego materiału i niewielką w stosunku do metod konwencjonalnych ilość wprowadzonego ciepła, kwestia przygotowania łączonych elementów nabiera jeszcze większego znaczenia z uwagi na bardzo szybkie stygnięcie spoiny.

Znany jest z opisu patentowego PL220847 sposób spawania laserowego stalowych słupów zbieżnych w sposób ciągły z wykorzystaniem techniki przechwytywania, polegający na tym, że uprzednio przygotowany stożkowy półprodukt słupa poddaje się zespawaniu laserem w nieprzerwanym przebiegu, przy czym szczelinę pomiędzy krawędziami łączonego półproduktu słupa utrzymuje się, korzystnie poziomo. Łączone krawędzie półproduktu dociska się przy pomocy dociskowych elementów, rozmieszczonych obustronnie w sąsiedztwie szczeliny jak również po przeciwnej stronie szczeliny. Słup cylindrycznie zbieżny jest ukształtowany w formie wydłużonego stożka i zaopatrzony w rozciągającą się na całej jego długości spoinę o grubości spawanego materiału, wykonaną za pomocą lasera.

Znany jest z opisu patentowego PL220073 sposób spawania elementów dla przemysłu energetycznego, zwłaszcza paneli ścian szczelnych kotłów energetycznych polegający na tym, że rury tworzące panele ścian szczelnych łączy się z płaskownikami za pomocą wysokoenergetycznego lasera włóknowego, przy czym spawanie prowadzi się dwustronnie doczołowo typu „I”, bez ukosowania łączonych brzegów z prędkością powyżej 1 m/min, prowadząc wiązkę laserową w jeziorku ciekłego metalu powstającego podczas spawania metodą MAG w osłonie gazów szlachetnych lub bezpośrednio za nim w odległości do 10 mm.

Znana jest z publikacji KR20100047618 metoda spawania laserowego elementów rurowych oraz prętów z wykorzystaniem zgrzewania tarcowego. W metodzie tej spawane elementy rurowe umieszcza się w uchwytach obrotowych, a następnie dociska i zgrzewa poprzez tarcie powierzchni czołowych rur o siebie. Połączone elementy rurowe i podgrzane tarcem obrotowym, traktuje się w miejscu ich zgrzania wiązką laserową, co powoduje trwałe ich zespawanie. Podgrzane w skutek tarcia obrotowego łączone elementy ułatwiają i przyspieszają proces spawania laserowego

Sposób spawania obwodowego elementów rurowych skoncentrowanym strumieniem energii, w którym wiązkę strumienia energii w gazie osłonowym kieruje się na miejsce styku łączonych rur podgrzanych do temperatury około 200 – 250°C, charakteryzuje się tym, że elementy rurowe poddaje się indukcyjnemu nagrzewaniu, korzystnie przy pomocy wzbudników indukcyjnych, a po podgrzaniu spawanych końców rur do temperatury około 200 – 250°C miejsce łączenia traktuje się wiązką skoncentrowanego strumienia energii, po czym powstałą spoinę podgrzewa się, korzystnie wzbudnikami indukcyjnymi do temperatury około 600 – 650°C.

Korzystnie, skoncentrowanym strumieniem energii jest wiązka lasera CO₂ lub wiązka elektronowa.

Urządzenie do spawania obwodowego elementów rurowych skoncentrowanym strumieniem energii posiadające korpus, na którym zainstalowane są obrotowe uchwyty tokarskie, charakteryzuje się tym, że jest wyposażone w co najmniej jeden wzbudnik indukcyjny, utrzymywany w zadanym położeniu względem spawanych elementów rurowych, za pomocą odchylanych ramion przymocowanych do korpusu.

Korzystnie, urządzenie posiada parę wzbudników indukcyjnych usytuowanych po bokach spawanych elementów rurowych.

Zaletą wynalazku, jest ograniczenie ilości stosowanych operacji technologicznych, które pozwala na zwiększenie wydajności procesu spawania laserowego. Wstępne podgrzanie łączonych elementów do zadanej temperatury wzbudnikami indukcyjnymi nie wymaga stosowania dodatkowego oprzyrządowania w postaci mat indukcyjnych lub palników gazowych, jak w przypadku dotychczas stosowanych metod. Pozwala to na znaczące przyspieszenie procesu spawania, poprzez wyeliminowanie konieczności ręcznego mocowania i demontażu elementów grzejnych na spawanym elemencie. Poprzez nagrzanie zespawanego elementu do temperatury około 600 – 650°C uzyskuje się właściwe parametry mechaniczne spoiny oraz zapobiega powstawaniu pęknięć podczas stygnięcia. Zastosowanie pary wzbudników indukcyjnych ułatwia ogrzanie spawanych elementów rurowych na całym obwodzie i utrzymanie zadanej temperatury.

Sposób został zrealizowany przy użyciu przyrządu pokazanego na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat poglądowy, a fig. 2 – przekrój spawanego elementu rurowego z umiejscowionymi wzbudnikami indukcyjnymi.

Urządzenie posiada korpus **7** zainstalowany na przesuwym łożu tokarskim. W obrotowych uchwytach tokarskich **2**, zamocowane są spawane elementy rurowe **1**. Urządzenie wyposażone jest w parę wzbudników indukcyjnych **4** zainstalowanych na

odchylanych ramionach **6** przymocowanych do korpusu **7**. Wzbudniki indukcyjne **4** zainstalowane są po obu stronach spawanych elementów rurowych **1** i podłączone są do źródła zasilania, nie pokazanego na rysunku. Urządzenie wyposażone jest w generator **3** skoncentrowanego strumienia energii **5** ogniskowanego w miejscu styku krawędzi spawanych elementów rurowych **1**. Odchylane ramiona **6** umożliwiają ustalenie położenia wzbudników indukcyjnych **4** w optymalnych odstępach od elementów rurowych **1**, w zależności od ich średnicy.

Spawane elementy rurowe **1** mocuje się w uchwytach **2** przyrządu spawalniczego, wyposażonego w generator **3** skoncentrowanego strumienia energii. Uchwyty **2** utrzymują i ustalają współosiowo rury **1** oraz umożliwiają ich jednoczesny obrót z zadaną prędkością. Położenie ramion wysięgników **6** ustala się tak, aby odległość pomiędzy zewnętrznymi ściankami rur **1** a wzbudnikami indukcyjnymi **4** wynosiła około 3 – 5 mm. Proces spawania rozpoczyna się od nagrzania brzegów łączonych elementów rurowych **1** do temperatury około 200 – 250 °C za pomocą wzbudników indukcyjnych **4**, przy jednoczesnym ruchu obrotowym elementów rurowych **1** z niewielką prędkością, mającą na celu równomierne ich nagrzanie. Po osiągnięciu zadanej temperatury zwiększa się prędkość obrotową do takiej wartości, aby prędkość liniowa zewnętrznej ścianki rury w miejscu skupienia ogniska **5** skoncentrowanego strumienia energii wynosiła około 0,5 – 2 m/min. Ognisko **5** wiązki skoncentrowanego strumienia energii z generatora **3**, kieruje się w miejsce styku elementów rurowych **1**. Podczas oddziaływania ogniska **5** skoncentrowanego strumienia energii spawane elementy rurowe **1** wykonują obrót o kąt 360 stopni, tak aby powstała spoina na całym obwodzie. Następnie, wyłącza się generator **3** skoncentrowanego strumienia energii i zmniejsza się prędkość obrotową zespawanych elementów rurowych **1** do poprzedniej wartości. Pracujące w dalszym ciągu wzbudniki indukcyjne **4** podgrzewają zespawane rury **1** w okolicy powstałej spoiny do temperatury rzędu 600 – 650°C. Po wyłączeniu zasilania wzbudników indukcyjnych **4**, zespawane rury stygną w sposób swobodny. Po ostygnięciu elementów rurowych **1** do temperatury około 50 – 100°C następuje zatrzymanie ruchu obrotowego i zakończenie całego procesu spawania.

Przeprowadzono proces spawania elementów rurowych ze stali 16Mo3 o średnicy 60,3 mm i grubości ścianki 5 mm. Proces polegał na wstępnym podgrzaniu brzegów elementów rurowych **1** na szerokości około 30 mm przy pomocy wzbudników indukcyjnych **4** zasilanych z generatora o częstotliwości 1 kHz i mocy 10kW. Elementy rurowe **1** wykonywały ruch obrotowy z prędkością 2 obr/min. Po podgrzaniu łączonych elementów do

temperatury 250°C włączono wiązkę laserową o mocy 6kW i zogniskowano ją na styku łączonych elementów rurowych **1**, przy jednoczesnym zwiększeniu prędkości obrotowej do 5,3 obr/min. Po wykonaniu pełnego obrotu i zespawaniu elementów rurowych **1**, wyłączono generator **3** wiązki laserowej. Następnie, zmniejszono prędkość obrotową do 2 obr/min i kontynuowano nagrzewanie do osiągnięcia temperatury 600°C w miejscu powstania spoiny. Po jej osiągnięciu wyłączono generator i po ostudzeniu elementów rurowych **1** do temperatury 100°C zakończono proces spawania.