

Badania połączeń spawanych laserem z zastosowaniem mikroskopii akustycznej

Investigation of laser welded joints using acoustic microscopy

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań mające na celu określenie możliwości zastosowania mikroskopii akustycznej do oceny jakości oraz identyfikacji niezgodności wewnętrznych połączeń spawanych techniką laserową. W ramach badań opracowano prototypowe stanowisko do skaningowej mikroskopii akustycznej, posiadające szerokie możliwości adaptacji do geometrii badanego obiektu oraz wyposażone w odpowiednie oprogramowanie zawierające algorytmy analizy i obróbki obrazów typu B-scan or C-scan. Wykorzystując wspomniane stanowisko przeprowadzono badania spoin czołowych, na podstawie których wyznaczono głębokość wtopienia spoiny. Wyniki badań zostały zweryfikowane poprzez badania metalograficzne.

Słowa kluczowe: spawanie laserowe, badania nieniszczące, mikroskopia akustyczna

Abstract

The article presents chosen results obtained during the investigation of laser welded joints using acoustic microscopy method. For the purpose of the research a prototype setup was built. This system can be easily adjusted to the geometry of the object and is well equipped with appropriate software containing algorithms for the analysis and processing of images such as B-scan or C-scan. Using the research setup the geometry of the weld can be determined, especially in this particular case the depth of the weld penetration. The results were verified by metallographic examination.

Keywords: laser welding, non-destructive testing, acoustic microscopy

Wstęp

Mikroskopy akustyczne są to urządzenia, których zasada działania opiera się na skanującym ruchu głowicy ultradźwiękowej nad badanym obiektem, który z reguły jest zanurzony w cieczy sprężającej. Z tego powodu często nazywane są skanerami ultradźwiękowymi. Są to urządzenia specjalistyczne, często dedykowane dla określonych rodzajów badanych obiektów [1].

Spoiny wykonywane z zastosowaniem techniki laserowej są obecnie często spotykane w przemyśle motoryzacyjnym. Łączone elementy mają tam grubości nieprzekraczające kilku milimetrów. Ponadto geometria uzyskanej spoiny oraz sposób przygotowania elementów do spawania różni się w stosunku do innych, konwencjonalnych metod spawania. Czynniki te powodują, że konieczny jest tu dobór odpowiednich przetworników ultradźwiękowych oraz układów pozycjonujących głowice, które zapewnią wysoką rozdzielczość uzyskanych wyników typu B-scan i C-scan. Jest to ważne z punktu widzenia późniejszej analizy i pomiarów dokonywanych na tych obrazach [2÷4].

Skanery ultradźwiękowe

Obecnie niewielu jest producentów tego rodzaju zautomatyzowanych stanowisk badawczych. Mimo tego kinematyka takich urządzeń jest zwykle podobna, oparta na kinematyce robota kartezyjskiego tzn. zapewnia się pozycjonowanie głowicy przez przesuw liniowy w trzech podstawowych osiach X, Y oraz Z. Taka konstrukcja zapewnia odpowiednią sztywność urządzenia co jest istotne z powodu drgań konstrukcji oraz faktu, że badania prowadzi się z dokładnością sięgającą czasami 10^{-5} m.

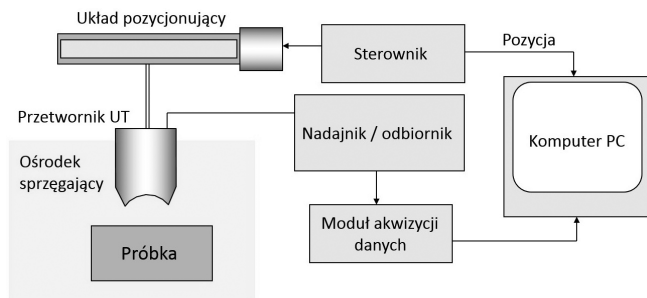
Stanowisko pomiarowe

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 1. W skład stanowiska pomiarowego (rys. 2a) wchodzi:

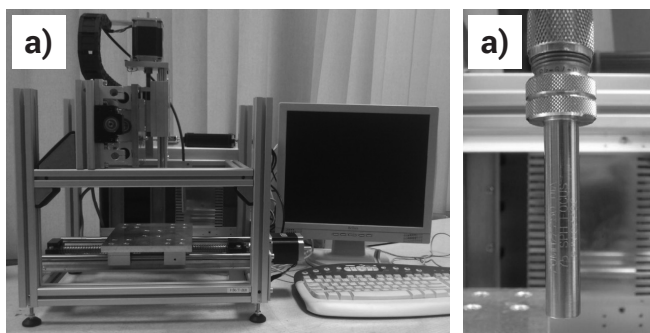
- karta oscyloskopowa do zastosowań w badaniach ultradźwiękowych o częstotliwości próbkowania 100 MS/s [5],
- generator o maksymalnym napięciu wyjściowym 350 V,
- zanurzeniowa głowica ultradźwiękowa o wiązce zogni-

- skowanej i częstotliwości 20 MHz (rys. 2b),
 – 3-osiowy układ pozycjonujący sterowany silnikami krokowymi (rys. 2a).

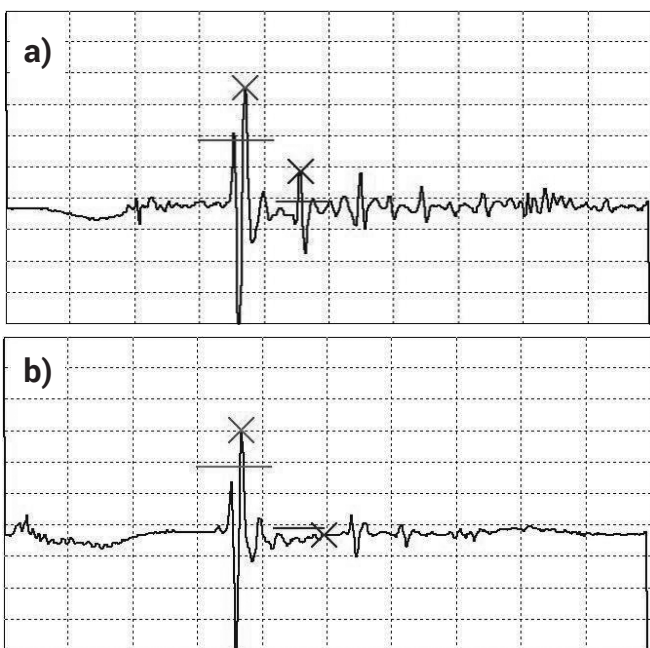
Głowica użyta do budowy układu pomiarowego (rys. 2b) jest głowicą zanurzeniową skupiającą fal podłużnych IAHG202 do badań z wysoką rozdzielczością. Dane odebrane przez głowicę są przekazywane do komputera, a następnie analizowane. W miejscach, gdzie zostały ustalone bramki pomiarowe (czerwona i zielona linia na rys. 3a i 3b), program szuka maksimum. Bramka 1 (zielona) jest ustawiana w miejscu występowania sygnału odbitego od powierzchni badanego obiektu. Pozycja bramki 2 (czerwona) jest zależna od położenia maksimum znalezione w bramce 1 (zielonej). Taki sposób przeprowadzania pomiaru jest często nazywany jako tzw. „surface follower”.



Rys. 1. Schemat ideowy mikroskopu akustycznego
 Fig. 1. Schematic diagram of the acoustic microscope



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe a) skaner, b) głowica pomiarowa
 Fig. 2. The measurement system a) scanner, b) ultrasonic head



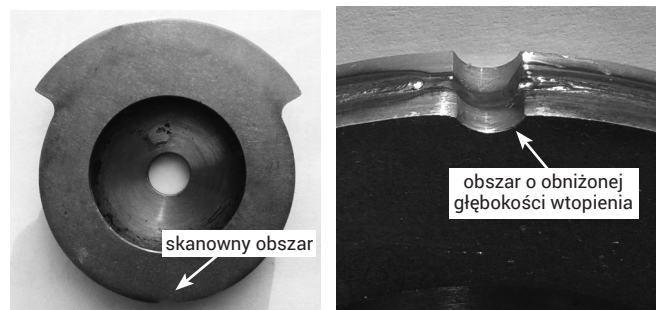
Rys. 3. Sygnały A-scan uzyskane a) poza obszarem złącza b) w obszarze złącza
 Fig. 3. A-scan signals received a) outside the joint b) in the joined region

Na rysunku 3a przedstawiono przebieg sygnału (A-scan) pobrany w miejscu gdzie nie występuje połączenie. Świadczy o tym pojawienie się impulsu w bramce nr 2 (czerwonej). Można to tłumaczyć występowaniem nieciągłości materiału na drodze fali ultradźwiękowej.

Na rysunku 3b przedstawiono przebieg sygnału (A-scan) pobrany w miejscu gdzie występuje połączenie. W tym przypadku w bramce nr 2 (czerwonej) nie występuje odbicie sygnału ultradźwiękowego co potwierdza, iż materiał jest jednorodny lub występuje tu poprawne połączenie spawane.

Wyniki pomiarów

Badaniom poddano uproszczony element konstrukcji fotela samochodowego spawany laserem. Element złożony jest z dwóch części tj. płaskiej płyty oraz tarczy imitującej wieniec zębaty. W rozważanym przypadku badaniu poddano obszar o wymiarach 37x12 mm (rys. 4a) z krokiem skanowania 50 µm. W miejscu styku obu elementów (rys. 4b) występuje spoina czołowa. Rysunek 5 przedstawia obraz typu C uzyskany podczas skanowania elementu z rysunku 4.



Rys. 4. Badany element a) z oznaczonym obszarem skanowania (37x12 mm), b) z oznaczonym obszarem o obniżonej głębokości wtopienia
 Fig. 4. Tested element a) with marked scanning area (37x12 mm), b) with marked area of reduced depth of penetration region



Rys. 5. C-scan wstępnej obróbce z wyselekcjonowanymi obszarami złącza
 Fig. 5. C-scan image after image processing with marked important areas of the joint

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można w przedstawionym przykładzie wyróżnić strefę spoiny (kolor biały), obszar bez przetopu (kolor czarny), obszar poza próbką (ciemnoszary) oraz obszar rozproszenia fali ultradźwiękowej na krawędzi próbki (jasnoszary). Ponadto na rysunku 5 oznaczono miejsca przeznaczone do oceny w badaniach metalograficznych. Dokonując pomiaru na podstawie obrazu C-scan można stwierdzić, iż głębokość wtopienia w tym miejscu podcięcia próbki wynosi 0,45 mm natomiast w pozostałym obszarze pomiar wykazał 1,9 mm. Porównując wyniki pomiarów na podstawie obrazów typu B-scan z wynikami badań metalograficznych można stwierdzić, iż uzyskano wysoki stopień zgodności odpowiednich wyników. Wynik badania metalograficznego w miejscu podcięcia to 0,5 mm natomiast poza tym obszarem 1,8 mm.

Podsumowanie

Zaprezentowane wyniki pomiarów potwierdzają przydatność przedstawionego systemu do oceny jakości połączeń spawanych laserem. W artykule wykazano, iż możliwa jest ocena głębokości wtopienia, poprzez skanowanie elementu w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni lica spoiny. Głównymi ograniczeniami metody są dostęp do badanego miejsca oraz rozpraszanie fali w miejscach załamania na powierzchni badanej próbki. Z tego względu prowadzenie badań zalecane jest dla jedynie od strony płaskiej powierzchni. Zastosowana głowica ultradźwiękowa powinna charakteryzować się jak najmniejszą średnicą ogniska oraz wysokim tłumieniem (krótkim impulsem). Obecnie zastosowano głowicę skupiającą o częstotliwości 20 MHz jednak głowica o wyższej częstotliwości (np. 50 MHz) wpłynęłaby pozytywnie na podniesienie rozdzielczości systemu.

Skanowanie powinno odbywać się z rozdzielczością z przedziału od 0,05 mm do 0,1 mm w celu zapewnienia jednoznaczności wskazań obrazów typu B i C-scan. Oprogramowanie powinno być wyposażone w odpowiednie algorytmy wykrywające krawędzie badanego obiektu. Jest to konieczne do pomiarów głębokości wtopienia spoin.

Literatura

- [1] Lewińska-Romicka A.: Badania nieniszczące - podstawy defektoskopii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001.
- [2] Śliwiński A.: Ultradźwięki i ich zastosowania, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001.
- [3] Jagodziński Z.: Przetworniki ultradźwiękowe, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1997.
- [4] Baranowska J., Garbik M.: Badania ultradźwiękowe, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1999.
- [5] Strona int.: <http://www.optel.pl>, dostęp: 01.02.2015r.