

# Wykorzystanie cyfrowych defektoskopów ultradźwiękowych w badaniu prototypowego modułu suszącego linii otrzymywania paliwa z recyklingu odpadów

The use of digital ultrasonic flaw detectors in the study of a prototype module drying line to receive fuel from waste recycling

JAKUB KOWALCZYK  
DARIUSZ ULBRICH  
JAROSŁAW SELECH  
KONRAD WŁODARCZYK \*

Materiały z XX SKWPWiE, Jurata 2016 r.  
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.149

W artykule przedstawiono wyniki analizy możliwości zastosowania ultradźwiękowych defektoskopów cyfrowych w badaniu – podczas pracy – prototypowego modułu suszącego linii otrzymywania paliwa z recyklingu odpadów. Defektoskopy cyfrowe w przeciwieństwie do analogowych, umożliwiają pełną analizę impulsu ultradźwiękowego oraz analizę ich zmian, uzyskiwanych również zdalnie.

**SŁOWA KLUCZOWE** badania ultradźwiękowe, defektoskop cyfrowy, moduł suszący

*The results of the analysis of the possibility of the use of digital ultrasonic flaw detectors in the study of a prototype module drying line to receive fuel from recycling waste during its operation. Digital flaw detectors as opposed to analog, enable a complete analysis of the ultrasonic pulse and analyze their changes generated remotely pulses.*  
**KEYWORDS:** ultrasonic testing, digital flaw detector, drying module

Prototypowe instalacje wymagają szczególnej kontroli stanu technicznego. W przypadku urządzeń o niewielkich wymiarach i przeznaczonych do pracy doraźnej kontrola stanu technicznego nie stanowi poważnego problemu. W przypadku wdrażania tych maszyn, które są przeznaczone do pracy ciągłej, kontrola stanu technicznego powinna być wykonywana w możliwie krótkim czasie i jednocześnie nieinwazyjnie. W ramach projektu będzie wykonana prototypowa instalacja do modułu suszącego linii otrzymywania paliwa z recyklingu odpadów. Mimo szeregu wykonanych obliczeń i analiz istnieje ryzyko, że w czasie pracy stanowiska dojdzie do nadmiernego zużycia wybranych elementów. W wielu przypadkach możliwość zdemontowania elementów do weryfikacji będzie ograniczona, jednocześnie będzie do nich zapewniony tylko jednostronny dostęp. Autorzy do kontroli stanu niewalczących części i węzłów prototypowych maszyn postanowili wykorzystać metodę ultradźwiękową. Metoda ultradźwiękowa jest oparta na podstawowych prawach fizyki związanych z odbiciem i załamaniem fal akustycznych o częstotliwości powyżej progu słyszalności, czyli powyżej 16 kHz [2]. W badaniach wykorzystano ultradźwiękową metodę echa. Polega ona na wygenerowaniu fali ultradźwiękowej i skierowaniu jej w głąb badanego elementu, którego nieciągłości (wady, granice połączenia, pęknięcia itp.) stanowią reflektor, od którego odbija się fala ultradźwiękowa. Odbita fala generuje sygnał elektryczny, widoczny w postaci impulsów na ekranie aparatu ultradźwiękowego.

Ich analizę można przeprowadzić zarówno w dziedzinie czasu, jak i w dziedzinie częstotliwości, z wykorzystaniem np. szybkiej transformacji Fouriera.

## Zastosowanie badań ultradźwiękowych

Defektoskopowe metody ultradźwiękowe znajdują szerokie zastosowanie zarówno we współczesnym przemyśle, jak i w pracach badawczych. Badania ultradźwiękowe umożliwiają wykrywanie pęknięć, niezgodności spawalniczych, krzyża przekucia – w zakresie wykrywania wad. Przedstawione metody badawcze pozwalają również na pomiary grubości elementów dostępnych jednostronnie (zbiorników, rurociągów), ocenę połączeń adhezyjnych – np. klejowych (rys. 1), badanie jakości połączeń zgrzewanych (rys. 2), lutowanych czy lutowanych [1+3].



Rys. 1. Badanie połączeń klejowych metodą ultradźwiękową

\* Dr inż. Jakub Kowalczyk (jakub.kowalczyk@put.poznan.pl); dr inż. Dariusz Ulbrich (dariusz.ulbrich@put.poznan.pl); dr inż. Jarosław Selech (jaroslaw.selech@put.poznan.pl); dr inż. Konrad Włodarczyk (konrad.wlodarczyk@put.poznan.pl) – IMRiPS, Politechnika Poznańska.

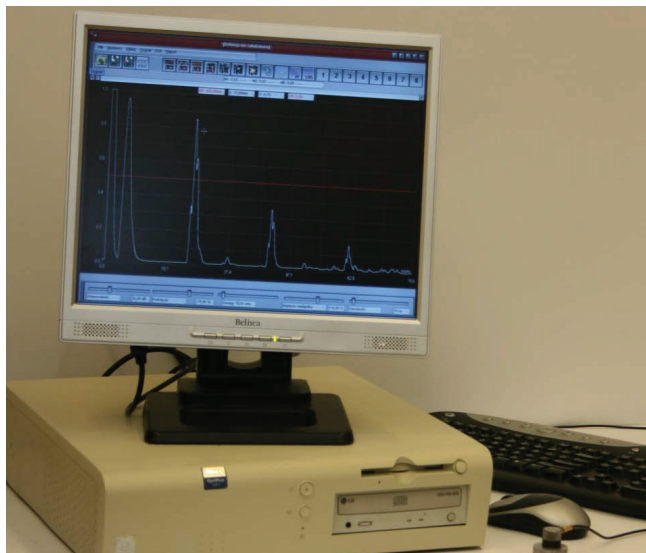


Rys. 2. Badania połączeń zgrzewanych głowicą ultradźwiękową

Klasyczne badania ultradźwiękowe prowadzi się dla elementów o grubości powyżej 6 mm, jednak istnieje potrzeba kontroli elementów również o mniejszej grubości. Klasyczne defektoskopy ultradźwiękowe praktycznie uniemożliwiają badanie takich elementów. Zmniejszenie grubości badanych elementów jest ściśle związane ze wzrostem częstotliwości wykorzystywanych głowic. W praktyce autorzy w swoich badaniach wykorzystywali głowice o częstotliwości dochodzącej do 20 MHz. Badania z wykorzystaniem głowic o tak wysokich częstotliwościach mogą być prowadzone za pomocą defektoskopów cyfrowych.

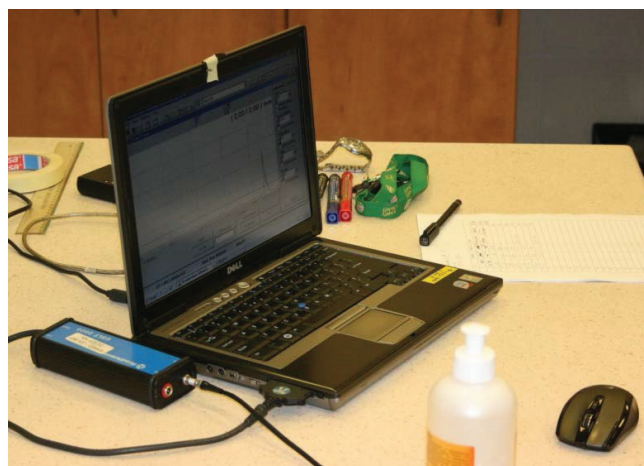
### Wykorzystanie defektoskopów cyfrowych

W pracach badawczych autorzy wykorzystywali dwa podstawowe defektoskopy: defektoskop stanowiący kartę rozszerzeń komputera PC UMT 15 oraz defektoskop USLT 2000 współpracujący z komputerem mobilnym. Dla przykładu, cyfrowy defektoskop ultradźwiękowy UMT 15 umożliwia prowadzenie badań ultradźwiękowych wraz z cyfrową analizą uzyskiwanego impulsu fali ultradźwiękowej. Otrzymane impulsy można rozpatrywać nie tylko w dziedzinie czasu, ale również w dziedzinie częstotliwości z wykorzystaniem transformaty Fouriera. W trakcie badań z wykorzystaniem defektoskopu UMT 15 analogowy sygnał pomiarowy zostaje zdyskretyzowany do sygnału cyfrowego z częstotliwością próbkowania 100 MHz oraz z rozdzielczością próbkowania wynoszącą 8 bitów. Amplituda impulsu nadajnika wynosi od 50 do 200 V z regulacją skoku o 1 V. Szerokość impulsu wyzwającego wynosi od 50 do 1000 ns z regulacją skoku co 1 ns, czas narastania impulsu wyzwającego wynosi 15 ns, a częstotliwość repetycji nadajnika wynosi od 1 do 5000 Hz. Odbiornik, w który został wyposażony defektoskop UMT 15 ma dwa niezależne tory: liniowy o wzmacnieniu do 80 dB i logarytmiczny o dynamice



Rys. 3. Stanowisko komputerowe wyposażone w defektoskop UMT 15

60 dB. Pasma przenoszenia toru logarytmicznego, podobnie jak liniowego, wynosi od 100 kHz do 20 MHz (przy spadku 3 dB). Dzięki zastosowaniu bufora FIFO na karcie możliwy jest ciągły zapis wyników pomiarów na dysku komputera [4]. Stanowiska badawcze dla obu defektoskopów zostały przedstawione na rys. 3 i 4.



Rys. 4. Defektoskop cyfrowy USLT 2000

Wykorzystanie cyfrowych defektoskopów ultradźwiękowych umożliwia prowadzenie nie tylko badań klasycznych, ale również pomiarów kinetyki zachodzenia zjawisk. Możliwa jest analiza zmian grubości ścianek podajników w miejscach cechujących się zintensyfikowanym zużyciem. Sygnały z badanych obszarów mogą być rejestrowane i zapisywane w formie cyfrowej co określony przedział czasu. Pozwoli to na pomiar rzeczywistego zużycia oraz określenie przewidywanego czasu pracy do osiągnięcia wartości krytycznych. Możliwe jest również analizowanie rozrzutu jakości połączeń adhezyjnych badanych elementów. Istnieje możliwość badania połączeń klejowych oraz jakości nałożenia mas uszczelniających. Ze względu na innowacyjność tych badań nie funkcjonują ogólnie dostępne procedury oceny takich połączeń. Cyfrowy zapis sygnału umożliwia jednak jego zarejestrowanie i przesłanie online do zespołów specjalizujących się w badaniu połączeń adhezyjnych (np. ZPSiTD Politechniki Poznańskiej) – co znacznie obniża koszty kontroli i diagnostyki maszyn i urządzeń.

### Wnioski

W przeciwieństwie do klasycznych defektoskopów analogowych defektoskopy cyfrowe umożliwiają prowadzenie badań elementów o niewielkich rozmiarach. Możliwa jest pełna rejestracja uzyskiwanych obrazów oraz szybkie przesyłanie danych do specjalistycznych zespołów, które, wykorzystując zaawansowane procedury oraz własne programy, mogą wskazać obszary wadliwe. Niewielkie wymiary oraz możliwość współpracy z komputerami przenośnymi powodują, że cyfrowe defektoskopy mogą być wykorzystywane w warunkach poligonowych, niezależnie od źródła napięcia.

### LITERATURA

1. Ambroziak A., Krynicki L., Koralewicz Z. „Określenie przydatności badań ultradźwiękowych do oceny jakości połączeń zgrzewanych punktowo”. *Przegląd Spawalnictwa*. 72 (2000) 7–8, s. 17÷21.
2. Brotherhood C.J., Drinkwater B.W., Dixon S. „The detectability of kissing bonds in adhesive joints using ultrasonic techniques”. *Ultrasonic*. 41 (2003) 7, pp. 521÷529.
3. Jóska M., Jarmużek M. „Evaluation of adhesive joint between coating and substrate using ultrasonic spectroscopy”. *Communications*. 7 (2001) 4, pp. 65÷70.
4. Korneta A., Rojek B. „Karta cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego UMT-15 – instrukcja obsługi”. Radom: 2004. ■