

Zastosowanie transformaty Fouriera w badaniu prototypowego modułu suszącego linii otrzymywania paliwa z recyklingu odpadów

The use of Fourier transformation during test of the prototype module drying line receiving fuel from waste recycling

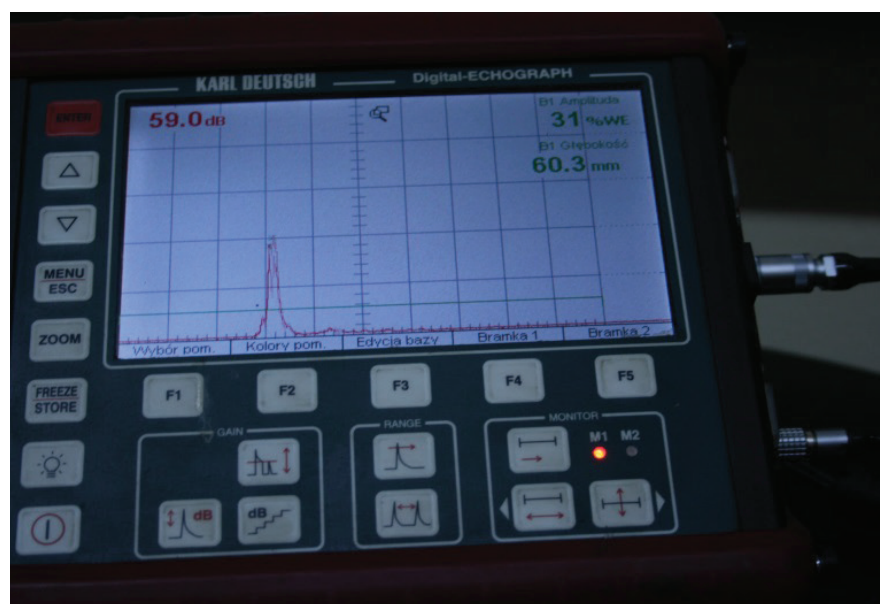
DARIUSZ ULBRICH
JAKUB KOWALCZYK
JAROSŁAW SELECH
KONRAD WŁODARCZYK *

Materiały z XX SKWPPWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.207

W artykule przedstawiono wyniki analizy i badań rozpoznawczych nt. możliwości zastosowania transformaty Fouriera w badaniu prototypowego modułu suszącego linii otrzymywania paliwa z recyklingu odpadów w czasie jego pracy. Transformata Fouriera została wykorzystana w badaniu powłok prewencyjnych, które były zastosowane do ochrony elementów prototypowej linii. **SŁOWA KLUCZOWE** badania ultradźwiękowe, defektoskop cyfrowy, moduł suszący, transformata Fouriera

The results of the analysis of the possibility of the use of Fourier transform in the study of a prototype module drying line to receive fuel from recycling waste during its operation. Fourier transform was used in the study of preventive coatings, which are applied to protect the elements of the prototype line.

KEYWORDS: ultrasonic testing, digital flaw detector, drying module, Fourier transformation



Rys. 1. Widok ekranu defektoskopu podczas badania połączeń adhezyjnych

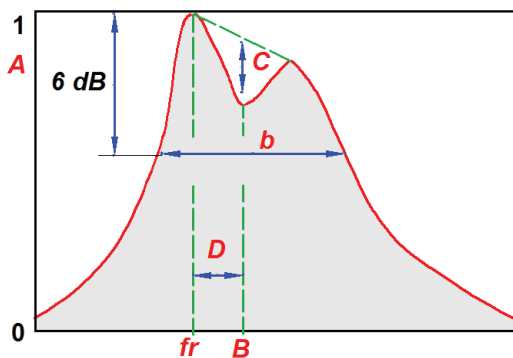
Elementy prototypowej linii wykorzystywanej do produkcji paliwa z recyklingu odpadów muszą spełniać określone wymagania związane zarówno z trwałością, wytrzymałością, jak i odpornością na czynniki zewnętrzne. Dlatego w budowie linii wykorzystano powłoki adhezyjne, które są nakładane w prosty i szybki sposób oraz zapewniają ochronę elementów konstrukcyjnych linii do produkcji paliwa z odpadów, np. chronią przed korozją. Wykonanie połączenia adhezyjnego wysokiej jakości wymaga przestrzegania reżimu technologicznego podczas nakładania warstwy powłoki na podłoże. Aby uzyskać produkt końcowy wysokiej jakości, stosuje się różne metody oceny przyczepności już na etapie wytwarzania połączenia adhezyjnego powłoki z podłożem. Jedną z metod, ultradźwiękowa, wykorzystuje cyfrowe defektoskopy umożliwiające zobrazowanie parametrów fali ultradźwiękowej propagującej w obszarze połączenia adhezyjnego. Urządzenia te pozwalają na badanie przyczepności powłoki o adhezyjnym charakterze połączenia z podłożem zarówno w dziedzinie czasu, jak i w dziedzinie częstotliwości. Jest to bardzo dobry przykład, który obrazuje możliwości zastosowania wspomaganie komputerowe w postaci transformacji parametrów fali ultradźwiękowej

w dziedzinie czasu na parametry w dziedzinie częstotliwości. Taka zmiana jest wykonywana przy zastosowaniu szybkiej transformaty Fouriera (FFT – *Fast Fourier Transformation*), a wartości odczytanych parametrów fali ultradźwiękowej mogą świadczyć o jakości i stanie połączenia adhezyjnego na etapie jego wytwarzania lub eksploatacji [1÷3]. Wygenerowanie widma amplitudowo-częstotliwościowego wymaga wcześniejszego wytworzenia i przesłania wiązki fali ultradźwiękowej w obszar połączenia, a następnie jej odebrania i odczytania podstawowych wartości parametrów fali takich, jak: wzmocnienie impulsu ultradźwiękowej fali powierzchniowej, czas propagacji fali w obszarze połączenia, częstotliwość rezonansowa oraz pasmo przenoszenia.

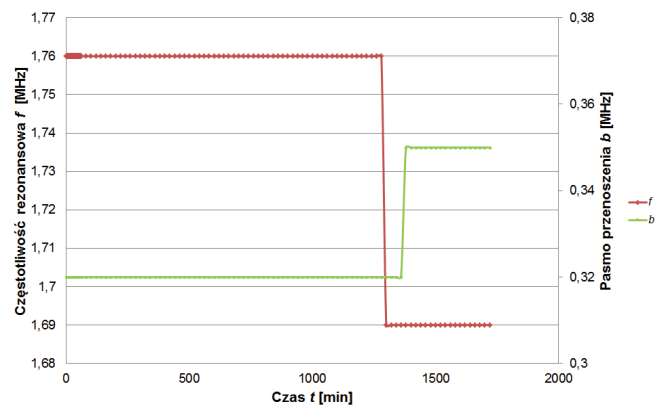
Zastosowanie transformaty Fouriera w ocenie stanu połączenia powłoki z podłożem

Badania połączeń adhezyjnych z wykorzystaniem cyfrowych defektoskopów ultradźwiękowych (np. UMT 12, UMT 15, USLT 2000, echograph 1090 – rys. 1), prowadzi się w dziedzinie czasu oraz dziedzinie częstotliwości (widmo amplitudowo-częstotliwościowe) [4]. W przypadku badania połączeń powłoki z podłożem autor pracy [5] wyróżnił podstawowe parametry widma, takie jak pasmo przenoszenia i częstotliwość rezonansowa, a także częstotliwość i głębokość najniższej depresji oraz częstotliwościowy parametr różnicowy (rys. 2).

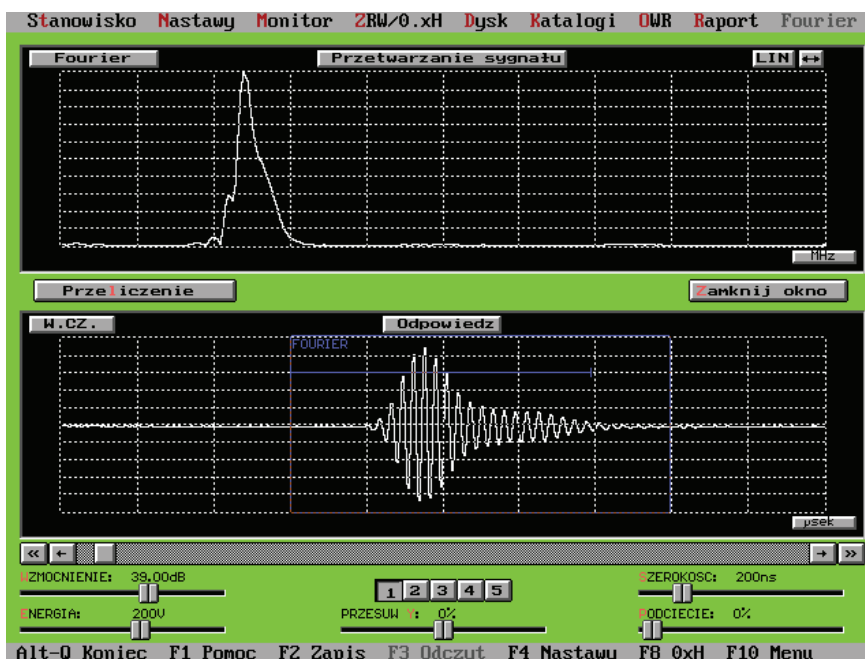
* Dr inż. Dariusz Ulbrich (dariusz.ulbrich@put.poznan.pl); dr inż. Jakub Kowalczyk (jakub.kowalczyk@put.poznan.pl); dr inż. Jarosław Selech (jaroslaw.selech@put.poznan.pl); dr inż. Konrad Włodarczyk (konrad.wlodarczyk@put.poznan.pl) – IMRIPS, Politechnika Poznańska



Rys. 2. Parametry widma impulsu ultradźwiękowego [4]: f_r – częstotliwość rezonansowa najwyższego pików, b – szerokość pasma przenoszenia, B – częstotliwość najniższej depresji, C – głębokość najniższej depresji, D – częstotliwościowy parametr różnicowy, A – amplituda, f – częstotliwość



Rys. 4. Przebiegi częstotliwości rezonansowej f i pasma przenoszenia b impulsu fali powierzchniowej



Rys. 3. Widok transformaty Fouriera z otrzymanego sygnału wysokiej częstotliwości

Defektoskop posiada funkcję, która umożliwia odczytywanie parametrów dla wybranego obszaru impulsu fali ultradźwiękowej powierzchniowej. Fragment pomiarowy jest objęty bramką czasu nazywaną również bramką monitora, która jest zaznaczona na rys. 3 niebieską poziomą linią. Oprócz możliwości rejestrowania parametrów impulsu fali ultradźwiękowej w dziedzinie czasu, defektoskop UMT 12 pozwolił na ocenę impulsu ultradźwiękowego w dziedzinie częstotliwości poprzez wyznaczenie widma amplitudowo-częstotliwościowego (rys. 3). Urządzenie wykorzystuje szybką transformatę Fouriera (FFT), podając w cyklu automatycznym podstawowe wartości przedziałów widma, a mianowicie: częstotliwość rezonansową widma f oraz jego pasmo przenoszenia b .

Badanie stanu połączenia powłoki z podłożem może być prowadzone online podczas pracy takiego połączenia. Autorzy niniejszej publikacji przeprowadzili monitorowanie stanu połączenia powłoki z podłożem falą powierzchniową i kontrolowali częstotliwość rezonansową oraz pasmo przenoszenia impulsu ultradźwiękowego. Monitorowanie było przeprowadzone od momentu nałożenia powłoki na powierzchnię stalową, aż do całkowitej degradacji połączenia powłoki z podłożem (odsłojeniu się powłoki od podłoża) – rys. 4. W trakcie monitorowania charakterystyczny był trend zmian, w którym przez pewien okres częstotliwość rezonansowa nie zmieniała swoich wartości. Następnie jego wartość maleje i po tym spadku pozostaje niezmienna, aż do odsłojenia się powłoki

od podłoża. Zmiana ta zachodzi wcześniej niż zmiany wzmocnienia impulsu ultradźwiękowego fali powierzchniowej propagującej w obszarze połączenia. Zmiana rozpatrywanego parametru f widma może więc świadczyć o narastającym zjawisku odpajania się powłoki od podłoża. Zachodzące zmiany w wartościach pasma przenoszenia b nie dają informacji przydatnej w analizie procesów zachodzących na granicy połączenia powłoki z podłożem. Wniosek taki został wysunięty na podstawie badania kilkunastu próbek, w których otrzymywano różne, często przypadkowe przebiegi zmian pasma przenoszenia b .

Wnioski

Połączenia powłoki z podłożem są szeroko stosowane w budowie maszyn i urządzeń i służą głównie do zabezpieczenia elementów konstrukcyjnych przed działaniem czynników zewnętrznych. Zastosowanie powłok wymaga również badania ich przyczepności do podłoża, co wiąże się z jakością wykonanego połączenia. Badanie granicy połączenia powłoki z podłożem może być wykonane za pomocą defektoskopu ultradźwiękowego wraz z głowicami. Nowoczesne cyfrowe defektoskopy ultradźwiękowe w przeciwieństwie do analogowych – starszego typu – pozwalają na automatyczne przekształcenia impulsu fali z dziedziny czasu do dziedziny częstotliwości. Pozwala to na dokładniejsze badanie i ocenę jakości wybranych połączeń powłoki z podłożem.

LITERATURA

1. Kowalczyk J., Ulbrich D., Jósko M., Mańczak R. „Zastosowanie transformaty Fouriera do ultradźwiękowej oceny połączeń klejonych”, *Przegląd Spawalnictwa*. Nr 5 (2013): s. 31-34.
2. Kowalczyk J. „Ocena połączeń klejowych metodą ultradźwiękową”. Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, 2009, praca zdeponowana w Czytelnicy Oddziału Informacji Naukowej Politechniki Poznańskiej.
3. Allin J.M. „Disbond detection in adhesive joints using low-frequency ultrasound”. University of London, praca doktorska, 2002.
4. Korneta A., Rojek B. „Karta cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego UMT-15”, instrukcja obsługi, Radom 2004.
5. Jósko M. „Metodologiczne aspekty oceny przyczepności powłok regeneracyjnych metodą ultradźwiękową”. Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2002.