

# Detekcja korozji pod izolacją na długich odcinkach rurociągów z wykorzystaniem Guided Wave

## *Zarządzanie integralnością zasobów przedsiębiorstwa – rury i rurociągi*

Badania ultradźwiękowe z wykorzystaniem fali kierowanej Guided Wave dynamicznie rozwijają się w przemyśle energetycznym, przede wszystkim w obszarach monitoringu korozji rur i rurociągów. Metoda stosowana jest głównie w skanowaniu długich odcinków rurociągów, do których dostęp jest ograniczony, utrudniony lub gdy potrzebujemy szybkiej i wiarygodnej informacji o kondycji rurociągu.

Infrastruktura przedsiębiorstw energetycznych w tym chemicznych i petrochemicznych, ulega degradacji na skutek procesów starzenia się, a tym samym pojawia się ryzyko wystąpienia awarii i nieplanowanych postojów.

Zapotrzebowanie na nowoczesne i bardziej efektywne metody badań nieniszczących jest coraz większe, głównie za sprawą rosnących wymagań w obszarach jakości i efektywności diagnostyki, zarówno podczas planowanych postojów remontowych, jak również w sytuacjach awaryjnych. Przedsiębiorstwa są świadome znaczenia systemowego zarządzania infrastrukturą oraz tego, że nowe metody diagnostyczne stają się dużym wsparciem programów utrzymania ruchu.

Optymalizacja procesów oraz rachunek ekonomiczny wymagają, aby postoje remontowe były coraz krótsze, dokładniejsze i dające możliwie dużo informacji zwrotnej o kondycji zasobów przedsiębiorstwa. Wyzwaniom tym mogą sprostać specjalistyczne metody badań nieniszczących, które wspierają ekonomiczną i bezpieczną eksploatację oraz integralność zasobów, takich jak np.: rurociągi, zespoły maszyn, aparaty i urządzenia.

W poniższym artykule przybliżymy metodę skanowania rurociągów na długich, prostych odcinkach, z wykorzystaniem fali kierowanej „Guided Wave”. Technika ta pozwala na skanowanie długich odcinków rurociągów z utrudnionym dostępem oraz rurociągów izolowanych, wspierając efektywność zarządzania zasobami przedsiębiorstwa. Należy pamiętać, że metodę Guided Wave powinno się stosować łącznie z konwencjonalnymi badaniami UT, VT lub Phased Array.

## *Wprowadzenie do Guided Wave*

Metodę badań nieniszczących z wykorzystaniem ultradźwiękowej fali kierowanej zaczęto dynamicznie rozwijać i stosować w przemyśle w latach 90-tych XX wieku. Zbierano doświadczenia, rozwijano technologie pozwalające na badania coraz dłuższych rur oraz opracowywano bardziej dokładne narzędzia analityczne (oprogramowanie). Doświadczenia zdobywane w przemyśle zaowocowały między innymi powstaniem międzynarodowych standardów i dobrych praktyk w zakresie Guided Wave Testing. Poniżej kilka przykładów:

- ISO 18211:2016(en) - Non-destructive testing — Long-range inspection of above-ground pipelines and plant piping using guided wave testing with axial propagation,
- ASTM E2775-16 Standard Practice for Guided Wave Testing of above ground steel pipework using piezoelectric effect transduction,
- BS 9690-1:2011 Non-destructive testing. Guided wave testing. General guidance and principles,
- BS 9690-2:2011 Non-destructive testing. Guided wave testing. Basic requirements for guided wave testing of pipes, pipelines and structural tubulars,
- PCN/GEN GUIDED WAVE TESTING ISSUE, 1 Rev A, 1st January 2013 – General requirements for qualification and PCN Certification of Guided Wave testing personnel.

## *Zasada działania*

Urządzenie diagnostyczne składa się z trzech głównych elementów: systemu pierścieni z przetwornikami, rejestratora fal, oraz laptopa ze specjalistycznym oprogramowaniem.

Przetwornik pierścieniowy to rodzaj opaski lub obejmę montowanej na obwodzie rozizolowanej rury. Emitowane fale ultradźwiękowe - o niskiej częstotliwości - rozchodzą się wzdłuż ścianek rury w obu kierunkach materiału badanego. Cała powierzchnia ścianki rury staje się przewodnikiem dla fali ultradźwiękowej, która przemieszcza się wzdłuż ścianek. Napotkane „przeszkody” rejestrowane są w urządzeniu rejestrującym jako wskazania. Na początku dokonuje się kalibracji urządzenia oraz zaznaczenia punktów odniesienia, jak spoiny, podpory, kołnierze. **Krzywe DAC (Distance Amplitude Correction) ustawia się wg wskazań punktów odniesienia.**

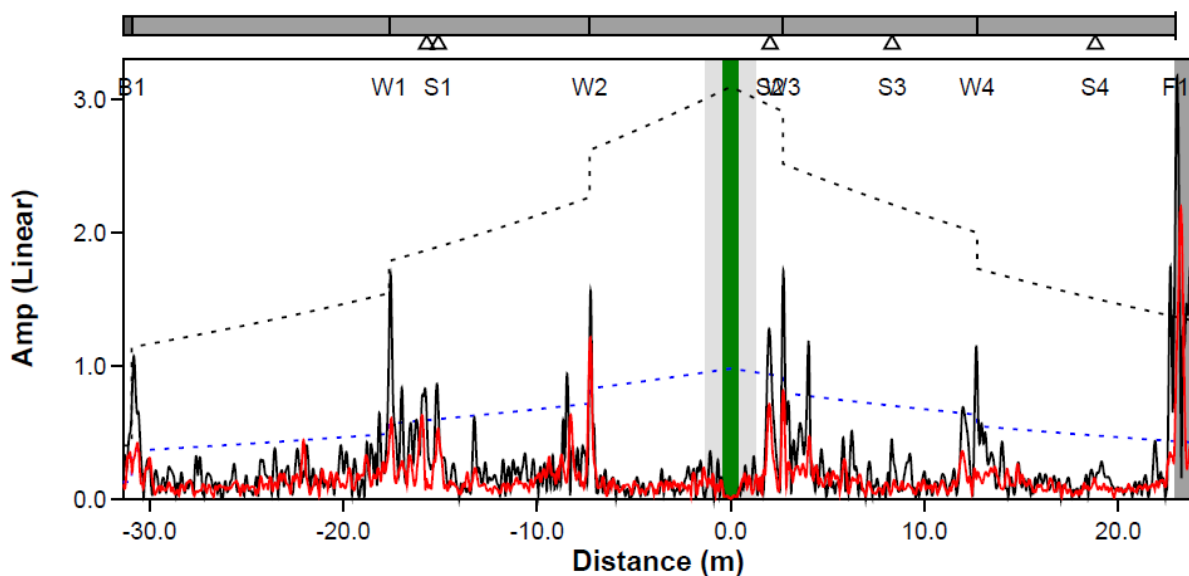
Jak już wspomniano, metoda wykorzystuje fale ultradźwiękowe o niskiej częstotliwości, w zakresach od 7 do 150 kHz. Pomiar jest wystarczająco dokładny, aby zlokalizować pocienia i ubytki na stronie wewnętrznej i zewnętrznej rurociągu.

Minimalnym wykrywalnym wskazaniem jest ubytek 5% na przekroju ścianki rury. Wartość tę można zmienić.

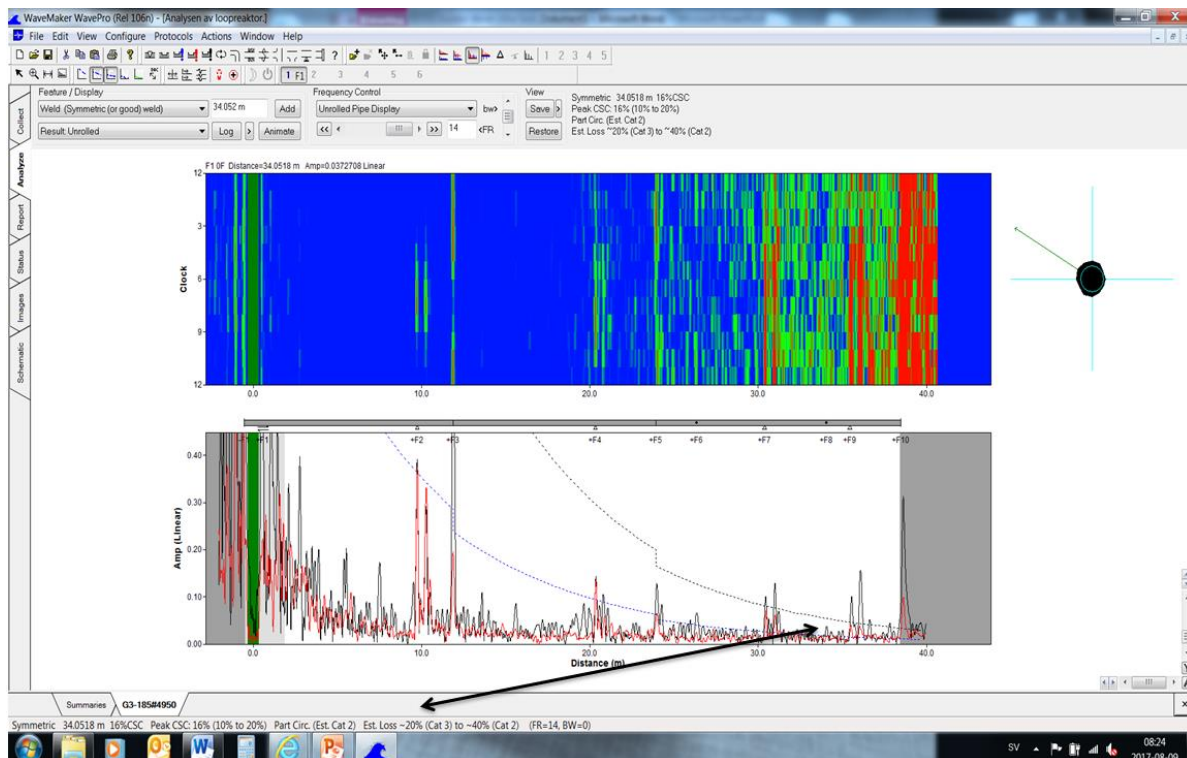


Rysunek 1 Porównanie tradycyjnego badania UT oraz techniki Guided Wave.

Obraz na monitorze jest przedstawiony w formie A-Scan oraz C-Scan (patrz poniżej). Odbicia symetryczne na wykresie A-Scan (pochodzące np. od spoin obwodowych) są oznaczone kolorem czarnym, odbicia niesymetryczne (tzn. wskazania występujące miejscowo) są oznaczone kolorem czerwonym i mogą wskazywać na ubytki korozyjne lub lokalne wżery. Zapisywana jest zarówno wielkość ubytku wyrażona w procentach, jak i jego lokalizacja.



Rysunek 2 Obraz na monitorze urządzenia diagnostycznego.



Rysunek 3 Obraz na monitorze urządzenia diagnostycznego.

Należy pamiętać, że metoda Guided Wave jest stosowana do przesiewowego badania rurociągów. Wykrycie pocienienia ścianki, korozji lokalnej, każdorazowo powinno być potwierdzone dodatkowymi badaniami nieniszczącymi np. metodą ultradźwiękową lub wizualną.

*Tradycyjna metoda UT, to badanie punktowe. Guided Wave, to skanowanie całej powierzchni rurociągu oraz miejsc z utrudnionym dostępem.*

### Zastosowanie w przemyśle

Najbardziej popularne zastosowania omawianej metody to badania rurociągów w celu wykrycia pocienień na skutek korozji na długich, prostych odcinkach oraz badania rurociągów z utrudnionym dostępem, np.:

- rurociągi na estakadach, napowietrzne, w kanałach,
- rurociągi izolowane – badanie odbywa się bez konieczności zdejmowania całej izolacji,
- rurociągi w przepustach pod drogami,
- rurociągi podziemne,
- rurociągi podwodne.

Badane rurociągi mogą być w ruchu, natomiast temperatura robocza nie może przekroczyć 120 °C. Dostępne są również specjalistyczne, odporne na wysoką temperaturę pierścienie, które mogą pracować w temperaturach do 350 °C. Zakres średnic badanych rurociągów może wynosić od 2 do 36 cali (DN 900).

### *Detekcja korozji pod izolacją*

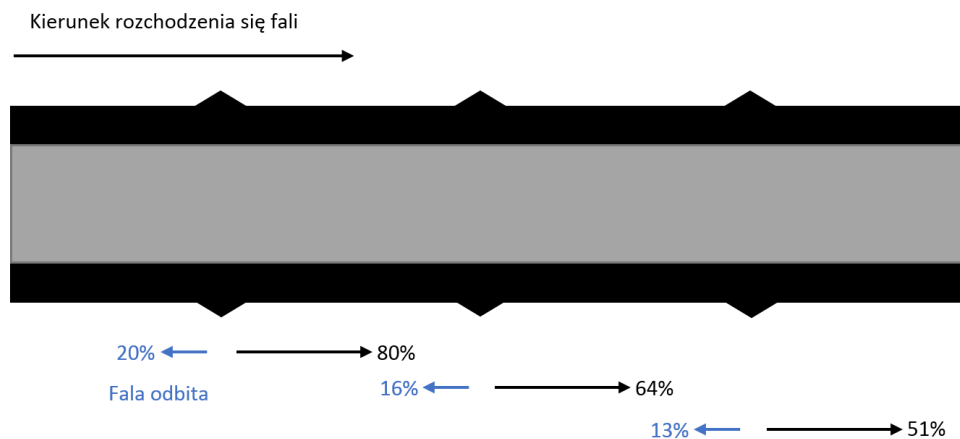
Opisywana metoda wykorzystywana jest również do detekcji korozji pod izolacją. Nie ma konieczności zdejmowania całej izolacji z rurociągu. Odstaniany jest jedynie odcinek rury o wymiarach ok. 40 - 50 cm, co jest w zupełności wystarczające do zainstalowania urządzenia pomiarowego. Dzięki możliwości przeprowadzenia skanowania rurociągu bez usuwania całej izolacji oszczędzany jest czas a koszty całej operacji są niższe.

***Brak konieczności usuwania całej izolacji z rurociągu, to oszczędność czasu i mniejsze koszty.***

### *Zasada odbicia fali oraz tłumienie*

Fala ultradźwiękowa rozchodzi się po całej powierzchni rury. Ścianki rury są w tym przypadku przewodnikiem, dzięki któremu fala się przemieszcza. Wszelkie poprzeczne „przeszkody” (w postaci spoin obwodowych, kołnierzy, króćców) wykorzystywane są w trakcie badania jako punkty referencyjne.

Spoiny obwodowe (tzw. odbicia symetryczne) odbijają ok. 20% sygnału, dlatego można przyjąć, że maksymalny zasięg badania (przy braku innych ograniczeń) to 5 spoin. Poniżej rysunek obrazujący tą zasadę:



Rysunek 4 Zasada odbicia fali w metodzie Guided Wave.

### Ograniczenia metody i zasięg badania

Jak każda metoda badań nieniszczących, tak i Guided Wave ma swoje ograniczenia, które wpływają na zasięg badania. Poniżej najważniejsze czynniki mogące mieć wpływ na badanie:

- rozległe ubytki korozyjne – im gorszy stan techniczny rurociągu z powodu korozji tym tłumienie fali ultradźwiękowej jest większe a zasięg badania mniejszy,
- typ izolacji na rurociągu – niektóre typy izolacji powodują ograniczenia zasięgu tak jest np. z izolacją bitumiczną,
- środowisko zewnętrzne – rurociągi zakopane w ziemi a szczególnie w glinie lub rurociągi znajdujące się w bliskim sąsiedztwie urządzeń wibrujących takich jak maszyny czy kompresory,
- podpory, wsporniki oraz inne konstrukcje stalowe stykające się z rurą mogą powodować tłumienie fali UT,
- medium wewnątrz rurociągu:
  - gazy nie mają wpływu na badania,
  - płyny również nie mają wpływu pod warunkiem, że mają niską lepkość,
  - osady, ciężkie depozyty lub media o dużej lepkości mogą mieć wpływ na tłumienie sygnału.

Na rurociągu występują również obiekty, które uniemożliwiają przeprowadzenie badania. Zaliczamy do nich np.: kolana, kołnierze, rozgałęzienia, króćce.

## Zalety wykorzystania *Guided Wave*

Wśród zalet techniki *Guided Wave* możemy wymienić:

- szybkie skanowanie UT długich odcinków rurociągów – nawet do 120 mb z jednego miejsca przyłożenia,
- skanowanie 100% powierzchni rurociągu,
- możliwość przeprowadzenia badań w trakcie pracy rurociągu do temperatury 120<sup>0</sup> C,
- brak konieczności usuwania całej izolacji z rurociągu = oszczędność czasu i mniejsze koszty,
- możliwość przeprowadzenia badań w miejscach bez dostępu lub z utrudnionym dostępem.

## Urządzenia pomiarowe

Zestaw do badania długich odcinków rurociągów składa się z kilku elementów:

- system pierścieni z przetwornikami (występują pierścienie stałe oraz pompowane),
- urządzenie rejestrujące ze specjalistycznym oprogramowaniem,
- laptop z oprogramowaniem do analizy danych.

Urządzenie jest przenośne, działa na baterii do 8 godzin, wyniki zapisywane są w postaci elektronicznej z możliwością obróbki i szczegółowej analizy danych. Wyświetlacz dotykowy 7-calowy umożliwia sprawne operowanie funkcjami. Ponadto urządzenie posiada Wi-Fi, LAN, moduł GPS, modulator częstotliwości oraz gniazda do komunikacji, np. USB.

*Główną przewagą fali kierowanej jest jej propagacja wzdłuż ścianek rurociągu, dzięki czemu z jednego miejsca przyłożenia możemy „przeskanować” kilkadziesiąt metrów rurociągu.*

## Podsumowanie

Metoda *Guided Wave Testing* jest często wykorzystywana w przemyśle energetycznym, w sytuacjach występowania presji czasu, gdy dostęp do rurociągu jest niemożliwy lub ograniczony oraz w przypadku gdy rurociąg jest izolowany. Dzięki GWT w sposób szybki oraz nieinwazyjny można zlokalizować korozję, pęknięcia oraz pocienienia grubości ścianki rury, zarówno na wewnętrznej, jak i na zewnętrznej stronie. Dużą zaletą jest również to, że z jednego miejsca przyłożenia pierścienia można przeskanować nawet kilkadziesiąt metrów rurociągu, co znacząco redukuje czas badania oraz obniża koszty. Ponadto badanie można

wykonać w trakcie pracy rurociągu, nawet do temperatury 120 ° C. Pamiętać należy, że GWT służy do skanowania długich odcinków rurociągów i każdorazowo wskazania tej metody należy potwierdzić jedną z tradycyjnych metod, jak np. UT, PAUT. Wiedza i doświadczenie operatorów jest kluczowe.

Rzeczony urządzeń do badań ultradźwiękowych falą kierowaną jest dynamiczny. Metoda ta znajduje coraz częściej zastosowanie w innych przemysłach, np. w przemyśle kolejowym. Urządzenia są coraz bardziej dokładne, mobilne i dają kompleksowy obraz kondycji infrastruktury przemysłowej.

DEKRA rozpoczęła badania z wykorzystaniem ultradźwiękowej fali kierowanej w 2010 roku. W pierwszym roku po ukończonych szkoleniach i egzaminach operatorzy DEKRA rozpoczęli pilotażowe badania w rafineriach Shell. Ówczesne doświadczenia, zdobywane we wszystkich możliwych obszarach i średnicach, są systematycznie poszerzane, co pozwala na pracę dla najbardziej znaczących przedsiębiorstw energetycznych i petrochemicznych na świecie.

#### Źródła:

1. Ultrasonic Guided Waves Evaluation of Trials for Pipeline Inspection; Francisco C.R.Marques, Alessandro Demma; 17 th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China
2. A Baseline and Vision of Ultrasonic Guided Wave Inspection Potential; Joseph L. Rose; Mem. ASME Engineering Science & Mechanics Department, The Pennsylvania State University, 2002
3. Long Range Guided Wave Inspection Usage – Current Commercial Capabilities and Research Directions; M.J.S. Lowe and P. Cawley; Department of Mechanical Engineering Imperial College London; 29 March 2006
4. Successes and Challenges in Ultrasonic Guided Waves for NDT and SHM; Joseph L. Rose; Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation; NDE 2009
5. Informacje ze strony internetowej Guided Ultrasonics Ltd.
6. Informacje ze strony internetowej Olympus IMS.

#### Autorzy:

*mgr inż. Artur Miszczak, DEKRA Polska Sp. z o.o., BDM Material Testing & Inspection*

*mgr inż. Kristoffer Wallin, DEKRA Industrial AB, Manager NDT/Inspection*