

POMIARY ULTRADŹWIEKOWE



HTHA – wysokotemperaturowy atak wodorowy
HIC - pęknięcia wodorowe

Spis treści

1. Mechanizmy degradacji w przemyśle petrochemicznym
2. Przykłady pęknięć wodorowych (HIC)
3. Klasyfikacja HIC wg Verkade
4. Detekcja ultradźwiękowa HIC
5. Przykłady wizualizacji HIC
6. Ultradźwiękowe metody detekcji HTHA
7. Realizacja badań HTHA w rafineriach
8. Pomiary tłumienia UT
9. Przykłady raportowania
10. Ocena
11. Dodatkowe informacje nt. metody wstecznego rozproszenia sygnału UT

Mechanizmy degradacji w przemyśle petrochemicznym

✓ HIC: Pęknięcia wodorowe, pęcherze wodorowe

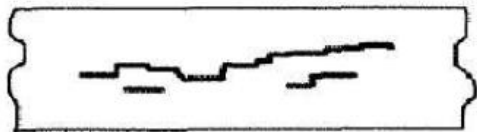
SOHIC (stress oriented HIC) poddane H₂S w niskich temperaturach – makroskopowe mierzalne defekty

✓ HTHA: Wysokotemperaturowy Atak Wodorowy

Wodór na granicach ziaren

Określenie uszkodzeń spowodowanych HTHA poprzez pomiar właściwości materiału – brak makroskopowych mierzalnych defektów

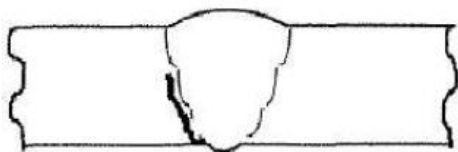
Przykłady pęknięć wodorowych (HIC)



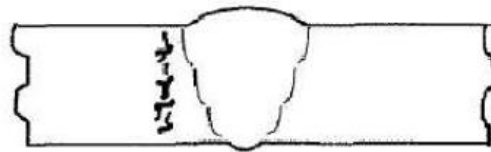
HIC / SWC



Blistering



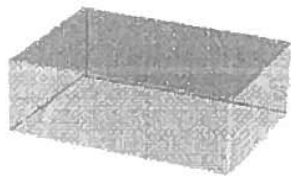
SSC



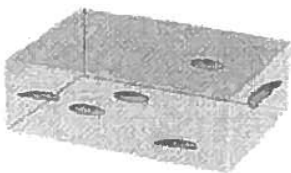
SOHIC

Klasifikacija HIC wg Verkade

Erläuterung der Klassifizierung



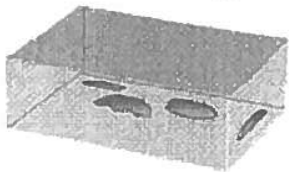
Zustandsklasse 0: Keine Anzeigen.



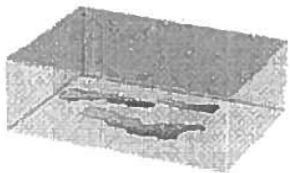
Zustandsklasse 1: Anzeigen parallel zur geprüften Oberfläche bis Fehlergröße $\varnothing$ KSR 3,0 mm. (KSR = Kreisscheiben-Reflektor)

Zustandsklasse 2: Anzeigen parallel zur geprüften Oberfläche, gleich oder größer $\varnothing$ 3,0 mm aber kleiner $\varnothing$ 5,0 mm.

Zustandsklasse 3: Anzeigen parallel zur geprüften Oberfläche, gleich oder größer $\varnothing$ 5,0 mm aber unter der Fehlergröße Rückwandabschattung (Rückwandecho verschwindet).



Zustandsklasse 4: Anzeigen parallel zur geprüften Oberfläche mit der Fehlergröße Rückwandabschattung ($> \varnothing$ 6 mm bis $\varnothing$ 15 mm, abhängig vom Prüfkopf und Schallweg im Material).



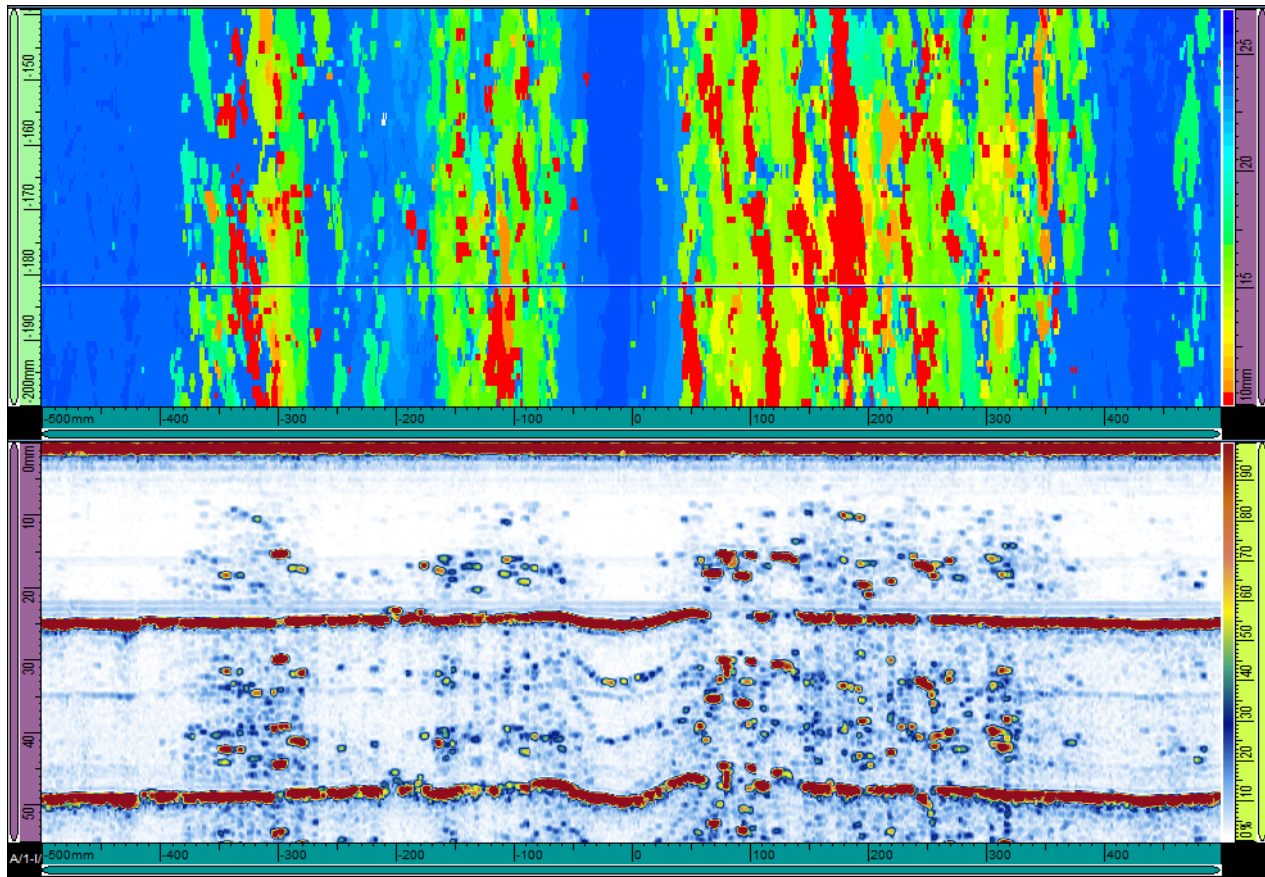
Zustandsklasse 5: Anzeigen parallel zur geprüften Oberfläche mit der Fehlergröße größer Rückwandabschattung ($\geq \varnothing$ 15 mm).

Pomiary ultradźwiękowe HIC

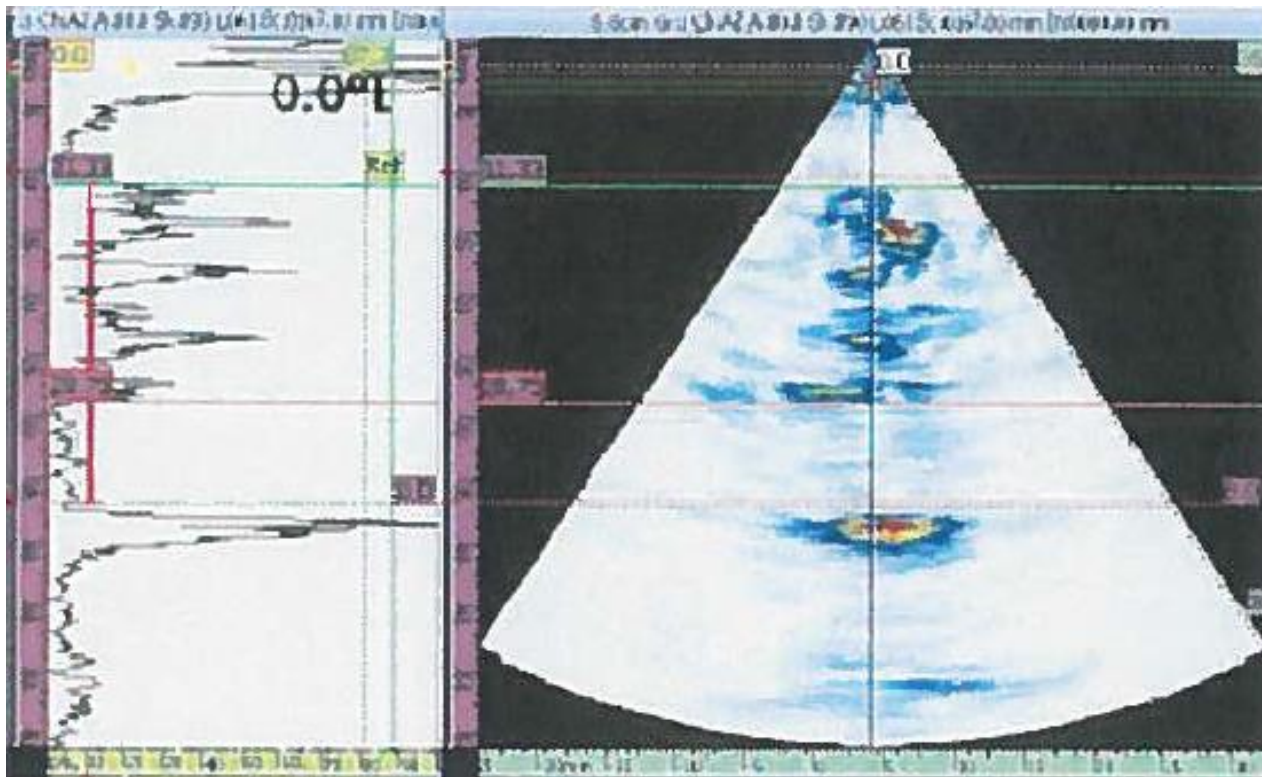
Metody / Zasady / Wizualizacje:

- ✓ TOFD technique
- ✓ Widok C-scan (normalna sonda)
- ✓ Zero degree PA (skanowanie sektorowe)
- ✓ PA sonda kątowna

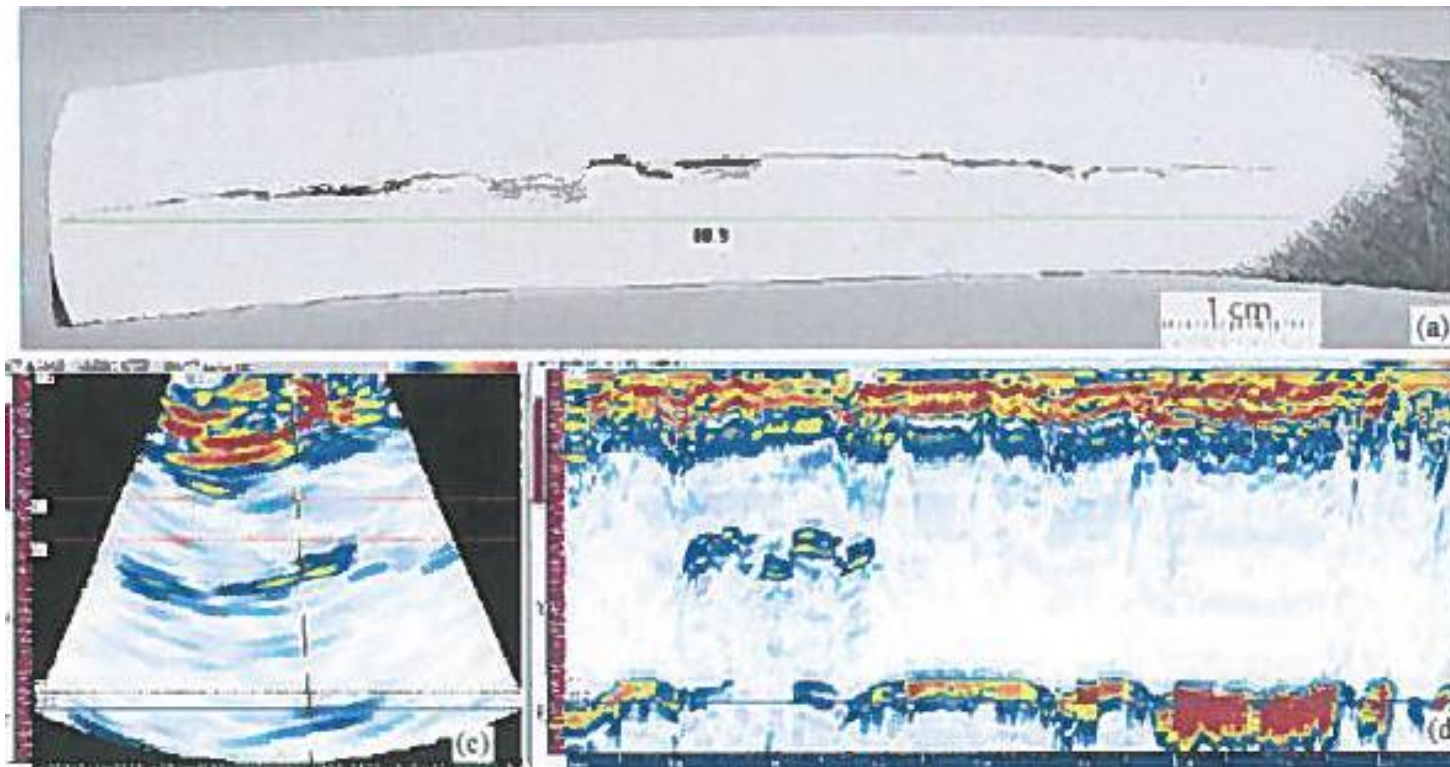
Przykłady wizualizacji HIC (1) – Pomiary DEKRA MTI



Przykłady wizualizacji HIC (2) – Pomiary DEKRA MTI



Przykłady wizualizacji HIC (3) – B/D/S - skan



Ultradźwiękowe metody detekcji HTHA (1)

Metody znane (API):

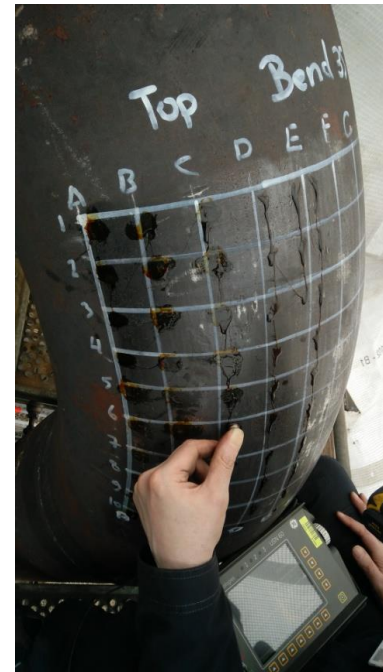
- ✓ Iloraz prędkości fali UT (stosunek prędkości fali poprzecznej i podłużnej)
- ✓ Pomiar tłumienia fali UT
- ✓ Metoda rozproszenia wstecznego / uśrednianie przestrzenne
- ✓ Technika TOFD
- ✓ Analiza widm częstotliwości (FFT)
- ✓ Fale o wysokich częstotliwościach
- ✓ PAUT

Niezbędne jest wykonanie badania minimum 2 metodami, aby wyeliminować mechanizmy degradacji.

Realizacja badań HTHA w rafineriach (1)

Badania przeprowadzone przez DEKRA podczas postoju na rafinerii w 2017 roku:

- ✓ Kolana – metoda ilorazu prędkości UT oraz pomiar tłumienia
- ✓ Pomiary punktowe
- ✓ Spoiny – skanowanie TOFD i PAUT



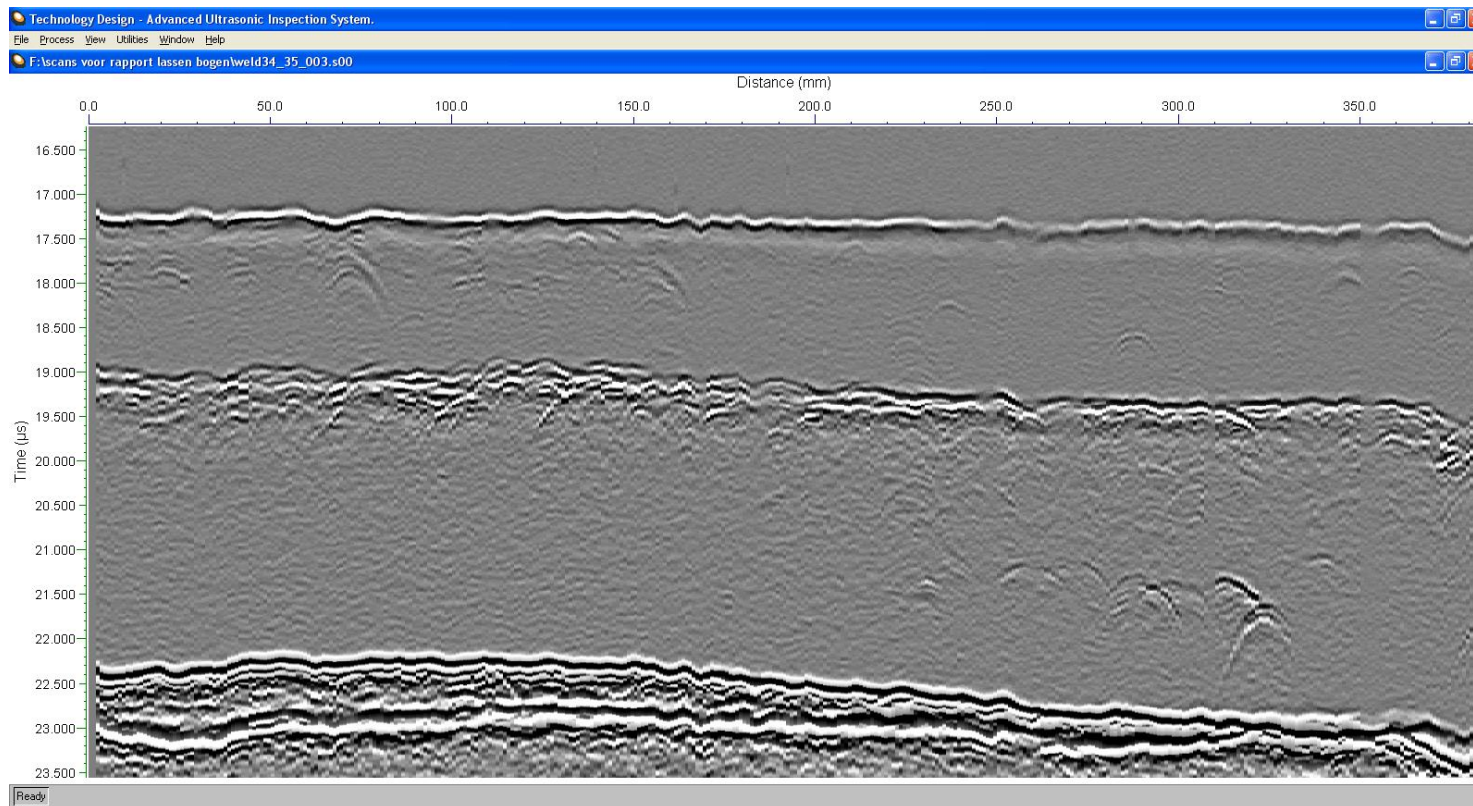
Realizacja badań HTHA w rafineriach (2)

Wymagania dla badań HTHA:

- ✓ Baza danych dotycząca właściwości materiału i przetwornika
- ✓ Dane cech przestrzennych pochodzących od HTHA
- ✓ Doświadczeni operatorzy w wykonywaniu i ocenie pomiarów
- ✓ Materiał referencyjny bez uszkodzeń HTHA

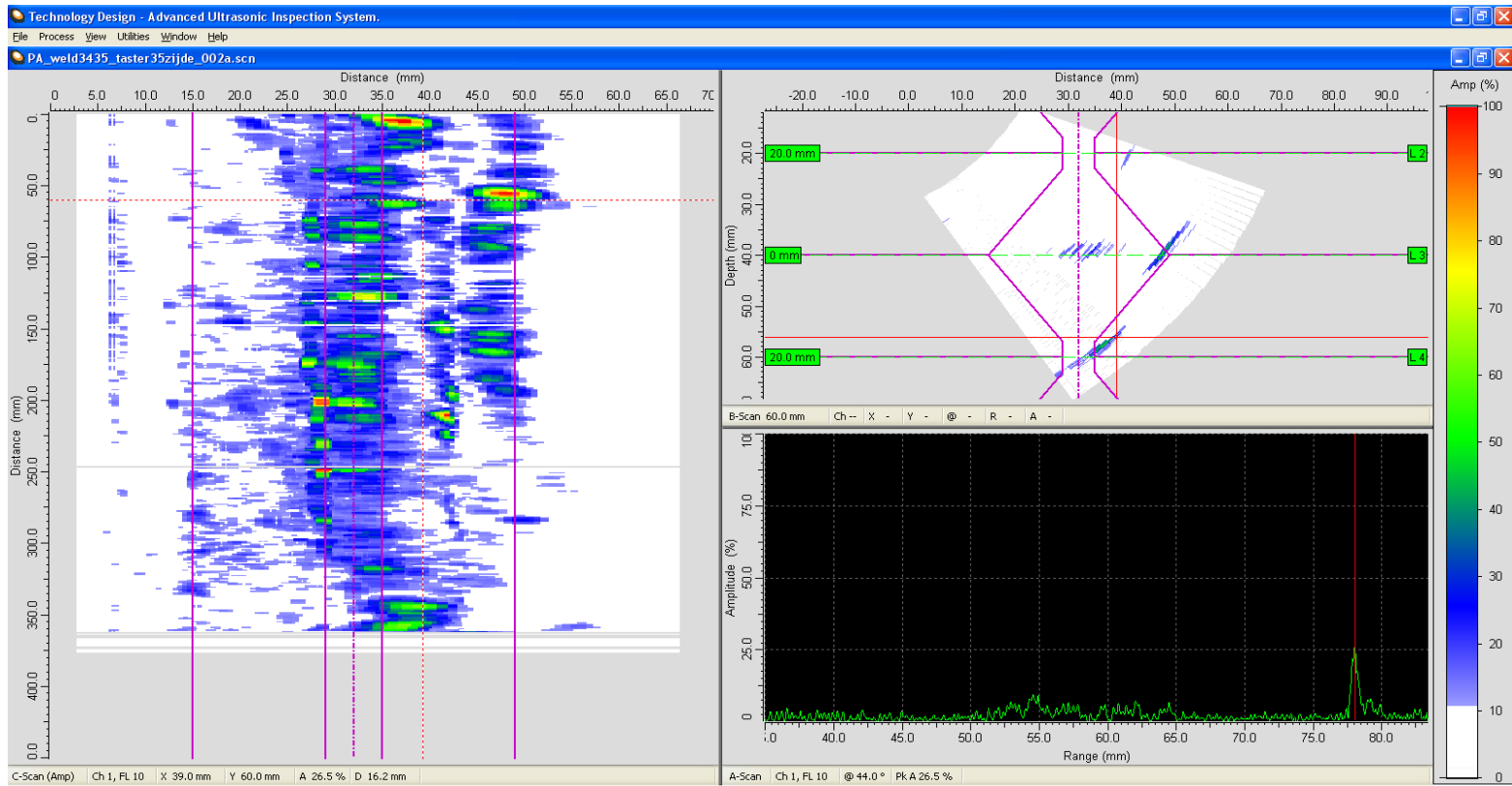
DEKRA opracowuje instrukcje i procedury opracowane dla pomiarów HTHA w rafineriach, pracuje nad rozbudowaniem bazy danych ilorazów prędkości fali ultradźwiękowej dla różnych sond i częstotliwości oraz różnych materiałów.

Realizacja badań HTHA w rafineriach (3)



Skanowanie TOFD - spoiny

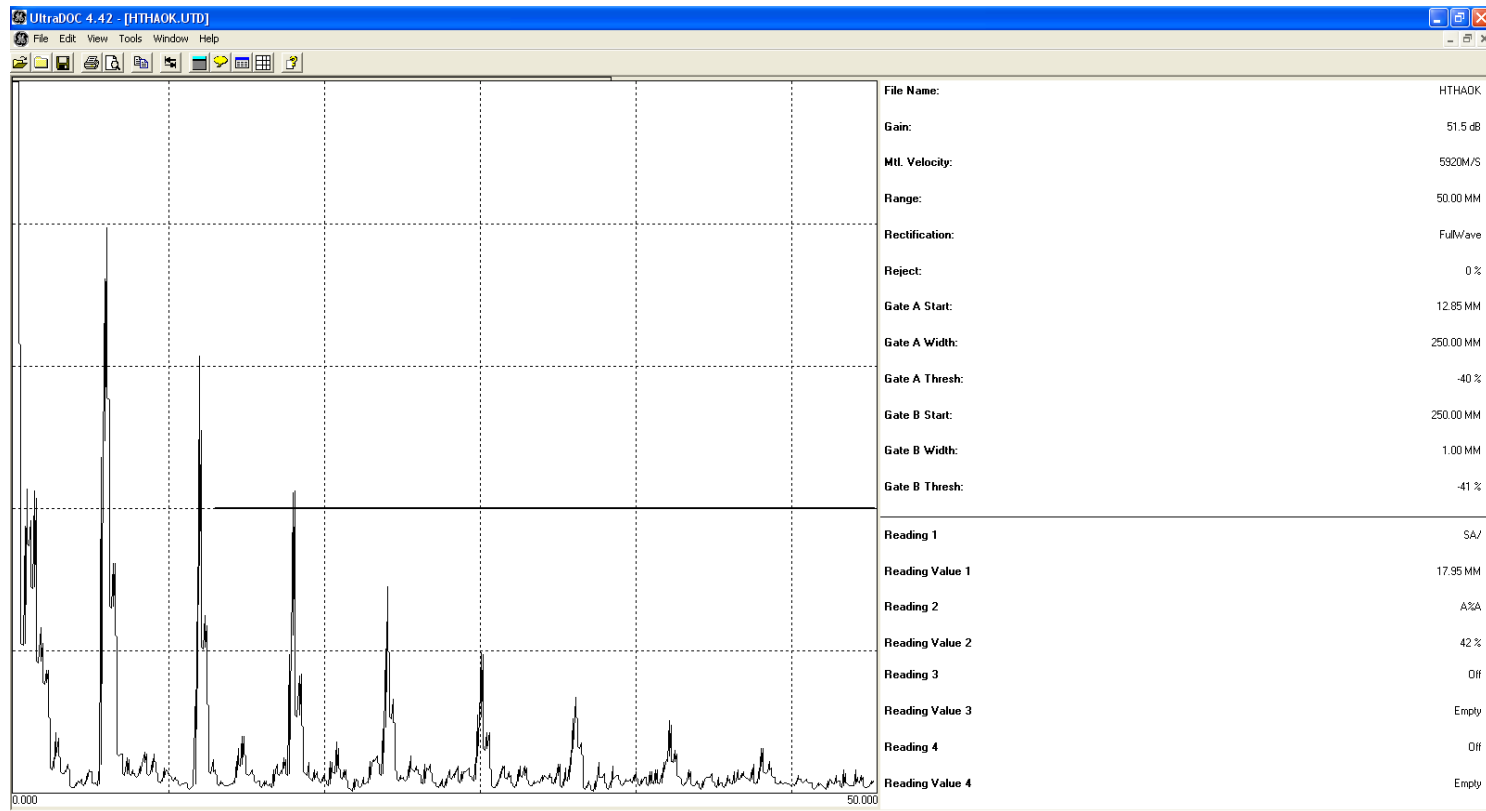
Realizacja badań HTHA w rafineriach (4)



Phased Array UT - spoiny



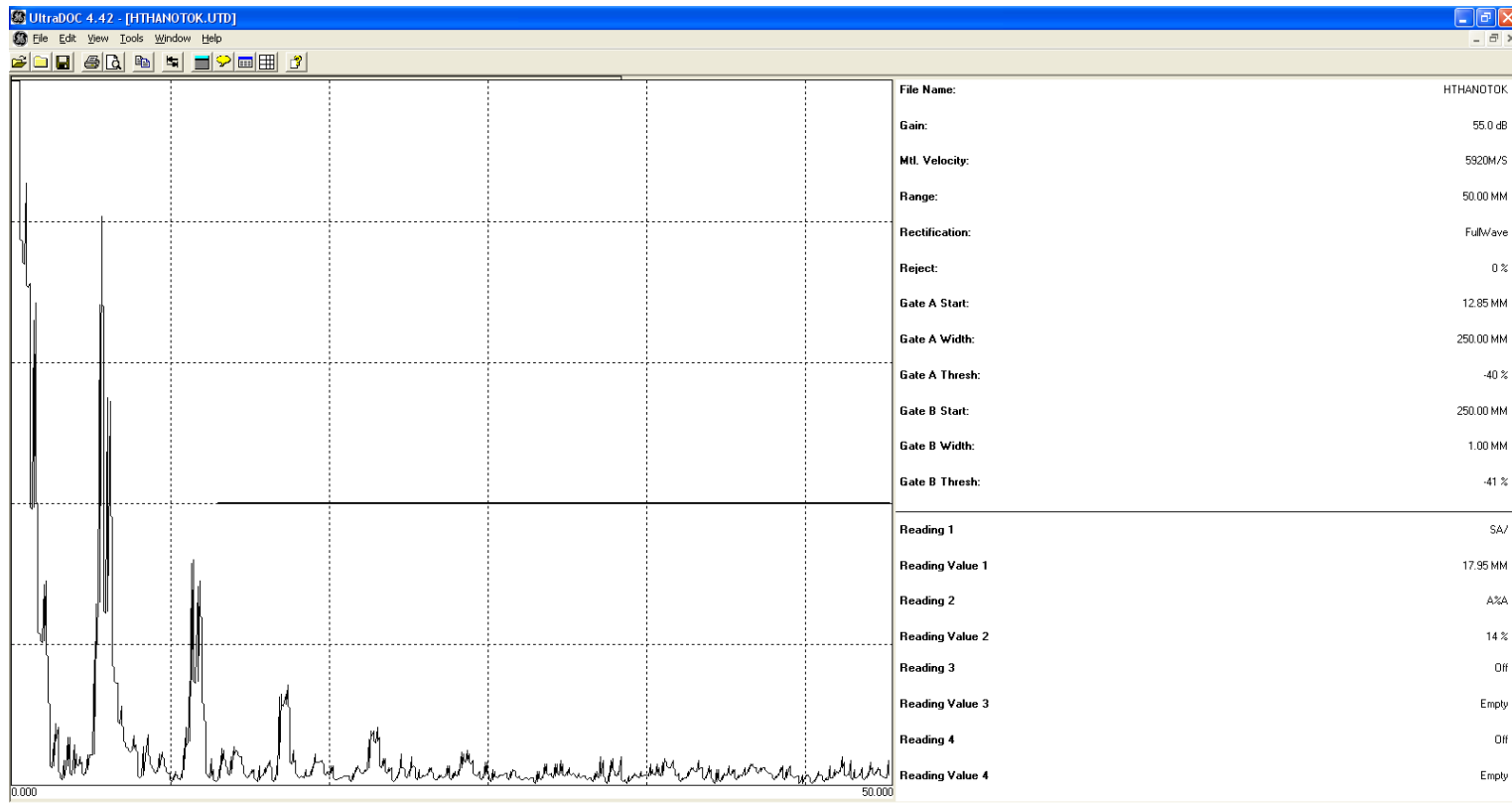
Pomiary tłumienia - jakościowe i ilościowe (1)



Jakościowe – bez tłumienia



Pomiary tłumienia - jakościowe i ilościowe (2)



Jakościowe – znacznie tłumione – 4, 5 BWE trudno widoczne

Pomiary tłumienia - jakościowe i ilościowe (3)

Pomiary tłumienia - ilościowe

Współczynniki pomiarowy $1^e/2^e$ lub $2^e/4^e$ BWE dla każdej lokalizacji 5-10x

W arkuszu kalkulacyjnym obliczany jest średni współczynnik tłumienia α wg poniższej formuły:

$$\alpha = 20 \cdot \log [(A2/A4) - 6] / 4 \cdot WT \text{ in dB/mm}$$

A2: amplituda 2^e BWE

A4: amplituda 4^e BWE

Przykłady raportowania – tłumienie fali UT

Damping method			Bend Id: 35			Wall thickness: 18 [mm]					
Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Position
1	0,03	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,08	0,10	0,05	0,10	1
2	0,09	0,07	0,04	0,06	0,08	0,07	0,07	0,10	0,07	0,08	2
3	0,06	0,08	0,06	0,04	0,10	0,07	0,09	0,06	0,06	0,09	3
4	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,06	0,09	0,07	0,06	0,09	4
5	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,06	0,06	5
6	0,05	0,07	0,10	0,09	0,10	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	6
7	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,04	0,10	0,04	0,05	0,05	7
8	0,06	0,10	0,08	0,07	0,10	0,06	0,09	0,06	0,05	0,05	8
9	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	9
10	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07	10
Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Position

Values in the cells: Damping Coefficient; Alpha (α) in [dB/mm]

Values as measured only valid for this material in combination with the probe used.

Color format	$\alpha \leq 0,1$
	$0,1 < \alpha \leq 0,2$
	$\alpha > 0,2$

Przykłady raportowania – iloraz prędkości fali UT

Velocity ratio method			Bend id: 35								
Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Position
1	0,552	0,553	0,557	0,556	0,554	0,550	0,555	0,554	0,551	0,550	1
2	0,554	0,554	0,554	0,557	0,559	0,553	0,553	0,554	0,554	0,555	2
3	0,554	0,554	0,556	0,554	0,559	0,554	0,556	0,555	0,556	0,553	3
4	0,552	0,555	0,554	0,555	0,557	0,550	0,553	0,554	0,553	0,552	4
5	0,551	0,554	0,553	0,555	0,555	0,553	0,553	0,553	0,556	0,553	5
6	0,554	0,556	0,553	0,554	0,555	0,559	0,557	0,554	0,552	0,554	6
7	0,553	0,553	0,557	0,552	0,557	0,556	0,555	0,552	0,551	0,552	7
8	0,553	0,552	0,556	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,554	0,553	8
9	0,553	0,555	0,556	0,555	0,556	0,557	0,554	0,556	0,554	0,553	9
10	0,554	0,552	0,553	0,557	0,555	0,556	0,555	0,555	0,551	0,556	10
Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Position

Values in the cells: Ratio between the ultrasonic velocities of longitudinal and shear waves.

Color format	Ratio $\leq 0,563$
	$0,563 < \text{Ratio} \leq 0,567$
	Ratio $> 0,567$

Ocena

Przykład oceny pomiarów:

Iloraz prędkości fali UT – metoda określona dla materiałów wykorzystywanych w rafineriach.

Wzrost współczynnika $> 1,5\%$ może wskazywać na występowanie HTHA.

Wartości progowe dla współczynników to pomiędzy $0,75\%$ a $1,5\%$.

Pomiary tłumienia UT dla materiałów wykorzystywanych w rafineriach:

$\alpha > 0.2$ dB/mm: możliwe HTHA

α pomiędzy $0,1$ a $0,2$ dB/mm: wartości progowe

Metoda wstecznego rozproszenia sygnału UT

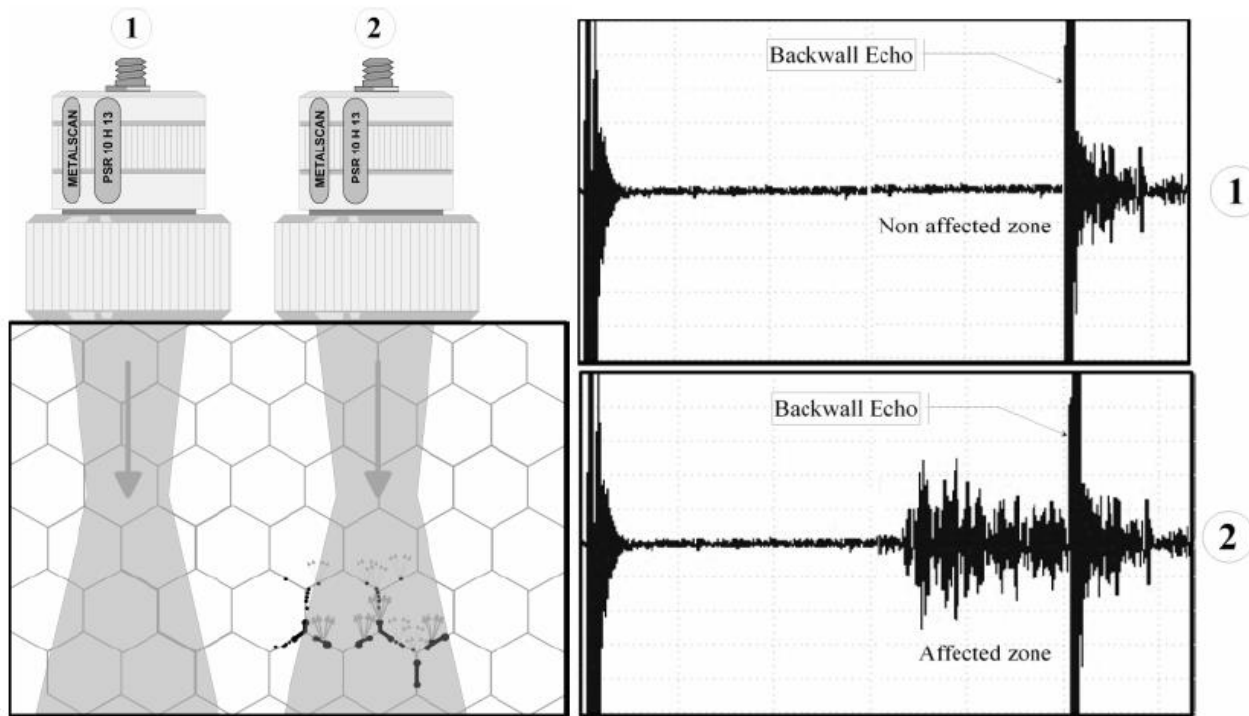


Illustration 5: Backscattering phenomenon.

(1) - Brak występowania HTHA. (2) - Występowanie HTHA - wsteczne rozproszenie echa.

KONTAKT



ZAPEWNIAMY

BEZPIECZEŃSTWO

T. +48.512.022-579
industrial.pl@dekra.com
www.industrial.dekra.pl