

# ULTRA

ZAKŁAD BADAŃ  
MATERIAŁÓW

53-621 Wrocław, Głogowska 4/55, tel/fax 071 3734188  
52-404 Wrocław, Harcerska 42, tel. 071 3643652  
[www.ultrasonic.home.pl](http://www.ultrasonic.home.pl) tel. kom. 0 601 710290  
e.mail: [krymos@pwr.wroc.pl](mailto:krymos@pwr.wroc.pl) [ultrasonic@home.pl](mailto:ultrasonic@home.pl)  
Nr. ewidencji 22667 U.M.Wrocław NIP: 897-003-18-44

## Metoda Tan-CUD Badanie spoin oraz spoin rur o grubości 2 do 6 mm głowicami Tandem

### Instrukcja

#### 1. Wstęp

Badanie spoin metodą Tan-CUD to porównanie wskazań wady (niezgodności) rzeczywistej z wskazaniami uzyskanymi od wzorcowego otworka prostopadłego lub promieniowego wykonanego na odcinku blachy lub rury. Przyjęto średnicę otworka wzorcowego równą 1 mm.

Badanie jest bardzo proste i co za tym idzie bardzo wydajne wymaga użycia specjalnie opracowanych głowic tandem. Głowice te zapewniają wyraźne wskazanie w porównaniu z otworkiem wzorcowym jednocześnie przy małym wpływie szumów związanych z geometrią spoin. Załączony artykuł omawia podstawowe informacje związane z metodą Tan-CUD, a instrukcja poniżej odnosi się do niektórych rysunków artykułu.

Badania metodą Tan-CUD mogą być wykonywane na dowolnym defektoskopie ultradźwiękowym. Badanie defektoskopem CUD pozwalają na wykorzystanie jego możliwości pamięci, krzywych DAC itp. co jeszcze ułatwia badania.

#### 2. Podłączenie głowic

Głowicę rys 3 podłącza się tak aby przedni przetwornik (lewy na rysunku) był nadajnikiem, a tylni odbiornikiem. Równocześnie w defektoskopie należy nadajnik rozłączyć z odbiornikiem podobnie jak dla głowic podwójnych.

#### 3. Wzorzec i krzywa DAC

Wzorzec niezmiernie prosty (promieniowy otworek  $\Phi = 1$  mm) rys 5 może być wykonany przez przewiercenie blachy lub odcinka aktualnie badanej rury może też być specjalnie wytoczony z wałka, a także zakupiony w zakładzie ULTRA. Wzorzec służy do sporządzenia krzywej DAC rys 6 i rozdział 3.3. Z kolei krzywa DAC służy do porównania wskazań od wady rzeczywistej ze wskazaniami od otworka wzorcowego.

#### 4. Sporządzanie krzywej DAC na prostych defektoskopach

- Na ekranie defektoskopu należy umocować (przykleić taśmą) folię przezroczystą i zgodnie z rys 6 i rozdziałem 3.3. znaleźć punkty maksymalnych ech od wzorcowego otworka i wykreślić ręcznie krzywą DAC. Najlepiej flamastrem „permanent marker”.
- Drugim sposobem wykreślenia krzywej DAC jest wydrukowanie ją na folii na drukarce oraz naklejanie jej na ekran. Wymaga to jednak dość precyzyjnego ustawienia podstawy czasu i wzmocnienia defektoskopu oraz sprawdzenia na wzorcu czy nastawy są poprawne.

#### 5. Sporządzanie krzywej DAC na defektoskopie CUD oraz niektórych defektoskopach cyfrowych

- W defektoskopie CUD oraz niektórych innych defektoskopach cyfrowych można sporządzić krzywą DAC i ją zapamiętać pod wybraną nazwą. Pozwala to na wywołanie takiej krzywej na ekranie w dowolnym momencie i jest to istotne usprawnienie. Procedura sporządzania krzywej DAC jest opisane w instrukcji obsługi tych defektoskopów.

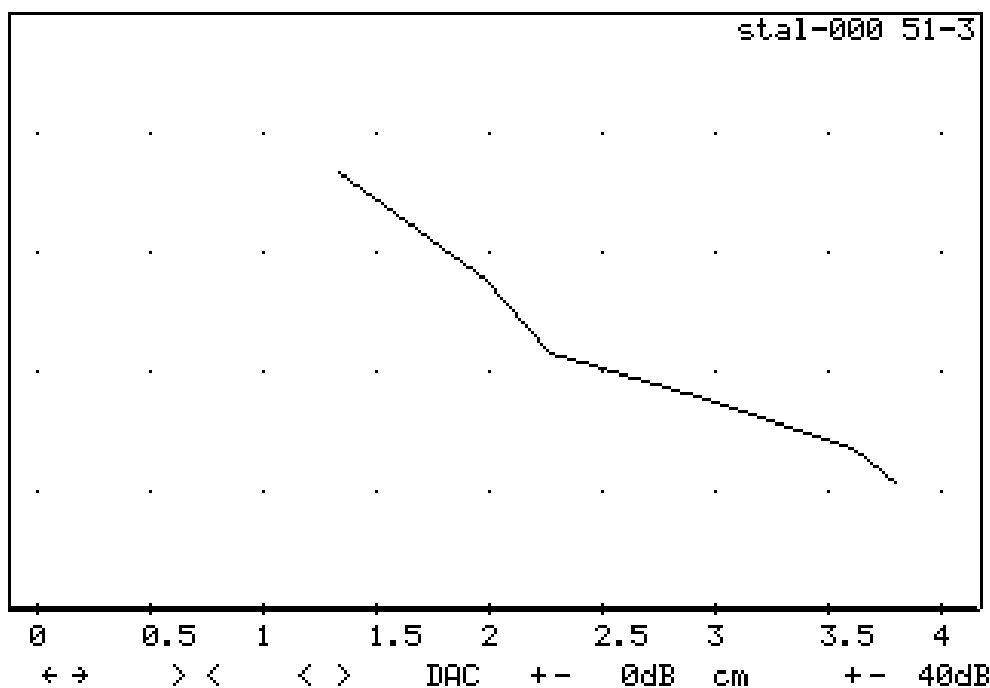
## 6. Wykonywanie badań spoin

- Ruchy głowicą wykonuje się w kierunku wzdłuż tworzącej oraz łączy się je z ruchem obwodowym równoległe do obwodowej osi spoiny.  
Ruchy te mogą być wykonywane dość szybko i energicznie ale należy je wykonać odcinkami tak aby cała objętość spoiny była badana kilkakrotnie.
- Obserwacja ekranu – w trakcie wykonywania ruchów głowicą należy obserwować ekran defektoskopu i oceniać wskazania ech pojawiających się na ekranie wg punktu 7.

## 7. Ocena spoin

- Wskazania ech poniżej krzywej DAC uznaje się za wskazania od szumów i nie są to wady i są to wskazania akceptowalne
- Wskazania ech powyżej krzywej DAC uznaje się za wady niedopuszczalne i są to wskazania nie akceptowalne.
- dopuszcza się pewien zakres błędów wskazań ech wynoszący  $\pm 2$  dB w stosunku do krzywej DAC

## 8. Przykład krzywej DAC



Rys Krzywa DAC

Na rys DAC przedstawiono wykonaną defektoskopem CUD krzywą DAC która w różnej skali może być drukowana na folii i służyć do naklejania jej na ekranie defektoskopów prostych. Charakter krzywej nie ulega dużym zmianom przy różnych głowicach, i średnicach rur. Natomiast grubości rur można pogrupować np.

jedną krzywą dla grubości do 4,5 mm i dla różnych średnic, wymaga to jednak sprawdzeń na wzorcach. Oczywiście w każdym przypadku należy ustawić parametry podstawy czasy i wzmocnienia. Przedstawiona na wykresie podstawa czasu jest w cm i była sporządzona dla średnicy rury 51 i grubości 3 mm.

# Głowice tandem w ultradźwiękowych badaniach spoin małych grubości

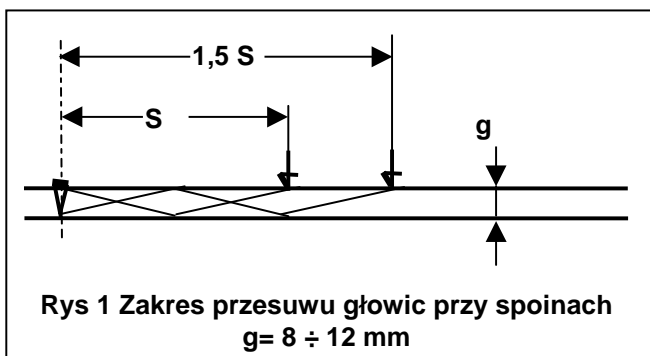
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono nową metodę Tan-CUD badania spoin małych grubości oraz spoin rur kotłowych małych średnic. Badania wg metody wykonuje się specjalnymi podwójnymi głowicami ultradźwiękowymi o budowie tandem. Głowice te uzyskują wysoki stosunek sygnału do poziomu szumów co pozwala na dużą powtarzalność badań. Zastosowanie wykresów DAC ujednolica oceny spoin i pozwala na zdecydowane ograniczenie ilości niezbędnych wzorców.

## 1. Wstęp

W dotychczasowej historii badań ultradźwiękowych nie ukształtowała się wiarygodna i uniwersalna procedura badania doczołowych spoin blach i spoin obwodowych rur o zakresie grubości poniżej 6 mm. Istniejące normy i znane wytyczne badań spoin na ogół ograniczają zakres ich stosowania do grubości powyżej 8 mm np. (6.3), (6.4), (6.5). Istnieje więc istotna luka w metodyce i zastosowaniach badań ultradźwiękowych. Lukę tę częściowo niwelują znane metody których przegląd podaje U. Shlegermann (6.1), a także dość swobodnie dokonywane przez operatorów ekstrapolacje poniżej unormowanych 8 mm. Ponadto jest stosowana od trzydziestu lat w polskiej energetyce procedura badania spoin rur kotłowych według instrukcji IBUS-R.(6.3) Instrukcja ta bazuje na specjalnie opracowanych głowicach oraz na metodzie porównawczej w ocenach spoin względem wzorca z otworkiem promieniowym 1 mm. Istnieją udokumentowane przykłady że masowe zastosowanie instrukcji (6.2) IBUS-R pozwoliło podnieść niezawodność eksploatowanych kotłów energetycznych na przyzwoity poziom i zapobiec wcześniejszym bardzo licznym awariom.

## 2. Opis ograniczeń

Dobre i jednoznaczne wskazania w badaniach spoin powyżej granicy 12 mm przestają stopniowo

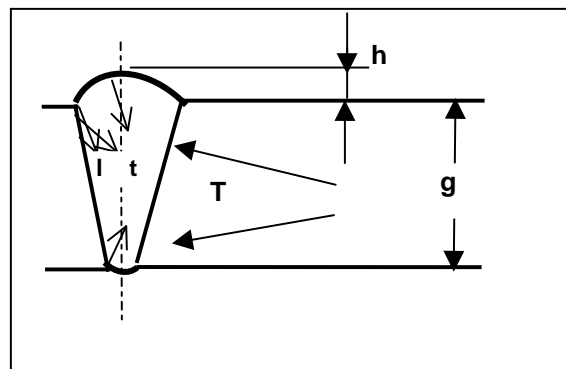
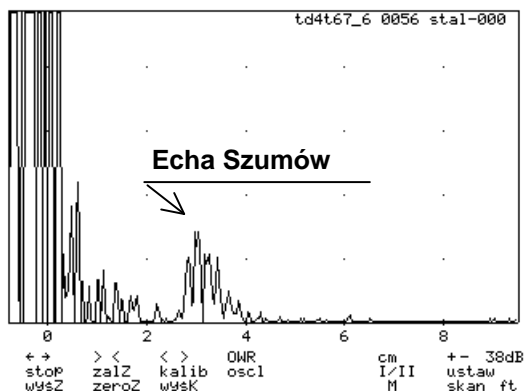


być jednoznaczne poniżej tej granicy, a dotyczy to badań głowicami z przetwornikami ok. 10x10 mm. Dla głowic z większymi przetwornikami granica ta odpowiednio wzrasta. Obniżenie jednoznaczności wskazań jest związane z ograniczeniami geometrycznymi oraz z obniżeniem stosunku sygnału użytecznego do poziomu szumów.

### 1.1. Ograniczenia geometryczne

Wymiary głowicy przy małych grubościach spoiny wymuszają wybór zakresu przesuwu jak na (rys 1 np.  $S$  do  $1,5 S$ ). Zwiększa to odległość głowicy od badanej spoiny, wymaga użycia większych wzmocnień, a naturalna rozbieżność wiązki zaciera różnice wskazań od wad w licu i grani, a nawet przy małych grubościach czyni je nierozróżnialne.

### 1.2. Wzrost poziomu szumów



**Rys 2 Wskazania szumów geometrycznych w badaniach spoin i ich źródła w kształcie spoiny**

Na wzrost poziomu szumów przy spoinach mniejszych grubości mają wpływ niżej podane przyczyny.

- Zmiana geometrii w cienkich spoinach to znaczy wzrost stosunku  $h/g$  Rys2 powoduje że padająca fala poprzeczna T intensywniej jest odbijana i rozszczepiana na nierównościach lica i grani spoiny.
- Częstkowe odbicia tj fale poprzeczne t i fale podłużne l przy mniejszej grubości g mają większe prawdopodobieństwo trafienia jako echa do przetwornika głowicy odbiorczej.

Autorzy niektórych norm świadomi wymienionych zjawisk ograniczają zakres ich zastosowań od 8 mm. Istnieją też normy których autorzy ograniczeń od dołu nie podają, przy czym nie podają też żadnego sposobu przełamania tych trudności, co by wskazywało że z wymienionych zjawisk autorzy tych norm nie zdają sobie sprawy.

Poniżej przedstawiono metodę ultradźwiękowych badań spoin małych grubości w której przedstawione ograniczenia nie mają istotnego znaczenia. Podstawą tej metody nazwanej Tandem - CUD w skrócie (TanCUD) jest zastosowanie specjalnych głowic ultradźwiękowych typu tandem.

## 2. Charakterystyka metody TanCUD 2÷6 mm

W proponowanej niżej metodzie **TanCUD** wykorzystano ponad trzydziestoletnie doświadczenia stosowania w Polskiej energetyce instrukcji IBUS-R, a zastosowanie głowic tandem pozwoliło na uzyskanie znacznej poprawy wskazań w badaniu spoin małych grubości. Ponadto **TanCUD** jest uniwersalna to znaczy może być stosowana w badaniu spoin płaskich i spoin obwodowych rur oraz różnych materiałów w tym stali węglowych, a także wysoko stopowych.

Istotą metody CUD-TM jest połączenie metodyki badań z opracowanym wyposażeniem składającym się z kilku elementów znanych ale połączonych do realizacji tych badań.

## 3. Wyposażenie do metody TanCUD

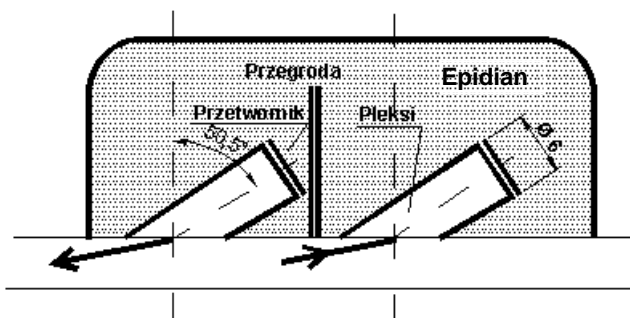
Wyposażenie do stosowania **TanCUD** składa się z kilku elementów, część z nich jest wyposażeniem niezbędnym, część można zastąpić podobnymi rozwiązaniami.

Najistotniejszym elementem wyposażenia są głowice skośne typu tandem Rys 3.

### 3.1 Głowice tandem

Głowicą **niezbędną** do metody TanCUD jest głowica której schemat przedstawia Rys. 3.

Jest to głowica przeznaczona do powierzchni płaskich o częstotliwości 4 MHz i kącie wprowadzenia wiązki do elementu badanego ok.  $67^{\circ}$ . Przetworniki nadawczy i odbiorczy usytuowane są identycznie w odległości od siebie stałej. Głowice przeznaczone do badań spoin obwodowych rur ze względu na wymagany stopień sprzężenia z rurą muszą być doprofilowane i muszą być ze zwilżaniem wodnym. Głowice doprofilowane mogą być w wykonaniu na pewien zakres zastosowania do średnic D np. 28÷32 mm; 33÷38; 76÷102 mm itd.



Rys. 3 Schemat głowicy tandem TDx4T67°6

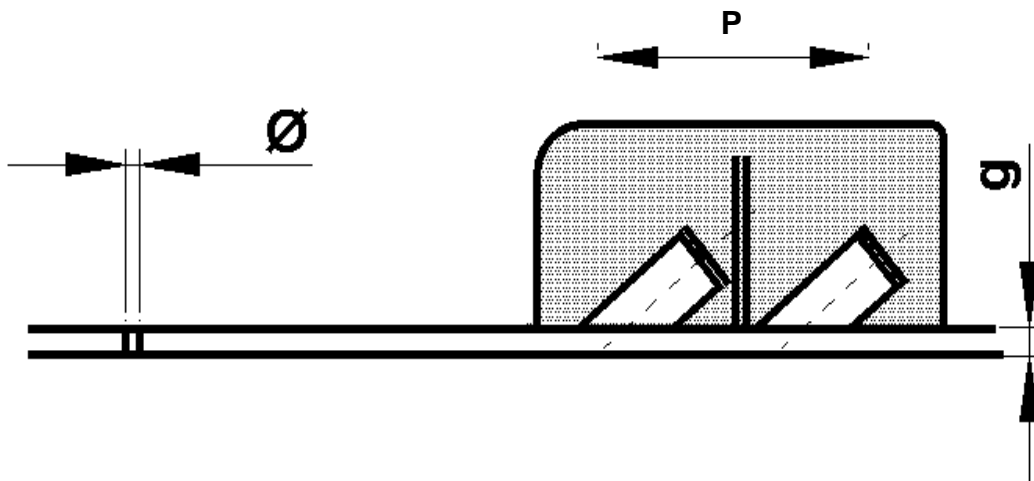
### 3.2. Wzorce

Metoda TanCud to metoda porównawcza, można ją stosować w porównaniach bezpośrednich z wzorcem lub z zmodyfikowanymi krzywymi DAC-t. Zastosowanie krzywych DAC-t (w/g 6.5) znacznie ogranicza ilość niezbędnych wzorców i jest istotnym usprawnieniem. Elementem wzorcowym w metodzie **TanCUD** przyjęto otworek o średnicy na przykład  $\varnothing=1\text{mm}$  usytuowany prostopadle.

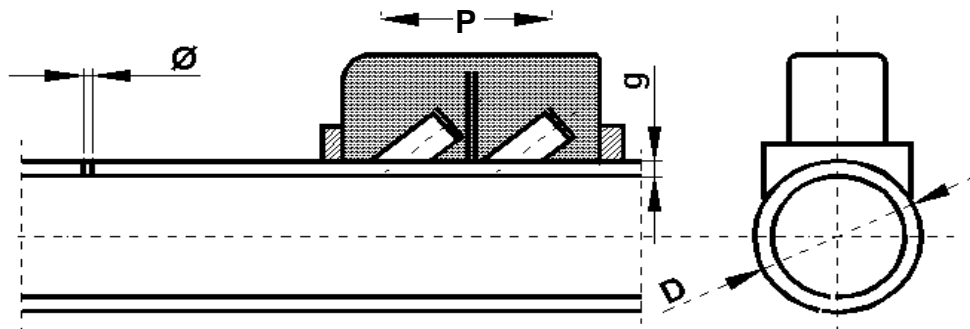
Na rysunkach Rys 4 i Rys 5 podano przykłady wzorców stosowanych w metodzie TanCUD. Jest oczywiste że są to bardzo proste wzorce, a jedynymi zaleceniami jest wymóg prostopadłości wzorcowego otworka oraz wykonywania go ostrym wiertłem.

Łatwość wykonania wzorca pozwala na wykonanie wzorcowego otworka bezpośrednio na elemencie badanym. Jest to możliwość szczególnie przydatna przy złożonych modyfikacjach struktur materiału (np. obróbka cieplna) mających niejednoznaczny wpływ na tłumienie fal itp.

Natomiast w bardzo wielu sytuacjach wystarczy mała grupa wzorców reprezentacyjnych których ilość dodatkowo można ograniczyć przez zastosowanie krzywych DAC-t.



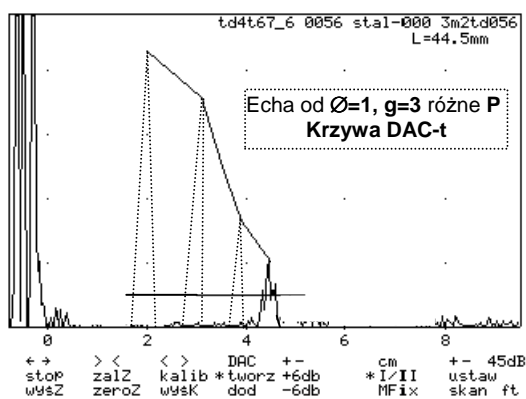
Rys 4 Wzorec elementu płaskiego o grubości  $g$ , średnicy otworka  $\varnothing$  i kierunkach przesuwu  $P$  głowicy przy wyznaczania krzywej DAC-t



Rys 5 Wzorec do badań spoin rur o grubości  $g$ , średnicy  $D$ , średnicy otworka  $\varnothing$  i kierunkach przesuwu  $P$  głowicy przy wyznaczania krzywej DAC-t

### 3.3. Krzywe DAC-t

Sporządzanie wykresów (krzywych) DAC to zapamiętanie amplitudy echa od otworków o średnicy  $\varnothing$  w różnych odległościach  $P$  rysunki Rys 4, 5, i 6. Przez punkty najwyższej amplitudy echa prowadzi się krzywą DAC-t. Dobiera się średnicę  $\varnothing$  wzorca dla głowic tandem Rys 3 i dla spoin w zakresie 2-6 mm grubości, jako  $\varnothing=1$  mm Dla konkretnego badania, można w uzasadnionych przypadkach przyjąć arbitralnie inną średnicę dokumentując to w sprawozdaniu.



Rys 6 Tworzenie krzywej DAC-t dla np  $g=3$ ,  $\varnothing=1$  mm

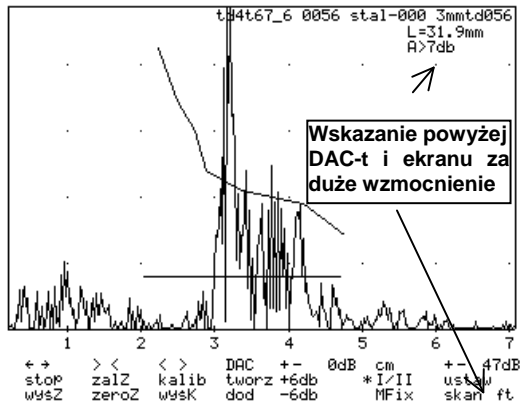
Pokazany zasięg DAC-t, 2 - 4,5 cm jest zasięgiem typowym, poniżej 2 głowica jest nad otworkiem  $\varnothing$ , powyżej 4,5 czułości badania maleją, a badania tracą sens. W zakresie 2 – 4,5 cm mogą pojawiać się lokalne maksyma i minima echa i trzeba je uwzględnić na wykresie DAC-t.

## 4. Badanie spoin

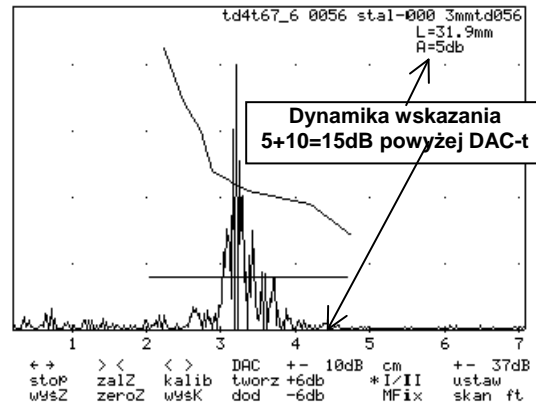
### 4.1. Wskazania wad spoin elementów płaskich

Badanie spoin metodą TanCUD jest prawie identyczne jak badania tradycyjne, można tu stosować wszystkie opisane zestawy ruchów głowicą, obserwując wskazania na ekranie. Istotną różnicą jest to że można ilość tych ruchów uprościć, a w badaniu wstępnym ograniczyć nawet do ruchu głowicą tylko równoległego do osi spoiny.

Natomiast w miejscu wskazania niezgodności (wady) zestaw ruchów należy wzbogacić dla wykrycia jego maksimum. Poniżej pokazano rzeczywistą dynamikę wskazań wykrytej wady w spoinie.



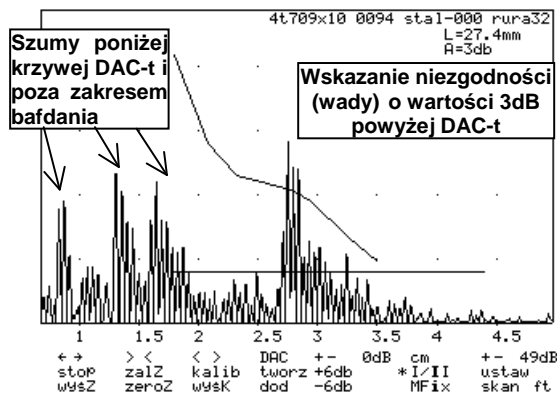
Rys. 7 Rzeczywiste wskazanie wady Spoina  $g=3\text{mm}$ , w oględzinach spoiny widoczna wada jako brak przetopu o wymiarach ok.  $3 \times 0.5\text{ mm}$



Rys. 7a Odczytana dynamika wskazania wada z Rys 7 po korekcie wzmocnienia i położenia DAC-t wynosi  $+15\text{dB}$

#### 4.2. Wskazania wad spoin rur

Sposób badania spoin rur metodą TanCUD jest prawie identyczny jak badania według instrukcji IBUS-R. Jednak dynamika wskazań znacznie wzrosła co ułatwia badania. Ruchy wykonywane głowicami doprofilowanymi to jest, ruch obwodowy oraz ruch wzdłużny.

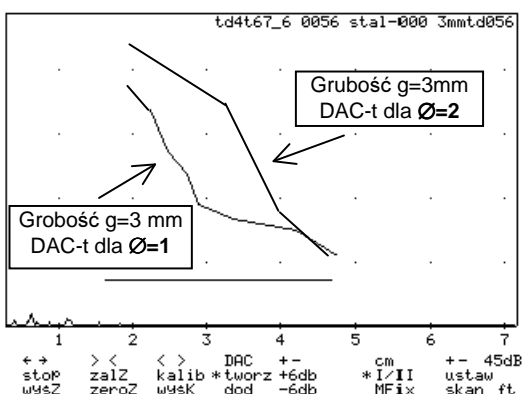


Rys 8 Rzeczywiste wskazanie wady spoiny rury  $D=34\text{ mm}$   $g=2.8\text{mm}$  w oględzinach wada niewidoczna usytuowana na zapoczątkowaniu spoiny

### 5. Przykłady oceny dynamiki wskazań w metodzie TanCUD

Dynamika wskazań w metodzie TanCUD tak przy badaniach elementów płaskich jak i rurowych jest podobna. Przykłady tej dynamiki wskazań podano w rozdziałach 5.1 i 5.2.

#### 5.1. Przykład zmian dynamiki wskazań przy zmianie wzorcowego otworka $\emptyset$

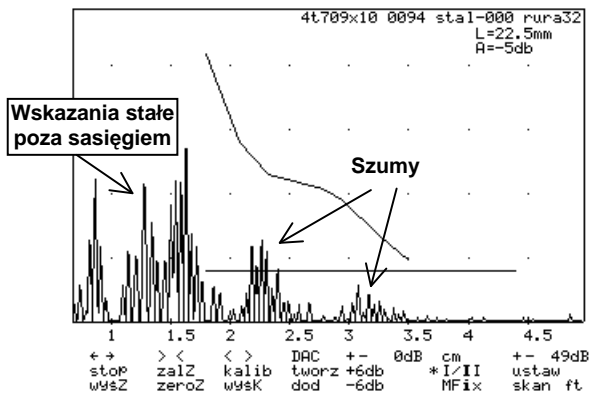


Rys. 9 Krzywe DAC-t dla otworków wzorcowych 1mm i 2mm

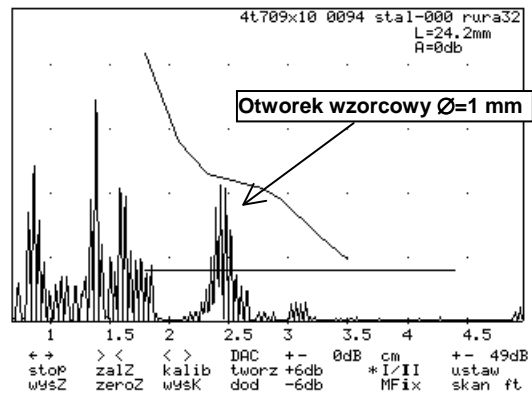
Na Rys. 9 obok pokazano dwie krzywe DAC-t wykonane na elemencie płaskim o grubości 3 mm, oraz średnicach otworków wzorcowych 1mm i 2mm. Podobne rozkłady krzywych DAC-t są na elementach rurowych.

#### 5.2. Zakres dynamiki wskazań

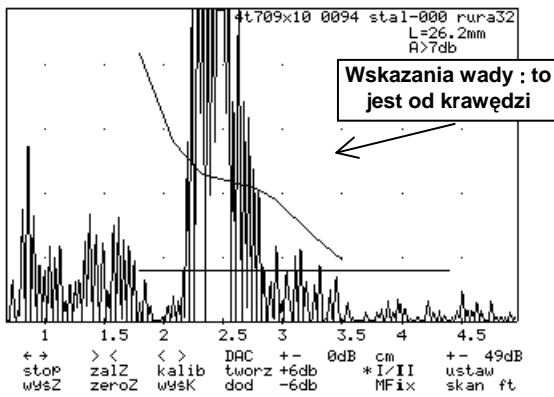
Pokazane niżej cztery rysunki ilustrują zakres dynamiki wskazań w metodzie TanCUD która jest duża i wynosi w odniesieniu do szumów 28dB, a w odniesieniu do krzywej DAC-t 23 db, dotyczy to elementu w podanym przykładzie to jest rury  $D=34$  i  $g=2,8\text{ mm}$ . Zbliżone wartości uzyskuje się dla innych elementów rurowych, a także elementów płaskich.



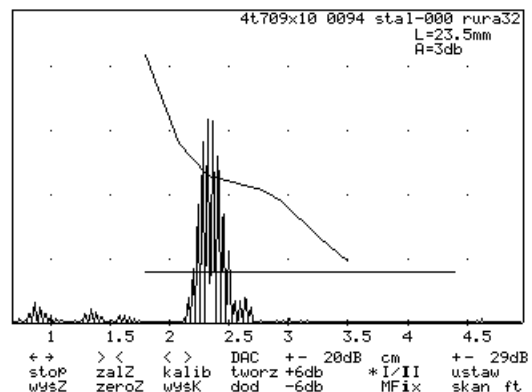
Rys 10 Wskazanie od szumów



Rys 11 Wskazanie od otwarka wzorcowego



Rys. 12 Ilustracja zakresu dynamiki Wskazań



Rys. 12a Jej pomiar po zmianie wzmacnienia, a dynamika wskazań to 28 dB oraz 23

## 6. Wnioski

- W przedstawionej metodzie TanCUD badania spoin małych grubości uzyskano dużą dynamikę wskazań co pozwala na:
  - Odróżnienie szumów geometrycznych od sztucznej wady wzorcowej  $\varnothing=1\text{mm}$  i to przy zapasie kilku decybeli o ile utrzymana zostanie wadliwość złączy spawanych ocenianych na podstawie oględzin (6.6) w klasie co najwyżej W3 (wyjątkowo W4)
  - Powtarzalne i pewne wykrywanie nawet małych wad w spoinie szczególnie braków przetopu i przyklejeń,

## 7. Literatura i Normy

- 7.1. U. Shlegermann, Badania ultradźwiękowe połączeń spawanych o małej grubości, Seminarium Nieniszczące Badania Materiałów- Zakopane 12-13.03.1998
- 7.2. mgr inż. Janusz Barczyk, mgr inż. Franciszek Leszkowicz (Elektrownia Turów)  
mgr inż. Władysław Michnowski Zakład ULTRA- System zapewnienia wysokiej niezawodności spoin rur w energetycznych kotłach blokowych.-  
dozór techniczny 4/1992.
- 7.3. PN-89/M-70055/02
- 7.4. PN-EN-1712; PN-EN-1714
- 7.5. ASME Section V Article 5
- 7.6. PN-85/M-69775

Wrocław 22.08.20002