

dr inż. Jarosław Samolczyk

Institut Obróbki Plastycznej, Poznań

SPORZĄDZANIE KRZYWEJ DAC (*Distance Amplitude Correction*) ORAZ OCENA WAD MATERIAŁOWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono zasady sporządzania krzywej DAC (*Distance Amplitude Curve*) na ekranie defektoskopu analogowego USIP 11. Podstawą techniki DAC jest wyznaczana doświadczalnie zależność wysokości echa od odległości wyspecyfikowanego reflektora odniesienia. Sformułowano kilka ogólnych zaleceń dotyczących stosowania tej techniki. Krzywą DAC wykorzystano do oceny nieciągłości.

Słowa kluczowe: ultradźwięki, krzywa DAC, wysokość echa, reflektor odniesienia, nieciągłość

1. Wstęp

Badając materiały metodami ultradźwiękowymi do oceny ich wadliwości przyjmuje się zwykle maksymalną amplitudę jako jeden z najczęściej używanych parametrów. Amplituda echa jest proporcjonalna do równoważnego rozmiaru reflektora, co pozwala na klasyfikację materiałów przez ocenę wielkości reflektorów równoważnych. Aby wykonać taką kwalifikację lub ocenę trzeba posiadać komplet wzorców kalibracyjnych lub defektoskop ultradźwiękowy, który musi posiadać możliwość korekcji amplitudy ze zmianą odległości (**DAC** - *Distance Amplitude Correction*). Ponieważ rozkład ciśnienia akustycznego zmienia się z odległością zależnie od częstotliwości, rozmiaru przetwornika oraz tłumienia fal ultradźwiękowych w materiale, do wyznaczenia krzywych wzorcowych **DAC** niezbędne są wzorce z płaskodennymi otworami kalibracyjnymi, wykonane z takiego samego materiału jak obiekt badany.

2. Zasady ogólne

Układy *zasięgowe regulacji wzmocnienia* - **DAC**, umożliwiają modelowanie wzmocnienia defektoskopów, wraz z odległością przebywaną przez fale w określonym materiale, przy danej częstotliwości. Modelowanie wzmocnienia ma na celu uzyskanie jednakowego poziomu echa, niezależnie od odległości przebywanej przez fale.

Przed szczegółowym omówieniem należy wskazać na pewne ogólne uwarunkowania związane z oceną wskazań ultradźwiękowych prowadzonych metodą echa. Wskazania te są oceniane i klasyfikowane poprzez bezpośrednie lub pośrednie porównanie ich wysokości z wysokością echa od wyidealizowanych reflektorów odniesienia o regularnym kształcie (tarcza, cylinder, sfera). Należy jednak zauważyć, że zdolność odbijania fal ultradźwiękowych przez naturalne nieciągłości zależy zarówno od ich wielkości jak też od innych czynników takich jak kształt czy orientacja względem kierunku wiązki ultradźwiękowej. Stąd też poziom echa wady naturalnej nie jest miarą nieciągłości jej rzeczywistej wielkości a jedynie zdolności do odbijania fal ultradźwiękowych. Obliczona na tej podstawie,

tzw. równoważna wielkość wady określa rozmiar wady idealnej, która umieszczona w tym samym miejscu dałaby echo o tej samej wysokości co oceniana wada rzeczywista.

3. Technika DAC

3.1. Próbkki i reflektory odniesienia

Technika DAC polega na doświadczalnym wyznaczeniu krzywej odniesienia na podstawie wysokości ech uzyskanych od serii jednakowych reflektorów znajdujących się w różnych odległościach głowicy. Wykonano próbki ogólnego zastosowania z materiału WCL, standardowo obrobionej powierzchni i grubości mieszczącej się w zakresie $\pm 0,1\%$ grubości badanego materiału. Próbkki pokazano w tabeli 1. Przedstawiono schematy próbek odniesienia z otworami poprzecznymi dla różnych gru-

bości materiałów. Podano warunki jakie muszą spełniać znajdujące się w próbkach reflektory.

Warunek $e > 2\lambda/D_{\text{eff}}$ oznacza, że długość otworu poprzecznego musi być większa niż średnica wiązki ultradźwiękowej padającej na ten reflektor.

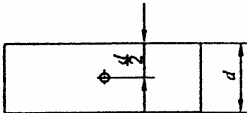

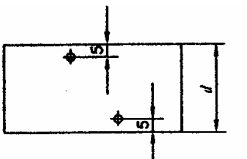
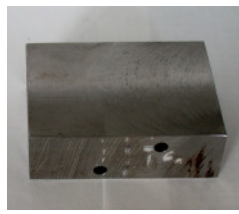
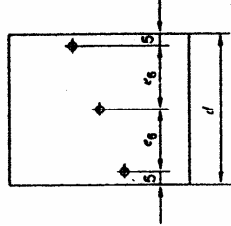

Warunek $D_{\text{SHD}} \geq 1,5\lambda$ mówi, że średnica otworów poprzecznych stosowanych do wyznaczania krzywych DAC musi być większa niż $1,5$ długości fali.

Pozostałe warunki dotyczą usytuowania reflektorów w próbce odniesienia. Odległość otworu od powierzchni nie może być mniejsza niż 5 mm.

W przypadku próbek ogólnego zastosowania konieczne jest stosowanie poprawki na straty przejścia uwzględniającej różnice w warunkach propagacji fal ultradźwiękowych jakie mogą wystąpić między próbką odniesienia, a badanym obiektem.

Tabela 1

Schematy próbek odniesienia z reflektorami w postaci otworów poprzecznych

Wymiary próbek odniesienia	Szkic próbki odniesienia	Próbka odniesienia	Obliczenia
$d = 15$ mm			$\phi = 4,22$ mm $e = 7,5$ mm
$d = 20$ mm			$\phi = 4,22$ mm $e = 7,5$ mm
$d = 40$ mm			$\phi = 4,22$ mm $e_6 = 15$ mm

Poprawkę można wprowadzić na jeden z następujących sposobów:

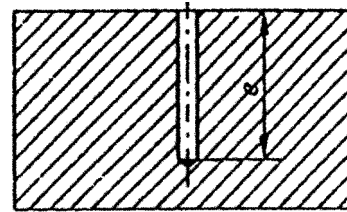
1. poprzez skorygowanie wysokości punktów krzywej DAC o wartość poprawki już podczas sporządzania krzywej,
2. poprzez narysowanie poniżej podstawowej krzywej DAC drugiej skorygowanej krzywej,
3. przez uwzględnienie (stałej) wartości poprawki podczas nastawiania wzmocnienia rejestracji przed badaniem.

Długość otworu poprzecznego obliczono z zależności:

$$e \geq \frac{2\lambda s}{D_{\text{eff}}}$$

gdzie:

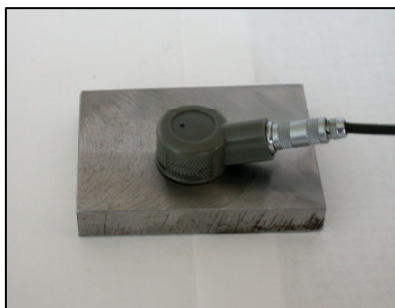
λ – długość fali ultradźwiękowej,
 s – odległość otworu od głowicy,
 D_{eff} – średnica skuteczna przetwornika głowicy.



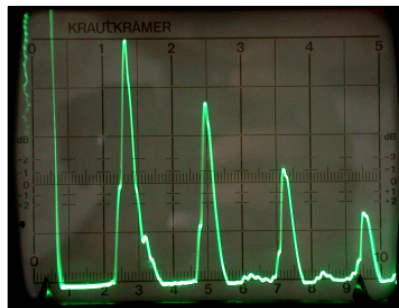
Rys. 1. Schemat próbki odniesienia z otworem poprzecznym

3.2. Sporządzanie krzywej DAC

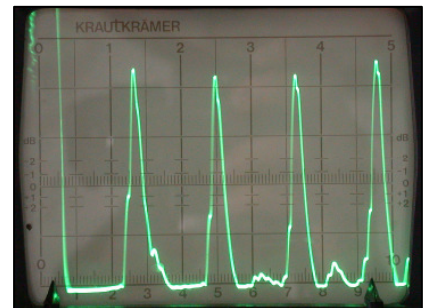
Przy zastosowaniu zasięgowej regulacji wzmocnienia DAC występuje rzeczywista korekta amplitudy sygnałów, wraz z odległością nieciągłości od głowicy. Już pierwsze spojrzenie na ekran defektoskopu, na którym mamy widoczne echa, wielokrotnie pozwala nam uświadomić sobie zalety stosowania DAC w badaniach ręcznych (rys. 2). DAC powinien być stosowany wtedy gdy widoczny jest wpływ tłumienia w materiale na wiązkę fal ultradźwiękowych.



a)



b)



c)

Rys. 2. Zasada modelowania zasięgowej regulacji wzmocnienia DAC

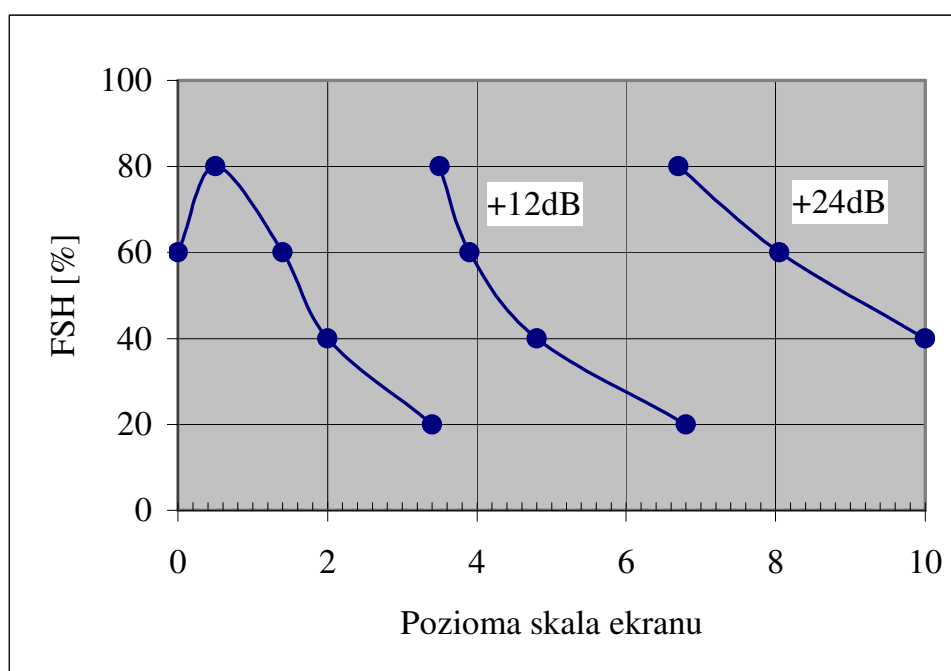
a) obiekt, b) ciąg echa dna obiektu, c) ciąg echa dna obiektu po korekcie wysokości za pomocą funkcji zakresowej regulacji wzmocnienia

Poniżej opisano sposób postępowania przy sporządzaniu krzywej DAC na ekranie standardowego defektoskopu USIP 11 w badaniach ręcznych. Defektoskop USIP 11 nie posiada pełnej korekcji amplitudy ze zmianą odległości. Praktyczną krzywą DAC w oparciu o indywidualne echa w badaniach ręcznych prowadzonych defektoskopem USIP 11 ustawiamy następująco:

- przygotowanie próbki odniesienia,
- przygotowanie zestawu badawczego do badań (dobór głowicy, sprawdzenie parametrów, skalowanie zakresu obserwacji itp.),
- wstępne przeszukanie próbki odniesienia w celu zidentyfikowania reflektora dającego najwyższe echo,
- zoptymalizowanie najwyższego echa i ustawienie wzmocnienia defektoskopu tak aby echo to osiągnęło wysokość 80% FSH (80% pełnej wysokości ekranu),

- oznaczenie na ekranie położenia wierzchołków wszystkich ech od reflektorów odniesienia, których wysokość mieści się w granicach 20÷80% FSH,
- podniesienie wzmocnienia defektoskopu o 12 dB i oznaczenie na ekranie położenia wierzchołków ech, których wysokość, przy podwyższonym wzmocnieniu, mieści się w granicach 20÷80% FSH,
- w razie potrzeby (np. dla dużych zakresów obserwacji) podniesienie wzmocnienia o kolejne 12 dB i zaznaczenie wierzchołków kolejnych ech o wysokości w zakresie 20÷80% FSH,
- narysowanie, w oparciu o punkty wierzchołków ech, krzywej DAC.

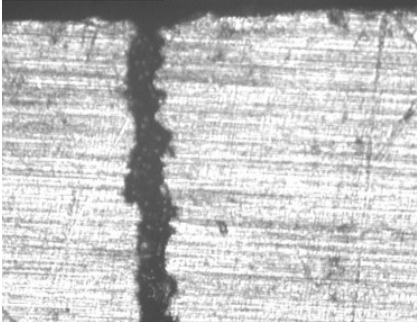

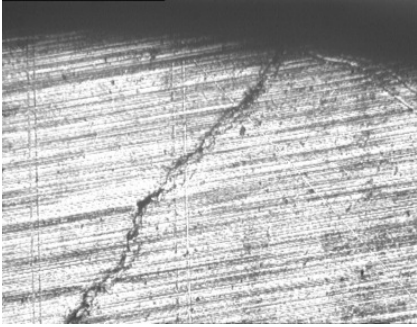
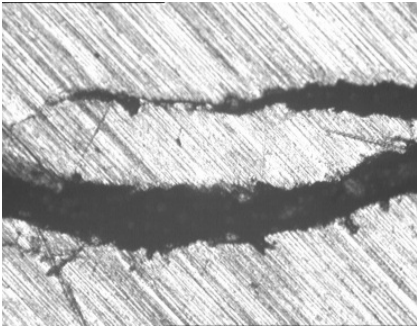
W oparciu o zebrane doświadczalnie dane, odnośnie punktów wierzchołków ech, sporządzono krzywą DAC z dwoma odcinkami podwyższonymi. Typowy kształt krzywej DAC z odcinkami podwyższonymi przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Kształt krzywej DAC z dwoma odcinkami podwyższonymi

Tabela 2

Wykryte nieciągłości w badanych obiektach

Lp.	Nieciągłość w badanym obiekcie	Nieciągłość
1		duża
2		mała
3		mała
4		duża

Należy pamiętać, że krzywa DAC ma zastosowanie jedynie do badań wykonywanych taką samą głowicą oraz przy tym samym zakresie obserwacji co stosowane podczas jej sporządzania.

4. Ocena nieciągłości z wykorzystaniem krzywej DAC

Oceniono tą metodą 20 próbek ze stali WCL. Na populacji próbek badanej tą metodą wykryto, na 4 badanych obiektach, nieciągłości (przekroczony założony próg selekcji). Wykryte nieciągłości przedstawiono w tabeli 2. Wykryto nieciągłości duże (co najmniej o jeden wymiar większe niż średnica wiązki ultradźwiękowej) oraz nieciągłości małe .

5. Podsumowanie

W pracy opisano zasady postępowania w przypadku metody DAC. Opisana technika badawcza posiada swoje zalety i ograniczenia. Można jednak sformułować kilka ogólnych zaleceń dotyczących stosowania tej techniki:

- W przypadku materiałów o dużym tłumieniu zastosowanie techniki DAC oraz próbek odniesienia wykonanych z takiego samego materiału pozwala na wyeliminowanie konieczności wyznaczania strat zależnych od drogi przejścia.

- W przypadku obiektów o dużej krzywiznie (profilowane głowice) lub małej grubości należy stosować technikę DAC oraz próbki odniesienia wykonane z takiego samego materiału jak obiekt badany.
- Kształt krzywych DAC wyznaczonych doświadczalnie jest często zakłócany wskutek przypadkowych wahań sprzężenia akustycznego, nacisku głowicy lub innych przypadkowych efektów trudnych do wyeliminowania w warunkach przemysłowych. Oznacza to, że pomiary poziomów ech wykonane tą techniką będą charakteryzować się większą niepewnością.

Literatura

- [1] Obrab J., Ultradźwięki w technice pomiarowej, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983.
- [2] Schlengermann U., Normalizing Distance-Amplitude-Curves of Side-Drilled Holes in Ultrasonic Testing, Materials Evaluation, Vol. 39, No 12, 1981, The American Society for Nondestructive Testing, Inc.
- [3] Jasiński J., Ocena rozmiarów wad za pomocą krzywej DAC - Korekcja amplitudy ze zmianą odległości, Ultradźwiękowe Badania Materiałów, Zakopane 12-14 marca 1997.

Pracę zrealizowano w ramach działalności statutowej finansowanej przez Komitet Badań Naukowych:

Praca BM 901 62 002 – Opracowanie dla potrzeb defektoskopowych badań ultradźwiękowych krzywych DAC oraz określenie nieciągłości w materiale na podstawie tych krzywych

DEVELOPMENT OF THE DAC (DISTANCE AMPLITUDE CORRECTION) CURVE AND ASSESSMENT OF MATERIAL DEFECTS

Abstract

In this paper has been described rules how to do a curve in the defectoscope screen USIP 11. Cause for DAC has been determined by high of echo to distance of reflector destination. It is formed some of generally rules to use this technique. This curve can be use to estimate of discontinuously too.

Key words: ultrasounds, curve DAC, high of echo, reflector destination, discontinuous