

Hutnictwo Żelaza i Stali	NORMA BRANŻOWA	BN-84/0601-13
	Badania ultradźwiękowe wyrobów hutniczych. Wyznaczanie rozmiarów wad równoważnych	Gr.kat. 0309

## 1. W S T Ę P

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są sposoby wyznaczania rozmiarów wad w ultradźwiękowych badaniach materiałów i wyrobów kontaktową metodą echa.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę stosuje się w badaniach ultradźwiękowych, gdy w ocenie wyników badania uwzględnia się rozmiary wykrytych wad.

### 1.3. Nazwy i określenia

1.3.1. Reflektor - powierzchnia graniczna między dwoma ośrodkami o różnych akustycznych opornościach falowych.

1.3.2. Reflektor odniesienia - reflektor o znanym kształcie, rozmiarach, orientacji i o znanym współczynniku odbicia fal ultradźwiękowych, którego echo przyjęto jako odniesienie.

1.3.3. Reflektor płasko-kolisty - reflektor o kształcie okrągłej tarczy. W praktyce: płaskie, gładkie dno wypełnionego powietrzem okrągłego otworu nawierconego w materiale.

1.3.4. Reflektor walcowy - reflektor o kształcie walca. W praktyce: gładka pobocznica wypełnionego powietrzem okrągłego otworu nawierconego w materiale.

1.3.5. Reflektor punktowy - reflektor, którego kontur jest mniejszy od konturu padającej nań wiązki fal ultradźwiękowych.

1.3.6. Reflektor liniowy - reflektor, którego szerokość mieści się w obrębie konturu padającej nań wiązki fal ultradźwiękowych, a którego długość wykracza poza ten kontur.

1.3.7. Reflektor duży - reflektor, którego kontur jest większy od konturu padającej nań wiązki fal ultradźwiękowych.

1.3.8. Wada /wada naturalna/ - nieciągłość materiału.

1.3.9. Wada punktowa - wada, której kontur jest mniejszy od konturu padającej na nią wiązki fal ultradźwiękowych.

1.3.10. Wada liniowa - wada, której szerokość mieści się w obrębie konturu padającej na nią wiązki fal ultradźwiękowych, a której długość wykracza poza ten kontur.

1.3.11. Wada rozległa - wada, której kontur jest większy od konturu padającej na nią wiązki fal ultradźwiękowych.

1.3.12. Powierzchnia badania - powierzchnia przez którą są wprowadzane fale ultradźwiękowe do badanego elementu.

1.3.13. Dno - powierzchnia przeciwległa do powierzchni badania.

1.3.14. Środek głowicy - punkt przecięcia się osi wytwarzanej przez głowicę wiązki fal ultradźwiękowych z czołową powierzchnią głowicy.

1.3.15. Odległość od głowicy - odległość od środka głowicy.

Ministerstwo Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego  
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Metalurgii Żelaza zarządzeniem Nr 8/84  
z dnia 4.06.1984 r. jako norma obowiązująca od dnia  
1.07.1985 r.

1.3.16. Wysokość echa - wysokość impulsu na ekranie oscyloskopu, stanowiącego zobrazowanie echa, wyrażona w działkach lub jednostkach długości.

1.3.17. Poziom echa - stosunek amplitudy echa ocenianego do amplitudy echa odniesienia, wyrażony w decybelach.

$$\text{Poziom echa} = 20 \log \frac{\text{amplituda echa ocenianego}}{\text{amplituda echa odniesienia}} .$$

1.3.18. Wzmocnienie echa - stosunek amplitudy echa odniesienia do amplitudy echa ocenianego, wyrażony w decybelach.

$$\text{Wzmocnienie echa} = 20 \log \frac{\text{amplituda echa odniesienia}}{\text{amplituda echa ocenianego}} .$$

1.3.19. Obwiednia echa - krzywa przedstawiająca wysokość, poziom lub wzmocnienie echa przy przemieszczaniu głowicy wzdłuż linii przesuwu na powierzchni badania.

1.3.20. Próg rejestrowalności echa - wysokość echa poniżej której przy ocenie wskazań echo nie jest brane pod uwagę.

1.3.21. Stały próg rejestrowalności echa - próg o wysokości równej wysokości echa reflektora określonego rodzaju i wielkości.

1.3.22. Względny próg rejestrowalności echa - próg mniejszy o określoną liczbę decybeli od amplitudy lub poziomu obwiedni w jej maksimum lub w jednym z jej maksimumów.

1.3.23. Odcinek wskazań - część drogi przesuwu głowicy po powierzchni badania /określona położeniem jej środka/ na której obwiednia echa przewyższa próg rejestrowalności echa.

1.3.24. Obszar wskazań - obszar na powierzchni badania w obrębie którego obwiednia echa przewyższa próg rejestrowalności echa.

1.3.25. Głowica ultradźwiękowa - urządzenie zawierające jeden lub więcej przetworników piezoelektrycznych /lub innych/, służące do wytwarzania i/lub odbioru fal ultradźwiękowych.

1.3.26. Głowica pojedyncza - głowica ultradźwiękowa zawierająca jeden przetwornik piezoelektryczny /lub inny/, spełniający na przemian rolę nadajnika i odbiornika fal ultradźwiękowych.

1.3.27. Głowica o niekształtowanej wiązce fal - głowica, której pole ultradźwiękowe daje się dostatecznie dokładnie opisać wzorami wyprowadzonymi dla pola wytwarzanego przez źródło tężące wykonujące drgania nietłumione. Warunki te spełniają w przybliżeniu pojedyncze głowice o słabo tłumionych przetwornikach, nie zawierające układów skupiających ani rozpraszających fale.

1.3.28. Zależność OWR - związek między rozmiarem reflektorów, odległością reflektorów od głowicy lub przetwornika i wzmocnieniem ich echa.

1.3.29. Wykres OWR - graficzne przedstawienie zależności OWR w układzie "wzmocnienie echa - odległość od głowicy do reflektora" dla reflektorów o różnych rozmiarach.

1.3.30. Unormowana odległość od przetwornika - iloraz

$$\frac{\text{odległość od przetwornika}}{\text{długość bliskiego pola głowicy}} .$$

1.3.31. Unormowana średnica reflektora - iloraz:

$$\frac{\text{średnica reflektora}}{\text{skuteczna średnica przetwornika}} .$$

1.3.32. Unormowany wykres OWR - graficzne przedstawienie zależności OWR w układzie "wzmocnienie echa - unormowana odległość od przetwornika" dla reflektorów o różnych średnicach unormowanych.

1.3.33. Unormowany uniwersalny wykres OWR - unormowany wykres OWR głowic jednoprzetwornikowych o niekształtowanej wiązce fal, dla reflektorów płasko-kolistych.

1.3.34. Ekranowa skala OWR - graficzne przedstawienie na przeźroczystym materiale zależności OWR w układzie "wysokość echa - odległość od głowicy do reflektora" dla reflektorów o różnych

rozmiarach. Ekranowa skala OWR jest przystosowana do nakładania na ekran oscyloskopu.

1.3.35. Straty na tłumienie - wzrost wzmocnienia /spadek poziomu/ echa spowodowany tłumieniem fal ultradźwiękowych w materiale na drodze "głowica-wada-głowica", wyrażony w decybelach.

1.3.36. Straty przejścia - wzrost wzmocnienia /spadek poziomu/ echa spowodowany stratami energii na drodze między głowicą i materiałem, wyrażony w decybelach.


1.3.37. Straty spowodowane krzywizną reflektora - wzrost wzmocnienia /spadek poziomu/ echa spowodowany krzywizną dużego reflektora, wyrażony w decybelach.

1.3.38. Poprawka na układ "defektoskop-głowica" - różnica między wzmocnieniem echa reflektora zmierzonym za pomocą danego układu "defektoskop-głowica" i wzmocnieniem echa tego samego reflektora odczytanym z wykresu OWR.

1.3.39. Pozostałe określenia - wg PN-76/M-70050.

#### 1.4. Oznaczenia

- A - powierzchnia wady,  $\text{mm}^2$
- a - odległość czołowej powierzchni obudowy głowicy skośnej od jej środka, mierzona wzdłuż powierzchni badania, mm
- b - szerokość wady liniowej, mm
- c - prędkość fal ultradźwiękowych, m/s
- $c_L$  - prędkość podłużnych fal ultradźwiękowych, m/s
- $c_T$  - prędkość poprzecznych fal ultradźwiękowych, m/s
- D - średnica przetwornika, mm
- $D_s$  - skuteczna średnica przetwornika, mm
- d - średnica reflektora płasko-kolistego, mm
- $d_x$  - średnica płasko-kolistego reflektora równoważnego ocenianej wadzie naturalnej, mm
- $d_o$  - średnica płasko-kolistego reflektora odniesienia, mm
- f - częstotliwość fal ultradźwiękowych, MHz
- g - grubość materiału, mm
- h - wysokość echa, działki /dz/
- $h_n$  - wysokość odniesienia na ekranie defektoskopu, działki /dz/
- H - użyteczna wysokość ekranu defektoskopu, działki /dz/
- l - odległość od przetwornika do reflektora /wady/, mm
- $l_x$  - odległość od przetwornika do ocenianej wady, mm
- $l_o$  - odległość od przetwornika do reflektora odniesienia, mm
- $l_g$  - odległość od głowicy do reflektora /wady/, mm
- $l_{gx}$  - odległość od głowicy do ocenianej wady, mm
- $l_{go}$  - odległość od głowicy do reflektora odniesienia, mm
- $l_o$  - długość drogi fal pomiędzy przetwornikiem a powierzchnią badania, w ośrodku, w którym prędkość fal ma wartość c m/s, mm
- $l_{px}$  - odległość od powierzchni badania do wady ocenianej mierzona wzdłuż osi wiązki fal, mm
- $l_{po}$  - odległość od powierzchni badania do reflektora odniesienia mierzona wzdłuż osi wiązki fal, mm
- $l_{s/2}$  - długość drogi fal odpowiadająca połowie skoku głowicy skośnej:  $l_{s/2} = g / \cos \beta$ , mm
- $l_{(s/2)x}$  - wartość  $l_{s/2}$  w badanym elemencie, mm
- $l_{(s/2)o}$  - wartość  $l_{s/2}$  w elemencie odniesienia lub zawierającym reflektor odniesienia, mm
- N - długość pola bliskiego głowicy, mm
- s - skok głowicy skośnej:  $s = 2g \tan \beta$ , mm
- $s_x$  - wartość s w badanym elemencie, mm
- $s_o$  - wartość s w elemencie odniesienia, mm
- U - poziom echa, dB
- W - wzmocnienie echa odczytane z wykresu OWR, dB
- $W_x$  - wartość W wady ocenianej, dB
- $W_o$  - wartość W reflektora odniesienia, dB
- $W_d$  - wzmocnienie echa zmierzone za pomocą defektoskopu, dB

- $W_{dx}$  - wartość  $W_d$  wady ocenianej, dB  
 $W_{do}$  - wartość  $W_d$  reflektora odniesienia, dB  
 $x$  - długość mierzona wzdłuż linii przesuwu głowicy, mm  
 $\alpha$  - współczynnik tłumienia fal ultradźwiękowych, dB/mm  
 $\alpha_x$  - wartość  $\alpha$  w materiale badanego elementu, dB/mm  
 $\alpha_o$  - wartość  $\alpha$  w materiale elementu zawierającego reflektor odniesienia, dB/mm  
 $\beta$  - kąt załamania głowicy skośnej, °  
 $\lambda$  - długość fali, mm  
 $\Delta W_{def}$  - poprawka na układ "defektoskop-głowica", dB  
 $\Delta W_{ko}$  - straty spowodowane krzywizną reflektora odniesienia, dB  
 $\Delta W_p$  - straty przejścia, dB  
 $\Delta W_{px}$  - straty przejścia do materiału badanego elementu- dB  
 $\Delta W_{po}$  - straty przejścia do materiału elementu zawierającego reflektor odniesienia, dB  
 $\Delta W_t$  - straty na tłumienie, dB  
 $\Delta W_{tx}$  - wartość  $\Delta W_t$  w badanym elemencie, dB  
 $\Delta W_{to}$  - wartość  $\Delta W_t$  w elemencie zawierającym reflektor odniesienia, dB  
 - miejsce wprowadzenia lub odbioru fal ultradźwiękowych

## 2. WYMAGANIA STAWIANE APARATURZE

2. Defektoskop powinien umożliwiać:

- regulację wzmacnienia z dokładnością nie gorszą niż  $\pm 1$  dB,
- pomiar odległości od głowicy do wady z dokładnością nie gorszą niż 5 %.

2.2. Głowice pojedyncze o nieregularnej wiązce fal powinny mieć określone:

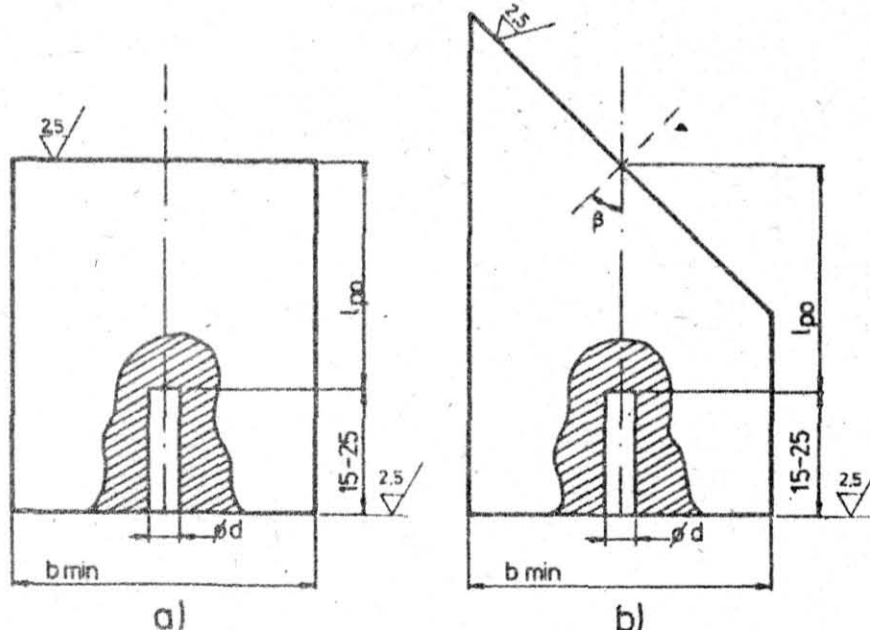
- średnicę skuteczną przetwornika z dokładnością nie gorszą niż  $\pm 10$  %,
- częstotliwość z dokładnością nie gorszą niż  $\pm 10$  %,
- długość pola bliskiego z dokładnością nie gorszą niż  $\pm 15$  %,
- długość  $l_c$  w klinie załamującym /dotyczy głowic skośnych/,
- wartość  $\Delta W_{ko}$  dla powierzchni walcowych wzorców kontrolnych W1 i W2 /dotyczy głowic skośnych/.

2.3. Głowice pojedyncze o kształtowanej wiązce fal lub głowice podwójne powinny być zaopatrzone w wykresy OWR lub ekranowe skale OWR wg 4.2.1 lub 4.4.1.

### 2.4. Wzorce

2.4.1. Wzorce do skalowania zakresu obserwacji i nastawy wzmacnienia. Należy stosować wzorzec kontrolny W1 według PN-75/M-70051, wzorzec kontrolny W2 według PN-75/M-70054 oraz wzorce z reflektorami płasko-kolistymi i walcowymi zalecanymi przez PN-77/M-70055.

2.4.2. Wzorce do sporządzania i kontroli wykresów i ekranowych skal OWR. Należy stosować wzorce z otworami płaskodennymi przedstawione na rys.1 o wymiarach jak w tabl.1, wykonane ze stali niskostopowej, obrobionej cieplnie tak, by uzyskać ziarno nr 8 według PN-66/H-04507. Płaskość i gładkość den otworów należy sprawdzić za pomocą replik z gumy utwardzalnej. Wzorce powinny być zaopatrzone w metryczki podające straty na tłumienie  $\Delta W_{to} = 2l_{po} \alpha_o$  dla  $f = 0,5-6$  MHz,



Rys.1.

Wzorce do sporządzania i kontroli wykresów i ekranowych skal OWR głowic normalnych /a/ i skośnych /b/. Zalecane wymiary podano w tablicy 1.

Tablica 1  
Zalecane wymiary wzorców wg rys.1

d	$l_{po}$	$b_{min}$
	mm	
	2	
	5	
	10	
	15	
0 */	20	
1	25	
	30	50
1,4	35	
2	40	
	45	
2,8	50	
4	60	
5,6	70	
	80	
8	100	
11	140	60
16	200	70
	280	80
	400	
	560	
	800	100
	1000	

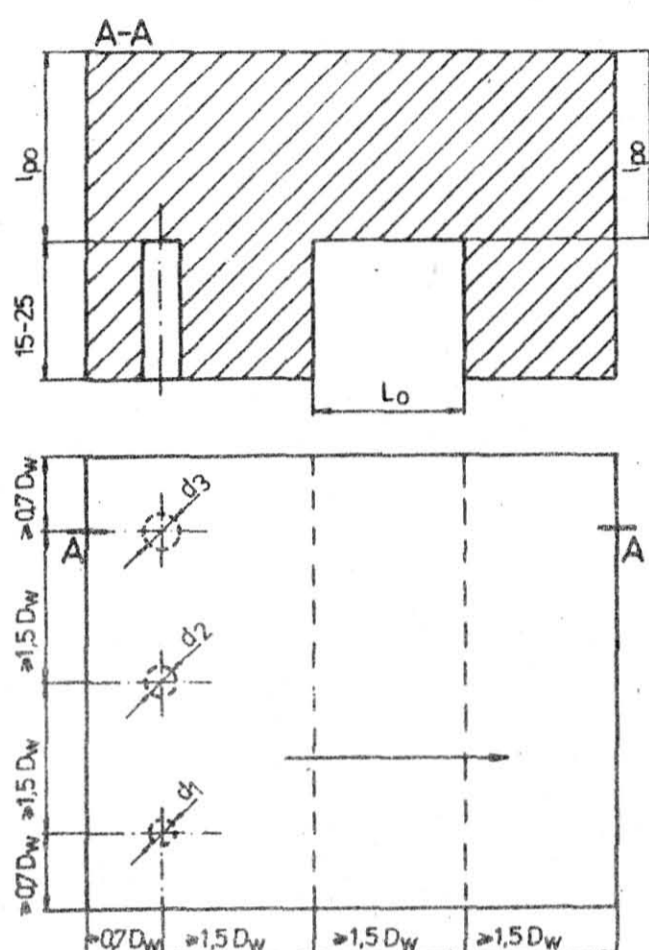
\*/ Bez otworu

2.4.3. Wzorce do wyznaczenia poprawek na szerokość wiązki fal ultradźwiękowych. Do wyznaczenia poprawek stosowanych przy wyznaczaniu konturu wady rozległej metodą pomiaru przesunięcia głowicy /patrz 6.4/ należy posłużyć się wzorcami w postaci płytek równoległościennych, wykonanych z materiału o współczynniku tłumienia fal ultradźwiękowych zbliżonych do współczynnika tłumienia fal w materiale badanego elementu i o gładkości powierzchni zbliżonej do gładkości powierzchni badanego elementu /rys.2/.

### 3. INFORMACJE OGÓLNE

3.1. Interpretacja pomiarów wad wyznaczonych metodą ultradźwiękową. Omówione w niniejszej normie metody wyznaczania rozmiarów wad naturalnych opierają się na pomiarze wzmocnienia ech wad lub wymiarów obszaru wskazań otrzymanych na powierzchni badania. Z uwagi na to, że amplituda echa wady naturalnej może zależeć od kierunku padającej na nią wiązki fal ultradźwiękowych, należy się liczyć z tym, że zarówno wzmocnienia echa jak i wielkości obszaru wskazań tej samej wady, wyznaczone z różnych powierzchni badania - mogą być różne. Z tego powodu rozmiary wad wyznaczone według niniejszej normy należy traktować jako "rozmiary wyznaczone metodą ultradźwiękową", które mogą różnić się od rozmiarów rzeczywistych. Tę okoliczność należy mieć na uwadze zarówno przy interpretowaniu wyników przeprowadzonego badania ultradźwiękowego jak i przy opracowywaniu instrukcji takiego badania w oparciu o wymagania operujące rzeczywistymi rozmiarami wad. Związek między rzeczywistą wielkością wady, a wielkością określoną przez badanie ultradźwiękowe nie jest omawiany w normie.

W przypadku, gdy wadę można oceniać z różnych powierzchni badania, a szczegółowe przepisy nie określają z której powierzchni należy wyznaczyć jej rozmiary, wadzie należy przypisać największe rozmiary wyznaczone z dostępnych powierzchni badania.



Rys. 2

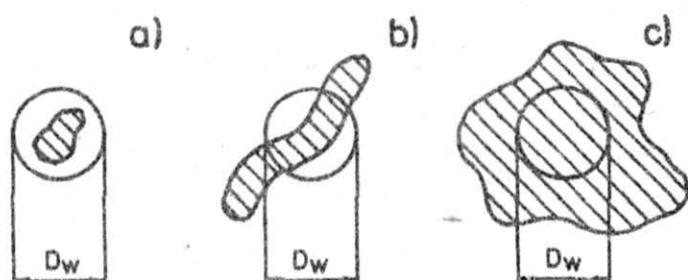
Wzorzec do wyznaczenia wartości poprawek na szerokości wiązki fal głowicy ( $\Delta x$ ):

$l_{po}$  - wymiar wg tabl. 1,

$d_1-d_3$  - średnice otworów, których echa przyjmuje się za progi rejestrowalności echa,

$D_w$  - wartość wg wzoru /1a/ lub /1b/,

$L_o$  - szerokość rowka.



Rys. 3

Kryterium typu wady: a - wada punktowa, b - wada liniowa, c - wada rozległa.

Obszar zakreślony - obszar wskazań wady przy 6 dB progu rejestrowalności echa

**3.2. Podział wad.** Ze względu na sposób oceny rozmiarów wad dzieli się je na punktowe, liniowe i rozległe. Aby określić, czy - dla danej głowicy, danej odległości od głowicy do wady oraz dla danej powierzchni badania - wada jest punktowa, liniowa czy rozległa należy:

- wyznaczyć obszar wskazań wady przy 6 dB progu rejestrowalności echa /patrz 6.2.2/
- porównać obszar wskazań z polem koła o średnicy  $D_w$ , przy czym:

$$\text{dla } l \leq 4N \quad D_w = D_s, \quad /1a/$$

$$\text{dla } l > 4N \quad D_w = \frac{l}{4N} D_s. \quad /1b/$$

Kryterium typu wady jest następujące:

- wada jest punktowa gdy obszar jej wskazań mieści się w polu koła o średnicy  $D_w$  /rys. 3a/,
- wada jest liniowa gdy obszar jej wskazań ma kształt pasa, którego szerokość jest mniejsza, a długość większa od średnicy  $D_w$  /rys. 3b/,
- wada jest rozległa gdy koło o średnicy  $D_w$  mieści się w obrębie obszaru wskazań wady /rys. 3c/.

**3.3. Poziom i wzmacnienie echa.** Jeśli  $E_x$  i  $E_o$  są amplitudami przebiegów napięć elektrycznych  $e_x /t/$  i  $e_o /t/$  \*, nazywanych ogólnie sygnałami, to poziom sygnału  $e_x /t/$  względem sygnału  $e_o /t/$  jest

$$W = 20 \log \frac{E_x}{E_o}, \quad /2/$$

a wzmacnienie sygnału  $e_x /t/$  względem  $e_o /t/$  jest

$$W = 20 \log \frac{E_o}{E_x}. \quad /3/$$

Poziom sygnału jest więc równy wzmacnieniu wziętemu ze znakiem minus, tj.

$$U = -W. \quad /4/$$

Pomiar poziomu lub wzmacnienia sygnału  $e_x /t/$  względem sygnału  $e_o /t/$ , gdy sygnały te są podane na wejście defektoskopu, wykonuje się obserwując ich zobrazowania na ekranie:

- a/ mierzy się wzmacnienie sygnału  $e_x /t/$  względem granicznego sygnału defektoskopu  $e_g /t/$ , co polega na dobraniu takiego położenia regulatora wzmacnienia  $W_d = W_{dx}$ , przy którym przebieg  $e_x /t/$  jest zobrazowany na ekranie przebiegiem o amplitudzie  $h_n$ , i co można zapisać symbolicznie wyrażeniem

\*/ t - czas

$$W_d [h(E_x) = h_n] = W_{dx} ; \quad /5/$$

b/ mierzy się wzmacnienie sygnału  $e_o$  /t/ względem granicznego sygnału defektoskopu  $e_g$  /t/, co polega na dobraniu takiego położenia regulatora wzmacnienia  $W_d = W_{do}$ , przy którym przebieg  $e_o$  /t/ jest zobrazowany na ekranie przebiegiem o amplitudzie  $h_n$ , takiej samej jak w punkcie a/, i co można zapisać symbolicznie wyrażeniem

$$W_d [h(E_o) = h_n] = W_{do} ; \quad /6/$$

c/ wzmacnienie sygnału oblicza się z wzoru

$$W = -U = W_{dx} - W_{do} . \quad /7/$$

Sygnałem granicznym defektoskopu jest przebieg  $e_g$  /t/ o takiej amplitudzie  $E_g$ , że jego zobrazowanie na ekranie ma amplitudę równą  $h_n$ , gdy regulator wzmacnienia jest w położeniu  $W_d = 0$  /najmniejsze dające się wyregulować wzmacnienie defektoskopu/, co można zapisać symbolicznie wyrażeniem

$$W_d [h(E_g) = h_n] = 0 . \quad /8/$$

Amplituda sygnału granicznego  $E_g$  zależy od własności układu "defektoskop-głowica". Nie ma ona jednak wpływu na wartość wzmacnienia lub poziomu sygnału  $e_x$  /t/ względem  $e_o$  /t/.

Przy pomiarze wzmacnienia sygnału:

- należy stosować stale taką samą energię impulsu nadawczego,
- nie należy stosować podcięcia,
- wartość  $h_n$  należy przyjąć w granicach od 0,4 H do 0,8 H.

Gdy sygnał  $e_x$  /t/ jest echem wady, a sygnał  $e_o$  /t/ echem reflektora odniesienia, to:

- wzory /5/ i /6/ przedstawiają wzmacnienie echa wady lub reflektora odniesienia względem granicznego sygnału defektoskopu,
- wzory /2/, /3/, /7/ przedstawiają poziom wzgl. wzmacnienie echa wady względem echa reflektora odniesienia.

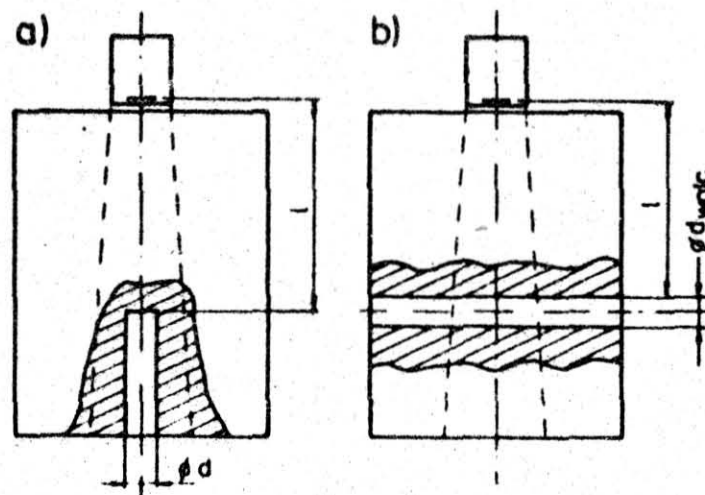
**3.4. Równoważność reflektorów.** Reflektory /wady/ punktowe uważa się za równoważne, gdy przy zastosowaniu jednej i tej samej głowicy, przy jednakowej odległości od głowicy, w ośrodkach o jednakowych własnościach akustycznych - dają echa o jednakowym wzmacnieniu /poziomie/. Miarodajnymi są tu maksymalne echa otrzymane w obszarze wskazań reflektora wady. Taka równoważność jest ściśle związana z wyborem powierzchni badania.

Na tej zasadzie można punktowej wadzie naturalnej przypisać równoważny jej reflektor płasko-kolisty o odpowiedniej średnicy, ustawiony prostopadłe do wiązki fal ultradźwiękowych padającej na wadę.

Teoretycznie, dla głowicy pojedynczych o niekształtowanej wiązce fal płasko-kolistemu reflektorowi o średnicy  $d$  /rys. 4a/ jest równoważny reflektor walcowy o średnicy  $d_{walc}$  /rys.4b/ wg wzoru

$$d_{walc} = \frac{5}{\lambda^2} d^4, \quad /9/$$

przy założeniu, że oba reflektory znajdują się w polu dalekim głowicy.



Rys. 4

### 3.5. Reflektory odniesienia

3.5.1. Reflektory duże. Dla głowic normalnych należy wykorzystywać płaskie powierzchnie wzorców kontrolnych W1 i W2 leżące w odległości 25 mm lub 12,5 mm. Można też wykorzystywać płaskie i gładkie dna badanych elementów zorientowane równoległe do powierzchni badania.

Dla głowic skośnych należy wykorzystywać cylindryczne powierzchnie wzorców kontrolnych W1 i W2 o promieniach krzywizny 100 mm, 50 mm i 25 mm.

3.5.2. Reflektory punktowe. Jako reflektory punktowe należy wykorzystywać:

- a/ reflektory płasko-koliste wykonane zgodnie z 2.4.2,
- b/ reflektory walcowe:
  - o średnicy 1,5 mm we wzorcu kontrolnym W1,
  - o średnicy 5 mm we wzorcu kontrolnym W2,
  - zalecane w normie PN-77/M-70055.

### 3.5.3. Oznaczanie reflektorów odniesienia

- R100W1 - powierzchnia walcowa o promieniu 100 mm we wzorcu kontrolnym W1,
- Ø1,5W1 - reflektor walcowy o średnicy 1,5 mm we wzorcu W1,
- R50W2 - powierzchnia walcowa o promieniu 50 mm we wzorcu W2,
- R25W2 - powierzchnia walcowa o promieniu 25 mm we wzorcu W2,
- Ø5W2 - reflektor walcowy o średnicy 5 mm we wzorcu W2,
- ∞ - duży płaski reflektor,
- EDX - echo dna w materiale badanym,
- EDW - echo dna w materiale o właściwościach takich, jakie posiada materiał wzorców kontrolnych W1 i W2.

### 3.6. Zależność OWR

3.6.1. Uwagi ogólne. Zależność OWR może mieć następującą postać graficzną:

- nieunormowanego wykresu OWR,
- unormowanego wykresu OWR,
- ekranowej skali OWR.

Charakter zależności OWR zależy od rodzaju branych pod uwagę reflektorów i od właściwości głowic, a w przypadku skali ekranowej OWR także od właściwości defektoskopu. Niniejsza norma dotyczy zależności OWR dla reflektorów płasko-kolistych, zorientowanych prostopadle do osi wiązki fal ultradźwiękowych - w następującym zakresie:

- nieunormowane wykresy OWR przystosowane do określonego typu głowic - dla głowic pojedynczych i podwójnych,
- unormowany, uniwersalny wykres OWR-dla pojedynczych głowic normalnych i skośnych o niekształtowanej wiązce fal,
- ekranowe skale OWR przystosowane do określonego typu układu "defektoskop-głowica".

3.6.2. Nieunormowany wykres OWR ma następującą postać /rys. 5a/:

- na ujemnej połowie osi rzędnych jest odłożone w decybelach wzmocnienie echa /W/ reflektorów płasko-kolistych względem echa dużego, płaskiego reflektora znajdującego się blisko głowicy,
- na dodatniej połowie osi odciętych jest odłożona odległość od reflektorów do głowicy / $l_g$ / w skali liniowej lub logarytmicznej,
- poszczególne krzywe przedstawiają zależność W ( $l_g$ ) dla dużego, płaskiego reflektora /∞/ oraz dla reflektorów o różnych średnicach /d/.

3.6.2. Unormowany wykres OWR ma następującą postać /rys. 5b/:

- na ujemnej połowie osi rzędnych jest odłożone w decybelach wzmocnienie echa /W/ reflektorów płasko-kolistych względem echa dużego, płaskiego reflektora znajdującego się blisko przetwornika,
- na dodatniej połowie osi odciętych jest odłożona w skali logarytmicznej unormowana odległość /1/N/,



- poszczególne krzywe przedstawiają zależność  $W$   $1/N$  dla dużego płaskiego reflektora  $/\infty/$  oraz dla reflektorów o różnych unormowanych średnicach  $/d/D_g/$ .

#### 3.6.4. Ekranowa skala OWR ma następującą postać /rys. 5c/:

- na dodatniej połowie osi rzędnych jest odłożona wysokość ech reflektorów w wielkości naturalnej, obserwowanej na ekranie defektoskopu  $/h/$ ,
- na dodatniej połowie osi odciętych jest odłożona odległość od reflektorów do głowicy  $/l_g/$  lub, w przypadku głowic skośnych, od głowicy do rzutów reflektorów na powierzchnię badania  $/l_g \sin \beta/$  lub też odległość od czoła obudowy głowicy do rzutu reflektorów na powierzchnię badania  $/l_g \sin \beta - a/$ ,
- poszczególne krzywe przedstawiają zależność  $h(l_g)$  dla reflektorów o różnej średnicy  $/d/$ ,
- w polu skali zaznaczona jest wymagana wysokość echa określonego reflektora odniesienia, wykorzystywanego do nastawy wzmacnienia defektoskopu,
- wymiary skali ekranowej są równe użytecznym wymiarom ekranu defektoskopu.

3.7. Straty na tłumienie oblicza się za pomocą wzoru:

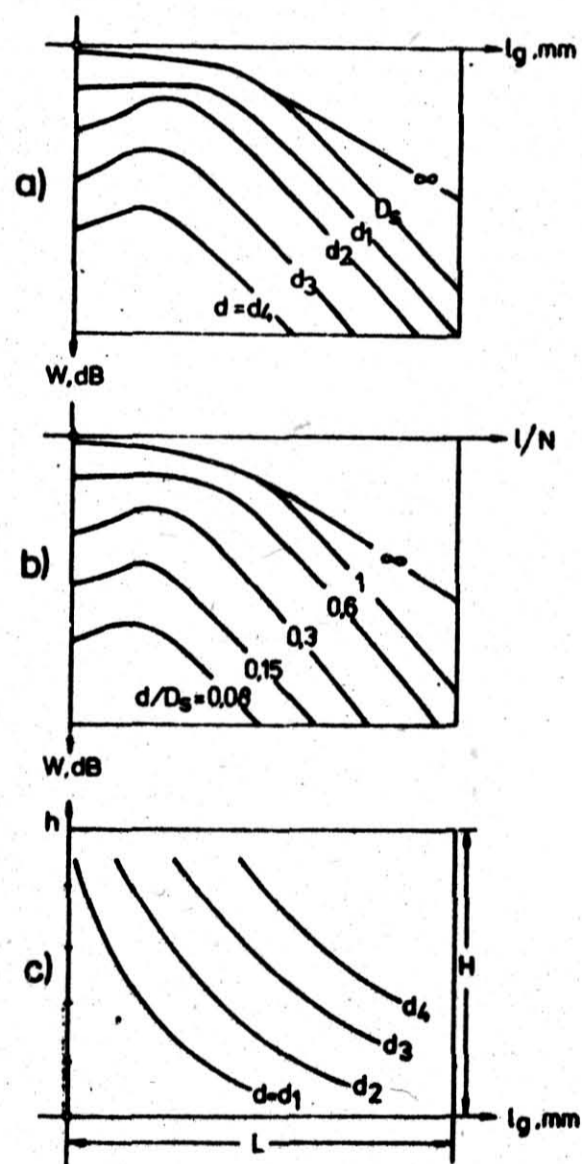
$$\Delta W_t = 2 l_g \alpha^{**/} \quad /10/$$

W przypadku gdy stosowany jest układ 2 głowic skośnych, z których jedna pracuje jako nadajnik, a druga jako odbiornik, zamiast  $l_g$  należy do wzoru podstawić długość drogi fali mierzoną wzdłuż osi wiązki fali: od środka głowicy nadawczej do reflektora, i od reflektora do środka głowicy odbiorczej.

3.8. Straty przejścia <sup>\*\*/</sup> pomija się w przypadku gdy powierzchnia do której są wprowadzane fale ultradźwiękowe jest płaska o chropowatości  $R_a \leq 2,5 \mu m$  wg PN-73/M-04251.

#### 4. WYZNACZANIE ROZMIARÓW WAD PUNKTOWYCH

4.1. Postanowienia ogólne. Za rozmiar naturalnej wady punktowej należy przyjąć średnicę równoważnego jej reflektora płasko-kolistego. Za powierzchnię naturalnej wady punktowej należy przyjąć powierzchnię koła o średnicy równoważnego jej reflektora płasko-kolistego. Wartości średnic wyznaczonych według 4.2-4.5 oraz wartości powierzchni zaleca się zaokrąglić do wartości podanych w tabl.2.



Rys.5

Graficzne formy zależności OWR:

- a - nieunormowany wykres OWR,
- b - unormowany wykres OWR,
- c - skala ekranowa OWR: L, H - użyteczne wymiary ekranu

<sup>\*</sup>/ Sposób pomiaru współczynnika tłumienia podano w p.6 Informacji dodatkowych.

<sup>\*\*</sup>/ Sposób wyznaczenia strat przejścia podano w p.7 Informacji dodatkowych.

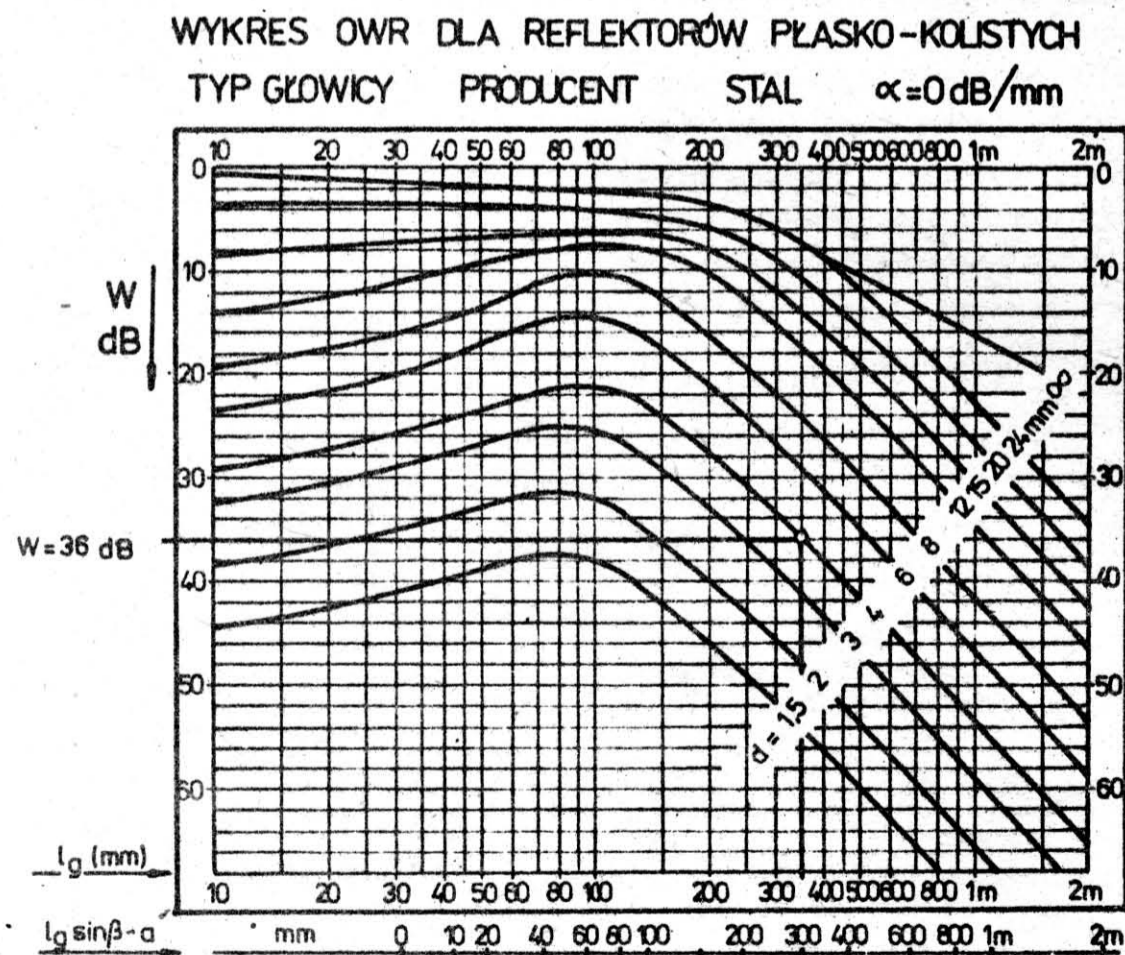
**Tablica 2**  
Zaokrąglanie wymiarów i powierzchni wad

Wartości wyznaczone pomiarowo		Wartości zaokrąglone	
d, b		d, b	A
mm		mm <sup>2</sup>	
do 1		1	1
ponad 1 do 1,4		1,4	2
ponad 1,4 do 2		2	3
ponad 2,0 do 2,8		3	6
ponad 2,8 do 4,0		4	13
ponad 4,0 do 5,6		5,6	25
ponad 5,6 do 8,0		8	50
ponad 8,0 do 11		11	100
ponad 11 do 16		16	200

**4.2. Wyznaczanie średnicy wad punktowych za pomocą głowicy pojedynczej lub podwójnej i nieunormowanego wykresu OWR**

**4.2.1. Nieunormowany wykres OWR - wymagania /rys. 6/:**

- 1/ Wykres przeznaczony dla stali powinien być sporządzony dla stali o następujących własnościach:  $c_L = 5920$  m/s,  $c_T = 3255$  m/s,  $\alpha = 0$  dB/m.
- 2/ Wartości średnic przypisane poszczególnym krzywom  $W(l_g)$  powinny być przyjęte zgodnie z tabl.1.
- 3/ Poziom ech reflektorów powinien być podany z błędem nie przekraczającym  $\pm 2$  dB.
- 4/ W obrębie wykresu lub obok niego powinny być podane:
  - a/ napis "Wykres OWR dla reflektorów płasko-kolistych",
  - b/ typ głowicy,
  - c/ napisy: "stal" i " $\alpha = 0$  dB/mm".



- 5/ Jeżeli wykres odnosi się do materiału innego niż stal, zamiast słowa "stal" powinna być podana nazwa lub oznaczenie tego materiału oraz wartość prędkości rozchodzenia się w nim fal ultradźwiękowych.
- 6/ Do wykresu powinny być dołączone:
- nazwa i adres producenta głowicy i wykresu,
  - numer fabryczny głowicy jeśli wykres jest ważny tylko dla danej głowicy,
  - parametry głowicy:  $f$ ,  $D_g$ ,  $N$ ,  $\beta$ ,  $l_c$ .
- 7/ W przypadku głowic skośnych należy:
- podać na wykresie wzmocnienie ech powierzchni walcowych wzorców kontrolnych  $W_1$  i  $W_2$ ,
  - wykres zaopatrzyć w skalę rzutu odległości od głowicy do wady na powierzchni badania pomniejszonego o wymiar obudowy głowicy tj.  $l_g \sin \beta - a$  /rys. 9/.

4.2.2. Sposób posługiwania się nieunormowanym wykresem OWR. W celu wyznaczenia średnicy wady należy:

- znaleźć położenie głowicy w którym uzyskuje się maksymalne echo wady,
- odczytać z ekranu defektoskopu odległość  $l_{gx}$ ,
- określić wzmocnienie echa wady  $W_x$ ,
- odnaleźć krzywą  $W(l_g)$  przechodzącą przez punkt przecięcia się prostych " $l_{gx}$ " i " $W_x$ " i odczytać przypisaną jej wartość  $d$  /rys. 6/; jeśli punkt ten znajduje się pomiędzy krzywymi  $W(l_g)$ , wartość  $d$  należy ocenić przez interpolację lub za wartość  $d$  przyjąć wartość przypisaną najbliższej krzywej przechodzącej powyżej tego punktu /drugi sposób stosuje się gdy wykres jest sporządzony zgodnie z 4.2.1-2 i wartości  $d$  zaokrągliła się zgodnie z 4.1/.

Tak wyznaczona wartość  $d$  jest średnicą wady  $d_x$ . Wartość  $W_x$  oblicza się z wzoru:

$$W_x = W_{dx} - \Delta W_{def} - \Delta W_{tx} - \Delta W_{px} \quad /11/$$

gdzie:  $W_{dx}$  - zmierzone wzmocnienie echa wady względem granicznego sygnału defektoskopu /zgodnie z 3.3/,  $\Delta W_{def}$  - poprawka wyznaczona w sposób podany niżej,  $\Delta W_{tx} = 2 l_{gx} \alpha_x$ ,  $\Delta W_{px}$  - wyznaczone doświadczalnie straty przejścia do materiału badanego elementu.

Poprawka  $\Delta W_{def}$  jest stała dla pomiarów wykonywanych za pomocą jednego i tego samego układu "głowica-defektoskop". Poprawkę wyznacza się posługując się reflektorem odniesienia. W tym celu:

- mierzy się wzmocnienie  $W_{do}$  echa reflektora odniesienia względem granicznego sygnału defektoskopu,
  - z wykresu OWR odczytuje się wzmocnienie  $W_o$  reflektora odniesienia.
- Wartość poprawki oblicza się z wzoru

$$\Delta W_{def} = W_{do} - W_o - \Delta W_{to} - \Delta W_{po} - \Delta W_{ko} \quad /12/$$

gdzie:  $\Delta W_{to} = 2 l_{go} \alpha_o$ ,  $\Delta W_{po}$  - wyznaczone doświadczalnie straty przejścia do materiału elementu zawierającego reflektor odniesienia,  $\Delta W_{ko}$  - wyznaczone doświadczalnie straty spowodowane krzywizną reflektora odniesienia.

Zamiast wzoru /11/ można użyć wzoru

$$W_x = W_o + [(W_{dx} - \Delta W_{tx} - \Delta W_{px}) - (W_{do} - \Delta W_{to} - \Delta W_{po} - \Delta W_{ko})]. \quad /13*/$$

Gdy reflektor odniesienia jest płaski i znajduje się w elemencie badanym lub w elemencie wykonanym z takiego samego materiału i o takiej samej powierzchni, jak element badany, wówczas

$$W_x = W_o + [(W_{dx} - \Delta W_{tx}) - (W_{do} - \Delta W_{to})]. \quad /14*/$$

\*/ Interpretacja geometryczna wzorów /13/ i /14/ jest następująca: na wykresie OWR należy odnaleźć punkt o współrzędnych  $W$  i  $l_{go}$ , przesunąć się od tego punktu w dół o wartość wyrażenia w nawiasach kwadratowych, to jest  $d$  punktu o współrzędnych  $W_x$  i  $l_{go}$ , po czym przesunąć się poziomo aż do przecięcia się z prostą " $l_{gx}$ ".

## P r z y k ł a d

Prowadząc badanie za pomocą głowicy, której wykres OWR jest przedstawiony na rys.6, uzyskano następujące dane:  $l_{gx} = 350$  mm,  $W_{dx} = 56$  dB,  $\alpha_x = 0,01$  dB/mm,  $\Delta W_{px} = 3$  dB. Posługując się płaską powierzchnią wzorca  $W_1$  z odległości 25 mm otrzymano  $W_{do} = 11$  dB.

## Rozwiązanie

Dla obliczenia  $\Delta W_{def}$  przyjmujemy, że  $\alpha_o \approx 0$  dB/mm,  $\Delta W_{to} \approx 0$  dB,  $\Delta W_{po} \approx 0$  dB; z wykresu OWR odczytujemy  $W_o = 1$  dB. A zatem, wg wzoru /11/:  $\Delta W_{def} = 11$  dB - 1 dB = 10 dB.

Zgodnie z wzorem /10/:

$$\Delta W_{tx} = 2 \cdot 350 \cdot 0,01 \text{ dB} = 7 \text{ dB},$$

$$W_x = 56 \text{ dB} - 10 \text{ dB} - 7 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 36 \text{ dB}.$$

Przez punkt przecięcia się prostych  $W = 36$  dB i  $l_{gx} = 350$  mm przechodzi krzywa  $W(l_g)$  o parametrze  $d = 4$  mm. A zatem średnica wady  $d_x = 4$  mm.

**4.2.3. Kontrola nieunormowanego wykresu OWR** polega na wyznaczeniu wartości  $W_x$  dla kilku reflektorów płasko-kolistych przy użyciu wzorców wykonanych według 2.4.2. Wyznaczone wartości  $W_x$  nie powinny różnić się od wartości odczytanych z wykresu o więcej niż  $\pm 2$  dB.

**4.2.4. Sporządzanie nieunormowanego wykresu OWR.** Wykres OWR zaleca się sporządzić za pomocą urządzenia do badań zanurzeniowych w wodzie przy użyciu reflektorów płasko-kolistych w postaci okrągłych prętów stalowych o płaskiej i gładkiej powierzchni czołowej, ustawionej prostopadle do osi wiązki fal ultradźwiękowych /rys.7/. Należy stosować wodę pitną, odstałą przynajmniej przez 24 godziny, o temperaturze  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Wzmocnienie  $W_x$  oblicza się według wzoru

$$W_x = W_{dx} - 2l_g \text{ woda } \alpha_{\text{woda}} - W_o \quad /15/$$

gdzie:  $W_{dx}$  - wzmocnienie zmierzone zgodnie z 3.3,  $\alpha_{\text{woda}}$  - współczynnik tłumienia fal ultradźwiękowych w wodzie,  $W_o$  - przyjęta wartość odniesienia.

Odległości  $l_g$  do wykresu OWR dla stali oblicza się z wzoru

$$l_g = l_g \text{ woda } \frac{c_{\text{stal}}}{c_L \text{ woda}} \quad /16/$$

gdzie:  $c_{\text{stal}}$  - wartość  $c_L$  lub  $c_T$  zgodnie z 4.2.1,  $c_L \text{ woda}$  - prędkość fal podłużnych w wodzie.

### 4.3. Wyznaczanie średnicy wad punktowych za pomocą unormowanego, uniwersalnego wykresu OWR

**4.3.1. Unormowany, uniwersalny wykres OWR.** Należy użyć wykresu przedstawionego w załączniku 1. Wykres stosuje się dla głowic pojedynczych o niekształtowanej wiązce.

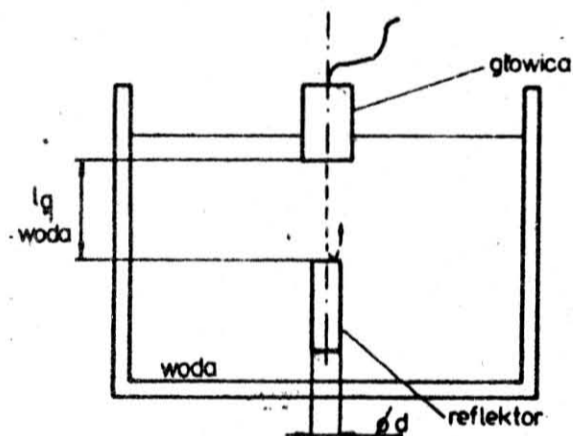
**4.3.2. Sposób posługiwania się unormowanym, uniwersalnym wykresem OWR.** W celu wyznaczenia średnicy wady należy:

- znaleźć położenie głowicy w którym uzyskuje się maksymalne echo wady,
- odczytać z ekranu odległość  $l_{px}$ , obliczyć odległości  $l_x$  i  $l_x/N$ ,
- określić wzmocnienie echa wady  $W_x$ ,
- odnaleźć krzywą  $W(l/N)$  przechodzącą przez punkt przecięcia się prostych " $l_x$ " i " $W_x$ " i odczytać przypisaną jej wartość  $d/D_s$ ; jeżeli przez punkt ten nie przechodzi krzywa  $W(l/N)$ , wartość  $d/D_s$  należy wyznaczyć przez interpolację.

Średnicę wady  $d_x$  oblicza się z wzoru

$$d_x = D_s \cdot \text{/unormowana średnica wady/}.$$

/17/



Rys.7

Odległość  $l_x$  oblicza się z wzoru

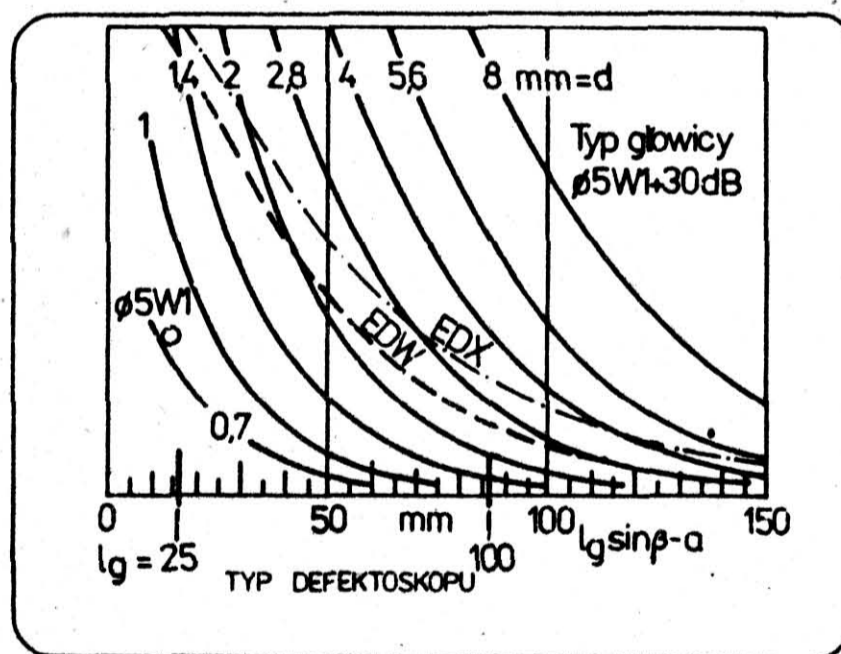
$$l_x = l_{px} + l_c \frac{c_{stal}}{c} \quad /18/$$

gdzie:  $l_{px}$  - wartość odczytana z ekranu defektoskopu,  $c_{stal}$  - wartość  $c_L$  lub  $c_T$  zgodnie z 4.2.1,  $c$  - prędkość fal podłużnych na odcinku  $l_c$ .

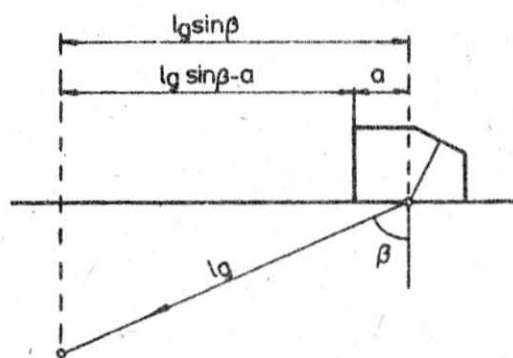
#### 4.4. Wyznaczanie średnicy wad za pomocą ekranowej skali OWR

##### 4.4.1. Ekranowa skala OWR - wymagania /rys.8/:

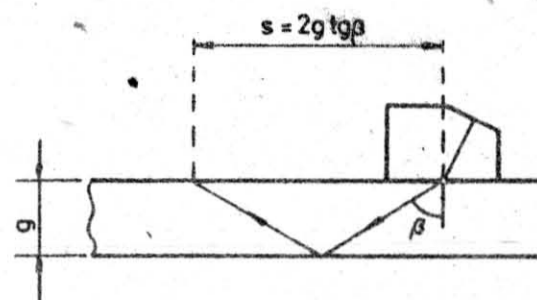
- 1/ Skala przeznaczona dla stali powinna być sporządzona dla następujących prędkości fal:  $c_L = 5920$  m/s lub  $c_T = 3255$  m/s.
- 2/ Wysokość ech na skali powinna być podana z błędem nie przekraczającym  $\pm 2$  dB.
- 3/ Zaleca się, by wartości średnic przypisanych poszczególnym krzywom  $h(l_g)$  były przyjęte zgodnie z tabl.1. Krzywe te powinny być oznaczone wartością średnicy w mm, przy czym jedną z nich należy oznaczyć "d = .... mm".
- 4/ Na skali powinny być zaznaczone za pomocą kresek bądź kółek wymagane wysokości ech reflektorów odniesienia, wykorzystywanych do nastawy wzmacnienia defektoskopu, oznaczone zgodnie z 3.5.3.
- 5/ Skala powinna posiadać 2 krzywe echa dna: jedną dla materiału o własnościach wymaganych dla wzorców kontrolnych W1 i W2, drugą dla materiału badanego. W przypadku głowic skośnych krzywe te należy wyznaczyć za pomocą dwóch identycznych głowic, ustawionych w odległości równej odległości skoku głowicy. Krzywe te są przeznaczone do wyznaczania strat przejścia, a w przypadku głowic normalnych - ponadto - do nastawy wzmacnienia defektoskopu.
- 6/ W obrębie skali powinny być podane:
  - a/ typ głowicy,
  - b/ typ defektoskopu,
  - c/ sposób nastawiania wzmacnienia w postaci skróconej: "oznaczenie echa reflektora odniesienia + liczba decybeli, o którą należy zwiększyć wzmacnienie",
  - d/ słowo "stal" lub nazwa materiału, do którego odnosi się skala, uzupełniona wartością prędkości rozchodzenia się w nim fal ultradźwiękowych,
  - e/ zakres wartości współczynnika tłumienia w dB/mm, w którym wskazania skali dają błąd nie większy aniżeli  $\pm 2$  dB.
- 7/ Zamiast zakresu wartości współczynnika tłumienia, o czym mowa w p.6e, mogą być podane oznaczenia gatunków stali /z zaznaczeniem stanu ich obróbki cieplnej/ do których jest przeznaczona skala.
- 8/ Skalę poziomą należy opisać odpowiednio do przyjętego sposobu skalowania zakresu obserwacji:
  - a/ " $l_g$ " - gdy zakres obserwacji jest wyskalowany w odległości od głowicy do wady mierzonej wzdłuż osi wiązki fal /rys.9/,
  - b/ " $l_g \sin \beta$ " - gdy zakres obserwacji jest wyskalowany w rzucie odległości od głowicy do wady na powierzchnię badania,
  - c/ " $l_g \sin \beta - a$ " - gdy zakres obserwacji jest wyskalowany w skróconym rzucie odległości od głowicy do wady na powierzchnię badania,
  - d/ "s" - gdy zakres obserwacji jest wyskalowany w długości skoku głowicy /rys. 10/.



Rys.8



Rys.9



Rys.10

Dopuszcza się stosowanie opisów z pominięciem indeksu "g", tj. w postaci:  $l$ ,  $l \sin \beta$ ,  $l \sin \beta - a$ .

9/ W przypadku gdy na osi poziomej jest podany rzut odległości od głowicy do wady, należy na niej zaznaczyć pogrubionymi kreskami miejsca, w których podczas skalowania zakresu obserwacji powinny wystąpić echa wykorzystywanych do tego celu reflektorów. Obok kresek należy napisać " $l_g = \dots$ " lub tylko samą wartość odległości  $l_g$ .

**4.4.2. Sposób posługiwania się ekranową skalą OWR.** W celu wyznaczenia średnicy wady należy:

- wyskalować zakres obserwacji i nastawić wzmocnienie defektoskopu według zaleceń podanych w opisie skali,
- uzyskać położenie głowicy, w którym występuje maksymalne echo wady,
- odczytać średnicę  $d$  przypisaną krzywej  $h(l_g)$  do której dotyka wierzchołek echa wady; jeśli wierzchołek echa znajduje się pomiędzy krzywymi  $h(l_g)$ , wartość  $d$  należy wyznaczyć przez interpolację albo za wartość  $d$  przyjąć wartość przypisaną najbliższej krzywej przechodzącej powyżej wierzchołka echa /drugi sposób stosuje się gdy skala jest sporządzona zgodnie z 4.4.1-3 i wartości  $d$  zaokrągla się zgodnie z 4.1/.

**4.4.3. Kontrola ekranowej skali OWR** polega na sprawdzeniu prawidłowości wskazań ech kilku reflektorów płasko-kolistych o znanych średnicach przy użyciu wzorców wykonanych wg 2.4.2. Wysokości tych ech nie mogą się różnić od wysokości podanych na skali o więcej niż  $\pm 2$  dB.

**4.5. Wyznaczenie średnicy wad punktowych metoda rachunkowa.**

Średnicę wady można obliczyć za pomocą podanych niżej wzorów w oparciu o zmierzone wartości  $l_x$ ,  $W_{dx}$ ,  $l_o$ ,  $W_{do}$  przy założeniu, że oceniana wada i reflektor odniesienia znajdują się w odległościach nie mniejszych niż  $3N$ . Sposób ten można stosować w przypadku głowicy jednoprzetwornikowej o niekształtowanej wiązce.

Jeżeli jako reflektor odniesienia wykorzystuje się duży płaski reflektor zorientowany równolegle do powierzchni badania, to

$$d_x = 0,4 D_s \sqrt{\frac{l_x^2}{l_o N} \cdot 10^{-\frac{\Delta W}{40}}} \quad /19/$$

przy czym  $\Delta W = (W_{dx} - \Delta W_{tx} - \Delta W_{px}) - (W_{do} - \Delta W_{to} - \Delta W_{po})$ .

Jeżeli jako reflektor odniesienia wykorzystuje się reflektor płasko-kolisty, to

$$d_x = d_o \frac{l_x}{l_o} \cdot 10^{-\frac{\Delta W}{40}} \quad /20/$$

gdzie:  $\Delta W$  - jak we wzorze /19/ <sup>\*</sup>.

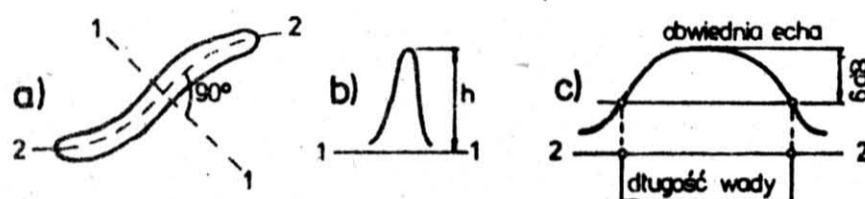
<sup>\*</sup>/ Wartość wyrażenia  $10^{-\frac{\Delta W}{40}}$  podano w p.5 Informacji dodatkowych.

### 5. WYZNACZANIE ROZMIARÓW WAD LINIOWYCH

Za szerokość wady liniowej należy przyjąć średnicę reflektora płasko-kolistego wyznaczoną na podstawie maksymalnego echa uzyskanego przy przesuwaniu głowicy prostopadle do długości wady /rys.11/. Wartość tę zaleca się zaokrąglić do wartości podanej w tabelicy 2.

Za długość wady liniowej należy przyjąć długość odcinka wskazań skierowanego wzdłuż wady, określoną metodą pomiaru przesunięcia głowicy przy 6 decybelowym progu rejestrowalności echa, zgodnie z 6.2.

Za powierzchnię wady liniowej należy przyjąć iloczyn jej szerokości i długości. Jeżeli wada ma różną szerokość, dzieli się ją na odcinki o jednakowej szerokości i powierzchnię oblicza jako sumę powierzchni poszczególnych jej odcinków.



Rys.11

### 6. WYZNACZANIE ROZMIARÓW WAD ROZLEGŁYCH

**6.1. Postanowienia ogólne.** Za rozmiary wady rozległej należy przyjąć rozmiary konturu wady wyznaczonego na danej powierzchni badania metodą pomiaru przesunięcia głowicy przy względnym lub stałym progu rejestrowalności echa /6.2 i 6.3/.

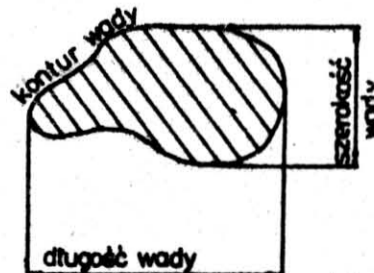
Jeżeli szczegółowe przepisy nie stanowią inaczej, to:

- a/ za rozmiary konturu wady wyznaczonego na powierzchni badania należy przyjąć jego długość i szerokość, a powierzchnię wady obliczyć jako iloczyn tej długości i szerokości,
- b/ przez długość wady należy rozumieć największy wymiar konturu wady, a za szerokość największy wymiar tego konturu w kierunku prostopadłym do długości /rys. 12/.

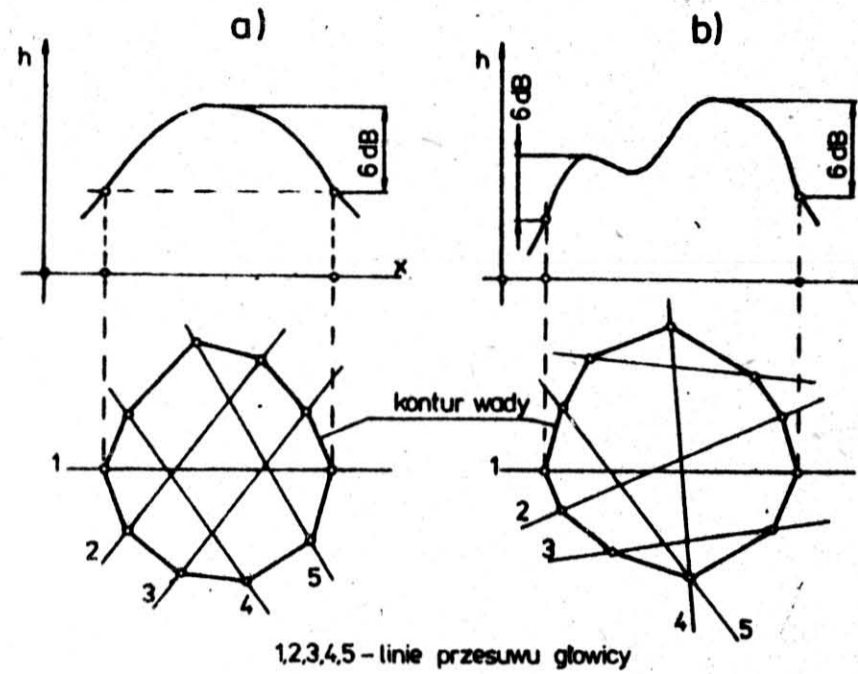
**6.2. Wyznaczanie konturu wady metodą pomiaru przesunięcia głowicy przy względnym progu rejestrowalności**

**6.2.1. Uwagi ogólne.** W przypadku gdy straty przejścia do powierzchni badania mieszczą się w granicach  $\pm 2$  dB, zaleca się stosować metodę pomiaru przesunięcia głowicy przy 6 dB progu rejestrowalności echa. Natomiast gdy lokalne zmiany strat przejścia wahają się w granicach szerszych niż  $\pm 2$  dB, zaleca się stosować metodę pomiaru przesunięcia głowicy przy 10 lub 20 decybelowym progu rejestrowalności echa.

**6.2.2. Wyznaczanie konturu wady przy 6 dB progu rejestrowalności echa.** W celu wyznaczenia konturu wady należy przemieszczać głowicę wzdłuż różnie zorientowanych linii przesuwu obserwując wskazanie wady na ekranie i zaznaczając na powierzchni badania punkty końcowe odcinków wskazań. Punkty te są wyznaczone przez położenia głowicy, w których obwiednia echa spada o 6 dB poniżej wartości maksymalnej /rys. 13a/ lub, gdy ma ona więcej niż jedno maksimum, przez położenia głowicy w których spada ona o 6 dB względem lokalnego maksimum, położonego na jej brzegu /rys.13b/. Linia łącząca tak wyznaczone końce odcinków wskazań stanowi kontur wady wyznaczonej na danej powierzchni badania.



Rys. 12



Rys.13

**6.2.3. Wyznaczanie konturu wady przy n-decybelowym progu rejestrowalności echa ( $n \geq 6$  dB).**

Sposób ten różni się od przedstawionego w 6.2.2 tym, że:

- punkty końcowe odcinków wskazań są wyznaczone przez położenia głowicy, w których obwiednia echa spada o n decybeli,
- za punkty konturu wady przyjmuje się punkty odległe o  $x$  od końców odcinków wskazań /rys.14/.  
 $x$  jest poprawką, której wartość zależy od typu głowicy, wysokości progu i odległości głowicy od wady /patrz 6.4/.

**6.3. Wyznaczanie konturu wady metoda pomiaru przesunięcia głowicy przy stałym progu rejestrowalności echa.** W celu wyznaczenia konturu wady należy przemieszczać głowicę wzdłuż różnie zorientowanych linii przesuwu obserwując wskazanie wady na ekranie i zaznaczając na powierzchni badania punkty końcowe odcinków wskazań /rys.15/. Punkty te są wyznaczone przez położenia głowicy, w których obwiednia echa spada do wysokości przyjętego progu rejestrowalności echa, którą przyjmuje się równą wysokości echa reflektora płasko-kolistego o określonej średnicy. Z uwagi na to, że wysokość progu zależy od odległości od głowicy do reflektora, należy posługiwać się ekranową skalą OWR. Za punkty konturu wady przyjmuje się punkty odległe o  $\Delta x$  od końców odcinków wskazań.

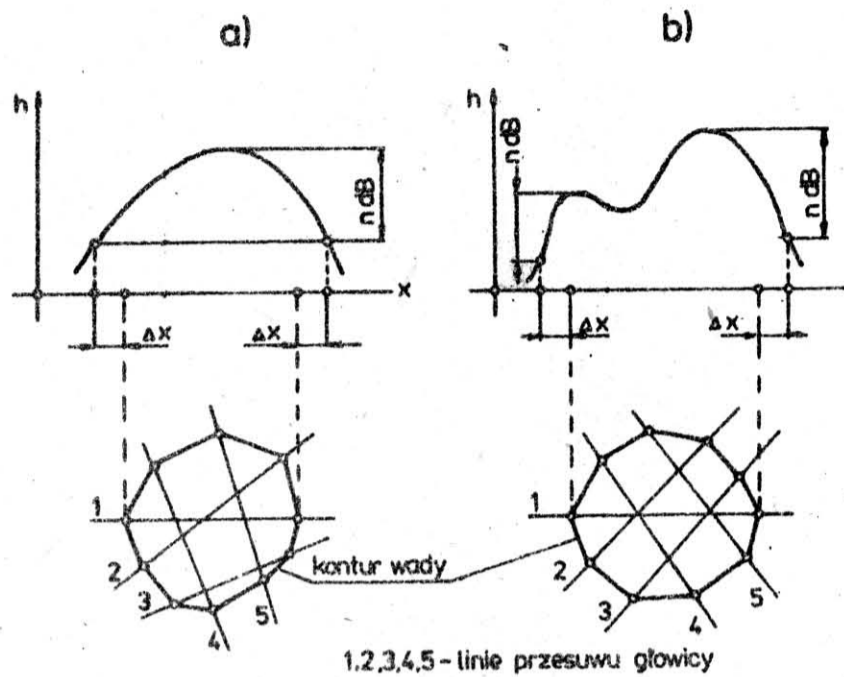
Wartość poprawki  $\Delta x$  zależy od typu głowicy, wysokości progu rejestrowalności oraz odległości od głowicy do wady /patrz 6.4/.

**6.4. Sposób wyznaczenia poprawek na szerokość wiązki fal.** Poprawkę  $\Delta x$  wyznacza się za pomocą wzorców wykonanych według 2.4.3. Poprawkę oblicza się z wzoru

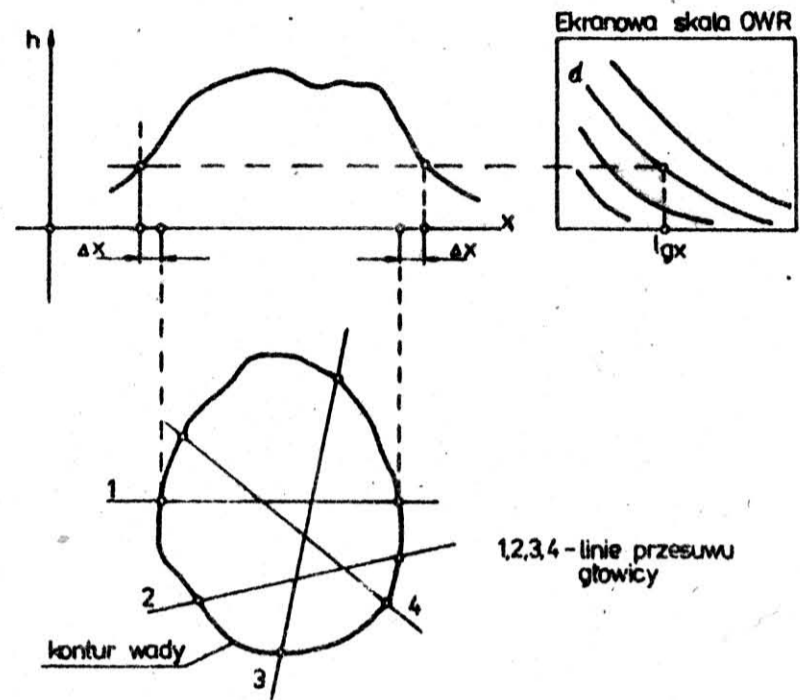
$$\Delta x = 0,5 (x - L_0) \quad /21/$$

gdzie:  $x$  - długość odcinka wskazań rowka we wzorcu przy przyjętym progu rejestrowalności echa  
 $L_0$  - szerokość rowka. Tak wyznaczone poprawki należy przedstawić w postaci tabeli lub wykresu.





Rys. 14



Rys. 15

### 7. PROTOKÓŁ BADANIA

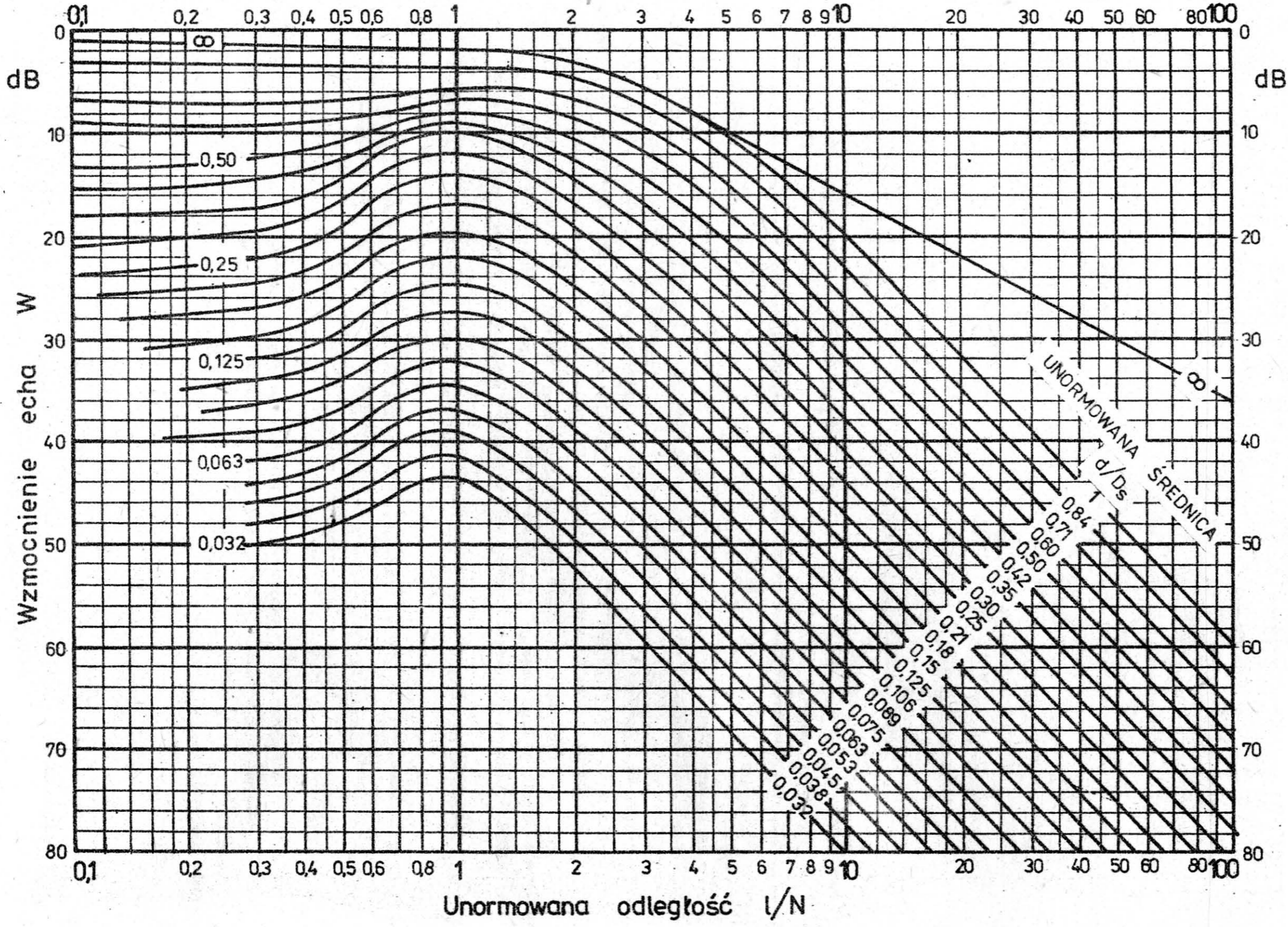
W protokóle badania należy:

- a/ podać, że rozmiary wad wyznaczono zgodnie z niniejszą normą,
- b/ podać typ głowicy i defektoskopu,
- c/ opisać zastosowaną metodę, na przykład:
  - za pomocą nieunormowanego wykresu OWR,
  - za pomocą unormowanego uniwersalnego wykresu OWR,
  - za pomocą ekranowej skali OWR,
  - metodą obliczeniową,
  - metodą pomiaru przesunięcia głowicy przy względnym 6 dB /lub n dB/ progu rejestrowalności echa,
  - metodą pomiaru przesunięcia głowicy przy stałym progu rejestrowalności echa na poziomie echa reflektora płasko-kolistego o średnicy ... mm,
- d/ podać położenie powierzchni badania z których wyznaczono rozmiary wad.

K O N I E C

Załącznik 1  
Informacje dodatkowe

Unormowany uniwersalny wykres OWR



1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Metalurgii Żelaza im. St. Staszica w Gliwicach.

2. Normy związane

- PN-76/M-70050 Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Nazwy i określenia  
 PN-75/M-70051 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1  
 PN-75/M-70054 Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W2  
 PN-77/M-70055 Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Badanie spoin w złączach doczołowych  
 PN-66/H-04507 Oznaczanie wielkości ziarna metali  
 PN-73/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni

3. Normy zagraniczne

ČSN 01 5022 Zkoušení materiálu a výrobků ultrazvukem. Stanovení náhradní velikosti vady

4. Autorzy projektu normy. Dr Julian Deputat i mgr inż. Jacek Szelażek - Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa, doc. mgr inż. Adam Stryk - Instytut Metalurgii Żelaza, Gliwice

5. Wartości wyrażenia  $10^{-\frac{\Delta W}{40}}$  we wzorach /19/ i /20/

Tablica I-1

$\Delta W, \text{ dB}$	$10^{-\frac{\Delta W}{40}}$	$\Delta W, \text{ dB}$	$10^{-\frac{\Delta W}{40}}$
0	1	0	1
-1	1,06	1	0,944
-2	1,12	2	0,891
-3	1,19	3	0,841
-4	1,26	4	0,794
-5	1,33	5	0,750
-6	1,41	6	0,708
-7	1,50	7	0,668
-8	1,58	8	0,631
-9	1,68	9	0,596
-10	1,78	10	0,562
-11	1,88	11	0,531
-12	1,98	12	0,504
-13	2,11	13	0,473
-14	2,24	14	0,447
-15	2,37	15	0,422
-16	2,51	16	0,398
-17	2,66	17	0,376
-18	2,82	18	0,355
-19	2,98	19	0,335
-20	3,16	20	0,316
-21	3,35	21	0,299
-22	3,55	22	0,282
-23	3,76	23	0,266
-24	3,98	24	0,251
-25	4,22	25	0,237
-26	4,47	26	0,223
-27	4,73	27	0,211
-28	5,01	28	0,200
-29	5,31	29	0,188
-30	5,61	30	0,178

6. Pomiar współczynnika tłumienia fal ultradźwiękowych

6.1. Pomiar współczynnika tłumienia fal podłużnych wykonuje się za pomocą głowicy normalnej, przy użyciu próbki płasko-równoległej. Zakres obserwacji dobiera się tak, by na ekranie wystąpił ciąg kilku echa dna /rys. I-1a/. Przebieg pomiaru:

- a/ zmierzyć wzmocnienie  $W_{dm}$  m-tego echa dna zgodnie z 3.3,  
 b/ zmierzyć wzmocnienie  $W_{dn}$  n-tego echa dna ( $n > m$ ) j.w.,  
 c/ obliczyć współczynnik tłumienia z wzoru

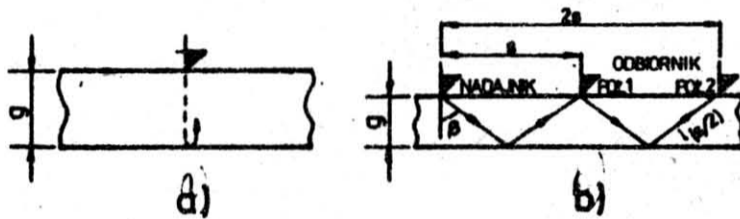
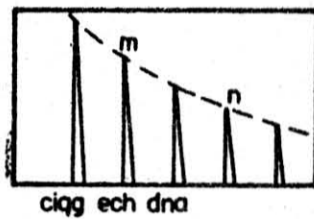
$$\alpha = \frac{(W_{dn} - W_n) - (W_{dm} - W_m)}{2g(n - m)} \quad /I-1/$$

gdzie:  $W_n$  odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = ng$ ,  $W_m$  odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = mg$ .

**6.2. Pomiar współczynnika tłumienia fal poprzecznych** wykonuje się za pomocą 2 jednakowych głowic skośnych, przy użyciu próbki płaskorównoległej. Głowice te są włączone do defektoskopu tak, by jedna z nich pracowała jako nadawcza, a druga jako odbiorcza. Przebieg pomiaru /rys. I-1b/:

- ustawić głowice tak, by odległość między nimi była równa długości skoku  $s$  /należy uzyskać maksymalne echo/, po czym zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{d1}$ , zgodnie z 3.3,
- ustawić głowice tak, by odległość między nimi była równa podwójnej długości skoku  $2s$  /należy uzyskać maksymalne echo/, po czym zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{d2}$ , j.w.,
- współczynnik tłumienia obliczyć z wzoru

$$\alpha = \frac{(W_{d2} - W_2) - (W_{d1} - W_1)}{2 l_{s/2}} \quad /I-2/$$



Rys. I-1

gdzie:  $W_1$  - odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = l_{s/2} = g/\cos \beta$ ,  
 $W_2$  - odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = 2 l_{s/2} = 2g/\cos \beta$  \* /.

### 7. Wyznaczanie strat przejścia w elementach płasko-równoległych

**7.1. Wyznaczenie strat przejścia dla głowicy normalnej.** Do realizacji pomiaru potrzebny jest płasko-równoległy wzorec o gładkiej powierzchni, np. wzorec kontrolny  $W_1$  lub  $W_2$ . Przebieg pomiaru /rys. I-2a/:

- ustawić głowicę na elemencie badanym i zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{dx}$ , zgodnie z 3.3,
- ustawić głowicę na wzorcu i zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{do}$  j.w.,
- straty przejścia obliczyć z wzoru:

$$\Delta W_{px} = (W_{dx} - W_x - \Delta W_{tx}) - (W_{do} - W_o - \Delta W_{to}) \quad /I-3/$$

gdzie:  $W_x$  - odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = g_x$ ,  $W_o$  - odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla  $l_g = g_o$ .

$$\Delta W_{tx} = 2g_x \alpha_x, \quad \Delta W_{to} = 2g_o \alpha_o.$$

W przypadku gdy oba elementy są wykonane z jednakowego materiału i są jednakowej grubości

$$\Delta W_{px} = W_{dx} - W_{do} \quad /I-3a/$$

### 7.2. Wyznaczanie strat przejścia dla głowicy skośnej - sposób 1.

Do realizacji pomiaru potrzebne są:

- druga identyczna głowica skośna,
- próbka płasko-równoległa o gładkiej powierzchni, traktowana jako próbka odniesienia.

\* / Wzmocnienia  $W_1$  i  $W_2$  odczytuje się dla odległości  $l_g$  równej połowie długości drogi fal od głowicy nadawczej do głowicy odbiorczej.

Główce są włączone do defektoskopu tak, by jedna pracowała jako nadawcza, a druga jako odbiorcza. Przebieg pomiaru /rys. I-2b/:

- a/ ustawić główce na elemencie badanym, tak by odległość między nimi była równa długości skoku  $s_x$  /należy uzyskać maksymalne echo/ i zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{dx}$  zgodnie z 3.3,
- b/ ustawić główce na elemencie odniesienia, tak by odległość między nimi była równa długości skoku  $s_o$  /należy uzyskać maksymalne echo/ i zmierzyć wzmocnienie echa dna  $W_{do}$  j.w.,
- c/ straty przejścia obliczyć z wzoru /I-3/ lub /I-3a/, przy czym:

$$W_x - \text{odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla } l_g = l(s/2)_x = s_x / \cos \beta,$$

$$W_o - \text{odczytane z wykresu OWR wzmocnienie echa dna dla } l_g = l(s/2)_o = s_o / \cos \beta,$$

$$\Delta W_{tx} = 2 l(s/2)_x \alpha_x = 2 s_x \alpha_x / \cos \beta,$$

$$\Delta W_{to} = 2 l(s/2)_o \alpha_o = 2 s_o \alpha_o / \cos \beta.$$

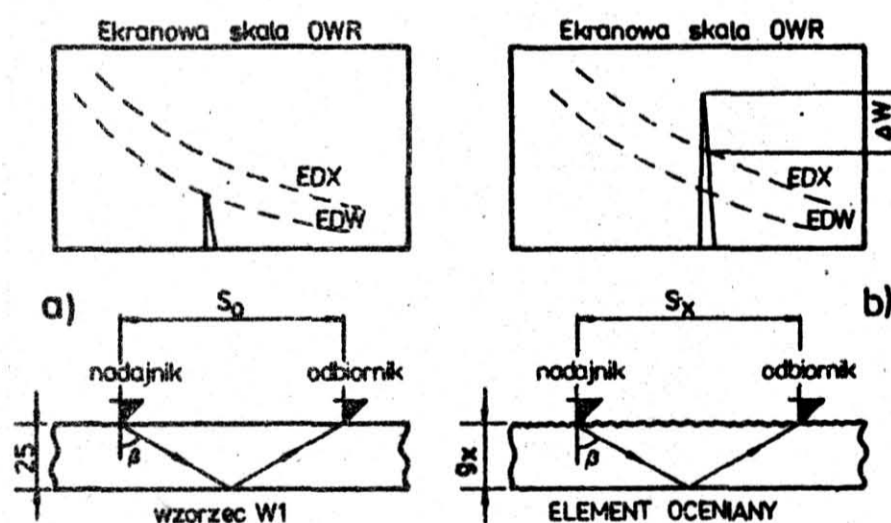
7.3. Wyznaczanie strat przejścia dla głowicy skośnej - sposób 2.

Do realizacji potrzebne są:

- druga identyczna głowica skośna,
- wzorzec kontrolny W1,
- skala ekranowa OWR posiadająca krzywe echa dna wzorca kontrolnego W1 i materiału badanego /zgodnie z 4.4.1/.

Główce należy włączyć do defektoskopu tak, by jedna pracowała jako nadawcza, a druga jako odbiorcza. Przebieg pomiaru:

- a/ ustawić główce na wzorcu W1, tak by odległość między nimi była równa długości skoku  $s_x$  /należy uzyskać maksymalne echo/, po czym wyregulować wzmocnienie, tak by szczyt echa dotykał krzywej echa dna wzorca W1 /rys.I-3a/,
- b/ ustawić główce na elemencie ocenianym, tak by odległość między nimi była równa długości skoku  $s_o$  /należy uzyskać maksymalne echo/, po czym, obserwując echo dna /rys. I-3b/, zmniejszyć wzmocnienie o  $\Delta W$ , tak by szczyt echa znalazł się na krzywej echa dna materiału badanego; wartość  $\Delta W$  jest równa stratom przejścia  $\Delta W_{px}$ .



Rys. I-3