

Główce ultradźwiękowe — podstawowe informacje

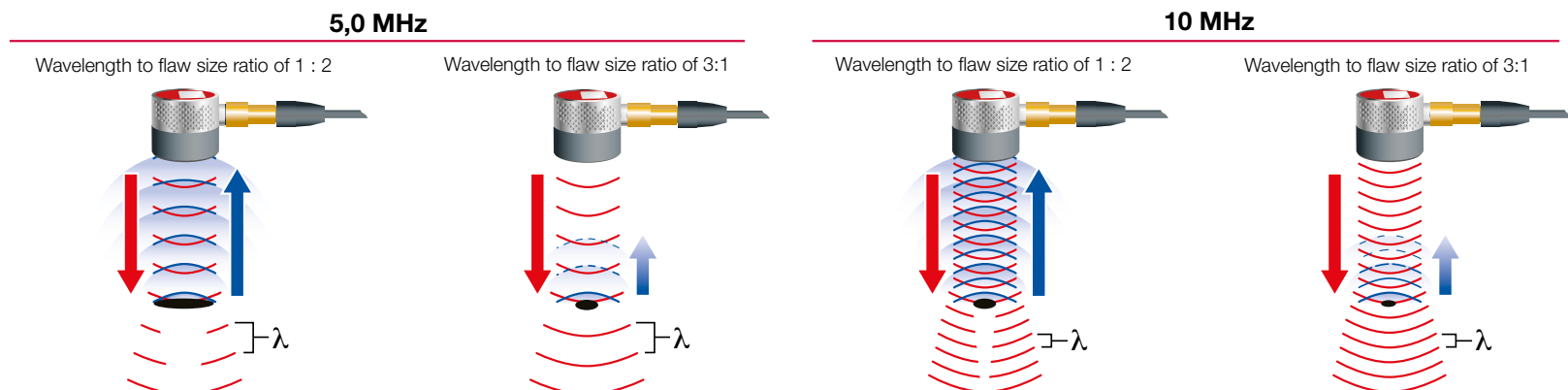
Dobór częstotliwości

Wraz ze wzrostem częstotliwości zmniejsza się długość fali — umożliwia to wykrywanie drobnych wad oraz zwiększa precyzję w zakresie grubości/lokalizacji. Wraz ze spadkiem częstotliwości zwiększa się długość fali, co skutkuje zwiększeniem głębokości penetracji w grubych i/lub tłumiących materiałach. Na wybór częstotliwości wpływają również inne czynniki, takie jak długość pola bliskiego, rozproszenie wiązki i jej średnica.

W powszechnie stosowanej kontaktowej technice typu pulse-echo, dla stali drobnoziarnistych, zazwyczaj stosowane są częstotliwości od 2,25 MHz do 5,0 MHz. Staliwo ze średnią zawartością węgla jest zazwyczaj badane w zakresie częstotliwości od 1,0 MHz do 5,0 MHz. W przypadku stali wysokowęglowych i wysokostopowych mogą być wymagane niższe częstotliwości w zakresie od 0,5 MHz do 1,0 MHz. Podczas testów cienkich tworzyw sztucznych i ceramiki stosowane są częstotliwości od 20 MHz wzwyż. Zasadniczo długość fali powinna być równa minimalnemu rozmiarowi wykrywanej wady lub mniejsza od niego.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Gdzie:}$$

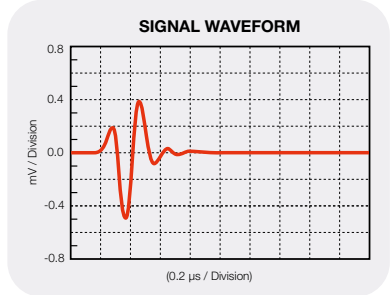
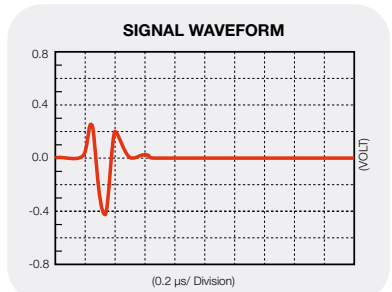
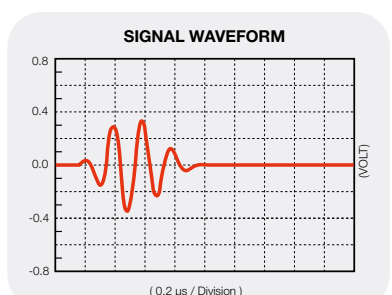
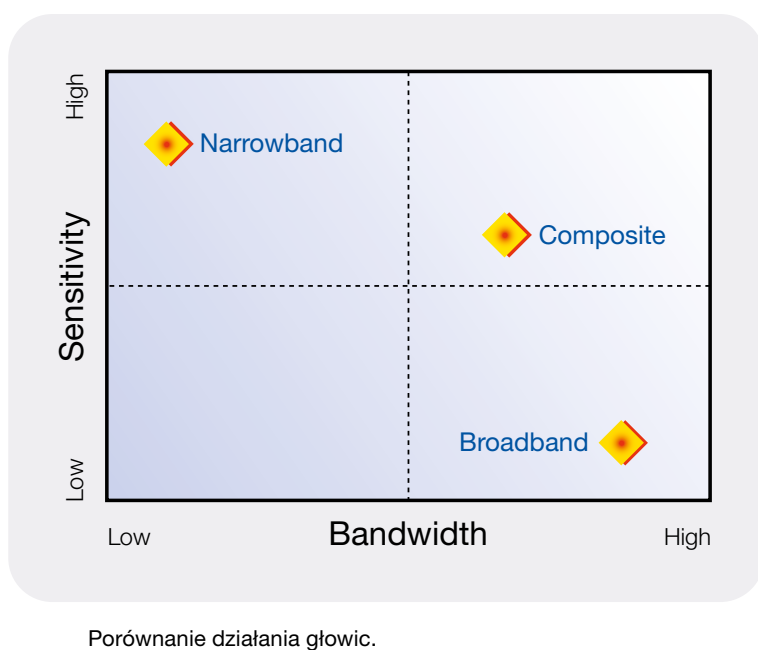
λ = długość fali
 c = prędkość dźwięku w materiale
 f = częstotliwość



Długość fali maleje wraz ze wzrostem częstotliwości, co skutkuje zwiększeniem czułości umożliwiającym wykrywanie niewielkich wad.

Znaczenie szerokości pasma

Szerokość pasma głowicy określa częstotliwość wyjściową, która z kolei wpływa na parametry działania głowicy. Szerokość pasma jest powszechnie definiowana jako zakres pomiędzy częstotliwością minimalną i maksymalną, które występują w widmie przy amplitudzie -6 dB od częstotliwości środkowej. Wąskie pasmo często poprawia czułość, szerokie pasmo z kolei korzystnie wpływa na rozdzielczość w obszarze bliskim powierzchni.



Główce o wąskim paśmie

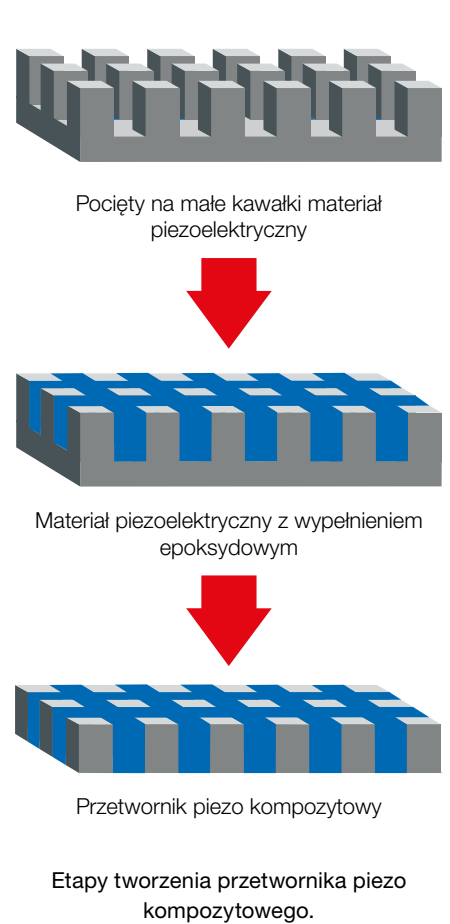
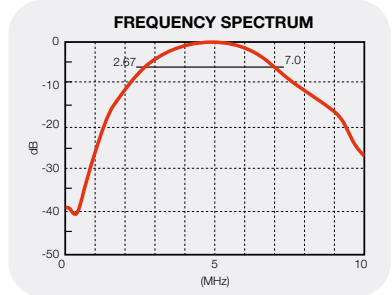
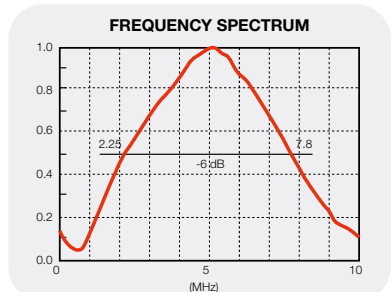
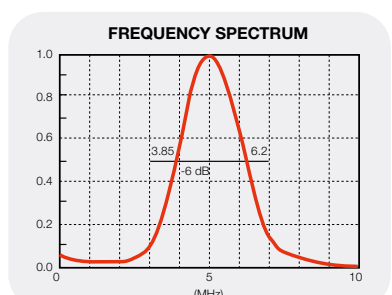
Głowica o wąskim paśmie charakteryzuje się węższym widmem częstotliwości i dłuższym czasem występowania artefaktu dzwonienia (ringdown) dzięki mocno wytłumionej konstrukcji, zapewniając w ten sposób lepszą rozdzielczość w obszarze bliskim powierzchni i rozdzielczość osiową. Głowice te są powszechnie używane w zastosowaniach takich jak pomiar grubości, pomiar prędkości dźwięku oraz techniki dyfrakcyjne TOFD (time-of-flight diffraction).

Główce o szerokim paśmie

Głowica o szerokim paśmie charakteryzuje się szerszym widmem częstotliwości i krótszym czasem występowania artefaktu dzwonienia (ringdown) dzięki mocno wytłumionej konstrukcji, zapewniając w ten sposób lepszą rozdzielczość w obszarze bliskim powierzchni i rozdzielczość osiową. Głowice te są powszechnie używane w zastosowaniach takich jak pomiar grubości, pomiar prędkości dźwięku oraz techniki dyfrakcyjne TOFD (time-of-flight diffraction).

Główce kompozytowe

Kompozytowy przetwornik głowicy wycinany jest ze standardowego elementu, a następnie zostaje wypełniony materiałem epoksydowym, co zmienia jego właściwości mechaniczne i elektryczne. Dzięki temu otrzymujemy głowicę o szerokim paśmie i wysokiej czułości. Przetworniki kompozytowe mają niską impedancję akustyczną, co powoduje bardziej efektywny transfer energii do innych materiałów o niskiej impedancji. Przetworniki kompozytowe lepiej wykrywają wady w materiałach tłumiących, w przypadku których wymagana jest dobra rozdzielczość w obszarze bliskim powierzchni, wysoka czułość i wysoki stosunek sygnału do szumu.

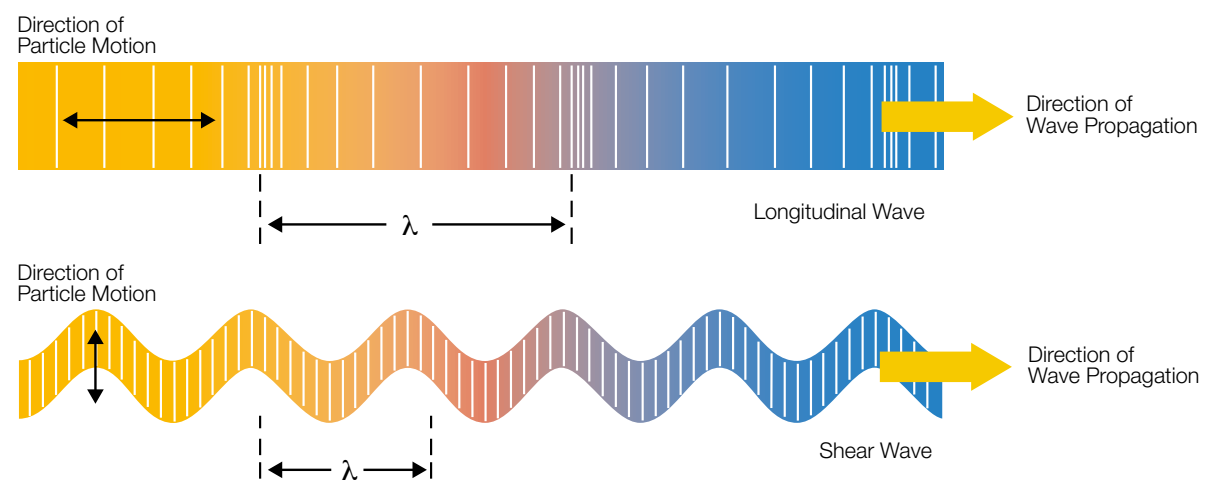


Znaczenie trybu fal

Tryb fal jest definiowany przez ruch cząstek w próbce. Dwa najczęstsze tryby fal, które są wykorzystywane w nieniszczących badaniach ultradźwiękowych, to fale wzdłużne i poprzeczne. Te dwa tryby powodują przemieszczanie fal w materiale przy różnych prędkościach. Długość fali w przypadku trybu fal poprzecznych zwykle odpowiada około 1/2 długości fali charakterystycznej dla trybu fal wzdłużnych przy danej częstotliwości.

Fale wzdłużne — w tym trybie cząstki poruszają się w takim samym kierunku jak fala. Fale wzdłużne są wykorzystywane do większości zastosowań związanych z pomiarem grubości i defektoskopią wiązką prostą, jak również do defektoskopii wiązką kątową w materiałach gruboziarnistych, takich jak stale nierdzewne, przez które nie mogą przeniknąć krótsze fale.

Fale poprzeczne — w tym trybie cząstki przemieszczają się prostopadle względem kierunku, w którym porusza się fala. Ze względu na to, że długość fali poprzecznej wynosi na ogół około 1/2 długości fali wzdłużnej, przy danej częstotliwości można zlokalizować mniejsze wady. Fale poprzeczne są wykorzystywane do poprawy wykrywania fal odbijanych od małych wad podczas defektoskopii wiązką kątową, jak również do określania składowych prędkości fal poprzecznej w celu charakterystyki materiału.



Porównanie ruchu cząstek w trybie fal wzdłużnej i poprzecznej.

Co daje ogniskowanie?

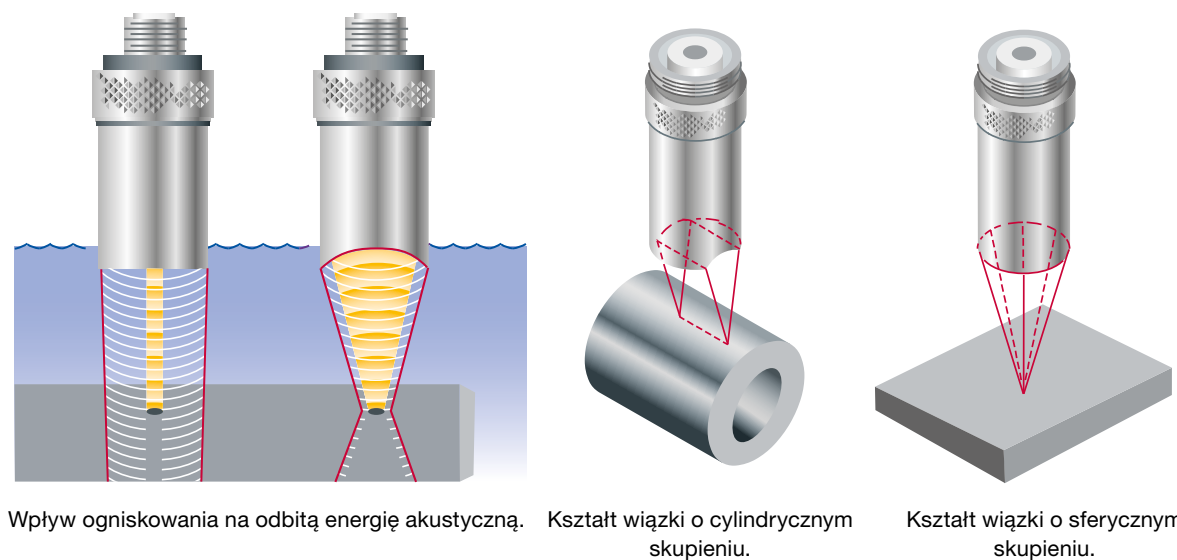
W przypadku głowicy z płaską powierzchnią za naturalny punkt ogniskowania wiązki uznaje się granicę pola bliskiego głowicy. Jest to punkt, w którym znajduje się największa ilość energii dźwiękowej na jednostkę powierzchni i wytwarzane jest maksymalne echo pochodzące od obiektu docelowego lub odbijającej fale wady. Głowice zanurzeniowe umożliwiają ogniskowanie za pomocą soczewki w celu zwiększenia koncentracji energii dźwiękowej w ognisku. Jeśli energia dźwiękowa jest skupiona w wiązce o mniejszej średnicy, mała wada będzie odbijać większą ilość energii wyjściowej głowicy. Głowice mogą być zogniskowane sferycznie i cylindrycznie.

Średnica wiązki jest związana z odległością ogniskową, prędkością dźwięku w materiale, częstotliwością i średnicą przetwornika. Zależność tę opisuje następujący wzór:

$$BD (-6 \text{ dB}) = \frac{1,02 Fc}{fD}$$

Gdzie:

BD = średnica wiązki
 F = odległość ogniskowa
 c = prędkość dźwięku w materiale
 f = częstotliwość
 D = średnica przetwornika



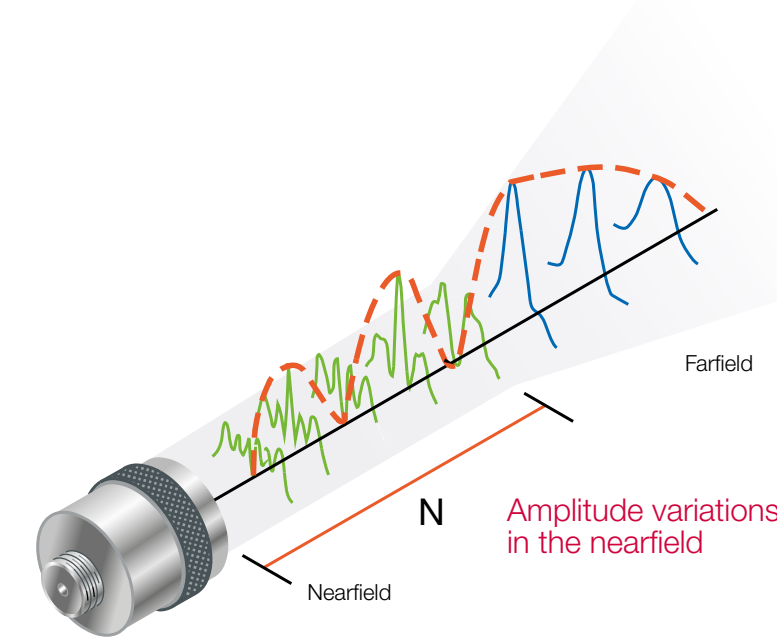
Co to jest pole bliskie?

Pole bliskie to obszar znajdujący się bezpośrednio przed głowicą, w którym amplituda echa jest bardzo zróżnicowana ze względu na konstruktywną i destruktywną interferencję pochodzącą od wibrującego przetwornika aktywnego. Koniec pola bliskiego to naturalny punkt ogniskowania głowicy, w którym pole dźwiękowe osiąga maksymalną amplitudę, a następnie ciśnienie pola dźwiękowego zaczyna stopniowo spadać do zera. Długość pola bliskiego jest związana ze średnicą przetwornika, częstotliwością oraz prędkością dźwięku w materiale. Zależność tę opisuje następujący wzór:

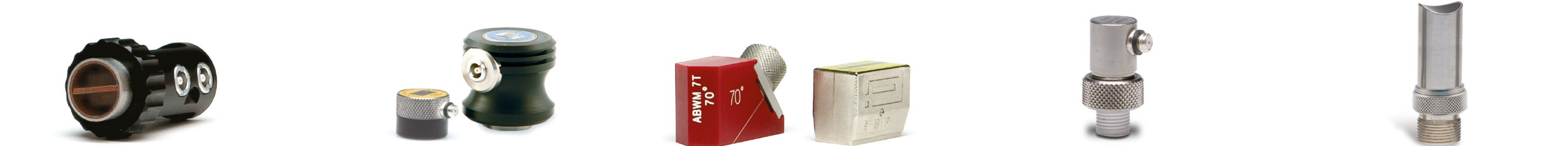
$$N = \frac{D^2 f}{4c}$$

Gdzie:

N = pole bliskie
 D = średnica przetwornika
 f = częstotliwość
 c = prędkość dźwięku w materiale



Rodzaje sond



Głowica podwójna

W głowicach tego typu wykorzystywane są odrębne przetworniki nadawcze i odbiorcze — umożliwia to uzyskanie efektu pseudogniskowania, co jest korzystne przy badaniu części o chropowatych powierzchniach tylnych ścianek. Zastosowania to między innymi pomiary pozostałej grubości ścianek, monitorowanie korozji/erozji oraz zastosowania wysokotemperaturowe.

Głowica kontaktowa (prosta)

Głowica ta, przeznaczona do bezpośredniego kontaktu z badaną próbką, zazwyczaj charakteryzuje się twardą powierzchnią użytkową zoptymalizowaną do kontaktu z większością metali. Zastosowania to między innymi defektoskopia wiązką prostą oraz pomiar grubości i prędkości.

Głowica kątowa

Demontowalny lub wbudowany klin głowicy z wiązką pod kątem wprowadza falę dźwiękową do badanego obiektu pod kątem. Głównie zastosowania to kontrola spoin i inne techniki defektoskopii i wymiarowania pęknięć, w tym techniki dyfrakcyjne TOFD (time-of-flight diffraction).

Głowica z linią opóźniającą

Zastosowanie dodatkowego kawałka materiału — zwanego linią opóźniającą — pomiędzy głowicą a badanym materiałem powoduje oddzielenie echa od zwróconego impulsu wzbudzenia i/lub izoluje przetwornik głowicy od ciepła. Zastosowania to między innymi pomiary grubości i defektoskopia cienkich materiałów, a także zastosowania wysokotemperaturowe.

Głowice zanurzeniowe

Głowice zanurzeniowe są przeznaczone do stosowania na próbce, która jest częściowo lub całkowicie zanurzona w wodzie. Woda działa zarówno jako jednorodna substancja sprężająca, jak i płynna linia opóźniająca. Głowica tego typu świetnie nadaje się do zautomatyzowanego skanowania, pomiarów grubości na linii produkcyjnej i szybkiej defektoskopii. Można ją także zogniskować w celu poprawy czułości wykrywania fal odbijanych od małych wad.