

Ćwiczenie Nr 555. Ultradźwiękowe badanie metali

I. Literatura

1. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, część II. Praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk i J. Typka, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej
2. Resnick D., Holliday, Fizyka t. II, PWN, Warszawa, 1998

I. Tematy teoretyczne:

Równanie falowe, parametry fal, prawo odbicia i załamania fal, fale mechaniczne i ich propagacja, dyspersja fal, energia i natężenie fali, absorpcja fal w ośrodku materialnym, moduły sprężystości ośrodka, ultradźwięki ich wytwarzanie i zastosowanie.

II. Wykaz przyrządów:

Defektoskop ultradźwiękowy DI60, głowica do fal podłużnych, głowica do fal poprzecznych, suwmiarka (wypożyczyć w pok. 619)

III. Wykonanie ćwiczenia

A) Przygotowanie defektoskopu do pracy:

4. Włączyć defektoskop przyciskiem ON i odczekać kilkanaście sekund, w czasie których przyrząd przeprowadzi autotest.
5. Do końca przewodu pomiarowego dołączyć głowicę ultradźwiękową dla fal podłużnych (ta o przekroju okrągłym).
6. Wcisnąć przycisk MENU, za pomocą przycisków kierunkowych $\uparrow\downarrow$ wybrać opcję „4.TYP GŁOWICY” i zatwierdzić przyciskiem ENTER.
4. Przyciskiem \rightarrow wybrać typ głowicy 2L.0.20C i zatwierdzić przyciskiem ENTER.

B) Pomiar prędkości podłużnych fal ultradźwiękowych w metalach.

1. Wcisnąć przycisk MENU i za pomocą przycisków $\uparrow\downarrow$ wybrać opcję „3. PRĘDKOŚĆ” zatwierdzić przyciskiem ENTER - pojawi się napis „PRĘDKOŚĆ NIETYPOWA”.
2. Przyciskiem \rightarrow wybrać „PRĘDKOŚĆ MIERZONA” - zatwierdzić przyciskiem ENTER.
3. W odpowiedzi na pytanie „UWZGLĘDNIAC ZERO GŁOWICY TAK?” przyciskami $\leftarrow\rightarrow$ wybrać „NIE” i zatwierdzić przyciskiem ENTER.
4. Zmierzyć suwmiarką grubość badanej próbki. Jako pierwszą próbkę wybrać próbkę A (wyższy stalowy walec).
5. Zwilżyć powierzchnię roboczą głowicy ultradźwiękowej olejem silikonowym w celu zapewnienia jej dobrego kontaktu z powierzchnią próbki i ustawić ją centralnie na próbce.
6. Wcisnąc kilkakrotnie przycisk „m” wybrać opcję „M2 $\leftarrow\rightarrow$ M” i wcisnąć przycisk \leftarrow lub \rightarrow tak, aby na ekranie widać było około 3-6 impulsów.
7. Ponownie wcisnąć przycisk „m” i gdy pojawi się opcja „M2 $\leftarrow\rightarrow$ MZ” wcisnąc i przytrzymując przycisk \leftarrow lub \rightarrow uzyskać na ekranie dokładnie 5 impulsów.
8. Jeśli jest to pierwszy pomiar w tej serii wcisnąć 1 raz przycisk „dB” (wyłączenie automatycznej regulacji wzmocnienia) i przyciskami $\uparrow\downarrow$ doprowadzić do tego, aby wszystkie widoczne impulsy przekraczały wysokością środkową linię ekranu (niektóre z impulsów mogą przy tym wychodzić poza ekran).

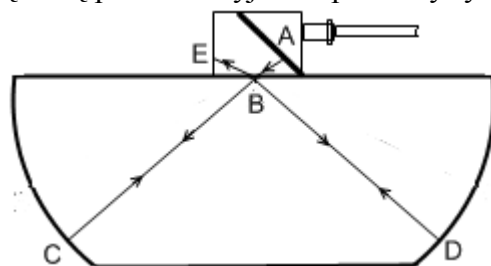
9. Przyciskiem „m” wybrać opcję „M2 \longleftrightarrow M2”. Przyciskami \longleftrightarrow przesunąć poziomą linię na środku ekranu (nazywaną monitorem) tak, aby obejmowała swym zasięgiem trzeci impuls na ekranie. Jeśli linia jest za krótka przyciskiem „m” wybieramy opcję „M2 \longleftrightarrow M2R” i wydłużamy prawy koniec linii. Następnie przyciskiem „m” wybrać opcję „M2 \longleftrightarrow M1” i przyciskami \longleftrightarrow ustawić położenie monitora na drugim impulsie. Długość tej linii można zmieniać przy wybraniu przyciskiem „m” opcji „M2 \longleftrightarrow M1R”. Czynności te mają za zadanie wskazanie defektoskopowi, które linie ma uwzględniać przy pomiarze.
10. Wcisnąć przycisk ENTER- pojawi się napis „RZECZ. ODLEGLOSC?” i „M1- 056.1-M2” (lub podobny). Przyciskami \longleftrightarrow wprowadzić wartość grubości próbki zmierzona w punkcie 4. Wcisnąć ENTER.
11. Zapisać wartość prędkości, która pojawi się na ekranie i wcisnąć ENTER. Na pytanie „ZAPAMIĘTAĆ POMIAR” przyciskiem \rightarrow wybrać „NIE”. Wcisnąć ENTER.
12. Na pytanie „POWTÓRZYĆ POMIAR?” odpowiedzieć „TAK” wciskając ENTER, chyba, że zostały przebadane już wszystkie próbki- wówczas przyciskiem \rightarrow wybrać „NIE”, zatwierdzić ENTER-em i przejść do punktu C tej instrukcji.
13. Dla tej samej próbki powtórzyć pomiar, zaczynając od punktu 9, ustawiając monitory M2 i M1 na kolejnych, sąsiadujących impulsach: 3-4 i 4-5.
14. Powtórzyć pomiary poczynając od punktu 3 dla jeszcze trzech kolejnych próbek: aluminiowej C, miedzianej E, mosiężnej G. Jako ostatnią przebadać aluminiową próbkę X o przekroju pokazanym na rysunku obok.
15. Po zmierzeniu prędkości w ostatniej próbce na pytanie „ZAPAMIĘTAĆ POMIAR” przyciskiem \rightarrow wybrać „TAK”. Wcisnąć ENTER.
16. Dla każdej próbki obliczyć moduł sprężystości dla fal podłużnych E (moduł Younga) według wzoru:

$$E = v_{\parallel}^2 \cdot \rho$$

Gęstość ρ dla danego materiału odczytać z tablic.

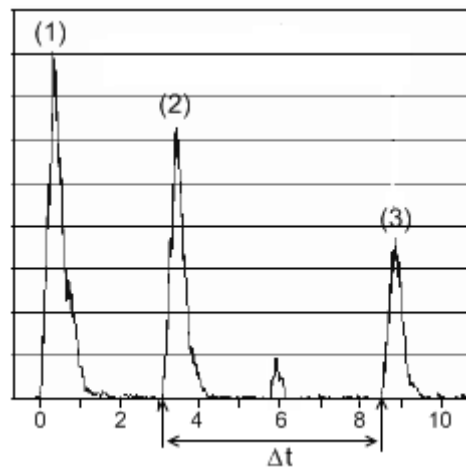
C) Pomiar prędkości rozchodzenia się fal poprzecznych w metalu.

Do pomiaru prędkości fal poprzecznych wykorzystujemy próbkę o specjalnie wybranym kształcie i głowicę kątową. Ideę pomiaru wyjaśnia poniższy rysunek:



Sygnal ultradźwiękowy z głowicy A pada w punkcie B powierzchnię próbki wyciętej z walca. Punkt B jest środkiem tego walca. Fala padając pod pewnym kątem wymusza poprzeczne drgania cząsteczek ośrodka, tym samym obok fali podłużnej w ośrodku pojawia się fala poprzeczna. Przy przejściu do ośrodka o większym współczynniku załamania (aluminium) fala ulega załamaniu i biegnie w kierunku powierzchni bocznej walca. Odcinek B-C jest promieniem walca, fala pada więc w punkcie C prostopadłe do powierzchni (kąt padania=0) i po odbiciu wraca tą samą drogą do punktu B. W punkcie B fala częściowo załamuje się wracając do odbiornika (A) głowicy, a częściowo odbija się przebywając drogę B-D-B. W punkcie B ponownie częściowo załamuje się, ale tym razem nie trafia do odbiornika głowicy co widać na rysunku (punkt E). Dopiero po przejściu kolejnego dystansu B-C-B impuls trafia do odbiornika głowicy. Na ekranie

widać obraz podobny do tego na rysunku poniżej. Głowica oprócz impulsu nadawczego (1) odbierze impuls (2) który przebył drogę B-C-B równą 2 promieniom walca oraz impuls (3), który przebył dodatkowo drogę B-D-B-C-B, a więc o 4 promienie walca dłuższą niż droga impulsu (2). Zatem odczytanemu z ekranu czasowi Δt , który upłynął między zarejestrowaniem impulsu (2) i (3) odpowiada przebyta przez falę poprzeczną droga $4r$ czyli równa czterem promieniom walca. Znając promień walca i odczytując z ekranu czas można obliczyć prędkość fali poprzecznej. Dodatkowy, niewielki impuls pomiędzy impulsem (2) i (3) powstaje prawdopodobnie wskutek rozproszenia fali na innych powierzchniach próbki lub echa fali podłużnej- proszę przeanalizować ten efekt.



Aby zmierzyć prędkość fal poprzecznych w próbce musimy wyskalować oś poziomą wyświetlacza defektoskopu w jednostkach czasu. Defektoskop uczyni to automatycznie, dokonując obliczeń w oparciu o zapamiętaną prędkość fal podłużnych, jeśli wykonamy następujące czynności:

1. Wcisnąć „MENU” i przyciskami $\uparrow\downarrow$ wybrać „18 JEDNOSTKI” i ENTER.
2. Przyciskami $\leftarrow\rightarrow$ wybrać „ μs ”. ENTER.
3. Wcisnąć „MENU” i przyciskami $\uparrow\downarrow$ wybrać opcję „4.TYP GŁOWICY” i zatwierdzić przyciskiem ENTER.
4. Zamienić głowicę na fale podłużne na głowicę prostokątną i przyciskiem \rightarrow wybrać typ głowicy 4T 45° 18C. Zatwierdzić przyciskiem ENTER.
5. Przyciskami $\leftarrow\rightarrow$ wybrać czas 200 μs - taki czas odpowiada 10 działkom na skali poziomej.
6. Przyciskami $\uparrow\downarrow$ ustawić takie wzmocnienie, aby obraz na ekranie przypominał ten na rysunku powyżej. W razie potrzeby wcisnąć przycisk „dB”.
7. Odczytać czas Δt z ekranu oraz niepewność odczytu czasu.
8. Zmierzyć średnicę d walca-próbki. ($d=2r$).
9. Obliczyć prędkość fali poprzecznej w aluminium ze wzoru $v=2d/ \Delta t$ oraz jej niepewność.
10. Obliczyć moduł sprężystości dla fal poprzecznych G według wzoru:

$$G = v_{\perp}^2 \cdot \rho$$

Gęstość ρ dla aluminium odczytać z tablic.

D) Pomiar głębokości położenia defektu w próbce:

1. Wyłączyć defektoskop i ponownie go włączyć (najprostsza metoda skasowania banków pamięci).

2. Wymienić z powrotem głowicę prostokątną na głowicę na falę podłużną i wykonać czynności opisane w podpunktach 3 i 4 punktu A.
3. Zmienić jednostki pomiarowe na „cm” tak jak to opisano w podpunktach 1,2 punktu C.
4. Zmierzyć grubość próbki F suwmiarką.
5. Zmierzyć prędkość fal poprzecznych w próbce mosiężnej F, tak jak to opisano w punkcie B, stawiając głowicę na brzegu próbki, z dala od widocznej wady. Po wykonaniu pomiaru wybrać opcję „ZAPAMIĘTAĆ POMIAR”.
6. Wcisnąć przycisk MENU i wybrać „POMIAR ODLEGLOSCI”. ENTER, „UWZGLĘDNIAC ZERO GŁOWICY” -wybrać NIE.
7. Ustawić głowicę nad widocznym otworem. Przyciskami $\leftarrow\rightarrow$ wybrać zakres 20cm, a przyciskami $\uparrow\downarrow$ ustawić takie wzmocnienie, aby przynajmniej jeden z niewielkich impulsów widocznych pomiędzy głównymi impulsami przekroczył linię środkową ekranu. Impuls ten powstaje wskutek odbicia fali od defektu.
8. Przyciskiem „m” wybrać monitor M2 i ustawić go tak, aby obejmował lewą krawędź impulsu położonego na lewo od impulsu pochodzącego od defektu.
9. Przyciskiem „m” wybrać monitor M1 i ustawić go tak, aby obejmował impuls pochodzący od wady. Na ekranie pojawi się odległość od powierzchni próbki do środka wady (w tabeli oznaczyłem ją jako h_1).
10. Powtórzyć pomiary z punktów 8 i 9 ustawiając jeden z monitorów na impulsie od defektu, a drugi na impulsie położonym na prawo od niego- w ten sposób zmierzymy odległość od defektu do dna próbki(w tabeli oznaczyłem ją jako h_2).
11. Porównać uzyskane wyniki z wynikami uzyskanymi za pomocą pomiaru położenia defektu za pomocą suwmiarki (w tabeli oznaczyłem je jako h_1 i h_2).

E) Pomiar tłumienia fali w próbce.

1. Ustawić głowicę na próbce A (stalowej).
2. Wcisnąć przycisk MENU i wybrać PREDKOSC. ENTER.
3. Gdy pojawi się napis PREDKOSC NIETYPOWA wcisnąć ENTER.
4. Przyciskami $\uparrow\downarrow$ ustawić prędkość jaką uzyskano dla tej próbki podczas pomiarów opisanych w punkcie B.
5. Wcisnąć MENU i wybrać POMIAR TŁUMIENIA, ENTER, a następnie przyciskiem \leftarrow wybrać METODA POMIARU 1.UPROSZCZONA. ENTER.
6. W odpowiedzi na komunikat GRUBOSC ELEMENTU Przyciskami $\uparrow\downarrow$ wprowadzić odpowiednią (zmierzoną w punkcie C) wartość. Po chwili na ekranie powinny pojawić się 4 impulsy- jeden nadawczy i co najmniej trzy echa.
7. Przyciskiem „dB” i przyciskami $\uparrow\downarrow$ ustawić wzmocnienie tak, aby trzeci impuls przekraczał środkową linię na ekranie.
8. Aby rozpocząć pomiary tłumienia należy przyciskami $\leftarrow\rightarrow$:
 - a) Ustawić położenie monitora M2 na pierwszym echu i wcisnąć ENTER.
 - b) Ustawić położenie monitora M2 na drugim echu i wcisnąć ENTER.
 - c) Ustawić położenie monitora M2 na trzecim echu i wcisnąć ENTER.

- Przyrząd dokona automatycznie pomiaru pierwszego echa.
 - d) Po ustaleniu się wzmacnienia wcisnąć ENTER.
 - Przyrząd dokona automatycznie pomiaru drugiego echa.
 - e) Po ustaleniu się wzmacnienia wcisnąć ENTER.
 - Przyrząd dokona automatycznie pomiaru trzeciego echa.
 - f) Po ustaleniu się wzmacnienia wcisnąć ENTER.
 - Na ekranie pojawi się komunikat informujący o wyniku pomiaru tłumienia w jednostkach dB/cm.
 - g) Wcisnąć ENTER na pytanie czy ZAPAMIĘTAĆ POMIARY odpowiedzieć NIE. ENTER.
 - h) Powtórzyć pomiar wybierając przyciskiem ← TAK. Wcisnąc kilkakrotnie przycisk ENTER powtórzymy czynności opisane w punktach c-d-e-f.
 - i) Wcisnąć ENTER lub ESC i powtórnie ENTER, aby zakończyć pomiary.
9. Powtórzyć wszystkie pomiary dla jeszcze jednej, wybranej próbki.

F) Opracowanie wyników pomiarów:

1. Wyniki zebrać w tabeli:

| Punkt B – prędkość fal podłużnych | | | | | | Uwagi |
|-------------------------------------|--------------|--|--|---|-----------------|---|
| Próbka | A stalowa | C aluminiowa | E miedziana | G mosiężna | X aluminiowa | |
| h [cm] | | | | | | |
| v_{\parallel} [m/s] | | | | | | |
| E[Pa] | | | | | | Moduł Younga |
| Punkt C- prędkość fal poprzecznych | | | | | | próbka X |
| d [cm] | | Δt [μs] $\Delta(\Delta t)$ [μs] | \pm | $v_{\perp} \pm \Delta v_{\perp}$ [m/s] | | $v_{\perp} = 2d / \Delta t$ $d = 2r$ |
| G[Pa] | | | | | | |
| Punkt D- położenie defektu w próbce | | | | | | próbka F |
| h [cm] | | | $v_{\parallel} \pm \Delta v_{\parallel}$ [m/s] | | | cała próbka |
| h_1 [cm] | | h_1' [cm] | | h_2 [cm] | | h_2' [cm] |
| | | | | | | h' - suwmiarką |
| Punkt E- tłumienie | | | | | | |
| Próbka A | h [cm] | | tłumienie | | | |
| Próbka ... | h [cm] | | [dB/cm] | | | |

II. Ocena niepewności pomiarowych:

Dla wszystkich przeprowadzonych pomiarów wykonać analizę niepewności pomiarowych. W tym celu zapisać dokładność odczytu mierzonych wartości odczytywanych z ekranu defektoskopu (jest ona różna na różnych zakresach pomiarowych) oraz dokładność użytej suwmiarki.

VII. Podsumowanie i wnioski.