

II PRACOWNIA FIZYCZNA

ĆWICZENIE

Badanie ciał stałych za pomocą ultradźwięków

Opracowali:

dr Marcin Łaciak, prof. UŚ

dr hab. Dariusz Kajewski, prof. UŚ

I. Wstęp

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z nowoczesnymi technikami badania ciał stałych przy pomocy ultradźwięków.

2. Wprowadzenie do tematyki ćwiczenia

Ultradźwięki są falami dźwiękowymi o częstotliwościach większych niż górna granica słyszalności człowieka (ok. 20kHz).

Ważną cechą ultradźwięków jest łatwość ich generowania i detekcji oraz możliwość otrzymania wiązki o dużej gęstości strumienia energii. Ultradźwięki są generowane i rejestrowane przy pomocy przetworników piezoelektrycznych.

Ultradźwięki znalazły obecnie szerokie zastosowania w diagnostyce szczególnie w medycynie (USG), gdzie wykorzystywane są przez specjalistów do wizualizacji narządów wewnętrznych oraz automatyce (czujniki ruchu, urządzenia alarmowe) procesach technologicznych, badaniach wad materiałów, czyszczenia, kruszenia i rozgrzewania materiałów, itp. Pozwalają łatwo i precyzyjnie określić prędkość rozchodzenia się dźwięku w badanym materiale, a tym samym zidentyfikować rodzaj materiału. Są słabo tłumione w wodzie, dzięki czemu znalazły zastosowanie w hydrolokacji. Coraz częściej wykorzystujemy powyższą technikę w ultradźwiękowych miernikach odległości, dlatego bardzo istotna jest znajomość podstaw tej techniki pomiarowej.

II. Zagadnienia do kolokwium wstępnego

1. Budowa i działanie głowicy oraz detektora ultradźwiękowego.
2. Metody wytwarzania ultradźwięków: mechaniczne, zjawisko piezomagnetyczne i piezoelektryczne, magnetostrykcja i elektrostrykcja
3. Falowe własności ultradźwięków - efekt Dopplera.
4. Fale akustyczne ultradźwiękowe, prędkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych, energia fal, natężenie fali.
5. Fale akustyczne w ośrodkach o nieograniczonych i w ośrodkach o ograniczonych rozmiarach.
6. Pole akustyczne ultradźwiękowe: pole bliskie i dalekie.
7. Tłumienie fal ultradźwiękowych, współczynnik tłumienia
8. Wykorzystanie ultradźwięków do pomiarów odległości.

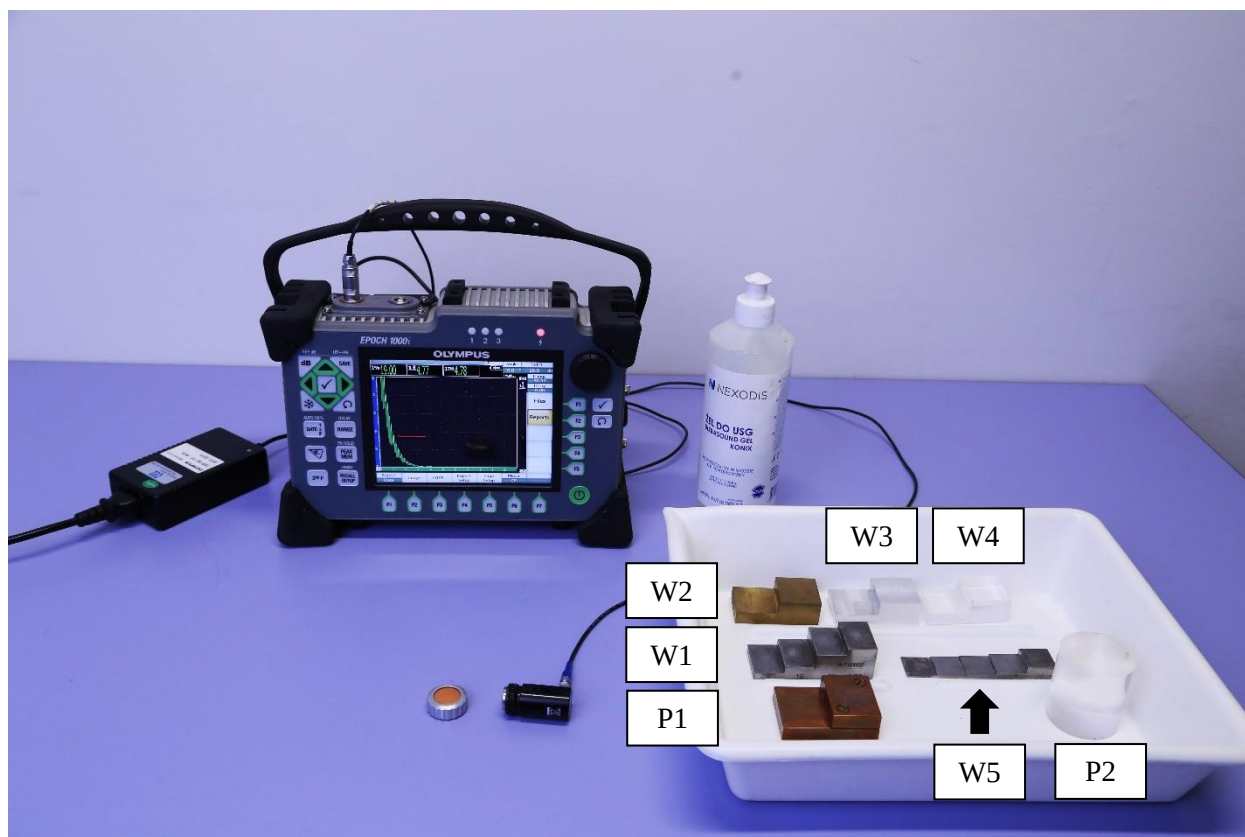
9. Inne zastosowania ultradźwięków, ultradźwięki w przyrodzie.
10. Zasada działania defektoskopu z przetwornikiem cyfrowym.

III. Aparatura

1. Przyrządy:

- defektoskop Olympus EPOCH 1000i,
- głowice z przetwornikami piezoelektrycznymi,
- wzorce,
- bloki stalowe z wadami (realnymi lub nawierconymi otworami),
- walce z różnych materiałów do pomiarów prędkości dźwięku,
- inne materiały takie jak pleksiglas, marmur itp.

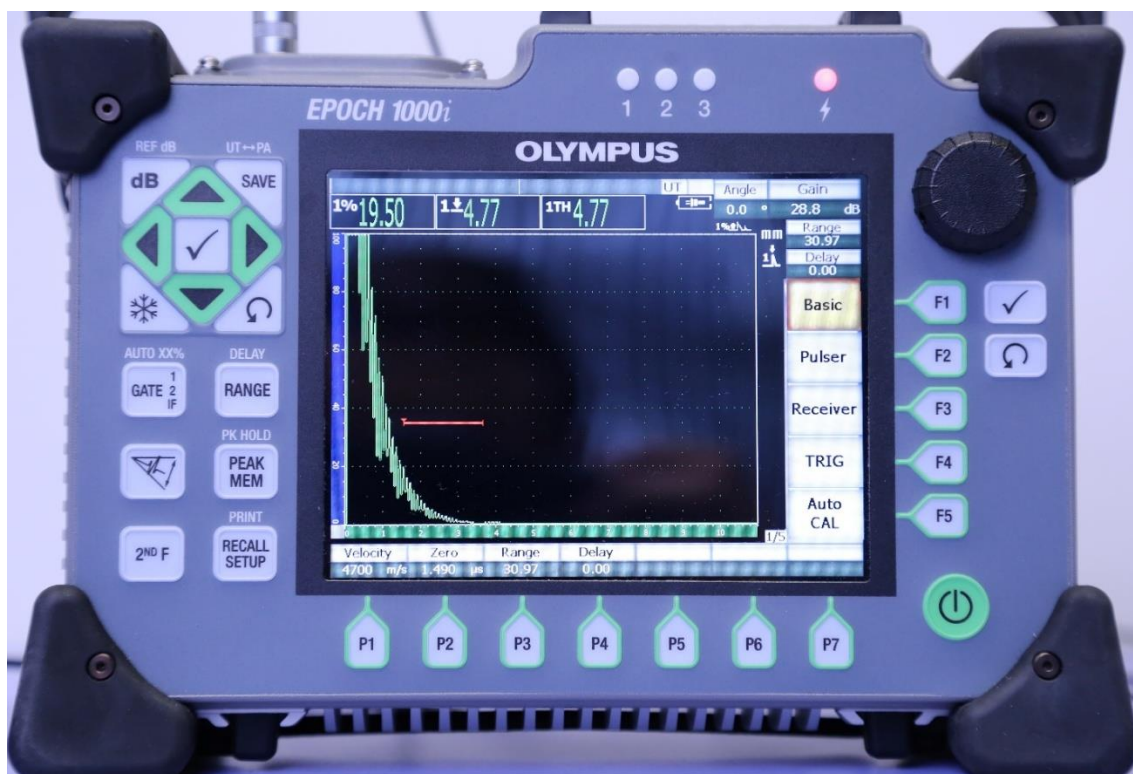
2. Stanowisko pomiarowe - zestaw materiałów do badań (zdjęcie)



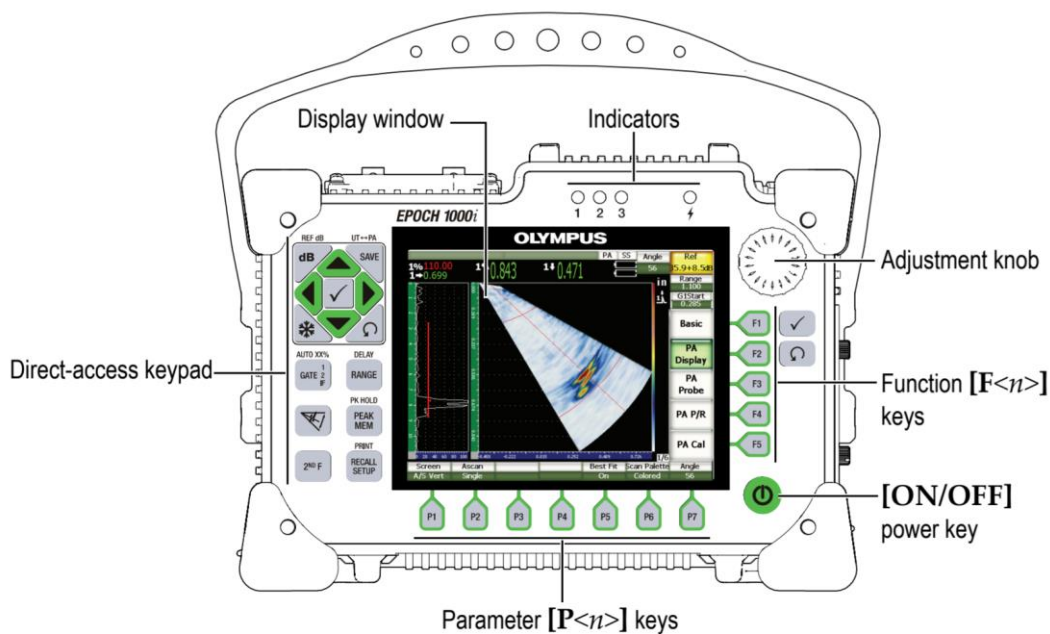
Fot. 1. Układ pomiarowy, wzorce, próbki (przykładowe).

- W1 – wzorzec ze stali
- W2 – wzorzec z mosiądzu
- W3 – wzorzec z aluminium
- W4 – wzorzec z pleksiglasu
- W5 – wzorzec ze stali
- P1 – próbka z nieznanego materiału
- P2 – próbka z pleksiglasu

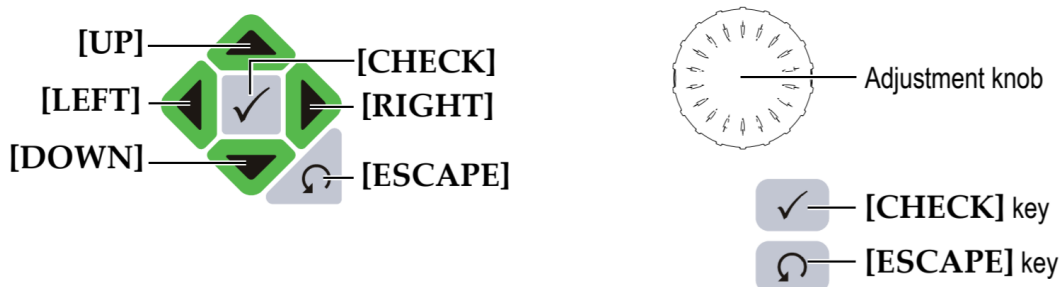
Opis funkcji defektoskopu oraz wstępne ustawiania



Fot. 2. Defektoskop EPOCH 1000i



Rys. 1. Oznaczenie przycisków na defektoskopie.



Rys 2. Oznaczenie wybranych przycisków.

Ustawienia wstępne defektoskopu

1. Włącz defektoskop przyciskiem **ON/OFF**.
2. Na wzorec nanieś żel a następnie przyłóż sondę. Sonda **PF4R-10** powinna być podłączona do gniazda **T/R**. Sondę należy docisnąć do próbki tak, aby dokładnie przylegała do materiału.
3. Za pomocą pokrętła **Adjustment knob** wybierz stronę **3/5** (numeracja znajduje się w prawym dolnym rogu ekranu) i a następnie przyciskiem **F2** wybierz menu **Meas Setup**. Przyciskiem **P2** oraz za pomocą pokrętła ustaw jednostkę (**Unit**) na **[mm]**, zatwierdź przyciskiem **ESCAPE**, aby odblokować parametr **Velocity**. Za pomocą przycisku **ESCAPE** wyjdź do menu głównego strona **1/5 Basic**.
4. Naciśnij przycisk **dB**, podświetli się w prawym górnym rogu okno **Gain**, pokrętłem wybierz wartość wzmocnienia początkowego na ok. 20-25 dB.
5. Znajdując się w widoku głównym **Basic** przyciskiem **P2** wybierz parametr **Zero** a następnie pokrętłem staw wartość na **0.000us**. Zatwierdź przyciskiem **ESCAPE**.
6. Analogicznie ustaw wartości dla parametru **Delay** na **0.00 mm**.
7. Ustaw parametr **Range** (przycisk **P3**) oraz pokrętło tak, aby widoczna była ścieżka dźwięku w wybranym materiale. Widoczne powinny być co najmniej cztery echa.
8. Wybierz na stronie **1/5** przyciskiem **F4** menu **TRIG**.
9. Ustaw wartości parametrów: **Angle** na **0.0°** oraz **Thick** na **0.0 mm**.
10. Wybierz na stronie **1/5** (strony zmieniasz pokrętłem **Adjustmen knob**) przyciskiem **F3** menu **Receiver**. Wartość parametru **Reject** ustaw na wartość **0%**.
11. Jeżeli na ekranie nie wyświetla się bramka pomiarowa 1 - czerwona pozioma linia przejdź na stronę **2/5** a następnie wybierz przyciskiem **F1** funkcję **Gate 1**. Zmień **Status** na **On**.
12. Jeżeli na ekranie wyświetla się bramka pomiarowa 2 – jasno niebieska pozioma linia przejdź na stronę **2/5** a następnie wybierz przyciskiem **F2** funkcję **Gate 2**. Zmień **Status** na **Off**. W początkowych fazach ćwiczenia ta funkcja nie będzie potrzebna.

IV. PRZEBIEG ĆWICZENIA

CZĘŚĆ I

Metoda I

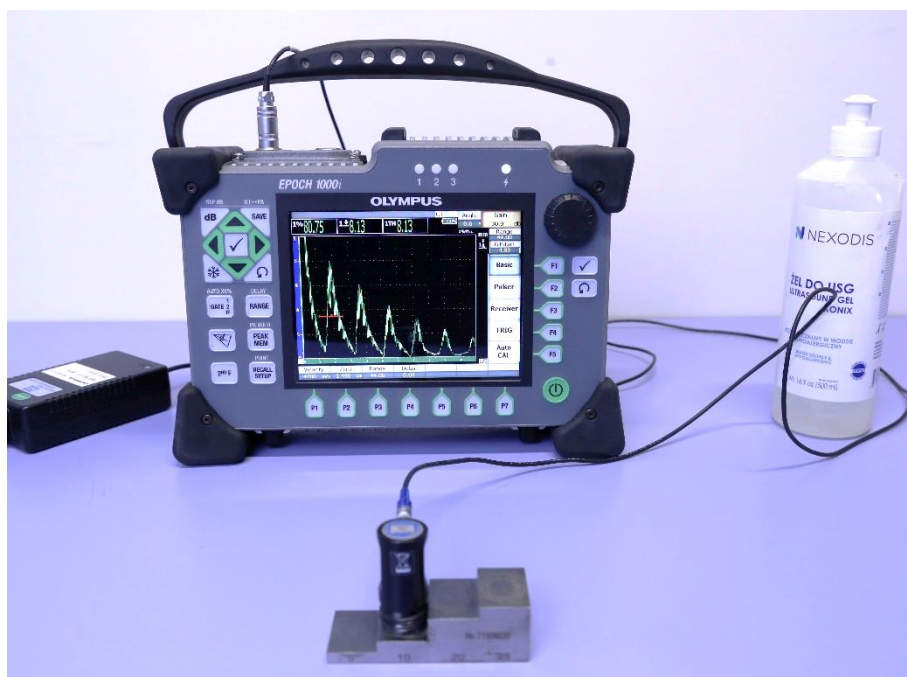
Kalibracja dla wzorca o określonej grubości (**W1**).

1. Przyłóż sondę do bloczka kalibracyjnego 10mm.
2. Pokrętle wybierz stronę **1/5** i wybierz funkcję **Basic**. Naciśnij przycisk **P3 (Range)** i rozciągnij obraz tak, aby widoczne były cztery pierwsze echa.
3. Na stronie **2/5** wybierz przycisk **F1** i wybierz funkcję **Gate 1**. Wybierz parametr **Start** (przycisk **P2**) a następnie pokrętle przesunij bramkę pomiarową w prawo/lewo tak, aby wybrać pierwsze echo.

UWAGA!

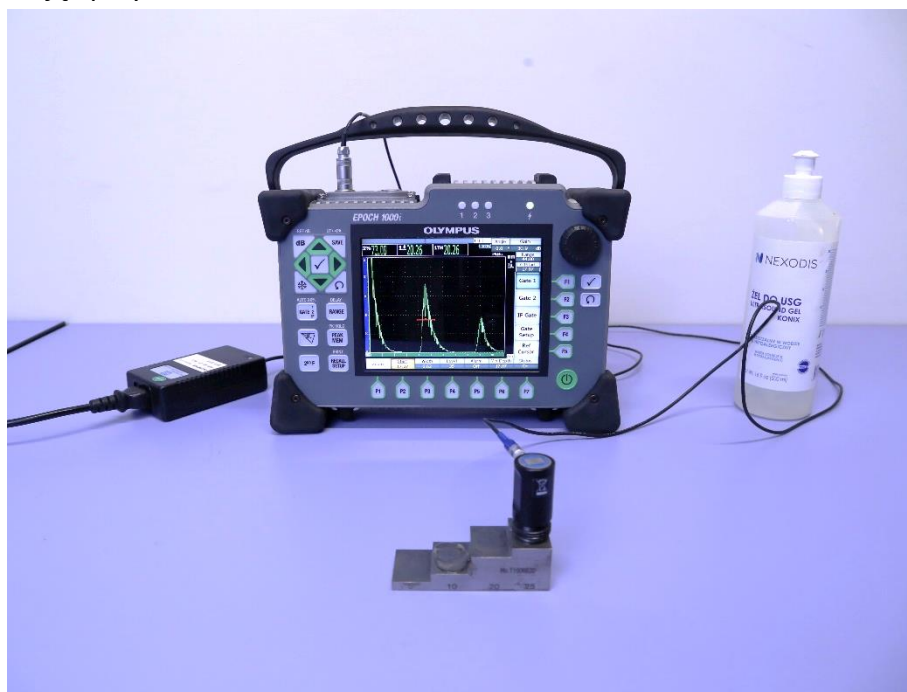
Jeżeli szerokość suwaka jest za duża (obejmuje więcej niż jedno echo) to wybierz pokrętle stronę **2/5**, następnie wybierz przyciskiem **P3** opcję **Width** i zmniejsz pokrętle szerokość suwaka. Zatwierdź przyciskiem (**CHECK**). Następnie idź do punktu 2.

4. Na stronie **1/5** przyciskiem **F5** wybierz funkcję **AutoCal**. Naciśnij przycisk **P1** i wybierz **CAL Mode** i wybierz **Thickness**.
5. Naciśnij przycisk **dB** i pokrętle zmień wysokość pierwszego echa tak, aby wysokość stanowiła 80% w osi pionowej. Zatwierdź przyciskiem **CHECK**.
6. Na stronie **1/5** wybierz opcję **AutoCAL** naciśnij przycisk **P3** i wybierz **CALZero** wpisz grubość wzorca. W tym wypadku 10.00 mm. Zatwierdź za pomocą przycisku **CHECK**.



Fot.3. Przykładowy pomiar dla wzorca o grubości 10 mm.

7. Przyłóż sondę do bloczka kalibracyjnego 25 mm i powtórz czynności z punktów 2-5.
8. Na ekranie **1/5** wybierz przyciskiem **F5** opcję **AutoCAL**, a następnie przyciskiem **P2** i wybierz **CAL Velocity** wprowadź wartość 25 mm. Wybierz opcję **Calculate** zatwierdzając przyciskiem **CHECK**.



Fot.4. Przykładowy pomiar dla wzorca o grubości 25 mm.

9. Na stronie **1/5 Basic** odczytaj prędkość dźwięku dla stali, z której wykonano wzorzec.

UWAGA!

Jeżeli kalibracja przebiegła prawidłowo, po przyłożeniu sądy do wzorca 10 mm w części pomiarowej 1TH powinna się wyświetlić jego grubość. Analogicznie dla wzorca 25 mm.

1. Pomiar grubości wybranych próbek dwoma metodami:

1. Ustal z prowadzącym próbki, które zostaną przebadane.
2. Ustawić głowicę na badanej próbce. Pamiętaj, aby widoczne były co najmniej 4 echa.
3. Ustaw bramkę pomiarową na pierwszym echu i odczytaj grubość materiału.
4. Ilość pomiarów i punktów pomiarowych ustal z prowadzącym.
5. Dokonaj pomiaru grubości badanego materiału za pomocą suwmiarki lub śruby mikrometrycznej.

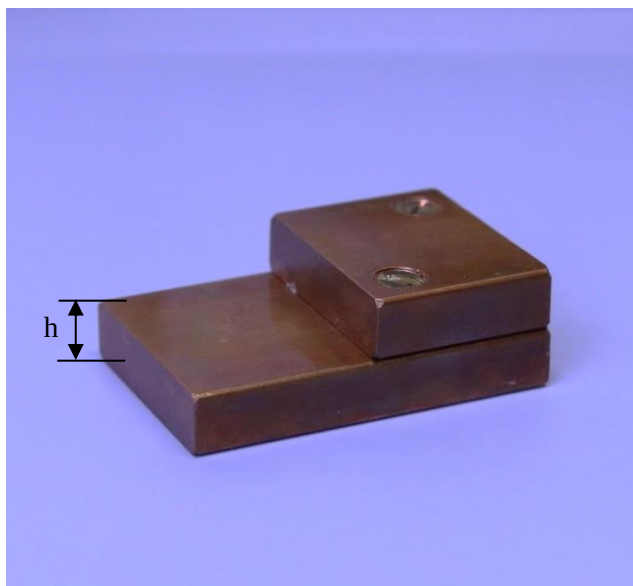
2. Pomiar grubości wybranych próbek dwoma metodami:

1. Bazując na metodzie **Kalibracja dla wzorca o określonej grubości** oraz na wzorcach W2 (mosiądz), W3 (aluminium), W4 (pleksiglas). Wyznacz prędkość dźwięku w powyższych materiałach. W tym celu zmierz grubość powyższych materiałów za pomocą suwmiarki lub śruby mikrometrycznej. Ilość pomiarów ustal z prowadzącym.
2. Po wyznaczeniu prędkości dźwięku w pleksiglasie wyznacz za pomocą defektoskopu wysokość walca P2.

Metoda II

Wyznaczanie prędkości dźwięku w materiale o znanej (zmierzonej) grubości. (Wymagane co najmniej 2 echa odbite od dna próbki)

1. Wykonaj kroki z punktu ***Ustawienia wstępne defektoskopu***.
2. Włącz bramkę pomiarową 2 – jasno niebieska pozioma linia przejdź na stronę **2/5** a następnie wybierz przyciskiem **F2** funkcję **Gate 2**. Zmień **Status** na **On**.
3. Rodzaj badanych próbek ustal z prowadzącym. (Przykładową analizę przeprowadzono dla próbki P1 przedstawionej poniżej.)
4. Zmierz grubość próbki za pomocą suwmiarki lub śruby mikrometrycznej.



Fot. 4. Próbką wykonana z nieznanego materiału.

5. Przyłóż sondę do powierzchni materiału tak, aby do niego dokładnie przylegała. Upewnij się, że w czasie pomiaru sonda i oddzieli się z badaną próbką.
6. Ustaw bramkę pomiarową 1 na pierwszym echu.
7. Ustaw bramkę pomiarową 2 na czwartym echu.

UWAGA!

Jeżeli na górnej części wyświetlacza nie widać wartości 1TH oraz 2TH przejdź na stronę **3/5** i wybierz przyciskiem **F2** funkcję **Meas Setup**, następnie **P1** wybierz opcję **Reading Setup** i zmień parametr na **Auto**. Po wyjściu przyciskiem **ESCAPE** powinny być widoczne wartości 1TH oraz 2TH.

8. Na stronie **1/5** po wybraniu **F1** funkcja **Basic** a następnie **P1**, zmień wartość **Velocity** tak, aby wartość wyświetlana w polu 2TH była, 4-krotnością grubości płytki.

Przykład. Jeżeli grubość płytki to 10mm a wartość 1TH wynosi np. 10.101, wartość 2TH

wynosi 40.109 to należy skompensować różnicę wartością prędkość tak, aby 2TH było równe 40.101. Przy kompensowaniu zwróć uwagę na to czy echo nie przesunęło się poza bramki pomiarowe. Jeżeli tak to wprowadź korektę położenia bramek.

9. Na stronie **1/5** wybierz przyciskiem **P2** parametr **Zero** a następnie ustaw jego wartość tak, aby dla bramki pomiarowej 1 odpowiadała dokładnie grubości zmierzonej próbki **h**.
10. Jeżeli kalibracja przebiegła pomyślnie odczytaj wartość prędkości z pola **Velocity**.

CZĘŚĆ II

Określanie lokalizacji defektów

1. Przeprowadzić kalibrację tak jak w Metodzie I.
2. Na skali poziomej określić głębokość położenia wady analogicznie do pomiaru grubości materiału.
3. Zrobić dokumentację pomiaru.
4. Badania powtórzyć dla kilku kolejnych defektów w badanej próbce.
5. Zmierzyć suwmiarką położenie defektów.
6. Uzyskane wyniki porównać ze sobą (otrzymane z wykresów i z pomiaru bezpośredniego).
7. Badania powtórzyć dla wskazanych przez prowadzącego próbek.

Określanie geometrii materiału wskazanego przez prowadzącego

1. Określić geometrię stalowego bloku skanując cały badany blok przy pomocy sondy ultradźwiękowej. Naszkicować kształt badanego bloku.
2. Wykorzystując doświadczenie nabyte przy powyższych ćwiczeniach, określić możliwie dokładnie wymiary bloku.
3. Zrobić dokumentację pomiaru.
4. Dla porównania powtórzyć pomiar przy pomocy suwmiarki.

Badania przeprowadzić dla próbek wskazanych przez prowadzącego.

CZĘŚĆ III - zakończenie

Po zakończeniu pomiarów, wyłączyć urządzenie przyciskiem ON/OFF, a następnie dokładnie papierem wyczyścić sondę z żelu/oleju.

Wyczyścić papierem, w razie potrzeby umyć pod bieżącą wodą, próbki w celu usunięcia pozostałego żelu/oleju, aby nie powodował korozji materiału!

V. WYMAGANIA DOTYCZĄCE OPRACOWANIA WYNIKÓW

1. Przedyskutować i porównać dwie metody pomiaru grubości jednorodnego bloku np. ze stali (Metodę I oraz Metodę II). Udokumentować najważniejsze wyniki. Przeprowadzić dyskusję niepewności.
2. Opisać metodę lokalizacji defektów i udokumentować przeprowadzone badania. Porównać uzyskane wyniki z pomiarem pozycji i wielkości nawierconych otworów przy pomocy suwmiarki.
3. Porównać uzyskane wyniki pomiaru bloku stalowego metodami ultradźwiękowymi z metodą bezpośrednią (przy pomocy suwmiarki). Przeprowadzić analizę błędów.
4. Przeprowadzić identyfikację badanych materiałów na podstawie porównania prędkości dźwięku uzyskanych eksperymentalnie z prędkościami tablicowymi.
5. Napisać wnioski z przeprowadzonego eksperymentu.

VI. Literatura

1. R. Resnick, D. Halliday, „Fizyka”, tom 1, PWN, Warszawa 1997
2. J. Matauszek, „Technika ultradźwięków” WNT, Warszawa 1961
3. P. Gołąbek, Korneta, B. Rojek „Laboratorium z podstaw badań ultradźwięków” Ultramet.
4. A. Oleś "Metody doświadczalne fizyki ciała stałego", WNT, Warszawa 1998
5. EPOCH 1000 Series User's Manual, 2011