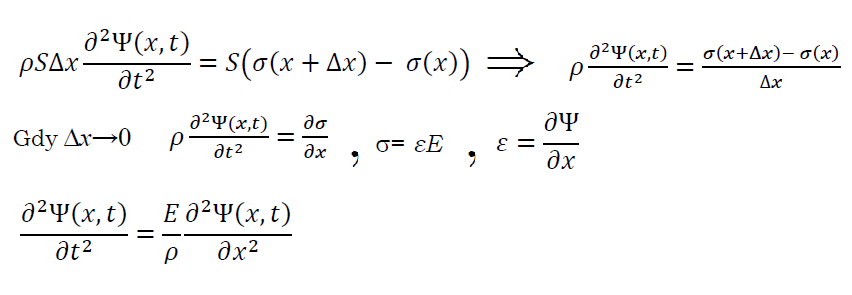
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wydział  EAIiIB Informatyka | Imię i nazwisko  1. Patrycja Kopacz  2. Michał Królikowski | | | Rok  II | | Grupa  3a | Zespół  4 |
| **PRACOWNIA**  **FIZYCZNA**  **WFiIS AGH** | Temat:  Fale podłużne w ciałach stałych | | | | | | Nr ćwiczenia  29 |
| Data wykonania  26.10.2016 | Data oddania  09.10.2016 | Zwrot do popr. | Data oddania | | Data zaliczenia | | OCENA |

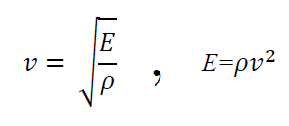
**1. Cel ćwiczenia**

Wyznaczenie modułu Younga dla różnych materiałów na podstawie pomiaru prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w pręcie.

**2. Wstęp teoretyczny**

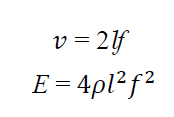
Fala podłużna w pręcie powstaje na skutek chwilowego wychylenia się fragmentu pręta z położenia równowagi i następujących po nim drgań. Drgania te dzięki sprężystości ośrodka, mogą być przekazywane dalej i rozchodzić się po całym ośrodku. Ich szybkość zależy od bezwładności i sprężystości ośrodka, w którym się rozchodzi.

Po przekształceniach wzoru na równanie ruchu oraz korzystając z prawo Hooke’a otrzymamy wzór na równanie d’Alemberta:

Widać z niego jakim wzorem opisana jest prędkość rozchodzenia się fali w pręcie, a także moduł Younga:

Odległość między węzłami fali stojącej to:



Znając częstotliwość fali f oraz odległość między węzłami można obliczyć prędkość fali oraz przekształcić wzór na moduł Younga:

Falę dźwiękową w pręcie można przybliżyć jako złożenie drgań harmonicznych sinusoidalnych. Częstotliwości harmoniczne są wielokrotnością częstotliwości podstawowej.

Układ pomiarowy stanowi:

1. Komputer stacjonarny z zainstalowanym oprogramowaniem Zelscope oraz mikrofonem.
2. Zestaw ośmiu prętów.
3. Młotek.
4. Przyrządy miernicze: suwmiarka, miarka, waga.

Na początku ćwiczenia musimy wyznaczyć gęstości poszczególnych materiałów, z których wykonane są pręty. Aby to zrobić należy zważyć i zmierzyć próbki wykonane z tych samych materiałów lub same pręty. Należy również zapoznać się z obsługą programu Zelscope. Następnie, przy mikrofonie ustawionym przy pręcie, uderzamy młotkiem w koniec pręta podwieszonego na dwóch niciach, obserwujemy jaki obraz powstał w programie, po czym zapisujemy zarejestrowany obraz z widocznymi harmonicznymi i notujemy wartości odpowiadające harmonicznym w tabeli. Wszystkie te kroki powtarzamy dla każdego z prętów

Na podstawie otrzymanych długości fali wyznaczamy średnią prędkość dźwięku w danym materiale, szacujemy niepewność wyznaczania prędkości dźwięku oraz wyliczamy moduł Younga dla każdego z materiałów.

**3. Wyniki pomiarów i obliczenia**

Tabela przedstawia wyniki pomiarów dla poszczególnych próbek:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Materiał** | **Masa pręta [g]** | **Wymiary próbki [mm]** | **Objętość [cm3]** | **Gęstość [kg/m3]** |
| **Miedź** | 66 | 385 x 2,5 - walec | 7,56 | 8730,79 |
| **Stal** | 31 | 19 x 14,5 x 14 - prostopadłościan | 3,86 | 8037,33 |
| **Mosiądz** | 174 | 222 x 10 x 9 - prostopadłościan | 19,98 | 8708,71 |
| **Aluminium** | 24 | 440 x 2,5 - walec | 8,64 | 2777,98 |

Do obliczenia objętości i gęstości poszczególnych próbek skorzystaliśmy z następujących wzorów:

gdzie:

r – promień walca,

h – wysokość walca,

a,b,c – długości ścian prostopadłościanu,

ρ – gęstość,

m – masa

Kolejne tabele przedstawiają częstotliwości kolejn ych harmonicznych uzyskane przy pomocy programu Zelscope oraz wyliczone dla nich długości fali, prędkości, a także moduły Younga.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Miedź** | *Dł. pręta [m]* | *1,8* |  |  |
| **Nr harmonicznej** | **Częstotliwość [Hz]** | **Długość fali λ [m]** | **Prędkość fali [m/s]** | **Moduł Younga [GPa]** |
| **1** | 1031,25 | 3,60 | 3712,50 | 120,33 |
| **2** | 2062,50 | 1,80 | 3712,50 | 120,33 |
| **3** | 3093,75 | 1,20 | 3712,50 | 120,33 |
| **4** | 4125,00 | 0,90 | 3712,50 | 120,33 |
| **5** | 5156,25 | 0,72 | 3712,50 | 120,33 |
| **6** | 6187,50 | 0,60 | 3712,50 | 120,33 |

Długość fali λ uzyskaliśmy z przekształcenia wzoru:

Gdzie to długość badanego pręta.

Prędkośc fali otrzymaliśmy ze wzoru:

Gdzie to częstotliwość dla danej harmonicznej.

Moduł Younga z kolei wyliczyliśmy z następującego wzoru:

Przykładowe obliczenia dla 1. harmonicznej:

W analogiczny sposób wykonaliśmy obliczenia dla kolejnych harmonicznych.

Wartość średnia częstotliwości fal:

Wartość średnia długości fal:

Wartość średnia prędkości fal:

Wartość średnia modułu Younga:

W podobny sposób wykonaliśmy obliczenia dla pozostałych prętów. Poniższe tabele przedstawiąją nasze wyniki:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stal** | *Dł. pręta [m]* | *1,8* |  |  |
| **Nr harmonicznej** | **Częstotliwość [Hz]** | **Długość fali λ [m]** | **Prędkość fali [m/s]** | **Moduł Younga [GPa]** |
| **1** | 1429,69 | 3,60 | 5146,88 | 212,91 |
| **2** | 2859,38 | 1,80 | 5146,88 | 212,91 |
| **3** | 4289,06 | 1,20 | 5146,88 | 212,91 |
| **4** | 5742,19 | 0,90 | 5167,97 | 214,66 |
| **5** | 7171,88 | 0,72 | 5163,75 | 214,31 |
| **6** | 8601,56 | 0,60 | 5160,94 | 214,08 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mosiądz** | *Dł. pręta [m]* | *1* |  |  |
| **Nr harmonicznej** | **Częstotliwość [Hz]** | **Długość fali λ [m]** | **Prędkość fali [m/s]** | **Moduł Younga [GPa]** |
| **1** | 1710,94 | 2,00 | 3421,88 | 101,97 |
| **2** | 3445,31 | 1,00 | 3445,31 | 103,37 |
| **3** | 5156,25 | 0,67 | 3437,50 | 102,91 |
| **4** | 6890,63 | 0,50 | 3445,31 | 103,37 |
| **5** | 8601,56 | 0,40 | 3440,63 | 103,09 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aluminum** | *Dł. pręta [m]* | *1* |  |  |
| **Nr harmonicznej** | **Częstotliwość [Hz]** | **Długość fali λ [m]** | **Prędkość fali [m/s]** | **Moduł Younga [GPa]** |
| **1** | 2460,94 | 2,00 | 4921,88 | 67,30 |
| **2** | 4945,31 | 1,00 | 4945,31 | 67,94 |
| **3** | 7406,25 | 0,67 | 4937,50 | 67,72 |
| **4** | 9867,19 | 0,50 | 4933,59 | 67,62 |

**4. Niepewności pomiarów**

Niepewność pomiaru masy –

Niepewność pomiaru długości pręta (linijka) –

Niepewność pomiaru promieni i wymiarów próbek (suwmiarka) –

Niepewność odczytu częstotliwości –

Niepewność gęstości (próbka o kształcie walca, próbka o kształcie prostopadłościanu):

Niepewność prędkości fali:

Niepewność modułu Younga:

Poniższcza tabela przedstawia obliczone niepewności dla poszczególnych prętów:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Materiał** | **Niepewność gęstości [kg/m3]** | **Niepewność prędkości[m/s]** | **Niepewność modułu Younga [GPa]** |
| **Miedź** | 702,09 | 29,62 | 9,87 |
| **Stal** | 262,70 | 29,82 | 7,41 |
| **Mosiądz** | 50,20 | 18,98 | 1,28 |
| **Aluminium** | 223,12 | 21,73 | 5,47 |

**5. Porównanie obliczonych wartości z tabelarycznymi**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Materiał** | **Wartość tabelaryczna (Et)**  **[GPa]** | **Wartość wyliczona**  **(Ew)**  **[GPa]** | **|Et - Ew|**  **[GPa]** | **k \* ,**  **k = 2**  **[GPa]** | **|Et - Ew| < k\*** |
| **Miedź** | 117 | 120,33 | 3,33 | 19,73 | Tak |
| **Stal** | 200 | 213,63 | 13,63 | 14,81 | Tak |
| **Mosiądz** | 103 | 102,94 | 0,06 | 2,56 | Tak |
| **Aluminium** | 69 | 67,64 | 1,36 | 10,93 | Tak |

**5. Wnioski**

Wszystkie doświadczalnie wyznaczone moduły Younga dla poszczególnych prętów mieszczą się  
w granicach błędu, co dowodzi poprawności wykonanego ćwiczenia.