

超声波在固体中的传输 实验报告

姓名：马恭瑞 学号：2022010968 实验日期：2024.5.21 实验台号：9

一、实验目的

- 掌握超声波在固体中传输时的波速测量方法；
- 观察超声波不同波型的转换；
- 学习超声波探测的基本原理及应用。

二、实验仪器

示波器、超声波试验仪等。

三、数据处理

- 声速测量（纵波、横波）：
已知，试样（铝）密度 $\rho = 2700\text{kg/m}^3$
该部分中声速的计算方法是，

$$c_l = \frac{2H}{t_2 - t_1}$$
$$c_s = \frac{2(R_2 - R_1)}{t_2 - t_1}$$

实验数据及计算结果如下表，

波形	衰减分贝(dB)	示波器时间分度 M($\mu\text{s}/\text{div}$)	第 1 回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	第 2 回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$	高度/半径(mm)	声速(m/s)
纵波	85	25.0	0.0	19.0	H=60.00	$c_l=6315.8$
横波	70	25.0	24.0	43.0	$R_1=30.00$ $R_2=60.00$	$c_s=3157.9$

由实验结果可以计算，
速度比值：

$$T = \frac{c_l}{c_s} = \frac{6315.8}{3157.9} = 2.0$$

弹性模量：

$$E = \frac{\rho c_s^3 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = \frac{2700 \times 3157.9^2 \times (3 \times 2^2 - 4)}{2^2 - 1} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$$
$$= 7.2 \times 10^{10} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$$

泊松系数：

$$\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = \frac{2^2 - 2}{2(2^2 - 1)} = \frac{1}{3}$$

b) 波形转换观察及表面波测量:

- i. 回波信号幅度、峰位随入射角的变化现象: (衰减分贝 50dB)
 1. 输入角等于 0° , 示波器中显示一系列等间隔的回波信号, 幅值较大且基本一致。此时回波为底面反射的纵波。
 2. 随着入射角的增大, 靠后的回波幅值逐渐减小, 当入射角大约为 25° 时消失, 仅存在第二回波峰位。此时纵波消失, 回波信号以横波为主。
 3. 入射角进一步增大, 第二回波峰位减小至消失, 即横波消失。当入射角增加至 65° 时, 回波信号出现, 改变试样表面状态, 回波消失, 则此时为表面波。

ii. 表面波波速:

该部分中声速的计算方法是,

固定法:

$$c_R = \frac{2L_{EG}}{t_2 - t_1}$$

移动法:

$$c_R = \frac{2L_{EI}}{t_2 - t_1}$$

实验数据及计算结果如下表,

波形	衰减分贝(dB)	示波器时间分度 M($\mu\text{s}/\text{div}$)	第 1 回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	第 2 回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$	高度/半径 (mm)	声速(m/s)
纵波	50	25.0	29.0	72.0	$L_{EG}=60.00$	$c_R=2790.7$
横波	50	25.0	72.0	93.0	$L_{EI}=60.00$	$c_R=2857.1$

c) 超声波探测缺陷:

i. 直探头

衰减分贝(dB): 85

示波器: 时间分度值 $M=25.0\mu\text{s}/\text{div}$ 幅度分度值 $500\text{ mV}/\text{div}$

实验数据如下,

探头相对位置			缺陷回波幅值 $U_{\max}(\text{V})$	通孔 B 距测试面的距离 $H_B(\text{mm})$	缺陷回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	底面回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$
$x_0(\text{mm})$	$x_1(\text{mm})$	$x_2(\text{mm})$				
4.95	4.68	5.36	1.10	50.00	14.0	19.0

本部分测量的扩散角 θ 和竖孔深度 h 计算方法如下,

$$\theta = 2\arctan \frac{|x_2 - x_1|}{2H_B}$$

$$= 2 \arctan \frac{|5.36 - 4.68| \times 10^{-2}}{2 \times 50.00 \times 10^{-3}} \circ$$

$$= 7.8 \circ$$

$$h = R_2 \frac{t_2 - t_1}{t_2}$$

$$= 60.00 \times 10^{-3} \times \frac{19.0 - 14.0}{19.0} mm$$

$$= 15.8 mm$$

ii. 45° 斜探头:

衰减分贝(dB): 70

示波器: 时间分度值 M=25.0μs/div 幅度分度值 500 mV/div

实验数据如下,

探头相对位置		试样参数
x _A (cm)	x _B (cm)	H _A = 20.00mm L _A = 20.00mm
3.00	8.40	H _B = 50.00mm L _B = 50.00mm

本部分测量的折射角β计算方法如下,

$$\begin{aligned} \beta &= \arctan \frac{x_B - x_A - (L_B - L_A)}{H_B - H_A} \\ &= \arctan \frac{84.0 - 30.0 - (50.00 - 20.00)}{50.00 - 20.00} \circ \\ &= 38.66 \circ \end{aligned}$$

四、 实验总结

- 本实验测量了超声波在固体中的横波和纵波的波速, 纵波的波速大于横波;
- 观察了回波随超声波的入射角变化而变化(纵波-横波-表面波)的现象;
- 测量了表面波的波速;
- 学习了超声波探伤的原理及一般步骤。

五、 原始数据

附录 2 实验测量数据记录参考表格

实验题目: 超声波在固体中的传输

姓名: 高春瑞 学号: 20210968, 实验组号: 单晚11, 实验台号: 9, 实验日期: 2021.5.21

1. 声速测量 (纵波、横波)

波型	衰减分贝 (dB)	示波器时间 分度值 $M(\mu s/div)$	第1回波峰位 $t_1(\mu s)$	第2回波峰位 $t_2(\mu s)$	高度/半径 (mm)	声速 (m/s)
纵波	85	25.0	0.0 0.0	19.0	$H=60.00$	$c_F=6315.7$
横波	70	25.0	24.0	43.0	$R_1=30.00$ $R_2=60.00$	$c_s=3157.9$

试样(铝)密度: $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$

速度比值: $T = \frac{c_l}{c_s} = 2$

弹性模量: $E = \frac{\rho c_s^2 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = \frac{1.8 \times 10^{11}}{7.2 \times 10^{10}}$

泊松系数: $\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = \frac{1}{3}$

2. 波型转换观察及表面波测量

5) 回波信号幅度、峰位随入射角的变化现象:

$$\theta = 0 \rightarrow 90^\circ$$

|||||uun ||||| ||||| |||||

宽大 \rightarrow 窄细

表面波波速:

方法	衰减分贝 (dB)	示波器时间 分度值 $M(\mu s/div)$	起始波 第1回波 峰值 $t_1(\mu s)$	第2回波峰值 $t_2(\mu s)$	距离 (mm)	声速 $c_R(m/s)$
固定法	50	25.0	29.00	72.00	$L_{EG} = 60.00$	2290.7
移动法	50	25.0	29.00 72.50	93.00	$L_{EF} = 30.00$	2857.1

3. 超声波探测缺陷

直探头——

衰减: 85 dB, 示波器: 时间分度值 $M = \frac{25.0}{\mu\text{s/div}}$, 幅度分度值 50 mV/div

0.5mm

探头相对位置			缺陷回波 幅值 $U_{\max}(\text{V})$	通孔 B 距 测试面距离 $H_0(\text{mm})$	扩散角 $\theta(^{\circ})$	缺陷回波 峰位 $t_1(\mu\text{s})$	底面回波 峰位 t_2 (μs)	竖孔 C 深度(mm)
X_0	X_1	X_2						
4.95	4.68	5.36	1.10	50.00	7.78	14.0	19.0	15.8

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{x_1 x_2}{2k}$$
$$\frac{(t_2 - t_1) C_u}{2}$$

45° 斜探头——

衰减: 70 dB, 示波器: 时间分度值 $M = 25.0 \mu\text{s}/\text{div}$, 幅度分度值 500 mV/div

探头相对位置			折射角 (°)	L ₀ (mm)	横波 波速 C _s (m/s)	缺陷回波 峰值 t ₁ (μs)	底面回波 峰值 t ₂ (μs)	H ₀ (mm)	L _D (mm)
X ₀	X _B	X _R							
	250		38.66						

3.00 ~~5.65~~
8.40

$$\tan^{-1} \frac{x_B - x_A - (y_B - y_A)}{y_B - y_A}$$