

超声波探伤实验报告

201711140236 物理系基地班 李励玮

实验目的

1. 了解固体中的弹性波及其传播的规律。
2. 了解超声波产生与探测的原理。
3. 掌握利用示波器测量固体中 3 种弹性波波速的方法。
4. 了解超声波探伤和原理和方法。
5. 设计、搭建利用超声波探测物理量的实验。

实验仪器

JDUT-2 型超声波实验仪，示波器、测试 A1 块和耦合剂水。

实验内容

1. 超声纵波主要性能的表征及 A 块缺陷深度的定位

(1) 观察直探头超声脉冲波型，测量超声频率



超声频率 $f = \frac{n}{\Delta T} \approx 2.5 \times 10^6 \text{ Hz}$

(2) 测量直探头延迟时间、A1 块中纵波声速

使直探头对无伤区域发出超声脉冲，接受多次反射的声波，测得相邻反射之间的时间差 t_1 和二次反射的时间差 t_2

$$t = 2t_1 - t_2$$

$$v_l = \frac{s}{t_1 - t}$$

测得 $t_1 = 18.10 \mu\text{s}$ $t_2 = 36.15 \mu\text{s}$ $s = 2H = 2 \times 6.00 \text{ cm} = 12.00 \text{ cm}$

延迟时间 $t = 1 \times 10^{-7} \text{ s}$

纵波声速 $v_l = 6.64 \times 10^3 \text{ m/s}$

(3) 定位 A1 中不同缺陷的深度；

序号	$\Delta T/\mu s$	$H = \frac{1}{2}\Delta T \times v_l(cm)$
A	7.20	2.4
B	16.40	5.47
C	10.20	3.4
D	9.90	3.3

2. 超声横波主要性能及 A 块缺陷的定位

(1) 观察斜探头 (45°) 的超声脉冲波型, 测量超声频率:

(不好意思, 波型忘记拍照了。)

$$\text{超声频率 } f = \frac{n}{\Delta T} \approx 2.42 \times 10^6 \text{ Hz}$$

(2) 采用斜探头, 利用工件的同心大小圆弧测量斜探头的延迟时间、横波声速
通过斜探头发出的超声脉冲, 测量大圆弧和小圆弧一次反射所用时间, 分别为 t_1 和 t_2

$$t_1 = \frac{2R}{v_t} + t \quad t_2 = \frac{2r}{v_t} + t$$

测得 $t_1 = 43.80\mu s$ $t_2 = 22.40\mu s$ $R = 6.00\text{cm}$ $r = 3.00\text{cm}$

可得 $t = 0.94\mu s$ $v_t = 2.8 \times 10^3 \text{ m/s}$

(3) 测量 A1 块对超声波的折射角;

测得 $L_{A0} = 4.40\text{cm}$ $L_{B0} = 10.60\text{cm}$

$L_A = 2.00\text{cm}$ $L_B = 4.92\text{cm}$

$H_A = 2.00\text{cm}$ $H_B = 5.00\text{cm}$

计算得 $\beta = \arctan 1.1$

3. 计算 A1 的弹性模量。

$$E = \rho v_t^2 \frac{3\gamma^2 - 1}{\gamma^2 - 1} \approx 7.27 \times 10^{10} \text{ Pa}$$

误差分析

1. 由于测量频率时, 可见不同峰值之间的幅度和经过时间有一定差异, 所以测得的 n 个周期经过的时间 t 有一定误差, 测得的频率 f 有误差。
2. 由于用光标测量时间差时, 人眼界定的峰值和真实值存在一定误差, 因此测得的时间数据不一定准确, 相应求得的速度、时间延迟 t 等物理量也有误差。
2. 测量折射角时难以精确确定斜探头恰到缺陷位置, 因此测得的 L_{A0} 、 L_{B0} 存在误差。

思考题

1. 实验中是如何产生和探测超声波的?

利用晶体的压电效应和逆压电效应。超声波探头通过保护膜或斜楔向外发射超声波, 超声波在材料内部传播时超声波在材料内部传播时, 与被检对象相互作用发生散射, 散射波被同一压电换能器接受, 由于正压电效应, 震荡的晶片在两极产生振荡的电压, 电压信号被放大之后可以用示波器显示、检测。

2. 超声波在固体中的传播与在空气中有什么主要区别？

横波、纵波、表面波都能在固体中传播，但是空气中只能传播纵波。速度不同。

3. 直探头和斜探头发射的超声波有什么区别？

直探头产生纵波，斜探头产生横波或表面波。斜探头的延迟比直探头大。

4. 简述超声探伤的原理。

超声探伤是通过测量反射波来获得物体内部信息的。

在进行缺陷定位时，首先找到缺陷反射回波最大的位置，然后测量缺陷反射回波对应的时间，根据被测材料的声速可以计算出缺陷到探头入射点的垂直深度 H 或水平距离 L 。在超声成像时，探头在试块顶部二维扫描，得到来自试块内部缺陷深度的分布，再利用计算机进行图像重建，就可以得到试块内部缺陷的立体图像。

5. 如何测量固体的弹性模量？

测量材料的密度和弹性波速，根据公式 $E = \rho v_t^2 \frac{3\nu^2 - 1}{\nu^2 - 1}$ 计算。

实验数据

$f = \frac{1}{\Delta T} = 1593 \text{ kHz}$

1. (1) 脉冲波型为纵波波型。
 超声频率: $\Delta T = 1.60 \mu\text{s}$ $n = 12$ $\therefore f = \frac{n}{\Delta T} = 2.5 \times 10^6 \text{ Hz}$
 (2) 延迟时间 $t = 18.04 \mu\text{s}$ $x = 6.00 \text{ cm}$
 纵波声速 $V_L = \frac{x}{t} = 3.3 \times 10^3 \text{ m/s}$
 $H = \Delta T \times V$
 B 16.40 μs
 A 7.20 μs
 A D 9.90 μs
 C 10.20 μs

2. (1) 波型为横波波型。
 超声频率: $\Delta T = 8.24 \mu\text{s}$ $n = 20$ $f = \frac{n}{\Delta T} = 2.42 \times 10^6 \text{ Hz}$
 (2) 延迟时间 小圆 $t_1 = 22.40 \mu\text{s}$ $R = r = 3.00 \text{ cm}$
 大圆 $t_2 = 43.80 \mu\text{s}$ $R = 6.00 \text{ cm}$
 横波声速 $V_t = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{\frac{r_1}{t_1} + \frac{R}{t_2}}{2} = 1.2 \times 10^3 \text{ m/s}$

3. $L_{A0} = 4.70 \text{ cm}$ $L_{B0} = 4.60 \text{ cm}$
 $L_A = 2.00 \text{ cm}$ $L_B = 4.92 \text{ cm}$
 $H_A = 2.00 \text{ cm}$ $H_B = 5.00 \text{ cm}$
 $\therefore \beta = \arctan \frac{3.30}{3}$

4. 弹性模量 $E = \rho V_t^2 \frac{3\nu^2 - 1}{\nu^2 - 1} \approx 4.7 \times 10^9$