

## 中国船舶工业总公司指导性技术文件

CB/Z 211—1984

## 船用金属复合材料超声波探伤工艺规程

本文件适用于使用 A 型脉冲式超声波探伤仪检查以爆炸焊接,离心浇铸,冷、热轧制,堆焊以及粉末冶金等方法制成的船用金属复合材料的未结合缺陷。其他用途的复合材料的未结合缺陷的检查也可参照本文件。

本文件不适用于声阻抗比值(即高阻抗与低阻抗之比)大于 3 的复合材料的检查。对于母材厚度小于 6mm、复合层厚度小于 1mm 和曲率半径小于 150mm 的复合材料的检查,推荐使用附录 A 的方法。

## 1 对探伤人员的要求

探伤人员应具有一定的超声探伤基础知识,并持有“中国船舶无损检测人员资格认可委员会”超声 II 级证书。

## 2 探伤仪的性能

2.1 探伤仪的垂直线性误差应小于 6%。

2.2 探伤仪的衰减器精度为任意相邻 12dB 的误差小于  $\pm 1$ dB,最大累积误差应小于  $\pm 1$ dB。

2.3 探伤仪和探头的组合分辨率在荷兰试块测距为 85mm 和 91mm 上测定,应大于 24dB。

## 3 探头的选用

根据被探复合材料的母材和复合层厚度不同,探头的选用可参照表 1。

表 1

母材/复合层的厚度范围 mm	探头型式	频率	晶片直径
		MHz	mm
6~13/1~3	分割型直探头	4~6	$\phi 10 \sim \phi 14$
>13~20/>3~6	分割型或单直探头	4~6	
>20/>6	单直探头	2~4	

## 4 试块的基本要求

试块的材料、厚度及光洁度均应与探头放置一侧的材料相同或相接近,其尺寸规格为  $40 \times 40 \times \delta$ mm ( $\delta$  为探头放置一侧材料厚度)。

## 5 探伤方法

## 5.1 探测面的选择

一般选择在母材一侧探测。当复合材料两表面不平行或由于母材厚度较大,衰减严重等其他原因,不能得到底面回波时,可在复合层一侧探测。

5.2 探伤方式 采用直接接触法、间隙和冲水法。

5.3 表面粗糙度 表面粗糙度  $R_a$  不大于  $50\mu m$ ,并保证探头和材料表面有良好的声学接触。

5.4 耦合剂 藕合剂可用机油、工业甘油、水、化学浆糊等。

5.5 扫查速度 探头移动速度不大于  $100m m /s$ 。

## 5.6 探伤灵敏度

5.6.1 利用工件调节灵敏度

将探头置于被检复合材料完全结合部位处,调节第一次底面回波高度为 80% ~ 100% 满刻度高度。

### 5.6.2 利用试块调节灵敏度

将探头置于试块上,调节第一次底面回波高度为 80% ~ 100% 满刻度高度。

### 5.7 未结合缺陷的判定和范围测定

5.7.1 用工件底面调节灵敏度探伤时,当界面回波比底面回波高 6dB 时,则判为未结合缺陷。移动探头使界面回波与底面回波高度相等,则探头中心移动的距离即为未结合缺陷的指示长度。

5.7.2 用试块调节灵敏度探伤时,当界面回波高度超过表 2 中的数值时,则判为未结合缺陷,移动探头使界面回波高度降至表 2 中的数值时,则探头中心移动的距离即为未结合缺陷的指示长度。

表 2

声阻抗比值	1 ~ 1.2	1.2 ~ 2	2 ~ 3
波高	0.3H	0.4H	0.6H

注:  $H$  为试块上第一次底面回波高度。

### 5.7.3 未结合缺陷指示长度的修正

a. 当声阻抗比值为 1 ~ 1.2 时,未结合缺陷的指示长度即为缺陷长度。

b. 当声阻抗比值为 1.2 ~ 3 时,测得的未结合缺陷指示长度应进行修正,修正量为每端减去 2mm。

## 6 记录报告

探伤记录应包括下列内容: a. 工件名称, b. 复合方法, c. 母材及复合材的厚度、材料及声阻抗[声阻抗和声速计算见附录 B(参考件)和附录 C(参考件)]; d. 使用的仪器、探头、耦合剂, e. 探伤灵敏度(如用试块调节灵敏度,应写明试块的厚度), f. 探伤结果,在示意图上标明未结合缺陷的面积尺寸,并计算占总面积的百分比。当用工件底面调节灵敏度探伤时,发现界面回波高于底面回波,但不超过 6dB,应在报告中注明, g. 返修情况, h. 探伤者姓名和探伤日期。

## 附 录 A

### 薄板和曲率面的金属复合材料超声探伤

(补充件)

对于母材厚度小于 6mm,复合层厚度小于 1mm 和曲率半径小于 150mm 的复合材料未结合缺陷的检测,采用水浸直接接触法和间隙法探伤(如图 A1、A2、A3 所示)。

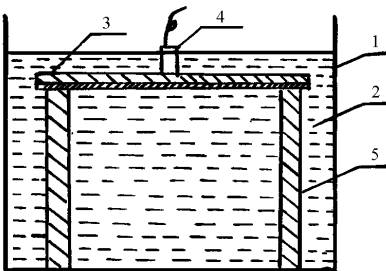


图 A1 薄板工件探伤法

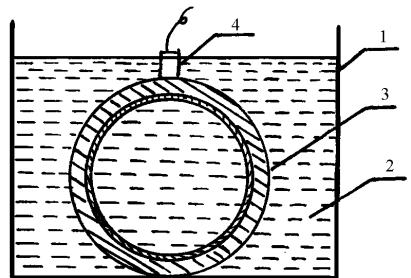


图 A2 圆型工件探伤法

探伤方法：

#### A.1 探头选择

探头应选用晶片直径为 10 ~ 14mm, 频率为 2 ~ 2.5MHz 的单直探头。

#### A.2 水层厚度的确定

A.2.1 对于薄板工件, 水层厚度(被检工件至水槽底的距离)为 100mm 左右。

A.2.2 对于圆型工件, 可直接利用内圈水层。

注: 半圆型工件探伤, 则可将二个半圆合并成一个圆型。

#### A.3 时间基线调节

把探头置于工件上结合良好部位, 将第一次和第二次水层回波分别调到水平刻度的 4 格和 8 格。

#### A.4 探伤员敏度调节

将结合良好部位的第一次水层回波高度调到 80% ~ 100% 满刻度高度。

#### A.5 未结合缺陷的判定和长度测定

当水层回波消失时, 该处即为未结合缺陷, 移动探头使水层回波高度至 30% 基准波高度时, 探头中心移动的距离即为未结合缺陷长度。

## 附 录 B

### 常见金属材料密度声速及声阻抗

(参考件)

名 称	符 号	密度 $10^3 \text{ kg/m}^3$	纵波声速 m/s	声阻抗 $10^7 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$
钢		7.7	5880 ~ 5950	4.53
铜	Cu	8.9	4700	4.18
黄铜		8.54	4640	3.96
铸铁		7.2	3500 ~ 5600	2.5 ~ 4
铝	Al	2.7	6260	1.69
锌	Zn	7.1	4170	2.96
银	Ag	10.5	3600	3.8
金	Au	19.3	3240	6.26
锡	Sn	7.2	3320	2.42
铅	Pb	11.4	2170	2.46
铂	Pt	21.4	3960	8.46
镍	Ni	8.8	5630	4.95
钛	Ti	4.58	5990	2.74
蒙及尔合金		8.9	5350	4.75
不锈钢		8.03	5660	4.55

## 附 录 C

### 用超声测厚仪和探伤仪 测量材料声速的方法 (参考件)

材料声速一般可用超声测厚仪和探伤仪来测量,其方法是用与已知声速的试块相比较,近似计算出被测材料的声速。

C.1 用测厚仪测定材料的声速,计算公式如下;式中:

$$C = \frac{d}{d'(\text{钢})} \cdot C' \text{ 钢} \dots\dots\dots (C1)$$

式中:  $C$ —— 被测材料的纵波声速;

$d$ —— 被测材料的厚度;

$C'$ —— 钢的纵波声速;

$d'$ —— 被测材料相当于钢的厚度。

例如:将测厚仪按钢(声速为 5900m/s)的厚度调整后,测量厚度为 10mm 的某金属材料,测厚仪显示的厚度值为 17.1mm,则该材料的声速为:

$$C = \frac{d}{d'} \cdot C' = \frac{10\text{mm}}{17.1\text{mm}} \cdot 5900\text{m/s} = 3450\text{m/s}$$

C.2 用探伤仪测定材料声速,计算公式如下:

$$C = \frac{S'}{d'} \cdot \frac{d}{S} \cdot C' \dots\dots\dots (C2)$$

式中:  $C$ —— 被测材料的纵波声速;

$d$ —— 被测材料的厚度;

$s$ —— 被测材料一次声程所占荧光屏上的格数,

$C'$ —— 试块材料纵波声速;

$d'$ —— 试块的厚度;

$S'$ —— 试块上一次声程所占荧光屏上的格数。

例如:将探头置于厚度为 25mm 的钢试块上(声速为 5900m/s),把第一次底面回波调到 5 格,然后把探头移到被测材料上(若该材料厚度为 10mm),如第一次底面回波出现在 3.4 格位置上,则被测材料的声速为:

$$C = \frac{S'}{d'} \cdot \frac{d}{S} \cdot C' = \frac{5(\text{格})}{25(\text{mm})} \cdot \frac{10(\text{mm})}{3.4(\text{格})} \cdot 5900\text{m/s} = 3470\text{m/s}$$