

玻璃钢层压板超声波检测方法

本标准规定了厚度为 20~120mm 玻璃钢层压板材料、半成品或成品件的超声波检测方法。

1 术语

1.1 整体拉伸强度(total tension strength)——指被测的玻璃钢层压板整个厚度的拉伸强度。

1.2 距离幅度尺寸曲线(distance gain size curve)——在被测的玻璃钢层压板厚度方向上,当超声波束垂直于不同大小的平底孔时,测得反射波高度(h_f)与无缺陷部位底波高度(h_b)之比的分贝数(dB),跟探头到缺陷距离的关系曲线称作 DGS 曲线(或 AVG 曲线)。

1.3 距离振幅校正曲线(distance amplitude correction curve)——采用某种频率探头及规定的探伤灵敏度,从被测的玻璃钢层压板中不同厚度上的某种平底孔,测得反射波高度(h)与探头到孔底距离的关系曲线,称作距离振幅校正曲线(即 DAC 曲线)。

2 检测方法

2.1 超声脉冲穿透法

超声脉冲穿透法是使超声波在材料中传播,当遇到缺陷时,在其背后造成阴影区,根据接收信号高度降低或能量透过率减小的特性来判断缺陷。

2.2 超声脉冲反射法

超声脉冲反射法是使超声波在材料中传播,当遇到缺陷时,从该处产生反射波,根据缺陷反射波的有无、大小、范围和深度以及底波消失的情况来判断缺陷。

玻璃钢层压板材料探伤,采用反射法。缺陷分析按以下方式单独或综合进行:

- 缺陷反射波高度与有缺陷部位底波高度的比较;
- 缺陷反射波高度与无缺陷部位底波高度的比较;
- 有缺陷部位底波高度的降低程度和范围,
- 缺陷反射波高度与参考试块人工缺陷反射波高度的比较;
- 某一高度以上缺陷反射波连续出现的范围。

2.3 材料声学性能测量法

测量玻璃钢层压板材料垂直布面方向的声速和衰减系数,通常采用反射法,当不能使用反射法时,就采用穿透法。

2.3.1 材料声速测量

玻璃钢层压板材料声速可由下式确定:

$$C = L/t \dots\dots\dots (1)$$

式中: C——材料声速, m/s;

L——材料厚度, m;

t——超声波在材料中的传播时间, s。

2.3.2 材料衰减系数测量

玻璃钢层压板材料的衰减系数采用比较法测定。当两种材料声阻抗相近时,可用下式计算被测材料的衰减系数:

$$\alpha = \frac{1}{L} (\alpha' L' + 20 \lg \frac{KL'}{K'L} - 20 \lg \frac{h}{h'}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: α' ——参考试块衰减系数, dB/cm;

h' 、 h ——分别为参考试块和被测材料信号高度, cm 或 %;

K' 、 K ——分别为参考试块和被测材料的波数 ($K' = \frac{2\pi}{\lambda'}$; $K = \frac{2\pi}{\lambda}$; λ' 、 λ 分别为参考试块和被测材料中超声波的波长), cm^{-1} ;

L' 、 L ——分别为参考试块和被测材料的厚度, cm。

注:①可用直径大于 $\phi 80$ mm 有机玻璃棒作参考试块。

②当采用反射法时,公式(1)和(2)中的 L' 和 L 分别为参考试块和被测材料的两倍厚度。

3 检测人员和仪器设备

3.1 检测人员

检测人员应具有超声波探伤 II 级资格,并对玻璃钢层压板材料的制作和工艺状态有比较清楚的了解。

3.2 超声检测系统

超声检测系统包括超声探伤仪、高频电缆和探头。其各项性能指标除应符合 JB 1834—76《A 型脉冲反射式超声波探伤仪技术条件》的规定外,还应满足以下要求:

a. 动态范围:不小于 30dB;

b. 盲区:使用 1.25P 20 直探头,在玻璃钢层压板参考试块 II 上,用衰减器适当改变探伤灵敏度,应能发现距离探伤面 6mm 及距离底面 5mm 直径为 $\phi 10$ mm 的平底孔;

c. 探伤灵敏度余量:使用 1.25P 20 直探头探测有机玻璃参考试块 I 中,深度为 100mm、直径为 $\phi 10$ mm 的平底孔,当其反射波高度为荧光屏满刻度的 80% 时,应有大于 40dB 的探伤灵敏度余量;

d. 探间波束的准直性:探头波束轴线的偏移要尽量小,最大不超过 5° 。

3.3 直探头

3.3.1 探头频率

玻璃钢层压板材料超声检测,探头频率一般采用 1.25(或 0.8) MHz,对于材料衰减小的薄板,也可使用 2.5MHz。

3.3.2 探头尺寸

探头尺寸一般在近距离检测,采用较小晶片(如直径 $\phi 14$ mm),而远距离检测,则使用较大晶片(如直径 $\phi 20$ mm)。

3.4 参考试块

参考试块所使用的材料应与被测材料相同,或声学特性(声速和衰减系数)相近,它用于检测系统的灵敏度调整、缺陷当量大小的估计和材料衰减的对比。

制作参考试块的材料,应事先经过无损检测,确认没有缺陷存在才能使用。

采用以下两种参考试块:

3.4.1 参考试块 I

参考试块 I 由有机玻璃棒加工制成,如图 1 所示。

4.1 探伤面

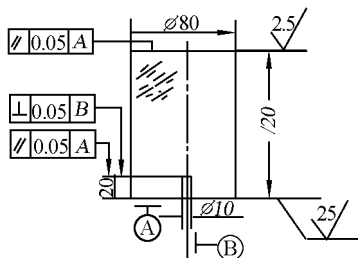


图 1 参考试块 I

3.4.2 考试块 II

参考试块 II 由玻璃钢层压板材料加工制成,如图 2 所示。其中平底孔孔底平行布面。

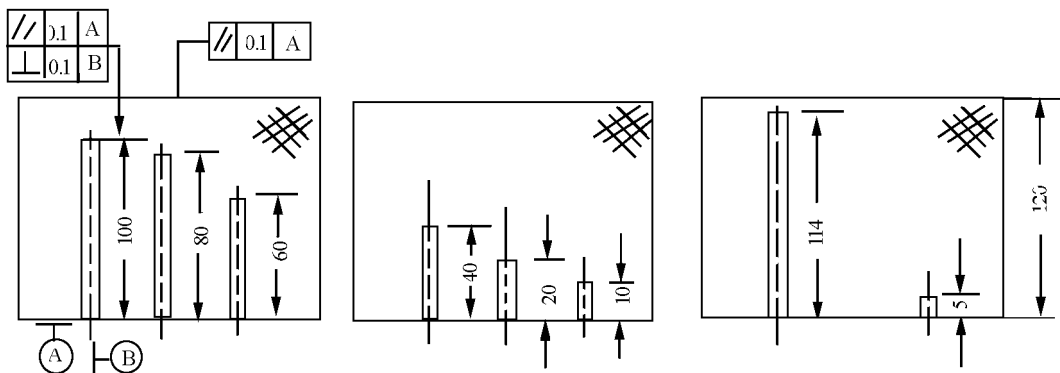
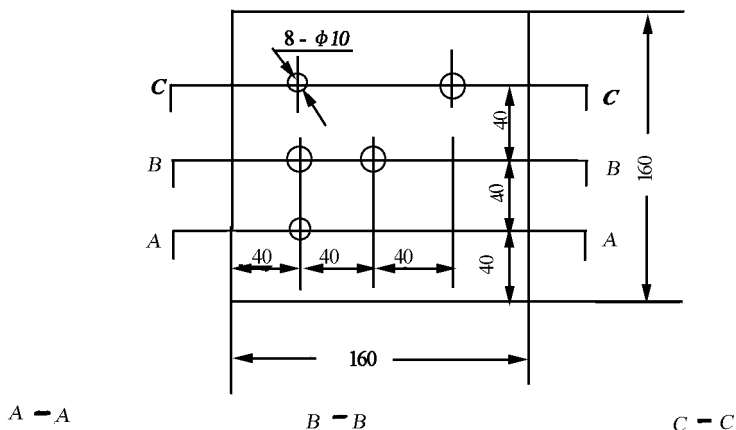


图 2 参考试块 II

检测程序

探伤面的选择应使波束中心线垂直于布面(其它方向的检测可了解被测材料各向异性的特点)。探伤面应该干净平整,以利于声能耦合。

4.2 耦合剂选择

耦合剂可用水或具有一定粘度的化学浆糊等,不允许使用有机油或润滑脂。

4.3 测量声速和衰减系数

按 2.3 条测量材料垂直布面方向的声速和衰减系数。测点数量根据被测材料的均匀性而定, 材质越均匀测点数量可越少。

4.4 绘制距离振幅校正曲线

用 1.25P 20(或 0.8P 20)直探头探测参考试块 II, 按不同声程 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔反射波高度, 作距离振幅校正曲线(即 DAC 校正曲线), 以供缺陷分析使用。

4.5 探伤灵敏度调整

探伤灵敏度调整可根据具体情况选用底波方式或参考试块方式。

4.5.1 底波方式

用 1.25P 20(或 0.8P 20)直探头检测玻璃钢层压板材料, 把无缺陷部位底波高度调到荧光屏满刻度的 80%, 然后再用衰减器提高底波高度的均值达 45dB, 以此作为探伤灵敏度。

4.5.2 参考试块方式

按 4.5.1 底波方式调整某种厚度玻璃钢层压板材料的探伤灵敏度, 在此灵敏度下将探头放到参考试块 I 上, 测出此时 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔或底波高度的分贝数(dB), 并以此值作为不同批次、同种规格材料的探伤灵敏度。

4.6 被测件扫查

在探伤灵敏度下对被测件进行扫查, 扫查方式可采用直线式、同心圆式或螺旋式。探头在探伤面上的扫查轨迹要保证 100% 的覆盖率, 扫查速度不大于 100mm/s, 在发现有缺陷的部位应反复检测。

5 材质及缺陷评价

5.1 材质评价

材料垂直布面方向的声速与衰减系数跟整体拉伸强度之间存在统计相关, 一般趋势是声速越低、衰减系数越高, 则整体拉伸强度越低。

5.2 缺陷大小的确定

当被测材料与参考试块 II 的声速和衰减系数变化范围相近时, 可用下面方法确定缺陷大小。

5.2.1 大缺陷的确定

当缺陷的尺寸大于声束直径时, 用参考试块 II 上同声程的 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔反射波的高度调到满刻度的 80%, 然后在被测材料上移动探头, 按 6dB 法测定缺陷的指示大小。

5.2.2 小缺陷的确定

5.2.2.1 测量法

当缺陷反射波高度与参考试块 II 中的 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔反射波高度相等, 而且声程相同, 则称缺陷当量为 $\phi 10\text{mm}$; 而缺陷反射波高度超过(或低于)同声程 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔反射波高度时, 则缺陷当量大于(或小于) $\phi 10\text{mm}$; 如果缺陷与平底孔的声程不同, 则可用声程与之相近的两个 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔, 用插入法评定, 也可用

4.4 条距离振幅校正曲线进行分析。

5.2.2.2 计算法

当缺陷面积小于声束, 且 $\theta_A \leq 10^\circ$, $\theta_B \leq 15^\circ$ 时, 在远场区可按下式求缺陷半径 R:

$$20\lg \frac{h_f}{h_b} = 20\lg \left(16 \frac{R^2}{a^2} \cdot \frac{L}{ka^2} \right) + 40\lg \left[\sin \frac{r}{2} \sqrt{1 - r\beta - \beta^2 \left(\frac{1}{3} - 0.6r^2 \right)} \right] + 2\alpha(L - Z) \quad (3)$$

$$\text{式中: } r = \frac{ka^2}{2Z}; \quad \beta = \frac{kR^2}{2Z}$$

$20\lg \frac{h_f}{h_b}$ ——缺陷反射波高度与无缺陷部位底波高度(取均值)比值的分贝数, dB;

a ——园形晶片半径, cm;

R ——缺陷半径, cm;

k ——波数($k = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ 为材料中超声波的波长), cm^{-1} ;

α ——材料衰减系数, dB/cm;

L ——材料厚度, cm;

Z ——缺陷与探头间的距离, cm;

Q_A ——晶片中心到缺陷的半张角($^\circ$);

Q_B ——缺陷中心到晶片的半张角($^\circ$)。

因为按(3)式求缺陷半径相当麻烦,所以一般采用比较方便的距离振幅曲线法估计缺陷大小。例如,对于某一块被测材料,只要其衰减系数符合如下变化范围: $\alpha = 1.13 \sim 1.73 \text{ dB/cm}$,在远场区,则可用距离振幅曲线图 3,估计缺陷大小。

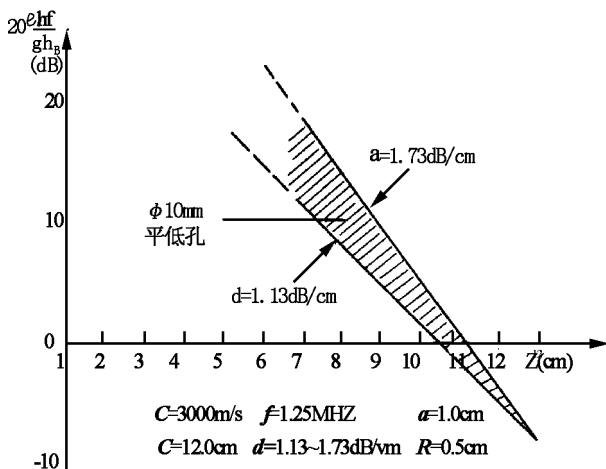


图 3 距离振幅曲线

当实验点落在暗影区时,缺陷当量相当于 $\phi 10\text{mm}$;落在右上方时,则大于 $\phi 10\text{mm}$;落在左下方时,则小于 $\phi 10\text{mm}$ 。当缺陷反射波出现在近场区时,可在材料反面进行检测,使其变为远场区;或者改用小探头检测,使它满足远场条件。否则,也可以直接用参考试块 II 作近场区当量法估计。

若被测材料衰减系数与上述范围不符,可根据实测的材料衰减系数变化范围,按公式(3)重新绘制距离振幅曲线图,以供使用。

5.3 缺陷深度的确定

5.3.1 用同声程的参考试块 II 作对比,确定缺陷深度。

5.3.2 用已知厚度的玻璃钢层压板材料底波出现的时间和缺陷波出现的时间,按(1)式计算缺陷深度。

5.4 底波消失范围

5.4.1 在同一块材料上,如果只是某些区域底波消失,可能是由于缺陷存在或局部材料衰减偏高引起的,应当记载。

5.4.2 如果整块材料都没有底波,则可能是被测材料比正常材料衰减程度大得多,那么应以声速和衰减系数的测量来进行材质评价,并另行处理。*

5.5 缺陷性质估计

在实践中,缺陷的定性是相当难的,但是,把缺陷划分为两大类却是比较容易的,第一类(包括分层、裂纹、预固化)称危险性缺陷,它们对材料强度、缺陷受热震扩展、烧蚀性能都有严重影响,第二类(包括其他缺陷)称非危险性缺陷。材料缺陷性质的估计可以参考表 1。

表 1

序号	缺陷名称	定 义	超声波反射法 A 显示特点	
			缺陷波	底 波
1	分层	层压板内部材料层间分离	缺陷波很强,前后沿陡,深度基本不变,移动探头有一定范围	底波消失成基本消失
2	裂纹	穿过布层延个的裂隙	缺陷波较强,前后沿稍缓,深度略变,移动探间有一定范围	底波消失或显著降低
3	预固化	布层预热处理时,有变色热分解迹象	缺陷波强,前后沿较陡,深度不变,移动探间有一定范围	底波消失或很显著降低
4	夹杂	层压板中含有外来杂质	缺陷波较宽,且多峰,随探头移动起伏变化	底波存在或有所降低
5	贫胶层	布层浸胶不足	缺陷波明显,深度不变,移动探头有一定范围	底波基本正常或略有降低
6	多胶层	布层间胶层太厚	缺陷波较小,深度不变,移动探头有一定范围	底波基本正常
7	多孔性	布层间或某区域截留大量小气泡	缺陷波呈草状,随探头移动起伏变化较大	底波显著降低
8	皱折	布层涡旋或紊乱折叠	缺陷波较宽,且多峰,但幅度不大	底波基本正常

6 验收

材料或制品按合同或图纸要求进行验收。若材料的声速和衰减系数以及缺陷的种类和范围按规定不允许存在,而在随后的加工中可以被除掉,则是允许的。但是,其制品应再次详细检查,以证明缺陷被排除。

7 检测报告

检测报告应包括以下内容:

- 被测件名称、编号、尺寸、工艺状态、表面质量等;
- 使用仪器设备型号、工作频率、探头规格、耦合剂、试块、扫查方式等;
- 探伤灵敏度;

d. 检测结果包括:探伤面,缺陷大小或当量、深度、底波消失状况,缺陷性质估计,材料垂直布面的声速和衰减系数等。除在被测件上直接标记缺陷大小和深度外,应该作被测件缺陷分布示意图。报告写明试验日期和检测人员。