

变形铝合金棒材超声波检验方法

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了采用超声脉冲反射技术进行超声波检验方法的一般要求、详细要求等。

1.2 适用范围

本标准适用于变形铝合金直径不小于 10mm 的圆棒及内切圆直径不小于 10 mm 的方棒和六角棒材的超声波检验。

2 引用文件

GJB 1580—93 变形金属超声波检验方法

JJG 746—91 超声探伤仪

3 定义

本章无条文。

4 一般要求

4.1 环境条件

检验场地应安全,光线适度。应避免强光、强电场、强磁场、严重粉尘、腐蚀性气体及噪声干扰。

4.2 人员要求

4.2.1 检验人员应具备超声波检验方面的专门知识,并取得有关部门认证的超声波检验资格证书。

4.2.2 取得各等级资格证书的人员只能从事相应资格等级职责范围内的工作。

4.3 耦合剂

耦合剂应具有良好的传声性能,且不应腐蚀被检棒材和设备。

4.3.1 水浸法应采用无气泡的清洁水做耦合剂。必要时可适当加入防腐剂和润湿剂。

4.3.2 接触法可采用普通的机油、水溶性凝胶等做藕合剂。

4.4 被检棒材

4.4.1 被检棒材表面应无影响声波正常入射的凹坑、划伤、油污等存在,其表面粗糙度为 Ra 3.2 μ m。

4.4.2 被检棒材一般应进行热处理。若不进行热处理时,应在有关文件中说明。

4.4.3 采用水浸法自动检验的被检圆棒应平直,棒材在全长上的弯曲度应不大于 1.5mm。

4.5 对比试块

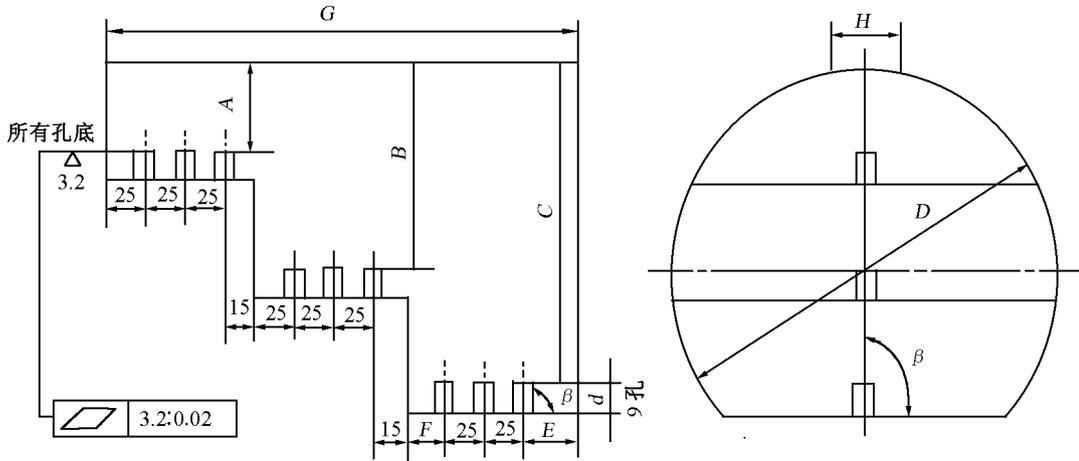
4.5.1 对比试块应由成分、组织、声学物理特性与被检棒材相似的材料制成。一般可采用 7A09—T6 或 2A12—T4 合金制作。

4.5.2 作对比试块的材料应检查纯净度,并采用水浸纵波在较高的频率下检查,其所有信号应比受检材料允许的噪声低 6db。

4.5.3 对比试块经供需双方认可后妥善保管,每五年送有关部门检定一次,且每年应检查试块的表面

质量及腐蚀情况并采用水浸法检定距离—振幅曲线,只有检定合格的试块才可投入使用。

4.5.4 纵波检验柱面对比试块,每套试块可由直径为 200,180,160,140,120,100,80,60, 50,40,30, 20mm 的 12 块组成。试块的构形和尺寸应符合图 1 和表 1 规定,每块试块在金属声程为试块直径的 1/4,1/2 及 3/4 处有直径为 3.2,2.0,1.2mm 的平底孔孔底。平底孔直径的偏差,当孔径不大于 1.6mm 时,为 $\pm 0.01\text{mm}$;当孔径大于 1.6mm 时,为 $\pm 0.03\text{mm}$ 。平底孔应经防腐处理并密封,以提供金属—空气界面。



注:①图中子 β 的角度 $90^\circ \pm 0.5^\circ$; ②图中 A, B, C 的公差为 $\pm 0.2\text{mm}$; ③在 H 处宽度内顶面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。
④所有的平底孔孔底表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

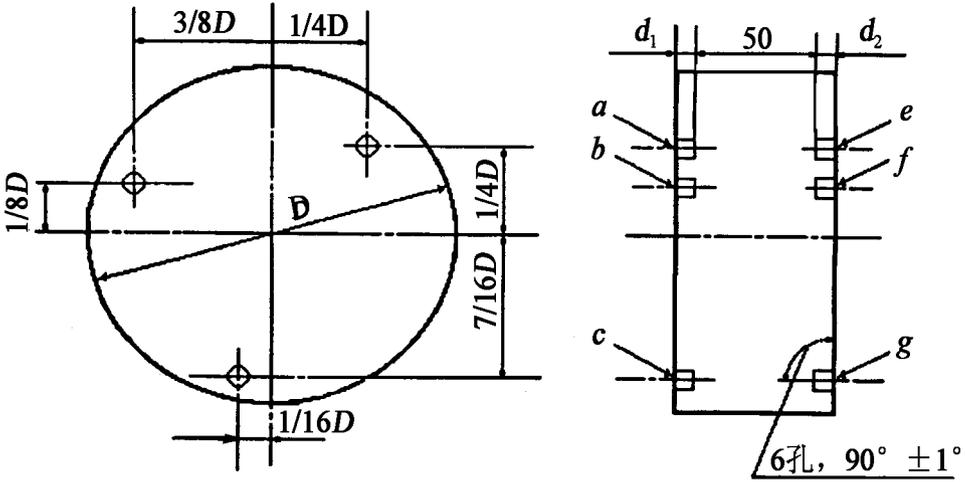
图 1 纵波检验柱面对比试块

表 1

D	A	B	C	d	E	F	G	H
200	50	100	150	12	40	40	325	50
180	45	90	135	12	40	40	325	50
160	40	80	120	12	25	40	310	50
140	35	70	105	12	25	40	310	50
120	30	60	90	12	25	40	310	50
100	25	50	75	12	25	40	310	50
80	20	40	60	12	25	40	310	50
60	15	30	45	12	25	40	310	40
50	12.5	25	37.5	10	25	40	310	40
40	10	20	30	8	25	25	280	40
30	7.5	15	22.5	6	25	25	280	30
20	5	10	15	5	25	25	280	20

4.5.5 纵波检验平面对比试块应符合 GJB 1580 规定。

4.5.6 横波检验对比试块应符合 GJB 1580 规定,对于圆棒横波周向检验对比试块应符合图 2 规定。



- 注：①图中侧孔 a, b, c 直径为 $0.5\text{mm} \pm 0.025\text{mm}$ ，深度 $d_1 = 12.7\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。
 ②图中侧孔 e, f, g 直径为 $1.2\text{mm} \pm 0.025\text{mm}$ ，深度 $d_2 = 25.4\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。
 ③侧孔位置公差 $\pm 0.25\text{mm}$ 。
 ④所有的表面粗糙为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

图 2 圆棒横波周向检验对比试块

4.6 探伤仪与探头

4.6.1 超声波探伤仪应符合 JJG 746 的要求，正常使用时每年应检定一次。新购或检修后的仪器在投入使用前应检定。检定要有记录并备查，只有检定合格的仪器方可投入使用。

4.6.2 探头应符合 GJB 1580 的相关要求。

4.6.3 探头和仪器配合，采用图 1 对比试块绘制探头和仪器组合的距离—振幅曲线，用于检验仪器和探头的使用性能等。

4.6.4 探头和仪器配合测试棒材的表面分辨力应达到表 2 要求。

表 2

mm

受检棒材直径 D	表面分辨力
< 32	≥ 3.2
$\geq 32 \sim 64$	$\leq 0.1D$
> 64	$0.1D$ 或 12.5 (取两者之小值)

4.6.5 探头和仪器配合检测灵敏度应达到检测要求，至少应能使表 4 所要求检测等级的平底孔反射波高达到荧光屏满刻度的 80%，此时噪声电平应小于满刻度的 10%。

4.7 辅助设备

4.7.1 用于水浸法检验的水槽应能容下被检棒材。水槽上应能架设探头操纵装置。探头应能上下、左右、前后移动，同时还应具有对准棒材中心的角度调整功能。

4.7.2 应使水浸法检验的棒材架在水中且能平稳转动，并能在整个检测过程中使探头始终对准棒材中心，且水程保持恒定。

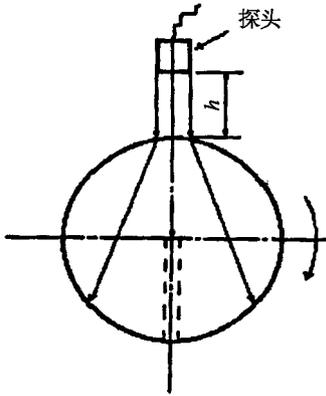
5 详细要求

5.1 检验方法

检验方法可选择水浸法或接触法。

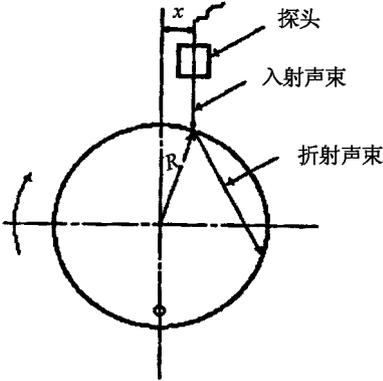
5.1.1 水浸法有水浸纵波检验和水浸横波检验两种,其示意图如图3、图4所示。

5.1.2 接触法有纵波检验、纵波径向检验和横波周向检验三种,其示意图如图5、图6、图7所示



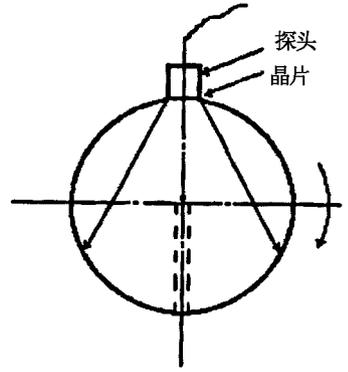
注: h 水程

图3 水浸法纵波检验



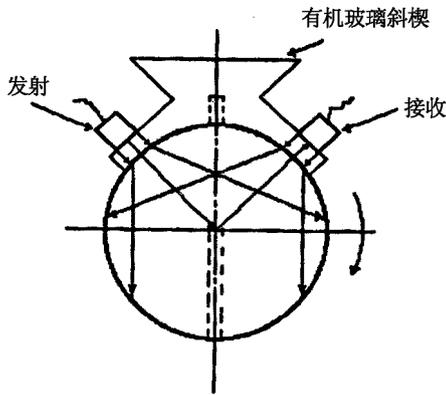
注: x 偏心距

图4 水浸法横波周向检验



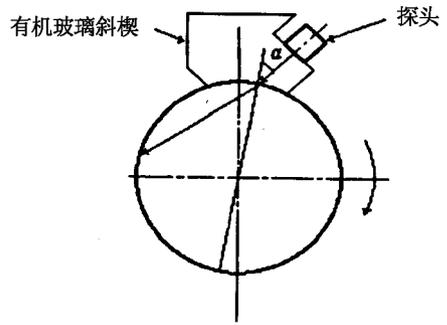
:棒材直径小于60mm时,晶片前应增加有机玻璃耦合楔块

图案 接触法纵波检验



注: 实用于直径16~40mm棒材检验

图6 接触法纵波径向检验



注: α 为中心声束在柱面的入射角

图7 接触法横波周向检验

5.2 检验程序

5.2.1 被检棒材准备

5.2.1.1 检验被检棒材的表面及弯曲度,并符合4.4条的规定。

5.2.1.2 被检棒材应平稳地放在水槽中(水浸法)或工作台上(接触法),以保证在整个检验过程中被检棒材与探头保持良好的耦合。

5.2.2 校验仪器与探头

检验前,应校验探头和仪器组合的距离——振幅曲线,其偏差在10%以内准予使用。

5.2.3 水程调节

用水浸法检验时,应进行非聚焦探头水程调节。对于纵波检验,水程 h_1 应符合式(1)的规定,对于横波检验,水程 h_2 应符合式(2)的规定。

$$h_1 > D \frac{v_1}{v_2} \dots\dots\dots (1)$$

$$h_1 > 2 \frac{v_1}{v_3} \sqrt{[\frac{D}{2}]^2 - [X \frac{v_3}{v_1}]^2} \dots\dots\dots (2)$$

- 式中: v_1 ——水中纵波声速, mm/s;
- v_2 ——铝中纵波声速, mm/s;
- v_3 ——铝中横波声速, mm/s;
- D ——棒材直径, mm;
- X ——偏心距, mm。

5.2.4 灵敏度调节

5.2.4.1 纵波检验时,应按表 3 选用与被检棒材直径最接近的对比试块。对不同验收等级的超声波检验,应按表 4 规定选用相应直径的平底孔来调节检验灵敏度,并以埋深不同的三个平底孔的反射波高均达到荧光屏满刻度的 80% 以上,作为检验灵敏度。在远场区可采用直径为 1.2mm 的平底孔并提高 7db 来代替直径为 0.8mm 的平底孔进行调节。

表 3

mm

对比试块直径	被检棒材直径的偏差
20	+5
30,40,50	±5
60	+10
	-5
80,100,120,140,160,180,200	±10

表 4

验收等级	AA	A	B	C
孔径 mm	0.8	1.2	2.0	3.2

5.2.4.2 横波检验时,可选择图 2 所示试块中相应的侧孔来进行灵敏度调整。试块的直径应与被检棒材相同,调节探头的入射角度,并以埋深不同的侧孔的反射波高均达到荧光屏满刻度的 80% 以上,作为检验灵敏度。

5.2.5 扫查

5.2.5.1 扫查速度一般不大于 50mm/s,自动扫查时,可适当提高扫查速度,但不得影响不连续性的检出。

5.2.5.2 扫查间距应使声束覆盖宽度至少为探头最小有效声束宽度的 50%。

5.2.5.3 探头有效声束宽度的测定,按表 4 规定将图 1 所示对比试块中的平底孔反射波高调至荧光屏满刻度的 80%,沿试块纵向前后移动探头至反射波高降至 40% 时两探头位置间的中心距离,即为该规格该等级的探头有效声束宽度。用埋深不同的平底孔测定探头的有效声束宽度,其中宽度最小的即为探头扫查该规格棒材的最小有效声束宽度。

5.2.5.4 扫查方式推荐采用圆棒转动,探头平移的螺旋扫查方式。横波周向检验时,还应对每一被检

棒材顺时针、逆时针方向各扫查一次。

5.2.5.5 方棒、六角棒及直径大于 200mm 的圆棒, 可视为平表面扫查, 并参照 GJB 1580 执行。

5.2.5.6 对于直径小于 20mm 的圆棒, 推荐采用水浸聚焦探头检验, 试块的直径应与被检棒材相同, 试块可参照图 1、图 2 制作。

5.2.5.7 扫查中发现不连续性显示时, 应摆动探头或调节探头角度, 使不连续性的显示波高达到最高。

5.2.5.8 在检验前, 检验后及检验过程中每隔 1h, 应校验灵敏度, 如发现异常应停止检验, 重新校准好设备后, 对发现异常至前一次设备正常所检验的棒材应重新检验。

5.3 不连续性的评定

5.3.1 不连续性位置和深度的评定

5.3.1.1 垂直入射发现的不连续性位置在探头正下方的棒材中, 不连续性的深度可在经校正时基线的仪器荧光屏上直接读出。

5.3.1.2 斜入射发现的不连续性位置在探头中心声束下方棒材的横截面上。

5.3.2 不连续性当量尺寸的评定

5.3.2.1 在检条件相同情况下, 按 5.2.5.7 条扫查到的最大不连续性反射波应与对比试块中埋深相同的平底孔反射波相比较, 评定不连续性的当量尺寸。

5.3.2.2 如果不连续性深度和对比试块平底孔埋深不一致, 可参照探头和仪器组合的距离——振幅曲线按插入法评定。

5.3.2.3 横波检验发现的不连续性, 由于多种因素影响, 一般情况下不能确定反射面方位, 不宜仅根据反射波高对反射体尺寸作出评估。必要时须从不同方向入射以获得更多信息, 并据此作出评定。亦可参照表 5(棒材周向检验时平底孔反射与侧孔反射当量关系) 执行。

表 5

mm

平底孔直径	侧孔	
	直径	探度
2.0	0.5	12.7
3.2	1.2	25.4

5.3.3 不连续性长度的评定

不连续性长度按下列步骤评定:

a. 按表 3 选择与被检棒材最接近的对比试块, 按表 4 规定将与被检棒材不连续性埋深相同的相应等级的平底孔反射波高调至荧光屏满刻度的 80%, 沿试块纵向前后移动探头测量反射波高降至满刻度 10% 时的探头两位置中心间距 M。

b. 在上述相同的检验条件下, 扫查被检棒材的不连续性, 沿不连续性两端移动探头, 测量不连续性反射波高分别降至满刻度 10% 时的探头两位置的中心间距 N。

c. 将 N 减去 M 即为此不连续性的评定长度。

5.4 验收要求

纵波检验的验收要求分为 AA, A, B, C 四个级别的验收等级, 每个级别的要求应符合 6 规定。横波检验的验收要求应符合 GJB 1580 规定。

5.5 检验记录和报告

表 6

mm

级别	单个不连接性指示	多个不连接性指示		长条形不连接性指示		底反射损失 % 不大于
	当量平底孔直径 不大于	当量平底孔直径 大于	间距 大于	当量平底孔直径 不小于	长度 不大于	
AA	1.2	0.8	25	0.8	12.7	50
A	2.0	1.2	25	1.2	25	
B	3.2	2.0	25	2.0	25	
C	3.2	—		—		

5.5.1 超声波检验时应作好检验记录,对不合格棒材应作上明显的标识并与验收合格品分开,以防止混料。检验记录应包括下列主要内容:

a. 送检部门或单位、送检日期; b. 合金、状态、批号、送检棒材规格; c. 探伤仪型号、探头类型、探头频率和尺寸、斜探头入射角度; d. 检验方法、试块、耦合剂、验收标准; e. 检验结果、检验人员签名和检验日期; f. 其他认为有必要记录的内容。

5.5.2 检验记录应编号保存,保存期限按有关部门或单位的要求规定。

5.5.3 超声波检验后,应由检验部门签发检验报告,检验报告应包括下列主要内容:

a. 合金、状态、批号、送检棒材规格; b. 验收标准、检验结果; c. 检验部门的印记。