

# 中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T 1188—202X  
代替YS/T 874-2013、YS/T 1188-2017

## 变形铝合金铸锭超声检验方法

Ultrasonic inspection of wrought aluminium alloy ingots

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

(送审稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部发布



## 前 言

本文件按GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替YS/T 1188-2017《变形铝合金铸锭超声检测方法》，与YS/T 1188-2017《变形铝合金铸锭超声检测方法》相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了铸锭厚度尺寸规格范围（见第1章，2017年版的第1章）；
- b) 增加了动态测试参比试样和自然缺陷试样的要求（见6.1.3）；
- c) 增加了水浸多通道检验系统的要求（见7.2.4）；
- d) 增加了相控阵检验技术的要求（见7.1.4、9.1.1）；
- e) 增加了水浸自动检测系统探头装置的要求和底波衰减测试及跟踪要求（见7.2.6、7.3.1）；
- f) 增加了表面分辨力要求（见9.2）；
- g) 增加了水浸检测方法（见9.3.1.2）；
- h) 增加了空心锭基准灵敏度计算方法、衰减系数测试方法（见9.3.1.3.3、9.3.1.3.4）；
- i) 增加了横波检验基准灵敏度调试方法（见9.3.2）；
- j) 增加了探头扫查方式（见9.8.2）；
- k) 增加了试块比较法评估缺陷时，缺陷埋深与平底孔埋深偏差要求（见9.9.2.1）；
- l) 增加了试块算法、底波算法缺陷当量评估要求（见9.9.2.2.1）；
- m) 增加了多点缺陷、长条缺陷验收等级（见第10章）；
- n) 增加动态扫查验证和自动检测设备稳定性验证要求（见12.4、12.5）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：山东南山铝业股份有限公司、

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2017年第一次首次发布为YS/T 1188-2017；

——本次为第一次修订，并入了YS/T 874-2013《水浸变形铝合金圆铸锭超声波检验方法》（YS/T 874的历次版本发布情况为：2013年首次发布）。



# 变形铝合金铸锭超声检验方法

## 1 范围

本文件描述了采用超声波脉冲反射法对变形铝合金铸锭内部组织缺陷进行检验的方法。  
本文件适用于变形铝合金铸锭均匀化处理后的超声波检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 6519-2024 变形铝、镁合金产品超声波检验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

YS/T 1633 变形铝及铝合金产品超声波相控阵检验方法

## 3 术语、定义及符号

### 3.1 术语和定义

GB/T 12604.1界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.2 符号

本文件列出的符号及其说明见表1。

表1 符号及其含义

序号	符号	说明	单位
1	$B$	试块算法使用的对比试块基准平底孔埋深	毫米 (mm)
2	$B_1 \sim B_{15}$	平底孔不同埋深	毫米 (mm)
3	$B_f$	缺陷埋深	毫米 (mm)
4	$D$	平底孔深度	毫米 (mm)
5	$D_0$	用于测试下盲区的平底孔深	毫米 (mm)
6	$D_{01}$	用于测试下盲区的平底孔深1	毫米 (mm)
7	$D_{02}$	用于测试下盲区的平底孔深2	毫米 (mm)
8	$E$	平表面对比试块直径或圆铸锭或空心锭对比试块外径	毫米 (mm)
9	$F_0$	相邻平底孔中心轴线间距或平底孔中心轴线距侧壁的距离或圆铸锭对比试块弦长的二分之一长度用L	毫米 (mm)
10	$F_1$	平底孔距阶梯试块侧壁距离	毫米 (mm)
11	$F_3, F_4$	平底孔中心轴线距试样端部距离	毫米 (mm)
12	$H$	曲面对比试块校验区域	毫米 (mm)
13	$K$	平底孔封孔直径直径不是用K, 用 $\phi$	毫米 (mm)
14	$K_\phi$	导向孔直径	毫米 (mm)
15	$R$	圆铸锭对比试块半径	毫米 (mm)

16	$S$	平表面横波检验最大声程	毫米 (mm)
17	$T$	样品厚度 (扁铸锭厚度或圆铸锭直径或空心锭壁厚)	毫米 (mm)
18	$U$	空心锭对比试块壁厚	毫米 (mm)
19	$V_1$	样品一次底波波幅值为垂直极限80%的增益值	分贝 (dB)
20	$V_2$	样品二次底波波幅值为垂直极限80%的增益值	分贝 (dB)
21	$V_3$	平底孔最大超声响应波幅值为垂直极限80%的增益值	分贝 (dB)
22	$V_4$	缺陷最大超声响应波幅值为垂直极限80%的增益值	分贝 (dB)
23	$W_0 \sim W_5$	导向孔不同深度	毫米 (mm)
24	$X$	探头中心线与声束垂直入射轴线偏移的水平距离 (偏心距)	毫米 (mm)
25	$d_1$	空心锭内径	毫米 (mm)
26	$d_2$	空心锭外径	毫米 (mm)
27	$h$	水程距离	毫米 (mm)
28	$v_1$	水中纵波声速	毫米每秒 (mm/s)
29	$v_3$	样品横波声速	毫米每秒 (mm/s)
30	$\alpha$	声束入射角	角度 ( $^\circ$ )
31	$\beta$	声束折射角	角度 ( $^\circ$ )
32	$\gamma$	样品衰减系数	分贝每毫米 (dB/mm)
33	$\lambda$	超声波波长	毫米 (mm)
34	$\theta$	平底孔轴线与底面垂直角度 $90^\circ$	角度 ( $^\circ$ )
35	$\Delta$	检验面	—
36	$\phi$	对比试块平底孔直径	毫米 (mm)
37	$\phi_0$	试块算法使用的对比试块基准平底孔直径	毫米 (mm)
38	$\phi_1 \sim \phi_{18}$	平底孔编号	—
39	$\phi_A$	平底孔直径尺寸为A	毫米 (mm)
40	$\phi_B$	平底孔直径尺寸为B	毫米 (mm)
41	$\phi_t$	验收等级要求检出最小平底孔当量尺寸	毫米 (mm)
42	$\Delta dB_1$	验收等级要求检出最小平底孔的超声响应与平底孔超声响应增益差	分贝 (dB)
43	$\Delta dB_2$	验收等级要求检出最小平底孔的超声响应与样品底波超声响应增益差	分贝 (dB)
44	$\Delta dB_3$	验收等级要求检出最小平底孔的超声响应与空心锭样品底波超声响应增益差	分贝 (dB)
45	$\Delta dB_4$	缺陷增益 $V_3$ 与基准平底孔增益 $V_2$ 的差值	分贝 (dB)
46	$\Delta dB_5$	缺陷增益 $V_3$ 与样品一次底波波幅值为垂直极限80%的增益值 $V_1$ 的差值	分贝 (dB)

## 4 方法概述

超声波检验仪触发激励探头晶元产生超声波，超声波通过耦合剂进入样品中，在传播中遇到不同声阻抗介质的界面时产生反射波和（或）折射波被探头接收，探头晶元将接收到的超声波转换为电脉冲信号传输到超声波检验仪中，与已知超声参考反射体（以下简称“反射体”）回波信号进行比较，评估样品的质量等级。超声波检验技术分为接触法检验和水浸法检验。

## 5 检验条件

### 5.1 检验人员

检验人员资质和工作职责范围及上岗操作应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

### 5.2 检验环境

检验环境应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

## 6 材料

### 6.1 标准试块、对比试块及动态测试参比试样

6.1.1 标准试块应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

6.1.2 对比试块应符合附录 A 的规定。

6.1.3 动态测试参比试样应符合附录 B 的规定，用于对超声水浸自动检验设备检验参数的设置、检验结果的有效性、稳定性进行验证。

### 6.2 耦合剂

耦合剂应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

## 7 仪器设备

### 7.1 探头

7.1.1 探头的选择和测试及质量证明书应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

7.1.2 若使用直径（或矩形长边）大于 25.4mm 的纵波直探头时，应有测试数据证明探头与仪器组合性能符合 GB/T 6519-2024 规定并满足样品检验要求，应按 7.1.3 测试方法对探头进行超声响应均匀性测试并符合要求。

7.1.3 在验收等级要求的标准试块或对比试块上测试平底孔最大超声响应波幅值，调整仪器增益为垂直极限 50%，在有效声束范围内，矩形探头沿长边方向测试超声响应一致性；圆形平直探头沿相互垂直两个方向分别测试超声响应一致性，制作测试超声响应波幅值分布图，超声响应波幅值的变化应在±10%范围内，确定探头灵敏度最低的区域，应在探头灵敏度最低的区域调试检验基准灵敏度或制作距离幅度补偿（TCG、电子 DAC）曲线。

7.1.4 如采用超声相控阵接触法检验，虚拟探头应符合 GB/T 6519-2024 规定，当虚拟探头尺寸设置为矩形且长边大于 25.4mm 时，应按 7.1.3 方法测试虚拟探头超声响应均匀性，使用时应得到客户批准。

7.1.5 用于缺陷评估的探头应符合 GB/T 6519-2024 规定。

7.1.6 如需使用其他专用探头，探头类型、形状、尺寸、频率等选择和技术性能指标要求应由供需双方协商确定。

7.1.7 探头需定置管理，使用后进行清洁、干燥处理。

### 7.2 超声检验仪

7.2.1 超声检验仪应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

7.2.2 超声检验仪应与探头相匹配，满足样品检验验收等级要求和检验分辨力及检验信噪比不小于 2:1 的要求。超声检验仪与探头组合最低性能指标应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

7.2.3 超声波检验仪应具有声或光报警显示、阈值设定、数据存储、数据输出等功能，宜具有距离幅度（DAC）/TCG 或电子 DAC 曲线功能，检验频率应至少涵盖 2MHz~10MHz，当对检验频率有其他要求时，由供需双方协商确定。

7.2.4 使用多通道超声波检验仪时，通道间的发射输出电压峰值变化和接收器增益变化应不超过 6dB。

7.2.5 超声波检验仪在检验频率和所要求的检验灵敏度下，具有对所接收的脉冲回波信号进行稳定的线性放大能力。脉冲重复频率可调节，调试范围应满足检验要求。

7.2.6 用于水浸自动检验的超声波检验仪，应具有缺陷位置、幅值、埋深、增益值等检验信息显示，界面跟踪、底波跟踪和声束垂直入射偏离监控等功能；应有检验结果 C 扫图显示或探头检验扫描轨迹和检验结果显示功能；应有材料内部组织缺陷检验阈值闸门、底波测试阈值闸门；对高于材料检验阈值闸门和低于底波测试阈值闸门的超声响应回波信号检验数据应有显示和存储功能。超声波检验仪宜有距离幅度自动补偿功能。

7.2.7 所使用的超声检验设备应确保检验到验收标准要求有效检出检验范围内的最小缺陷的能力及检验分辨力的能力。

7.2.8 所使用的超声设备应具有检验数据存储功能，这些数据应能证明验收标准要求有效检出的最小缺陷与噪声能够有效分辨，应能通过视觉观看到检测结果来确定缺陷。

### 7.3 辅助装置

#### 7.3.1 水浸法自动检验辅助装置

水浸法自动检验辅助装置应符合 GB/T 6519-2024 的规定，并满足以下要求：

- 探头装置应连续可调，应使声束垂直入射样品检验面且通过圆铸锭、空心锭圆心；
- 自动检验传动装置应能保证样品匀速传动或转动，探头装置应在 X、Y、Z 方向匀速稳定运动；
- 探头跟踪装置应保证在自动检验时声束始终垂直入射样品检验面且能通过圆铸锭、空心锭圆心且能保持水层距离稳定；
- 应使探头根据检验结果显示的缺陷信息快速移动至缺陷位置，并对缺陷进行评估；
- 应有缺陷标识功能。

#### 7.3.2 接触法检验辅助装置

探头专用固定装置，在检验时应保证声束入射角和检验灵敏度不发生变化。

## 8 样品

### 8.1 检验面

8.1.1 扁铸锭样品检验面为铸锭最大平直表面，圆铸锭或空心锭样品检验面为圆周面。如需增加检验面，由供需双方协商确定，并在订单（或合同）中注明。

8.1.2 当最大有效声程无法从一面有效检出验收等级要求的最小缺陷时，可从相对的两个面进行分区检验，两次声程检验范围最小重叠区不小于 20mm。

### 8.2 表面质量

8.2.1 样品检验面表面质量应符合 GB/T 6519-2024 的规定，如对样品检验面粗糙度和质量有其他要求应由供需双方协商确定，并在订单（或合同）中或技术协议中注明，且在检验规程或检验工艺卡中进行规定。

8.2.2 在检验前应按 GB/T 6519-2024 规定对样品检验面进行检查和清洁处理。当样品检验面粗糙度和表面状态影响检验灵敏度和检验结果的评估及缺陷有效检出时，应对不符合检验要求的检验面进行处理直到符合要求。

8.2.3 采用水浸自动检验的样品不平度和平直度应符合相应产品文件的规定。

## 9 检验

## 9.1 通则

9.1.1 对变形铝合金铸锭采用超声波脉冲反射法进行检验，检验模式为纵波，当供需双方协商确认横波可有效检出某类型缺陷时可增加横波检验模式。

9.1.2 检验信噪比应不小于 2:1。当检验信噪比小于 2:1 时，由供需双方协商确定其他检验方法，在订单（合同）或技术协议中注明，并在检验规程或检验工艺卡中进行详细规定。

## 9.2 选择检验技术和检验模式

9.2.1 检验技术的优选顺序是相控阵检验技术、水浸自动检验技术、接触法检验技术。超声波水浸法检验技术和超声波接触法检验技术优选水浸检验技术，如条件允许宜选择超声相控阵检验技术。应采用超声波纵波检验模式进行检验。

9.2.2 如采用超声波相控阵水浸自动检验技术检验扁铸锭时，应符合 YS/T 1633 的规定。

9.2.3 当需要时或需方有要求时，可增加横波检验模式或纵波小角度检验模式，并符合以下要求：

- 应在委托单或检验技术协议或订单（合同）中注明，并说明要检验缺陷类型、检验范围、验收标准、人工缺陷超声参考反射体类型和尺寸及分布位置；
- 检验扫查方向应至少进行两次扫查，第一次扫查声速传播方向与第二次扫查声速传播方向应相反；对初始扫查检出的缺陷进行精扫评估；
- 在检验规程（或检验工艺卡）中进行详细规定，并得到需方的批准。

9.2.4 当一种规格探头一次检验不能达到检验要求时，宜采用两种或两种以上规格探头进行分区检验。

## 9.3 表面分辨力

9.3.1 表面分辨力应符合表 1 的要求，当需方对表面分辨力有特殊要求时，应由供需双方协商确定。

表 1 表面分辨力

单位为毫米

样品厚度 ( $T$ )	上表面检验分辨力	下表面检验分辨力
$\leq 120$	$\leq 0.1 \cdot T$	$\leq 3.2$
$> 120 \sim 300$	$\leq 12$	$\leq 5.0$
$> 300 \sim 800$	$\leq 15$	$\leq 10.0$
$> 800$	$\leq 15$	$\leq 15.0$

9.3.2 当检验信噪比大于 2:1，入射面分辨力不符合 9.2.1 要求时，应在入射面对面进行再次检验；或选用表面分辨力符合检验要求的探头进行分区检验，两个不同探头有效检验声程覆盖应不小于 10mm。经供需双方协商确定可采用其他检验方式达到表面检验分辨力要求。

## 9.4 调试检验基准灵敏度

### 9.4.1 调试纵波检验基准灵敏度

#### 9.4.1.1 选择对比试块

9.4.1.1.1 根据验收标准要求和检验面形状及声程检验范围选择对比试块，选用的对比试块检验面几何形状和表面状态及表面粗糙度应与样品相同或相近，有影响时，应按 9.4 要求进行修正补偿，对比试块应符合 6.1.2 要求。

9.4.1.1.2 纵波检验超声参考反射体为不同埋深平底孔，检验基准灵敏度调试应选用验收标准要求的最小直径平底孔。对比试块选择应符合以下要求：

- 应选择一组同孔径、不同埋深平底孔对比试块，最大埋深应不小于样品最大声程检验有效范围，最小埋深应不大于样品上表面分辨力；
- 圆铸锭和空心锭曲面样品，应选用与样品曲率半径相一致或相近的同类对比试块，直径偏差应符合 GB/T 6519-2024 要求。

9.4.1.1.3 若没有适用验收等级尺寸的平底孔对比试块时，宜按表 2 给出的同埋深不同平底孔直径之间的超声响应关系特性选择平底孔对比试块。

表 2 同埋深、不同平底孔直径之间的超声响应关系特性

平底孔直径 mm	平底孔面积 mm <sup>2</sup>	超声响应波幅值 (以垂直极限百分比表示) %						平底孔超声响应分贝差值 dB					
		波幅 1	波幅 2	波幅 3	波幅 4	波幅 5	波幅 6						
0.6	0.28	56.25	25	9	6.25	3.52	2.25	5	—	—	—	—	—
0.8	0.50	100	44	16	11	6.25	4		7	—	—	—	—
1.2	1.13	—	100	36	50	14	9	—		9	—	—	—
2.0	3.14	—	—	100	69.4	39	25	—	3		—	—	—
2.4	3.77	—	—	—	100	56	36	—		5	—	—	—
3.2	8.04	—	—	—	—	100	64	—	4		—	—	—
4.0	12.57	—	—	—	—	—	100	—		—	—	—	—

注：直径比为 2:1 的平底孔超声参考反射体超声响应分贝差值为 12dB。面积比为 2:1 的平底孔超声参考反射体超声响应分贝差值为 6dB。

9.4.1.2 水浸法检验

9.4.1.2.1 按 GB/T 6519-2024 调试水程距离和声束校准。采用多通道检验时，应分别对每个通道探头进行水程距离调试和声束校准。

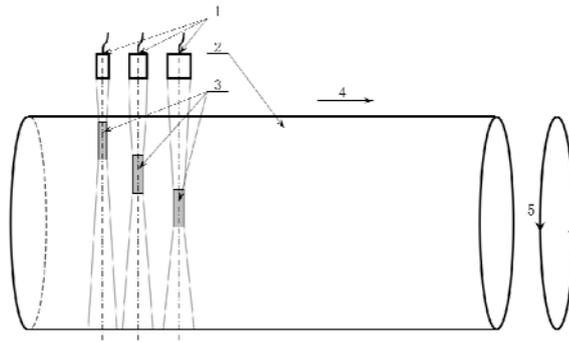
9.4.1.2.2 根据自动检验设备的检验功能，检验基准灵敏度调试和设置应符合 GB/T 6519-2024 的要求。。

9.4.1.2.3 使用多通道检验时，应按以下要求对每个通道检验基准灵敏度进行调试：

- a) 对每个探头进行检验基准灵敏度调试和设置；
- b) 如选用参数相同的探头组成的探头组制作 TCG 曲线前进行了探头一致性校准，探头一致性偏差不大于平均值的±10%，只对一个探头按 9.3.1.2.2 要求的方法制作 TCG 曲线，其他探头 TCG 曲线可复制完成，所有探头 TCG 曲线一致性校验测试的最大值与最小值偏差 不大于 2dB 或平均值的±10%。

9.4.1.2.4 使用聚焦探头检验时，可根据检验要求选用以下方法对聚焦探头声束焦点进行设定：

- a) 当表面分辨力检验能力要求高时，宜将声束焦点落在接近样品检验面上；
- b) 当需要关注样品厚度方向某一区域的质量时，宜将声束焦点落在质量关注的区域；
- c) 根据样品检验范围及验收标准要求，宜选择不同规格聚焦探头组合对样品进行分区自动检验，每个探头检验有效区为焦柱区，相邻探头的焦柱区覆盖应至少为前一个探头焦柱区长度的 10%，探头步进不大于最小焦柱区直径的 80%。图 1 给出了圆铸锭多通道聚焦探头分区检验示例；



标引序号说明：

- 1 ——多通道分区检验聚焦探头；
- 2 —— 被检样品；
- 3 —— 聚焦探头检验区；
- 4 ——探头直线运动；
- 5 ——圆铸锭旋转。

图 1 圆铸锭多通道聚焦探头分区检验图示

- d) 当供需双方协商确定使用一种规格聚焦探头完成检验，焦柱区落在深度检验范围内的某一区域完成检验是可接受的；
- e) 对于焦柱区的设定和聚焦探头的选择有其他要求时应由供需双方协商确定。

#### 9.4.2 接触法

##### 9.4.2.1.1 试块对比法调试检验基准灵敏度

当样品厚度小于 3 倍的近场长度时，应按 GB/T 6519-2024 要求采用试块对比法或制作 TCG 曲线调试检验基准灵敏度。

##### 9.4.2.1.2 试块计算法调试检验基准灵敏度

- a) 当样品厚度不小于 3 倍的近场长度，没有同埋深对比试块，且对比试块合金、状态、声特性、声衰减和表面粗糙度、表面状态及检验面形状与样品相同，平底孔埋深不小于 3 倍的近场长度时，宜用对比试块作为参考反射体，采用试块计算法调试检验基准灵敏度
- b) 将探头放在平底孔上方，使声束垂直入射检验面，对超声检验仪进行最佳参数调试，移动探头找平底孔最大超声响应波幅值，调整仪器增益使波幅值为垂直极限 80%，在此增益值基础上增加一定量的相对增益（ $\Delta dB$ ），设定检验基准灵敏度， $\Delta dB$  按公式（1）计算获得，单位以分贝（dB）表示。计算结果保留至小数点后 1 位，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

$$\Delta dB_1 = -\left\{40 \lg \frac{\Phi_f B}{T \Phi}\right\} + 2\gamma(B - T) \dots\dots\dots (1)$$

##### 9.4.2.1.3 底波计算法调试检验基准灵敏度

当样品上下表面相互平行时，且样品厚度不小于 3 倍的近场长度时，将样品的下表面作为参考反射体进行检验基准灵敏度调试，使声束垂直入射检验面，对超声检验仪进行最佳参数调试，获得最大底波反射，对样品进行不同部位测试，测试点分布应具有代表性，不少于 4 点，调增益使最低响应为垂直极限的 80%，在此增益值基础上增加一定量的相对增益（ $\Delta dB_2$ ）设定检验基准灵敏

度，扁铸锭或圆铸锭  $\Delta dB_2$  按公式 (2) 计算，空心锭  $\Delta dB_3$  按公式 (3) 计算，单位以分贝 (dB) 表示。

$$\Delta dB_2 = -(20 \lg \frac{\pi \phi_f^2}{2\lambda T}) \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta dB_3 = -\{(20 \lg \frac{\pi \phi_f^2}{2\lambda T}) + 10 \lg \frac{d_2}{d_1}\} \dots\dots\dots (3)$$

9.4.2.1.4 衰减系数测试

对上下表面平行的样品进行一次底波超声响应测试，使一次底波波幅值为垂直极限 80%，记录此时的增益值为  $V_1$ ，对样品进行二次底波超声响应测试，使二次底波波幅值为垂直极限 80%，记录此时的增益值为  $V_2$ ，衰减系数 ( $\gamma$ ) 按公式 (4) 计算获得，单位以分贝每毫米 (dB/mm) 表示。

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1 - 6}{2T} \dots\dots\dots (4)$$

9.4.3 调试横波检验基准灵敏度

9.4.3.1 对比试块选择

9.4.3.1.1 横波检验对比试块应符合附录 A 的规定。

9.4.3.1.2 当对平表面样品检验时，应选用平表面对比试块进行检验灵敏度调试；当对圆铸锭样品检验时，应选用圆铸锭制作的横波对比试块进行检验灵敏度调试；当对空心锭样品检验时，应选用空心锭制作的横波对比试块进行检验灵敏度调试；根据客户检验质量要求和要求有效检出的缺陷类型由供需双方协商确定超声参考反射体。

9.4.3.2 横波检验折射角

9.4.3.2.1 样品深度检验范围不大于 25mm 时，宜采用  $60^\circ \sim 65^\circ$  折射角进行检验；大于 25mm 时，宜采用  $40^\circ \sim 50^\circ$  折射角进行检验。

9.4.3.2.2 对于曲面接触法横波检验，应根据样品检验面曲率半径将横波探头楔块磨制成弧面。

9.4.3.3 水浸法

9.4.3.3.1 调试水程距离

根据不同检验面设置水程距离：

a) 检验面为平面样品按公式 (5) 计算水程距离  $h$  (mm)。

$$h > S \frac{v_1}{v_3} \dots\dots\dots (5)$$

b) 检验面为曲面样品按公式 (6) 计算水程距离  $h$  (mm)。

$$h > 2 \frac{v_1}{v_3} \sqrt{\left(\frac{T}{2}\right)^2 - \left(X \frac{v_3}{v_1}\right)^2} \dots\dots\dots (6)$$

9.4.3.3.2 探头偏心距调试

对圆铸锭或空心锭样品进行水浸检验时，通过调整探头偏心距选择最佳声束入射角，转动对比试块，对不同埋深超声参考反射体进行测试，找最大超声响应波幅值，确定横波折射角。图 2 给出了圆铸锭水浸法周向横波检验方法示例。

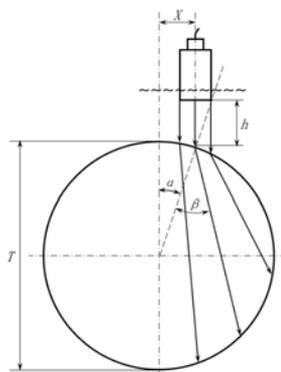


图 2 圆铸锭水浸法周向横波检验图示

#### 9.4.3.3.3 调试检验基准灵敏度

在对比试块不同埋深超声参考反射体中确定一个最低超声响应，调整检验仪增益使超声响应波幅值为垂直极限 80%，为检验基础灵敏度，在此灵敏度基础上增加增益使要求检验的自然缺陷被有效检出，使超声响应波幅值为垂直极限的 60%~80%，此时的灵敏度为检验基准灵敏度，在扫查时应能使缺陷波显示与噪声显示有效分辨。为有效检出不同类型和特征的缺陷，宜采用两种或两种以上不同声束折射角的探头完成检验。

#### 9.4.3.4 接触法

##### 9.4.3.4.1 探头选择

根据检验要求选用不同尺寸、不同频率、不同横波折射角探头，分别对对比试块中不同埋深超声参考反射体进行测试，获得最大超声响应波幅值和信噪比，并对具有代表性的自然缺陷进行检验，验证检验结果的有效性和可靠性，对测试结果进行比对确定探头最佳检验参数。

##### 9.4.3.4.2 调试检验灵敏度

按 9.3.2.3.3 要求调试检验基准灵敏度。

#### 9.5 传输修正测试

按 GB/T 6519-2024 规定的方法进行传输修正测试。

#### 9.6 缺陷检验阈值设置

缺陷检验阈值设置应符合 GB/T 6519-2024 规定。

#### 9.7 扫查灵敏度

扫查灵敏度设置应符合 GB/T 6519-2024 规定。

#### 9.8 脉冲重复频率

脉冲重复频率设置应符合 GB/T 6519-2024 规定。

## 9.9 扫查

### 9.8.1 扫查步进

根据验收标准要求，在检验范围内，按 GB/T 6519-2024 要求测试探头有效声束，确定最小有效声束，接触法检验时，探头最大扫查步进不应大于最小有效声束的 50%；自动检验时，扫查步进应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

### 9.8.2 扫查方式

接触法检验样品为扁铸锭时，探头扫查方向应分别沿着样品的长边和短边进行扫查；样品为圆铸锭或空心锭时，探头扫查方向应分别沿着样品的轴向和周向进行扫查；水浸自动检验，探头扫查方式应满足检验要求，并保证声束覆盖符合 9.8.1 要求，能够实现检验区域 100%扫查到。

### 9.8.3 扫查速度

扫查速度应匀速，不应大于在对比试块上进行灵敏度校验时有效检出超声参考反射体使用的最大速度，手动检验时的扫查速度应不大于 100mm/s，应能有效检出验收标准中规定的最小缺陷。自动检验时，当脉冲重复频率满足扫查速度要求时，可提高扫查速度，最大扫查速度应由动态测试参比试样进行验证确定。

## 9.10 缺陷评估

### 9.9.1 缺陷确认

9.10.1.1 关闭仪器抑制功能，记录初始扫查或检验中检出的大于噪声且不是由表面状况、几何形状、幻象波或非相关显示引起的所有超声响应显示。若在初始扫查时增加了增益，在缺陷评估时，应去除增加的增益。

注：缺陷评估是与已知的人工缺陷或自然缺陷超声参考反射体比对进行评估。

9.10.1.2 对 9.9.1.1 记录的显示信号位置进行细致扫查，以获得缺陷最大超声响应波幅值。当条件允许时，可从样品不同面进行扫查，获得不同面缺陷最大超声响应波幅值，对缺陷进行评估；水浸检验时，应通过轻微摆动探头角度获得缺陷最大超声响应波幅值。

9.10.1.3 按 GB/T 6519-2024 要求的方法确认缺陷位置和评估缺陷长度。

### 9.10.2 缺陷当量值评估

#### 9.10.2.1 试块比较法

9.10.2.1.1 当缺陷埋深小于 3 倍的近场长度时，应采用试块比较法进行缺陷当量值评估，对比试块应符合附录 A 的要求，所选择的对比试块平底孔埋深应与被评估的缺陷埋深相同或其偏差符合表 3 规定。

9.10.2.1.2 按验收等级规定选择平底孔直径，将探头放在对比试块上移动以获得平底孔最大超声响应波幅值，调仪器增益使波幅值为垂直极限 80%为比较基准，按 10 规定的质量验收等级规定缺陷尺寸评估缺陷当量值。

9.10.2.1.3 当使用 TCG 曲线评估缺陷当量值时，用于制作 TCG 曲线的一组同孔径、不同埋深平底孔，在检验范围小于 3 倍的近场长度平底孔埋深应符合表 3 缺陷与平底孔比对评估要求。

表3 平底孔埋深与缺陷埋深偏差

单位为毫米

序号	缺陷埋深 $B$	与对比试块平底孔埋深 $B$ 的偏差
1	$\leq 6.35$	$\pm 1.6$
2	$> 6.35 \sim 25.4$	$\pm 3.2$
3	$> 25.4 \sim 76.2$	$\pm 6.4$
4	$> 76.2 \sim 152.4$	$\pm 12.7$
5	$> 152.4 \sim 254$	$\pm 10\%B$
6	$> 254$	$\pm 25.4$

9.10.2.1.4 当样品与对比试块表面状态和材质出现声传输差异时应在缺陷评估时增加传输修正值。

#### 9.10.2.2 计算法

当缺陷埋深不小于 3 倍的近场长度时，可采用计算法进行缺陷评估，计算法分为试块计算法和底波计算法。

a) 试块计算法：当对比试块合金、均质状态、声传输特性、声速、声阻抗和表面状态、粗糙度及检验面形状等与样品相同时，用平底孔埋深不小于 3 倍近场长度的对比试块作为缺陷评估基准，测试基准平底孔最大超声响应，调增益使波幅值为垂直极限的 80%，记录此时的增益值为  $V_3$ ，将探头放在样品缺陷位置上方移动探头找出缺陷最大超声响应，调增益使最大波幅值为垂直极限 80%，此时的增益为  $V_4$ ， $V_4$  与  $V_3$  的增益差值为  $\Delta dB$ ，按公式（7）计算获得缺陷当量值（ $\phi_f$ ），单位为毫米（mm）。

$$\phi_f = \frac{\phi_0 B_f}{B} 10^{\frac{-\Delta dB_4 - 2\gamma(B - B_f)}{40}} \dots\dots\dots (7)$$

b) 底波计算法：当获得缺陷最大超声响应时，调增益使最大波幅值为垂直极限 80%，此时的增益为  $V_4$ ，测试样品底反射波，调增益使波幅值为垂直极限的 80%，记录此时的增益值为  $V_1$ ， $V_4$  与  $V_1$  的增益差值为  $\Delta dB_5$ ，按公式（8）计算缺陷当量值（ $\phi_f$ ），单位为毫米（mm）。

$$\phi_f = \sqrt{\frac{2\lambda B_f^2}{\pi T} 10^{\frac{-\Delta dB_5 - 2\gamma(T - B_f)}{20}} \dots\dots\dots (8)}$$

#### 9.10.3 多点缺陷、底波损失及噪声评估

多点缺陷、底波损失及噪声评估方法应符合按 GB/T 6519-2024 规定。

#### 9.10.4 样品检验后处理和检验标识

样品检验后处理和检验标识应符合 GB/T 6519-2024 的规定。

### 10 质量验收等级

变形铝合金铸锭超声波检验验收等级分为 AAA 级、AA 级、A 级、B 级、C 级，订单（或合同）、技术协议或图纸等文件应注明验收等级，所有检出的缺陷显示应按表 4 进行评估。当样品需要多个等级验收时，应在图纸上注明每个区域所要求的验收等级。若需方对验收标准有其他要求，应由供需双方协商确定验收指标，并在订单（或合同）或技术协议中注明。

表 4 超声波检验验收等级

验收等级	要求						底波损失 <sup>d</sup> %	噪声 <sup>e</sup> %
	单个缺陷指示 <sup>a</sup>	多个缺陷指示 <sup>b</sup>		长条状缺陷指示 <sup>c</sup>				
	当量平底孔直径 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm	当量平底孔直径 mm	指示长度 mm			
AAA	0.8	0.6	25	0.6	3	50	50	
AA	1.2	0.8	25	0.8	8			
A	2.0	1.2	25	1.2	20			
B	3.2	2.0	25	2.0	20			
C	4.0	3.2	25	3.2	20			

<sup>a</sup> 单个缺陷超声响应波幅值超过所要求验收等级的当量平底孔波幅值，判为不合格。  
<sup>b</sup> 任意两个缺陷超声响应波幅值超过所要求验收等级的当量平底孔波幅值，且缺陷指示中心的最短间距小于 25mm，判为不合格。  
<sup>c</sup> 任何长条状缺陷超声响应波幅值超过所要求验收等级的当量平底孔波幅值和所规定的长度，判为不合格。  
<sup>d</sup> 底波损失大于正常底波波幅值的 50%时，由供需双方协商确定。  
<sup>e</sup> 噪声显示大于要求检出的最小缺陷超声响应波幅值的 50%时，由供需双方协商确定。

## 11 检验记录

检验记录应符合GB/T 6519-2024的规定。

## 12 质量保证和控制

### 12.1 技术文件

12.1.1 当按本文件规定进行超声波检验时，订单（或合同）或技术协议应给出检验模式和验收等级。

12.1.2 应根据本文件和供需双方签订的技术协议及验收标准要求编制符合附录 C 规定的检验规程（或检验工艺卡）。

### 12.2 基准灵敏度校验

12.2.1 在以下情况下，应校验检验基准灵敏度：

- 检验前或在检验过程中更换仪器、探头、探头导线、耦合剂等；
- 检验参数发生变化或检验灵敏度发生异常时；
- 连续工作不大于4h或检验工作完成后。

12.2.2 当检验基准灵敏度增加值大于 10%，应在正确的检验基准灵敏度下对自上次校验合格后所有评估的缺陷进行重新评估。当检验基准灵敏度降低大于 10%，应在正确的检验基准灵敏度下对自上次校验合格后检验的合格样品重新进行检验。

12.2.3 对于水浸自动检验，如果有充分的测试数据证明自动检验系统在持续检验时间大于 8 小时以上检验前和检验后基准灵敏度校验变化不大于 10%，可延长校验周期不大于 8h。

### 12.3 特殊类型缺陷可靠性验证

当需要横波检验模式或纵波小角度检验模式或其他检验模式（技术）进行检验时，宜在样品中选取两种以上具有代表性的自然缺陷为对比试样进行测试，验证探头参数、反射体、检验参数等的选择和检验灵敏度设置的正确性，验证缺陷检出的有效性，以保证该类缺陷检验结果的可靠性。

## 12.4 动态扫查验证

12.4.1 在自动检验中应对含有已知反射体的动态测试参比试样进行动态扫查测试，验证检验参数、检验灵敏度、检验分辨力和所有探头（多通道检验）检验结果的正确性、有效性、可靠性等。

12.4.2 所采集的检验数据应有效显示验收等级要求检出的最小缺陷。

12.4.3 如检验结果以 C 扫形式显示，验收标准要求检出的超声参考反射体应能有效显示，最小超声参考反射体在机械扫查和探头步进方向应至少有 2 个像素显示。

12.4.4 如多通道水浸自动检验系统是以探头检验扫描轨迹方式显示检验结果，每次扫查数据，样品上的所有要求检出的已知缺陷至少能显示两次。

## 12.5 自动检验设备稳定性验证

每 6 个月应对水浸自动检验系统进行稳定性测试，至少选用与检验系统检验极限范围的样品规格相同的动态测试参比试样进行不少于 6 次重复性测试，根据设备使用单位对自动检验系统检验能力的要求，试样上所有要求检出的已知人工缺陷反射体和选用的已知自然缺陷每次测试都应能有效检出，自动测试参数的设置应与样品自动检验参数设置相同。稳定性测试数据应保存。

## 13 检验报告

检验报告应符合 GB/T 6519-2024 的规定。



## 附录 A

### (规范性)

### 对比试块

#### A.1 一般要求

铸锭对比试块分为扁铸锭对比试块、空心铸锭对比试块和圆铸锭对比试块三类，测试面形状应与样品检验面相同，根据检验要求在对比试块上制作反射体。

#### A.2 对比试块样坯

##### A.2.1 用于制作对比试块的样坯应满足以下要求：

- 样坯应在样品中，或与样品相同合金牌号且均质状态、声传输特性、声速、声阻抗相同或相似的产品中选取；
- 圆铸锭对比试块的测试面应与样品曲率半径相同或相似；
- 空心锭对比试块的测试面和壁厚应与样品曲率半径和壁厚相同或相近；
- 对比试块检验面状态应与样品相同或相近优于样品检验面，表面应连续、光滑、清洁，不应有表面裂纹、偏析瘤、凹凸不平等缺陷存在。

A.2.2 在截取样坯前，应对样品进行100%超声纵波检验，不应有大于噪声的超声响应信号显示：调试增益控制使噪声显示波幅值为垂直极限20%作为检验灵敏度，设置扫描步进不大于探头最小有效声束的50%，对样品进行100%检验。对样品底波衰减进行监控或测试：调试增益使底波波幅不饱和，底波幅值变化不应大于平均值的 $\pm 3\text{dB}$ 。

A.2.3 截取样坯后在制作超声参考反射体前，对样坯按A.2.2要求进行再次检验，检验面为所有可实施超声纵波声束垂直入射的面。

A.2.4 出具检验报告。

#### A.3 纵波检验对比试块

##### A.3.1 一般要求

A.3.1.1 按照GB/T 6519-2024的规定在样坯上制作平底孔作为对比试块。宜制作两组试块，同组试块间孔径、孔深相同，埋深不同；两组试块间直径不同，埋深、孔深相同。平底孔直径应根据表4的验收等级选择，平底孔最小埋深应依据表面分辨力或检验要求确定，最大埋深应不小于3倍的近场长度。对用于测试下表面分辨力的平底孔深度应依据表面分辨力或检验要求确定。一组平底孔对比试块可以是分体的，也可以在一个对比试块上制作一组或两组不同埋深平底孔。

A.3.1.2 当检验面为平面时，平底孔中心轴线应与检验面垂直；当检验面为曲面时，平底孔中心轴线应与法线重合，同轴度偏差不大于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

A.3.1.3 当采用小角度纵波探头检验空心锭裂纹类缺陷时，平底孔中心轴线应与纵波主声束轴线重合。

A.3.1.4 如对反射体有其他要求应经供需双方协商确定。

##### A.3.2 平表面纵波检验对比试块

A.3.2.1 扁铸锭纵波检验对比试块横截面形状为圆形或方形。当横截面形状为矩形时，平底孔中心至对比试块任何一个边的距离 $F_0$ 应符合表A.1的要求，若试块上有不止一个平底孔，则相邻孔径中心距离也应应符合表A.1的要求。

A.3.2.2 确定的对比试块外形尺寸不应产生任何超声干扰显示信号。

表 A.1 平表面纵波检验对比试块尺寸

单位为毫米

平底孔直径 ( $\phi$ ) 及偏差		平底孔埋深 ( $B$ ) 及偏差		平底孔距试块侧壁距离或与相邻平底孔最小距离 ( $F_0$ ) 及偏差	
$\phi$	允许偏差	$B$	$\phi$	允许偏差	$B$
0.6 0.8 1.2 2.0 3.2 4.0	$\pm 0.02$	$\leq 150$	$\pm 0.38$	$\geq 25$	$\pm 0.5$
		150~180		$\geq 30$	
		180~220		$\geq 35$	
		220~270		$\geq 40$	
		270~310		$\geq 45$	
		310~350		$\geq 50$	
		350~390		$\geq 55$	
		390~430		$\geq 60$	
		430~470		$\geq 65$	
		470~510		$\geq 70$	
		510~550		$\geq 75$	
		550~590		$\geq 80$	
		590~630		$\geq 85$	
$> 630$	$\geq$ 平底孔埋深的 14%				

A.3.3 空心锭纵波检验用对比试块

A.3.3.1 空心锭纵波检验对比试块平底孔直径应根据表4的验收等级选择。用于制作TCG曲线的一组同孔径不同埋深平底孔对比试块，平底孔埋深应至少涵盖表A.2的要求。

表A.2 空心锭纵波检验反射体平底孔埋深

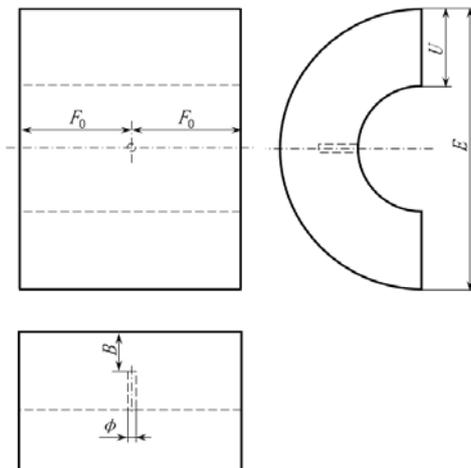
单位为毫米

平底孔埋深 $B_1$	平底孔埋深 $B_2$	平底孔埋深 $B_3$	平底孔埋深 $B_4$	平底孔埋深 $B_5$	平底孔埋深 $B_6$	平底孔埋深 $B_7$	平底孔埋深 $B_8$
$\leq$ 上表面分辨力	$U/20 \pm 2$	$2U/20 \pm 2$	$4U/20 \pm 5$	$6U/20 \pm 5$	$10U/20 \pm 5$	$14U/20 \pm 5$	$\geq U$ -下表面分辨力

A.3.3.2 如果在一个试块上制作多个平底孔，相邻两孔之间的距离  $F_0$  应符合表A.1要求。

A.3.3.3 宜根据使用要求按以下方法加工制作对比试块：

- 在对比试块上加工一个平底孔，见图A.1；
- 在对比试块上加工一组同孔径不同埋深平底孔，见图A.2；
- 在对比试块上加工一组不同孔径同埋深平底孔，见图A.3；





径									
≥250±0.5	全范围检验	≤上表面分辨力	$E/20 \pm 10$	$2E/20 \pm 10$	$4E/20 \pm 10$	$6E/20 \pm 10$	$10E/20 \pm 10$	$16E/20 \pm 10$	≤下表面分辨力
	上半区检验	≤上表面分辨力	$E/20 \pm 10$	$2E/20 \pm 10$	$4E/20 \pm 10$	$6E/20 \pm 10$	$(10E/20) + 25 \pm 10$	—	—
	下半区检验	—	$[(10E/20) - 25] \pm 10$	$12E/20 \pm 10$	$14E/20 \pm 10$	$16E/20 \pm 10$	$18E/20 \pm 10$	—	≤下表面分辨力

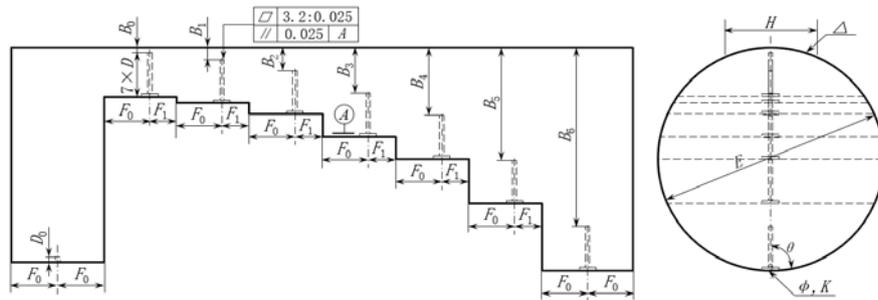


图 A.4 圆铸锭纵波检验阶梯形对比试块示意图

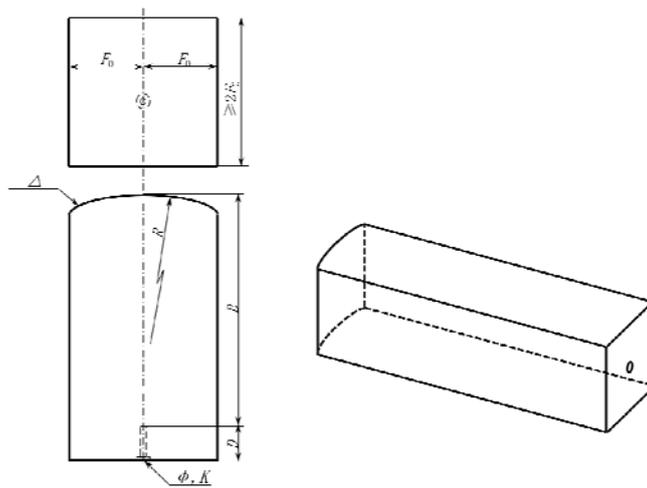


图 A.5 圆铸锭纵波检验分体对比试块示意图

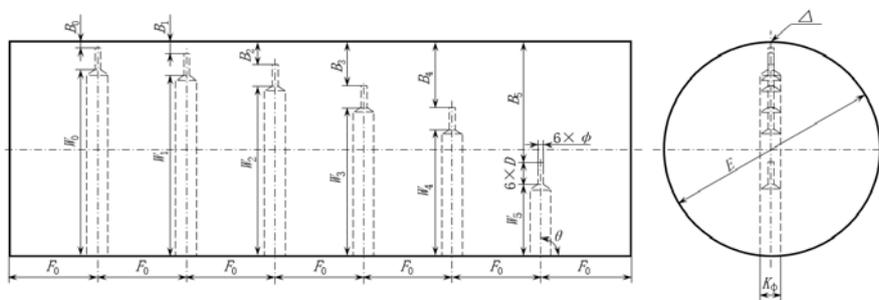


图 A.6 上半区纵波检验对比试块示意图

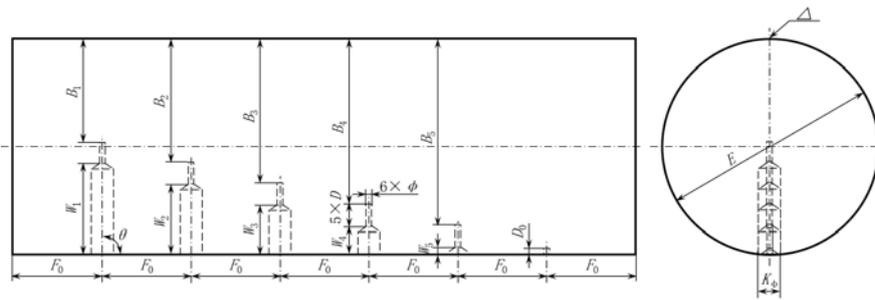


图 A.7 下半区纵波检验对比试块示意图

#### A.4 横波检验对比试块

A.4.1 横波检验对比试块应符合GB/T 6519-2024规定。

A.4.2 根据检验要求在对对比试块上制作横波检验反射体。进行表面裂纹缺陷检验时，反射体宜选用刻槽或横孔；进行与检验面有一定角度的裂纹类缺陷检验时，反射体宜选用孔底面倾斜角度与裂纹主平面平行的平底孔或横孔。

A.4.3 应根据被检缺陷类型和缺陷特征，由供需双方协商确定横波检验对比试块上的反射体类型和尺寸。

A.4.4 由供需双方协商确定两个以上具有代表性的自然缺陷试样，测试根据对比试块调试出的检验参数和检验灵敏度的有效性？

A.4.5 如需方对横波检验对比试块有其他要求时，应由供需双方协商确定。

#### A.5 对比试块检查、反射体封堵及标识

A.5.1 对比试块中的平底孔和横孔加工完成后，应进行清洁处理，按GB/T 6519-2024要求采用硅胶覆型方法进行检验，满足要求后应对平底孔或横孔进行永久性封堵处理，封堵前、后应分别进行超声响应测试，不应产生偏离。按加工图纸对对比试块进行检验。

A.5.2 对对比试块进行标识，标识应至少涵盖材料牌号、平底孔直径（或横孔直径）、平底孔埋深（或横孔埋深）、横孔长度（如适用）、试块直径或外径/内径（如适用），并对试块进行编号，编号规则应在程序文件中进行规定。

#### A.6 对比试块超声响应测试

A.6.1 采用水浸法或接触法对一组同孔径、不同埋深平底孔对比试块进行超声响应曲线测试，用于测试超声响应曲线的探头应与样品检验使用的探头频率、尺寸、型号相同，根据声程最大检验范围校准仪器时基显示，使仪器水平显示范围能够显示平底孔埋深和底波深度，将探头放在平底孔上方移动探头，找平底孔最大超声响应波幅值，调仪器增益，使平底孔超声响应波幅值为垂直极限的80%，记录此时的增益显示值和水平显示值，用相同的方法对其他平底孔超声响应波幅值进行测试，制作距离增益超声响应曲线，在探头的远场区，超声响应曲线应是一条有规律的平滑曲线。

A.6.2 对比试块超声响应曲线应按组成套制作，应对不同孔径制作的超声响应曲线进行比对以确定其相对的超声响应特性，应符合表2的要求。

A.6.3 不应使用超声响应无规律以及超出正常距离增益曲线范围内的试块。任何情况下都不应通过改变平底孔尺寸来改变对比试块的超声响应曲线特性。探头的近场区范围内的超声响应曲线无法符合本文件要求时，应优选水浸法进行超声响应曲线测试。

#### A.7 对比试块反射体定期校验

A.7.1 对比试块在初次使用前应按A.7规定进行超声响应曲线测试，并与初始测试曲线进行比对，曲线变化趋势应相同，每年应至少进行一次校验。

A.7.2 试块表面不应有损伤和腐蚀，应至少每月对试块外观进行检查并记录。如发生了损伤或腐蚀，应按A.7要求进行超声响应曲线测试，如曲线变化规律发现异常，应送外部机构校准。

## 附录 B

## (规范性)

## 动态测试参比试样

## B.1 动态测试参比试样类型

动态测试参比试样类型有扁铸锭、圆铸锭、空心锭三类。

## B.2 动态测试参比试样规格

扁铸锭试样厚度尺寸应至少涵盖检验范围最大、最小及中间厚度；圆铸锭或空心锭试样的直径尺寸和壁厚应与样品相同或相近。

## B.3 动态测试参比试样样坯

B.3.1 动态测试参比试样样坯应在样品中、或形状和材质与样品相同或相似的样品中选取，检验信噪比应大于2:1。

B.3.2 动态测试参比试样样坯表面状态应与样品相同或相近，应光滑、均匀、连续，不应有表面缺陷存在，表面粗糙度应与样品相同或优于样品，对于验收等级要求高的样品，表面粗糙度应符合GB/T 6519-2024要求。表面质量应符合8.2的规定。

B.3.3 在制作反射体之前，应对用于制作动态测试参比试样的样品按A.2.2要求进行100%超声纵波检验，应将大于噪声的任何超声响应显示位置和底波损失大于50%的区域进行标记并记录。

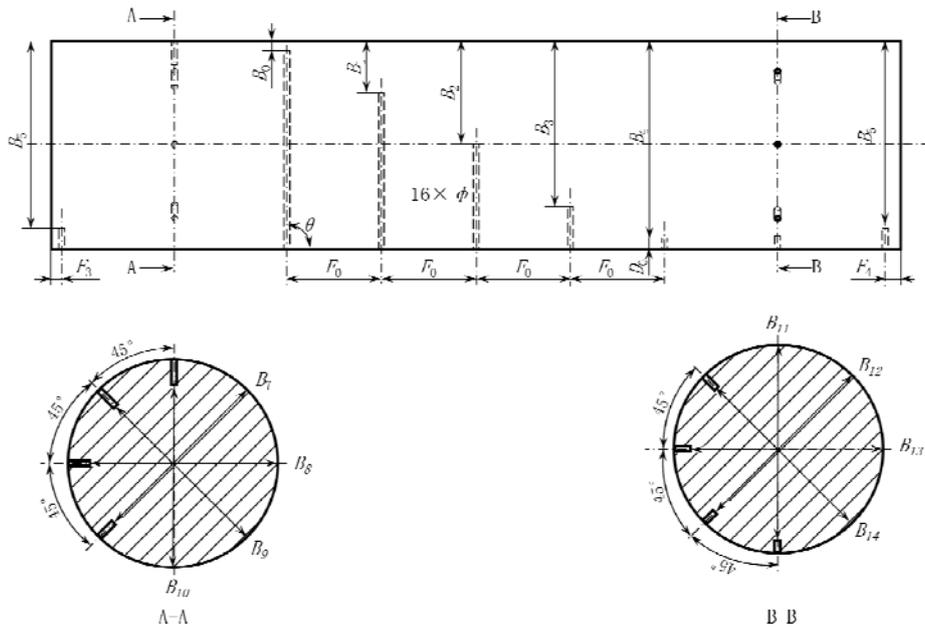
B.3.4 用于制作动态测试参比试样的样坯不应有底波损失大于50%的区域，不应有非相关显示存在，样坯上宜存在自然缺陷，应对其位置应进行标识，对自然缺陷应进行测试和评估并记录缺陷的埋深、当量值、位置、信噪比等检验信息，在制作反射体时应避开自然缺陷位置至少100mm。

## B.4 动态测试参比试样制作

B.4.1 应根据自动检验系统的配置、检验通道数量、探头排列方式、检验功能、检验信号采集方法、动态检验方法和验收标准等设计、制作反射体数量和分布，反射体类型应根据样品要求检出的缺陷特征确定；反射体尺寸应能有效检出验收标准要求检验的最小缺陷；分布位置应具有代表性，在检验范围内近表面分辨力、边部或端部分辨力和纵向、横向分辨力的能力，数量能够验证探头扫查装置一次性检验有效性和可靠性。

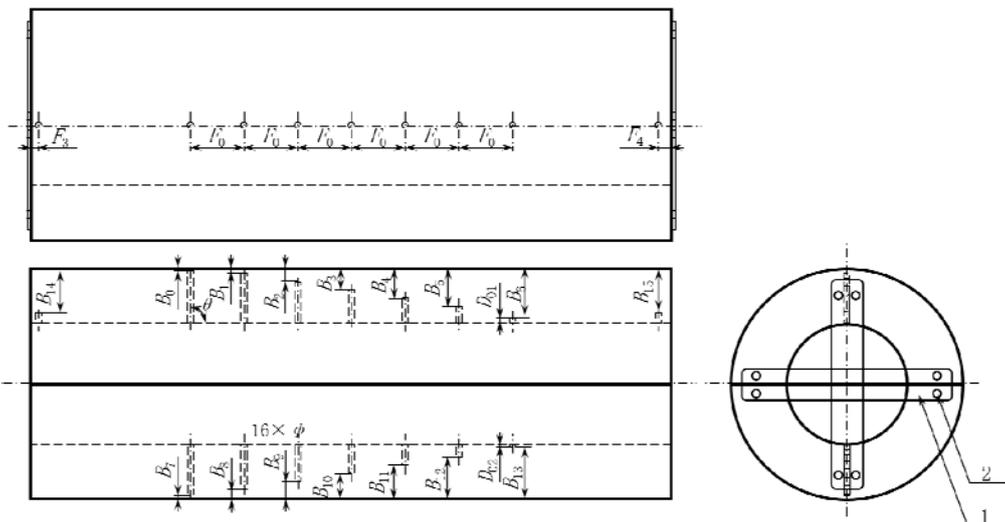
B.4.2 圆铸锭、空心锭、扁铸锭动态测试参比试样示例如下：

——示意图B.1是圆铸锭动态测试参比试样示例， $B_0 \sim B_4$ 为平底孔不同埋深值，不同埋深平底孔数量可增加，其中埋深 $B_0$ 平底孔用于测试上表面分辨力，埋深 $B_1$ 平底孔用于测试下表面分辨力，平底孔埋深 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 根据检验范围确定；埋深 $B_4$ 、 $B_5$ 平底孔用于测试端头分辨力，端头分辨力的距离 $F_3$ 、 $F_4$ 根据检验需求确定，平底孔深度大于 $D_0$ ；当埋深 $B_0 \sim B_5$ 平底孔制作和测试符合A.3.4要求时可用作对比试块，不同埋深 $B_1 \sim B_4$ 平底孔在试样两个横截面上周向相隔 $45^\circ$ 分布，孔深不大于试样直径的 $1/8$ 且不小于 $D_0$ ，距离 $F_0$ 符合表A.1要求。



图B.1 圆铸锭动态测试参比试样示例示意图

——示意图B.2是空心圆铸锭动态测试参比试样示例， $B_0 \sim B_5$ 为平底孔不同埋深值，其中埋深 $B_0$ 、 $B_1$ 平底孔用于测试上表面分辨力；埋深 $B_6$ 、 $B_3$ 平底孔用于测试下表面分辨力；埋深 $B_4$ 、 $B_5$ 平底孔用于测试试样端部分辨力，端头分辨力的距离 $F_3$ 、 $F_4$ 根据检验需求确定，平底孔埋深大于下表面分辨力；埋深 $B_0 \sim B_5$ 平底孔用于验证超声自动检验或多通道自动检验系统一次扫查声束全范围覆盖检验缺陷有效性和可靠性的能力，当埋深 $B_0 \sim B_5$ 平底孔制作和测试符合A.3.4要求时可用作对比试块。

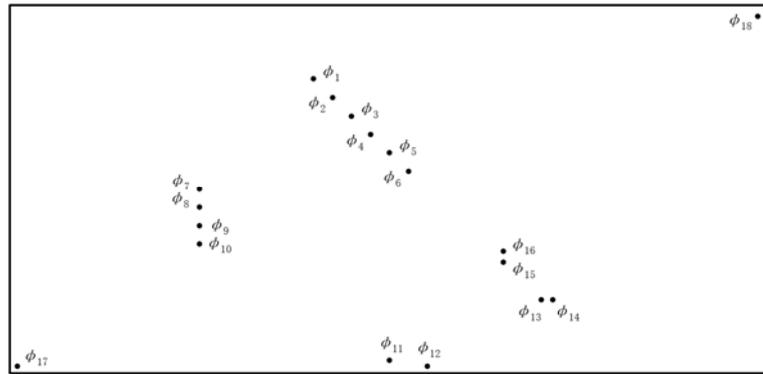


标引序号说明：

- 1——连接带（用于将制作的人工缺陷分割试样连接为一体）；
- 2——紧固螺丝。

图B.2 空心圆铸锭动态测试参比试样示例示意图

——示意图B. 3是扁铸锭动态测试参比试样示例， $\phi_1 \sim \phi_{18}$ 是一组不同埋深平底孔，平底孔埋深在检验范围内分布具有代表性，不宜重复，平底孔排列和分布应能够证明超声自动检验系统全范围检验的有效性、稳定性和可靠性；其中 $\phi_1 \sim \phi_6$ 用于测试验证超声自动检验或多通道自动检验系统一次扫查声束覆盖检验有效性， $\phi_7 \sim \phi_{10}$ 用于测试表面分辨力， $\phi_{11}$ 、 $\phi_{12}$ 用于测试边部分辨力， $\phi_{13}$ 、 $\phi_{14}$ 用于测试纵向分辨力， $\phi_{15}$ 、 $\phi_{16}$ 用于测试横向分辨力， $\phi_{17}$ 、 $\phi_{18}$ 用于测试边角分辨力。



图B. 3 扁铸锭动态测试参比试样示例示意图

B. 4. 3 对动态测试参比试样有其他要求时，应由供需双方协商确定。

B. 4. 4 应有反射体制作图纸，应对试样进行唯一标识编号，标识方法和编号规则应在相关文件中进行规定。

B. 4. 5 动态测试参比试样应定置存放，不应有任何影响使用的表面损伤和腐蚀，在使用前和使用后及定期进行外观检查并记录。

B. 4. 6 动态测试参比试样应有检验报告和测试记录，应记录试样的编号、规格、表面状况、所有反射体的具体尺寸分布位置，超声测试数据及评估结果。

#### B. 5 对比试块检查、反射体封堵及标识

应符合A. 6要求。

#### B. 6 动态测试参比试样校验

B. 6. 1 动态测试参比试样在初次使用前，应对制作的每个人工缺陷平底孔进行测试和评估，并进行接触法和自动检验测试方法比对，记录测试结果及比对差值，为初始测试值。

B. 6. 2 在设定的验收标准等级下，动态测试参比试样上所要求检出的人工缺陷和选择的自然缺陷应能有效显示。

B. 6. 3 应定期对动态测试参比试样外观进行检查并记录，检验面不应有损伤和腐蚀。如动态测试参比试样发生了损伤或腐蚀，应进行测试，确保能有效检出所有在验收等级下要求检出的最小缺陷。

B. 6. 4 以下情况时应对动态测试参比试样进行测试

- 至少每三个月；
- 当更换仪器或探头时；
- 更改检验参数时；
- 换水时；
- 更换设备组件时；

YS/T XXXX —××××

——当供方或者需方觉得需要时。

## 附录 C

(规范性)

## 检验规程（检验工艺卡）主要内容

检验规程（检验工艺卡）至少应包含以下信息：

- a) 规程编号，包括最新的版本号、编写日期、修订日期、检验单位；
  - b) 检验范围；
  - c) 检验技术、检验模式；
  - d) 参考标准或验收标准；
  - e) 样品信息（如熔次号、牌号、规格和件号）；
  - f) 样品表面状况和表面检查及清洁；
  - g) 检验面、检验区域、不可探区域（如上下盲区、边部盲区或端部盲区）应附加示意图说明并标明声束入射方向；
  - h) 检验设备、超声检测仪、软件和软件版本号；
  - i) 脉冲重复频率、发射电压、滤波频率等参数设置；
  - j) 水浸检验水层厚度调试、声束调试，距离幅度补偿（TCG 或电子 DAC）曲线制作方法、多通道水浸自动检验工作方式、调试方法（如适用）；
  - k) 探头；
  - l) 对比试块；
  - m) 耦合剂；
  - n) 基准灵敏度调试方法；TCG 曲线制作和使用方法（如适用）；传输修正测试方法；衰减系数测试方法等；
  - o) 阈值的设定（起始点、宽度（或终点）、高度）；
  - p) 扫查方案，包括扫查范围、扫查步进、探头扫查方式、扫查速度、扫查灵敏度（如适用）；
  - q) 自动检验探头和样品运动方式、分区检验方法等要求（如适用）；自动检验底波损失监控方法；
  - r) 缺陷评估程序；
  - s) 检验数据分析软件和版本；
  - t) 校验；
  - u) 缺陷标记；
  - v) 检验后处理；合格品与不合格品存放；
  - w) 检验记录和检验报告；
  - x) 任何其他相关数据；
  - y) 检验人员；
  - z) 检验时机。
-