

钢的低倍组织 及缺陷超声波检验法

1 范围

本标准规定了钢的低倍组织及缺陷超声波检验的原理、检验方法、对比试样的要求与制备、检验设备及调试、检验条件及步骤、结果的评定、检验报告等。

本标准适用于方型、矩型、圆型等简单截面的轧制、锻造钢材(坯)低倍组织及缺陷的超声波检验。也适用于其他钢制备件、坯料的缺陷检验。

注:用本标准进行预检,主要用以发现 GB/T 1979 标准中规定的低倍组织及缺陷。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 226—1991 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法

GB/T 1979—2001 结构钢低倍组织缺陷评级图

GB/T 11259—1989 超声波检验用钢制对比试块的制作与校验方法

JB 4730—1994 压力容器无损检测

JB/T 10061—1999 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

JB/T 10062—1999 超声探伤用探头性能测试方法

3 方法原理

3.1 一般原理

采用超声脉冲反射法,以超声波在钢中传播过程遇到不同声阻抗界面发生反射的原理进行探伤。

3.2 小信号叠加

超声波探伤法是一定体积范围内缺陷状况的显示,虽然单个缺陷的尺寸小于规定的判伤界限,但邻近诸多小缺陷群体信号的叠加则使缺陷群体的检测成为可能。

3.3 组织反射

低倍组织中由于化学成分偏析及组织不均匀性所产生的声阻抗变化在超声波检测中仍能获得足够大的回波信号,这种由低倍组织引起的超声波反射现象称之为组织反射。

3.4 缺陷当量

采用短横孔人工缺陷和平底孔人工缺陷的当量标定或用大平底当量计算法。

4 检验方法

利用纵波或横波沿钢材(坯)的周面进行超声波检验,可采用接触法或液浸法。应选用耦合效果良好、且对人体及钢材表面无害的耦合介质。

4.1 接触法

采用单直探头对工件进行远场扫描,采用联合双探头对工件进行近场扫描。应保证整个工件扫描覆盖良好。建议当被检验钢材(坯)直径或边长不大于 20 mm 时,选用双晶联合探头。当被检验钢材(坯)直径或边长大于 20 mm 且不大于 80 mm 时,选用单直探头或双晶联合探头扫描,当被检验钢材(坯)直径或边长大于 80 mm 时,选用单直探头和双晶联合探头联合扫描。

4.2 液浸法

4.2.1 采用液浸法纵波检验时,液层深度应不小于被检料直径或边长的 1/4,探头声束轴线应与被检料中心重合,以检测被检料内部缺陷为主,见图 1。

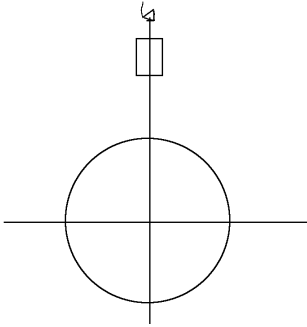


图 1 液浸法纵波扫描示意图

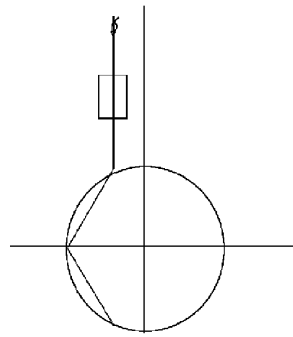


图 2 液浸法横波扫描示意图

4.2.2 采用液浸法横波探伤时,探头偏心量 X 的选取以产生横波或表面波为原则,以探测被检料近表面区的缺陷。应保证整个工件覆盖良好,见图 2。

5 对比试样

5.1 材料

对比试样应选取与被检验钢材(坯)衰减系数相近者制备,制作对比试样的材料应事先进行高灵敏度超声波检测,不得出现影响使用的杂波。

5.2 表面状态

采用光面对比试样,其表面粗糙度 R_a 不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。

5.3 人工缺陷形状及规格

人工缺陷采用平底孔或短横孔。

5.3.1 平底孔试块

平底孔试块,可按需要选取采用 JB/T 10061—1999 标准中 DD—PZ20—2、DD—PZ20—4 等标准试块。使用时可根据需要自行选取。

5.3.2 平底孔尺寸计算公式

a) 探头回收到的平底孔回波声压 P_f 按式(1)计算:

$$P_f = \frac{P_0 F_s F_f}{\lambda^2 X_f^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中: P_0 ——起始声压,单位为 Pa ;

F_s ——探头晶片的面积,单位为 mm^2 ;

F_f ——平底孔缺陷的面积,单位为 mm^2 ;

λ ——波长,单位为 mm ;

X_f ——平底孔缺陷到波源的距离,单位为 mm 。

b) 大平底对平底孔的分贝差,按式(2)、式(3)计算:

$$\Delta dB = 20 \lg \frac{2\lambda X_s^2}{\pi D_s^2 X_B} \dots\dots\dots (2)$$

$$D_s = \sqrt{2\lambda X_s^2 / \pi X_B \times 10^{\Delta/20}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:Δ——底波分贝值减去平底孔缺陷波分贝值,单位为 dB;

D_s——平底孔缺陷当量直径,单位为 mm ;

X_s——平底孔缺陷到波源的距离,单位为 mm ;

X_B——被检材料厚度,单位为 mm。

C) 当量计算法探伤一般选用 φ2mm 平底孔为起始灵敏度。

5.3.3 短横孔尺寸计算公式

a) 探头收到的短横孔回波声压按式(4)计算:

$$P_f = \frac{P_0 F_s L_f}{\lambda X_f \times 2 X_f} \sqrt{D_f / \lambda} \dots\dots\dots (4)$$

式中:P₀——起始声压,单位为 Pa;

F_s——探头波源的面积,单位为 mm²;

λ——波长,单位为 mm;

X_f——短横孔到波源的距离,单位为 mm;

D_f——短横孔直径,单位为 mm;

L_f——短横孔长度,单位为 mm。

b) 大平底对短横孔的分贝差按式(5)、式(6)计算:

$$\Delta (dB) = 20 \lg \frac{P_B}{P_f} = 20 \lg \frac{X_f^2}{X_B L_f \sqrt{D_f / \lambda}} \dots\dots\dots (5)$$

$$D_f = (X_f^2 / X_B L_f \times 10^{\Delta/20})^2 \lambda \dots\dots\dots (6)$$

式中:D_f——短横孔直径,单位为 mm;

X_B——被检材料厚度,单位为 mm;

X_f——缺陷到探头波源的距离,单位为 mm;

L_f——短横孔长度,单位为 mm;

λ——波长,单位为 mm;

Δ——底波分贝数减短横孔回波分贝数,单位为 dB。

c) 短横孔可选直径 0.8 mm,长度 5 mm 或 10 mm。

5.3.4 短横孔试样形式及尺寸

人工缺陷采用短横孔时,可按需要选取采用 JB 4730 中 CSK-1A,CSK-2A,CSK-3A 等标准试块。也可将对比试块制成带斜槽的形状,以消除边界影响。为使横孔长度制作得精确且便于测量,最好将对比试样制作成双斜槽形式,将人工缺陷制作在斜槽底部位置,见图 3。

5.3.4.1 斜槽尺寸按式(7)计算:

$$b = \frac{1}{4} (2S \cdot \tan\theta - l) \dots\dots\dots (7)$$

式中:S——探测距离,单位为 mm;

θ——半扩散角,单位为(°);

l——人工横孔长度,单位为 mm。

式(7)中的 b 为理论计算值,考虑实测结果,制作对比试样时,选取斜槽深度 b 值应不小于表 1 中数值。

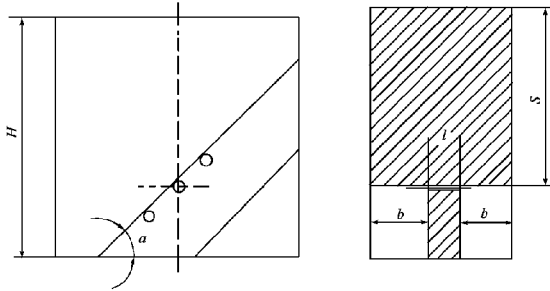


图 3 双斜槽光面对比度样图

H —试块高度,单位为 mm; S —探测距离,单位为 mm; b —斜槽深度,单位为 mm; a —斜槽倾角,单位为($^\circ$); l —人工孔长度,单位为 mm

表 1 斜槽深度 b 值表

探测距离/mm	频率/MHz									
	5.0					2.5				
	探头直径/mm									
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
≤ 30	5	3	0	0	0	10	5	3	0	0
31~60	8	5	3	0	0	15	10	5	3	2
61~100	15	8	5	3	2	20	15	10	5	4
101~160	18	10	8	5	4	22	20	15	10	8
161~220	20	12	10	8	5	25	22	20	12	10
≥ 221	25	15	12	10	7	30	25	22	15	12

5.3.4.2 斜槽倾角按式(8)计算

$$\alpha = \theta + \gamma \dots\dots\dots (8)$$

$$A \cdot \sin^4 \gamma + B \cdot \sin^2 \gamma + C = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$A = 4D^2 + 16S^2 \dots\dots\dots (10)$$

$$B = -(4D^2 + 4D \cdot S \cdot \sin 2\theta + 16S^2 \cdot \cos^2 \theta) \dots\dots\dots (11)$$

$$C = D^2 \cdot \cos^2 \theta \dots\dots\dots (12)$$

式中: α ——斜槽倾角,单位为($^\circ$);
 θ ——半扩散角,单位为($^\circ$);
 γ ——入射角,单位为($^\circ$);
 D ——晶片直径,单位为 mm。

出于与斜槽深度 b 同样的考虑,制作对比试样时,选取斜槽倾角 a 值应不小于表 2 中的数值。

表 2 倾角 α 数值表

探测距离/mm	频率/MHz									
	5.0					2.5				
	探头直径/mm									
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
10	45	45	—	—	—	50	—	—	—	—
20	45	45	30	30	—	50	40	35	35	—

探测距离/mm	频率/MHz									
	5.0					2.5				
	探头直径/mm									
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
30	35	30	25	25	25	50	40	30	30	30
31~60	35	30	20	20	20	45	30	30	25	25
61~100	30	20	15	15	15	40	30	30	25	25
101~160	25	15	15	15	15	40	30	30	25	20
161~220	25	15	15	10	10	40	30	30	25	20
≥221	25	15	10	10	10	40	30	30	25	20

5.4 标准试样加工方法

平底孔和横孔可用机械加工或能满足本标准要求的其他方法制作。加工精度可按 GB/T 11259 执行,横孔内壁的粗糙度 R_a 应不大于 $3.2\mu m$ 。短横孔和平底孔直径公差为 $\pm 0.02\text{ mm}$,长度公差为 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

6 检验设备及其调试

6.1 检验设备

6.1.1 检验设备可按水浸法和接触法区分,主要由超声波探伤仪、探头、对比试样、机械传动装置和水槽等辅助装置组成。其综合灵敏度应能可靠检验出本标准规定的人工缺陷。

6.1.2 探伤仪采用脉冲反射式仪器,探头采用直探头或双晶联合探头,其电功能和组合功能及测试方法应符合 JB/T 10061、JB/T 10062 有关条款的规定。

6.1.3 探头的选取可参考 4.1,接触法探伤原则上可根据产品规格及要求选用不同频率和规格的直探头或双晶联合探头。

6.1.4 水浸法则可根据产品规格选取水浸探头或聚焦探头。

6.2 设备调试

6.2.1 探伤设备在每次重新使用或更换检验规格时,均需用规定的对比试样进行静态和动态调试。

6.2.2 静态调试主要是调人工缺陷波幅度、报警闸门位置及幅度,在设定报警灵敏度时,应按判伤最低幅度调试。如用当量计算法,先调整好仪器的起始灵敏度,既在被检试料的完好部位将第一次底面回波高度调整到满刻度的 $50\% \sim 80\%$,作为评定回波信号的基准,然后,根据被检试料的要求,按式(2)计算所需要提高的增益数值,以达到规定灵敏度的调试要求,再投入使用。

6.2.3 动态调试主要是调整合适的扫描速度,保证人工判伤界限有良好的重现性。

6.2.4 接触法的手工操作扫描速度通常不大于 3 m/min 。

7 检验条件和步骤

7.1 检验条件

7.1.1 所检钢材(坯)试料,特别是热加工或热处理试样,应先用砂轮或其他方法去除影响超声波正常人射的氧化皮,满足探伤要求。

7.1.2 因被检材料表面曲率和表面氧化皮等原因造成的衰减,其分贝值可进行适当补偿。

7.1.3 探头频率的选择,主要根据产品的种类、状态和规格选择。规格较小的选用 5.0 MHz 的探头,规格较大的选用 2.5 MHz 的探头,粗晶材料可选用较小频率探头。

7.1.4 为使低倍预检不漏检,应使扫描区域的宽度大于产品的完整的横截面,覆盖率大于 20% 。

7.2 检验步骤

7.2.1 探伤设备完成静、动态调试后即可进行检验。

7.2.2 设备在连续使用中,每隔一定时间,或发现异常情况时,应用对比试样校准设备,如不符合 6.2.2 和 6.2.3 规定时,应对设备进行重新调试,对上一次校验后的被检试料重新检验。

8 结果评定

8.1 超声波低倍预检应尽可能与 GB/T 1979 中所列缺陷相对应,可根据钢种、热处理状态、正确判定缺陷当量、位置、面积、状态等。判伤可用标准试块对比,也可用一组距离幅度作成的曲线板,或用大平底当量计算法。缺陷判定可参考表 3。

表 3 判伤界限表

直径或边长/mm	分 类		
	单个缺陷	密集缺陷	底波损失/%
≤ 20	$\phi 1.0\text{mm}$ 平底孔	$\phi 0.8\text{mm}$ 平底孔	50
$> 20 \sim 80$	$\phi 2.0\text{mm}$ 平底孔	$\phi 1.7\text{mm}$ 平底孔	50
> 80	$\phi 2.7\text{mm}$ 平底孔	$\phi 3.2\text{mm}$ 平底孔	50

8.2 经超声波检验,凡缺陷波低于表 3 判伤界限,该炉批应判为超声波检验低倍合格,无需做酸蚀试验,试验报告按“低倍合格”报出。

8.3 经超声检验,凡缺陷波等于或高于表 3 判伤界限,应按 GB/T 226 做酸蚀试验,试验报告按酸蚀结果报出。

9 检验报告

检验报告应由有关部门认定的具有超声 II 级及 II 级以上技术资格等级证书人员签发,检验报告一般应包括以下内容:

- a) 炉批号、牌号、名称、工令号、规格、样号、产品标准;
- b) 探伤仪型号、探头型号、探伤方法、探伤灵敏度;
- c) 检验标准;
- d) 检验日期、操作者姓名、由符合要求的签证者签名等。