

锻钢冷轧工作辊超声波探伤方法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了锻钢冷轧工作辊(以下简称轧辊)超声波探伤方法。

本标准适用于直径大于等于 80 mm,供金属板、带、箔材冷轧用锻钢工作辊的超声波检测。

2 引用标准

GB 9445 无损检测人员技术资格鉴定通则

JB 3111 无损检测 名词术语

ZBY 230 A型脉冲反射式超声探伤仪 通用技术条件

ZBY 231 超声探伤用探头 性能测试方法

3 符号、术语

3.1 符号

符号及其意义见表 1。

表 1

序号	符号	意义	序号	符号	意义
1	D	轧辊成品辊身直径	6	B_1	第一次底波反射信号
2	D_i	探测部位直径	7	B_2	第二次底波反射信号
3	R_i	探测部位半径	8	ϕ	当量平底孔
4	r_i	轧辊内孔半径	9	α	衰减系数(dB/mm)
5	Δ	灵敏度增量			

3.2 术语

3.2.1 AVG(DGS)法

在一定条件下,根据超声场声压变化规律,利用反射体声压、尺寸和反射体离探头距离之间的定量关系来对工件内的缺陷进行定量评价的方法,称作 AVG 法,亦可称 DGS 法。

3.2.2 6 dB 法

最大回波高度降低一半的测量方法。

3.2.3 基准高度

将荧光屏某一高度定为基准,该高度即为基准高度(通常用荧光屏满屏高度的百分数来表示)。

3.2.4 单个缺陷

间距大于 50 mm,当量直径不小于 $\phi 2$ mm 的缺陷信号,称为单个缺陷。

3.2.5 分散缺陷

在边长 50 mm 的立方体内,数量少于 5 个,当量直径不小于 $\phi 2$ mm 的缺陷信号,称为分散缺陷。

3.2.6 密集缺陷

在边长 50 mm 立方体内,数量不少于 5 个,当量直径不小于 $\phi 2$ mm 的缺陷信号,称为密集缺陷。

3.2.7 游动信号缺陷

探头在被探部位移动时,缺陷信号前沿位置的移动距离相当于 25 mm 或 25 mm 以上工件厚度的缺陷,称为游动信号缺陷。

3.2.8 线性缺陷

探头在被探部位移动时,缺陷指示长度不小于 50 mm、当量直径不小于 $\phi 2$ mm 的缺陷信号,称为线性缺陷。

3.3 其他符号及术语

其他符号及术语,按 JB 3111 的规定。

4 一般要求

4.1 仪器、探头

4.1.1 应采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪。其性能须符合 ZBY 230 的要求。

4.1.2 原则上采用单晶片直探头,探头工作频率为 2~2.5 MHz,探头直径按表 2 规定选择。必要时可变换频率及探头型式进行辅助探伤。探头性能的测试方法应符合 ZBY 231 的要求。

表 2

mm

探 测 部 位 尺 寸		探 头 直 径
实心轧辊(D_1)	空心轧辊(R_1-r_1)	
<120		14
$\geq 120 \sim 200$		200
>200		20~28

4.2 轧辊

4.2.1 轧辊探伤表面加工粗糙度 R_a 。应不大于 $6.3 \mu\text{m}$;探伤表面不应有影响探伤的划伤及污物。妨碍超声波探伤的机械加工应在探伤后进行。

4.2.2 轧辊衰减系数 α 应不大于 0.004 dB/mm 。当轧辊穿透性不良时,应重新热处理后再作探伤。衰减系数 α 应在被检轧辊辊身无缺陷信号部位圆周面上测得,其计算方法如式(1)、式(2)所示:

$$\text{实心轧辊 } \alpha = \frac{(B_1 - B_2) - 6}{2D_1} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{空心轧辊 } \alpha = \frac{(B_1 - B_2) - 6 - 10 \lg \frac{R_1}{r_1}}{2(R_1 - r_1)} \dots\dots\dots (2)$$

4.2.3 轧辊应放置在能自由转动的支架上进行探伤,以保证对轧辊整体进行扫描。

4.3 探伤人员

轧辊探伤应由经考核取得符合 GB 9445 规定的超声探伤资格证书者担任。

5 探伤方法

5.1 采用直接接触法探伤。

5.2 采用机油作为声耦合剂。

5.3 以径向探测为主,对轧辊进行 100% 扫描,如图 1 所示。

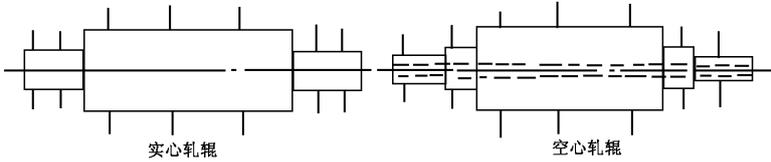


图 1

5.4 探头扫查速度应不大于 150 mm/s,相邻两次扫查之间至少应有 15%重叠。

6 探伤灵敏度

6.1 探伤灵敏度按 AVG 法,最大探测深度处 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔波高等于 20% 满屏高为探伤灵敏度。

6.2 探伤灵敏度调整

6.2.1 将探头置于轧辊完好部位,调整第一次底波反射(B_1)至荧光屏时间基线的 4/5 处。

6.2.2 调整仪器增益,使第一次底波反射(B_1)为满屏高度的 20% 作为基准高度。

6.2.3 根据被探部位的尺寸,按下列方法之一求取灵敏度增量,提高仪器增益作为探伤灵敏度。

a. 从图 2 或图 3 中查出灵敏度增量;

b. 按式(3)、式(4)求得灵敏度增量。

$$\text{实心轧辊 } \Delta = 20 \lg \frac{\lambda D_i}{2\pi} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{空心轧辊 } \Delta = 20 \lg \frac{\lambda R_i - r_i}{2\pi} - 10 \lg \frac{R_i}{r_i} \dots\dots\dots (4)$$

式中 λ 取 2MHz 与 2.5MHz 的平均值。

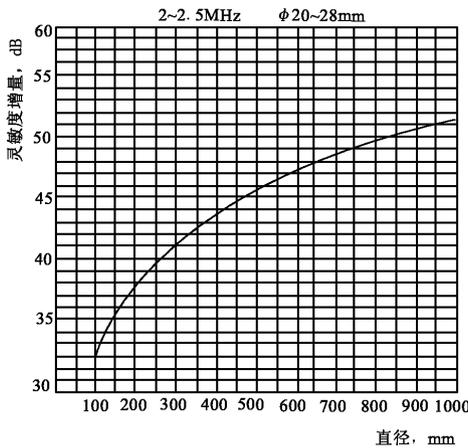


图 2 实心轧辊灵敏度增量

6.3 探伤灵敏度的重新调整

6.3.1 在同一轧辊不同部位探伤时,应按 6.2 条重新调整探伤灵敏度。

6.3.2 当更换探头、探头连线或电源时,应按 6.2 条重新调整探伤灵敏度。

6.3.3 探伤完毕,应按 6.2 条重新校核探伤灵敏度,以验证探伤结果的正确性。

7 缺陷的测定

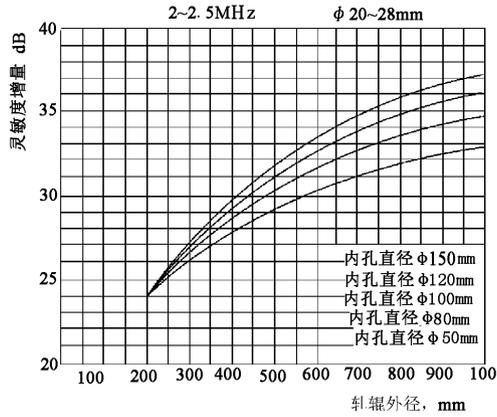


图3 空心辊轮灵敏度增量

7.1 单个缺陷的测定

7.1.1 对小于探头直径的单个缺陷,按 AVG 法确定缺陷的当量直径。

7.1.2 对大于探头直径的单个缺陷,按 AVG 法确定缺陷的最大当量直径,同时应按 6dB 法测定缺陷边界尺寸,并根据缺陷位置进行几何修正。

7.2 密集缺陷的测定

密集缺陷按 AVG 法测定缺陷的最大当量直径,同时按 6dB 法测定其边界尺寸,并根据缺陷位置进行几何修正。

7.3 线性缺陷的测定

线性缺陷按 AVG 法测定缺陷的最大当量直径,并按 6dB 法测定缺陷指示长度。

7.4 游动信号缺陷的测定

游动信号缺陷按 AVG 法测定缺陷的最大当量直径,同时按 6dB 法测定缺陷指示长度,并计算缺陷在工件中的游动范围。

7.5 缺陷当量直径的测定

缺陷当量直径的测定方法可按附录 B(参考件)的规定进行。

8 轧辊区域的划分

按轧辊各个部位的功能分为 I、II、III 和 IV 四个区域。各区域的示意位置见图 4。

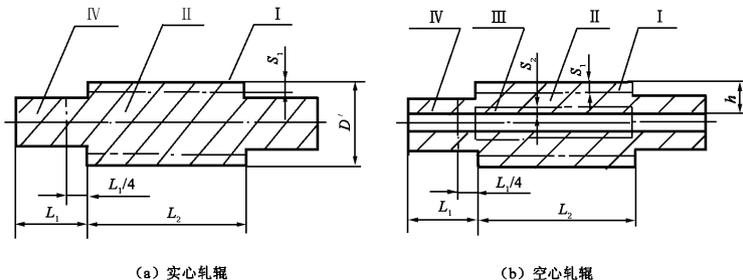


图4 轧辊区域示意图

图中: I—表面区;

Ⅱ——中间区；

Ⅲ——中心区；

Ⅳ——辊颈非传动端区；当两端均为传动端或辊颈需表面淬火时，则属Ⅱ区。

$$S_1 \begin{cases} \text{当 } D \leq 250, \text{取 } 0.2D \\ \text{当 } > 250, \text{取 } 0.15D \end{cases}$$

$$S_2 \text{ 取 } 0.1h$$

9 探伤记录与报告

9.1 探伤记录

9.1.1 应对存在的缺陷做详细记录，记录可采用文字说明，也可采用图形与数字、符号来表明缺陷的性质、大小和位置。如用图形、数字、符号记录时，可参照附录 C(参考件)规定进行。

9.1.2 对轧辊Ⅰ区内的缺陷均应在探伤记录中记录。

9.1.3 除Ⅰ区外，其他区域存在的单个小于 $\phi 2\text{mm}$ 当量直径缺陷可不做记录。

9.2 探伤报告

探伤报告至少应包括以下内容：

- 工件名称、生产编号、规格、材质、热处理状态、探伤表面粗糙度；
- 使用仪器型号、探头规格及型号、工作频率、灵敏度、耦合剂等；
- 轧辊简图及缺陷分布位置、缺陷当量值，必要时应附以探伤波型照片；
- 探伤结论：根据供需双方参照附录 A(补充件)共同确定的超声波探伤质量级别，对所检查的轧辊超声波探伤质量做出结论；
- 探伤日期。

附录 A

探伤结果分级

(补充件)

A1 轧辊经超声波探伤检查，其质量等级分为 A 级和 B 级。

A2 不允许有裂纹、白点、缩孔或缩管残余等缺陷。

A3 不允许有线性缺陷和游动信号缺陷。

A4 实心轧辊不允许有大于其直径 12% 的中心草状波信号区。

注：中心草状波信号区是指在探伤扫描灵敏度下，中心出现草状波(必要时用较低频率探头探测核对)，按 AVG 法调节仪器至该位置 $\phi 2\text{mm}$ 当量波高为 20% 满屏高，此时中心反射的草状波低于 20% 满屏高的区域。

A5 实心轧辊按图 4(a)所示分区，各区在各质量级别中所规定的条件见表 A1。

A6 空心轧辊按图 4(b)所示分区，各区在各质量级别中所规定的条件见表 A2。

A7 轧辊探伤检查所要求的质量级别、协商检查的项目和条件，由供需双方商定，在订货合同和设计图纸上说明。

表 A1

区域 质量级别	辊身直径 m		250~600		
	≤250		I	II	III
A 级	在规定的灵敏度下,不允许有缺陷波		允许有不大于 $\phi 3\text{mm}$ 当量的单个或分散缺陷	在规定的灵敏度下,不允许有缺陷波	允许有 $\phi 2 \sim 4\text{mm}$ 当量的单个缺陷,在辊身部位,此种缺陷部数不得多于 10 个
B 级					允许有不大于 $\phi 4\text{mm}$ 当量的单个或分散缺陷
允许有 $\phi 2 \sim 6\text{mm}$ 当量的单缺陷,其中 $\phi 4 \sim 6\text{mm}$ 当量的缺陷总数不得多于 5 个。 允许有 $\phi 2 \sim 3\text{mm}$ 当量的分散缺陷和密集缺陷,其中密集缺陷区不得多于 3 处,每个密集区的面积不得大于 9cm^2 ,各密集区间距应不小于 150mm。					

表 A2

区域 质量级别	辊身直径 m			>250			
	I	II、IV	III	I	II	III	IV
A 级	在规定的灵敏度下,不允许有缺陷波	允许有不大于 $\phi 3\text{mm}$ 当量的单个或分散缺陷	允许有 $\phi 2 \sim 4\text{mm}$ 当量的单个缺陷,在辊身部位,此种缺陷部数不得多于 10 个	在规定的灵敏度下,不允许有缺陷波	允许有 $\phi 2 \sim 4\text{mm}$ 当量的单个缺陷,在辊身部位,此种缺陷部数不得多于 10 个	允许有不大于 $\phi 2\text{mm}$ 当量的单个缺陷	2] 允许有 $\phi 2 \sim 6\text{mm}$ 当量的单缺陷,其中 $\phi 4 \sim 6\text{mm}$ 当量的缺陷总数不得多于 5 个。 允许有 $\phi 2 \sim 3\text{mm}$ 当量的分散缺陷和密集缺陷,其中密集缺陷区不得多于 3 处,每个密集区的面积不得大于 9cm^2 ,各密集区间距应不小于 150mm。
B 级		允许有不大于 $\phi 4\text{mm}$ 当量的单个或分散缺陷			允许有 $\phi 2 \sim 5\text{mm}$ 当量的单个缺陷,在辊身部位 $\phi 4 \sim 5\text{mm}$ 当量的缺陷总数不得多于 10 个		

附录 B

缺陷当量的测定与换算

(参考件)

B1 缺陷当量的测定与换算方法

B1.1 将所检部位 B_1 调整至荧光屏时间扫描线满屏 10 格处。

B1.2 按标准正文第 6 章规定调整探伤灵敏度。

B1.3 找出缺陷最大反射信号,记下缺陷信号前沿在时间扫描线的位置(格数)。

B1.4 调节仪器衰减器,使缺陷波降至 20% 满屏高度,并读出此时仪器的衰减量(dB 值)。

B1.5 根据缺陷在时间扫描线的位置及仪器的衰减量(dB 值),查图 B1 即得该缺陷的当量直径。

B2 应用举例

例 1:按 B1 方法调整仪器,如发现某一缺陷信号在 4 格,仪器分贝读数为 16dB,查图 B1,得出该缺陷当量直径为 $\phi 2\text{mm}$ 。

例 2:按 B1 方法调整仪器,如发现某一缺陷信号在 5.5 格,仪器分贝读数为 36 dB,查图 B1,得出该缺陷当量直径为 $\phi 8\text{mm}+2.0 \text{ dB}$ 。

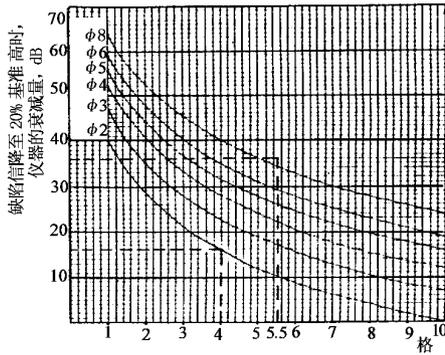


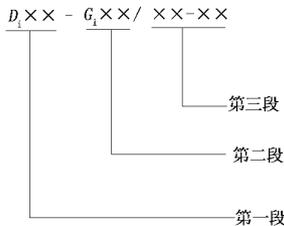
图 B1 缺陷当量换算图

附录 C
缺陷记录方法
(参考件)

当采用符号与数字来记录缺陷时,为使记录能为双方所确认,推荐下述的记录方法。

C1 缺陷的记录

缺陷采用三段记录形式



C1.1 第一段是记录缺陷在轴向剖面上投影位置。用 D_i 表示缺陷所在轴段(以打印端的轴段为 D_1)；用数字表示缺陷与该轴段基准面(近打印端方向的端面)的距离(mm)。游动信号则加上小括号并以分子表示距离,分母表示深度。

C1.2 第二段是记录缺陷在径向剖面上投影的位置。以 G_i 表示 4 个等分圆周的基准点, 顺时针方向排列(其中 G_1 与“打印位置”方向相同); 用分数表示缺陷位置, 表中分子表示距离基准点周向距离(mm), 分母表示缺陷径向深度。游动信号则加上小括号, 小括号的下角表示对应的轴向距离。

C1.3 第三段是记录缺陷大小及性质。

C1.3.1 当量缺陷以当量值表示, 例如 $\phi 4$ 。

C1.3.2 线性缺陷以当量值和长度(mm)表示, 例如 $\phi 4 \times 50$ 。

C1.3.3 大于探头晶片直径的缺陷以方括号内的面积(cm^2)表示, 例如 $[20 \times 30]$ 。

C1.3.4 密集缺陷用当量大小及大括号内的面积(cm^2)表示, 例如 $\phi 3\{3 \times 4\}$ 。

当缺陷当量不大于 $\phi 2\text{mm}$ 时, 缺陷当量符号可以省略。

C2 记录示例

参看图 C1。

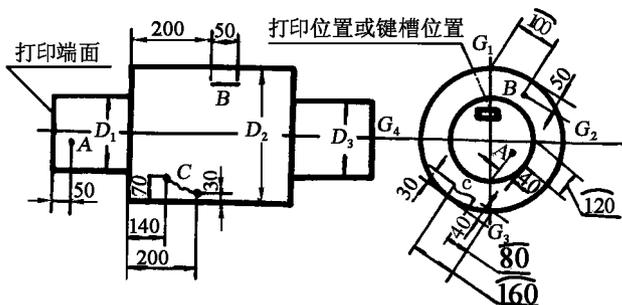


图 C1

例 1: 缺陷 A 记为: $D_1 50 - G_2 120/40 - \phi 4$

表示缺陷 A 在第一轴段, 轴向距基准面 50 mm, 周向距 G_2 120 mm, 径向深度 40 mm, 缺陷大小为 $\phi 4$ mm 当量直径。

例 2: 缺陷 B 记为: $D_2 200 - G_1 100/50 - \phi 6 \times 50$

表示缺陷 B 在第二轴段, 轴向距基准面 200 mm, 周向距 G_1 100 mm, 径向深度 50 mm, 缺陷为 $\phi 6$ mm 当量直径, 长 50 mm 的线性缺陷。

例 3: 缺陷 C 记为: $D_2 (140/70 \sim 200/30) - G_3 (80/40 \sim 160/30) 200$

表示缺陷为游动信号 C 在第二轴段, 轴向距基准面 140 mm, 径向深度 70 mm, 游动到轴向距基准面 200 mm, 径向深度 30 mm。在轴向距基准面 200 mm 处该缺陷从距 G_3 80 mm, 径向深 40 mm 游动到距 G_3 160 mm, 径向深度为 30 mm。

例 4: $D_1 150 - G_3 120/40 - [20 \times 30]$

表示缺陷在第一轴段, 轴向距基准面 150 mm, 周向距 G_3 120 mm, 径向深度 40 mm, 为大于探头晶片直径的缺陷, 其尺寸为 $20 \times 30 \text{ cm}^2$ 。

例 5: $D_2 180 - G_1 160/50 - \phi 3\{3 \times 4\}$

表示该缺陷为 $\phi 3$ mm 密集缺陷, 缺陷轴向位置在第 2 轴段, 距离基准面 180 mm, 周向距 G_1 160 mm, 径向深度 50 mm, 缺陷面积为 $3 \times 4 \text{ cm}^2$ 。