

# 锻钢件超声波探伤方法

## 1 范围

本标准规定了锻钢件纵波或横波接触式脉冲反射法超声波探伤方法。

本标准适用于厚度或直径等于或大于 100 mm 碳素钢及低合金钢锻钢件。奥氏体不锈钢锻件的超声波探伤也可参照执行。

## 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 12604.1—90 无损检测术语 超声检测

JB 4126—84 超声波检验用钢质试块的制造和控制

JB 4730—94 压力容器无损检测

ZBY 230—84 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

ZBY 231—84 超声波探伤用探头性能测试方法

## 3 定义

本标准所用术语除了根据 GB/T 12604.1 外,还采用下列定义。

### 3.1 当量直径

在条件相同的情况下,缺陷回波的幅度与超声波束相垂直的某一直径平底孔的回波幅度相等,称该直径为缺陷当量直径,简称为当量直径。

### 3.2 连续缺陷回波

在某个测距上缺陷当量直径不小于 2 mm,回波的波动幅度范围,在探头持续移动距离等于或大于 30 mm 的间距内不大于 2 dB 的缺陷回波。

### 3.3 密集缺陷

边长小于或等于 50 mm 正方体内,有五个或五个以上的缺陷回波。

注:译自 ASTM A388/A388M—84 中 8.1.3.2。

### 3.4 波底降低量 $B_G/B_F$ (dB)

无缺陷完好区第一次底波幅度  $B_G$  值与有缺陷区的第一次底波幅度  $B_F$  值之比的 dB 差值。

注:根据 JB 4730—94 中 3.2。

### 3.5 单个缺陷回波

间距大于 50 mm,当量直径不小于 2 mm 的缺陷回波。

### 3.6 分散缺陷回波

在边长为 50 mm 正方体内,缺陷回波的数量少于五个,缺陷的当量直径不小于 2 mm 的缺陷回波。

### 3.7 游动缺陷回波

在锻件的表面上移动探头,缺陷回波的前沿移动距离相当于锻件厚度 25 mm 或 25 mm 以上的缺陷回波。

## 4 技术要求

### 4.1 一般要求

4.1.1 从事大型锻钢件超声波探伤人员,应具有一定的冶炼、锻造、热处理的基础知识和锻件探伤经验,并经过认可的有关部门考核合格,且取得相应等级资格证的探伤人员方可从事锻件的超声波探伤。

4.1.2 锻件探伤表面,不得有影响探伤灵敏度的附着物,如油漆、氧化皮、污物等。

4.1.3 锻件探伤面的表面粗糙度  $R_a$  值,应不大于  $6.3 \mu\text{m}$ 。

4.1.4 锻件探伤应在相互垂直的两个探伤面上进行,应尽可能地对锻件的整体做全面扫查。饼形、长方形锻件,探伤面应选在相互垂直的两个面上。轴类锻件应在外圆表面做径向探测,必要时在轴的端面做轴向探测。

### 4.1.5 锻件探伤的钢质对比试块

应符合 JB 4126 的规定。

4.1.5.1 纵波直探头平面对比试块,采用 CS-1 和 CS-2 试块,也可以自行加工,其形状和尺寸应符合有关标准的规定。检测曲面时,采用的曲面对比试块见图 1。

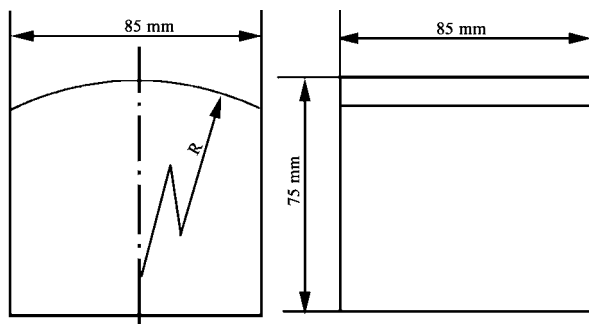


图 1 曲面对比试块

注:R 为工件曲面半径的 0.9~1.5。

4.1.5.2 横波斜探头的对比试块,应采用化学成分、热处理条件、表面粗糙度、曲率等都应与检测锻件相同或相似的锻件制作。

4.1.5.3 对空心锻件用的对比试块的内壁切成与轴平行的矩形或  $60^\circ\text{V}$  形槽,其长度为 25 mm。推荐槽深为锻件厚度 3% 的试块。槽深最大不超过 6 mm 的试块。

### 4.2 探伤设备和探头

4.2.1 探伤设备应符合 ZBY 230 的规定。

4.2.1.1 探伤仪的工作频率至少为 1~5 MHz,配备的衰减器精度在任意相邻 12 dB,误差在  $\pm 1$  dB。总调节量应大于 60 dB。

4.2.1.2 探伤仪的垂直线性至少在屏高的 75% 范围内,其误差应小于 5%。水平线性误差应不大于 2%。

4.2.1.3 纵波直探头探伤发现深度为 200 mm,  $\phi 2$  平底孔时,灵敏度余量应不小于 40 dB,远场分辨力应大于或等于 30 dB。

4.2.2 探头应符合 ZBY 231 的规定。

4.2.2.1 纵波直探头的晶片直径为 12~28 mm,斜探头晶片最大有效面积为 25mm×25 mm,各种探头都应在标称频率下使用,频率误差不超过标称值的±10%。

4.2.2.2 探头的其余参数都应符合 ZBY 231 的规定。

4.3 耦合剂推荐采用机油、甘油、有机浆糊。在不影响探伤灵敏度的条件下,也可以采用其他耦合剂。

## 5 探伤要求

5.1 原则上锻件应在最终热处理以后进行超声波探伤。如锻件要在热处理以前进行钻孔、切槽、车锥度等加工工序使探伤受到影响时,锻件也可在此加工工序前进行超声波探伤,热处理以后凡可探测部位,必须进行 100%的复探。

5.2 探头扫查速度应不大于 150 mm/s。

5.3 探头移动每次至少重叠覆盖晶片宽度的 15%。

5.4 对锻件进行复探或重新评定时,应选用可比较的探伤条件。

## 6 探伤方法

### 6.1 纵波法探伤

6.1.1 探伤频率通常为 1~5 MHz,一般锻件探伤推荐 2~2.5 MHz 探伤频率。

6.1.2 探伤灵敏度的调节,原则上推荐底面回波反射法调节。由于锻件的几何形状、尺寸的限制,也可以用对比试块法调节。

#### 6.1.3 用底面回波反射法调节

将探头置于锻件入射面与反射面相平行的探伤面上,且无缺陷和边界反射波。调节探伤仪灵敏度旋钮,将底面回波调到屏高的 40%~80%,然后按如下的计算公式调节锻件的增益值:

##### a) 实心锻件的增益值

$$\Delta\text{dB} = 20\lg \frac{2\lambda T}{\pi\phi^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:  $\Delta\text{dB}$ ——需要提高的增益值, dB;

$T$ ——探测锻件的厚度或直径, mm;

$\phi$ ——要求探伤灵敏度平底孔直径, mm;

$\lambda$ ——波长, mm。

##### b) 有中心孔锻件的增益值

$$\Delta\text{dB} = 20\lg \frac{2\lambda T}{\pi\phi^2} - 10\lg \frac{D}{d} \dots\dots\dots(2)$$

式中:  $D$ ——探测锻件部位的外径, mm;

$d$ ——探测锻件部位的内径, mm。

#### 6.1.4 对比试块法调节灵敏度

6.1.4.1 使用的对比试块的材质、表面粗糙度、热处理条件应与检测锻件相同或相似。

6.1.4.2 用 CS-1 或 CS-2 对比试块或具有等效作用的其他试块上进行调节。

6.1.4.3 按 6.1.4.2 选取的 CS 试块平底孔的反射波调到屏高的 40%~80%。

6.1.5 计算缺陷当量时,锻件的材质衰减超过 4 dB/m 时,应进行修正。衰减系数的测定按式(3)计算:

$$\alpha = \frac{(B_1 - B_2) - 6\text{dB}}{2T} \dots\dots\dots(3)$$

式中:  $B_1$ ——一次底面回波的 dB 值;

$B_2$ ——二次底面回波的 dB 值；

$T$ ——锻件的厚度, mm；

$\alpha$ ——衰减系数, dB/mm。

6.1.6 锻件探伤时,要注意底面回波明显降低的部位,并查明底面回波下降的原因,对底面回波明显下降的任何区域都要复探。

## 6.2 横波法探伤

6.2.1 横波探伤主要用于环形或空心锻件,其轴向长度应大于 50 mm,外径与内径之比应小于 2:1。

6.2.2 如锻件外径与内径之比或锻件的几何形状不影响所要求的探伤灵敏度时,则采用折射角  $45^\circ$  的斜探头探伤。为了用斜探头探测外径与内径之比达 2:1 的空心锻件,可在探头上加一个曲面楔块或接触块形成所需的波形和角度,以达到要求的灵敏度。

### 6.2.3 横波探伤灵敏度的校正

从外圆探测内壁上平行于锻件轴向的矩形或  $60^\circ V$  形槽,得到一个满屏高 60% 的回波。也可以采用单独的对比试块进行校正,对比试块制作与选择应符合 4.1.5 的要求。若锻件成批生产,则取其中一件制成校正用的对比件,在其内壁切一个槽,槽深为工件最大厚度的 3%,但最深不得超过 6 mm,槽长为 25 mm。对比件的厚度应与被检工件厚度相同。在同一仪器条件下探伤,从外圆上的一个类似槽上得到一个反射回波,通过内、外槽一次反射波峰画一条对比振幅线。如可能,最好在检验件上或其余料上直接切槽。实际探伤中,可能从外圆面上探不出外圆上的槽,如可行(有的锻件内径小,无法探伤),应从内、外表面进行探伤,在外表面探测内表面的槽,在内表面探测外表面的槽。必要与可能时,也可以采用曲面楔块或接触块进行探伤。

## 6.3 重新调节探伤灵敏度

6.3.1 锻件探伤过程中,如探头、耦合剂、仪器的设定值有任何改变都要重新调节探伤灵敏度。

6.3.2 锻件在探伤过程中应至少校验一次探伤灵敏度。在探伤结束后应校验探伤灵敏度。当探伤灵敏度变化 2 dB 以上时,应重新调节探伤灵敏度。在此之前所探的锻件都要重新复探。

## 7 测量与记录

7.1 纵波缺陷定量采用当量法,横波采用百分比法。

7.2 缺陷当量直径大于或等于探伤灵敏度的单个或分散缺陷回波时,都要记录。

7.3 按技术条件要求记录密集缺陷回波,并标记缺陷的位置和分布范围。

7.4 记录游动缺陷回波的当量直径、位置和分布范围。

7.5 记录底面回波严重降低或消失的部位和分布范围。

7.6 横波探伤,记录不小于对比槽回波幅度 60% 的缺陷回波的位置和分布范围。

## 8 探伤报告

探伤报告应包括如下的内容:

8.1 锻件的名称、材质、尺寸简图、探伤位置、探伤面的粗糙度。

8.2 委托日期,委托单位,委托编号。

8.3 探伤条件:探伤仪的型号、探头的频率、晶片的尺寸、斜探头的  $K$  值和  $\beta$  值。

8.4 探伤灵敏度,耦合剂的名称,对比试块的型号。

8.5 探伤结果,评定等级。

8.6 探伤人员的姓名、资格证号、资格等级,复审人员的姓名、资格证号、等级及日期