

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 1581—1996

汽轮机、汽轮发电机转子
和主轴锻件超声波探伤方法

1 范围

本标准对汽轮机、汽轮发电机转子和主轴锻件超声波探伤的探伤人员、探伤器材、探伤操作要领和探伤结果记录评定等内容作了规定。

本标准适用于 JB/T 7025、JB/T 1265、JB/T 7027 以及 JB/T 7026、JB/T 1267、JB/T 7178 中各类转子和主轴锻件的超声波探伤。其他各种工况条件类似的轴类锻件可参考使用本标准。

本标准适用于采用脉冲反射式超声波探伤原理对转子和主轴锻件外圆面进行纵波接触法超声波探伤。

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 9445—88 | 无损检测人员技术资格鉴定通则 |
| JB/T 1265—93 | 25~200 MW 汽轮机转子体和主轴锻件技术条件 |
| JB/T 1267—93 | 50~200 MW 汽轮发电机转子锻件技术条件 |
| JB 4126—85 | 超声波检验用钢质试块的制造和控制 |
| JB/T 7025—93 | 25 MW 以下汽轮机转子体和主轴锻件技术条件 |
| JB/T 7026—93 | 50 MW 以下汽轮发电机转子锻件技术条件 |
| JB/T 7027—93 | 300~600 MW 汽轮机转子体锻件技术条件 |
| JB/T 7178—93 | 300~600 MW 汽轮发电机转子锻件技术条件 |
| ZBY 230—84 | A 型脉冲反射式超声波探伤仪技术条件 |
| ZBY 231—84 | 超声探伤用探头性能测试方法 |

3 探伤人员

3.1 从事锻件探伤的人员应具有一定的热加工专业基础知识和锻件超声波探伤实际经验。

3.2 锻件超声波探伤应由按 GB 9445 规定,经有关部门考核鉴定并取得相应资格证书的人员担任。签发探伤报告者必须持有超声波探伤 II 或 II 级以上资格证书。

3.3 探伤人员应能正确理解和使用本标准。

4 探伤器材

4.1 超声波探伤仪

4.1.1 选用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪,应至少具有 1~5 MHz 频率范围。

4.1.2 探伤仪的水平扫描线性在满刻度范围内,其误差不大于 2%,垂直线性误差不大于 5%,分辨率

应不小于 20 dB。

4.1.3 探伤仪和探头的组合灵敏度,在达到所探锻件最大声程处的探伤灵敏度时,应至少保留 10 dB 有效灵敏度余量。

4.1.4 探伤仪的其他性能指标应符合 ZBY 230 的相应规定。

4.2 探头

4.2.1 探头通常采用公称频率为 2~5 MHz 的纵波探头,其频率误差为 $\pm 10\%$ 。

4.2.2 探头晶片尺寸主要采用 $\phi 20$ mm,亦可在 $\phi 10 \sim \phi 30$ mm 范围选用。

4.2.3 必要时可采用其他频率和其他规格的行之有效的探头。

4.2.4 探头主声束应无双峰、无偏斜,性能稳定可靠。

4.2.5 各种探头均应在额定频率下使用。

4.2.6 探头性能的测试按 ZBY 231 的规定进行。

4.3 耦合剂

锻件探伤所采用的耦合剂应具有良好的透声性和润湿性,且不损伤工件表面,如机油、甘油等。不同的耦合剂具有不同的透声性能,故在校正仪器和实际探伤时,应使用同一种耦合剂。

4.4 试块

根据需要按 JB 4126 的规定制作相应的试块。

5 锻件的一般要求

5.1 凡需探伤的转子和主轴锻件,其外形应尽可能加工成简单的圆柱体形状,避免出现妨碍探伤的锥形、沟槽、圆弧形过渡区等几何形状。

5.2 锻件探伤面的表面粗糙度 R_a 应不大于 $6.3 \mu\text{m}$,且不能粘附油漆、污垢等异物。

5.3 制造厂作为出厂质量而进行的超声探伤,一般应在最终热处理之后进行;如果必须在最终热处理之前加工出轮盘、沟槽、锥形等几何形状,也允许将此加工工序前的最后一次探伤结果作为评定锻件质量的依据。

5.4 在最终热处理之后为反映出厂质量而所作的探伤,必须在锻件的材质衰减系数不大于 4 dB/m 的情况下进行,探伤频率 2~2.5 MHz。

5.5 锻件交货前未能进行探伤的部位,交货后可由订货方补作探伤,其探伤结果同样作为评定锻件质量的依据。

6 探伤操作要领

6.1 探伤灵敏度调整

6.1.1 转子和主轴锻件的探伤灵敏度,必须能有效地发现锻件技术条件中规定的最小的当量缺陷。

为便于寻找发现缺陷,探伤扫查时允许提高适当灵敏度(如 6 dB)进行初扫查探伤;当发现缺陷后必须在规定灵敏度下进行各项测定工作。

6.1.2 对被探厚度大于探头三倍近场区尺寸的锻件,采用底波调整法调整探伤灵敏度;只有被探厚度等于或小于探头三倍近场区尺寸时采用试块调整法。

6.1.3 首先采用能显示材料组织反射的高灵敏度在锻件各段找出无缺陷反射的部位,然后将该部位的底波幅度调到满屏高的 $40\% \sim 80\%$ 。

6.1.4 根据锻件是否有中心孔将仪器增益按下列公式提高分贝数:

a) 探测实心锻件时

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

b) 探测有中心孔的锻件时

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

式中: ΔdB ——需提高增益分贝数;

λ ——超声波波长, mm;

D ——被探部位外圆直径, mm;

d ——被探部位中心孔直径, mm;

π ——圆周率(3.14159);

ϕ ——探伤灵敏度平底孔直径, mm;

T ——锻件被探部位厚度, mm。

6.2 扫描线比例调节

为便于观察一次底波之后的某些信号情况, 应将第一次底波的前沿位置调节在扫描线满刻度的 80% 以内。

6.3 探伤扫查面

应对锻件整个外圆表面进行全面的连续扫查, 并尽可能地对锻件的全体积都探测到。

6.4 探伤扫查要求

6.4.1 在同一个探伤面上应进行两次探伤扫查, 并使两次扫查的方向要求相互垂直。

6.4.2 探头的移动扫查速度应不大于 150 mm/s, 相邻两次扫查之间应有一定的重叠, 其重叠宽度应不小于扫查宽度的 15%。

6.4.3 扫查过程中不但要注意观察底波之前有无缺陷信号, 而且要注意观察底波之后有无缺陷信号。

6.4.4 当遇到底波信号或其他非缺陷信号(如探头反射信号、迟到信号等)发生明显降低或消失时, 应及时查明发生此现象的原因。

6.5 探伤灵敏度的重新校验

6.5.1 除每次探伤前应校准灵敏度外, 如遇有下列情况时必须对探伤灵敏度进行重新校验:

a) 校正后的探头、耦合剂及仪器旋钮等发生任何改变时;

b) 外部电源电压波动较大或操作者怀疑其灵敏度有变动时;

c) 连续工作 4 h 以上及工作结束时。

6.5.2 当灵敏度变化而降低 2 dB 以上时, 应对上一次校正后所探的锻件进行全面复探, 当灵敏度变化而提高 2 dB 以上时, 应对所有的记录信号进行重新评定。

6.6 当对锻件进行复探或重新评定时, 应采用与初探时相比较或相同的仪器、探头、频率和耦合剂。

6.7 材质衰减系数的测定

6.7.1 按锻件技术条件要求, 在被探锻件的无缺陷区域内, 选取三处有代表性的部位测定 $B_1 - B_2$ 值, 即第一次底波 B_1 与第二次底波 B_2 的 dB 差值。材质衰减系数取三处衰减系数的平均值。

6.7.2 按式(3)计算材质衰减系数 (dB/m):

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

式中: T ——声程, m。

7 缺陷信号的分类

7.1 单个分散缺陷信号: 相邻两缺陷之间的距离大于其中较大缺陷当量直径的倍数达到附录的相应技

术条件中的规定值,且最小缺陷当量符合技术条件的规定值。当探头从缺陷最大信号反射位置向任一方向移动时,信号幅度出现正常的下降而无此起彼伏的现象。

7.2 密集缺陷信号:在边长 50 mm 的立方体内,数量不少于 5 个,当量直径不小于技术条件规定值的缺陷信号。

7.3 连续(条状)缺陷信号:某个测距上的缺陷当量不小于技术条件规定值,其反射幅度的波动范围在探头持续移动 30 mm 或 30 mm 以上区间内不大于 2 dB 的缺陷信号。

7.4 游动缺陷信号:在技术条件规定灵敏度下,当探头在被探部位移动时,信号前沿位置的游动距离相当于 25 mm 或 25 mm 以上工件厚度的缺陷信号。

8 缺陷的测量和记录

探伤中发现缺陷信号后,应根据缺陷信号的类别采用不同的方法对缺陷进行测定。

8.1 单个分散缺陷的测量和记录

8.1.1 采用"AVG"曲线或算法确定缺陷当量直径,必要时可采用试块法。

8.1.2 计算缺陷当量,当材质衰减系数超过 4 dB/m 时,应进行修正。

8.1.3 记录不小于起始记录缺陷的当量直径及其在锻件上的坐标位置。

8.2 实心锻件中密集缺陷的测量和记录

8.2.1 根据缺陷信号前沿在扫描线上的位置测定缺陷的深度分布范围。

8.2.2 根据探头中心声束扫查到缺陷的移动范围测定缺陷的轴向分布范围。

8.2.3 按 8.1.1 确定缺陷的最大当量直径。

8.2.4 密集缺陷区边界为进行几何修正后的缺陷分布范围。

8.2.5 记录缺陷密集区尺寸、最大缺陷当量直径及其在锻件上的坐标位置。

8.3 空心锻件中密集缺陷的测量和记录

8.3.1 根据缺陷信号前沿在扫描线上的位置测定缺陷的深度分布范围。

8.3.2 根据探头中心声束扫查到缺陷的移动范围测定缺陷的轴向分布范围。

8.3.3 根据探头中心声束扫查到缺陷的移动范围,并按被探部位曲率进行几何修正值测定缺陷的周向分布范围。

8.3.4 按 8.1.1 确定缺陷的最大当量直径。

8.3.5 密集缺陷区边界为缺陷的轴向分布边界和周向分布边界所组成的范围。

8.3.6 记录缺陷密集区尺寸、最大缺陷当量直径及其在锻件上的坐标位置。

8.4 连续(条状)缺陷的测量和记录

8.4.1 用半波高度法测定缺陷的轴向指示长度,并根据被测部位的曲率进行几何修正测定垂直于指示长度的缺陷宽度。

8.4.2 按 8.1.1 确定缺陷的最大当量直径。

8.4.3 记录连续(条状)缺陷长、宽度、最大缺陷当量直径及其在锻件上的坐标位置。

8.5 游动缺陷信号的测量和记录

8.5.1 测定信号在扫描线上游动的最小值和最大值以确定信号游动范围。

8.5.2 用波高消失法测定探头周向移动范围。

8.5.3 用 6 dB 法测定缺陷的轴向长度。

8.5.4 按 8.1.1 确定缺陷最大信号处的当量直径及其位置。

8.5.5 记录缺陷信号游动范围、探头移动弧长范围、轴向长度、最大反射当量直径及其在锻件上的坐

标位置。

8.6 对由缺陷引起底波明显降低的部位,应将底波的降低程度及明显降低的区域进行测定和记录。

8.7 当需要判定缺陷性质时,应根据缺陷的尺寸(当量、长度、宽度等)、数量、形状、取向分布状况、信号的静态和动态特征以及锻件的冶炼、锻造、热处理等工艺因素进行综合分析,提出判定缺陷性质的意见。必要时还应采取其他检验方法协同验证。

9 探伤结果的评定

各类锻件的探伤结果分别按 JB/T 7025、JB/T 1265、JB/T 7027、JB/T 7026、JB/T 1267 和 JB/T 7178 中规定进行评定,见附录 A(标准的附录)。

10 探伤报告

10.1 探伤完毕后应书写探伤报告。

10.2 探伤报告要求字迹清楚工整、图表清晰,并按报告规定格式填写完整。探伤报告应包括下列内容:

a) 锻件名称、图号、材质、尺寸简图、热处理状态; b) 锻件生产编号、炉号、卡号(工件序号); c) 委托单位、委托日期、委托编号、探伤标准、探伤条件、探伤部位; d) 缺陷位置、缺陷深度、当量直径、底波降低区以及缺陷分布示图; e) 未探伤的部位及其原因,有必要说明的其他情况; f) 经综合分析所得出的探伤评定结果; g) 探伤日期、探伤者和审核者的签名。

附 录 A

(标准的附录)

超声波探伤评定要求(技术条件摘录)

各类锻件的探伤结果按下列技术条件进行评定。

A1 JB/T 7025—93《25 MW 以下汽轮机转子体和主轴锻件技术条件》

A1.1 一般要求

锻件不允许有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度的偏析等缺陷。

A1.2 超声波检验

除非另有规定,超声检验应符合以下规定。

A1.2.1 当量直径小于 2 mm 的单个分散缺陷不计。

A1.2.2 转子体任何部位不得有当量直径大于 5 mm 的缺陷,且叶根槽加深 25 mm,传动端轴承及以外部位不允许当量直径大于 3 mm 的缺陷。

A1.2.3 不允许有当量直径大于或等于 2 mm 的密集缺陷。

A1.2.4 不允许有游动信号及连续缺陷信号。

A1.2.5 提供锻件材料纵波 2~2.5 MHz 衰减系数的实测数据。

A1.2.6 大于或等于 $\phi 2$ mm 当量单个缺陷,应以三维坐标标注其位置,并在合格证书中注明。

A1.2.7 超过上述要求的缺陷应报告需方,双方协商处理。

注:密集缺陷信号是指在边长 50 mm 立方体内,数量不少于 5 个,当量直径不小于 2 mm 的缺陷信号。

A2 JB/T 1265—93《25~200 MW 汽轮机转子体和主轴锻件技术条件》

A2.1 一般要求

锻件不允许有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度的偏析等缺陷。

A2.2 超声波检验

A2.2.1 当量直径 2 mm 以下的单个分散缺陷信号不计,但杂波高度应低于当量直径 2 mm 幅度的 50%。

A2.2.2 单个分散的缺陷定义为:相邻两缺陷之间的距离大于其中较大缺陷当量直径 10 倍的缺陷。

A2.2.3 单个分散的缺陷,其当量直径和数量不超过表 A1 规定。

表 A1 允许缺陷数量

| 当量范围 mm, | 部 位 允 许 量 | | | 允许缺陷个数 |
|------------------------|-----------|-----|------|--------|
| | 轴 身 | 传动端 | 非传动端 | |
| $\phi 2 \sim \phi 5$ | 28 | 10 | 18 | 56 |
| 其中: | | | | |
| $> \phi 4 \sim \phi 5$ | 4 | 1 | 3 | 8 |
| $> \phi 3 \sim \phi 4$ | 8 | 3 | 5 | 16 |

注:中压转子和低压转子体的两端均系传动端,因而两端允许缺陷数量按传动端规定。

A2.2.4 轴身部位离中心孔表面 30 mm 以内和外圆槽深加 25 mm 范围内不应有当量直径 1.6 mm 的密集信号缺陷,允许有当量直径 3 mm 以下的单个分散缺陷存在。

A2.2.5 由缺陷引起的底波衰减损失达到 3 dB 时,应当记录报告给需方。

A2.2.6 不允许有游动信号和条状缺陷信号。

A2.2.7 供方向需方提供用 2~2.5 MHz 和 4~5 MHz 探头分别在转子体最大直径两端及中部三处测量出的材料衰减数据。

A2.2.8 当锻件的超声波探伤结果超出上述规定时,应由供需双方进行复验和讨论,但锻件是否可判合格应由需方决定。

A3 JB/T 7027—93《300~600 MW 汽轮机转子体锻件技术条件》

A3.1 一般要求

锻件不允许有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度的偏析等缺陷。

A3.2 超声波检验

A3.2.1 当量直径 1.6 mm 以下的单个分散缺陷信号不计,但杂波高度应低于当量直径 1.6 mm 幅度的 50%。

A3.2.2 单个分散的缺陷定义为:相邻两缺陷之间的距离大于其中较大缺陷当量直径 10 倍的缺陷。

A3.2.3 当量直径为 1.6~3.5 mm 的所有缺陷均应记录其轴向、径向和周向位置并报告需方。当量直径 1.6~3.5 mm 的缺陷总数不得超过 20 个,并不允许存在当量直径大于 3.5 mm 的任何缺陷。

A3.2.4 距中心孔表面 75 mm 以外部位,允许有 3 个小于当量直径 1.6 mm 的密集缺陷区,但密集区在任何方向的尺寸均应不大于 20 mm,并且任何两缺陷区间距离应不小于 120 mm。

A3.2.5 由缺陷引起底波衰减损失达到 3 dB 时应当记录报告给需方。

A3.2.6 不允许有游动信号和条状缺陷信号。

A3.2.7 供方向需方提供用 2~2.5 MHz 和 4~5 MHz 探头分别在转子体最大直径处两端及中间三处测得的材料衰减数据。

A3.2.8 当锻件的超声波探伤结果超过上述规定时,应由供需双方进行复验和讨论,但锻件是否可判合格应由需方决定。

A4 JB/T 7026—93《50 MW 以下汽轮发电机转子锻件技术条件》

锻件外圆表面应进行超声波探伤检验,其检验结果应符合以下规定:

- a) 不允许有裂纹、白点及缩孔等缺陷;
- b) 小于当量直径 2 mm 的缺陷不计;pc) 不允许有连续性缺陷信号、密集缺陷信号及游动信号;
- c) 不允许有连续性缺陷信号、密集缺陷信号及游动信号;
- d) 允许有当量直径 2~5 mm 分散的单个缺陷存在,但相邻两个缺陷的距离不小于其较大缺陷直径的 5 倍,总数量不得超过 56 个;
- e) 在应力较大区域(外圆槽深加 25 mm,有中心孔的转子中心孔直径加 60 mm 范围内)不允许有当量直径大于 4 mm 的缺陷;
- f) 用 2~2.5 MHz 频率探伤时,材料衰减系数应小于或等于 4 dB/m。

A5 JB/T 1267—93《50~200 MW 汽轮发电机转子锻件技术条件》

锻件外圆表面进行超声波探伤检查,其结果应符合以下规定:

- a) 不允许有裂纹、白点及缩孔等缺陷;
- b) 不允许有当量直径等于或大于 2.0 mm 连续缺陷信号和游动缺陷信号;
- c) 当量直径小于 2.0 mm 的缺陷不计,允许 2~4 mm 分散缺陷存在,但相邻两缺陷的距离不小于其中较大缺陷直径的 7 倍。
- d) 单个分散缺陷的当量直径和数量不允许超过表 A2 规定:

表 A2 单个分散缺陷的当量直径和数量

| 当量直径范围 mm | 各部位允许数量(个) | | | |
|--------------|------------|-----|------|-----|
| | 轴 身 | 传动端 | 非传动端 | 总 数 |
| 2~3 | 12 | 5 | 5 | 22 |
| >3~4 | 3 | 1 | 4 | 8 |
| 总数 | 15 | 6 | 9 | 30 |

- e) 在应力较大的区域内(中心孔直径加 60 mm 范围内,外圆槽深加 25 mm 范围内),不允许有当量直径大于 3 mm(100 MW 以下转子锻件,不允许有当量直径大于 3.5 mm)的单个缺陷和大于或等于当量直径 2 mm 的密集缺陷信号;

f) 用 2~2.5 MHz 频率探伤时,锻件材料的衰减系数小于或等于 4 dB/m。

A6 JB/T 7178—93《300~600 MW 汽轮发电机转子锻件技术条件》

锻件外圆表面进行超声波探伤检查,其结果应符合以下规定:

- a) 不允许有裂纹、白点、缩孔等缺陷;
- b) 不允许有当量直径等于或大于 1.6 mm 连续缺陷信号和游动缺陷信号
- c) 当量直径小于 1.6 mm 的缺陷不计,当量直径等于或大于 1.6 mm 的缺陷应记录并报告需方;
- d) 允许有当量直径 1.6~3.5 mm 的缺陷存在,但相邻两缺陷距离不小于其较大当量缺陷直径的 10 倍,其缺陷总数不允许超过 30 个;

e) 在应力较大的区域内(中心孔直径加 60 mm 范围内,外圆槽深加 25 mm 范围内),不允许有当量直径大于 2 mm 的缺陷和大于或等于当量直径 1.6 mm 的密集缺陷信号;

f) 用 2~2.5 MHz 频率探伤时,由缺陷引起底波的衰减不大于 6 dB。锻件材料衰减系数小于或等于 4 dB/m。